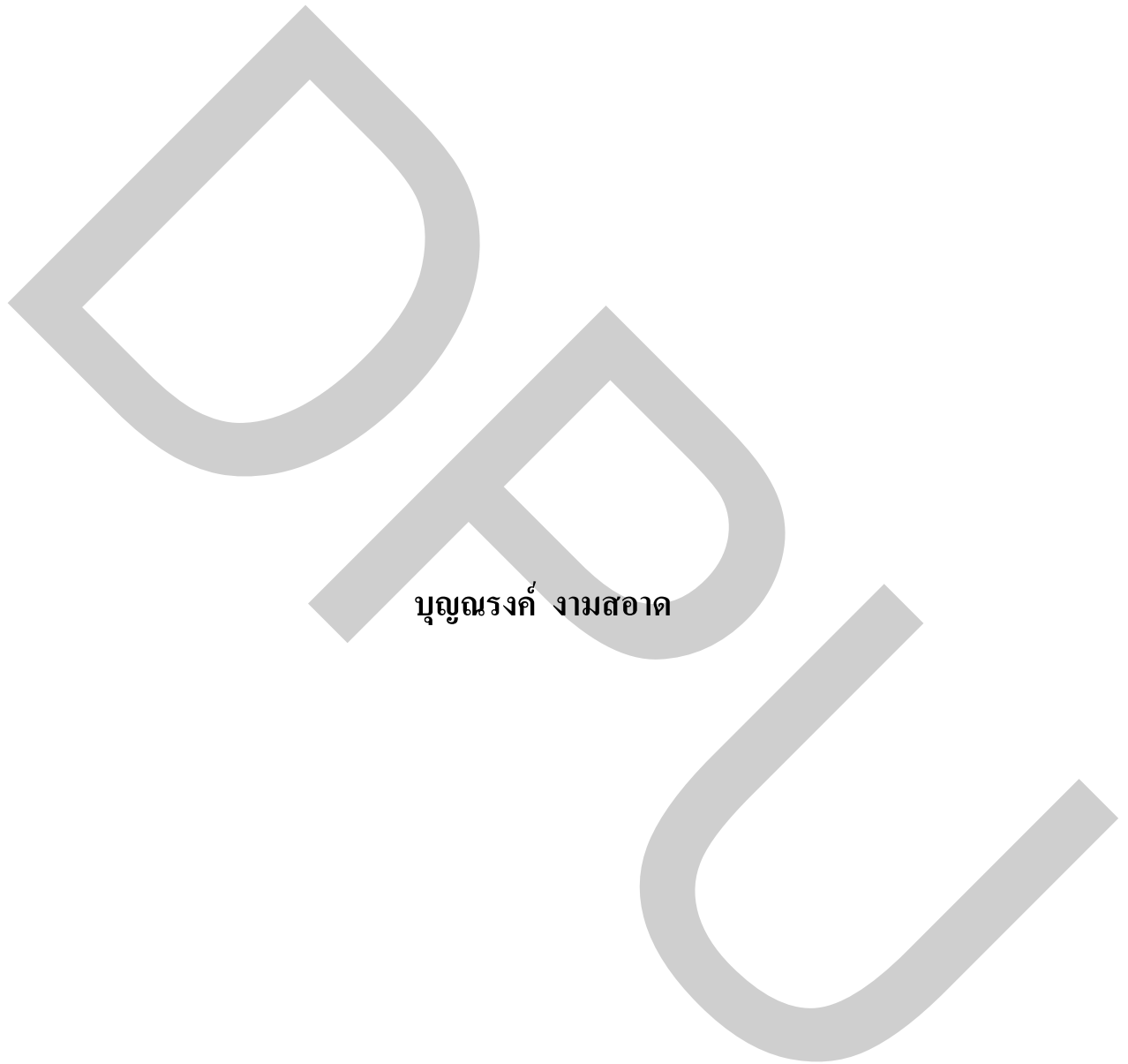


การจัดการระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์  
ร่วมกับความร้อนทิ้งจากระบบปรับอากาศขนาดใหญ่



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2552

**The Management for Hot Water Production System : Combination of  
Photovoltaic System and Waste Heat from Air Conditioning.**



**Boonnarong Ngarmsa-ard**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Science**

**Department of Building Technology Management**

**Graduate School, Dhurakij Pundit University**

**2009**

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ. ดร.ติกะ บุญนาค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้ให้ความรู้ แนวคิด คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ให้ความกรุณาช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ รัส.ดร. ศิริชัย เทพา อาจารย์ ดร.นริศ ประทีนทอง และ อาจารย์ ดร.สโรชา เจริญวัย ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเสนอแนะชี้แนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อัมพร และอาจารย์ ดร.จันทนา กุญชรรัตน์ ที่ให้คำแนะนำด้านวิชาการแนวคิด วิธีการคำนวณและแก้ไขปัญหาระบบเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นายเอกชาติ หัตถา นายสิริมงคล ใจกล้า นายจิรพงษ์ พงษ์สีทอง และ นายสุริยะ สุกรินทร์ นักวิจัยสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ให้คำแนะนำและร่วมกันติดตั้งและพัฒนาระบบจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้บริหาร และคณะทำงานประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ที่สำคัญที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่เป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

บุญณรงค์ งามสอาด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๖
กิตติกรรมประกาศ.....	๗
สารบัญตาราง.....	๘
สารบัญรูป.....	๘
รายการสัญลักษณ์.....	๙
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. แนวคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	5
2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้อง.....	17
3. อุปกรณ์และการทำวิจัย.....	25
3.1 การออกแบบระบบ.....	26
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	28
3.3 ขั้นตอนการทดสอบ.....	45
4. ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	55
4.1 ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว.....	55
4.2 ระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้ง ของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่.....	57
4.3 ระบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่.....	59
4.4 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	67
4.5 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	68
4.6 งวดระยะเวลาคืนทุน.....	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลและวิจารณ์.....	70
บรรณานุกรม.....	73
ภาคผนวก .....	77
ภาคผนวก ก แบบติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสาน พลังงานแสงอาทิตย์.....	78
ภาคผนวก ข แสดงข้อมูลการทำงานของระบบประจำเดือน ปี 2551.....	84
ภาคผนวก ค ผลรวมข้อมูลของระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ กับความร้อนทิ้งของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่.....	105
ภาคผนวก ง แสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงแสงอาทิตย์ ผ่าน Inverter.....	110
ภาคผนวก จ รายงานแสดงสภาพดินฟ้าอากาศของ กรุงเทพมหานคร.....	126
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดอุปกรณ์.....	128
ภาคผนวก ช ตาราง PVIFA (NPV) .....	142

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การแสดงผลของระบบผลิตน้ำร้อนจากแผงแสงอาทิตย์.....	56
4.2 การแสดงผลเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	58
4.3 การแสดงผลของระบบเครื่องทำความเย็น.....	60
4.4 การแสดงผลเครื่องส่งลมเย็น.....	61
4.5 การแสดงผลของระบบหอผึ่งลมเย็น.....	62

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าปี 2550 เทียบกับปี 2549.....	5
2.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดต่อปีของประเทศไทย.....	6
2.3 มูลค่าของพลังงานที่ประหยัดได้และการคาดการณ์ มูลค่าประหยัดพลังงานของประเทศไทย.....	6
2.4 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศไทย.....	7
2.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ปี 2547-ปี 2551.....	8
2.6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ.....	8
2.7 ภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของ สวทช.ปี 2551.....	9
2.8 ภาพกราฟแสดงไฟฟ้าทั้งหมดของ สวทช.ปี 2551.....	10
2.9 การทำความเย็น แบบอัดไอ.....	11
2.10 วัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) .....	12
2.11 ระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์.....	15
3.1 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ก่อนที่จะทำการปรับปรุง.....	26
3.2 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ที่จะทำการปรับปรุง.....	27
3.3 แผงรับแสงอาทิตย์.....	29
3.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า.....	32
3.5 ก่อสร้งรวมสาย.....	32
3.6 มิเตอร์ไฟฟ้า.....	33
3.7 ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของระบบ.....	34
3.8 เครื่องวัดความเข้มของแสงอาทิตย์.....	35
3.9 สาย Sensor .....	35
3.10 คอมเพรสเซอร์ ยี่ห้อ YORK .....	36
3.11 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน.....	37
3.12 ถังเก็บน้ำร้อน.....	38
3.13 ปั๊มน้ำร้อน.....	39
3.14 วาล์วระบายอากาศ.....	39
3.15 เครื่องมือวัดความดันสารทำความเย็น.....	40

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ.....	41
3.17 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ.....	42
3.18 วัฏจักรการทำความเย็นระบบดูดซับ.....	43
3.19 รูปแบบการทำงานของการทำงานทำความเย็นระบบดูดซับ.....	44
3.20 หลักการทำงานของการทำงานทำความเย็นระบบดูดซับ.....	45
4.1 แสดงระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์.....	55
4.2 แสดงระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ.....	57
4.3 แสดงระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ กับความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ.....	59
4.4 ค่าพลังงานความร้อนรวมที่ได้จากระบบผสมผสาน.....	63
4.5 ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบ (%).....	64
4.6 ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงาน แสงอาทิตย์กับความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่.....	65



## รายการสัญลักษณ์

$\eta_c$	ประสิทธิภาพของแผงเซลล์
$Q_c$	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่แผงเซลล์ (kJ/s)
$Q_{solar}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ (kJ/s)
$Fr (\tau\alpha)_e$	ผลคูณแฟคเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสง
$A_c$	พื้นที่รับแสง (m <sup>2</sup> )
$G_t$	ค่ารังสีแสงอาทิตย์ (kW/m <sup>2</sup> )
$F_R U_L$	ผลคูณแฟคเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิภาพการสูญเสียความร้อน
$T_i$	อุณหภูมิของสารทำงานที่ทางเข้าแผงรับแสง (°C)
$T_a$	อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอากาศ (°C)
$\dot{m}_w$	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)
$c_{pw}$	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg.C)
$Q_s$	ปริมาณความร้อนที่ได้จากระบบน้ำร้อน (kJ/s)
$t_{w,j}$	อุณหภูมิน้ำร้อนที่จ่ายออกมา (°C)
$t_{main}$	อุณหภูมิน้ำเย็นที่จ่ายกับระบบ (°C)
$m_j$	มวลของน้ำที่จ่ายออกมา (kg)
$\dot{Q}_{ws}$	อัตราความร้อนที่แผงรับแสงทำให้น้ำร้อนขึ้น (kJ/s)
$T_{oc}$	อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงรับแสง (°C)
$T_{ic}$	อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังแผงรับแสง (°C)
$\dot{Q}_s$	พลังงานความร้อนที่เข้าสู่ระบบ (kJ/s)
$G_t$	ค่ารังสีแสงอาทิตย์ (kW/m <sup>2</sup> )
$Q_{par}$	พลังงานที่ใช้ในการปั๊มและอุปกรณ์ต่างๆในระบบ (kJ/s)
$\dot{Q}_{hrs}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ Heat recovery system (kJ/s)
$\dot{m}_{hrs}$	อัตราการไหลเชิงมวลที่ Heat recovery system (kg/s)
$T_{os}$	อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากถังสะสมเข้า HRS (°C)
$T_{is}$	อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังถังสะสมออกจาก HRS (°C)

$\dot{V}_{u\_day}$	ปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนในรอบหนึ่งวัน (L/day)
$\dot{V}_{u\_hr}$	ปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนจากระบบเป็นรายชั่วโมง (L/hr)
$T_{in}$	อุณหภูมิของน้ำเข้าแผงรับแสง (°C)
$T_{use}$	อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ระบบจ่ายใช้งาน (°C)
$I_{hr}$	ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง (MJ/m <sup>2</sup> )
$\dot{V}_{d\_hr}$	ปริมาณน้ำร้อนที่คงเหลือไม่พอใช้รายชั่วโมง (L/h)
$\dot{V}_{m\_hr}$	ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้เป็นรายชั่วโมง (L/h)
$Q_c$	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่แผงเซลล์ (kJ/s)
$T_{oc}$	อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงเซลล์ (°C)
$T_{ic}$	อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังแผงเซลล์ (°C)
$P_{ele}$	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW-h)
$\dot{Q}_{heat}$	ค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน (kW)
$\dot{Q}_{hrs}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ Heat recovery system (kJ/s)
$\dot{m}_{hrs}$	อัตราการไหลเชิงมวลที่ Heat recovery system (kg/s)
$T_{os}$	อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากถังสะสมเข้า HRS (°C)
TIC	ค่าลงทุนในการติดตั้งระบบ โดยจ่ายครั้งเดียวตอนเริ่มโครงการ,บาท
CRF	Capital Recovery Factor
i	อัตราส่วนลด (Discount Rate)
n	ระยะเวลาคืนทุน, ปี
IRR	อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน, %
N	อายุการใช้งานของระบบ, ปี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ ร่วมกับความร้อนทิ้งจากระบบปรับอากาศขนาดใหญ่
ชื่อผู้เขียน	บุญณรงค์ งามสอาด
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ตีเกะ บุนนาค
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีในอาคาร
ปีการศึกษา	2552

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการจัดการระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งจากระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ โดยทำการทดลองและตรวจวัดค่าจากของจริงทั้งหมดซึ่งได้ดำเนินการติดตั้งที่อาคารศูนย์ปฏิบัติการวิจัยโยธี การดำเนินการครั้งนี้มีผลมาจากคณะทำงานประหยัดพลังงานของ สวทช. เห็นว่าแนวโน้มค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น จึงได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการลดการใช้พลังงานลง จากดัชนีการใช้ไฟฟ้าของประเทศหรือของหน่วยงาน จะพบว่า 60 – 70 % มาจากระบบปรับอากาศ ดังนั้นจึงเห็นควรแก้ปัญหาที่ระบบใหญ่ และเห็นควรนำเทคโนโลยีที่ สวทช. มีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ การศึกษาได้แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนแบบผสมผสานกับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เพื่อที่จะนำมาใช้กับอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรม

ส่วนที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการการลดการใช้พลังงานในอาคารโดยใช้ระบบผสมผสานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กับการทำน้ำร้อน

ส่วนที่ 3 เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบผลิตน้ำร้อนของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

การดำเนินการครั้งนี้ได้นำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่มาใช้ร่วมกับเครื่องทำความเย็นระบบดูดซับและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนพร้อมทั้งประยุกต์ใช้แผงแสงอาทิตย์แบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้ โดยกำหนดให้อายุของอุปกรณ์อยู่ที่ 20 ปี (อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในประมาณ 8.05 %) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ หากดูจากผลการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว จะพบว่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 25 ปี (อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในประมาณ 9 %) เกินกว่าที่กำหนดไว้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่เนื่องจาก

การศึกษาครั้งนี้เป็นการจ่ายเงินลงทุนเพียงครั้งเดียวและเป็นหน่วยงานภาครัฐไม่ต้องเสียค่าดอกเบี้ยเงินกู้ จึงทำให้การศึกษานี้น่าลงทุน เพราะถ้าหากคิดระยะคืนทุนแบบง่ายๆจะพบว่าระยะเวลาคืนทุนเร็วอยู่ที่ประมาณ 10 ปีเท่านั้น

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าหากเป็นหน่วยงานภาครัฐหรือภาคเอกชน เช่น โรงพยาบาล โรงแรม โรงงานที่มีขนาดใหญ่ และมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำร้อนหรือมีปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนมาก จะคุ้มค่าเพราะปริมาณน้ำร้อนที่ได้มาจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ สำหรับภาคเอกชนที่มีขนาดรองลงมา ไม่แนะนำให้ติดตั้งระบบนี้เนื่องจากมีต้นทุนสูง ระยะการคืนทุนยาว หากมองด้านเศรษฐศาสตร์แล้วไม่คุ้มทุน

Thesis Title	The Management for Hot Water Production System : Combination of Photovoltaic System and Waste Heat from Air Conditioning.
Author	Boonnarong Ngarmsa-ard
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Tika Bunnag
Department	Building Technology Management
Academic Year	2009

### **ABSTRACT**

This thesis is a study of the management of hot-water generating system, which combines solar cells and discharged heat from large air-conditioning system. This was undertaken by experimenting and measuring data from actual equipment and facilities at Yothi Laboratory Building. This research was a result of policy from the Energy Conservation Committee of the National Science and Technology Development Agency (NSTDA). The committee saw a rising trend in electricity expenditures, thus issuing several energy reduction initiatives. Average electricity consumption indices showed that a majority, 60-70%, was from air-conditioning systems. The committee also aimed to utilize technologies already available in NSTDA. This research was divided into three parts;

Part I was to study a framework for developing a electricity-hot water generating system, combined with large air-conditioning system. This was to be implemented with buildings or factories.

Part II was to study a framework for managing and reducing energy consumption in a building, by using a solar cell-hot water combination system.

Part III was to study a feasibility of a hot water-generating system that combines solar energy with discharged heat from a large air-conditioning system.

In this study, discharged heat from large air-conditioning system was utilized with an adsorption chiller, a heat exchanger, and a solar cell panel that could produce hot water. Payment period of the equipment was specified at 20 years, with Internal Rate of Return (IRR) at 8.05%. Economic value assessment showed a 25 years payback period, with IRR at 9%. This is higher than specified and poses it as an unsuitable investment. However, considering that this is one-

time investment by public sector, which do not have to pay loan interest, this system may be worth the investment. Shorter payback period is possible at only 10 years.

Therefore, it can be seen that, if investors were public or large private sectors, such as hospitals, hotels, large factories that producing or consuming large amount of hot water, this will be a worthwhile investment. This is because hot water is produced from discharged heat from large air-conditioning system. Smaller size private sectors are not encouraged to use this system, however, due to high investment and long payback period, both of which make it uneconomically worthwhile.

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ใกล้แนวเส้นศูนย์สูตรและมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น และเพื่อสร้างความสุขสบายให้กับคนในอาคารทำให้ต้องใช้พลังงานจำนวนมากและจากการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจทำให้มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงขึ้นแหล่งจึงทำให้อัตราการใช้พลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ แหล่งพลังงานต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งเป็นพลังงานจากน้ำมันเป็นส่วนมากใกล้จะหมดไปในอนาคตอันใกล้อย่างไรก็ตามประเทศมีความจำเป็นที่จะต้อง ใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นตามภาวะเศรษฐกิจ ส่งผลทำให้ราคาของพลังงานมีมูลค่าสูงขึ้นเรื่อยๆอีกทั้งการที่โลกเกิดภาวะวิกฤตการณ์น้ำมันจากสงครามในตะวันออกกลาง จึงมีความพยายามหาวิธีการต่างๆเพื่อลดการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายลง แหล่งพลังงานสำคัญของโลกที่ถูกนำมาใช้ประกอบด้วย พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานใต้พิภพ พลังงานชีวมวล และพลังงานจากนิวเคลียร์ ปัจจุบันพลังงานจากน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซ เป็นพลังงานที่มีคนนิยมนำมาใช้มากที่สุด แต่พลังงานเหล่านี้คาดว่าจะมีสำรองให้ใช้ได้ไม่เกิน 50 ปี หรืออาจหมดไปในปี พ.ศ.2590-2597 อีกทั้งการใช้พลังงานจาก น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซ ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมติดตามมาด้วย เช่น มลพิษทางอากาศ ฝนกรด และ สภาวะเรือนกระจก อันมีผลกระทบเป็น ลูกโซ่ทั้งต่อระบบนิเวศ และความเป็นอยู่ของมนุษย์เรา

จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการพลังงานในแต่ละปีเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจการต่างๆทั้งภาครัฐและภาค เอกชน นำไปใช้ในลักษณะที่ไม่คุ้มค่า ที่เห็นได้ชัดเจนคือการนำพลังงานไฟฟ้าไปผลิตเป็นความร้อนโดยตรง เช่น อาคารขนาดใหญ่ที่มีความต้องการน้ำร้อน เป็นต้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อน มีอากาศร้อนตลอดทั้งปี และมีศักยภาพเพียงพอในการที่จะนำพลังงานทดแทนต่างๆ มาใช้เพื่อลดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าได้บางส่วน

สำหรับประเทศไทยพลังงานทดแทนจากเป็นแหล่งพลังงานที่ยิ่งใหญ่มีประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงคือให้แสงสว่าง สร้างความอบอุ่นให้กับโลก ทางอ้อมคือทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีพอยู่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชเจริญเติบโตโดยอาศัยการสังเคราะห์แสงจากแสงอาทิตย์

ประเทศไทยต้องการรังสีแสงอาทิตย์รวมเฉลี่ยตลอดปีอยู่ที่ประมาณ  $700 \text{ W/m}^2$  หรือเท่ากับ  $18.2 \text{ MJ/m}^2$  (จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2542 โดยกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร) ซึ่งปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างดีทั้งการผลิตไฟฟ้าและการทำน้ำร้อน ซึ่งความต้องการใช้ไฟฟ้าและน้ำร้อนในการประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้เกิดขึ้นอย่างมากทั้งในภาค อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ภาคธุรกิจและบ้านพักอาศัย ดังนั้นการนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งถือว่าประเทศไทยมีศักยภาพและเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษมาใช้ นับเป็นวิธีที่จะประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายของประเทศโดยรวมได้เป็นอย่างมาก

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นองค์กรหนึ่งที่มีศักยภาพสูงในการค้นคว้าและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์เพื่อเสริม สร้างนักคิด และนักทดลองให้มีความรู้ความสามารถทัดเทียมกับประเทศอื่นๆ ได้ โดยการจัดตั้งอุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทยขึ้นเป็นแห่งแรกของประเทศบนพื้นที่กว่า 200 ไร่ มีอาคารสูงมากกว่า 10 อาคารทำให้เสียค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เฉลี่ยเดือนละ 8 ล้านบาทหรือ 96 ล้านบาทต่อปี ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมาก คณะทำงานด้านประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันของ สวทช. จึงมีความเห็นว่ามัน่าจะใช้ทรัพยากรบุคคลและองค์ความรู้ที่ สวทช. มีอยู่แล้วคือ สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการทดลองด้านพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉพาะ มาปรับใช้ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ สวทช. เผชิญอยู่ จะเห็นได้ว่า 60% ของค่าไฟฟ้ามาจากระบบปรับอากาศ ซึ่ง สวทช. มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้ค่าใช้จ่ายสูงมาก การที่จะลดค่าใช้จ่ายได้ต้องนำพลังงานที่ได้จากธรรมชาติและไม่มีวันหมดสิ้นไป พลังงานนั้นคือพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยมุ่งเน้นที่ภารกิจต่างๆ ที่ สวทช. มีอยู่ การพัฒนาด้านแผงแสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ต้องมองถึงภาระค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในปัจจุบัน จึงเกิดแนวคิดที่ว่าถ้าเกิดมีการพัฒนาระบบพลังงานแสงอาทิตย์ควบคู่ไปกับการผลิตน้ำร้อนโดยไม่ต้องใช้พลังงานจากไฟฟ้าจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงได้ในส่วนหนึ่ง และ อาคารประเภท โรงพยาบาลและ โรงแรมเป็นอาคารที่มีความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำร้อน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้การต้มด้วยพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นการใช้พลังงานอย่างไม่คุ้มค่า อันเป็นผลมาจากการที่พลังงานไฟฟ้าจัดเป็นพลังงานที่มีคุณภาพสูงกว่าพลังงานความร้อน สาเหตุที่พลังงานไฟฟ้ามีราคาแพงเนื่องมาจากจะต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน และมีการสูญเสียพลังงานในทุกขั้นตอนการผลิต ดังนั้นเมื่อนำไฟฟ้ามาใช้ในการต้มน้ำเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างมาก ดังนั้นต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงตามธรรมชาติจึงมีราคาแพง ส่งผลโดยตรงต่อราคาค่าไฟฟ้าให้มีราคาแพงด้วย การนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้อย่างคุ้มค่าหรือการนำพลังงานทดแทนอื่นมาใช้งาน จึงเป็นสิ่งที่ทุกคนควรตระหนักและต้องคำนึงเป็นอย่างยิ่งเช่นกัน หากเรานำความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์มาใช้ได้โดยตรง



ในการทำน้ำร้อนไปใช้งาน ทดแทนการใช้ไฟฟ้าในการต้มน้ำจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างมาก และมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว เช่น ตัวอย่างในการประยุกต์ใช้ระบบความร้อนรวมที่เห็นได้ชัดในอุตสาหกรรมได้แก่การอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อผลิตไอน้ำ หรือการต้มผ้าของเครื่องซักผ้า อุตสาหกรรมเป็นต้น โดยทั่วไปอาคาร โรงพยาบาลและโรงแรม จะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ขนาดใหญ่เป็นส่วนมาก หากมีการติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกับระบบ ผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศอาจไม่เพียงพอทั้งปริมาณและอุณหภูมิที่ต้องการใช้ทั้งหมด ทั้ง ระบบดังกล่าวยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงเปลืองในการผลิตความร้อน โดยใช้พลังงานความร้อนจาก เชื้อเพลิง รวมถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้บางส่วนและประการสำคัญก็คือการนำพลังงานความร้อน จากธรรมชาติและพลังงานที่ต้องทิ้งเปล่ามาใช้ได้โดยตรง

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาและการจัดการระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสาน ระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับความร้อนทิ้งจากระบบปรับอากาศขนาดใหญ่
2. เพื่อศึกษาแนวทางการลดการใช้พลังงานในอาคาร โดยใช้ระบบผสมผสานไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์กับการทำน้ำร้อน
3. เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ กับระบบผลิตน้ำร้อนของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่
4. เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในอาคารที่มีการใช้พลังงาน แบบผสมผสาน

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. จะทำการศึกษาที่อาคารศูนย์วิจัยโยธี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งชาติ
2. ขนาดของแผงผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์เป็นแบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน ในพื้นที่รับ แสงอาทิตย์ ประมาณ 100 m<sup>2</sup> แผงเอียงทำมุม 15° หันไปทางทิศใต้ ผลิตไฟฟ้าสูงสุด 5,500 W ผ่าน อินเวอร์เตอร์ขนาด 6 kW เพื่อแปลงกระแสเข้าระบบสายส่ง จำนวนแผง 110 แผง
3. ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานจากเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วย อากาศ ยี่ห้อยอร์ค ขนาด 198 RT จำนวน 3 เครื่อง
4. ปริมาณน้ำร้อนที่ได้จากการผสมผสานการทำความร้อนจากระบบทั้งสองถูกเก็บใน ถังหุ้มฉนวน ขนาด 600 L

5. ศึกษาผลการประหยัดพลังงานของการใช้ระบบผสมผสานนี้ทั้งในด้าน เศรษฐศาสตร์และด้านพลังงาน

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. พัฒนาระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานกับความร้อนที่สามารถนำพลังงาน แสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศเขตร้อนชื้น
2. ระบบที่พัฒนาสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารที่มีการใช้พลังงานแบบ ผสมผสานทั้งความร้อนและไฟฟ้าได้
3. ลดการใช้พลังงานในอาคารที่ใช้พลังงานแบบผสมผสาน
4. ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในรูปแบบเดิม
5. วิเคราะห์และทำนายความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำร้อน โดยระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์
6. ระบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้ตลอดวันและทันต่อความต้องการการใช้น้ำร้อน

## บทที่ 2

### แนวคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

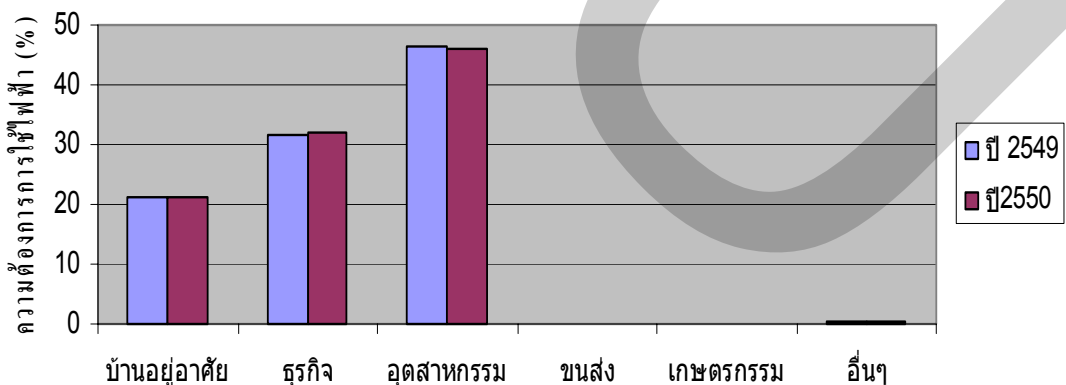
#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎี

เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจของประเทศมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆทำให้ทุกภาคส่วนต้องหันมามององค์กรของตนเองเพื่อสนองนโยบายของรัฐบาลและเพื่อความมั่นคงของประเทศ ซึ่ง สวทช. เช่นกันที่มีอัตราแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงขึ้นเป็นทวีคูณมิได้ลดลง ถึงแม้ว่าคณะทำงานประหยัดไฟฟ้าและน้ำมันจะหาวิธีการหรือมาตรการต่างๆมาแก้ไขปรับปรุงแต่ก็ได้ผลบ้างเป็นบางส่วนซึ่งถ้าหากมองในภาพรวมของประเทศแล้วจะสามารถมองเห็นได้ในภาพกว้าง ดังนี้

##### 2.1.1 ลักษณะและปริมาณการใช้พลังงาน

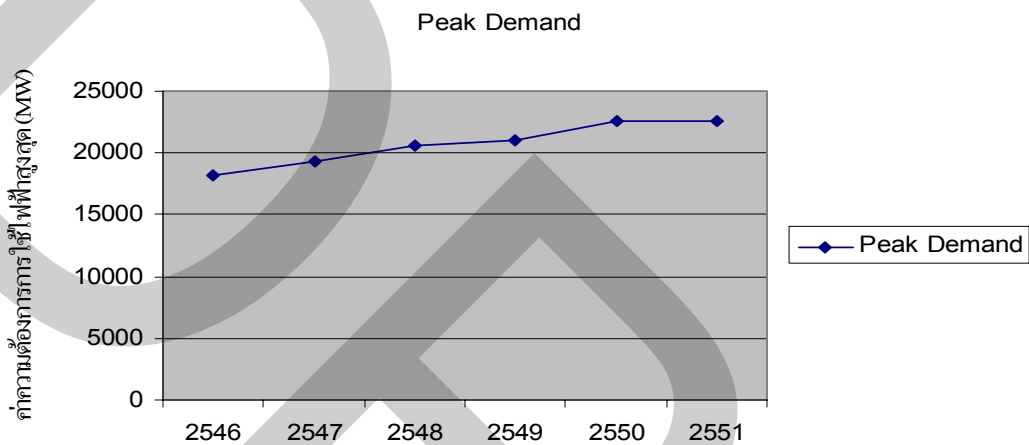
หากพิจารณาความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศในช่วงปี 2550 พบว่าอยู่ที่ระดับ 133,178 GW-h ซึ่งปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นกว่าช่วงเดียวกันของปีก่อนถึง 5.4% ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนเมษายนมีค่าสูงถึง 22,586.10 MW สูงกว่าค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในปีที่แล้วถึง 1,522.1 MW โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในภาคต่างๆดังรายละเอียด

#### เปรียบเทียบสัดส่วนความต้องการการใช้ไฟฟ้า



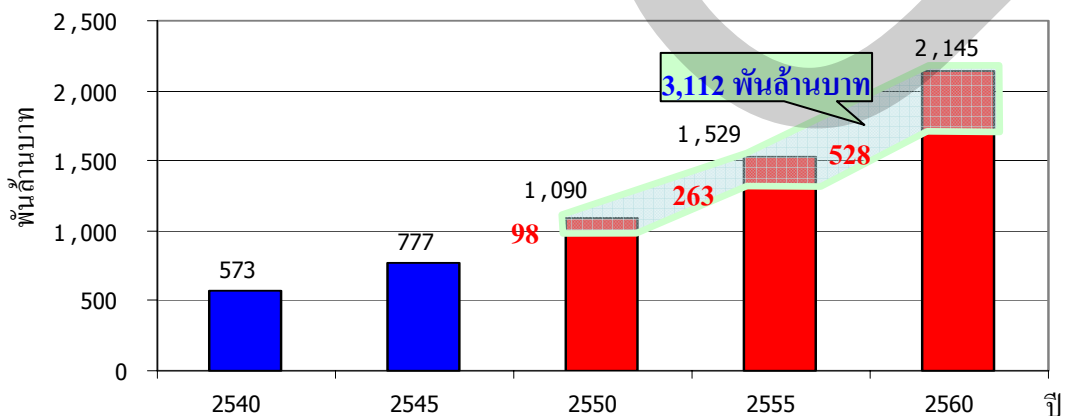
รูปที่ 2.1 ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าปี 2550 เทียบกับปี 2549

จากปริมาณความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของระบบที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยมีสาเหตุหลักจากสภาพอากาศที่ร้อนจัด ซึ่งภูมิภาคต่างๆของประเทศไทยมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิในวันที่เกิดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของปีที่ผ่านมา และภาวะเศรษฐกิจที่เติบโตในอัตราถดถอย ทำให้ค่าความต้องการไฟฟ้าของประเทศเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาเพียงเล็กน้อย ส่งผลอย่างชัดเจนถึงปัญหาด้านพลังงานที่ต้องมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในทุกภาคของประเทศทั้งภาครัฐและเอกชน



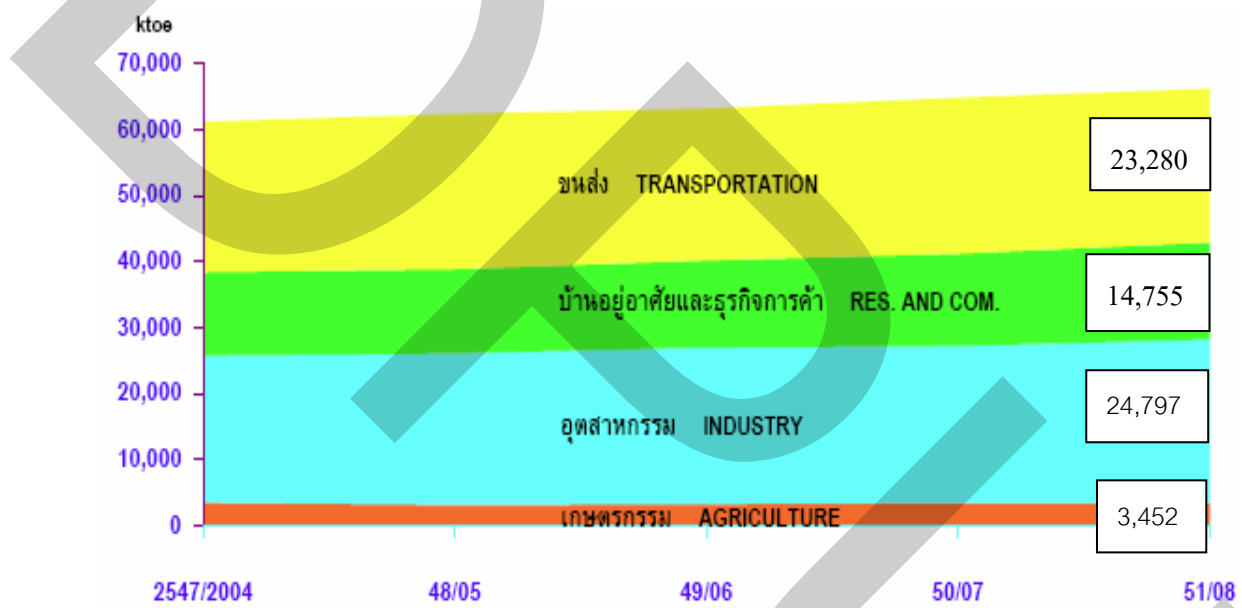
รูปที่ 2.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดต่อปีของประเทศไทย

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานที่สูงถึง 15 % ของ GDP ซึ่งนับว่าสูงมากทั้งที่ประเทศไทยมีการทำงานด้านอนุรักษ์พลังงานมานานกว่า 10 ปีเมื่อพิจารณามูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้และแนวโน้มของการประหยัดพลังงานภาพรวมของประเทศ (รูปที่ 2.3) ภายใต้สมมติฐานอัตราส่วนการเพิ่มของการใช้พลังงานต่อ GDP เป็น 1:1 และอัตราการเติบโต GDP เป็น 5% ต่อปีเห็นได้ชัดว่าถ้ามีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้วจะสามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 3.1 ล้านล้านบาท



รูปที่ 2.3 มูลค่าของพลังงานที่ประหยัดได้และการคาดการณ์มูลค่าประหยัดพลังงานของประเทศไทย (ข้อมูลจากการประชุมเชิงปฏิบัติการยุทธศาสตร์พลังงาน ปี 2546)

ดังนั้นการทำงานด้านอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการลดการใช้พลังงานเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายของการอนุรักษ์พลังงานตามแผนปฏิบัติการยุทธศาสตร์พลังงานปี 2546 เพื่อให้การอนุรักษ์พลังงานเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมจึงเกิดขึ้นในช่วงปี 2547 เป็นต้นมา เพื่อให้เกิดการทำงานด้านอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอัตราส่วนการใช้พลังงานในภาคต่างๆ (รูปที่ 2.4) พบว่าภาคการขนส่งและภาคอุตสาหกรรมจะมีการใช้พลังงานที่สูงที่สุดที่ 36-37% ในขณะที่ภาคที่อยู่อาศัยและการค้ามีค่าสูงรองลงมาที่ 21% ซึ่งนับเป็นค่าที่สูงใกล้เคียงกับใน 2 ภาคแรก



รูปที่ 2.4 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศไทย

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าเมื่อศึกษาจากสัดส่วนการใช้พลังงานในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศไทย จะพบว่าแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้อาจทราบถึงข้อมูลจริงที่เป็นตัวเลขเพื่อประกอบกับการพิจารณา ซึ่งเมื่อวิเคราะห์จากข้อมูลพบว่าเมื่อนำข้อมูลปี 2550 มาเปรียบเทียบกับ ปี 2551 จะเห็นได้ว่าทุกสาขามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นยกเว้นสาขาเหมืองแร่และขนส่ง สาเหตุคงเพราะมาจากวิกฤตพลังงานของโลก ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาจึงได้มีการหาพลังงานทดแทนอื่นๆ มาใช้ ดังรูปที่ 2.5

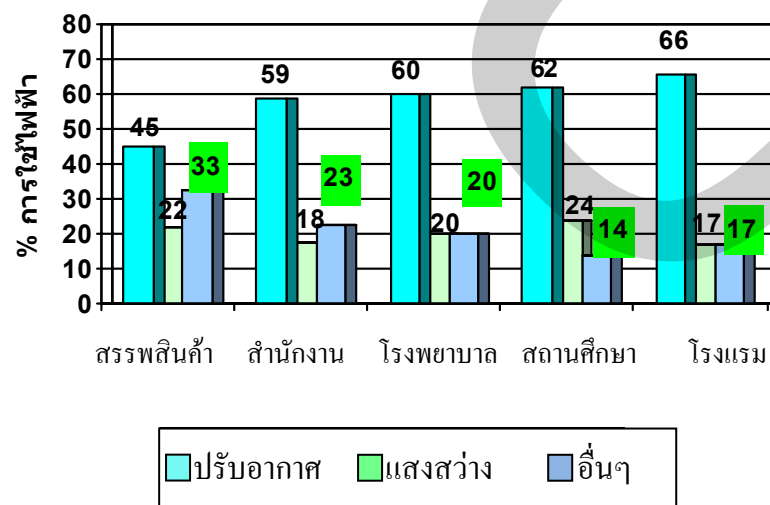
## การใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

สาขา	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551
เกษตรกรรม	3,520	3,207	3,312	3,448	3,452
เหมืองแร่	131	125	130	131	129
อุตสาหกรรมฯ	21,961	22,643	23,442	23,536	24,537
ก่อสร้าง	171	152	139	114	131
บ้านอยู่อาศัย	8,801	8,933	9,034	9,533	10,070
ธุรกิจการค้า	3,866	3,846	4,215	4,482	4,685
การขนส่ง	22,812	23,491	22,985	23,622	23,280
รวม	61,262	62,397	63,257	64,866	66,284

หน่วย: พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

รูปที่ 2.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ปี 2547-ปี 2551

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของการใช้พลังงานในภาคของอาคารและที่อยู่อาศัยพบว่า การใช้พลังงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ พลังงานในส่วนของ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ซึ่งแบ่งตามประเภทอาคารได้ (รูปที่ 2.6)

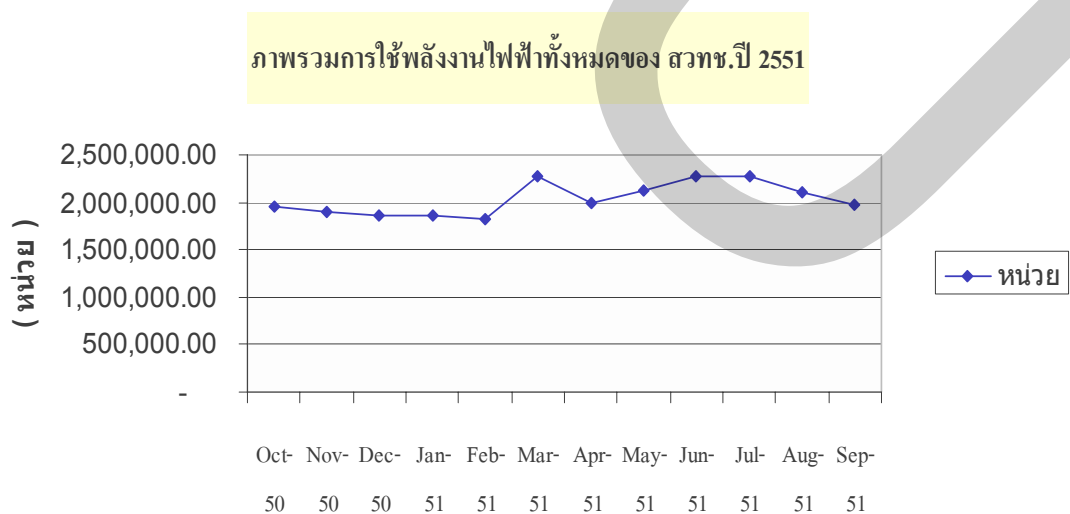


รูปที่ 2.6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ

จากการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสามารถแบ่งสัดส่วนได้ดังนี้คือ

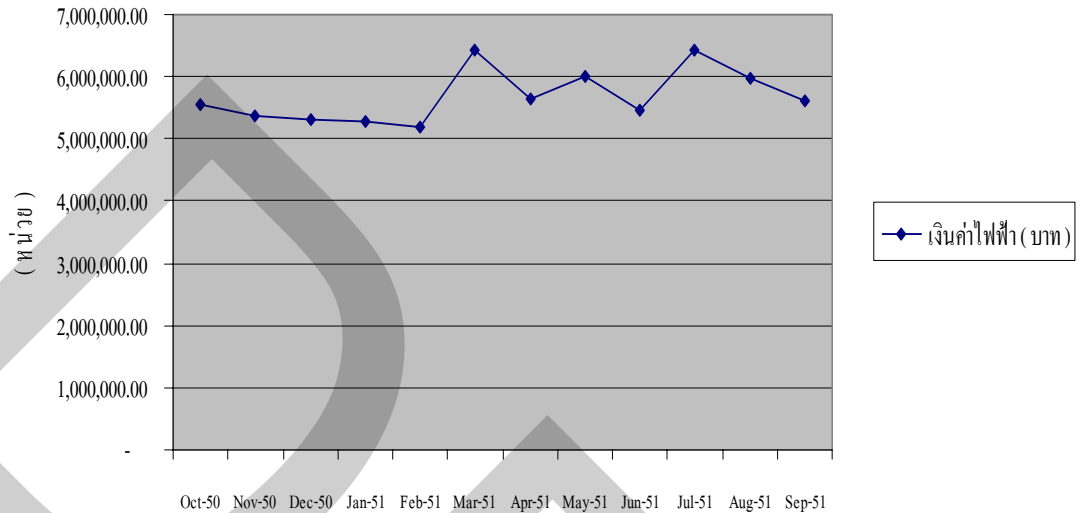
- 60 % ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ
- 30% ระบบแสงสว่าง
- 10% ระบบอื่นๆ เช่น ระบบลิฟต์ ระบบทำน้ำเย็น เป็นต้น

หากต้องการทำงานอนุรักษ์พลังงานในอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานลงพบว่าสิ่งแรกที่ต้องทำในการลดการใช้พลังงานอย่างได้ผลต้องลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศก่อนเนื่องจากในระบบนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุดในอาคารถึง 45 – 66 % ขึ้นกับชนิดและรูปแบบของอาคาร ซึ่งระบบปรับอากาศกลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่สุดของวิศวกรพลังงานในการหาทางลดการใช้พลังงานลง เช่นเดียวกับหน่วยงานใน สวทช. ซึ่งถ้าดูจากกราฟจะเห็นได้ว่าแนวโน้มค่าพลังงานจะสูงขึ้น ดังนั้นเป็นหน้าที่ของทีมงานคณะทำงานประหยัดพลังงานต้องหาทางแก้ไขปัญหาลงในคณะทำงานฯ มีหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์เข้าร่วมประชุมด้วยได้เสนอความเห็นว่าจะถึงเวลาแล้วที่จะต้อง นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ เพราะ สวทช. มีความพร้อมทุกด้าน จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะลดพลังงานในส่วนของผู้กรณ์ที่ใช้พลังงานมาก ในที่นี้คือระบบปรับอากาศ หากลดได้จะช่วยประหยัดลงมากกว่า 25 % จึงได้นำเทคโนโลยีแบบผสมผสานเข้ามามีบทบาทในการปรับปรุงและพัฒนาให้เกิดผลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ จากรูปที่แสดงต่อไปนี้เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของหน่วยงานโดยรวมของ สวทช. ในปีงบประมาณ 2551 ซึ่งยังขาดหน่วยงานบางหน่วยงานที่ไม่สามารถดูสรุปได้จึงขอแสดงบางรายการมาเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ต้องมีการลดการใช้พลังงานลงอย่างเร่งด่วน



รูปที่ 2.7 ภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของ สวทช. ปี 2551

กราฟแสดงค่าไฟฟ้าทั้งหมดของ สวทช. ปี 2551



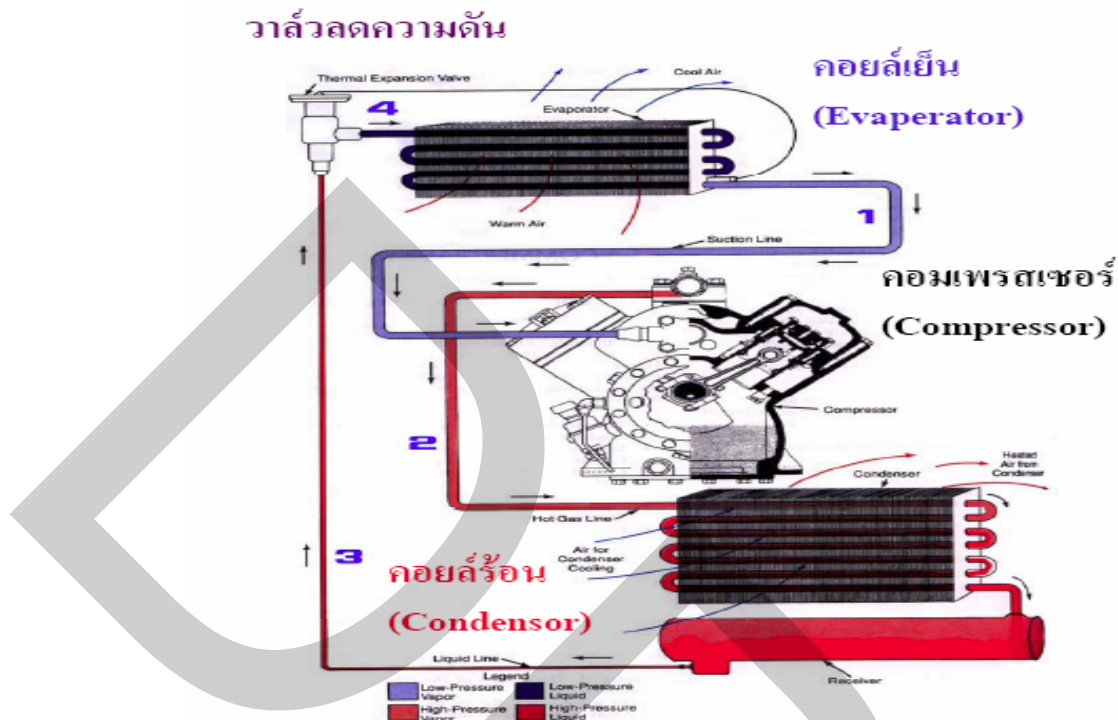
รูปที่ 2.8 ภาพกราฟแสดงไฟฟ้าทั้งหมดของ สวทช.ปี 2551

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาระบบการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผสมผสานระหว่างระบบผลิตน้ำร้อนจากแผงรับแสงชนิดแผ่นเรียบแบบอะมอร์ฟัสที่ซึ่ลิกอนกับระบบผลิตน้ำร้อนเหลือทิ้งจากระบบเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ดังนั้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจึงจะกล่าวในเรื่อง วัฏจักรฮีตปั้ม การถ่ายเทความร้อนของแผงรับแสงชนิดแผ่นเรียบแบบอะมอร์ฟัสที่ซึ่ลิกอน

### 2.1.2 วัฏจักรฮีตปั้มแบบอัดไอ

การปรับอากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์มากขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้ว่า ในปัจจุบันอาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้นล้วนเกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศทั้งสิ้น โดยอุปกรณ์หลักในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งใช้ในการดึงความร้อนจากแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงประกอบไปด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) วาล์วขยายตัว (Expansion Valve) และอีแวพอเรเตอร์ (Evaporator) ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 2.9





รูปที่ 2.9 การทำความเย็น แบบอัดไอ

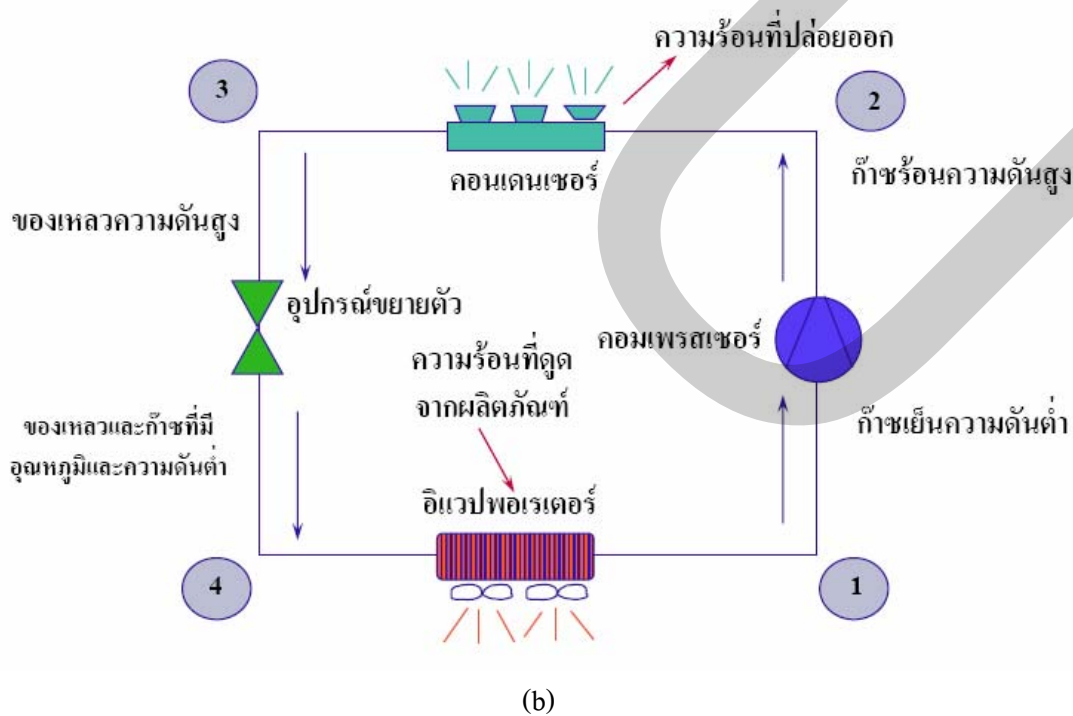
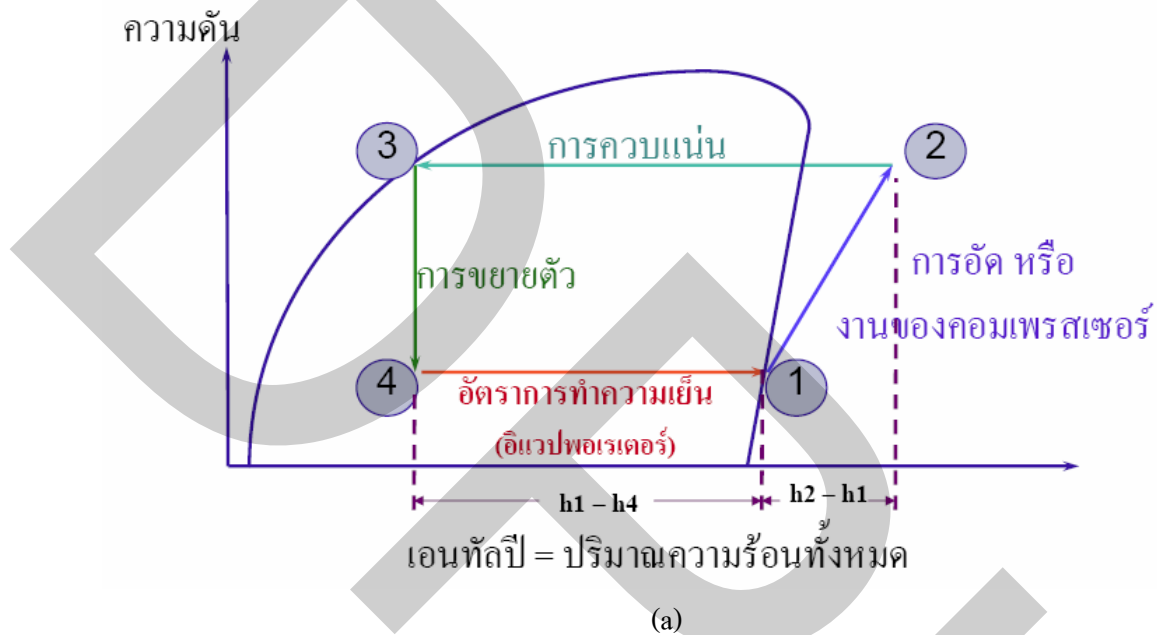
**คอมเพรสเซอร์ (Compressor)** ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสารทำความเย็น หรือน้ำยา (Refrigerant) ในระบบ โดยทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิ และความดันสูงขึ้น

**คอยล์ร้อน (Condenser)** ทำหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็นกล่าวง่าย ๆ ก็คือ ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น ที่มาจากเครื่องอัด จากก๊าซไปเป็นของเหลวที่เย็นตัวลง แต่ความดันยังสูงอยู่

**อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion valve)** หน้าที่ง่าย ๆ ของเอ็กแพนชันวาล์ว ก็คือจะทำหน้าที่ลดความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นหรือขยายของเหลว ไปเป็นก๊าซเย็นอย่างฉับพลัน ลักษณะของเอ็กแพนชันวาล์ว คือการลดพื้นที่หน้าตัดของท่อทางสารทำความเย็น นอกจากนี้ก็ยังมีท่อขนาดเล็ก (Capillary tube) ที่ทำหน้าที่คล้ายกัน

**คอยล์เย็น (Evaporator)** แวเปอเรเตอร์เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งจากก๊าซเย็นที่มาจากเอ็กแพนชันวาล์ว ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น (ยกตัวอย่างพื้นที่ที่ต้องการให้เย็นเช่น ภายในตู้เย็น, ภายในห้องปรับอากาศ ของไหลที่ไหลเวียนภายในห้องทำความเย็น จะเป็นอากาศ)

ระบบการทำความเย็นที่เรากำลังกล่าวถึงคือระบบอัดไอ (Vapor-Compression Cycle) ซึ่งมีหลักการทำงานง่ายๆ คือ การทำให้สารทำความเย็น (น้ำยา) ไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบหลักทั้ง 4 อย่างต่อเนื่องเป็น วงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) นั้น สามารถอธิบายด้วย ไดอะแกรม การทำงานของอุปกรณ์และสมบัติสารทำงาน ใน P-h Chart ดังรูปที่ 2.10 (a) และ (b)



รูปที่ 2.10 วงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle)

- 1) เริ่มต้นโดยคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็น แล้วส่งต่อเข้าคอยล์ร้อน
- 2) สารทำความเย็น จะไหลวนผ่านแผงคอยล์ร้อน โดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยระบายความร้อน ทำให้น้ำยาจะที่ออกจากคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิลดลง (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งต่อไปสู่อุปกรณ์ลดความดัน
- 3) สารทำความเย็น ที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะมีความดันและอุณหภูมิต่ำมาก แล้วไหลเข้าสู่คอยล์เย็น
- 4) จากนั้นสารทำความเย็น จะไหลวนผ่านแผงคอยล์เย็น โดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยดูดซับความร้อนจากภายในห้อง เพื่อทำให้อุณหภูมิห้องลดลง ซึ่งทำให้สารทำความเย็น ที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการหมุนเวียนสารทำความเย็น ต่อไป

### 2.1.3 การถ่ายเทความร้อนที่แผงรับแสงชนิดแผ่นเรียบแบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน

แผงรับแสงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน แล้วถ่ายเทความร้อนให้กับตัวกลาง (น้ำ) ที่อยู่ภายในแผงรับแสงที่สภาวะคงที่สามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากแผงรับแสงได้จากผลต่างของพลังงานที่ได้รับ เปรียบประสิทธิภาพแสงกับการสูญเสียความร้อน ดังสมการ

$$Q_c = A_c [F_R (\tau\alpha)_e G_t - F_R U_L (T_{cell} - T_a)] \quad (2.1)$$

เมื่อพิจารณาที่ตัวกลางยังสามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากแผงรับแสงได้

$$Q_c = \dot{m}_w c_p \Delta T \quad (2.2)$$

และสามารถหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงแบบแผ่นเรียบ ได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ได้รับจากแผงรับแสงในหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อรังสีรวมที่ตกกระทบบนแผงรับแสง

$$\eta_c = \frac{Q_c}{Q_{solar}} \quad (2.3)$$

$$\eta_c = \text{ประสิทธิภาพของแผงเซลล์}$$

$$Q_c = \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนที่แผงเซลล์ kJ/s}$$

$$Q_{solar} = \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ kJ/s}$$

$$F_R (\tau\alpha)_e = \text{ผลคูณแฟคเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสง}$$

$$A_c = \text{พื้นที่รับแสง m}^2$$

$$G_t = \text{ค่ารังสีแสงอาทิตย์ kW/ m}^2$$

$$F_R U_L = \text{ผลคูณแฟคเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิการสูญเสียความร้อน}$$

$T_{cell}$  = อุณหภูมิของสารทำงานที่ทางเข้าแผงรับแสง °C

$T_a$  = อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอากาศ °C

$m_w$  = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ kg/s

$c_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/kg. C

#### 2.1.4 วิธีการตรวจวัดระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

จากวิธีการตรวจวัดระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ยอมรับใช้กันอย่างแพร่หลายมาก คือ ASHAE Standard 95-1981 (RA87) คือการทดสอบนี้กระทำโดยจะมีการเติมน้ำในระบบให้เต็มในตอนเช้าของวันแรกที่ทำกรทดสอบที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง และทำการทดสอบต่อไปจนครบ 24 ชั่วโมงของวันถัดไป โดยบันทึกค่าไว้ซึ่งในการทดสอบจะมีการจ่ายน้ำร้อนออกมาใช้ในอัตราที่กำหนด สำหรับการทดสอบนี้สามารถกระทำได้ในวันแรกๆก่อนจะใช้งานเพื่อคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ได้จากระบบในแต่ละวัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ระบบฯได้มีการใช้งานตลอดทำให้มีความร้อนสะสมอยู่ตลอด ทำให้อุณหภูมิน้ำเข้ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ ซึ่งสามารถหาปริมาณความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ จากสมการดังนี้

$$\dot{Q}_s = \sum_{j=1}^n m_j c_p (T_{oc} - T_{ic}) \quad (2.4)$$

$\dot{Q}_s$  = ปริมาณความร้อนที่ได้จากระบบน้ำร้อน kJ/s

$c_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/kg. C

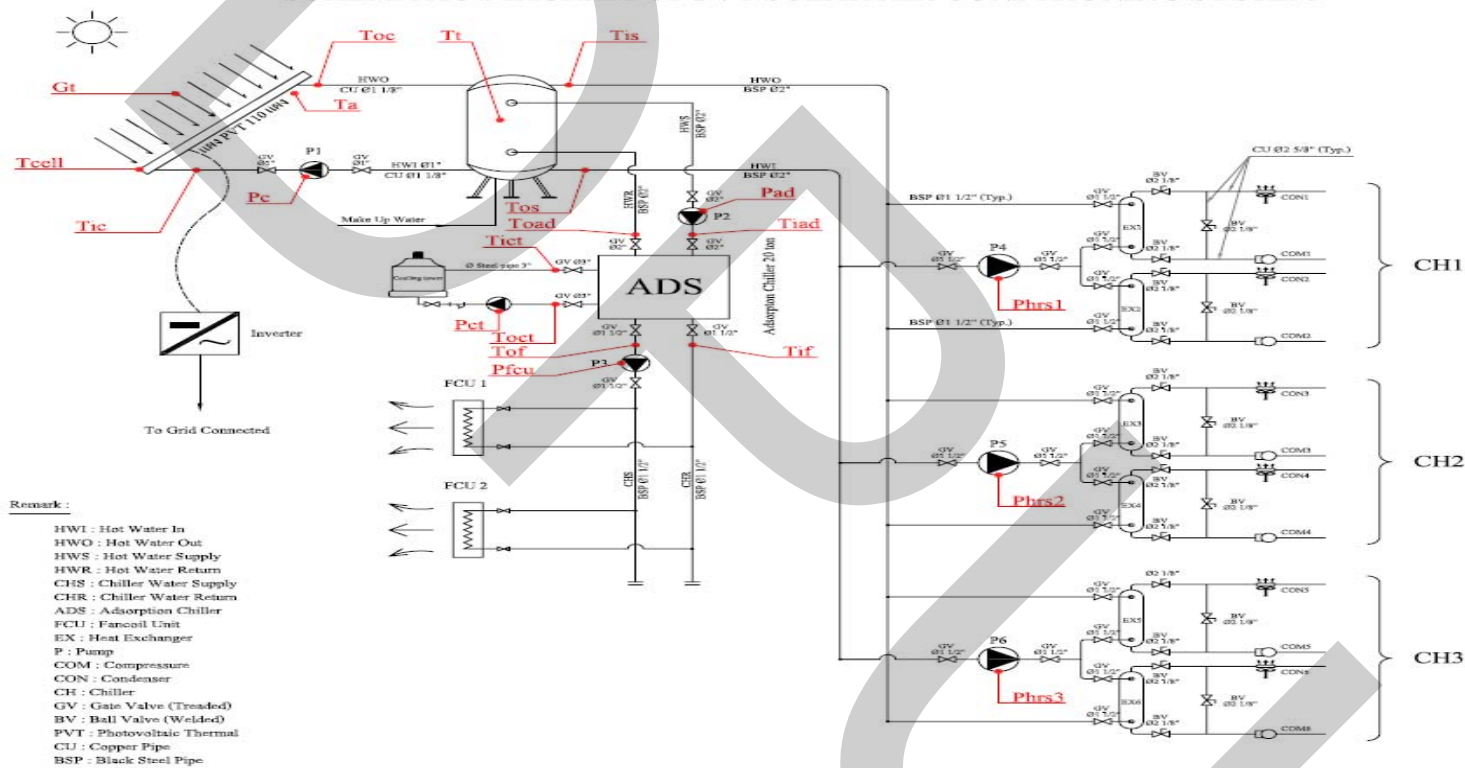
$T_{oc}$  = อุณหภูมิน้ำร้อนที่จ่ายออกมา °C

$T_{ic}$  = อุณหภูมิน้ำเย็นที่จ่ายกับระบบ °C

$m_j$  = มวลของน้ำที่จ่ายออกมา kg

$n$  = จำนวนครั้งที่จ่ายน้ำออกมา

### SCHEMATIC DIAGRAM OF PVT SOLAR AIR-CONDITIONING SYSTEM



รูปที่ 2.11 ระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.9 เป็นระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะดำเนินการติดตั้งเพื่อดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำน้ำร้อน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าระบบทำน้ำร้อนนี้ประกอบขึ้นจากระบบย่อยๆ อย่างน้อย 2 ระบบ คือระบบทำน้ำร้อนในส่วนของแผงรับแสง และระบบทำน้ำร้อนจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งได้จากแหล่งอื่นๆ

ดังนั้นจากมาตรฐาน ASHRAE standard 95-1981 (RA 87) สามารถคำนวณประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนในระบบย่อยแบบแผงได้ดังนี้

$$\dot{Q}_{ws} = \sum_{j=1}^n \dot{m}_{w,j} c_p (T_{oc} - T_{ic})_j \quad (2.5)$$

$$\dot{Q}_s = \sum_{j=1}^n \left( A_c G_t + \dot{Q}_{par} \right)_j \quad (2.6)$$

$$\eta_s = \frac{\dot{Q}_{ws}}{\dot{Q}_s} \quad (2.7)$$

$\dot{Q}_{ws}$  = อัตราความร้อนที่แผงรับแสงทำให้น้ำร้อนขึ้น kJ/s

$\dot{m}_w$  = อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านระบบ kg/s

$c_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/kg. C

$T_{oc}$  = อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงรับแสง °C

$T_{ic}$  = อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังแผงรับแสง °C

$\dot{Q}_s$  = พลังงานความร้อนที่เข้าสู่ระบบ kJ/s

$A_c$  = พื้นที่รับแสง m<sup>2</sup>

$G_t$  = ค่ารังสีแสงอาทิตย์ kW/ m<sup>2</sup>

$\dot{Q}_{par}$  = พลังงานที่ใช้ในการขับปั๊มและอุปกรณ์ต่างๆในระบบ kJ/s

$n$  = จำนวนครั้งที่ระบบทำงาน

การคำนวณประสิทธิภาพการทำน้ำร้อนในส่วนของแหล่งความร้อนเหลือทิ้ง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\dot{Q}_{hrs} = \dot{m}_{hrs} \times C_p \times (T_{os} - T_{is}) \quad (2.8)$$

$\dot{Q}_{hrs}$  = อัตราการถ่ายเทความร้อนจากระบบ Heat recovery system kJ/s

$\dot{m}_{hrs}$  = อัตราการไหลเชิงมวลจากระบบ Heat recovery system kg/s

$C_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ของน้ำ kJ/kg °C

$T_{os}$  = อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากถังสะสมเข้า HRS °C

$T_{is}$  = อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังถังสะสมออกจาก HRS °C

## 2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้อง

สุรสิทธิ์ (2530) ได้ศึกษาระบบทำน้ำร้อน ประกอบด้วยตัวรับแสงแบบฮีทไปป์-เรอร์มัลไดโอด ตัวแผ่นดูดรังสีทำด้วยอลูมิเนียมอนิโคไซด์ ทำท่อแถวและท่อเสดเคอร์ด้านข้างยื่นต่อท่อแถว ท่อเสดเคอร์ด้านบนมี 2 ชั้น ชั้นในเป็นท่อแถวแถว บริเวณผิวท่อติดด้วยครีบบางวงแหวน ชั้นนอกเป็นท่อเหล็กไร้สนิม บริเวณนอกท่อหุ้มด้วยฉนวน ฉนวนด้านหลังเป็นใยแก้ว แผ่นปิดหน้าเป็นกระจก 2 ชั้น น้ำเป็นของไหลในระบบปิด อัตราส่วนของไหลในระบบปิดเท่ากับ 0.8 ความดันสุญญากาศเริ่มต้นในระบบปิด 0.15 bar ถึงเก็บน้ำร้อนมีขนาดความจุ 100 L เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 m หุ้มฉนวนอย่างดี ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดปีของระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีแบบฮีทไปป์-เรอร์มัลไดโอด สำหรับตัวรับรังสีและระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์มีค่า 46.13 และ 41.60 % ตามลำดับ ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐกิจปรากฏว่า ระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีแบบฮีทไปป์-เรอร์มัลไดโอด และท่อขดเซอร์เพนไทน์ผลิตพลังงานได้ในราคา 1.81 และ 1.82 B/k W-h ตามลำดับ โดยใช้อัตราดอกเบี้ย 15% ที่อายุการใช้งาน 15 ปี

ศิริพร (2537) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โครงการโรงไฟฟ้าความร้อนอ่าวไม่เครื่องที่ 1 และ 2 โดยแยกเป็น 2 กรณี และกำหนดอายุโครงการเท่ากับ 25 ปี ตามอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน กรณีแรกไม่มีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (FGD) ผลการศึกษาพบว่าสมควรต่อการลงทุนโดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 11,599.39 ล้านบาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ ร้อยละ 14.9 เมื่อใช้อัตราส่วนร้อยละ 10

สำหรับกรณีที่ 2 ที่มีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (FGD) เนื่องจากกรณีแรกส่งผลกระทบต่อสังคมโดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพอากาศ พบว่ายังสมควรต่อการลงทุนแม้ว่ามูลค่าสุทธิจะลดลงเป็น 2,232.97 ล้านบาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนลดลงเป็นร้อยละ 1.04 และอัตราผลตอบแทนโครงการลดลงเป็นร้อยละ 10.86 เมื่อใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 10 ดังนั้นในการพิจารณาว่าสมควรที่จะติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือไม่ ขึ้นอยู่กับการควบคุมคุณภาพอากาศในโรงไฟฟ้าให้มีองค์ประกอบของซัลเฟอร์ต่ำ

ทนงเกียรติ และกุสกาณา (2538) เป็นการศึกษาข้อมูลของเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย โดยศึกษาเฉพาะระบบที่ใช้ตัวรับแสงแบบแผ่นเรียบเป็น

ตัวรับความร้อนซึ่งใน 2 ทศวรรษที่ผ่านมา พื้นที่ที่ได้รับการติดตั้ง มีราว 50,000-70,000 m<sup>2</sup> แต่หลังจากนั้นแล้วอัตราการเพิ่มสุทธิของจำนวนและพื้นที่ที่มีการติดตั้งไม่ชัดเจน กิจกรรมที่มีความเหมาะสม โดยสามารถใช้กับระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ได้ดี จะเป็นกิจกรรมประเภท โรงแรม เกสเฮาส์ และโรงพยาบาล ศักยภาพในการใช้น้ำร้อนของหน่วยงานประเภทนี้ ประมาณ 14.5 x 10<sup>6</sup> L/day และ 27.3 x 10<sup>6</sup> L/day สำหรับโรงแรมและเกสเฮาส์ และโรงพยาบาลตามลำดับ จากการทดสอบสมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ในโรงพยาบาล และโรงแรมหลายแห่งพบว่า ประสิทธิภาพตลอดวัน ในกรณีของโรงแรมและโรงพยาบาลมีค่าประมาณ 13-33% และ 13-37% ตามลำดับ หน่วยงานที่มีการใช้น้ำร้อนในอัตราค่อนข้างสูง และสม่ำเสมอตลอดวัน จะให้ค่าสมรรถนะตลอดวันสูง สำหรับข้อแตกต่างระหว่าง ระบบ Active และแบบ Passive มีไม่มากนัก

สุริย์พร (2540) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งเป็นการนำพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้จากช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำมาสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำตอนล่างกลับไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำตอนบนเพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าอีกครั้งในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดตลอดวัน ซึ่งถือว่าเป็นการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาได้นั้นไม่สามารถที่จะเก็บเอาไว้ได้ ดังนั้นการนำเอาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตเกินความต้องการนั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาสูบน้ำกลับขึ้นไปผลิตไฟฟ้าอีกครั้งและยังเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย โดยทำการรวบรวมข้อมูลทุกขุมที่เกี่ยข้องโดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทน โครงการรวมทั้งวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนและผลประโยชน์ไปจากเดิม ในการวิเคราะห์โครงการกำหนดอายุโครงการ 59 ปีตามอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับและใช้อัตราคิดลดร้อยละ 10 ซึ่งเป็นอัตราคิดลดร้อยละ 10 ซึ่งเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่การไฟฟ้าจะต้องกู้ยืมการใช้ในโครงการต้นทุน ผลการวิเคราะห์พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 1.113 และอัตราผลตอบแทนโครงการเท่ากับ 13.506 แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุนและเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการพบว่าแม้จะมีปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการที่เปลี่ยนไปโครงการนี้ก็ยังคงมีความเหมาะสมที่จะลงทุน

กิตติ (2541) ได้ทำการออกแบบผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการใช้น้ำร้อนภายในบ้านพักอาศัย การลดการถ่ายเทความร้อน จากภายนอกผ่านเข้าไปในบ้านพักอาศัย และก่อให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ โดยผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย



แผ่นพลาสติก ช่องว่างอากาศระหว่างแผงรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นพลาสติก ถึงสะสมความร้อนและ  
 ฉนวน ซึ่งจะรวมไว้เป็นชุดเดียวกัน โดยผนังจะหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผลการศึกษาพบว่า  
 อุณหภูมิน้ำร้อนจะมีค่าสูงสุดในช่วง 17.00 : 18.00 น. โดยสามารถใช้ประโยชน์ของน้ำร้อนได้อย่าง  
 เหมาะสมที่สุด ในตอนเย็นของแต่ละวัน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 40-45 °C และสามารถลดค่า  
 สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังลงได้ประมาณ 60-70 % ด้วยเหตุ ดังกล่าวสามารถ  
 ก่อให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ ก่อนข้างน้อยโดยประมาณ 0.0001-0.018 kg.s<sup>-1</sup> การ  
 เปรียบเทียบระหว่างผลจากการทดลองกับผลจากการคำนวณ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์  
 ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้คำนวณสภาพการทำงาน  
 ของผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ภายใต้สภาวะอากาศต่างๆและในแต่ละทิศทางได้

ศุภชัย (2542) ได้ศึกษาสมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนที่ใช้ฮีทปั๊มเสริมพลังงาน  
 แสงอาทิตย์ตัวรับรังสีทำหน้าที่เป็นอีแวปอเรเตอร์ สาร R134a เป็นสารทำงาน และสร้าง  
 แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์มาจำลองสถานการณ์ของระบบเพื่อทำนายค่าต่างๆของระบบทำน้ำ  
 ร้อน มีค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบอยู่ในช่วง 490 - 700 W/m<sup>2</sup> ความเร็วลมอยู่ในช่วง 1.4-3.3 m/s อัตรา  
 การไหลของสารทำงาน R -134a 0.003 kg/s อัตราการไหลของน้ำใช้งาน 0.02 kg/s เวลาทำการ  
 ทดสอบ 10.00 - 15.00 น. ผลการทดสอบอุณหภูมิขาเข้าตัวรับรังสีอยู่ในช่วง - 6 ถึง -0.1 °C  
 อุณหภูมิขาออกตัวรับรังสี และอุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์อยู่ในช่วง 62.70 - 78.40 °C อุณหภูมิขา  
 ออกคอมเพรสเซอร์อยู่ในช่วง 109.70 - 125.10 °C ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์อยู่ในช่วง 310 -  
 360 kPa(abs) ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์อยู่ในช่วง 1100 - 1200 kPa(abs) อุณหภูมิที่ระบบทำ  
 ได้อยู่ในช่วง 38.7 - 43.3 °C ผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสงมีค่า  
 0.2382 ผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนมีค่า 6.6589  
 W/m<sup>2</sup>°C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของฮีทปั๊มอยู่ในช่วง 2.36 - 4.29 ประสิทธิภาพตัวรับรังสีอยู่ในช่วง  
 54.64 - 75.12 % และทำการเปรียบเทียบค่าต่างๆกับผลจากการจำลองพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

สมชาย (2543) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบผสมผสานแบบใหม่เพื่อผลิตน้ำร้อน  
 และปรับอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งใช้ตัวรับแสงทำหน้าที่เป็น  
 ถังเก็บน้ำร้อนในเวลาเดียวกันขนาด 120 L ห้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกขนาด  
 2.5 m<sup>3</sup> ในการทดลอง ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 30 ชิ้น รุ่น TEC1-12704 ขนาดต่อชิ้น 40 x  
 40 mm. แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสูงสุด 13.5 VDC และ 4.4 Amp. ตามลำดับ ศึกษาโดยการ  
 ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก 50,100 และ 150 VDC. อัตราไหลของน้ำและ  
 ความเร็วลมที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10 ,15 L/min. และ 2.5,5 m/s ตามลำดับ พบว่า

ระบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ  $50^{\circ}\text{C}$  ภายในเวลา 2 ชม. และสามารถผลิตความเย็นได้ 176 W หลังจากนั้นความสามารถการผลิตความเย็นลดลงเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสูงขึ้น จุดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตน้ำร้อนและปรับอากาศคือที่แรงดันไฟฟ้าป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก 100 VDC อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min. และความเร็วลม 2.5 m/s ซึ่งเป็นจุดที่ให้ค่า COP สูงสุด 3.12

ปริดา (2543) เป็นการประยุกต์ใช้ท่อพลาสติกพีวีซี (PVC) ขนาด 40 mm. เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 inch เพื่อใช้ในระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และใช้เป็นถังสะสมความร้อนที่มีขนาด 35 L ซึ่งเมื่อใช้น้ำร้อน น้ำเย็นจะเข้าแทนที่ ทดสอบที่ตำแหน่งต่างกัน 2 ตำแหน่ง คือ ติดตั้งบนผนังบ้านหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และติดตั้งบนหลังคาบ้านหันไปทางทิศใต้โดยทำการทดสอบในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน 2543 นอกจากนี้ยังใช้กระเบื้องแผ่นเรียบหรือหลังคาบ้านเป็นแผงรับรังสีอาทิตย์และแผงสะสมความร้อน ติดตั้งที่ด้านหลังของเครื่อง ด้วย จากการทดสอบพบว่า แบบท่อวางแผ่นกระเบื้องหลังคาบ้าน (ลอนเล็ก) ที่มีฝาปิดพลาสติกใสทำอุณหภูมิได้  $72^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่แบบท่อแนวตั้งมีกระเบื้องแผ่นเรียบและฝาปิดพลาสติกใสทำอุณหภูมิได้  $65^{\circ}\text{C}$  และเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ท่อพลาสติกพีวีซีเสียหาย ในกรณีที่อุณหภูมิเครื่องทำน้ำร้อนสูงกว่า  $60^{\circ}\text{C}$  ต้องมีการระบายอากาศระหว่างท่อและฝาปิด โดยใช้อากาศจากภายนอกเข้ามาหมุนเวียน

เอกประพันธ์ (2543) ได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ซึ่งพิจารณาจากตัวชี้วัด คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 9, 12 และ 15 รวมทั้งวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการใน 3 กรณีคือ

กรณีที่ 1 ต้นทุนของโครงการลดลงร้อยละ 30

กรณีที่ 2 ผลประโยชน์ของโครงการเพิ่มขึ้นร้อยละ 100

กรณีที่ 3 ต้นทุนของโครงการลดลงร้อยละ 30 และผลประโยชน์ของโครงการลงทุน

โดยผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 9 ในทั้ง 3 กรณี มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 12 และ 15 พบว่าในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ในกรณีที่ 3 พบว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

Yun (1987) ได้ทำการศึกษาการทำน้ำร้อนโดยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ 2 แบบ แบบ Box และแบบ Prismatic ที่มีพื้นรับแสงเป็นแบบสี่เหลี่ยมมุมฉากเหมือนกัน ทำการดูคลื่นพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำน้ำร้อน แล้วส่งผ่านไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำร้อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแผงรับแสงแบบ Prismatic สามารถทำน้ำร้อนได้ดีกว่าและผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสงมีค่า 80% มีค่าผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนเป็น  $13.1 \text{ w/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่แบบ Box มีค่าผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสงเป็น 73% และมีค่าผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนเป็น  $12.1 \text{ w/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 แบบสามารถทำน้ำร้อนในราคาถูกลงกว่าครึ่งหนึ่งของการทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า

Rosenbaum (1991) ได้รายงานไว้ในทศวรรษ 1990s มีความกังวลในสิ่งแวดล้อม และมีความตระหนักมากขึ้นเมื่อราคาเชื้อเพลิงกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลที่ทำให้เกิดความสนใจในการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทน สถาบัน Walter Short of the Solar Energy Research ใน Golden รัฐ Colorado ได้ทำการคำนวณถึงการแทนที่ระบบทำน้ำร้อนจากพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ภายในบ้าน solar domestic hot water (SDHW) ซึ่งผลปรากฏว่าเมื่อแทนที่ระบบไฟฟ้าเป็นเวลา 20 ปี จะสามารถลดการแพร่กระจายของคาร์บอนไดออกไซด์ ได้มากกว่า 50 RT ธุรกิจของ SDHW จะอยู่รอดได้ยากมากในช่วงทศวรรษ 1980 เพราะราคาเชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำ และความไม่แน่นอนของระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

Siciliani (1993) ได้ทำการสาธิตแผงรับแสงแบบฮีทไปป์ของบริษัท Baltimore Gas and Electric (BGE) โดยแสดงให้เห็นผลของการใช้เทคโนโลยีการทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจากแผงรับแสงแบบฮีทไปป์บนหลังคาของอาคาร Energy Services Department การสาธิตและการทดสอบถึงการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของความต้องการชี้ให้เห็นว่ามันกำลังกลายเป็นที่นิยม แผงรับแสงแบบฮีทไปป์เป็นเทคโนโลยีของการทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีติดตั้งใช้งานจำนวนมากที่สุด ระบบดังกล่าวได้ถูกผลิตโดยบริษัท Thermomax ของโคลัมเบีย ในรัฐแมริแลนด์ ซึ่งระบบจะประกอบขึ้นจากหลอดแก้วสุญญากาศจำนวน 60 หลอด ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 inch ความยาวท่อ 6.5 ft ภายในมีปลอกทองแดงหุ้มลดการถ่ายเทความร้อนและเชื่อมต่อระบบท่อกับท่อหลอดแก้ว มีระบบหมุนเวียนน้ำที่ผ่านระบบท่อให้น้ำมีความร้อนเมื่ออยู่ในท่อ ผลการทำงานของระบบเป็นไปได้ด้วยดีอย่างมาก อย่างไรก็ตามการทำงานของระบบหลังผ่านเดือนมิถุนายนยังจำเป็นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของฤดูหนาว ระบบจะถูกคาดว่าทำงานได้ที่ประสิทธิภาพ 70 % ตลอดเวลาทำงาน

Sheffer and Lau (1994) ได้รายงานถึงระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในเพนซิล - วาเนียว่าเป็นการประยุกต์ที่ยอดเยี่ยมของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพราะว่ามีความต้องการใช้น้ำร้อนอย่างมากในรอบปี โดยปกติการทำน้ำร้อนมีความต้องการพลังงานสูงสุดในช่วงวินาที หลังจากนั้นจะเป็นการรักษาความร้อน สำหรับครอบครัวที่มีสมาชิกสี่คน การทำน้ำร้อนจะใช้พลังงานประมาณหนึ่งในสี่ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในครอบครัว มาตรการที่ส่งเสริมสามารถทำให้ราคาของระบบลดลง รวมถึงราคาหัวฝักบัว ชุดลดอุณหภูมิ ถังเก็บน้ำร้อน และท่อหุ้มฉนวน ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีส่วนประกอบที่เป็นพื้นฐานอยู่ 4 ส่วนคือ แผงรับแสง ถังเก็บน้ำร้อน ระบบจ่ายน้ำ และชุดควบคุม ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบ Active และแบบ Passive จะถูกส่งเสริมให้เป็นพาณิชย์ ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Passive จะไม่ต้องการปั๊มหรืออุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าเลยในการทำงานของระบบ ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถใช้กับงานได้อย่างกว้างขวางรวมถึงการล้าง การหุงต้ม การทำความสะอาด นอกจากนี้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ยังถูกใช้สำหรับบริการน้ำร้อนในอาคารที่สถาบันต่างๆ ประยุกต์ใช้ที่ยอดเยี่ยมอย่างหนึ่งของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์คือการทำน้ำร้อนสำหรับที่อยู่อาศัย อาคาร สำนักงาน และสระว่ายน้ำ สำหรับการพาณิชย์อื่นๆจะใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการล้างรถ ร้านอาหาร ครัวเรือน ครัวอาหาร กรรมวิธีด้านอาหาร และการประยุกต์ใช้ทางอุตสาหกรรม ที่ต้องการน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ ในหลักการพื้นฐานและชนิดของระบบที่เหมือนกันสามารถนำไปใช้เป็นอย่างดีได้ตามจุดมุ่งหมายทางการค้า ทางอุตสาหกรรม และการพักอาศัย

Hahne and Horbarger (1994) ได้ศึกษาการทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารสำนักงานที่ประกอบด้วยห้องแล็บและห้องเรียนในมหาวิทยาลัย Struttgart ที่ถูกติดตั้งในปี 1985 ซึ่งประกอบด้วย แผงรับแสงที่ไม่มีกระจกขนาด  $211 \text{ m}^2$  ถังเก็บน้ำร้อนขนาด  $1050 \text{ m}^3$  และฮีทปั๊ม พลังงานความร้อนสามารถจ่ายให้กับถังเก็บโดยแผงรับแสง หรือจากส่วนพลังงานเหลือทิ้ง ทั้งระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 5 ปี ภายใต้สภาวะที่หลากหลาย หนึ่งในสองของช่วงเวลาทำความร้อน จะมีจุดประสงค์การทำความร้อนจากแผงรับแสงให้มากที่สุดเท่าที่พลังงานแสงอาทิตย์จะทำได้ ดังนั้นประมาณ 60% ของความต้องการจึงมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ COP ของฮีทปั๊มต่อปีมีค่าประมาณ 2.76 เท่านั้น การปรับปรุงฮีทปั๊มทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ COP ของฮีทปั๊มต่อเดือนมีค่า 3.6 ค่าความร้อนสูญเสียของถังเก็บน้ำร้อนจะมีค่าประมาณ 20 %

Davidson and Wood (1996) ได้ศึกษาการทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับบ้าน โดยทำการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ และความแน่นอนของการทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ในที่

อยู่อาศัยตามท้องถิ่น มีการแข่งขันราคาต่ำลง และการรักษาสิ่งแวดล้อม เป็นเวลามากกว่า 15 ปี การทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งถูกเริ่มต้นใช้ในทศวรรษ ที่ 1920 และ 1930 ใน Arizona California และ Florida และกลายเป็นที่จับตาของหลายๆส่วนของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปัจจุบัน ได้มีการแพร่หลายของการใช้เป็นอย่างมาก ตามรายงานสรุปผลของ US Department of Energy ได้ รายงานว่าบ้านที่อยู่อาศัยเกือบ 1 ล้านหลังคาเรือนในสหรัฐอเมริกา (ประมาณ 1%ของบ้านที่อยู่อาศัยทั้งหมด) ได้ใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ มาใช้ในการทำน้ำร้อน จำนวนการแพร่หลาย ในทศวรรษต่อมาทำให้ราคาของระบบการใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ตกลง และเป็นจุดเริ่มต้นของรัฐบาลและบริษัทผู้ผลิตทดแทนการใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อนด้วยการใช้ผลิตน้ำร้อนจากพลังงานไฟฟ้าโดยตรง

Fanney et al.(1997) ได้รายงานถึงประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโฟโตโวลต์ติก พลังงานที่ถูกใช้ไปในการผลิตน้ำร้อนจะมีค่าประมาณ 17.9 EJ ของพลังงานที่ถูกใช้สำหรับอาคารที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์ แม้กระนั้นยังมีเครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้ไฟฟ้ามากกว่า 90 ล้านเครื่องที่ใช้กันอยู่ในสหรัฐอเมริกา ด้วยความคงทน และการติดตั้งที่ดีกว่า ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีข้อจำกัดทางราคา จึงทำให้มีการใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์น้อยกว่า 1 ล้านระบบ ปัญหาการแข็งตัวของของไหลและปัญหาการรั่วที่ไหล ความผิดปกติของปั๊มและระบบควบคุม การสูญเสียการถ่ายเทความร้อนของของไหลภายใต้เงื่อนไขการหยุดนิ่ง และความสกปรกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน การติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความยากลำบากเพราะบ่อยครั้งจำเป็นต้องเจาะลอคหลังคาเพื่อที่จะเดินท่อส่งของเหลวจากแผงรับแสง เมื่อเร็ว ๆ นี้ Fanney และ Dougherty ได้เสนอและได้รับสิทธิบัตรในระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่กำจัดความยุ่งยากและปัญหาการติดตั้งด้วยระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้พลังงานไฟฟ้า โดยที่ระบบจะประกอบด้วย photovoltaic ที่ใช้ในการกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ทำความร้อนด้วยไฟฟ้าจำนวนมาก ชุดควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ จะถูกใช้เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับภาระการทำงานของตัวต้านทานกับคุณลักษณะของ photovoltaic แม้ว่าในปัจจุบันมันจะมีราคาแพงกว่าระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบ solar thermal แต่ในอนาคต ราคาของเซลล์ photovoltaic จะมีราคาตกลง และจะทำให้ระบบนี้สามารถที่จะมาทดแทนภายในทศวรรษถัดไป ที่ผ่านมา ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย photovoltaic ได้ถูกติดตั้งที่ National Institute of Standards and Technology ใน Gaithersburg , MD และที่ the Florida Solar Energy Center ใน Cocoa ,FL

คุณฎี (2544) ทำการประเมินความเหมาะสมของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง โดยจากการวิจัยพบว่า ในเรื่องของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศทางเสียงและการปนเปื้อนของน้ำมันในดินมากกว่าระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกประเด็นยกเว้นปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีค่าไม่ต่างกันส่วนในด้านของทัศนคติของนักท่องเที่ยวเจ้าหน้าที่อุทยานและเจ้าของร้านค้าบนภูกระดึงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด พบว่า มีทัศนคติต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วย พลังงานสะอาดสูงกว่าทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล

ส่วนการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด ตลอดอายุโครงการ 20 ปี พบว่า ไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากต้นทุนสูงกว่าผลประโยชน์ 5,577,433 บาท (ค่าปัจจุบัน) แต่เมื่อรวมผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย เนื่องจากโครงการนี้ทำให้เกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อม โครงการนี้ก็กลับมีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากผลประโยชน์สูงกว่าต้นทุน 3,690,581 บาท (ค่าปัจจุบัน)

### บทที่ 3

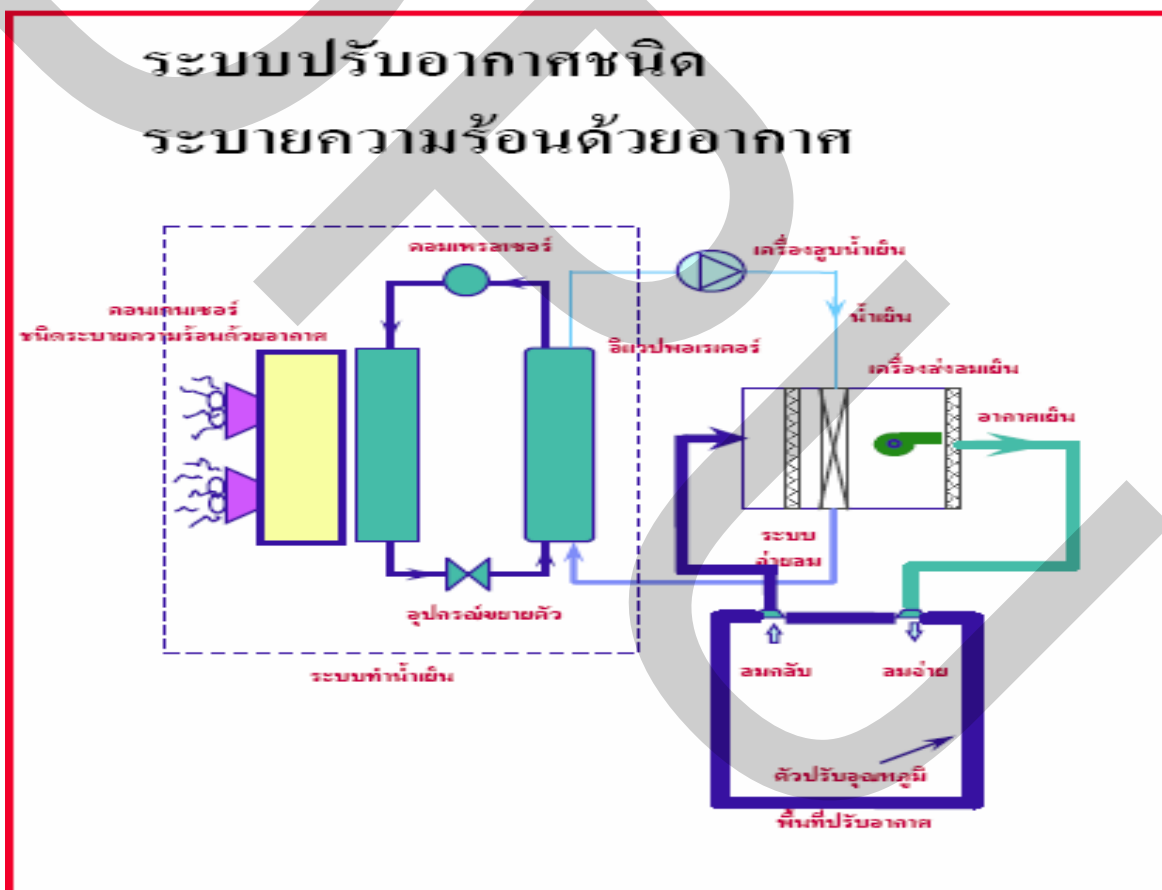
## อุปกรณ์และการทำการวิจัย

การเลือกใช้พลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มากขึ้น เนื่องจากเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญต่อแนวทางการใช้พลังงานในอนาคตของมนุษย์ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ในการนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใด นอกจากเป็นพลังงานที่ได้เปล่าแล้วยังไม่มีของเสียที่จะทำให้เกิดมลพิษ เพราะการผลิตเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ขณะทำงานจึงไม่มีปัญหา ด้านการ ลีกรหรือต้องการการบำรุงรักษาเหมือนอุปกรณ์การผลิตไฟฟ้าแบบอื่นๆ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทุกหนทุกแห่งที่มีแสงอาทิตย์ ยิ่งโดยเฉพาะประเทศไทยแล้วถือว่าได้เปรียบเพราะมีแสงแดด สาดส่องตลอดทั้งปี เราสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์โดยผ่านตัวกลางจนเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า และตัวที่ช่วยแปลงพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั้น เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) หรือเซลล์สุริยะ นั่นเอง

สำหรับในการศึกษาและทดลองครั้งนี้เป็นการผสมผสานระหว่างอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ซึ่งมีราคาถูกกว่านำเข้าจากต่างประเทศ และอุปกรณ์ที่ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ ประยุกต์เข้าด้วยกันเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบว่าสามารถทำงานได้และพร้อมที่จะเผยแพร่ วิชาการความรู้และทักษะต่อไปในภายภาคหน้า ดังนั้นอุปกรณ์ต่างๆจึงต้องผสมผสานกันเพื่อให้ เกิดประสิทธิภาพและเป้าหมายที่วางไว้ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความแตกต่างจาก ระบบผลิตไฟฟ้าชนิดอื่น กล่าวคือต้องอาศัยแสงอาทิตย์ เป็นส่วนประกอบสำคัญ โดยมีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่แปลงแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เมื่อต้องการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ต้องมีการแปลงให้เป็นกระแสสลับ (AC) ก่อน จึงจะสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ผสมผสานกับระบบทำน้ำร้อนเข้าไปด้วยอีกทั้งยังดึงความร้อนที่เหลือทิ้งกลับเข้าสู่ระบบเพื่อทำ น้ำร้อนจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ

### 3.1 การออกแบบระบบ

ในการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ จะเริ่มจากการสำรวจปริมาณความต้องการใช้น้ำร้อนของสถานที่ทำการติดตั้งระบบ ซึ่งสำหรับการศึกษาทดลองนี้ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนสำหรับโรงอาหาร ห้องปฏิบัติการทดลอง ที่อาคาร สวทช. โยธี เพื่อจ่ายน้ำร้อนให้กับอาคารดังกล่าว ซึ่งไม่มีการใช้น้ำร้อนมาแต่เดิม จึงใช้การสำรวจปริมาณการใช้น้ำของอาคาร เพื่อประมาณค่าความต้องการใช้น้ำร้อนในแต่ละวัน จากผลการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบใช้ความถี่เหนือเสียงที่สามารถบันทึกค่าปริมาณการใช้น้ำสะสมพร้อมการสอบถามจากผู้ใช้น้ำตามจุดใช้งานประกอบ สำหรับระบบเดิมของอาคารก่อนที่จะทำการศึกษานั้นมีลักษณะการทำงาน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ก่อนที่จะทำการปรับปรุง





เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการวิเคราะห์ระบบจึงได้แบ่งการออกแบบการผลิตน้ำร้อน ออกเป็นสามวิธี เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน และเปรียบเทียบกับระบบที่ติดตั้งใช้งานจริง โดยจะแบ่งการออกแบบเป็นการผลิตน้ำร้อนที่ใช้เฉพาะแผงรับแสงเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะคิดว่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนมาจากพลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น การผลิตน้ำร้อนที่ใช้เฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว และกรณีสุดท้ายคือการออกแบบโดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากทั้งสองแหล่งเข้าด้วยกันที่อัตราผสมผสานต่างๆ กัน เพื่อใช้หาจุดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ โดยที่ระบบสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ

สำหรับการพิจารณาขนาดถังเก็บน้ำร้อน ไม่จำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำร้อนที่สะสมไว้ใช้งานตามช่วงเวลาต่างๆ เป็นรายชั่วโมงในรอบวันเนื่องจากระบบที่ได้ติดตั้งนั้นสามารถใช้น้ำร้อนได้ตลอด 24 ชั่วโมง แม้ในเวลากลางคืนก็ตาม เพราะระบบระบายความร้อนจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เปิดตลอด 24 ชั่วโมงเพื่อรองรับห้องปฏิบัติการวิจัย

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ระบบที่ทำการศึกษามีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบขึ้นจากระบบย่อยๆ สองระบบ คือระบบที่ผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ขนาด 198 RT จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่บนชั้นคาถฟ้าของอาคาร โดยอาศัยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell & Tube และระบบที่ผลิตน้ำร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบที่มี ขนาด  $0.94 \times 0.94 \times 0.09$  m จำนวน 110 แผง โดยที่น้ำร้อนที่ผลิตได้จากทั้งสองระบบจะถูกนำมาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำร้อนเพื่อจ่ายไปยังจุดจ่ายน้ำร้อนต่อไป ทั้งนี้ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดพลังงานความเข้มแสงจำนวน 1 ตำแหน่ง อุปกรณ์วัดอุณหภูมิจำนวน 10 ตำแหน่ง อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำจำนวน 4 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจการติดต่อกการทำงานของเครื่องปรับอากาศจำนวน 1 ตำแหน่ง อุปกรณ์วัดพลังงานของอุปกรณ์เสริมของระบบผลิตน้ำร้อน (เช่น ปั๊มน้ำ อุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อปั๊ม) จำนวน 1 ตำแหน่ง คุณสมบัติอุปกรณ์และเครื่องมือวัดพร้อมลักษณะการติดตั้ง

#### 3.2.1 ชุดแผงรับแสงอาทิตย์ (Photovoltaic Arrays)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดกลืนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูง แผ่นรับแสงที่ใช้มีรายละเอียดตามตารางต่อไปนี้

### รายละเอียดของชุดแผงเซลล์เซลล์แสงอาทิตย์ (Single Crystal Silicon Cells)

กำลังผลิตสูงสุดรวมทั้งระบบ	5500 W
แรงดันไฟฟ้า (Rated voltage)	230 V
กระแสไฟฟ้า (Rated current)	17.8 V
จำนวนแผงที่ติดตั้ง (Modules)	110 แผง
จำนวนชุด (Arrays)	22 ชุด
จำนวนแผง/ชุด	5 แผง/ชุด
กำลังผลิตสูงสุด/แผง	50 W
ผู้ผลิต/รุ่น PEC	5048 KANEKA
น้ำหนัก/แผง	12.9 Kg.
ขนาดแผง	920 x 920 x 40 mm.
ใช้พื้นที่ติดตั้ง/ระบบ	100 m <sup>2</sup>

### การติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์

- การติดตั้งแผงรับแสงฯ ต้องวางเอียงทำมุมประมาณ 15° กับแนวระดับและหันหน้าไปทางทิศใต้บริเวณที่ใช้ติดตั้งชุดแผงรับแสงจะใช้บริเวณชั้นดาดฟ้าของอาคาร สวทช. โยธี เนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่สูงโปร่งปราศจากผลของเงาบัง และยังไม่ใกล้กับอุปกรณ์อื่นๆ ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียความร้อนตามระยะทางการเดินท่อ ซึ่งการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด จำนวน 110 แผง ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผงรับแสงอาทิตย์

### รายละเอียดการติดตั้งชุดแปลงกระแส

ชุดที่ 1 จำนวน 68 แผง ต่อผ่าน Inverter ขนาด 3.5 kW. 1 ตัว ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถที่จะผลิตไฟฟ้าได้ 250 W / แผง (max) DC. รวมทั้งหมดจะมีกำลังการผลิตสูงสุด 3.40 kW (max) DC.

ชุดที่ 2 จำนวน 42 แผง ต่อผ่าน Inverter ขนาด 2.5 kW. 1 ตัว ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถที่จะผลิตไฟฟ้าได้ 250 W / แผง (max) DC. รวมทั้งหมดจะมีกำลังการผลิตสูงสุด 2.10 kW. (max) DC.

### หลักการทำงาน

เมื่อมีแสงแดดแผง PV/T จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เอง โดยอัตโนมัติ เนื่องจากมีส่วนประกอบของแผง Solar Cell อยู่โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้เป็นกระแสตรง และจะนำไปผ่านการแปลงสัญญาณจากกระแสตรงไปเป็นกระแสสลับ โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Inverter ก่อนที่ต่อเข้ากับ Grid Connected การไฟฟ้าของทางตึกต่อไปเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของทางสำนักงานฯ ได้

- โครงขาตั้งรับแผงรับแสงฯ ต้องทำด้วยเหล็กชุบแข็งอย่างดีเพื่อป้องกันสนิมและสามารถรองรับน้ำหนักของแผงรับแสงอาทิตย์ได้เป็นระยะเวลายาวนาน

- ท่อน้ำที่ใช้เชื่อมต่อแผงรับแสงฯ และท่อส่งน้ำร้อนจากชุดแผงรับแสงฯ ไปยังถังเก็บน้ำร้อนต้องเป็นท่อทองแดงขนาด 1-1/8" Type L พร้อมหุ้มฉนวนหนาไม่น้อยกว่า 3/8" ทั้งนี้ท่อส่งน้ำต้องมี Air Vent Valve ทุกๆ ซ็อกง เพื่อป้องกันการบดเคี้ยวของอากาศมีปริมาณของท่อโดยหลักวิชาการที่ถูกต้อง

- การติดตั้งชุดแผงแสงอาทิตย์ จนถึงถังเก็บน้ำร้อนจะต้องติดตั้ง Safety Valve, Check Valve, และ Gate Valve พร้อมทั้งมี Circulate Pump ชนิดทนความร้อนไม่ต่ำกว่า 110 °C

- ควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนจะต้องมีการติดตั้งชุด Differential Thermostat Controller จำนวน 1 ชุด มี Sensor คอยตรวจจับความร้อนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 3 จุด ควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนไม่ให้ต่ำกว่า 55 °C

- ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์อื่นที่จำเป็น เพื่อให้ระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้ 100%

### 3.2.2 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

รายละเอียดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ LEONIC รุ่น G300 & G304

กำลังผลิตสูงสุดรวมทั้งระบบ	6000 W
แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้า (DC Input Voltage)	165-300 V
แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงขาออก (AC Output Voltage)	230 V
Grid Line Voltage	220 V $\pm$ 15%
ความถี่ (Frequency)	50/60 Hz $\pm$ 6%

คุณภาพไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่อง (Power Quality)

- เพาเวอร์แฟกเตอร์	>95 %
- ฮาร์โมนิกส์ (Current Harmonic Distortion)	<5 %

ระบบป้องกัน (Protection System) ให้เครื่องหยุดทำงานต่อไปนี้

- แรงดันไฟฟ้าต่ำหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด	
- ความถี่ของระบบต่ำหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด	
- อุณหภูมิภายในเครื่องสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด	
- น้ำหนัก/เครื่อง	18 kg
- ขนาดเครื่อง (กว้าง x สูง x หนา)	340 x 470 x 200 mm.

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะแปลงกระแสไฟฟ้าตรงที่ผลิตได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อส่งเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ในกรณีที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้ไฟน้อยกว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ ส่วนกรณีที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้ไฟมากกว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าจะจ่ายเข้ามาในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถตรวจสอบปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผ่านมิเตอร์ผลิตไฟฟ้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติทำให้กระแสไฟฟ้าจากชุดเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายเข้ามาในระบบได้ ในกรณีที่ไฟฟ้าในระบบหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะเริ่มทำงานใหม่ก็ต่อเมื่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้ามีไฟฟ้ามีอยู่เท่านั้น ซึ่งคือระบบความปลอดภัยที่ได้กำหนดขึ้นและจะติดตั้งบนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมทุกหลัง ซึ่งป้องกันมิให้กระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบเมื่อระบบเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายในกรณีที่พนักงานไฟฟ้าฯ กำลังทำการตรวจสอบระบบหรือซ่อมบำรุงสายไฟอยู่ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

LEONICS รุ่น G300

(รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะสามารถดูได้จากภาคผนวกที่ ฅ3)

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

LEONICS รุ่น G304

### 3.2.3 กล่องรวมสาย (Junction Box)

กล่องอุปกรณ์ที่ใช้เป็นที่พักสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเป็นที่พักสายไฟกระแสสลับก่อนที่จะต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ภายในกล่องรวมสายจะเชื่อมต่อไปยังมิเตอร์สำหรับวัดแรงดันและกระแสตรงที่ได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมทั้งติดตั้งฟิวส์และสวิตช์เบรกเกอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร และปิดยวมฉุกเฉิน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กล่องรวมสาย

### 3.2.4 kW-h มิเตอร์ (Generation kW-h meter)

มิเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ออกมาเป็น kW-h. ซึ่งทำให้ทราบกำลังผลิตไฟฟ้าใน 1 วัน หรือ 1 เดือน สามารถผลิตไฟฟ้ารวมได้เท่าไร ดังรูปที่ 3.6



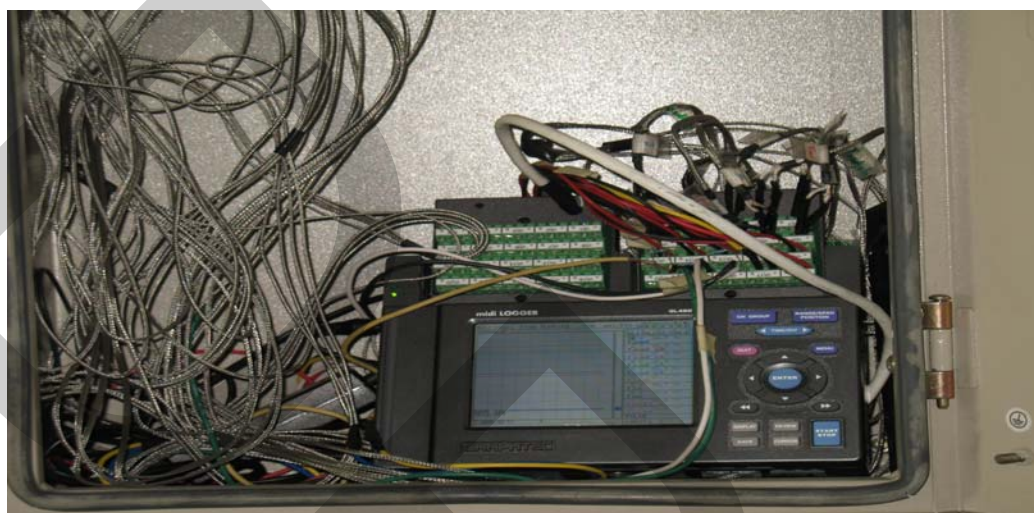
รูปที่ 3.6 มิเตอร์ไฟฟ้า

### 3.2.5 ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์นี้ เป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่ง ที่จะใช้สนับสนุนความเป็นไปได้ของโครงการที่จะขยายผลต่อไปในอนาคต การบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อใช้ประเมินผลต่อไป โดยจะมีการติดตั้งเครื่องวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ และกำลังการผลิต เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกในเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ที่ต้องมีอุปกรณ์ประกอบรวม (Sensor) ดังนี้

- Solar Radiation Sensor
- Solar Amplifier
- Sensor วัดกระแสตรง (DC Current Transducer)
- Sensor วัดกระแสสลับ (AC Current Transducer)
- Sensor วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage Transducer)
- Sensor วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage Transducer)
- Sensor วัดความเข้มของแสงอาทิตย์
- Reactive Power Transducer
- Active Power Transducer

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูลของ GRAPHTEC Midi logger G1450 เป็นตัวบันทึกข้อมูลแล้วต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย RS 232 เพื่อนำข้อมูลมาทำการอ่านผล ซึ่งรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะสามารถดูได้จากภาคผนวกที่ ๑1 ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของระบบ

### 3.2.6 เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ไพราโนมิเตอร์

เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ โดยการแปลงค่าพลังงานจากคลื่นแสงให้เป็นค่าสัญญาณความต่างศักย์ทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเข้มแสงที่ใช้เป็น pyranometer แบบ Thermopile ยี่ห้อ Kipp&Zonen รุ่น CM 11 / CM 14 ให้ค่า output  $275 \text{ mV}/(\text{kW}/\text{m}^2)$  ซึ่งมี sensor ทำด้วยโลหะ 2 ชนิด เชื่อมปลายทั้งสองติดกัน โดยปลายข้างหนึ่งทำหน้าที่เป็น hot junction และอีกข้างหนึ่งเป็น cold junction เมื่อ hot junction ถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของ junction ทั้งสอง และก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force) ขึ้นในวงจรที่ประกอบด้วยโลหะทั้งสองจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถนำไปคำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบได้ ดังรูปที่ 3.8



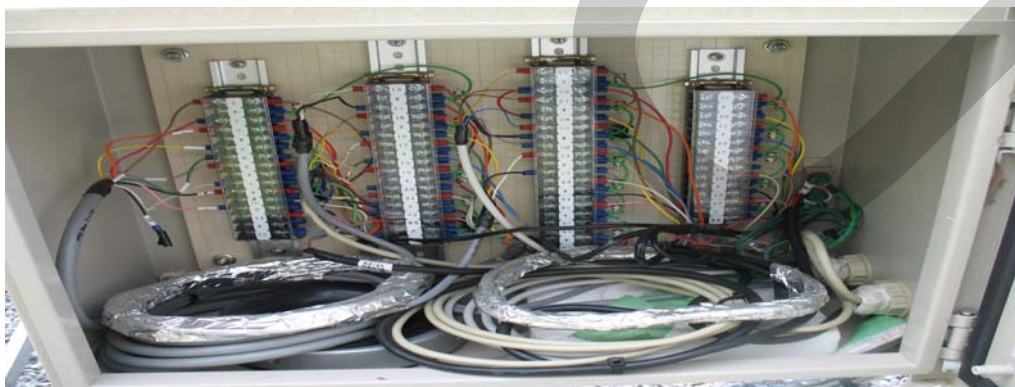


รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความเข้มของแสงอาทิตย์

การติดตั้งเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์จะติดตั้งอยู่ทางด้านบนของโครงรองรับแผงรับแสงพร้อมทำมุมเอียง และระดับเท่ากับแผงรับแสง ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องวัดความเข้มแสงได้รับค่าความเข้มแสงเท่ากับที่แผงได้รับจริง

### 3.2.7 เครื่องมือตรวจวัด

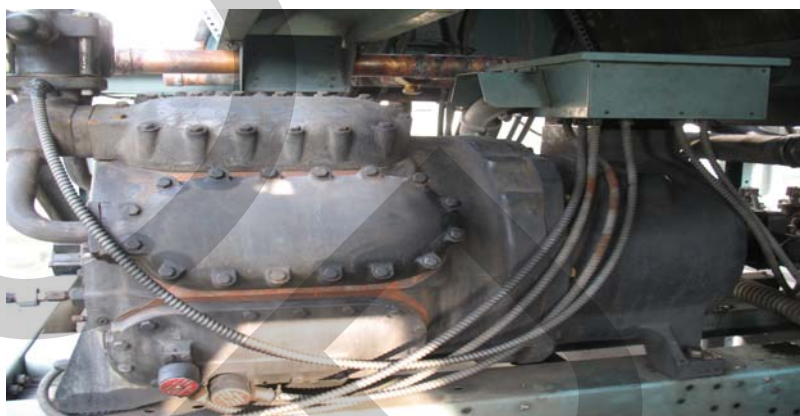
ใช้สำหรับเป็นตัววัดสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความดังหรือความถี่ของเสียง แบบสัมผัส ความชื้น หรือ ความเอียง เป็นต้น โดยติดตั้งที่ต้นกำเนิดแล้วสายมาไว้ที่ตู้พักสายเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมการวัดในที่นี้คือ DATA LOGGER ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สาย Sensor

### 3.2.8 คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ที่เลือกเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ยี่ห้อ YORK ตำแหน่งของคอมเพรสเซอร์ติดตั้งบนคานาไฟฟ้า ชั้น 8 ของอาคาร สวทช. โยธี เนื่องจากเป็นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศที่มีช่วงเวลาการใช้งาน ตลอด 24 ชั่วโมง ประกอบกับมีช่วงเวลาการทำงานในช่วงไม่มีแสงด้วย และมีขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 คอมเพรสเซอร์ ยี่ห้อ YORK

ในการติดตั้งระบบจำเป็นต้องทำการปรับปรุง โดยการตัดท่อน้ำยาเครื่องปรับอากาศที่อยู่ระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ออก เพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็น กับน้ำ สามารถดูรายละเอียดของการปรับปรุงได้ในภาคผนวก

### 3.2.9 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนของไหลที่มีอุณหภูมิต่างกัน ในที่นี้เป็นสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูง กับน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะติดตั้งเข้ากับท่อน้ำยาของเครื่องปรับอากาศในช่วงระหว่างคอมเพรสเซอร์ กับคอนเดนเซอร์ และอีกส่วนจะติดตั้งเข้ากับท่อน้ำเข้าและออก โดยการติดตั้งจะให้ท่อน้ำยาของเครื่องปรับอากาศที่เข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าทางด้านบน เพื่อเมื่อสารทำความเย็นคายความร้อนให้กับน้ำแล้วจะกลั่นตัวไหลลงสู่ด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงไม่ขวางการไหลของไอของสารทำความเย็นที่จะเข้ามาใหม่ ในทางตรงกันข้ามสำหรับท่อน้ำ จะติดตั้งท่อน้ำไหลที่เข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ทางด้านล่าง เมื่อได้รับความร้อนจากสารทำความเย็นแล้วน้ำจะมีความหนาแน่นน้อยลง จึงลอยตัวขึ้นไปอยู่ส่วนบนได้ง่าย

### 3.2.10 ถังเก็บน้ำร้อน

ถังเก็บน้ำร้อนเป็นถังสแตนเลสทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 770 mm. สูง 1800 mm. ความจุ 600 L ใช้ในการเก็บสะสมน้ำร้อนในช่วงที่สามารถผลิตได้มากพอหรืออีกนัยหนึ่งระบบที่ศึกษานี้ใช้ถังน้ำร้อนเป็นที่พักน้ำเท่านั้นสามารถใช้ได้ตามสะดวกเหมือนกับการใช้น้ำในท่อประปาต่างกันตรงที่น้ำที่ออกมาเป็นน้ำอุ่น น้ำในถังจะอุ่นตลอดเวลาเพราะได้รับความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ที่เปิดตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นระบบสามารถจ่ายน้ำร้อนในช่วงเวลาที่ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้หรือไม่มีแสงสว่างได้ ดังรูปที่ 3.12

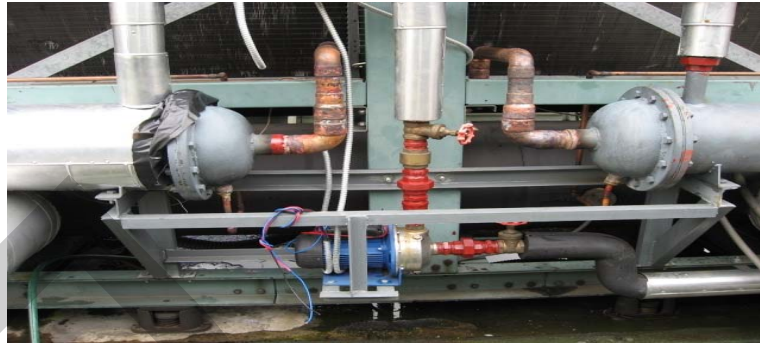


รูปที่ 3.12 ถังเก็บน้ำร้อน

เนื่องจากแหล่งจ่ายน้ำเย็นของอาคารมีถังเก็บเป็นตัวจ่ายน้ำซึ่งตั้งอยู่บนดาดฟ้า ซึ่งไม่ไกลกับถังเก็บน้ำ แต่การทดลองนี้เป็นกรณีศึกษาเพราะภายใน สวทช. ส่วนมากใช้แรงโน้มถ่วงเป็นตัวจ่ายน้ำ ดังนั้น เพื่อป้องกันปัญหาของความดันน้ำร้อนและน้ำเย็นต่างกัน จึงติดตั้งถังเก็บน้ำร้อนบนชั้นดาดฟ้าให้ต่ำกว่าแหล่งจ่ายน้ำเย็นบนชั้นดาดฟ้าประมาณ 1 m แต่สูงกว่าจุดจ่ายน้ำ จึงทำให้น้ำในถังเก็บน้ำร้อนบนชั้นดาดฟ้าต่ำกว่าแหล่งจ่ายน้ำเย็น แต่สูงกว่าจุดจ่ายน้ำ จึงทำให้น้ำในถังเก็บน้ำร้อนเต็มถึงเสมอ เมื่อมีการใช้น้ำร้อนออกจากถังไป น้ำเย็นจากแหล่งจ่ายน้ำเย็นจะไหลเข้าถังเก็บน้ำร้อนด้วยแรงโน้มถ่วงตามเดิม

### 3.2.11 ป้อนน้ำร้อน

ป้อนน้ำร้อนใช้ในการหมุนเวียนน้ำเพื่อไปรับพลังงานความร้อน 2 ตำแหน่ง และรักษาอุณหภูมิของน้ำที่จุดจ่ายน้ำ 1 ตำแหน่ง ป้อนสำหรับหมุนเวียนน้ำไปรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ Ultra Max ป้อนสำหรับหมุนเวียนน้ำไปรับความร้อนจากความร้อน ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ป้อน้ำร้อน

เนื่องจากท่อน้ำที่ใช้ส่งน้ำไปปรับความร้อนเป็นท่อแบบปิดรอบ (Close Loop) ป้อน้ำที่ใช้จะมีขนาดเล็กเพราะเพียงเอาชนะแรงเสียดทานในท่อเท่านั้น และสามารถติดตั้งป้อน้ำที่ตำแหน่งใดก็ได้ แต่การติดตั้งป้อน้ำหมุนเวียนน้ำเพื่อไปปรับพลังงานความร้อน จะติดตั้งอนุกรมเข้ากับท่อน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเพื่อรักษาอายุการใช้งานของป้อน้ำ ส่วนป้อน้ำที่ใช้รักษาอุณหภูมิของน้ำที่จัดจ่ายน้ำจะติดตั้งอนุกรมเข้ากับท่อน้ำหมุนกลับในช่วงระหว่างจัดจ่ายน้ำจัดสุดท้ายกับถังเก็บน้ำร้อน พร้อมทั้งมีอุปกรณ์ควบคุมการปิด เปิดป้อน้ำด้วยอุณหภูมิ

### 3.2.12 วาล์วระบายอากาศ

วาล์วระบายอากาศเป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้อากาศค้างอยู่ในท่อ หรืออุปกรณ์อื่นๆ ในระบบ หากมีจำนวนอากาศติดค้างอยู่ในระบบจำนวนมากๆ จะทำให้เกิดการไหลไม่สะดวก นอกจากนี้ที่กล่าวมายังมีผลต่อการส่งและการถ่ายเทความร้อนภายในระบบ เนื่องจากความเป็นฉนวนอย่างดีของอากาศ วาล์วระบายอากาศที่ใช้เป็นของ Yoshitake มีความสามารถในการระบายปริมาณอากาศได้ 12 L/min ทนแรงดันได้ 12 L/min ทนแรงดันได้ 12 bar ทนอุณหภูมิได้ 120 ° C ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วาล์วระบายอากาศ

การติดตั้งวาล์วระบายอากาศนิยมติดตั้งในตำแหน่งที่เกิดอากาศขึ้นได้ง่าย หรือในจุดที่มักจะมีอากาศติดค้างอยู่ เช่น ข้อต่อ ข้องอ ตำแหน่งที่มีความสูง ในที่นี้ได้ทำการติดตั้งไว้บริเวณด้านบนของถังเก็บน้ำร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ด้านบนของแผงรับแสง

### 3.2.13 เครื่องมือวัดความดันสารทำความเย็น

เครื่องมือวัดความดันสารทำความเย็น เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความดันของสารทำความเย็นที่สถานะเป็นไอ โดยการแปลงค่าความดันที่เกิดขึ้นในท่อสารทำความเย็นให้เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า ในการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์ของ Cole Parmer รุ่น 68972-15, มีค่า Accuracy  $\pm 15\%$  ตลอดช่วงการวัด ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เครื่องมือวัดความดันสารทำความเย็น

การติดตั้งเครื่องมือวัดความดันสารทำความเย็น ควรทำขดหางหมูต่อเข้ากับท่อสารทำความเย็น เนื่องจากจะสามารถช่วยลดผลของอุณหภูมิต่อเครื่องมือวัดความดันสารทำความเย็นได้ ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่คลาดเคลื่อน ทั้งนี้ผลของความดันตกคร่อมมีค่าน้อยมาก ตำแหน่งที่ติดตั้งคือก่อนเข้า และหลังออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell & tube เครื่องมือวัดความดันที่ใช้มีรายละเอียดตามภาคผนวกที่ ๓4

### 3.2.14 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ

เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ เป็นเครื่องมือที่อาศัยแรงของการไหลของน้ำไหลชนกับใบพัดทำให้เกิดการหมุนตัดผ่านของแกนแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น การหมุนดังกล่าวจะถูกวัดออกมาเป็นความถี่ โดยอัตราการไหลของน้ำจะมีความสัมพันธ์กับความถี่ดังกล่าว ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ

การติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ ต้องติดตั้งขวงลำการไหลของน้ำ ดังนั้นจึงต้องต่อเข้ากับท่อแบบอนุกรม โดยให้ใบเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำสัมผัสกับน้ำ เพื่อให้การไหลที่ไหลผ่านเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำเป็นการไหลแบบเรียบ จึงควรเว้นระยะด้านต้นน้ำเป็นระยะไม่น้อยกว่า สิบเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ และเว้นระยะท่อทางด้านท้ายน้ำไม่น้อยกว่าห้าเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ไม่ควรติดตั้งให้ใบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่ออยู่ทางด้านใต้ท่อเนื่องจากผลของตะกอนเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำที่ใช้มีรายละเอียดตามภาคผนวกที่ ๓2.

### 3.2.15 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption chiller)

เครื่องทำน้ำเย็น ระบบแอดซอร์พชั่น (Adsorption Chiller) เป็นเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงานโดยใช้หลักการในการเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยจะเปลี่ยนพลังงานและสร้างความเย็นจากความร้อนที่เครื่องทำน้ำเย็นระบบแอดซอร์พชั่น ที่ทำงาน โดยใช้ความร้อนที่นี้ สามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้า สูงสุด (Peak demand) ขจัดปัญหาการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศจากการใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้สาร CFC (Chlorofluorocarbon) และยังเป็นการทำให้อัตราตัวประกอบโหลด (Load factor) ดีขึ้นอีกด้วย ถ้าเปรียบเทียบกับระบบแอดซอร์พชั่น ที่ต้องการแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ซิลิกาเจล (Silica gel) เป็นตัวดูดซับพลังงานจากความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า

100 เราก็จะพบความเป็นไปได้ที่จะดูดซับพลังงานความร้อนจากอุณหภูมิต่ำ มาใช้ประโยชน์ ดังรูปที่ 3.17

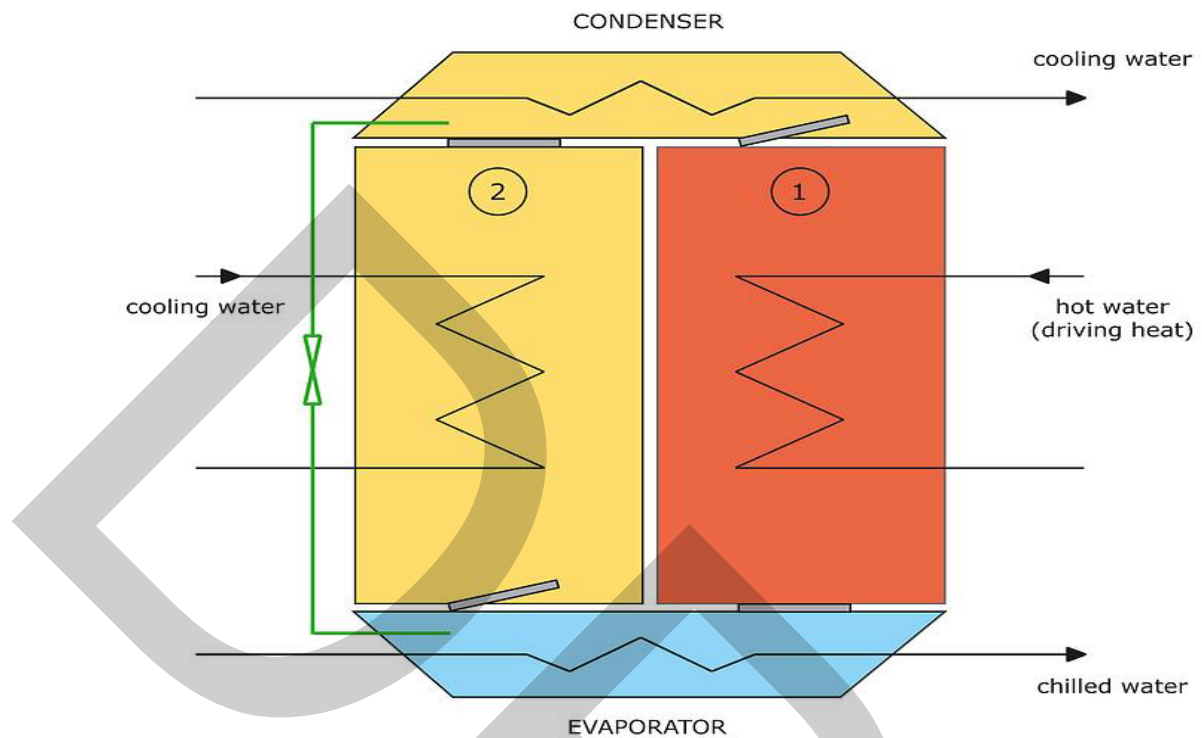


รูปที่ 3.17 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ

#### การทำความเย็นระบบดูดซับ

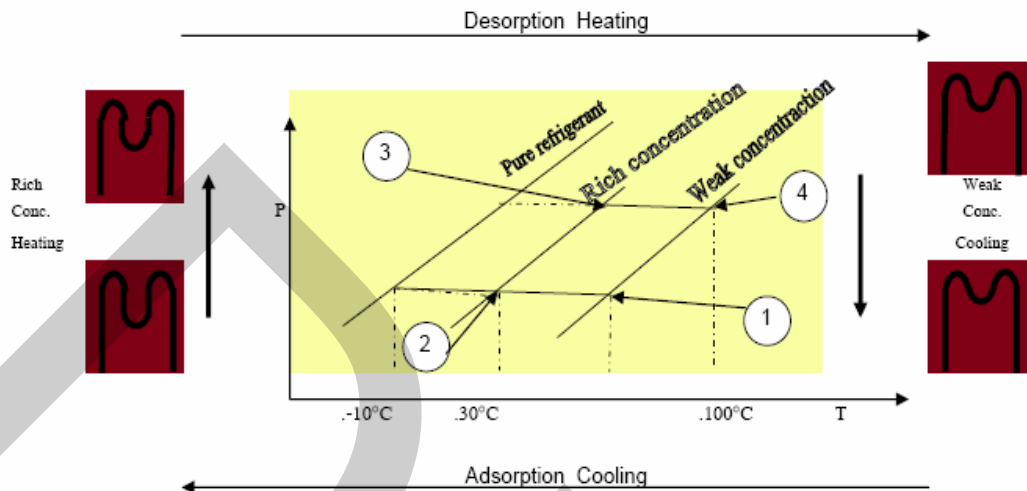
วัฏจักรการทำความเย็นระบบดูดซับ จะมีส่วนคล้ายคลึงกับวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดกลืน หรือกับวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ วัฏจักรการทำงานของระบบทั้ง 3 ชนิด ต่างมีส่วนประกอบหลักๆที่ใช้คือ เครื่องควบแน่น (Condenser), วาล์วขยายตัว (Expansion Valve) และเครื่องระเหย (Evaporator) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.18





รูปที่ 3.18 วัฏจักรการทำความเย็นระบบดูดซับ

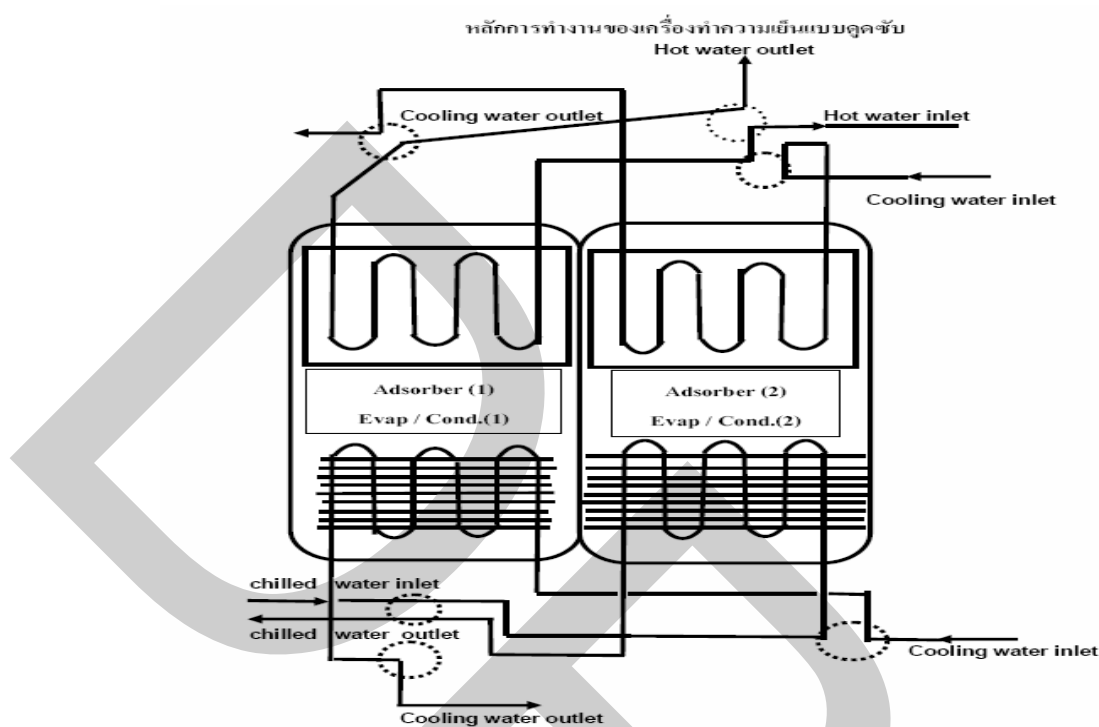
จากรูปที่ 3.18 การทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซับ (Adsorption) หรือดูดเกาะทำงานด้วยความร้อน (Heat-Driven) เช่นเดียวกับเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม (Absorption) ถึงแม้การทำความเย็นแบบดูดซึมจะมีมานานแล้ว แต่การใช้งานยังมีปัญหา เนื่องจากการกัดกร่อนของสารเคมีและต้องการแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงตลอดเวลาเพื่อให้ระบบทำงานได้ ส่วนระบบดูดซับไม่มีข้อจำกัดเหมือนระบบดูดซึม และมีหลักการทำงานที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 รูปแบบการทำงานของการทำงานทำความเย็นระบบดูดซับ

ระบบดูดซับทำงานโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของสารความเย็นในสถานะแก๊ส จะเกาะติดอยู่บนผิวสารดูดซับของแข็ง (Solid Sorbent) ด้วยแรงระหว่างโมเลกุลของกลุ่มสารที่เหมาะสม ซึ่งเป็นผลทางกายภาพโดยไม่จำเป็นต้องเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ถ้าสารดูดซับมีลักษณะรูพรุนเล็กๆจำนวนมาก ก็จะมีพื้นที่ผิวและจุดโมเลกุลแก๊สได้จำนวนมาก เช่นถ่านกัมมันต์ซึ่งมีพื้นที่ผิวมากกว่า 103 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาณของแก๊สที่จะดูดซับได้จะขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิในภาชนะบรรจุสารดูดซับที่เรียกว่า แอดซอร์เบอร์ (Adsorber) ดังรูปที่ 3.18

พิจารณาจากรูปที่ 3.19 จุดที่ 1 ซึ่งสารดูดซับอยู่ในสถานะ (แห้ง) ที่อุณหภูมิเกือบ 100°C เมื่อทำการลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 30°C ที่จุดที่ 2 จะดูดแก๊สสารความเย็นได้เพิ่มขึ้น เมื่อต่อเข้ากับ ฮีวาโปรเตอร์ก็จะดูด (Adsorb) สารความเย็นที่ระเหยและเกิดการทำความเย็นในฮีวาโปรเตอร์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแอดซอร์เบอร์ได้ จากตัวอย่างคือประมาณ -10°C จากนั้น Adsorber จะปิดและให้ความร้อนเพื่อให้ความดันสูงขึ้น จนกระทั่งถึงความดันที่คอนเดนเซอร์ ณ จุดที่ 3 Adsorber จึงเปิดเพื่อให้สารดูดซับที่มีความเข้มข้นของสารความเย็นสูง เกิดการคาย (Desorb) ขณะที่ให้ความร้อนต่อไปจนกว่าจะถึง 100°C สารความเย็นจึงถูกไล่ออกจากแอดซอร์เบอร์เบดให้ไปกลั่นตัวในคอนเดนเซอร์ และทำให้เบดแห้งจนถึงจุดที่ 4 และนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่งโดยการลดอุณหภูมิจนถึงจุดที่ 1 เป็นการครบวัฏจักรแอดซอร์เบอร์เบดที่ทำงานด้วยความร้อนนี้ จึงทำหน้าที่เสมือนกับเครื่องอัดในวัฏจักรอัดไอ (Sorption Compressor) นั่นเองหรือหากจะให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถทำความเข้าใจได้จากรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซับ

### 3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

เนื่องจากระบบที่ติดตั้งเป็นระบบที่ใช้งานจริงจึงไม่สามารถทำการตรวจวัดข้อมูลได้ตามที่มาตรฐานการตรวจวัดพลังงานของระบบน้ำร้อนที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานความร้อนเสริมจากแหล่งอื่น ASHARE Standard 95-1981 (RA87) ได้อย่างครบถ้วนตามวิธีของมาตรฐาน เนื่องจากการทดสอบนี้ได้ทำการเก็บค่าต่างๆ อย่างต่อเนื่อง นอกจากทำให้ทราบค่าพลังงานทั้งหมด การทดสอบกับระบบที่มีถังน้ำร้อนขนาดบรรจุน้ำร้อน 600 L เป็นระบบที่มีการไหลแบบน้ำไหลผ่าน คือสามารถผลิตน้ำได้ต่อเนื่องตามความจำเป็นของผู้ใช้งาน ถึงที่ติดตั้งไม่ใช่ถังเก็บน้ำร้อนหรือสะสมน้ำร้อน แต่เป็นเพียงทางผ่านของน้ำเท่านั้น ดังขั้นตอนต่อไปนี้

#### 3.3.1 ทำการจ่ายน้ำร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนไปยังจุดใช้งานพร้อมทำการบันทึกค่าต่างๆ

ตามที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อตรวจวัด โดยทำการบันทึกค่าทุกค่าพร้อมกันโดยผ่านเครื่องบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที หรือทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนค่าของข้อมูลที่จัดเก็บ การบันทึกข้อมูลจะ

บันทึกอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นเวลาตลอดการทดสอบ ซึ่งค่าที่ทำการบันทึกการตรวจวัดมีอยู่ 19 ค่า เพื่อใช้พิจารณาค่าต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1.1	พลังงานแสงอาทิตย์ ความเข้มแสง	W/m <sup>2</sup>
3.3.1.2	อุณหภูมิของน้ำดิบที่จ่ายเข้ายังถังเก็บน้ำร้อน	°C
3.3.1.3	อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายจากถังเก็บไปใช้งาน	°C
3.3.1.4	อุณหภูมิของน้ำร้อนที่หมุนกลับมายังถังเก็บ	°C
3.3.1.5	อุณหภูมิของน้ำที่จ่ายไปยังแผงรับแสงอาทิตย์	°C
3.3.1.6	อุณหภูมิของน้ำที่กลับมาจากแผงรับแสงอาทิตย์	°C
3.3.1.7	อุณหภูมิของน้ำที่จ่ายไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
3.3.1.8	อุณหภูมิของน้ำที่กลับมาจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
3.3.1.9	อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
3.3.1.10	อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
3.3.1.11	อุณหภูมิของอากาศที่สภาวะแวดล้อม	°C
3.3.1.12	อัตราการไหลของน้ำร้อนจ่ายจากถังเก็บไปใช้งาน	m <sup>3</sup> /s
3.3.1.13	อัตราการไหลของน้ำร้อนหมุนกลับมายังถังเก็บ	m <sup>3</sup> /s
3.3.1.14	อัตราการไหลของน้ำที่จ่ายไปยังแผงรับแสงอาทิตย์	m <sup>3</sup> /s
3.3.1.15	อัตราการไหลของน้ำจ่ายไปยัง เครื่องแลกเปลี่ยนความ	m <sup>3</sup> /s
3.3.1.16	อัตราการไหลของสารทำความเย็น	m <sup>3</sup> /s
3.3.1.17	ความดันของสารทำความเย็นที่ทางเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	Pa
3.3.1.18	ความดันของสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	Pa
3.3.1.19	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ระบบใช้	kW

นำค่าต่างๆ ที่ได้ทำการตรวจวัดและจัดเก็บมาเพื่อใช้พิจารณาประสิทธิภาพของระบบฯ และค่าต่างๆ ต่อไป

การตรวจวัดค่าต่างเป็นแบบอัตโนมัติประกอบด้วยเครื่องมือวัดสัญญาณที่ใช้แปลงค่าทางกายภาพของจุดตรวจวัดทั้ง 15 ตำแหน่งให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อการเก็บบันทึกเข้าสู่เครื่องเก็บข้อมูลที่ประกอบขึ้นจากกล่องเก็บข้อมูลย่อยที่สามารถติดตั้งไว้ใกล้กับเครื่องมือวัดสัญญาณ เพื่อ ลดปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน โดยจะทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากเครื่องมือวัดสัญญาณ และส่งสัญญาณต่อไปยังกล่องเก็บข้อมูลหลักซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณเข้าไปเก็บบันทึกไว้ยังคอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมโยงได้บนระบบเครือข่าย

อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลดังกล่าวได้ทำการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปิดเข็ม และมาตรการวัดน้ำเข้าไปด้วยเพื่อช่วยยืนยันค่าที่ได้จากการวัดโดยเครื่องมือวัดสัญญาณ

สำหรับการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำร้อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าใดค่าหนึ่งก็อาจส่งผลให้ผลที่ได้แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงใดๆ ไปมิได้ทำให้วิธีการคำนวณต่างไปจากเดิมมากนัก จึงทำให้เกิดความซ้ำซ้อนในการคำนวณเกิดขึ้น ดังนั้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และหาผลลัพธ์ของระบบ จึงได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการช่วยคำนวณมาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบ เพื่อให้ได้ผลที่รวดเร็วและมองภาพรวมได้ชัดเจนขึ้น

### 3.3.2 ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงเดียว

ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติต่างๆของน้ำ ค่าพลังงานความเข้มแสงอาทิตย์และปริมาณความต้องการใช้น้ำร้อนของอาคาร ซึ่งคุณสมบัติของน้ำที่ต้องทราบคือค่าของอุณหภูมิของน้ำที่จะนำไปใช้งานอุณหภูมิของน้ำเย็นที่เข้าระบบ ค่าความจุความร้อนของน้ำ ความหนาแน่นของน้ำ อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมและที่สำคัญคือค่าปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนจากระบบเป็นรายชั่วโมง การออกแบบระบบจะเริ่มต้นจากการรวมผลลัพธ์ของปริมาณการใช้น้ำร้อนเป็นรายชั่วโมงที่ได้สำรวจมาในรอบวัน ซึ่งการหาปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนในรอบหนึ่งวันจะเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\dot{V}_{u\_day} = \sum_{day} \dot{V}_{u\_hr} \quad (3.1)$$

โดยที่  $\dot{V}_{u\_day}$  = ปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนในรอบหนึ่งวัน L/day

$\dot{V}_{u\_hr}$  = ปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนจากระบบเป็นรายชั่วโมง L/hr

การหาค่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงจะขึ้นอยู่กับชนิดของแผง ซึ่งเราทราบจากค่าตัวประกอบการดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสงและตัวประกอบการดึงความร้อนกับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน ซึ่งได้จากผู้ผลิตแผงรับแสงนั้นๆ ซึ่งทั้งสองค่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพของแผงรับแสงในการผลิตน้ำร้อนละยังขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำเข้าแผงรับแสงและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอากาศ ตามสมการ

$$\eta_{th} = F_R \eta_o - \frac{FrU_L \times (T_{ic} - T_a)}{I_{ave}} \quad (3.2)$$

$\eta_{th}$  = ประสิทธิภาพของแผงรับแสง decimal

$F_{R\eta_o}$  = ค่าตัวประกอบการดึงความร้อนกับประสิทธิภาพเชิงแสง decimal

$F_R U_L$  = ค่าตัวประกอบการดึงความร้อนกับสัมประสิทธิ์

การสูญเสียความร้อน kWm<sup>2</sup>/ °C

$T_{ic}$  = อุณหภูมิของน้ำเข้าแผงรับแสง °C

$T_a$  = อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอากาศ °C

$I_{ave}$  = ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในแต่ละพื้น MJ/m<sup>2</sup>

สำหรับการคำนวณจึงต้องพิจารณาจากปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนโดยทราบอุณหภูมิที่เข้าและออกไปใช้งาน เพื่อสามารถหาค่าพลังงานความร้อนที่ต้องการจากแผงรับแสง โดยอุณหภูมิของน้ำซึ่งพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์จะมากหรือน้อย ต้องขึ้นกับแผงรับแสง ดังสมการ

$$A = \frac{P_w \left( \frac{\dot{V}_{u-day}}{1000} \right) \times C_{pw} (T_{use} - T_{ic})}{\eta_{th} \times 1000 \times I_{hr}} \quad (3.3)$$

$A$  = ค่าพื้นที่รับแสงของแผงรับแสง m<sup>2</sup>

$\dot{V}_{u-day}$  = ปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนในรอบหนึ่งวัน L/day

$P_w$  = ค่าความหนาแน่นของน้ำมีค่า 998 kg/m<sup>3</sup>

$C_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ 4.18 kJ/kg.C

$T_{ic}$  = อุณหภูมิของน้ำเข้าแผงรับแสง °C

$T_{use}$  = อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ระบบจ่ายใช้งาน °C

$I_{hr}$  = ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง MJ/m<sup>2</sup>

$\eta_{th}$  = ประสิทธิภาพของแผงรับแสง decimal

สำหรับการศึกษาครั้งนี้เราสามารถทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวได้จาก สมการ ดังนี้

$$Q_c = m_c \times C_p \times (T_{oc} - T_{ic}) \quad (3.5)$$

$Q_c$  = อัตราการถ่ายเทความร้อนที่แผงเซลล์ kJ/s

$m_c$  = อัตราการไหลเชิงมวลที่แผงเซลล์ kg/s

$C_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะ kJ/kg .C

$T_{oc}$  = อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงเซลล์ °C

$T_{ic}$  = อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังแผงเซลล์ °C

ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว สามารถเทียบเป็นหน่วยไฟฟ้า kWh ของพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการในการทำความร้อนดังกล่าวได้ ตามสมการ ดังนี้

$$\dot{P}_{ele} = \frac{Q_{heat}}{3600} \quad (3.6)$$

$$\dot{P}_{ele} = \text{ค่าพลังงานไฟฟ้า} \quad \text{kWh}$$

$$Q_{heat} = \text{ค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน} \quad \text{kW}$$

ถ้ารับกรณีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยมีราคาเป็น  $COST_{ele\_unit}$  พลังงานความร้อนที่สามารถประหยัด จึงสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$COST_{save\_day} = \dot{P}_{ele} \times COST_{ele\_unit} \quad (3.7)$$

$$COST_{save\_day} = \text{ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อวัน} \quad \text{Bath/day}$$

$$COST_{ele\_unit} = \text{ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย} \quad \text{Bath/unit}$$

$$\dot{P}_{ele} = \text{ค่าพลังงานไฟฟ้า} \quad \text{kWh}$$

ซึ่งสามารถทราบระยะเวลาคุ้มทุนของระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวได้ ดังสมการ ดังนี้

$$BP = \frac{COST_{total}}{COST_{save\_day}} \quad (3.8)$$

$$BP = \text{ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตน้ำร้อน} \quad \text{years}$$

$$COST_{total} = \text{ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อวัน} \quad \text{Bath/day}$$

$$COST_{total} = \text{ราคาต้นทุนรวมทั้งระบบ} \quad \text{Bath}$$

### 3.3.3 ระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว

ก่อนการตัดสินใจว่าจะนำความร้อนที่กลับมาใช้หรือไม่ ในการประยุกต์ใช้นั้นต้องทราบปริมาณความร้อนที่จะนำกลับมาใช้ว่ามีปริมาณเท่าใด อาจกล่าวได้ว่าความร้อนที่จะกลับไปใช้คือความร้อนที่ถูกเคลื่อนย้ายมาจากในห้องที่มีการปรับอากาศนั่นเอง แต่ความจริงแล้วมีความร้อนที่เพิ่มเข้ามาคือความร้อนที่เกิดจากการอัดไอสารทำความเย็นในคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นความร้อนที่สามารถนำมาใช้คือ ความร้อนที่ถูกเคลื่อนย้ายมาจากในห้องที่มีการปรับอากาศรวมกับความร้อนที่เกิดจากการอัดไอสารทำความเย็น เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าส่วนใหญ่แล้วพลังงานไฟฟ้าจะถูกใส่เข้าไปในคอมเพรสเซอร์เพื่อใช้ในการอัดน้ำยาทำความเย็นแล้วกลายเป็นความร้อนที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้นั้นจึงมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามโหลดของระบบ ซึ่ง

ภาระการปรับอากาศจะขึ้นอยู่กับโหลดภายในและภายนอกห้องที่มีการปรับอากาศซึ่งจะแตกต่างกันตามช่วงเวลาระหว่างวันหรือช่วงเวลาระหว่างฤดูกาล ในการคำนวณความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้โดยเฉลี่ยแล้วระบบจะทำงานที่ 70-80% ของขนาดพิกัด ซึ่งในระบบที่ทำการศึกษา นั้นได้คำนึงถึงหลักการดังกล่าวและได้นำมาประยุกต์ใช้กับระบบนี้จนสามารถทำงานได้อย่างดี

ระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวนั้นมิขึ้นตอนการดำเนินงานเช่นเดียวกับกับระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยผลรวมของปริมาณการใช้ น้ำร้อนเป็นรายชั่วโมงที่ได้สำรวจมาในรอบวัน ซึ่งการหาปริมาณความต้องการการใช้ น้ำร้อนในรอบหนึ่งวันจะเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\dot{V}_{u\_day} = \sum_{day} \dot{V}_{u\_hr} \quad (3.9)$$

โดยที่  $\dot{V}_{u\_day}$  = ปริมาณความต้องการการใช้ น้ำร้อนในรอบหนึ่งวัน L/day

$\dot{V}_{u\_hr}$  = ปริมาณความต้องการการใช้ น้ำร้อนจากระบบเป็นรายชั่วโมง L/hrs

ความสามารถในการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ประกอบกับโดยปกติแล้วเครื่องปรับอากาศที่เปิดใช้จะพบว่าการทำงานของ คอมเพรสเซอร์ จะมีจังหวะการตัดต่อเป็นจังหวะ โดยมี อัตราการทำงานในช่วงเวลาที่เปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถหาค่าของระบบผลิตน้ำร้อนจาก ความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวได้จากสมการ ดังนี้

$$\dot{Q}_{hrs} = \dot{m}_{hrs} \times C_p \times (T_{os} - T_{is}) \quad (3.10)$$

$\dot{Q}_{hrs}$  = อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ Heat recovery system kJ/s

$\dot{m}_{hrs}$  = อัตราการไหลเชิงมวลที่ Heat recovery system kg/s

$C_p$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะ kJ/kg .C

$T_{os}$  = อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากถังสะสมเข้า HRS °C

$T_{is}$  = อุณหภูมิของน้ำที่เข้าไปยังถังสะสมออกจาก HRS °C

สำหรับการผลิตน้ำร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเป็นรายชั่วโมง ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

$$\dot{V}_{comp\_m\_hr} = \frac{\dot{V}_{u\_day}}{hr_{comp\_work}} \times \frac{100}{\%work_{comp}} \quad (3.11)$$

$hr_{comp\_work}$  = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ hrs



$\% work_{comp}$  = อัตราการทำงาน of เครื่องปรับอากาศ %

$\dot{V}_{u\_day}$  = ปริมาณความต้องการการใช้ความร้อนในรอบหนึ่งวัน L/day

$\dot{V}_{comp\_m\_hr}$  = ปริมาณการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งเป็นรายชั่วโมง L/day

เมื่อเทียบเป็นอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำจึงมีค่าตามสมการดังนี้

$$m_w = \left( \frac{0.001 \dot{V}_{comp\_m\_hr}}{3600} \right) P_w \quad (3.12)$$

$m_w$  = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ kg/sec

$\dot{V}_{comp\_m\_hr}$  = ปริมาณการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งเป็นรายชั่วโมง L/day

$P_w$  = ค่าความหนาแน่นของน้ำมีค่า 998 kg/m<sup>3</sup>

พลังงานความร้อนที่น้ำได้รับจากการคายความร้อนของสารทำความเย็น โดยอาศัยอุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$\dot{Q}_{r\_use} = \frac{m_w c_{pw} (T_{use} - T_{os})}{\eta_{hr}} \quad (3.13)$$

$\dot{Q}_{r\_use}$  = พลังงานความร้อนของสารทำความเย็น kW

$m_w$  = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ kg/s

$\eta_{hr}$  = ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน decimal  $P_w$

= ค่าความหนาแน่นของน้ำมีค่า 998 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  = ค่าความจุความร้อนของน้ำมีค่า 4.18 kJ/kg.C

$T_{os}$  = อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากถังสะสมเข้า HRS °C

$T_{use}$  = อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ระบบจ่ายใช้งาน °C

สำหรับต้นทุนของระบบผลิตน้ำร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในส่วน of เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและส่วน of ถังเก็บน้ำร้อน โดยที่ค่าใช้จ่ายทั้งสองส่วนจะรวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบด้วย กรณีที่ค่าพลังงานไฟฟ้ามีราคาเป็น  $Cost_{ele\_unit}$  พลังงานความร้อนที่สามารถประหยัดได้จึงสามารถได้จากสมการ ดังนี้

$$Cost_{save\_day} = P_{ele} \times Cost_{ele\_unit} \quad (3.14)$$

$Cost_{save\_day}$  = ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อวัน Bath/day

$P_{ele}$  = ค่าพลังงานไฟฟ้า kWh  
 $Cost_{ele\_unit}$  = ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย Bath/unit  
 ซึ่งสามารถทราบระยะเวลาคุ้มทุนของระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานความร้อนทิ้งเพียง  
 อย่างเดียวได้ ดังสมการ ดังนี้

$$BP = \frac{COST_{total}}{COST_{save\_day}} \quad (3.15)$$

$BP$  = ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตน้ำร้อน years

$COST_{total}$  = ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อวัน Bath/day

$COST_{total}$  = ราคาต้นทุนรวมทั้งระบบ Bath

### 3.3.4 ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน

ระบบผลิตน้ำร้อนผสมผสานคือการนำระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมารวมกัน โดยมีจุดรวมระบบอยู่ที่ถังเก็บน้ำร้อน ซึ่งเมื่อมีปริมาณความต้องการการใช้น้ำร้อนหรือกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบแล้ว ระบบก็จะทำงานอย่างต่อเนื่อง เช่นหากกิจกรรมต่างๆต้องการใช้น้ำร้อนระบบก็จะจ่ายน้ำออกจากถังเก็บน้ำร้อนได้เลยเพราะไม่ว่าจะใช้น้ำร้อนในเวลาใดก็ตาม ในถังเก็บน้ำร้อนจะมีความร้อนสะสมอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะไม่มีน้ำร้อนที่ออกมาจากแผงรับแสงอาทิตย์ก็ตาม เพราะสามารถได้น้ำร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ (เปิดตลอด 24 ชั่วโมง) แต่อุณหภูมิจะลดลงเล็กน้อยแต่ก็ไม่มีผลต่อการทำงาน เนื่องจากโหลดต่างๆ (การใช้น้ำร้อน)ลดลงตามไปด้วย ส่วนในเวลาที่ทำกาติดตั้งระบบปรับอากาศมีการเปิดใช้ระบบปรับอากาศ ระบบก็จะดึงน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนผ่านมายัง ADSORPTION CHILLER เพื่อทำการผลิตน้ำเย็นส่งไปยังเครื่องส่งลมเย็นตามห้องต่างๆ ในการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของ INPUT (PV/T และ HRS) หาได้จากสมการที่กล่าวแล้วในเบื้องต้น คงเหลือส่วนของ OUTPUT (ADS,FCUและ COOLING) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\dot{Q}_{ads} = \dot{m}_{ads} \times C_p \times (T_{oad} - T_{iad}) \quad (3.16)$$

$$\dot{Q}_{fcu} = \dot{m}_{fcu} \times C_p \times (T_{if} - T_{of}) \quad (3.17)$$

$$\dot{Q}_{ct} = \dot{m}_{ct} \times C_p \times (T_{ict} - T_{oct}) \quad (3.18)$$

### 3.3.5 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3.3.5.1 เงินลงทุนของระบบ ADSORPTION CHILLER, TIC คือเงินลงทุนทั้งหมดที่ใช้ในการติดตั้งระบบ ADSORPTION CHILLER ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น

- ค่าเครื่อง Adsorption Chiller Cooling Cap: 20 RT
- Shell& Tube heat exchanger
- Cooling Tower : 30 RT Hot water pump
- Hot water supply, Chilled water pump
- ตู้ควบคุมการทำงาน Pump, Cooling tower
- Temp. Gauge, Pressure Gauge
- แผง PV/T SOLAR COLLECTOR แผงละ 50 w.110 แผง
- Support รั้วแผง Collector ทำจากเหล็กกล่อง+เหล็กฉาก
- ถังเก็บน้ำร้อน 600 ลิตร สแตนเลส 2 ชั้น
- Grid Conneced Inverter ของ LEONIC รุ่น Apollo 303,304
- เครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าหรือป้องกันฟ้าผ่า รุ่น LS 211C
- สายไฟ,ท่อร้อยสายไฟ, มิเตอร์ ตู้ชุดแผงติดตั้ง
- PUMP หมุนเวียนระบบน้ำร้อน
- ตู้ควบคุมระบบแผงแสงอาทิตย์
- Flow meter ขนาดท่อ 2"
- Air vent ของ Yoshitake ขนาด 1/2 " -1"
- ระบบท่อน้ำร้อนระหว่างแผง หุ้มฉนวน จนถึงบริเวณถังน้ำร้อน
- ระบบท่อน้ำร้อนระหว่างแผง หุ้มฉนวน จนถึงบริเวณถังน้ำร้อน
- ระบบ วาล์วทั้งหมด
- เบ็ดเตล็ด Support ท่อ, และ อุปกรณ์เบ็ดเตล็ดอื่นๆ
- เตาปูนฐานรับ ADS Chiller และ Cooling Tower
- หุ้ม JACKET ท่อ
- ค่าแรง Laminated + ประกอบแผง PV/T
- ค่าติดตั้งระบบน้ำ + หุ้มฉนวน และ Jacket ท่อและระบบไฟฟ้า

การทราบค่าใช้จ่ายในการใช้ระบบทำให้สามารถหารายได้สุทธิประจำปีได้ โดยนำรายได้ที่ได้จากการใช้ระบบใหม่แทนระบบเดิมและการขายไฟฟ้าส่วนเกินนำมาหักออกจากค่าใช้จ่ายการใช้ระบบในระยะเวลา 1 ปีแล้ว จะได้ว่า

$$A = \text{รายได้จากการใช้ระบบ} - \text{ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน}$$

เมื่อ

$$A = \text{รายได้สุทธิประจำปี, บาท / ปี}$$

จากข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นปัจจัยที่จะต้องนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ โดยจะนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (Internal Rate of Return) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกขนาดของระบบที่เหมาะสมมากที่สุดในการติดตั้งระบบ

โดยปกติเงินลงทุนเพื่อใช้ในการติดตั้งระบบ หากนำมาฝากธนาคารก็จะได้ผลตอบแทนเป็นดอกเบี้ย ดังนั้นผลตอบแทนจากการใช้ระบบจะต้องมีค่ามากกว่าดอกเบี้ยเงินฝากถึงจะมีกำไรจากการลงทุน จึงจะทำให้มีศักยภาพที่จะนำระบบมาใช้งาน ทั้งนี้อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในและระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

สมการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$TIC \times CRF = A \quad (3.19)$$

$$\text{ซึ่ง} \quad CRF = \frac{I(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]}$$

สมการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน

$$\sum_{t=1}^N \frac{A}{[1+(IRR)]^t} - TIC = 0 \quad (3.20)$$

เมื่อ

TIC = ค่าลงทุนในการติดตั้งระบบ โดยจ่ายครั้งเดียวตอนเริ่มโครงการ, บาท

CRF = Capital Recovery Factor

i = อัตราส่วนลด (Discount Rate)

n = ระยะเวลาคืนทุน, ปี

IRR = อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน, %

N = อายุการใช้งานของระบบ, ปี

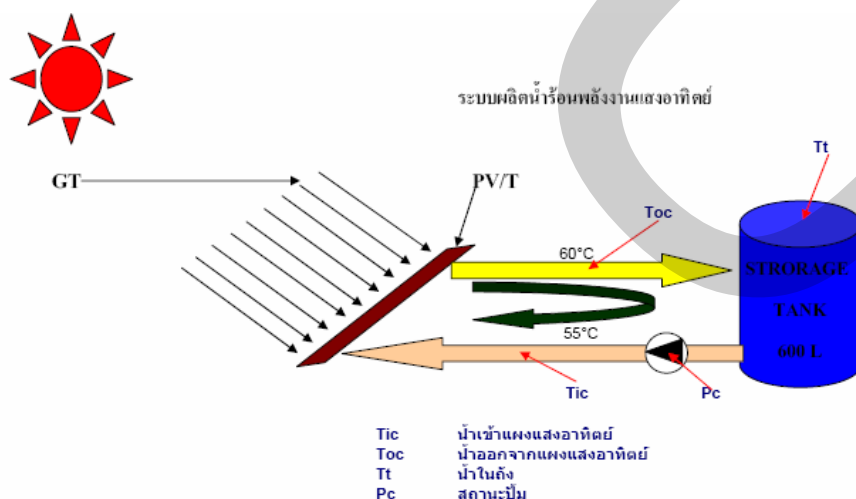
## บทที่ 4

### ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการที่ได้ออกแบบระบบการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบผลิตน้ำร้อนของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ นั้น ผลการทดลองของระบบทั้งหมดซึ่งผู้ทำการทดลองได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปีเต็มคือ (1 ม.ค.51 – 31 ธ.ค. 51) ซึ่งความเป็นจริงแล้วได้เดินระบบมาก่อนหน้านี้แล้วเป็นเวลา 2 เดือน แต่เพื่อสะดวกต่อการคำนวณผลและสรุปผลให้คณะกรรมการด้านประหยัดพลังงานทราบ จึงขอเริ่มทำการนับตั้งแต่ต้นปี 51 เป็นต้นไป โดยขอคูผลการทดลองซึ่งได้ติดตั้งจริง และทำการเปิดใช้งานจริง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้นว่าการทดลองนั้นได้แบ่งแหล่งที่มาเป็น 3 ส่วน ดังนี้

#### 4.1 ระบบที่ได้รับจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ระบบนี้เป็นการแสดงลักษณะการทำงานของระบบที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำเข้าแผง  $55^{\circ}\text{C}$  และได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิที่ออกจึงอยู่ที่  $60^{\circ}\text{C}$  (ตามปกติแล้วอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าแผงอยู่ที่  $25 - 30^{\circ}\text{C}$  แต่เนื่องจากระบบนี้ทำงานตลอด จึงทำให้มีน้ำร้อนไหลเวียนตลอด อุณหภูมิน้ำเย็นจึงสูง) ดังรูป



หมายเหตุ: อุณหภูมิของน้ำเย็นปกติอยู่ที่  $25-30^{\circ}\text{C}$  แต่เนื่องจากในการศึกษาถึงสะสมมีการสะสมความร้อนอยู่ตลอดเวลาเพราะเครื่องปรับอากาศมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้ในถังสะสมมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติแต่การศึกษานี้ถึงสะสมเป็นระบบนำไหลผ่านจึงไม่มีปัญหาเก็บแสงอาทิตย์เพราะน้ำในถังสะสมได้ถูกนำไปใช้ในบางส่วนแล้วและมีการเติมน้ำเย็นเข้าระบบเมื่อมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 4.1 แสดงระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูป 4.1 เป็นระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งผลการทดลองที่อ่านได้จาก DATA LOGGER (1 ม.ค.2551 -31 ธ.ค. 2551) มีดังนี้

ตารางที่ 4.1 การแสดงผลของระบบผลิตน้ำร้อนจากแผงแสงอาทิตย์

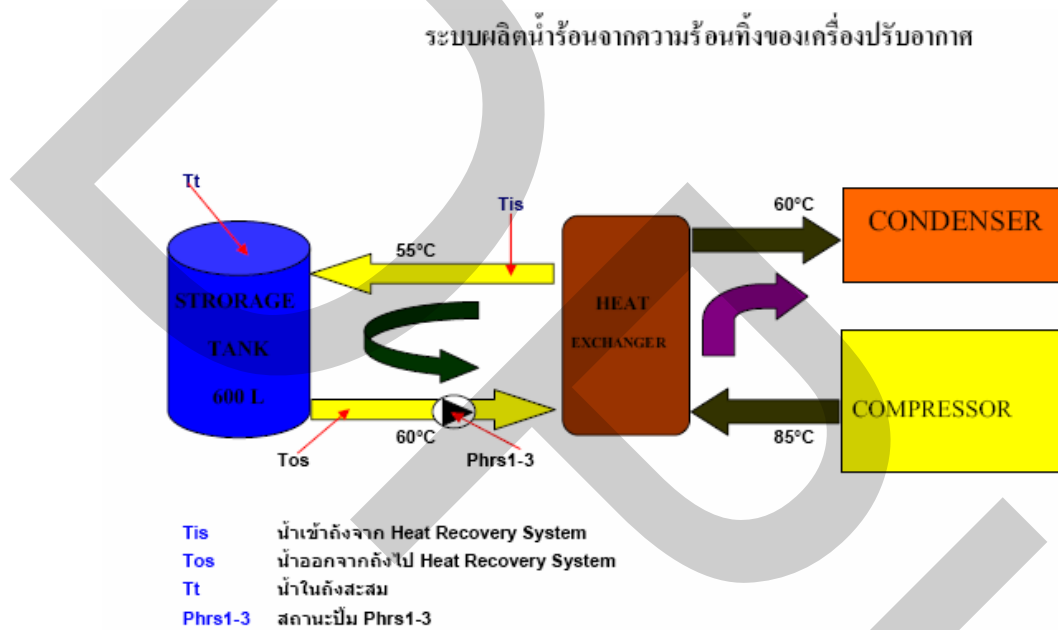
DATA RECORD FROM PV/T (C)

Month	Tic	Toc	Flow rate	Pc	Energy	Hot Energy
	°C	°C	m <sup>3</sup> /hr	hr.	MJ	kW-h
January-08	53.62	63.57	3.65	127.2	19,309.87	5,363.85
February-08	54.21	64.14	3.65	121.1	18,346.89	5,096.36
March-08	56.35	65.78	3.65	112.7	16,214.54	4,504.04
April-08	57.98	67.68	3.65	123.4	18,262.32	5,072.87
May-08	55.89	66.11	3.65	123.59	19,270.96	5,353.04
June-08	55.53	65.35	3.65	119.57	17,914.42	4,976.23
July-08	55.53	65.35	3.65	119.63	17,923.41	4,978.73
August-08	52.32	63.18	3.65	108.85	18,035.47	5,009.85
September-08	53.87	63.97	3.65	109.47	16,868.86	4,685.79
October-08	53.62	62.31	3.65	117.72	15,607.71	4,335.47
November-08	54.01	63.89	3.65	108.51	16,356.71	4,543.53
December-08	53.77	63.75	3.65	107.21	16,324.32	4,534.53
Average	54.73	64.59	3.65	1,398.95	210,449.67	58,440.46

พิจารณา ค่าเฉลี่ยของน้ำร้อนตลอดทั้งปีที่ 64.59 °C (ตารางที่ 4.1) อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าระบบที่ 54.73°C (เนื่องจากความเป็นจริงอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบที่ 25 °C แต่เนื่องจากที่ สวทช.มีการใช้งานของอาคารตลอด 24 ชั่วโมง จึงต้องเปิดระบบทำความเย็นสลับกันตลอดเวลา ทำให้น้ำในระบบมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น กว่าที่เป็นอยู่) โดยที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสามารถดูได้จากตารางภาพรวมของระบบในส่วนของภาคผนวก ค่าความหนาแน่นของน้ำอยู่ที่ 998 kg/m<sup>3</sup> และค่าความจุความร้อนของน้ำ เป็น 4.18 kJ/kg° C โดยในตารางที่แสดงเป็นการนำค่าเฉลี่ยรายปี มาใช้ ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนรวม 210,449.67 MJ / year หรือพลังงานไฟฟ้า 58,454.30 kWh / year สามารถหาได้จากสมการที่ 3.5

#### 4.2 ระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

ระบบนี้เป็นการแสดงลักษณะการทำงานของระบบ โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ออกแบบ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิจากคอมเพรสเซอร์เข้า HRS อยู่ที่  $85^{\circ}\text{C}$  และออกไปที่ คอลล์ร้อนที่อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  และกำหนดให้อุณหภูมิน้ำจากถังสะสมเข้า HRS อยู่ที่  $55^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิน้ำออกอยู่ที่  $60^{\circ}\text{C}$  ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ

จากรูป 4.2 เป็นระบบผลิตน้ำร้อนที่ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองที่อ่านได้จาก DATA LOGGER (1 ม.ค.2551 -31 ธ.ค. 2551) มีดังนี้

ตารางที่ 4.2 การแสดงผลของระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

DATA RECORD FROM HEAT RECOVERY SYSTEM (HRS)

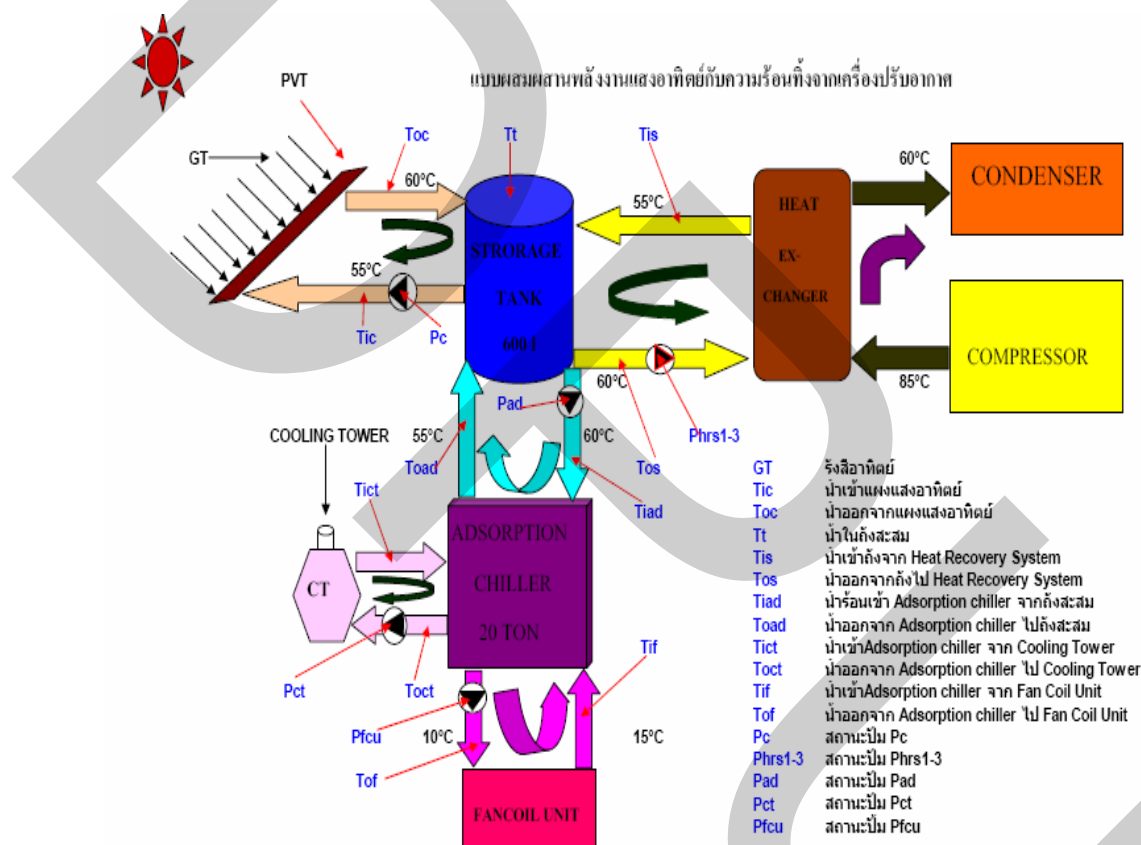
Month	Tis	Tos	Flow rate	Phrs1-3	Energy	Hot Energy
	°C	°C	m3/hr	hr.	MJ	kW-h
January-08	58.19	63.25	18.6	204.5	80,451.30	22,347.58
February-08	59.18	64.11	18.6	208.2	79,802.57	22,167.38
March-08	61.07	65.8	18.6	209.7	77,116.76	21,421.32
April-08	62.83	67.17	18.6	206.48	69,671.79	19,353.27
May-08	61	65.25	18.6	215.04	71,055.45	19,737.63
June-08	60.44	65.17	18.6	213.49	78,510.53	21,808.48
July-08	60.44	65.17	18.6	213.63	78,562.01	21,822.78
August-08	57.75	62.48	18.6	217.9	80,132.30	22,258.97
September-08	58.92	64.16	18.6	212.69	86,649.80	24,069.39
October-08	57.97	63.26	18.6	211.34	86,921.38	24,144.83
November-08	58.95	63.52	18.6	216.34	76,867.41	21,352.06
December-08	58.76	63.78	18.6	211.61	82,590.32	22,941.75
Average	59.63	64.43	18.6	2,540.92	948,246.95	263,425.45

พิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำร้อนที่ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เพียงอย่างเดียวตลอดทั้งปีที่ 64.43 °C (ตารางที่ 4.2) อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าระบบที่ 59.63°C (จากการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ได้กำหนดให้อุณหภูมิเข้าที่ 55° C และอุณหภูมิออกที่ 60° C แตกต่างกัน 5°C ส่วนทางด้าน COMPRESSOR & CONDENSER นั้น กำหนดให้แตกต่างกันประมาณ 10 - 25 °C) ในแต่ละวันมีการบันทึกการเปิดเครื่องปรับอากาศโดยช่างบริหารอาคารตลอด 24 ชั่วโมง และมีการทำงานของคอมเพรสเซอร์ 60 % ของการเปิดเครื่องปรับอากาศ โดยในตารางที่แสดงเป็นการนำค่าเฉลี่ยรายปีมาใช้ ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนรวม 948,246.95 MJ /year หรือพลังงานไฟฟ้า 263,425.75 kWh /year สามารถหาได้จากสมการที่ 3.10



#### 4.3 ระบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

ระบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างน้ำร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และน้ำร้อนที่ได้จากระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งได้ถูกรวมกันที่ถังสะสม แล้วจ่ายให้กับ ADSORPTION ขนาด 20 TON น้ำร้อนที่ออกจาก ADSORPTION ผ่านกระบวนการต่างๆจนเป็นน้ำเย็นไปจ่ายให้กับ FCU ตามห้องต่างๆในอุณหภูมิที่กำหนด ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ

จากรูป 4.3 เป็นระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์และจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองที่อ่านได้จาก DATA LOGGER (1 ม.ค.2551 -31 ธ.ค. 2551) มีดังนี้

ตารางที่ 4.3 การแสดงผลของระบบเครื่องทำความเย็น ADSORPTION CHILLER

DATA RECORD FROM ADSORPTION CHILLER (ADS)

Month	Tiad	Toad	Flow rate	Pad	Energy	Hot Energy
	°C	°C	m <sup>3</sup> /hr	hr.	MJ	kW-h
January-08	63.25	58.25	17.5	156.6	57,276.45	15,910.13
February-08	64.11	59.11	17.5	162.5	59,434.38	16,509.55
March-08	65.2	60.2	17.5	168.3	61,555.73	17,098.81
April-08	66.17	61.17	17.5	174.4	63,786.80	17,718.56
May-08	64.25	59.25	17.5	161.65	59,123.49	16,423.19
June-08	65.17	60.17	17.5	165.86	60,663.30	16,850.92
July-08	65.17	60.17	17.5	165.89	60,674.27	16,853.96
August-08	65.09	60.09	17.5	174.98	63,998.94	17,777.48
September-08	64.16	59.16	17.5	145.98	53,392.19	14,831.16
October-08	63.26	58.26	17.5	144.66	52,909.40	14,697.05
November-08	63.02	58.02	17.5	148.46	54,299.25	15,083.12
December-08	64.38	59.38	17.5	152.08	55,623.26	15,450.91
Average	64.44	59.44	17.5	1,921.36	702,737.42	195,204.84

พิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำร้อนผ่านเครื่องทำความเย็น (ADSORPTION CHILLER) ตลอดทั้งปีที่ 64.44 °C (ตารางที่ 4.3) อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าระบบที่ 59.44°C โดยในตารางที่แสดงเป็นการนำค่าเฉลี่ยรายปี มาใช้ ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนรวม 702,737.42 MJ / year หรือพลังงานไฟฟ้า 195,204.84 kWh / year โดยสามารถหาได้จาดสมการที่ 3.16

ตารางที่ 4.4 การแสดงผลของระบบเครื่องส่งลมเย็น (FCU)

DATA RECORD FROM FAN COIL UNIT (FCU)

Month	Tif	Tof	Flow rate	Pfcu	Energy	Hot Energy
	°C	°C	m3/hr	hr.	MJ	kW-h
January-08	18.99	13.99	10.5	135.6	29,757.42	8,265.95
February-08	19.82	14.82	10.5	142.5	31,271.63	8,686.56
March-08	17.09	12.09	10.5	148.3	32,544.44	9,040.12
April-08	17.12	12.12	10.5	144.24	31,653.47	8,792.63
May-08	17.25	12.25	10.5	141.56	31,065.34	8,629.26
June-08	18.11	13.11	10.5	145.65	31,962.89	8,878.58
July-08	18.11	13.11	10.5	145.98	32,035.31	8,898.70
August-08	19.89	14.89	10.5	134.88	29,599.42	8,222.06
September-08	19.51	14.51	10.5	136.24	29,897.87	8,304.96
October-08	18.29	13.29	10.5	124.49	27,319.33	7,588.70
November-08	19.25	14.25	10.5	138.57	30,409.19	8,447.00
December-08	19.66	14.66	10.5	142.34	31,236.51	8,676.81
Average	18.59	13.59	10.5	1,680.35	368,752.81	102,431.34

พิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านเครื่องส่งลมเย็น(FANCOIL UNIT) ตลอดทั้งปีที่ อุณหภูมิ น้ำเย็นเข้าระบบที่ 18.59°C และอุณหภูมิ น้ำเย็นออกที่ 13.59 โดยในตารางที่แสดงเป็นการนำ ค่าเฉลี่ยรายปี มาใช้ ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าพลังงานรวม 368,752.81 MJ / year หรือพลังงานไฟฟ้า 102,431.34 kWh / year โดยสามารถหาได้จากสมการที่ 3.17

ตารางที่ 4.5 การแสดงผลของระบบหอผึ่งลมเย็น (COOLING TOWER)

DATA RECORD FROM COOLING TOWER (CT)

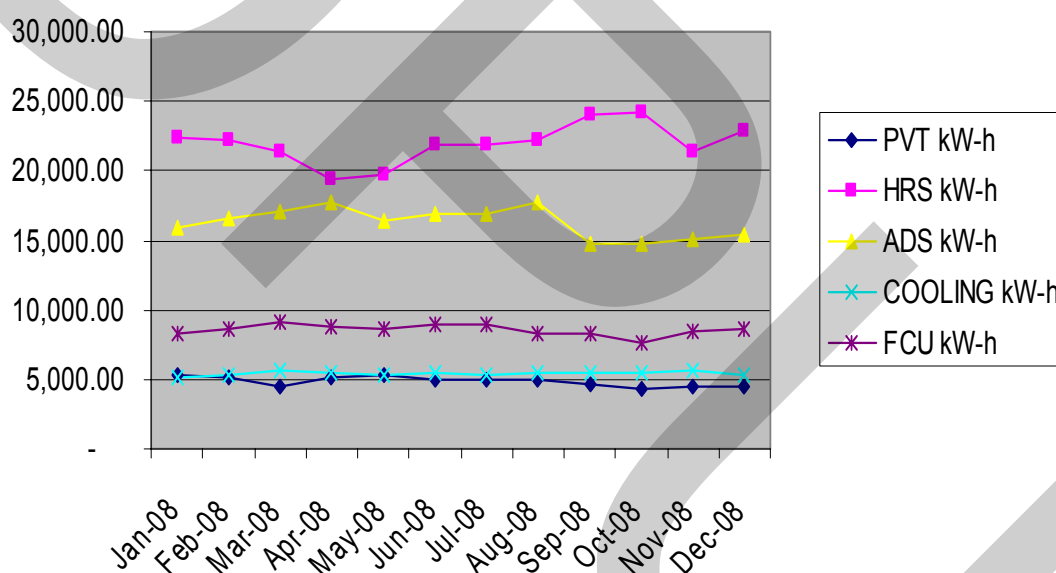
Month	Tict	Toct	Flow rate	Pct	Energy	Hot Energy
	°C	°C	m3/hr	hr.	MJ	kW-h
January-08	31.21	36.21	5.7	155.6	18,536.63	5,149.06
February-08	32.1	37.1	5.7	162.5	19,358.63	5,377.40
March-08	32.7	37.7	5.7	168.3	20,049.58	5,569.33
April-08	31.12	36.12	5.7	164.2	19,561.15	5,433.65
May-08	30.2	35.2	5.7	161.64	19,256.17	5,348.94
June-08	31.5	36.5	5.7	165.76	19,746.99	5,485.27
July-08	31.5	36.5	5.7	162.64	19,375.30	5,382.03
August-08	31.7	36.7	5.7	164.56	19,604.03	5,445.56
September-08	32.6	37.6	5.7	166.27	19,807.75	5,502.15
October-08	30.4	35.4	5.7	164.6	19,608.80	5,446.89
November-08	31.8	36.8	5.7	168.57	20,081.74	5,578.26
December-08	31.9	36.9	5.7	162.08	19,308.59	5,363.50
Average	31.56	36.56	5.70	1,966.72	234,295.35	65,082.04

พิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านหอผึ่งลมเย็น(COOLING TOWER) ตลอดทั้งปีที่ อุณหภูมิ น้ำเข้าระบบที่ 31.56°C และ อุณหภูมิ น้ำออกที่ 36.56°C โดยในตารางที่แสดงเป็นการนำค่าเฉลี่ยราย ปี มาใช้ ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าพลังงานรวม 233,213.65 MJ / year หรือพลังงานไฟฟ้า 64,781.57 kWh / year โดยสามารถหาได้จากสมการที่ 3.18

จากผลการทดลองที่ได้แสดงทั้ง 5 ตารางนั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้สูตรคำนวณผลออกมา จะสามารถทำนายผลในหลายๆด้านได้ แต่เพื่อความชัดเจนจึงขออธิบายให้เข้าใจถึงความต้องการ ของการทดลองถึงการทำงานของระบบซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. INPUT ประกอบด้วย PV/T & HEAT RECOVERY SYSTEM
2. OUTPUT ประกอบด้วย ADSORPTION CHILLER, FAN COIL UNIT & COOLING TOWER

จาก รูปที่ 4.4 เป็นการแสดงค่าพลังงานความร้อนรวมที่ได้จากระบบผสมผสาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในส่วนของ INPUT นั้น ค่าพลังงานความร้อนรวมที่ได้จาก PV/T นั้น ในแต่ละเดือนจะอยู่ไม่เกิน 5,500 kW-h และค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบปรับอากาศหรือที่ได้นำความร้อนทิ้งผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HRS) ในแต่ละเดือนจะอยู่ไม่เกิน 25,000 kW-h สำหรับในส่วนของ OUTPUT นั้น คัดที่ ADSORPTION (ADS) เพราะเป็น Main ของ OUTPUT โดยที่ในแต่ละเดือนจะมีค่าพลังงานความร้อนอยู่ที่ไม่เกิน 18,000 kW-h ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบระหว่าง INPUT และ OUTPUT แล้ว จะพบว่าค่า INPUT มากกว่า OUTPUT ซึ่งถูกต้องเป็นไปตามหลักการ แต่สำหรับในส่วนของ OUTPUT (ADS) นั้น ได้ถูกจ่ายให้กับ FCU และ COOLING โดยที่ในแต่ละเดือนนั้นมีค่าพลังงานความร้อนรวมไม่เกิน 15,000 kW-h ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับค่าพลังงานความร้อนรวมของ ADS แล้ว มีค่าน้อยกว่า ซึ่งเป็นการถูกต้องตามหลักการ ดังรูปที่ 4.4

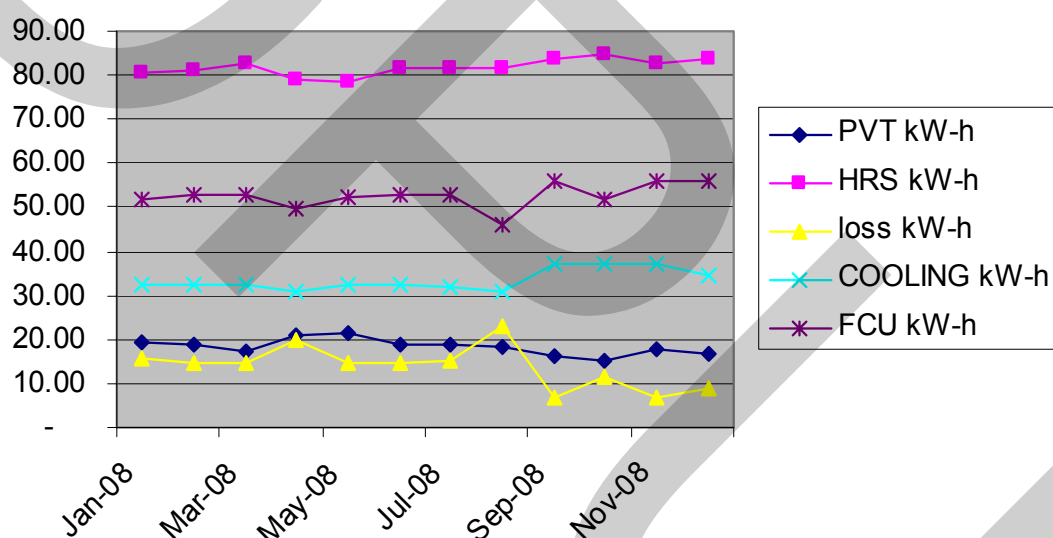


รูปที่ 4.4 ค่าพลังงานความร้อนรวมที่ได้จากระบบผสมผสาน

จากรูปที่ 4.5 เป็นการแสดงค่าพลังงานความร้อนรวมที่ได้จากระบบผสมผสานเมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่าง INPUT และ OUTPUT ของแต่ละเดือนในปี 2551 ซึ่งเมื่อมองในส่วนของ INPUT จะพบว่า ค่าพลังงานความร้อนรวมของ PV/T อยู่ประมาณ 18 % และของ HRS อยู่ที่ประมาณ 82 % จะเห็นได้ว่าสัดส่วนพลังงานความร้อนรวมส่วนใหญ่ได้มาจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศ สำหรับในส่วนของ OUTPUT นั้น ในการทดลองนี้คิดค่าพลังงานความร้อน

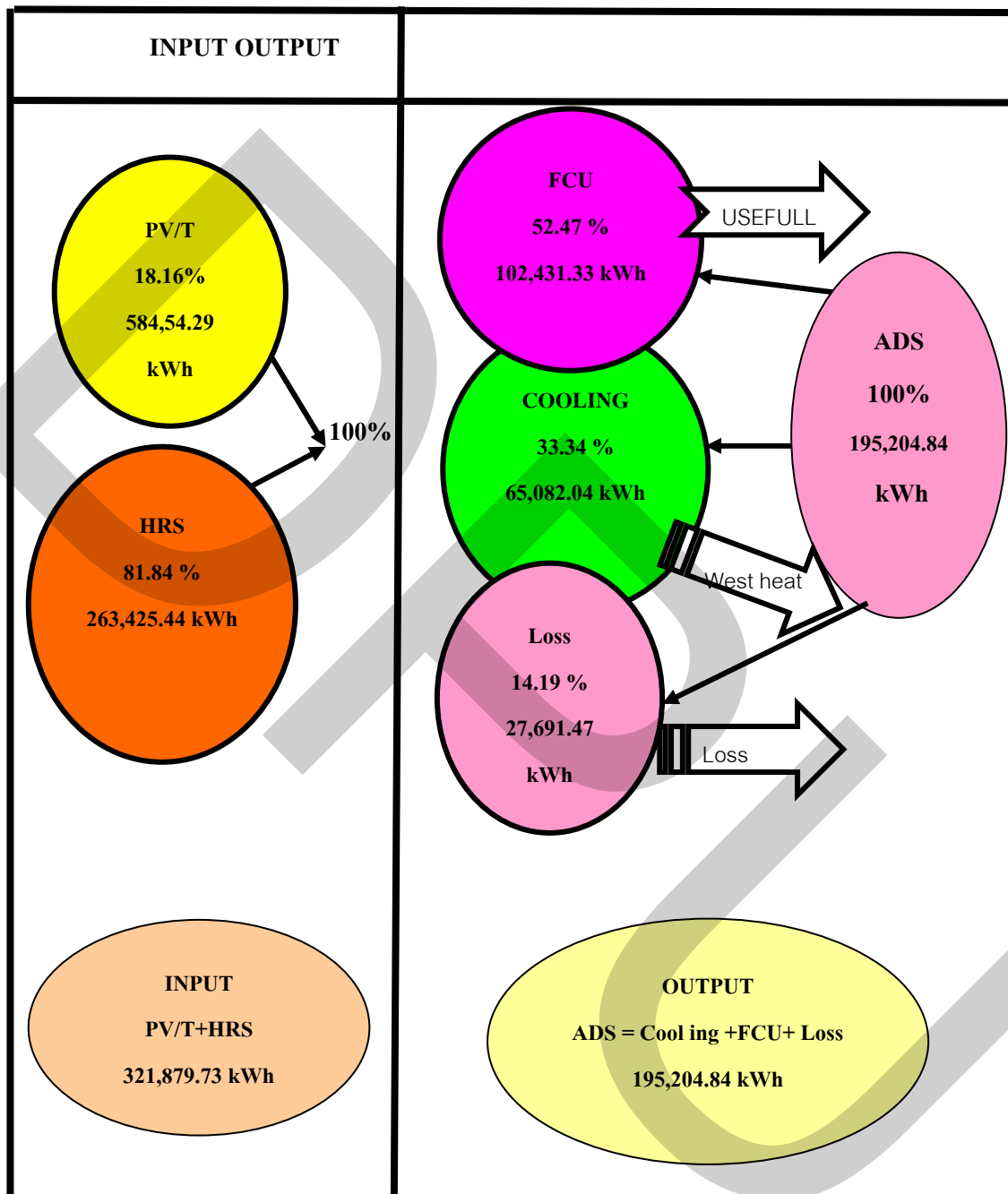
รวมที่ ADSORPTION (ADS) เป็น 100 % ดังนั้นค่าพลังงานความร้อนรวมที่ได้จาก COOLING ในแต่ละเดือนอยู่ที่ประมาณ 33 % และได้จาก FCU ในแต่ละเดือนอยู่ที่ประมาณ 53 % ในส่วนที่เหลืออีก 14 % เป็น LOSS ของระบบซึ่งมาจาก การเดินเครื่อง ADS และระยะทางจาก ADS ไปยังปลายทาง (FCU)

ดังนั้นเมื่อมองภาพรวมทั้งระบบแล้ว จะเห็นได้ว่าระบบที่สามารถทำน้ำร้อนได้มากที่สุดมาจากความร้อนที่จกเครื่องปรับอากาศ และถูกนำไปใช้ในส่วนของการน้ำเย็นที่ไปจ่ายให้กับระบบปรับอากาศถึงกว่า 50 % แต่ถ้ามองจากภาพแล้วสามารถทำนายการเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับระบบได้โดยการทำให้ค่าพลังงานความร้อนที่จก COOLING และ LOSS ให้ลดลงจากเดิมก็จะได้พลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้น ช่วยให้ประหยัดมากขึ้น



รูปที่ 4.5 ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบ (%)

จากรูปที่ 4.6 เป็นการขยายความจากรูปที่ 4.5 ซึ่งได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ INPUT และ OUTPUT ดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 4.6 ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์กับความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

รูปที่ 4.6 แสดงภาพรวมของระบบการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับความร้อนทิ้งของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งจากการทดลองพอจะสรุปได้ง่ายๆ คือ แบ่งผลการทดลองเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เรียกว่า INPUT มาจากแผง PV/T และ HEAT RECOVERY SYSTEM และ ส่วนที่ 2 เรียกว่า OUTPUT มาจาก ADSORPTION CHILLER ซึ่งประกอบด้วย COOLING TOWER และ FAN COIL UNIT

เป็นที่ทราบดีแล้วว่า ที่อาคารสำนักงานโยธินัน มีลักษณะการทำงานเป็นกิ่งสำนักงาน และห้องปฏิบัติการ ทำให้ต้องมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงได้มีการติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ และจากผลการทดลองในแผนภูมิรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่าพลังงานความร้อนรวมเฉลี่ยทั้งปีที่ได้จากแผง PV/T เท่ากับ 210,449.67 MJ หรือ คิดเป็น 18.16 % ของ INPUT และ ค่าพลังงานความร้อนรวมเฉลี่ยทั้งปีที่ได้จาก HEAT RECOVERY SYSTEM เท่ากับ 948,246.95 MJ หรือคิดเป็น 81.84 % ของ INPUT หรืออีกนัยหนึ่งคิดเป็นอัตราส่วนประมาณ 20 : 80 (2 : 4) สาเหตุที่ PV/T ได้น้อยเพราะว่าใช้แผงจำนวน 110 แผง เฉลี่ยแผง PV/T ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ประมาณวันละ 5.5 ชั่วโมง (จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2542 โดยกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร) ตรงกันข้ามกับ HEAT RECOVERY SYSTEM ที่ได้พลังงานความร้อนมากเพราะมีการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอด ความร้อนทิ้งที่ได้ก็มากตามไปด้วย ถ้าหากจะให้ด้าน INPUT มีค่าเท่ากัน ก็ต้องเพิ่มแผง PV/T อีก 2 ส่วน จึงจะได้เท่ากัน แต่ความเป็นจริงไม่สามารถทำได้เนื่อง จากพื้นที่ไม่เพียงพอและไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย เนื่องจากราคาของแผง PV/T ยังแพงอยู่

ส่วนค่าพลังงานด้าน OUTPUT นั้น โดยหลักการแล้วมาจาก ADSORPTION CHILLER ซึ่งเป็นหัวใจหลักของระบบที่จะนำความเย็นไปจ่ายให้กับ FAN COIL UNIT และถูกระบายความร้อนทิ้งโดย COOLING TOWER จากผลการทดลองจะได้ค่าพลังงานความร้อนรวมเฉลี่ยทั้งปีที่ได้จากแผง ADS เท่ากับ 702,737.42 MJ หรือ คิดเป็น 100 % ของ OUTPUT และ ค่าพลังงานความร้อนรวมเฉลี่ยทั้งปีที่ได้จาก FCU เท่ากับ 368,752.81 MJ หรือคิดเป็น 52.47 % และค่าพลังงานความร้อนรวมเฉลี่ยทั้งปีที่ได้จาก CT เท่ากับ 233,213.65 MJ หรือคิดเป็น 33.34 % ของ OUTPUT แต่เนื่องจากเมื่อเดินระบบจะพบว่ามีความที่หายไปเท่ากับ 100,770.96 MJ หรือคิดเป็น 14.19 % โดยหลักการแล้วผลรวมของ  $(FCU + CT) \leq ADS$  เมื่อนำค่า CT และ FCU มารวมกันจะได้เท่ากับ (601,966.46 MJ) ซึ่งน้อยกว่า ADS อยู่ 100,770.96 MJ จึงสามารถทำนาย OUTPUT ได้ว่า เมื่อ ADSORPTION CHILLER สามารถผลิตน้ำเย็นไปจ่ายยังเครื่องส่งลมเย็นเพื่อจ่ายความเย็น



ให้กับอาคารได้ 52.47 % และถูกนำไปทิ้งเสีย 33.34 % Loss ไป 14.19 % แต่เดิมอาคารได้ถูกใช้ อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เครื่องมือทำให้เกิดความร้อน เช่น เตาต้มน้ำร้อน, เครื่องทำน้ำร้อนและอุปกรณ์ วิทยาศาสตร์อื่นๆอีกมากมายที่รองรับห้องทดลองจำนวน 12 ห้อง แต่เครื่องมือทั้งหมดที่กล่าวมานี้ เมื่อติดตั้งระบบผสมผสานแล้ว ก็เลิกใช้อุปกรณ์ดังกล่าว ดังกรณีห้องอาหารจำนวน 10 ห้อง ต้อง ติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อน (HEATER) แต่เมื่อระบบนี้เสร็จก็เลิกใช้เพราะระบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้ มากกว่า 60° C เป็นต้น สำหรับในส่วนของห้องทดลองจำนวน 12 ห้องนั้น เป็นการนำน้ำที่สะสม หรือผ่านระบบในถังสะสมมาใช้งาน สามารถประหยัดลงไปได้ 4,337.77 MJ/year หรือประมาณ 1,721.34 kW .h/year หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ปีละ 8,606.69 บาท โดยคิดค่า ไฟฟ้าอยู่ที่หน่วยละ 5 บาท (กั้วหน้า) ในส่วนของห้องอาหารจำนวน 10 ห้องนั้นก็เช่นเดียวกันเมื่อ ติดตั้งระบบแล้วก็นำน้ำที่อยู่ในถังสะสมมาใช้สามารถประหยัดลงไปได้ 11,203.80 MJ/year หรือ ประมาณ 5,129.02 kW .h/year หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ปีละ 25,645.12 บาท โดยคิดค่า ไฟฟ้าอยู่ที่หน่วยละ 5 บาท (กั้วหน้า) แต่เมื่อนำทั้งในส่วนของ ห้องทดลองและ ห้องอาหารมารวมกันสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้ปีละ 302,997.30 บาท ซึ่งหากใช้ระบบเดิม ต้องใช้ไฟฟ้า 51,215.67 kW .h/year แต่เมื่อนำระบบนี้มาใช้สามารถประหยัดได้ทั้งหมดปีละ 60,599.67 kW .h/year รายละเอียดสามารถดูได้จากตารางภาคผนวก ค.

ทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ลงทุนในการติดตั้งระบบ Adsorption Chiller ซึ่ง จากการออกแบบระบบในครั้งนี้ ได้ถูกกำหนดให้พัฒนาจากระบบเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ที่ ติดตั้งอยู่บนชั้นดาดฟ้า อาคารปฏิบัติการ โยธี ขนาด 198 RT จำนวน 3 เครื่อง และจากแบบการติดตั้ง จะเห็นได้ว่าทั้งเครื่องปรับอากาศ (Chiller) ถังสะสมน้ำเย็น (Storage Tank) PV/T เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ส่วนมากอุปกรณ์ต่างๆได้ถูก ติดตั้งไว้ที่ชั้นดาดฟ้า จ่ายน้ำร้อนผ่านระบบในถังสะสมความเย็นลงมาถึงชั้นล่างสุด โดยมีระยะความ สูงประมาณ 30 m สู่อุปกรณ์ Adsorption Chiller (Cooling Tower) แล้วย้อนขึ้นไปจ่ายให้กับ ห้องปฏิบัติการซึ่งอยู่ชั้นที่ 5 ในระยะความสูงประมาณ 20 m และอีกส่วนหนึ่งน้ำร้อนที่ได้จาก ระบบซึ่งผ่านถังสะสม สามารถจ่ายให้กับห้องปฏิบัติการในชั้นที่ 6 จำนวน 12 ห้องได้อย่างดี

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลที่ได้เก็บข้อมูลในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้เครื่องทำความเย็น เพื่อการปรับอากาศ สามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบได้ดังนี้

## 1. ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา

- ส่วนของ Heat Exchange	ประมาณ	5,000 บาท/ปี
- ส่วนของ Adsorption Chiller	ประมาณ	5,000 บาท/ปี
- ส่วนของ FCU	ประมาณ	3,000 บาท/ปี
- ส่วนของ อุปกรณ์อื่นๆเช่น (Pump, Valve, หัวจ่าย,ท่อ ฯลฯ)		
	ประมาณ	7,000 บาท/ปี
- ค่าดูแลบำรุงรักษาแผง PV/T	ประมาณ	5,000 บาท/ปี
	รวมทั้งสิ้น	25,000 บาท/ปี

ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้รายปีเมื่อใช้ระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับร่วมกับระบบผลิตน้ำร้อนจากแผงแสงอาทิตย์ จะมีค่าดังนี้

รายได้สุทธิประจำปี	=	676,959 - 25,000 บาท/ปี
รวมทั้งสิ้น		651,959 บาท/ปี

## 4.5 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } TIC \times CRF &= A \\ CRF &= \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]} \end{aligned}$$

เมื่อคิดอัตราส่วนลด (i) เท่ากับ 9 % (MOR + 5.00) และค่า TIC เท่ากับ 6,377,387 บาท  
ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} 6,377,387[0.09(1.09)^n] / [(1.09)^n - 1] &= 651,959 \\ n &= 24.11 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุน คือ ปีที่ 25

พิจารณาอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (IRR) โดยกำหนดอายุการใช้งานของระบบไว้ 20 ปี สามารถหาได้จากสมการ

$$\sum_{t=1}^n \frac{A}{[1+(IRR)]^t} - TIC = 0$$

$$\sum_{t=1}^{20} \frac{651,959}{[1+(IRR)]^t} - 6,377,387 = 0$$

$$IRR = 0.085$$

ซึ่งพบว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในมีค่าเท่ากับ 8.05 % ซึ่งต่ำกว่าดอกเบี้ยเงินกู้ซึ่งกำหนดไว้ที่ 9 % หรืออีกนัยหนึ่งหากมองที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) จะได้ผลดังนี้

$$\begin{aligned}
 NPV &= \text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิ} \\
 PV &= \text{มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดตลอดอายุโครงการลงทุน} \\
 I &= \text{เงินลงทุนเริ่มแรก} \\
 NPV &= PV - I \text{ แทนค่า} \\
 NPV &= (651,959 \times 9.13\%) - 6,377,959 \\
 NPV &= 5,952,385.67 - 6,377,959 \\
 &= -425,001.33 \text{ * (สามารถดูได้จากตาราง PVIFA 9\%, n=20)}
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่า NPV มีค่าเป็นลบ ซึ่งสอดคล้องกับการหาค่า IRR ที่มีผลน้อยกว่า ดอกเบี้ยที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงสรุปในภาพรวมว่าหากเอกชนต้องการนำโครงการนี้ไปใช้ ต้องคิดถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เนื่องจากอุปกรณ์แผงแสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานได้ประมาณ 20 ปี แต่โครงการนี้จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 25 ปี ซึ่งเกินอายุของโครงการ ผลจึงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่สำหรับโครงการนี้รัฐเป็นผู้ลงทุนโดยไม่มีค่าใช้จ่ายด้านดอกเบี้ยและไม่ต้องกู้เงินจากสถาบันการเงินต่างๆ ทำให้อัตราการคืนทุนเร็ว ซึ่งสามารถคำนวณอย่างง่าย ดังนี้

#### 4.6 งวด ระยะเวลาคืนทุน (Payback period = PB)

$$\begin{aligned}
 \text{งวดระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุนครั้งแรก} / \text{รายได้ต่อปี} \\
 &= 6,377,387 / 651,959 \\
 &= 9.7819 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาถ้ามองในภาพโดยรวมแล้วจะเห็นได้ว่า งวดระยะคืนทุนของโครงการนี้อยู่ที่ 10 ปี ซึ่งเป็นการคืนทุนที่เร็วมากเพราะมองระยะเวลาที่กำหนดไว้คือ 20 ปี (อายุของอุปกรณ์) แต่เมื่อประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการแล้ว อยู่ที่ 25 ปี ซึ่งเกินกว่าอายุของอุปกรณ์ ถ้าหากจะทำให้อายุของโครงการนั้นสั้นลงก็ต้องหากิจกรรมที่สามารถตอบสนองโครงการนี้ได้ เมื่อสามารถลดค่าใช้จ่ายลง จุดคุ้มทุนก็จะเร็วขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาระบบการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ โดยทำการทดลองและตรวจวัดค่าจากของจริง ทั้งหมดซึ่งได้ดำเนินการติดตั้งที่อาคารศูนย์ปฏิบัติการวิจัยโยธา โดยการศึกษาครั้งนี้ไม่คำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น เพราะจากการใช้งานก่อนที่มีการปรับปรุงระบบ นั้นมีค่า COP อยู่ที่ระดับ 1.4 - 1.7 ซึ่งถ้าเทียบกับค่า COP ของเครื่องแล้ว จะเห็นได้ว่าเมื่อประสิทธิภาพ ของเครื่องทำงานที่ 75-80% แล้วมีค่าไม่ต่างกันมากนัก คืออยู่ในเกณฑ์ ในการศึกษา เลยไม่นำค่า COP มาพิจารณา แต่ก็เก็บค่า COP หลังทำการปรับปรุงระบบเพื่อเป็นข้อมูล ประกอบการพิจารณาผลของระบบหลังทำการปรับปรุงให้ได้มาตรฐานที่สุด ข้อมูล (ได้ทำการหาค่า COP ของ ADSORPTION CHILLER อยู่ที่ประมาณ 0.5-0.7 เพราะยังเดินระบบไม่ครบ) แต่สำหรับการศึกษานี้มีผลมาจากคณะทำงานประหยัดพลังงานของ สวทช. เห็นว่าแนวโน้มค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ไฟฟ้าสูงขึ้น จึงได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการลดการใช้พลังงานลง จากดัชนีการใช้ไฟฟ้าของประเทศหรือของหน่วยงาน จะพบว่า 60 – 70 % มาจากระบบปรับอากาศ ดังนั้นจึงเห็นควร แก้ปัญหาที่ระบบใหญ่ และเห็นควรนำเทคโนโลยีที่ สวทช. มีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ การศึกษาได้ แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนแบบผสมผสานกับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เพื่อที่จะนำมาใช้กับอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรม

จากผลการศึกษาพบว่า ระบบนี้คุ้มค่ากับหน่วยงานภาครัฐที่มีขนาดใหญ่หรือเกี่ยวข้องกับการนำน้ำร้อนมาใช้ เช่นเดียวกับภาคเอกชนขนาดใหญ่ เช่น โรงพยาบาล โรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ Boiler, Steam ห้องซักล้าง ห้องซาวผ้า สระว่ายน้ำ (ธาราบำบัด) เป็นต้น เพราะ เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้น้ำร้อนมาก ยิ่งใช้ระบบทำความเย็นมาก ยิ่งได้น้ำร้อนกลับมาใช้มาก สำหรับในกรณีนี้จะเห็นว่าถ้ามองด้าน Pay Back Period แล้วจะคุ้มค่า โดยมีระยะการคืนทุนเพียง 9.718 ปี (ไม่ต้องกู้เงินจากสถาบันการเงิน) แต่ถ้าประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้วระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 25 ปี ซึ่งเกินกว่าระยะเวลาโครงการที่ตั้งไว้

ส่วนที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการการลดการใช้พลังงานในอาคารโดยใช้ระบบผสมผสานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กับการทำน้ำร้อน

จากผลการศึกษาแนวทางการจัดการการลดพลังงาน จะพบว่าระบบนี้สามารถลดการใช้พลังงานได้ในระดับหนึ่ง คือแต่ก่อนที่จะมีการปรับปรุง ระบบของสำนักงานฯ นั้นใช้เครื่องมือที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนเป็นส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะเป็น ห้องปฏิบัติการ ห้องอาหาร ห้องซักล้าง ห้องพักนักวิจัย ที่กล่าวมาทั้งหมดส่วนมากใช้ฮีตเตอร์แทบทั้งหมด เมื่อนำระบบนี้มาติดตั้งและทดลองเดินเครื่องและเก็บข้อมูลมาเป็นระยะเวลา 1 ปีเต็ม โดยเก็บค่าทุกๆวันแล้วมาวิเคราะห์ผล พบว่าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 651,959 บาท จากการลงทุนทั้งระบบ 6,377,387 บาท (หักค่าบำรุงรักษาระบบปีละ 25,000 บาท)

ส่วนที่ 3 เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบผลิตน้ำร้อนของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

การศึกษาคั้งนี้เป็นการนำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่มาใช้ร่วมกับเครื่องทำความเย็นระบบดูดซับและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนพร้อมทั้งประยุกต์ใช้แผงแสงอาทิตย์แบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้ โดยกำหนดให้อายุของอุปกรณ์อยู่ที่ 20 ปี (อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในประมาณ 8.05 %) ซึ่งในการศึกษาคั้งนี้ หากดูจากผลการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว จะพบว่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 25 ปี (อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในประมาณ 9 %) เกินกว่าที่กำหนดไว้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่เนื่องจากการศึกษาคั้งนี้เป็นการจ่ายเงินลงทุนเพียงครั้งเดียวและเป็นหน่วยงานภาครัฐไม่ต้องเสียค่าดอกเบี้ยเงินกู้ จึงทำให้การศึกษานี้ที่น่าลงทุน เพราะถ้าหากคิดระยะคืนทุนแบบง่ายๆจะพบว่าระยะเวลาคืนทุนเร็วอยู่ที่ประมาณ 10 ปีเท่านั้น แต่ถ้าหากประเมินการศึกษาคั้งนี้ หากจะลดค่าใช้จ่ายและให้ระบบมีศักยภาพจริงจกนั้น ต้องนำน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ตลอด 24 ชั่วโมงมาใช้ให้คุ้มค่าให้มากที่สุด ซึ่งยังมีอีกหลายชนิดที่ยังสามารถนำความร้อนกลับมาใช้ได้อีกมาก เพราะน้ำร้อนที่ได้มิได้มาจากแผงแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แต่ที่สำคัญที่สุดได้น้ำร้อนมาใช้อย่างคุ้มค่าจากความร้อนเหลือทิ้งจาก Chiller สำหรับในส่วนของไฟฟ้าที่ได้จากแผงแสงอาทิตย์นั้น ได้จ่ายเข้าระบบสายส่งของการไฟฟ้าเพื่อนำมาหักลบออกจากค่าไฟฟ้าของสำนักงานฯ

ถ้าหากหน่วยงานที่มีเงินลงทุนน้อยแต่มีกิจกรรมที่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำร้อนแต่ไม่ต้องการนำน้ำร้อนไปใช้ในระบบปรับอากาศแล้ว เห็นควรติดตั้งเฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและถังสะสมเท่านั้น (โดยตัดระบบแผงแสงอาทิตย์และ Adsorption และ Cooling ออก) ค่าใช้จ่ายต่างๆก็จะลดลง จากการศึกษาคั้งพบว่าค่าไฟฟ้าจากแผงแสงอาทิตย์และน้ำเย็นที่ได้จาก Adsorption

นั่นถ้าหากนำไปเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆแล้วยังถือว่าไม่คุ้มค่าถ้าหากจะนำไปใช้กับหน่วยงานที่ไม่พร้อมหรือมีทุนทรัพย์น้อย

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการทดลองครั้งนี้สามารถทำนายถึงลักษณะของกิจกรรมต่างๆของหน่วยงานที่จะทำการทดลองหรือติดตั้งระบบผสมผสานแบบเดียวกับที่ทดลองอยู่นี้ ซึ่งจากที่ทราบคืออยู่แล้วว่าเพียงแค่การนำความร้อนทิ้งกับใช้พลังงานสะอาดที่มาจากธรรมชาติเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแล้ว ย่อมเป็นผลดีกับประเทศไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการประเมินผลกระทบจากแนวทางการประเมินจากต้นทุนในการป้องกัน สำหรับการหามูลค่าทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการดำเนินการของโครงการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการดำเนินการของระบบนั้นจะเป็นการผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนเหลือทิ้ง ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าผลิตน้ำร้อนแบบเดิม ดังนั้นการที่ระบบสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ ทำให้ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาจากโรงไฟฟ้านั้นมีปริมาณลดน้อยลง ดังนั้นปริมาณการปล่อยมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการดำเนินการผลิตไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย เป็นการช่วยประหยัดต้นทุนค่าบำบัดก๊าซพิษหรือไอเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าก่อนที่จะปล่อยไอเสียดังกล่าวออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้ก๊าซพิษหรือไอเสียที่เกิดขึ้นไปมีผลต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง โดยต้นทุนค่าบำบัดก๊าซพิษหรือไอเสียที่สามารถประหยัดได้นั้นถือว่าเป็นมูลค่าที่เป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมหรืออาจจะกล่าวได้ว่าในเรื่องการลงทุนนั้นไม่คุ้มค่า แต่ในเรื่องสิ่งแวดล้อมนั้นคุ้มค่าเป็นอย่างมาก

สำหรับในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ แม้ว่าการทดลองจะประสบผลสำเร็จแต่พิจารณาจากการลงทุนและผลที่ได้อาจจะสวนทางกันอยู่ แต่ผู้ทำการศึกษาจะต้องหาทางพิจารณาให้การลงทุนในครั้งนี้คุ้มค่าให้มากที่สุด ซึ่งถ้ามองจากผลการศึกษาแล้วมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดผลมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปมีดังนี้

1. นำผลการทดลองที่ได้มาหาแนวทางการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. นำแนวทางการศึกษาค้นคว้าไปประยุกต์ใช้กับอาคารที่กำลังจะสร้างแล้วเสร็จ ซึ่งง่ายต่อการพัฒนาและศึกษามาก เนื่องจากเป็นอาคาร Central Chiller Plant ซึ่งติดตั้ง Chiller ขนาดไม่น้อยกว่า 6,000 TON จ่ายให้กับอาคาร 10 ชั้น จำนวน 4 อาคาร
3. หาแนวทางการประหยัดพลังงานตามนโยบายของ สวทช. ให้ได้มากที่สุด ซึ่งสามารถหาค่าพลังงานที่ LOSS ออกจากระบบและความร้อนทิ้งที่ออกจาก COOLING TOWER

ป  
ร  
จ

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

#### หนังสือ

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2542). **แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ( พ.ศ. 2542)**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กิตติ สถาพรประสาธน์. (2541). **การพัฒนาการใช้หม้อทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ กุสภานา กุบาฮา. (2538). **การพัฒนามาตรฐานเครื่องผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศุภชัย กิริติกาญจน์พงศ์. (2542). **การวิเคราะห์หี้อัฒส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์ในระบบน้ำร้อน**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สมชาย มณีวรรณ. (2543). **ระบบผสมผสานแบบใหม่เพื่อผลิตน้ำร้อนและปรับอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทอร์โมอิเล็กทริก**. ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ทางด้านอาคาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เสริม จันทร์ฉาย. (2545). **โครงการพัฒนาเครือข่ายสถานีวัดความเข้มแสงรังสีดวงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

#### วิทยานิพนธ์

- โชคชัย จุฑะโกสิทธิ์กานนท์. (2547). **การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์-ความร้อนทิ้งเครื่องปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คุณิณี นิลกุล. (2544). **การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดกรณีศึกษา:อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์วิชา. นครปฐม : มหาวิทยาลัยมหิดล.



- ปรีดา จันทวงษ์. (2543). เครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายสำหรับประเทศไทย (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศิริพร ทองบริสุทธิ์. (2537). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์โครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนอ่าวไผ่เครื่องที่ 1 และ 2. ภาคนิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- สุรสิทธิ์ ประสารปราน. (2530). ระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีแบบฮีทไปป์เซอร์มัดไดโอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

### บทความ

- วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ศักรินทร์ ภูมิรัตน์. (2524). เครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืนโดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์. การประชุมวิชาการครั้งที่ 3 เรื่อง Non-Conventional Energy And Application, วันที่ 3 – 5 พฤศจิกายน 2524.

### ภาษาต่างประเทศ

### ARTECLES

- Davidson, J. and B. Wood. (Aug, 31 : 1996). "Solar hot water for the home". **Mechanical Engineering Journal**. Volume 1188, p60-62.
- Fanney, A.H and B.P. Dougherty. (1997). A photovoltaic solar water heating system. **Journal of Solar Energy Engineering**. Volume 119, May 31 1997: 126-133.
- Hahne, E. and M. Hornberger. (1994). Experience with a solar heating ATES system for a university building. **Journal of Solar Energy Engineering**. Volume 1162, May 31 1994: 88-93.
- Rosenbaum, M. (1991). Solar hot water for the 90s. **Solar Today Journal**. Volume 56, Jan 31 1991:20-22.
- Sheffer, M.B. and A.S. Lau. (1994). Solar water heating in Pennsylvania. **Solar Today Journal**. Volume 81, Jan 31 1994:12-15.

Siciliani, J. (1993). Baltimore Gas and Electric demonstrates heat-pipe collector unit. **Solar Industry Journal**. Volume 43, Jan 31 1993:18.

Yun Fei. 1987. Comparative Performance of Solar Thermal Collector with Built-In Storage. M.S. thesis, **Asian Institute of Technology**, Bangkok, Thailand.

ด

พ

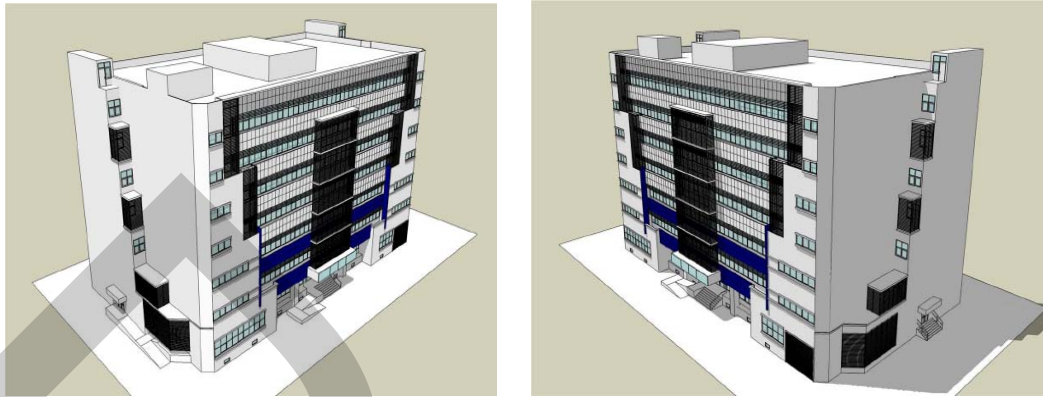
ภาคผนวก

ช

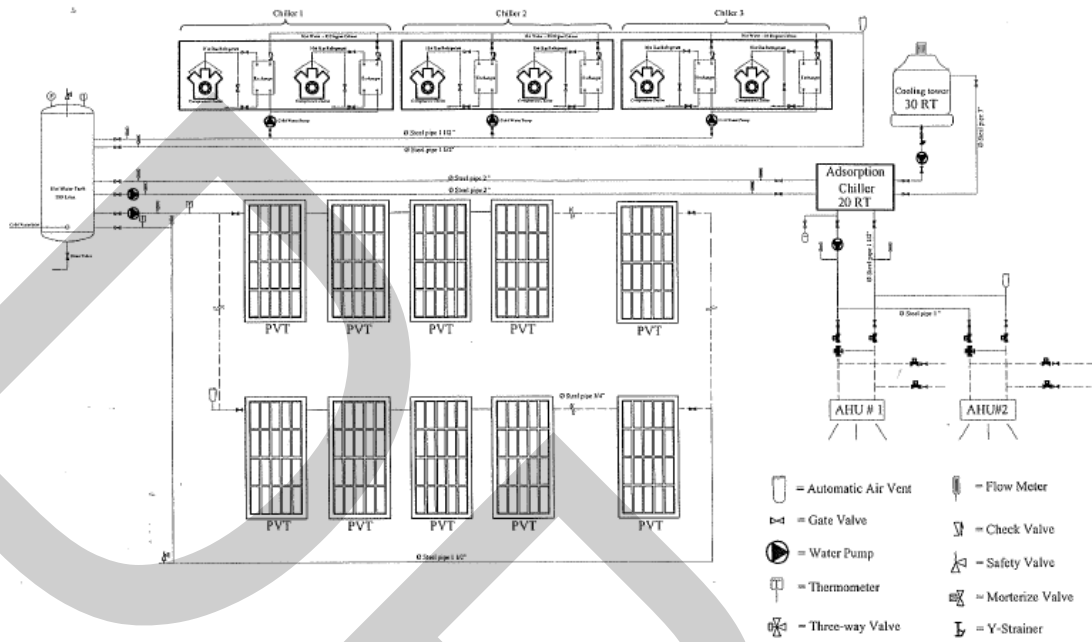


ภาคผนวก ก

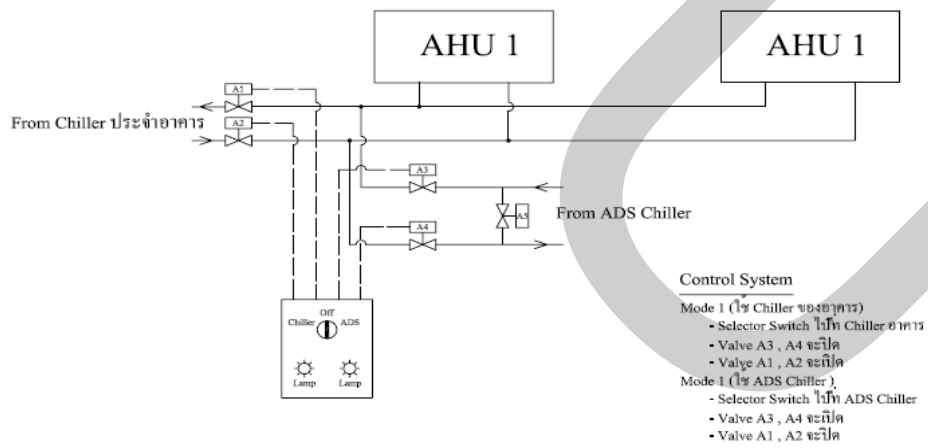
แบบติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพผนวกที่ ก1 แบบแสดงอาคารที่ติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน



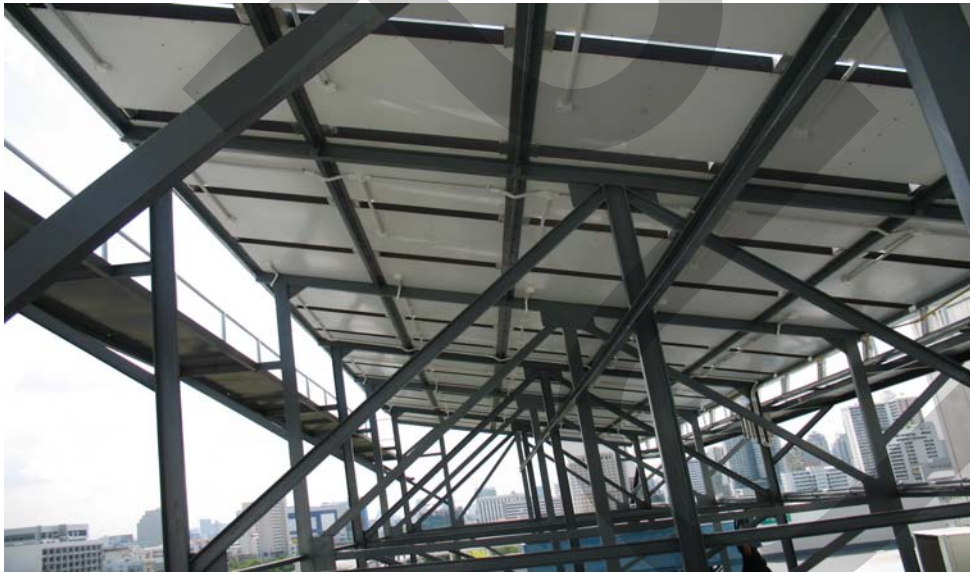
ภาพผนวกที่ ก2 แบบแสดงการติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน



ภาพผนวกที่ ก3 แบบแสดงการติดตั้งระบบควบคุมน้ำเย็นจาก CHILLER



ภาพผนวกที่ ก4 แบบแสดงการติดตั้งแผงแสงอาทิตย์

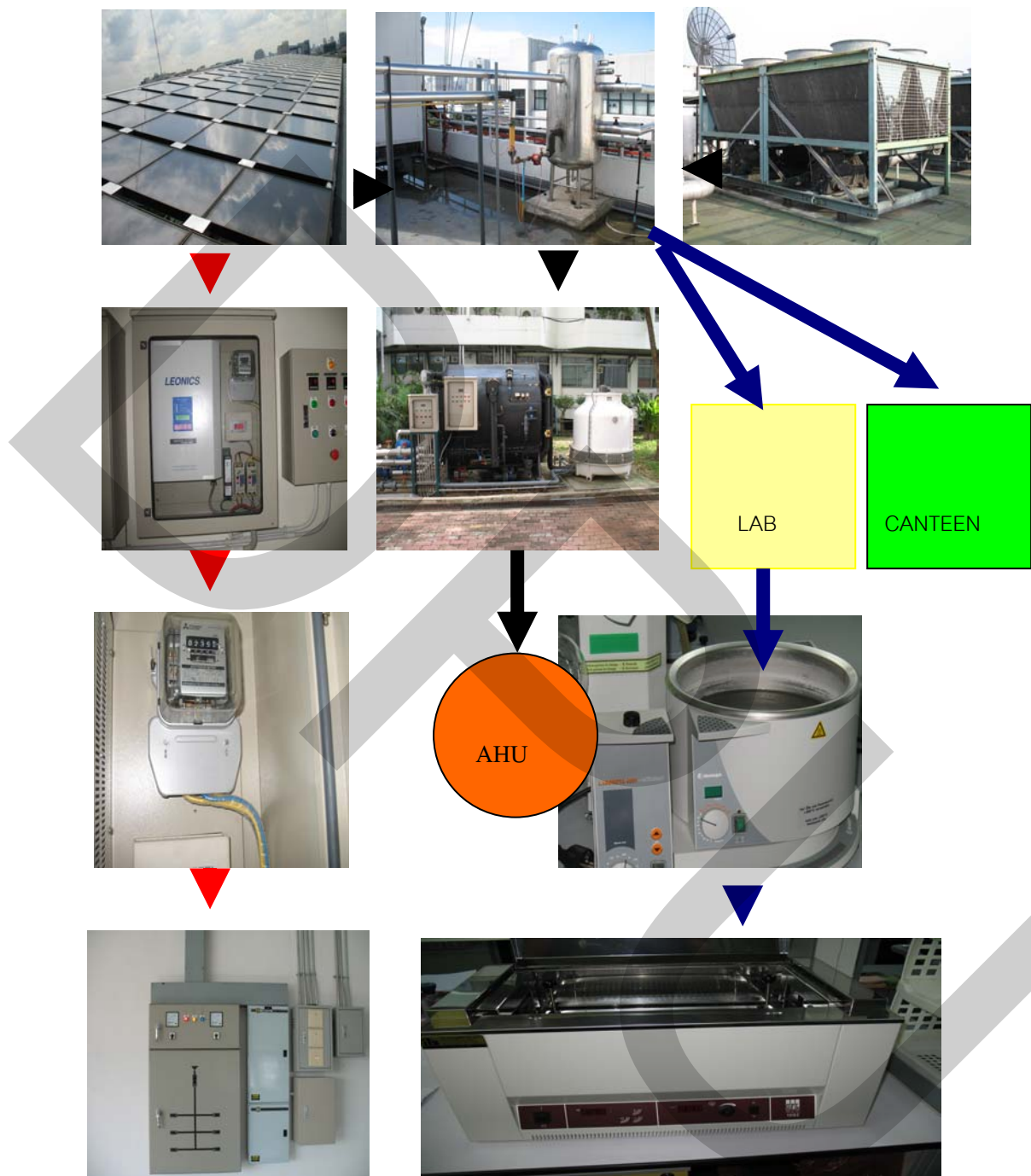


ภาพผนวกที่ ก5 แบบแสดงการติดตั้งโครงเหล็กยึดแผงแสงอาทิตย์



ภาพผนวกที่ 66 แบบแสดงการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับ CHILLER





ภาพผนวกที่ ก7 แบบแสดงการติดตั้งระบบผสมผสาน

1. แผงแสงอาทิตย์ (ไฟฟ้า) → INVERTER → มิเตอร์ไฟฟ้า → ตู้ควบคุมของอาคาร(สายส่ง)
2. แผงแสงอาทิตย์ (น้ำร้อน) → ถังสะสม ← เครื่องทำความเย็น (Chiller)
3. ถังสะสม → ADSORPTION CHILLER → AHU
4. ถังสะสม → LAB, CANTEEN, ETC.,



ภาคผนวก ข

แสดงข้อมูลการทำงานของระบบ ประจำเดือน ปี 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน มกราคม พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta °C	Tt °C	Tic °C	Toc °C	Tis °C	Tos °C	Tiad °C	Toad °C	Tif °C	Tof °C	Tict °C	Toct °C	Pc hr	Phrs1-3 hr	Pad hr	Pfcu hr	Pct hr
1/1/2008	887.8	26.37	53.3	55.75	65.7	59.02	64.08	63.23	58.23	19.09	14.09	31.21	36.21	4.15	6.68	4.98	4.37	5.02
1/2/2008	863.5	27.02	52	53.32	63.27	58.08	63.14	63.12	58.12	19.26	14.26	31.10	36.30	4.15	6.67	5.08	4.35	5.08
1/3/2008	849.2	28.3	51.9	53.45	63.4	58.69	63.75	63.75	58.75	18.32	13.32	31.17	36.22	4.19	6.56	5.1	4.32	5.11
1/4/2008	936.5	29.68	47.3	50.32	60.27	57.35	62.41	62.35	57.35	18.35	13.35	31.12	36.13	4.15	6.62	5.12	4.44	5.08
1/5/2008	903	31.07	49.6	50.45	60.4	58.2	63.26	62.35	57.35	18.35	13.35	30.20	35.23	3.86	6.59	4.98	4.12	4.98
1/6/2008	1012.3	32.24	55.9	56.44	66.39	59.44	64.5	62.38	57.38	18.16	13.16	31.50	36.54	3.98	6.56	4.97	4.18	4.89
1/7/2008	1072.7	31.92	57.9	54.22	64.17	57.65	62.71	63.32	58.32	18.83	13.83	31.14	36.04	4.11	6.68	5.08	4.26	5.01
1/8/2008	851.6	32.65	54.21	64.16	64.16	58.71	63.77	64.56	59.56	18.55	13.55	31.27	36.07	4.23	6.57	5.06	4.32	5.03
1/9/2008	898.5	32.74	57.9	54.92	64.87	58.21	63.27	63.59	58.59	18.68	13.68	31.55	36.05	4.16	6.58	5.07	4.48	5.06
1/10/2008	844	33.19	57.8	55.44	65.39	58.95	64.01	64.39	59.39	18.34	13.34	30.40	35.35	4.21	6.44	5.08	4.35	5.05
1/11/2008	878.5	32.1	56.7	51.37	61.32	59.71	64.77	63.9	59.9	19.35	14.35	31.18	36.68	4.15	6.52	5.09	4.23	5.1
1/12/2008	840	31.27	57.4	51.36	61.31	58.65	63.71	64.78	59.78	19.05	14.05	31.90	36.88	3.95	6.44	4.98	4.17	4.67
1/13/2008	777.3	27.9	62.5	54.96	64.91	57.32	62.38	63.33	58.33	18.98	13.98	31.15	36.18	3.75	6.59	4.87	4.2	4.89
1/14/2008	844.9	28.7	62.1	53.98	63.93	58.88	63.94	63.15	58.15	19.49	14.49	31.25	36.29	4.15	6.58	5.09	4.38	5.1
1/15/2008	866.3	30.1	61.5	54.32	64.27	58.23	63.29	62.56	57.56	18.96	13.96	30.56	35.57	4.16	6.62	5.12	4.39	5.12
1/16/2008	823.2	31.1	61.1	52.27	62.22	58.35	63.41	64.32	59.32	18.35	13.35	31.29	36.28	4.21	6.63	5.12	4.42	5.14
1/17/2008	863.8	32.2	61.2	53.96	63.91	58.69	63.75	63.35	58.35	19.52	14.52	31.21	36.23	4.19	6.58	5.09	4.53	5.01
1/18/2008	829.4	32.9	49.99	50.01	59.96	58.77	63.83	64.37	59.37	19.29	14.29	31.25	36.31	4.18	6.49	5.12	4.65	5.21
1/19/2008	663.2	33.4	50.8	51.32	61.27	58.29	63.35	62.56	57.56	19.21	14.21	31.05	36.05	3.88	6.52	4.89	4.12	4.98
1/20/2008	802.1	34.1	52.02	55.41	65.36	58.69	63.75	63.76	58.76	19.14	14.14	32.11	37.11	3.89	6.49	4.85	4.17	4.68
1/21/2008	847.6	34.2	53.05	54.36	64.31	58.66	63.72	63.65	58.65	18.65	13.65	31.21	36.21	4.21	6.55	5.08	4.58	5.09
1/22/2008	554.3	33.9	53.98	53.35	63.3	58.38	63.44	63.91	58.91	18.96	13.96	31.24	36.24	4.21	6.68	5.09	4.6	5.12
1/23/2008	464.3	33.7	53.15	51.58	61.53	57.87	62.93	63.56	58.56	18.81	13.81	31.19	36.19	4.21	6.67	5.12	4.45	5.15
1/24/2008	824.5	32.8	53.75	53.45	63.4	57.84	62.9	62.96	57.96	19.64	14.64	31.15	36.15	4.12	6.89	5.07	4.65	5.17
1/25/2008	835.2	27.3	57	51.89	61.84	57.99	63.05	63.35	58.35	19.55	14.55	31.54	36.54	4.15	6.54	5.12	4.52	5.18
1/26/2008	836	27.8	56.6	51.32	61.27	57.27	62.33	63.45	58.45	19.55	14.55	30.26	35.36	3.95	6.57	4.99	4.17	4.78
1/27/2008	903.7	29.3	56.3	54.56	64.51	57.68	62.74	62.9	57.9	19.37	14.37	32.24	37.25	3.99	6.65	4.97	4.12	4.85
1/28/2008	827.1	30.6	48.2	54.64	64.59	56.49	61.55	62.41	57.41	19.53	14.53	31.06	35.76	4.16	6.79	5.12	4.53	5.01
1/29/2008	867.7	31.7	52.7	55.99	65.94	58.65	61.71	63.32	58.32	19.23	14.23	31.15	36.11	4.18	6.58	5.08	4.5	5.01
1/30/2008	829.4	32.6	59.1	57.85	67.8	57.85	62.91	59.91	54.91	19.4	14.4	31.64	36.61	4.15	6.59	5.1	4.48	5.02
1/31/2008	893.5	29.95	62.5	55.73	65.68	57.39	62.45	62.34	57.34	18.8	13.8	31.28	36.26	4.17	6.58	5.12	4.55	5.01

ผนวกที่ ข1 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน มกราคม 2551

ตารางข้อมูลระบบคัตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max)	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tiad	Toad	Tif	Tof	Tiet	Toct	Pc	Phrs1-3	Pad	Pfou	Pct
	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr	hr
2/1/2008	989.2	26.37	63.3	64.65	64.58	61.02	66.95	64.11	59.08	19.29	14.49	32.21	37.21	4.38	7.28	5.76	4.95	5.86
2/2/2008	1054.4	27.02	52	53.32	63.25	59.02	63.95	65.12	60.22	19.83	14.83	32.10	37.10	4.01	7.01	5.12	4.58	5.06
2/3/2008	951.5	28.3	51.9	62.66	62.59	58.54	63.47	65.99	60.97	18.65	13.96	32.70	37.70	4.03	7.03	5.18	4.55	5.09
2/4/2008	220.7	29.68	47.3	62.35	62.28	59.24	64.17	63.55	58.53	19.54	14.52	32.12	37.12	4.21	7.18	5.67	5.01	5.86
2/5/2008	870.5	31.07	49.8	62.54	62.47	58.97	63.9	62.96	57.54	19.61	14.55	32.20	37.20	4.25	7.12	5.69	5.08	5.99
2/6/2008	880.5	32.24	55.9	65.32	65.25	59.44	64.37	62.98	57.96	19.96	14.64	32.50	37.50	4.28	7.25	5.82	5.02	5.98
2/7/2008	827.9	31.92	57.9	64.46	64.39	58.72	63.95	64.32	59.62	19.83	14.83	32.40	37.40	4.29	7.18	5.85	5.09	5.78
2/8/2008	985.7	32.95	57.8	64.34	64.27	58.71	63.64	64.55	59.54	19.91	14.91	32.70	37.70	4.32	7.28	5.92	5.02	5.99
2/9/2008	651.2	32.74	57.9	63.65	63.58	59.21	64.14	64.25	59.23	19.94	14.94	32.60	37.60	4.07	6.98	5.15	4.80	5.01
2/10/2008	851.3	33.19	57.8	63.65	63.58	58.14	63.07	65.98	60.96	19.74	14.19	32.40	37.40	4.05	7.01	5.12	4.68	4.98
2/11/2008	839.8	33.12	58.7	63.97	63.9	59.79	64.72	64.35	59.33	19.85	14.85	32.80	37.80	4.25	7.19	5.89	4.91	5.90
2/12/2008	927.2	31.27	57.4	64.46	64.39	58.38	63.29	65.55	60.53	19.75	14.89	32.90	37.90	4.15	7.23	5.68	4.98	5.85
2/13/2008	918.8	27.9	62.5	63.69	63.62	58.69	63.82	63.33	58.31	20.84	15.84	32.15	37.15	4.17	7.28	5.94	5.01	5.80
2/14/2008	851.9	28.7	62.1	64.34	64.27	59.88	64.81	63.54	58.52	19.94	14.94	31.95	36.95	4.18	7.25	5.87	5.06	5.85
2/15/2008	859.7	30.1	61.5	63.94	63.87	59.23	64.16	63.52	58.52	19.96	14.4	32.56	37.56	4.22	7.36	5.86	5.08	5.96
2/16/2008	881.8	31.1	61.1	64.64	64.57	58.37	63.3	64.32	59.32	19.58	14.58	32.69	37.69	4.05	6.99	5.10	4.85	4.99
2/17/2008	942.5	32.2	61.2	64.96	64.89	59.6	64.53	64.35	59.33	19.52	14.52	33.21	38.21	4.07	7.05	5.12	4.75	5.04
2/18/2008	876.2	32.9	49.99	64.68	64.61	62.77	67.7	64.37	59.35	19.68	14.7	31.25	36.25	4.15	7.18	5.95	4.98	5.86
2/19/2008	922.7	33.4	50.8	66.32	66.25	59.21	64.14	63.45	58.45	19.78	14.78	31.25	36.25	4.18	7.24	5.96	5.01	5.76
2/20/2008	942.5	34.1	52.02	65.11	65.04	58.18	63.11	65.67	60.77	19.64	14.74	32.11	37.11	4.32	7.29	5.84	5.08	5.82
2/21/2008	976.6	34.2	53.05	64.98	64.91	58.66	63.59	64.32	59.07	20.12	15.12	31.21	36.21	4.09	7.06	5.02	4.71	5.02
2/22/2008	926.5	33.9	53.98	63.45	63.38	59.38	64.31	64.21	59.41	20.99	15.99	31.24	36.24	4.18	7.18	5.98	4.91	5.80
2/23/2008	923.6	33.7	53.15	64.98	64.91	58.87	63.8	63.58	58.54	19.98	13.98	31.69	36.69	4.08	7.05	5.12	4.65	5.12
2/24/2008	1093.8	32.8	53.75	63.59	63.52	58.59	63.52	62.59	57.54	19.64	14.64	32.35	37.35	4.07	7.09	5.11	4.88	5.15
2/25/2008	1073.3	27.3	57	64.99	64.82	58.99	63.92	64.99	59.78	21.34	16.34	31.34	36.34	4.15	7.19	5.65	4.95	5.77
2/26/2008	843.7	27.8	56.6	67.32	67.25	58.92	63.9	64.32	59.32	19.67	14.67	31.26	36.26	4.18	7.32	5.82	5.05	5.79
2/27/2008	1098.1	29.3	56.3	62.56	62.49	58.88	63.81	62.15	57.13	19.87	14.87	32.24	37.24	4.20	7.35	5.90	5.07	5.83
2/28/2008	914.80	30.6	48.2	63.24	63.17	58.79	63.72	63.66	58.94	19.87	14.87	31.16	36.16	4.25	7.28	5.65	5.09	5.90
2/29/2008	961.30	31.7	52.7	63.99	63.92	59.89	64.82	64.46	59.44	19.93	14.93	31.55	36.55	4.27	7.32	5.96	5.10	5.89

ผนวกที่ ๒2 ตารางแสดงข้อมูลระบบคัตน้ำร้อนแบบผสมผสาน กุมภาพันธ์ 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน มีนาคม พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta °C	Tt °C	Tic °C	Toc °C	Tis °C	Tos °C	Tiad °C	Toad °C	Tif °C	Tof °C	Tiet °C	Toet °C	Pc hr	Phrs1-3 hr	Pad hr	Pfcu hr	Pct hr
3/1/2008	911.9	26.37	53.3	56.75	66.18	61.09	65.82	65.23	60.23	16.39	11.14	32.21	37.21	3.25	6.06	5.12	4.35	5.12
3/2/2008	943.4	27.02	52	54.32	63.75	60.95	65.68	67.12	62.12	16.23	11.01	32.10	37.10	3.42	6.1	5.14	4.38	5.23
3/3/2008	946.6	28.3	51.9	56.69	66.12	60.32	65.05	66.65	61.65	17.15	12.18	32.70	37.70	3.67	7.02	5.43	4.95	5.63
3/4/2008	931.8	29.68	47.3	56.65	66.08	61.35	66.08	62.35	57.35	17.14	12.17	32.96	37.96	3.58	7.18	5.55	4.97	5.46
3/5/2008	871.8	31.07	49.6	56.32	65.75	61.32	66.05	64.35	59.35	17.61	12.64	32.88	37.88	3.75	7.13	5.57	5.02	5.65
3/6/2008	885.4	32.24	55.9	56.44	65.87	61.44	66.17	63.38	58.38	17.16	12.19	32.75	37.75	3.77	7.11	5.58	5.06	5.79
3/7/2008	818.7	31.92	57.9	57.69	67.12	61.97	66.7	64.32	59.32	17.53	12.56	32.74	37.74	3.65	7.11	5.49	5.12	5.66
3/8/2008	970.7	32.65	57.6	56.11	65.54	58.71	63.44	64.56	59.56	16.01	11.01	31.70	36.70	3.35	6.16	5.12	4.38	5.13
3/9/2008	1015	32.74	57.9	56.95	66.38	60.21	64.94	66.25	61.25	16.34	11.34	32.60	37.60	3.4	6.28	5.16	4.42	5.16
3/10/2008	834.5	33.19	57.8	56.44	65.87	61.99	66.72	69.75	64.75	17.34	12.36	32.94	37.94	3.56	6.78	5.77	5.01	5.45
3/11/2008	987.1	31.31	56.7	56.68	66.11	62.71	67.44	68.32	63.32	17.35	12.37	32.85	37.85	3.65	6.89	5.74	5.03	5.47
3/12/2008	995.9	31.27	57.4	56.49	65.92	61.42	66.15	65.55	60.55	17.75	12.77	32.90	37.90	3.77	7.02	5.58	5.07	5.56
3/13/2008	1058.2	27.9	62.5	56.68	66.11	61.65	66.38	63.33	58.33	17.44	12.46	32.95	37.95	3.79	7.05	5.59	5.02	5.8
3/14/2008	939.8	28.7	62.1	56.97	66.4	62.88	67.61	64.15	59.15	17.49	12.51	33.59	38.59	3.69	7.09	5.68	5.06	5.78
3/15/2008	973.5	30.1	61.5	55.55	64.98	59.23	63.96	61.56	56.66	16.36	11.36	31.56	36.56	3.42	6.23	5.16	4.25	5.14
3/16/2008	1030.4	31.1	61.1	54.27	63.7	59.37	64.1	64.32	59.42	16.28	11.28	32.69	37.69	3.44	6.29	5.19	4.32	5.11
3/17/2008	995.4	32.2	61.2	57.58	67.01	61.64	66.37	66.35	61.15	17.52	12.47	33.21	38.21	3.69	6.76	5.25	5.01	5.64
3/18/2008	960.9	32.9	49.99	56.67	66.1	62.77	67.5	66.37	61.17	17.68	12.63	32.95	37.95	3.97	6.74	5.48	4.98	5.59
3/19/2008	950.9	33.4	50.8	56.32	65.75	62.21	66.94	65.56	60.36	17.21	12.21	32.75	37.75	3.85	7.02	5.58	4.85	5.66
3/20/2008	975.4	34.1	52.02	56.81	66.24	62.35	67.08	65.67	60.47	17.64	12.59	32.81	37.81	3.87	7.09	5.74	4.97	5.57
3/21/2008	1043.5	34.2	53.05	56.38	65.81	61.66	66.39	66.32	61.12	17.12	12.12	33.19	38.19	3.86	7.12	5.69	5.01	5.71
3/22/2008	1013.7	33.9	53.98	55.68	65.11	59.38	64.11	64.21	59.31	16.09	11.09	32.24	37.24	3.35	6.12	5.14	4.21	5.11
3/23/2008	964.4	33.7	53.15	54.25	63.68	59.87	64.6	63.56	58.66	16.21	11.21	32.39	37.39	3.37	6.19	5.06	4.25	5.17
3/24/2008	1006.9	32.8	53.75	56.96	66.39	60.65	65.38	65.53	60.63	17.64	12.66	32.85	37.85	3.65	7.11	5.47	4.98	5.42
3/25/2008	984	27.3	57	56.14	65.57	60.99	65.72	68.34	63.44	17.34	12.35	32.54	37.54	3.67	7.08	5.55	4.99	5.47
3/26/2008	943.2	27.8	56.6	57.32	66.75	61.27	66	66.32	61.42	17.6	12.62	33.65	38.65	3.85	7.09	5.55	5.01	5.28
3/27/2008	1004.2	29.3	56.3	56.98	66.41	60.68	65.41	64.59	59.69	17.87	12.88	32.24	37.24	3.87	7.12	5.67	5.05	5.43
3/28/2008	1048.2	30.6	48.2	56.87	66.3	60.31	65.04	66.96	62.06	17.87	12.89	32.96	37.96	3.89	7.11	5.64	5.07	5.44
3/29/2008	1054.5	31.7	52.7	55.99	65.42	60.09	64.82	65.46	60.56	16.23	11.33	32.15	37.15	3.54	6.23	5.08	4.23	5.14
3/30/2008	987.1	32.6	59.1	55.25	64.68	60.65	65.38	59.96	55.06	16.4	11.4	32.64	37.64	3.55	6.27	5.1	4.25	5.17
3/31/2008	1042.7	29.95	62.5	56.66	66.09	61.98	66.71	64.74	59.84	17.8	12.9	32.86	37.86	3.56	7.15	5.43	5.03	5.36

หมวดที่ ๒3 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน มีนาคม 2551

ตารางข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน เมษายน พ.ศ. 2551

Day	Gi(Max)	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tlad	Toad	Tif	Tof	Tict	Toct	Pc	Phrs1-3	Pad	Pfcu	Pct
	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr	hr
4/1/2008	1011.6	26.37	53.3	57.98	67.68	63.83	68.17	68.75	63.75	17.69	12.69	31.21	36.19	4.15	7.18	5.95	5.12	5.65
4/2/2008	1171.8	27.02	52	58.95	68.65	63.99	68.33	67.12	62.17	17.83	12.84	31.10	36.08	4.18	7.22	5.99	5.1	5.75
4/3/2008	1046.1	28.3	51.9	58.74	68.44	63.85	68.19	66.65	61.65	17.15	12.16	31.70	36.68	4.13	7.21	6.02	5.09	5.78
4/4/2008	906.6	29.68	47.3	58.85	68.55	63.75	68.09	67.89	62.69	17.14	12.12	31.62	36.60	4.19	7.2	5.98	5.11	5.98
4/5/2008	943.2	31.07	49.6	56.32	66.02	61.52	65.86	62.33	57.38	16.61	11.62	30.20	35.18	4.01	6.28	5.31	4.32	5.05
4/6/2008	811.3	32.24	55.9	56.44	66.14	61.44	65.78	62.38	57.43	16.66	11.67	30.50	35.48	4.05	6.32	5.35	4.37	5.12
4/7/2008	761.1	31.92	57.9	56.42	66.12	61.98	66.32	64.32	59.37	16.83	11.84	30.40	35.38	4.12	6.33	5.42	4.28	5.09
4/8/2008	1090.6	32.65	57.6	58.95	68.65	63.89	68.23	66.79	61.58	17.91	12.92	31.70	36.68	4.14	7.19	5.81	4.98	5.47
4/9/2008	1029.1	32.74	57.9	59.35	69.05	63.79	68.13	67.98	63.03	17.54	12.55	31.60	36.58	4.18	7.22	5.97	5.03	5.65
4/10/2008	1060.2	33.19	57.8	58.74	68.44	63.85	68.19	69.75	64.71	17.44	12.45	31.49	36.47	4.19	7.18	6.01	5.12	5.78
4/11/2008	1092.4	32.41	56.7	58.92	68.62	63.78	68.12	68.32	63.37	17.25	12.26	31.80	36.78	4.17	7.21	6.11	5.15	5.95
4/12/2008	1031.8	31.27	57.4	56.95	66.55	61.29	65.63	65.55	60.55	16.75	11.76	30.90	35.90	4.02	6.28	5.49	4.25	5.02
4/13/2008	993.1	27.9	62.5	56.86	66.56	61.32	65.66	63.33	58.33	16.84	11.85	30.15	35.15	4.08	6.41	5.45	4.36	5.05
4/14/2008	1011	28.7	62.1	56.44	66.14	61.55	65.89	62.45	57.45	16.49	11.57	30.95	35.95	4.11	6.25	5.46	4.42	5.09
4/15/2008	995.1	30.1	61.5	56.64	66.34	60.78	65.12	63.56	58.56	16.96	11.97	30.56	35.56	4.09	6.43	5.34	4.32	5.11
4/16/2008	975.7	31.1	61.1	56.27	65.97	60.39	64.73	64.32	59.37	16.78	11.79	30.68	35.69	4.05	6.4	5.38	4.31	5.13
4/17/2008	926.7	32.2	61.2	58.93	68.63	63.75	68.09	67.98	62.76	17.42	12.31	31.21	36.21	4.15	7.19	5.79	5.21	5.67
4/18/2008	913.3	32.9	49.99	58.95	68.65	63.87	68.21	67.89	62.66	17.88	12.89	31.25	36.25	4.11	7.22	6.21	5.22	5.98
4/19/2008	968.4	33.4	50.8	56.32	66.02	61.28	65.62	62.76	57.81	16.21	11.22	30.25	35.23	4.05	6.42	5.6	4.22	5.13
4/20/2008	953.8	34.1	52.02	56.81	66.51	61.15	65.49	65.67	60.72	16.64	11.65	30.11	35.09	4.02	6.39	5.65	4.28	5.21
4/21/2008	986.5	34.2	53.05	58.96	68.66	63.68	68.02	66.32	61.37	17.42	12.43	31.81	36.79	4.13	7.23	5.99	5.09	5.42
4/22/2008	954.6	33.9	53.98	59.23	68.93	63.77	68.11	67.56	62.61	17.09	12.14	31.84	36.84	4.17	7.31	6.01	5.15	5.48
4/23/2008	916.3	33.7	53.15	58.75	68.45	63.95	68.29	68.96	63.96	17.31	12.32	31.69	36.67	4.15	7.43	6.12	5.16	5.98
4/24/2008	989.9	32.8	53.75	58.99	68.69	63.97	68.31	67.32	62.37	17.64	12.64	31.65	36.63	4.08	7.28	6.23	5.18	5.76
4/25/2008	849.4	27.3	57	58.82	68.52	63.87	68.21	68.34	63.39	17.14	12.15	31.54	36.52	4.12	7.43	6.32	5.26	5.65
4/26/2008	1057.3	27.8	56.6	57.32	67.02	61.72	66.06	66.32	61.37	16.64	11.65	30.26	35.24	4.07	6.25	5.65	4.19	5.17
4/27/2008	790.7	29.3	56.3	56.68	66.38	61.54	65.88	62.95	57.95	16.87	11.88	30.24	35.22	4.11	6.28	5.58	4.22	5.23
4/28/2008	900.7	30.6	48.2	58.84	68.54	63.75	68.09	66.96	61.96	17.07	11.99	31.86	36.98	4.13	7.21	6.01	5.13	5.48
4/29/2008	1084.7	31.7	52.7	58.99	68.69	63.95	68.29	66.68	61.73	17.13	12.18	31.75	36.87	4.14	7.25	6.13	5.26	5.65
4/30/2008	1115.3	32.6	59.1	58.95	68.65	63.68	68.02	67.98	63.03	17.25	12.21	31.64	36.76	4.15	7.28	6.11	5.34	5.72

ผนวกที่ ๗4 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน เมษายน 2551

## ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tiad	Toad	Tif	Tof	Tict	Toct	Pc	Phrs1-3	Pad	Pfou	Pct
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr
5/1/2008	1031	26.37	53.3	56.75	66.97	62.82	67.07	63.23	58.25	17.39	12.4	30.21	35.20	4.13	7.12	5.31	4.67	5.21
5/2/2008	962.3	27.02	52	56.32	66.54	62.72	66.97	65.12	60.14	17.23	12.24	31.10	36.09	4.18	7.21	5.41	4.75	5.35
5/3/2008	1105.9	28.3	51.9	53.45	63.67	58.54	62.79	64.65	59.67	16.15	11.16	29.70	34.69	3.55	6.45	5.01	4.32	5.06
5/4/2008	1083.7	29.68	47.3	53.32	63.54	58.24	62.49	63.35	58.37	16.55	11.56	29.12	34.11	3.58	6.55	5.12	4.35	5.11
5/5/2008	929.7	31.07	49.6	53.45	63.67	58.97	63.22	62.35	57.37	16.42	11.43	29.20	34.19	3.48	6.57	5.08	4.38	5.13
5/6/2008	921.3	32.24	55.9	56.44	66.66	62.44	66.69	63.38	58.35	17.38	12.39	30.50	35.49	4.17	7.15	5.21	4.57	5.31
5/7/2008	946.5	31.92	57.9	57.82	68.04	62.84	67.09	64.32	59.29	17.19	12.2	31.23	36.22	4.23	7.18	5.32	4.68	5.35
5/8/2008	991.4	32.65	57.6	57.91	68.13	62.17	66.42	64.56	59.53	18.02	13.03	30.70	35.69	4.26	7.23	5.34	4.85	5.37
5/9/2008	990.4	32.74	57.9	53.92	64.14	58.95	63.2	63.25	58.27	16.55	11.56	29.60	34.59	3.56	6.74	5.09	4.35	5.14
5/10/2008	910.9	33.19	57.8	55.44	65.66	58.14	62.39	63.75	58.77	15.98	10.99	30.40	35.39	3.47	6.54	5.11	4.32	5.13
5/11/2008	1127.5	32.01	56.7	53.37	63.59	58.55	62.8	64.32	59.34	16.02	11.03	29.80	34.79	3.53	6.68	5.16	4.42	5.2
5/12/2008	979.3	31.27	57.4	56.76	66.98	62.59	66.84	65.55	60.57	17.38	12.36	30.25	35.24	4.33	7.14	5.18	4.98	5.32
5/13/2008	1084.6	27.9	62.5	56.96	67.18	62.18	66.43	63.33	58.33	17.65	12.63	31.05	36.04	4.35	7.18	5.21	4.77	5.34
5/14/2008	881.5	28.7	62.1	56.98	67.2	61.39	65.64	62.45	57.45	17.49	12.47	30.35	35.34	4.35	7.09	5.23	4.78	5.29
5/15/2008	773.6	30.1	61.5	56.75	66.97	62.35	66.6	61.56	56.56	17.35	12.33	30.56	35.55	4.32	7.13	5.28	4.85	5.34
5/16/2008	1003.3	31.1	61.1	56.67	66.89	61.59	65.84	64.32	59.32	17.35	12.33	30.29	35.28	4.29	6.98	5.4	4.77	5.23
5/17/2008	1126.3	32.2	61.2	53.96	64.18	58.65	62.9	66.35	61.37	16.52	11.53	29.21	34.20	3.45	6.94	5.13	4.3	5.12
5/18/2008	958	32.9	49.99	53.71	63.93	58.42	62.67	66.37	61.39	16.68	11.69	30.25	35.24	3.42	6.77	5.17	4.26	5.19
5/19/2008	823.7	33.4	50.8	53.32	63.54	58.21	62.46	62.56	57.58	16.21	11.22	29.25	34.24	3.49	6.59	5.21	4.32	5.21
5/20/2008	1001.2	34.1	52.02	56.81	67.03	62.56	66.81	65.67	60.67	17.64	12.65	31.11	36.10	4.34	6.94	5.23	4.56	5.12
5/21/2008	1037.5	34.2	53.05	56.36	66.58	62.08	66.33	66.32	61.32	18.12	13.13	31.51	36.50	4.29	6.99	5.27	4.65	5.22
5/22/2008	908.3	33.9	53.98	57.95	68.17	61.95	66.2	64.21	59.21	18.99	14	31.24	36.23	4.25	7.05	5.25	4.54	5.28
5/23/2008	950.6	33.7	53.15	57.89	68.11	61.85	66.1	64.56	59.56	18.81	13.82	30.19	35.18	4.28	7.15	5.28	4.57	5.22
5/24/2008	892	32.8	53.75	53.45	63.67	58.42	62.67	61.96	56.98	16.64	11.65	29.65	34.64	3.55	6.59	5.04	4.28	5.08
5/25/2008	1030.7	27.3	57	53.89	64.11	57.99	62.24	64.34	59.36	16.34	11.35	29.54	34.53	3.56	6.67	5.12	4.35	5.15
5/26/2008	1004.2	27.8	56.6	57.82	68.04	63.48	67.73	65.86	60.83	17.68	12.67	30.06	35.06	4.29	6.98	5.26	4.75	5.21
5/27/2008	929.2	29.3	56.3	57.86	68.08	63.89	68.14	65.75	60.72	17.87	12.86	30.24	35.24	4.31	7.02	5.31	4.77	5.23
5/28/2008	1062.3	30.6	48.2	57.64	67.86	62.88	67.13	65.36	60.33	18.87	13.86	30.06	35.06	4.33	7.13	5.29	4.71	5.19
5/29/2008	1086.3	31.7	52.7	57.99	68.21	63.57	67.82	65.46	60.43	18.23	13.22	30.15	35.15	4.32	7.15	5.28	4.65	5.16
5/30/2008	1183.6	32.6	59.1	57.25	67.47	63.67	67.92	65.26	60.23	17.24	12.23	30.14	35.14	4.35	7.35	5.21	4.68	5.21
5/31/2008	1031.3	29.95	62.5	54.23	64.45	58.98	63.23	62.34	57.3	16.8	11.81	29.68	34.67	3.58	6.78	5.14	4.36	5.17

ผนวกที่ ๕5 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน พฤษภาคม 2551

ข้อมูลระบบสถิติหน้าร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta °C	Tt °C	Tic °C	Toc °C	Tis °C	Tos °C	Tiad °C	Toad °C	Tif °C	Tof °C	Tict °C	Toct °C	Pc hr	Phrs1-3 hr	Pad hr	Pfcu hr	Pct hr
6/1/2008	954.9	26.37	53.3	52.75	62.57	58.02	62.75	63.23	58.25	16.99	12.01	30.21	35.20	3.65	6.95	5.05	4.65	5.16
6/2/2008	1118.3	27.02	52	55.82	65.64	61.92	66.65	67.12	62.14	18.13	13.12	32.10	37.10	3.78	7.12	5.53	4.75	5.45
6/3/2008	863.7	28.3	51.9	55.95	65.77	60.54	65.27	66.65	61.67	18.25	13.24	32.17	37.17	3.84	7.15	5.65	4.86	5.52
6/4/2008	1008.8	29.68	47.3	56.92	66.74	61.84	66.57	65.35	60.37	18.44	13.43	31.12	36.12	3.89	7.19	5.73	4.95	5.64
6/5/2008	875.8	31.07	49.6	55.95	65.77	60.97	65.7	65.35	60.37	18.51	13.5	31.20	36.20	3.92	7.13	5.56	4.89	5.75
6/6/2008	970.6	32.24	55.9	56.84	66.66	60.44	65.17	64.38	59.4	18.16	13.15	31.50	36.50	3.99	7.14	5.98	4.87	5.62
6/7/2008	1028	31.92	57.9	52.22	62.04	56.72	61.45	63.32	58.34	16.83	11.85	30.40	35.39	3.65	7.12	5.12	4.59	4.98
6/8/2008	815.8	32.65	57.6	52.21	62.03	58.71	63.44	63.56	58.58	16.91	11.93	30.70	35.69	3.68	6.98	5.18	4.76	5.12
6/9/2008	845.7	32.74	57.9	56.92	66.74	60.81	65.54	66.25	62.75	18.54	13.54	32.60	37.60	3.99	7.11	5.89	4.77	5.47
6/10/2008	920.7	33.19	57.8	56.84	66.66	61.74	66.47	67.75	62.75	18.34	13.34	31.40	36.40	4.02	7.12	5.78	4.79	5.62
6/11/2008	917.7	32.31	56.7	57.37	67.19	60.71	65.44	68.32	63.32	18.35	13.35	31.80	36.80	4.12	7.16	5.72	4.82	5.78
6/12/2008	1050.7	31.27	57.4	56.69	66.51	61.36	66.09	65.55	60.55	18.75	13.75	31.90	36.90	4.15	7.09	5.59	4.86	5.92
6/13/2008	1092.4	27.9	62.5	55.96	65.78	61.69	66.42	65.33	60.33	18.84	13.84	32.15	37.15	4.18	7.08	5.64	5.04	5.99
6/14/2008	767.5	28.7	62.1	52.98	62.8	59.88	64.61	62.15	57.17	16.49	11.51	30.95	35.94	3.67	6.95	4.98	4.65	4.98
6/15/2008	976	30.1	61.5	52.65	62.47	59.23	63.96	61.56	56.58	16.96	11.94	30.56	35.55	3.65	6.93	5.05	4.68	5.32
6/16/2008	855	31.1	61.1	56.87	66.69	61.36	66.09	64.32	59.31	18.78	13.78	32.69	37.70	4.12	7.19	5.85	4.87	5.64
6/17/2008	535.1	32.2	61.2	56.96	66.78	61.18	65.91	66.35	61.34	18.52	13.52	33.21	38.22	4.21	7.21	5.72	4.85	5.46
6/18/2008	506.7	32.9	49.99	57.01	66.83	62.37	67.1	66.37	61.36	18.68	13.68	31.25	36.26	4.12	7.23	5.73	4.88	5.75
6/19/2008	693.4	33.4	50.8	56.32	66.14	61.81	66.54	65.56	60.55	18.51	13.51	32.25	37.26	4.17	7.14	5.56	5.08	5.99
6/20/2008	972.6	34.1	52.02	57.11	66.93	61.18	65.91	65.67	60.66	18.64	13.64	32.11	37.12	4.21	7.16	5.53	5.11	5.42
6/21/2008	1005.3	34.2	53.05	52.36	62.18	58.66	63.39	65.32	60.3	16.12	11.14	30.21	35.20	3.69	7.23	5.02	4.67	5.26
6/22/2008	1019.7	33.9	53.98	52.35	62.17	59.38	64.11	64.21	59.19	16.99	12.01	30.24	35.23	3.72	6.94	5.11	4.87	5.34
6/23/2008	962.2	33.7	53.15	56.58	66.4	60.87	65.6	65.36	60.38	18.81	13.81	31.69	36.68	4.15	7.16	5.48	4.83	5.61
6/24/2008	914.3	32.8	53.75	56.95	66.77	61.95	66.68	65.46	60.48	18.64	13.64	32.65	37.64	4.21	7.09	6.02	4.87	5.46
6/25/2008	1026.4	27.3	57	55.89	65.71	60.99	65.72	65.34	60.36	19.34	14.34	32.54	37.53	4.26	7.19	5.98	4.92	5.78
6/26/2008	986.7	27.8	56.6	57.32	67.14	60.78	65.51	64.32	59.34	19.96	14.96	31.26	36.25	4.28	7.12	5.82	5.02	5.67
6/27/2008	936.7	29.3	56.3	57.56	67.38	61.68	66.41	63.45	58.47	19.87	14.87	32.24	37.23	4.32	7.26	5.55	5.12	5.83
6/28/2008	989.8	30.6	48.2	53.24	63.06	56.49	61.22	66.96	61.94	16.87	11.89	30.06	35.05	3.78	7.01	5.31	4.75	5.24
6/29/2008	916.3	31.7	52.7	53.99	63.81	58.09	62.82	65.46	60.44	16.23	11.25	30.15	35.14	3.87	6.99	5.11	4.79	5.36
6/30/2008	955	32.6	59.1	57.25	67.07	61.85	66.58	64.96	59.98	18.84	13.86	31.64	36.63	4.28	7.35	5.62	5.09	5.63

ผนวกที่ ๖6 ตารางแสดงข้อมูลระบบสถิติหน้าร้อนแบบผสมผสาน มิถุนายน 2551



ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta °C	Tt °C	Tic °C	Toc °C	Tis °C	Tos °C	Tiad °C	Toad °C	Tif °C	Tof °C	Tict °C	Toct °C	Pc hr	Phrs1-3 hr	Pad hr	Pfcu hr	Pct hr
7/1/2008	948.3	26.37	53.3	56.75	66.57	61.82	66.55	65.83	60.83	18.59	13.6	31.21	36.20	3.87	6.89	5.32	4.98	5.32
7/2/2008	895.3	27.02	52	56.92	66.74	60.92	65.65	67.82	62.82	18.33	13.34	32.10	37.09	3.95	6.92	5.38	4.75	5.31
7/3/2008	788.6	28.3	51.9	56.45	66.27	60.54	65.27	66.85	61.65	18.15	13.16	32.70	37.69	3.94	6.76	5.64	4.88	4.99
7/4/2008	1107.9	29.68	47.3	56.75	66.57	60.54	65.27	62.95	57.95	18.14	13.15	31.42	36.41	3.86	6.84	5.42	4.78	5.12
7/5/2008	701.7	31.07	49.6	53.45	63.27	58.97	63.7	61.35	56.35	17.61	12.62	30.20	35.19	3.68	6.23	5.15	4.35	4.98
7/6/2008	258.4	32.24	55.9	53.44	63.26	59.44	64.17	62.38	57.38	17.16	12.17	30.50	35.49	3.83	6.45	5.32	4.35	5.05
7/7/2008	1095.8	31.92	57.9	56.82	66.64	61.72	66.45	65.82	60.82	18.43	13.43	32.40	37.40	3.95	6.99	5.19	4.97	5.45
7/8/2008	1001.6	32.65	57.6	56.91	66.73	60.71	65.44	65.56	60.56	18.51	13.51	31.70	36.70	3.89	7.12	5.36	4.95	5.21
7/9/2008	985	32.74	57.9	56.92	66.74	59.91	64.64	66.25	61.25	18.54	13.54	32.60	37.60	3.79	7.19	5.28	4.99	5.2
7/10/2008	977.4	33.19	57.8	56.74	66.56	60.64	65.37	69.75	64.75	18.34	13.34	31.85	36.85	3.86	7.35	5.42	4.98	5.24
7/11/2008	855.3	31.13	56.7	56.97	66.79	60.71	65.44	68.32	63.32	18.35	13.35	31.80	36.80	3.93	7.42	5.68	4.76	5.36
7/12/2008	1021.7	31.27	57.4	53.36	63.18	57.36	62.09	62.55	57.55	17.75	12.76	30.90	35.89	3.79	6.56	5.19	4.68	4.98
7/13/2008	1131.5	27.9	62.5	52.96	62.78	58.69	63.42	63.33	58.33	17.54	12.55	30.15	35.14	3.82	6.27	5.28	4.42	5.09
7/14/2008	1049.1	28.7	62.1	56.88	66.5	61.88	66.61	65.85	60.65	18.49	13.39	31.95	36.94	3.96	7.14	5.47	4.98	5.33
7/15/2008	1067	30.1	61.5	56.93	66.75	61.93	66.66	65.56	60.56	18.46	13.47	31.96	36.95	3.80	7.32	5.74	4.87	5.27
7/16/2008	922.1	31.1	61.1	56.57	66.39	61.37	66.1	65.32	60.32	18.78	13.79	32.69	37.68	3.92	7.55	5.69	4.97	5.31
7/17/2008	1111.6	32.2	61.2	52.96	62.78	57.6	62.33	62.35	57.35	17.52	12.53	30.21	35.20	3.75	6.48	5.16	4.71	5.05
7/18/2008	1027.4	32.9	49.99	53.81	63.63	59.77	64.5	62.37	57.37	17.68	12.69	31.25	36.24	3.78	6.32	5.24	4.39	5.16
7/19/2008	1008.6	33.4	50.8	52.32	62.14	59.21	63.94	62.56	57.56	17.41	12.42	30.25	35.24	3.69	6.39	4.98	4.65	5.23
7/20/2008	970.4	34.1	52.02	53.11	62.93	57.18	61.91	63.87	58.67	17.64	12.65	30.11	35.10	3.84	6.52	5.06	4.32	5.25
7/21/2008	904.4	34.2	53.05	56.76	66.58	61.66	66.39	66.52	61.52	18.12	13.12	31.81	36.80	3.92	7.16	5.19	4.68	5.42
7/22/2008	908	33.9	53.98	55.95	65.77	61.86	66.61	65.81	60.81	18.29	13.29	32.24	37.23	3.95	7.19	5.42	4.78	5.61
7/23/2008	976.1	33.7	53.15	56.58	66.4	61.87	66.6	67.56	62.56	18.31	13.31	31.69	36.68	3.87	6.97	5.32	4.69	5.27
7/24/2008	656.4	32.8	53.75	56.95	66.77	61.59	66.32	66.96	61.96	18.24	13.24	32.65	37.64	3.76	6.89	5.44	4.55	5.43
7/25/2008	865.7	27.3	57	56.89	66.71	61.99	66.72	68.34	63.34	18.34	13.34	31.54	36.53	3.89	7.26	5.29	4.62	5.22
7/26/2008	930.4	27.8	56.6	52.32	62.14	58.27	63	63.32	58.32	17.56	12.57	30.26	35.25	3.80	6.57	5.12	4.44	4.99
7/27/2008	933.5	29.3	56.3	52.56	62.38	57.68	62.41	62.15	57.15	17.87	12.88	30.24	35.23	3.78	6.29	5.19	4.42	5.12
7/28/2008	1022	30.6	48.2	55.84	65.66	61.49	66.22	66.96	61.96	18.57	13.57	31.76	36.75	3.97	7.15	5.48	4.86	5.39
7/29/2008	719.2	31.7	52.7	55.99	65.81	62.59	67.32	65.96	60.86	18.33	13.33	32.15	37.14	3.98	7.24	5.43	4.67	5.44
7/30/2008	1151	32.6	59.1	57.85	67.67	61.85	66.58	64.96	59.96	18.14	13.14	31.64	36.63	3.92	7.43	5.38	4.98	5.42
7/31/2008	1134	29.95	62.5	56.93	66.75	61.83	66.56	65.74	60.74	18.28	13.28	32.68	37.67	3.89	6.77	5.66	4.66	5.43

ผนวกที่ ๗7 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน กรกฎาคม 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tiad	Toad	Tif	Tof	Tict	Toct	Pc	Phrst-3	Pad	Pfou	Pct
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr	hr
8/1/2008	1030.7	26.37	53.3	54.75	65.81	61.02	65.75	66.23	61.24	19.99	15	32.21	37.21	3.51	7.03	5.64	4.35	5.31
8/2/2008	1077.6	27.02	52	51.32	62.18	56.32	61.05	65.56	60.57	18.83	13.84	30.10	35.10	3.12	6.59	5.76	4.11	5.15
8/3/2008	885.2	28.3	51.9	51.45	62.31	56.89	61.62	65.43	60.44	18.15	13.16	30.70	35.70	3.21	6.82	5.43	4.11	5.19
8/4/2008	1073	29.68	47.3	54.32	65.18	56.24	60.97	64.35	59.34	20.84	15.83	32.12	37.12	3.57	7.15	5.78	4.47	5.35
8/5/2008	1098	31.07	49.6	53.45	64.31	57.97	62.7	65.56	60.55	20.61	15.6	32.20	37.20	3.65	7.19	5.86	4.49	5.37
8/6/2008	1180.3	32.24	55.9	54.44	65.3	59.44	64.17	63.48	58.47	20.86	15.85	32.50	37.50	3.77	7.23	5.78	4.53	5.37
8/7/2008	1027.1	31.92	57.9	54.22	65.08	56.72	61.45	64.32	59.31	20.83	15.82	32.40	37.40	3.72	7.16	5.69	4.47	5.39
8/8/2008	844.9	32.65	57.6	53.21	64.07	58.71	63.44	64.56	59.55	20.91	15.9	32.27	37.27	3.59	7.15	5.73	4.55	5.36
8/9/2008	773.8	32.74	57.9	50.92	61.78	56.44	61.17	65.98	60.99	18.54	13.55	30.60	35.60	3.16	6.75	5.38	4.16	5.23
8/10/2008	908.6	33.19	57.8	50.44	61.3	56.78	61.51	65.42	60.43	18.34	13.35	30.40	35.40	3.1	6.77	5.46	4.06	5.19
8/11/2008	677.7	30.91	56.7	52.37	63.23	59.71	64.44	68.32	63.33	20.35	15.36	32.80	37.80	3.51	7.09	5.69	4.35	5.33
8/12/2008	986	31.27	57.4	51.36	62.22	56.32	61.05	65.55	60.56	18.75	13.76	31.90	36.90	3.19	6.85	5.37	4.23	5.21
8/13/2008	949.3	27.9	62.5	52.96	63.82	57.69	62.42	63.33	58.34	20.84	15.84	32.15	37.15	3.49	7.23	5.77	4.44	5.32
8/14/2008	1078.2	28.7	62.1	51.98	62.84	59.88	64.61	64.15	59.16	20.89	15.89	32.95	37.95	3.52	7.19	5.64	4.52	5.37
8/15/2008	810	30.1	61.5	51.95	62.81	59.23	63.96	64.28	59.29	20.96	15.96	32.56	37.56	3.57	7.11	5.68	4.48	5.21
8/16/2008	1051.5	31.1	61.1	51.27	62.13	56.45	61.18	64.32	59.33	18.78	13.79	30.69	35.69	3.24	6.84	5.42	4.15	5.25
8/17/2008	891.1	32.2	61.2	51.96	62.82	56.6	61.33	66.35	61.36	18.52	13.53	30.21	35.21	3.35	6.67	5.38	4.19	5.2
8/18/2008	1036.8	32.9	49.99	52.01	62.87	62.77	67.5	66.37	61.38	20.68	15.67	32.25	37.25	3.52	7.12	5.79	4.44	5.45
8/19/2008	1000.6	33.4	50.8	52.32	63.18	59.21	63.94	64.56	59.57	20.81	15.8	32.25	37.25	3.67	7.23	5.93	4.39	5.32
8/20/2008	1039.5	34.1	52.02	52.11	62.97	57.18	61.91	65.67	60.68	20.64	15.63	32.11	37.11	3.72	7.35	5.89	4.37	5.42
8/21/2008	932.5	34.2	53.05	52.36	63.22	58.66	63.39	66.32	61.33	20.92	15.91	32.21	37.21	3.86	7.22	5.86	4.45	5.45
8/22/2008	842.6	33.9	53.98	52.35	63.21	59.36	64.11	64.21	59.22	20.99	15.98	32.24	37.24	3.97	7.44	5.99	4.58	5.42
8/23/2008	640	33.7	53.15	51.58	62.44	55.32	60.05	63.56	58.57	18.81	13.82	30.39	35.39	3.24	6.92	5.21	4.22	5.19
8/24/2008	1049.5	32.8	53.75	51.45	62.31	55.59	60.32	62.96	57.97	18.64	13.65	30.35	35.35	3.36	6.84	5.06	4.25	5.17
8/25/2008	969.2	27.3	57	52.89	63.75	57.99	62.72	68.34	63.34	20.34	15.34	32.54	37.54	3.77	7.12	5.68	4.46	5.32
8/26/2008	1106.2	27.8	56.6	52.32	63.18	58.27	63	66.32	61.32	20.59	15.59	32.26	37.26	3.65	7.05	5.97	4.57	5.38
8/27/2008	1013.3	29.3	56.3	52.56	63.42	57.68	62.41	65.55	60.55	20.27	15.27	32.24	37.24	3.69	7.09	5.88	4.45	5.34
8/28/2008	748	30.6	48.2	52.24	63.1	56.49	61.22	66.96	61.96	19.87	14.87	32.06	37.06	3.87	7.11	5.68	4.36	5.33
8/29/2008	750.5	31.7	52.7	52.99	63.85	58.09	62.82	65.46	60.46	19.93	14.93	32.15	37.15	3.72	6.95	5.67	4.47	5.39
8/30/2008	1031	32.6	59.1	51.25	62.11	55.98	60.71	61.96	56.97	18.4	13.41	30.64	35.64	3.35	6.75	5.23	4.12	5.26
8/31/2008	798.6	29.95	62.5	51.23	62.09	55.34	60.07	62.34	57.35	18.8	13.81	30.38	35.38	3.19	6.89	5.68	4.09	5.32

หมวดที่ ๖8 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน สิงหาคม 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน กันยายน พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max)	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tiad	Toad	Tif	Tof	Tict	Toct	Pc	Phrs1-3	Pad	Pfct	Pct
	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr	hr
9/1/2008	1135.4	26.37	53.3	55.75	65.85	61.02	66.26	63.23	58.22	19.99	14.98	32.81	37.81	3.65	7.11	4.87	4.54	5.55
9/2/2008	1073.3	27.02	52	53.32	63.42	59.02	64.26	67.52	62.51	19.83	14.82	32.81	37.81	3.7	7.23	4.86	4.58	5.57
9/3/2008	1053.5	28.3	51.9	54.45	64.55	59.54	64.78	66.65	61.64	19.85	14.84	32.70	37.70	3.79	7.28	4.98	4.67	5.59
9/4/2008	713.2	29.68	47.3	54.32	64.42	59.24	64.48	62.35	57.34	19.84	14.83	32.82	37.82	3.68	7.45	4.67	4.95	5.65
9/5/2008	988.8	31.07	49.6	54.45	64.55	60.37	66.21	61.35	56.34	19.61	14.6	32.62	37.62	3.59	7.34	4.85	4.32	5.34
9/6/2008	944.6	32.24	55.9	53.44	63.54	57.44	62.68	62.38	57.39	19.16	14.17	30.50	35.50	3.21	6.58	4.55	4.21	5.05
9/7/2008	1017	31.92	57.9	53.22	63.32	56.72	61.96	62.32	57.33	18.83	13.84	30.40	35.40	3.23	6.97	4.42	4.23	5.12
9/8/2008	1019.4	32.65	57.6	54.21	64.31	59.71	64.95	64.56	59.55	19.91	14.92	33.70	38.70	3.77	7.09	4.97	4.52	5.65
9/9/2008	970.4	32.74	57.9	53.92	64.02	59.21	64.45	65.25	60.24	19.74	14.75	33.96	38.96	3.79	7.23	4.68	4.67	5.6
9/10/2008	1044	33.19	57.8	55.44	65.54	59.14	64.38	65.75	60.74	19.78	14.79	32.74	37.74	3.82	7.42	4.99	4.52	5.64
9/11/2008	941.2	30.21	56.7	53.37	63.47	59.71	64.95	65.82	60.81	19.85	14.86	33.88	38.88	3.77	7.25	4.78	4.58	5.69
9/12/2008	954.2	31.27	57.4	53.66	63.76	58.36	63.6	65.55	60.54	19.75	14.76	32.99	37.99	3.65	7.16	4.83	4.55	5.69
9/13/2008	1030.3	27.9	62.5	52.96	63.06	56.69	61.93	62.33	57.34	18.84	13.85	30.15	35.15	3.33	6.85	4.65	4.32	5.13
9/14/2008	895	28.7	62.1	51.98	62.08	57.88	63.12	62.15	57.16	18.49	13.5	30.95	35.95	3.42	6.88	4.75	4.38	5.18
9/15/2008	1049.2	30.1	61.5	54.32	64.42	59.93	65.17	63.56	58.56	19.76	14.77	33.56	38.56	3.68	7.11	4.87	4.57	5.67
9/16/2008	1038.7	31.1	61.1	53.27	63.37	59.37	64.61	64.32	59.32	19.78	14.79	33.69	38.69	3.79	7.19	4.99	4.95	5.61
9/17/2008	966.4	32.2	61.2	53.76	63.86	58.6	63.84	65.35	60.35	19.82	14.83	33.81	38.81	3.88	7.13	5.02	4.75	5.68
9/18/2008	1066.3	32.9	49.99	54.01	64.11	62.77	68.01	65.37	60.37	19.68	14.69	33.75	38.75	3.82	7.18	5.09	4.68	5.83
9/19/2008	1147.3	33.4	50.8	56.32	66.42	59.21	64.45	64.56	59.56	19.81	14.82	33.85	38.85	3.95	7.13	5.13	4.48	5.77
9/20/2008	1099.2	34.1	52.02	53.56	63.66	57.18	62.42	62.67	57.68	18.64	13.65	30.11	35.11	3.42	6.82	4.63	4.62	5.32
9/21/2008	522.4	34.2	53.05	52.36	62.46	57.66	62.9	62.32	57.33	18.12	13.13	30.21	35.21	3.25	6.82	4.57	4.28	5.34
9/22/2008	762.9	33.9	53.98	54.35	64.45	59.38	64.62	64.81	59.81	19.99	14.98	33.84	38.84	3.77	7.12	5.12	4.65	5.59
9/23/2008	976.6	33.7	53.15	53.58	63.68	59.87	65.11	63.56	58.56	19.81	14.8	33.69	38.69	3.86	7.19	5.17	4.67	5.68
9/24/2008	984.1	32.8	53.75	53.45	63.55	58.59	63.83	64.96	59.96	19.64	14.63	33.65	38.65	3.75	7.19	5.15	4.54	5.64
9/25/2008	992.8	27.3	57	54.29	64.39	59.99	65.23	65.34	60.34	19.94	14.93	33.54	38.54	3.86	7.2	4.98	4.59	5.78
9/26/2008	941.4	27.8	56.6	53.32	63.42	58.27	63.51	65.32	60.32	19.65	14.64	33.26	38.26	3.59	7.24	5.09	4.57	5.48
9/27/2008	879.9	29.3	56.3	52.56	62.66	57.68	62.92	62.15	57.16	18.87	13.88	30.24	35.24	3.52	6.65	4.78	4.38	5.46
9/28/2008	1175.6	30.6	48.2	53.24	63.34	58.49	61.73	62.96	57.97	18.57	13.58	30.06	35.06	3.39	6.59	4.52	4.44	5.57
9/29/2008	886.5	31.7	52.7	53.99	64.09	58.09	63.33	65.46	60.47	19.83	14.84	33.75	38.75	3.72	7.13	4.98	4.46	5.68
9/30/2008	1088.3	32.6	59.1	55.25	65.35	59.85	65.09	64.96	59.97	19.94	14.95	33.84	38.84	3.82	7.16	5.04	4.57	5.72

ผนวกที่ ๑๑ ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน กันยายน 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tiad	Toad	Tif	Tof	Tict	Toct	Pc	Phrs1-3	Pad	Pfou	Pct
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr
10/1/2008	863.6	26.37	63.3	55.76	64.44	60.02	65.31	63.23	68.24	18.99	14	30.51	35.50	3.92	6.9	4.67	4.02	5.31
10/2/2008	858	27.02	62	53.32	62.01	59.02	64.31	64.12	69.13	18.83	13.84	30.41	35.40	3.85	6.82	4.72	4.15	5.38
10/3/2008	894.6	28.3	51.9	53.45	62.14	58.54	63.83	63.65	68.66	17.15	12.16	30.70	35.69	3.97	6.85	4.77	3.97	5.36
10/4/2008	843.7	29.88	47.3	50.32	59.01	56.24	61.53	60.36	65.36	17.14	12.15	28.12	34.11	3.62	6.53	4.67	3.85	5.12
10/5/2008	742.1	31.07	49.6	50.45	59.14	56.87	62.26	61.35	66.36	17.61	12.62	28.82	34.81	3.58	6.43	4.52	3.97	5.09
10/6/2008	697.1	32.24	55.9	56.44	65.13	57.44	62.73	63.38	68.39	18.16	13.16	30.50	35.50	3.92	6.97	4.65	3.98	5.37
10/7/2008	841.9	31.92	57.9	54.22	62.91	57.72	63.01	63.32	68.33	18.83	13.83	30.40	35.40	3.46	6.88	4.78	4.02	5.34
10/8/2008	722.3	32.65	57.6	54.21	62.9	58.71	64	63.58	68.57	18.91	13.91	30.70	35.70	3.65	6.83	4.66	4.12	5.38
10/9/2008	1148.3	32.74	57.9	54.92	63.61	57.21	62.6	63.25	68.26	18.54	13.54	30.60	35.60	3.82	6.87	4.65	4.11	5.39
10/10/2008	725.6	33.19	57.8	55.44	64.13	59.14	64.43	63.75	68.76	18.34	13.34	30.40	35.40	3.86	6.88	4.67	4.13	5.42
10/11/2008	863.9	31.11	56.7	51.37	60.08	58.71	62	62.32	67.33	17.35	12.36	28.80	34.78	3.49	6.82	4.62	3.99	5.19
10/12/2008	766.8	31.27	57.4	51.36	60.05	57.36	62.66	63.55	68.56	17.75	12.76	30.90	35.89	3.51	6.49	4.51	4.02	5.25
10/13/2008	881.9	27.9	62.5	54.96	63.85	59.98	63.98	63.33	68.34	18.84	13.83	30.55	35.56	3.87	6.85	4.68	4.11	5.32
10/14/2008	1077.4	28.7	62.1	53.96	62.67	58.48	63.77	63.95	68.86	18.49	13.48	30.95	35.96	3.88	6.87	4.78	4.12	5.35
10/15/2008	1060.2	30.1	61.5	54.32	63.01	59.23	63.52	63.56	68.57	18.96	13.95	30.56	35.57	3.82	6.84	4.58	4.15	5.36
10/16/2008	1088.4	31.1	61.1	52.27	60.96	59.37	63.66	63.92	68.83	18.78	13.77	30.69	35.70	3.97	6.81	4.89	4.09	5.37
10/17/2008	583.7	32.2	61.2	53.96	62.65	58.86	64.15	63.95	68.86	18.52	13.52	30.51	35.52	3.96	6.82	4.78	4.13	5.35
10/18/2008	976	32.9	49.99	50.01	58.7	57.77	63.06	63.37	68.38	17.68	12.69	30.25	35.24	3.66	6.67	4.62	4.01	5.09
10/19/2008	1093.8	33.4	50.8	51.32	60.01	57.21	62.5	62.56	67.57	17.21	12.22	28.25	34.24	3.68	6.76	4.68	3.95	5.24
10/20/2008	1116.6	34.1	52.02	55.41	64.1	57.18	62.47	64.87	69.67	18.34	13.35	30.81	35.80	3.64	6.87	4.44	4.09	5.35
10/21/2008	866.8	34.2	53.06	54.36	63.05	58.96	63.96	64.32	69.32	18.62	13.63	30.71	35.70	3.87	6.99	4.63	4.05	5.39
10/22/2008	917.8	33.9	53.98	53.35	62.04	58.38	63.67	64.81	69.81	18.39	13.4	30.74	35.73	3.98	6.87	4.59	4.15	5.37
10/23/2008	886.3	33.7	53.15	51.58	60.27	57.37	63.16	63.56	68.57	17.81	12.82	28.69	34.68	3.72	6.58	4.44	3.78	5.13
10/24/2008	938	32.8	53.76	53.45	62.14	58.59	63.88	61.96	66.97	18.34	13.35	30.65	35.64	3.97	6.89	4.87	4.11	5.36
10/25/2008	962.4	27.3	57	51.89	60.88	57.99	63.28	63.34	68.35	17.34	12.35	28.54	34.53	3.74	6.82	4.62	3.64	5.11
10/26/2008	897.8	27.8	56.6	51.32	60.01	58.27	63.56	62.32	67.33	17.66	14.61	30.26	35.25	3.76	6.76	4.78	3.75	5.16
10/27/2008	811.3	28.3	56.3	54.56	63.25	57.68	62.97	63.45	68.46	18.57	13.56	30.64	35.63	3.96	6.87	4.65	3.97	5.39
10/28/2008	986.2	30.6	48.2	54.64	63.33	58.48	61.78	63.18	68.17	18.73	13.72	30.66	35.66	3.99	6.85	4.72	3.99	5.34
10/28/2008	1024.9	31.7	52.7	55.89	64.68	59.08	63.38	63.46	68.47	18.53	13.52	30.85	35.84	3.87	6.87	4.69	4.02	5.37
10/30/2008	987.2	32.6	59.1	57.86	66.84	57.86	63.14	63.38	68.37	18.42	13.41	30.64	35.63	3.88	7.12	4.71	4.06	5.49
10/31/2008	320.2	29.95	62.5	55.73	64.42	57.3	62.59	62.34	67.35	18.28	13.27	30.68	35.67	3.96	6.88	4.32	4.09	5.46

ผนวกที่ 10 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ตุลาคม 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

Day	Gt(Max) W/m <sup>2</sup>	Ta °C	Tt °C	Tic °C	Toc °C	Tis °C	Tos °C	Tiad °C	Toad °C	Tif °C	Tof °C	Tict °C	Toct °C	Pc hr	Phrs1-3 hr	Pad hr	Pfou hr
11/1/2008	1061.5	26.37	53.3	50.75	60.63	57.22	61.79	61.23	56.24	17.85	12.86	30.21	35.20	3.45	7.11	4.68	4.32
11/2/2008	983.4	27.02	52	50.32	60.2	56.02	60.59	62.12	57.13	17.64	12.65	30.10	35.08	3.42	7.09	4.59	4.45
11/3/2008	930.1	28.3	51.9	55.45	65.33	59.99	64.56	63.95	58.84	18.85	13.84	32.70	37.71	3.63	7.21	4.89	4.65
11/4/2008	920.1	29.68	47.3	55.29	65.17	59.84	64.41	63.35	58.34	18.84	13.83	32.12	37.13	3.65	7.22	5.12	4.77
11/5/2008	988.2	31.07	49.6	55.45	65.33	59.97	64.54	63.35	58.34	19.91	14.9	32.20	37.21	3.77	7.25	4.97	4.82
11/6/2008	939.6	32.24	55.9	56.44	66.32	59.84	64.41	63.38	58.37	19.76	14.75	32.50	37.51	3.68	7.09	4.96	4.59
11/7/2008	968.1	31.92	57.9	55.22	65.1	59.72	64.29	64.32	59.31	19.83	14.82	32.40	37.41	3.56	7.28	5.01	4.61
11/8/2008	831.2	32.65	57.6	50.21	60.09	56.71	61.28	63.26	58.27	17.91	12.92	31.70	36.71	3.42	7.13	4.65	4.36
11/9/2008	904.9	32.74	57.9	50.92	60.8	57.21	61.78	62.25	57.26	17.84	12.85	30.60	35.61	3.26	7.15	4.75	4.45
11/10/2008	671.9	33.19	57.8	55.44	65.32	58.84	63.41	63.25	58.24	18.84	13.83	32.84	37.85	3.68	7.25	5.12	4.77
11/11/2008	956.2	29.51	56.7	55.76	65.64	59.98	64.55	63.32	58.31	19.85	14.84	32.18	37.19	3.72	7.21	5.13	4.62
11/12/2008	710.2	31.27	57.4	55.36	65.24	59.76	64.33	63.55	58.54	19.75	14.74	31.90	36.91	3.68	7.24	5.08	4.63
11/13/2008	958.9	27.9	62.5	55.88	65.84	59.89	64.46	63.33	58.32	19.84	14.83	32.15	37.16	3.64	7.22	5.07	4.54
11/14/2008	1119.8	29.7	62.1	55.38	65.26	59.88	64.45	63.15	58.14	19.89	14.88	32.95	37.66	3.77	7.25	5.19	4.52
11/15/2008	1069.2	30.1	61.5	50	59.88	57.23	61.8	61.56	56.57	18.96	13.97	30.56	35.55	3.24	7.21	4.52	4.57
11/16/2008	934.4	31.1	61.1	51.27	61.15	56.37	60.94	62.32	57.33	17.98	12.99	31.99	36.68	3.35	7.21	4.56	4.35
11/17/2008	952.3	32.2	61.2	55.36	65.24	60.86	65.43	63.35	58.36	19.92	14.91	33.21	38.20	3.75	7.28	4.95	4.59
11/18/2008	1021.4	32.9	49.89	56.51	66.39	62.77	67.34	63.37	58.38	19.68	14.67	32.25	37.24	3.77	7.22	5.04	4.97
11/19/2008	924.7	33.4	60.8	56.32	66.2	59.81	64.38	62.56	57.57	19.98	14.97	32.25	37.24	3.85	7.11	5.12	4.68
11/20/2008	463.4	34.1	52.02	55.61	65.49	60.87	65.44	63.67	58.68	19.94	14.93	32.11	37.10	3.67	7.28	5.13	4.67
11/21/2008	857.8	34.2	59.05	55.36	65.24	59.66	64.23	63.32	58.33	20.12	15.11	32.21	37.20	3.69	7.32	5.02	4.52
11/22/2008	909.4	33.9	53.98	51.35	61.23	56.38	60.95	62.21	57.22	17.99	13	31.24	36.23	3.46	7.21	4.86	4.56
11/23/2008	892.8	33.7	53.15	51.58	61.46	56.87	61.44	63.56	58.57	18.81	13.82	31.99	36.68	3.42	7.21	4.89	4.39
11/24/2008	964.5	32.8	53.75	54.45	64.33	59.89	64.48	63.98	58.97	19.64	14.85	32.35	37.34	3.7	7.22	4.98	4.63
11/25/2008	855.9	27.3	57	54.59	64.47	59.69	64.26	63.34	58.35	21.34	16.35	32.54	37.53	3.89	7.24	5.12	4.87
11/26/2008	876.9	27.8	56.6	57.32	67.2	59.97	64.54	64.32	59.33	20.86	15.87	30.26	35.25	4.01	7.26	5.11	4.79
11/27/2008	845.9	29.3	56.3	55.26	65.14	59.68	64.25	62.15	57.16	20.87	15.88	32.24	37.23	3.68	7.24	5.17	5.01
11/28/2008	984.1	30.6	48.2	54.24	64.12	59.69	64.26	64.96	59.97	19.67	14.88	31.06	36.05	3.85	7.25	5.09	5.14
11/29/2008	875.1	31.7	62.7	51.99	61.87	56.09	60.66	61.46	56.47	17.23	12.24	30.15	35.14	3.42	7.21	4.86	4.21
11/30/2008	882.4	32.6	59.1	51.25	61.13	57.85	62.42	60.96	55.97	17.84	12.85	31.84	36.63	3.43	7.21	4.83	4.42

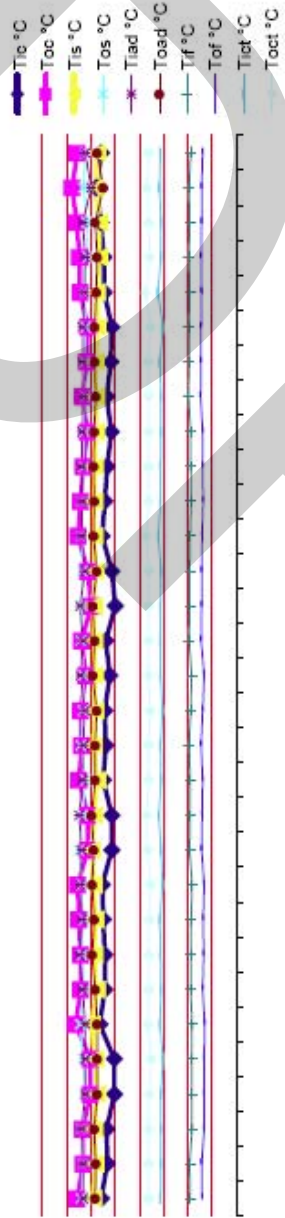
ผนวกที่ ข11 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน พฤศจิกายน 2551

ข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ประจำเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2551

Day	Ght(Max)	Ta	Tt	Tic	Toc	Tis	Tos	Tiad	Toad	Tif	Tof	Tict	Toct	Pe	Phrs1-3	Pad	Pfcu
	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	hr	hr	hr	hr
12/1/2008	982.3	28.37	53.3	55.95	65.83	62.02	67.04	62.15	67.15	19.32	14.32	31.30	36.30	3.56	7.06	5.12	4.75
12/2/2008	837.6	27.02	52	54.31	64.29	59.02	64.04	66.59	61.59	19.93	14.83	31.20	36.20	3.65	7.11	5.12	4.67
12/3/2008	1026.3	28.3	51.9	52.4	62.38	59.54	64.56	66.32	60.32	19.85	14.85	31.15	36.15	3.45	7.19	4.97	4.68
12/4/2008	1301.8	29.68	47.3	51.29	61.27	57.34	62.38	62.35	57.35	18.96	13.86	31.12	36.12	3.57	7.06	5.02	5.02
12/5/2008	1180.3	31.07	49.6	52.36	62.34	56.35	61.37	61.35	56.35	18.85	13.85	31.55	36.55	3.16	6.75	4.75	4.32
12/6/2008	1027.1	32.24	56.9	55.32	65.3	60.44	65.46	63.55	58.55	18.96	13.96	31.56	36.56	3.11	6.96	4.56	4.25
12/7/2008	844.9	31.92	57.9	52.44	62.42	57.85	62.87	64.32	59.32	19.93	14.83	31.40	36.40	3.15	6.54	4.77	4.29
12/8/2008	936.7	32.65	57.6	51.73	61.71	59.38	64.4	65.98	60.98	18.99	14.99	31.45	36.45	3.48	7.02	4.68	5.06
12/9/2008	977.8	32.74	57.9	53.38	63.34	60.01	65.03	66.25	61.25	19.94	14.94	31.60	36.60	3.52	6.98	4.82	4.98
12/10/2008	827.9	33.19	57.8	52.35	62.33	58.98	63.98	68.75	64.75	18.98	13.98	31.56	36.56	3.12	6.57	4.82	4.24
12/11/2008	919.7	31.23	56.7	53.27	63.25	59.71	64.73	68.32	63.32	19.35	14.35	31.85	36.85	3.49	7.02	4.91	4.67
12/12/2008	1121.2	31.27	57.4	54.31	64.29	58.32	63.34	65.55	60.55	18.75	14.75	31.90	36.90	3.58	7.03	4.97	4.68
12/13/2008	955.6	27.9	62.5	51.56	61.54	55.64	60.66	63.33	58.33	20.84	15.84	32.25	37.25	3.19	6.62	4.67	4.23
12/14/2008	981.5	28.7	62.1	52.31	62.29	59.88	64.9	62.15	57.15	19.49	14.49	31.95	36.95	3.28	6.26	4.59	4.29
12/15/2008	618.7	30.1	61.5	51.31	61.29	59.23	64.25	63.54	59.54	19.96	14.96	32.89	37.89	3.72	7.01	4.96	4.68
12/16/2008	1053.6	31.1	61.1	52.27	62.25	57.37	62.99	64.32	59.32	19.78	14.78	32.69	37.69	3.58	7.06	5.01	4.75
12/17/2008	1062.8	32.2	61.2	52.96	62.94	57.32	62.94	66.35	61.35	19.52	14.52	32.21	37.21	3.59	6.99	5.06	4.68
12/18/2008	887.3	32.9	49.99	57.65	67.63	62.77	67.79	68.37	61.37	19.88	14.88	32.65	37.65	3.57	7.02	5.16	4.85
12/19/2008	884.6	33.4	50.8	56.32	66.3	59.21	64.23	62.56	57.56	19.21	14.21	32.25	37.25	3.68	6.98	4.98	4.82
12/20/2008	849.7	34.1	52.02	55.51	65.49	59.32	64.34	66.67	60.67	19.94	14.64	32.11	37.11	3.25	6.84	4.78	4.16
12/21/2008	1244.2	34.2	53.05	63.99	63.87	59.68	64.7	66.32	61.32	20.12	15.12	32.33	37.33	3.27	6.02	4.57	4.34
12/22/2008	646.5	33.9	53.98	52.56	62.54	59.38	64.4	64.21	59.21	20.99	15.99	32.24	37.24	3.68	6.99	5.12	4.95
12/23/2008	849	33.7	53.15	52.58	62.56	59.65	64.67	63.56	58.56	18.99	13.99	31.55	36.55	3.59	7.02	5.15	4.77
12/24/2008	1173.1	32.8	53.75	63.25	63.23	57.69	62.71	62.55	57.55	19.64	14.64	32.65	37.65	3.64	7.15	5.19	4.68
12/25/2008	832.5	27.3	57	54.89	64.87	59.66	64.98	63.34	58.34	21.34	16.34	31.54	36.54	3.57	6.98	5.27	4.68
12/26/2008	1022	27.6	56.6	57.02	67	58.27	63.29	64.22	59.22	19.65	14.65	32.65	37.65	3.77	7.09	5.24	4.62
12/27/2008	719.2	29.3	56.3	53.99	63.67	57.68	62.7	62.15	57.15	18.87	14.87	32.24	37.24	3.35	6.34	4.59	4.25
12/28/2008	1151	30.6	48.2	54.29	64.27	57.68	62.7	63.55	58.55	18.98	13.88	32.87	37.87	3.27	6.42	4.78	4.29
12/29/2008	1134	31.7	52.7	54.66	64.64	57.09	62.11	65.46	60.46	19.23	14.23	31.15	36.15	3.88	6.89	4.98	4.68
12/30/2008	512.4	32.6	59.1	57.25	67.23	56.85	61.87	61.36	56.36	18.78	14.78	31.46	36.46	3.69	6.82	4.91	4.72
12/31/2008	971.7	29.96	62.5	54.23	64.21	58.32	63.34	63.42	58.42	18.87	14.87	31.46	36.46	3.08	6.23	4.56	4.29

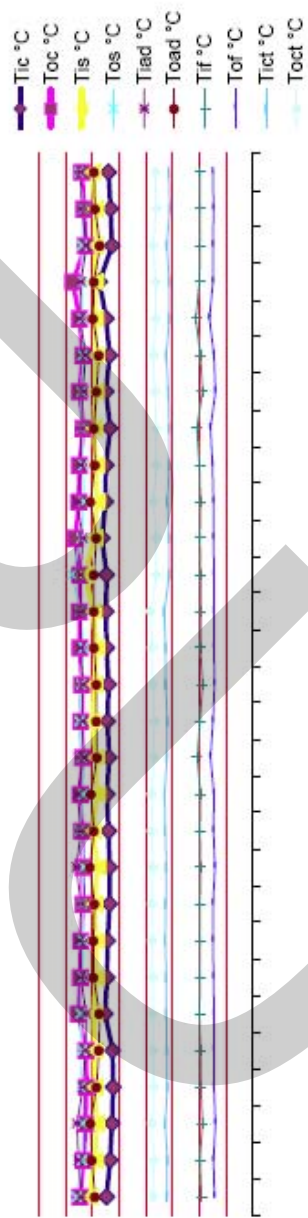
ผนวกที่ ข12 ตารางแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ธันวาคม 2551

เดือน มกราคม 2551



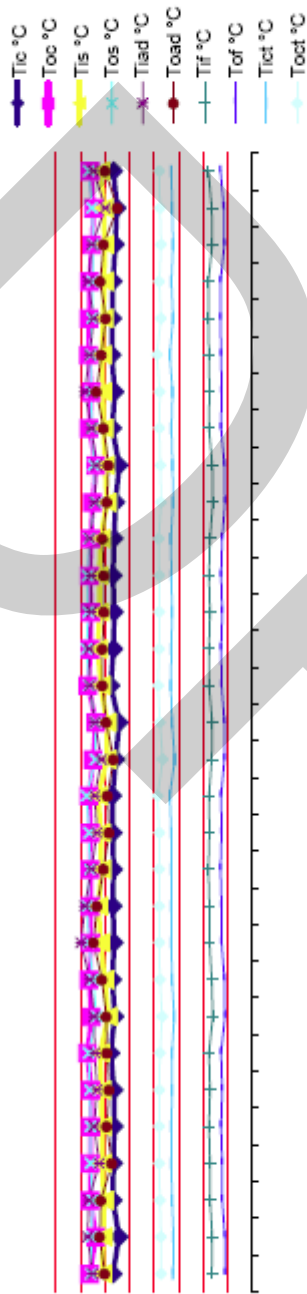
ผนวกที่ ข13 กราฟแสดงข้อมูลระบบคลัตช์ร้อนแบบผสมผสาน มกราคม 2551

กุมภาพันธ์ 2551



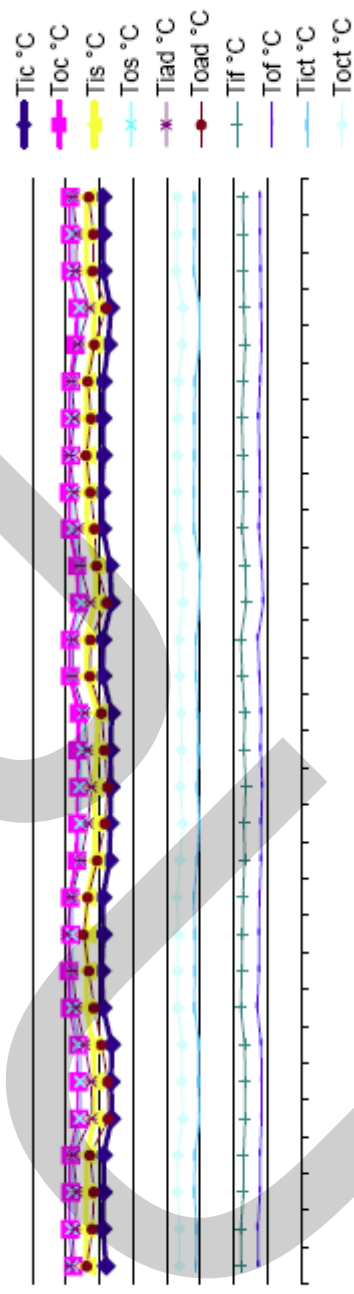
ผนวกที่ ข14 กราฟแสดงข้อมูลระบบคลัตช์ร้อนแบบผสมผสาน กุมภาพันธ์ 2551

เดือน มีนาคม 2551



หมวดที่ ข15 กราฟแสดงข้อมูลระบบคิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน มีนาคม 2551

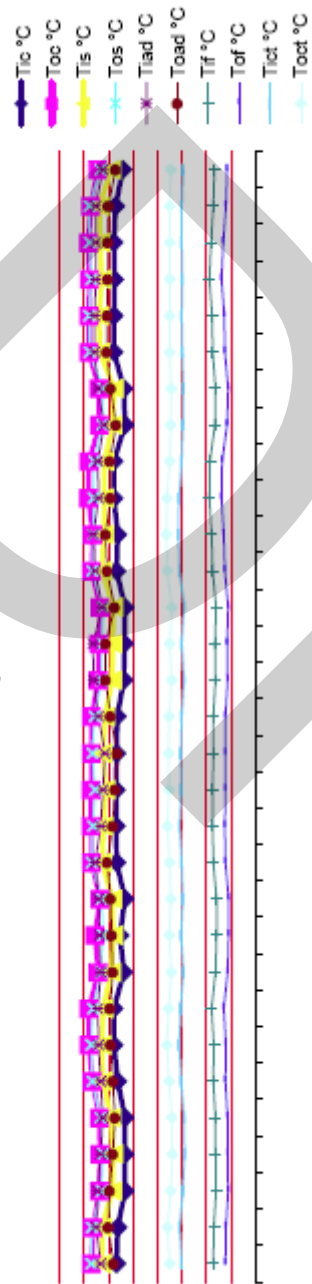
เดือน เมษายน 2551



หมวดที่ ข16 กราฟแสดงข้อมูลระบบคิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน เมษายน 2551

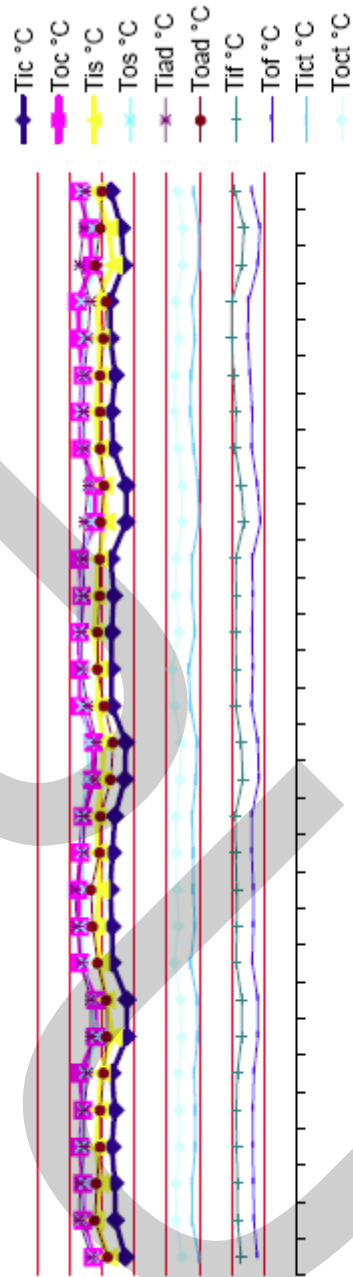


เดือน พฤษภาคม 2551



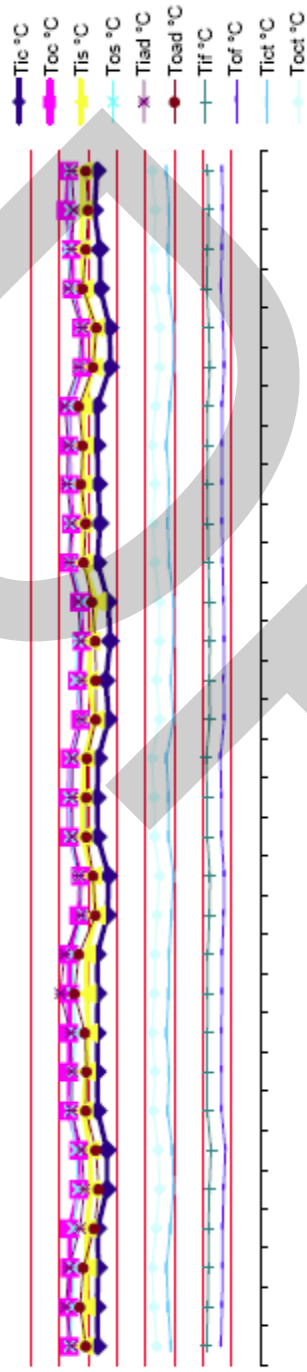
หมวดที่ ข17 กราฟแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน พฤษภาคม 2551

เดือน มิถุนายน 2551



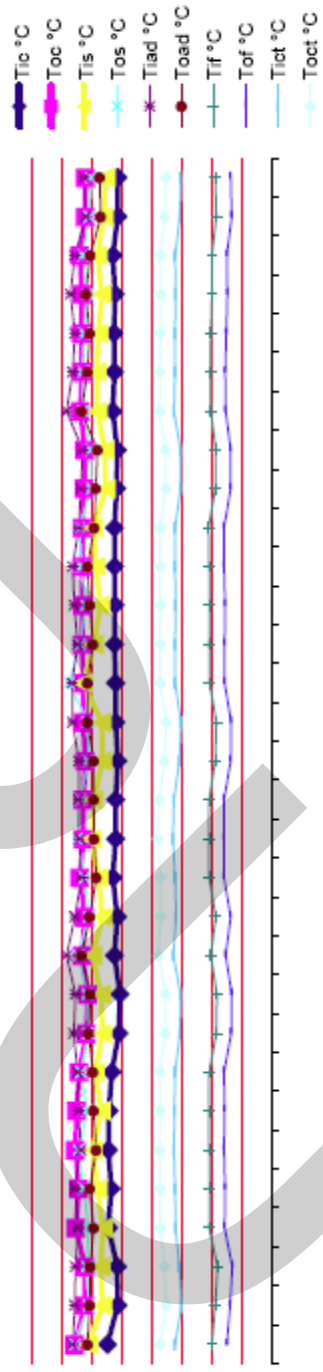
หมวดที่ ข18 กราฟแสดงข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน มิถุนายน 2551

เดือน กรกฎาคม 2551



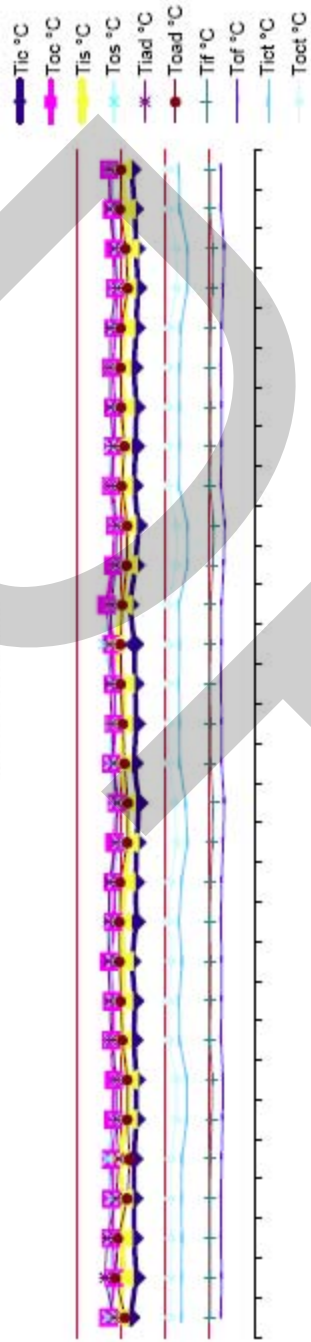
หมวดที่ ๗19 กราฟแสดงข้อมูลระบบติดตามอุณหภูมิแบบผสมผสาน กรกฎาคม 2551

เดือน สิงหาคม 2551



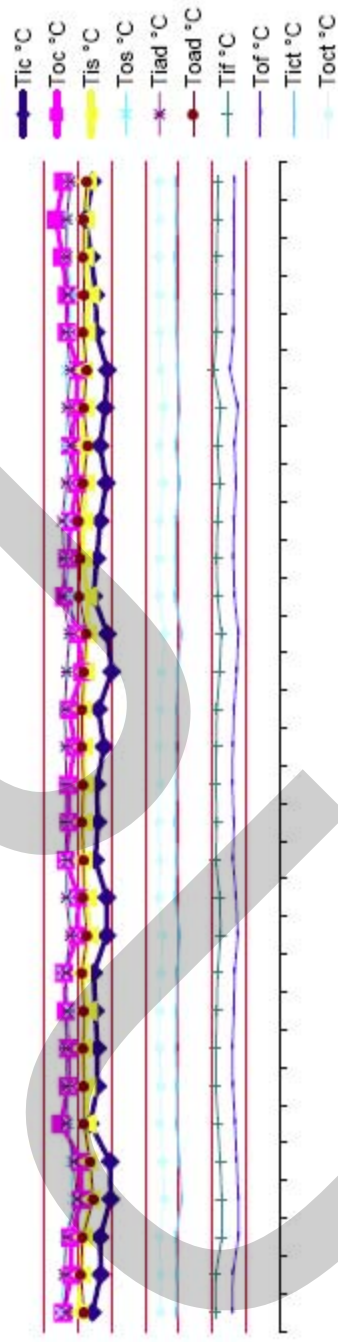
หมวดที่ ๗20 กราฟแสดงข้อมูลระบบติดตามอุณหภูมิแบบผสมผสาน สิงหาคม 2551

เดือน กันยายน 2551



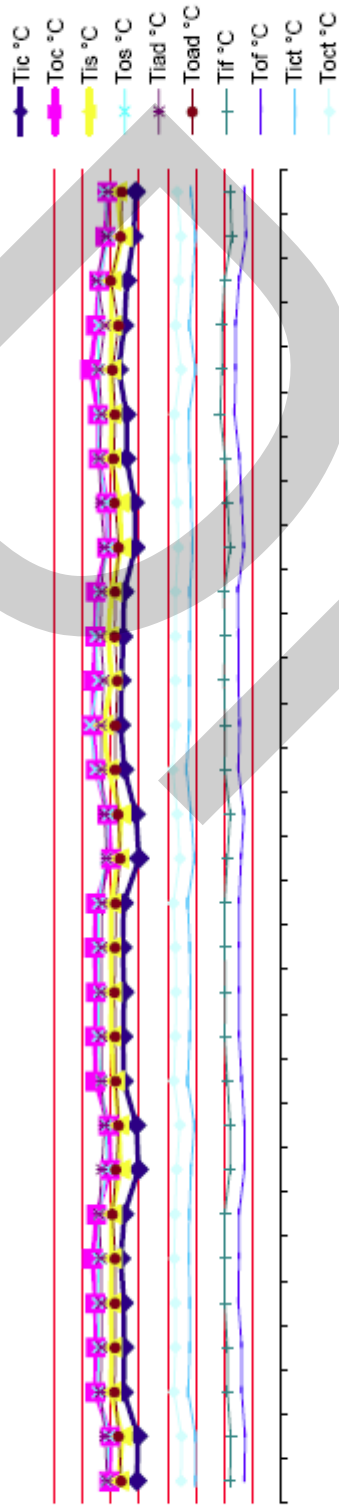
ผนวกที่ ข21 กราฟแสดงข้อมูลระบบสวิตช์น้ำร้อนแบบผสมผสาน กันยายน 2551

เดือน ตุลาคม 2551



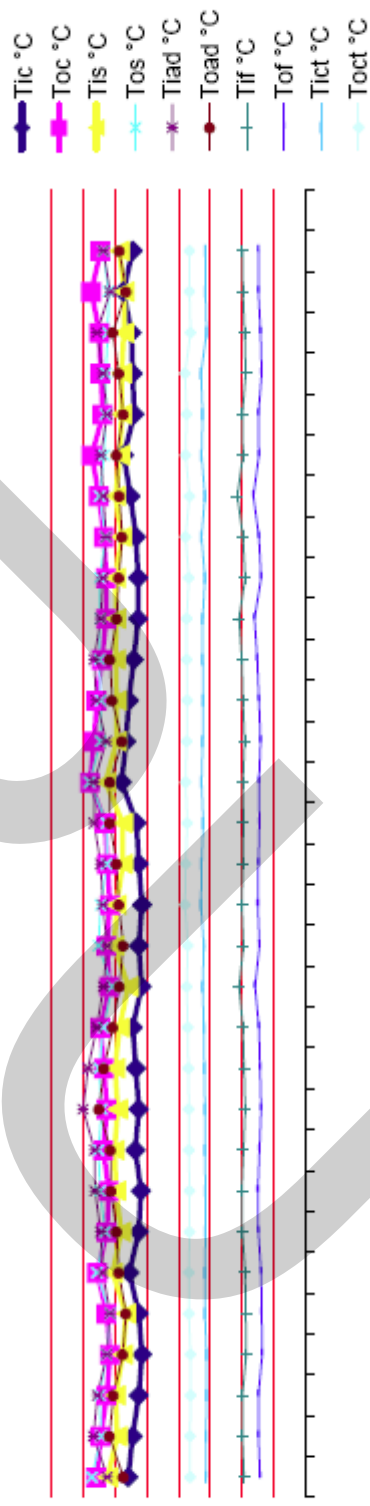
ผนวกที่ ข22 กราฟแสดงข้อมูลระบบสวิตช์น้ำร้อนแบบผสมผสาน ตุลาคม 2551

เดือน พฤศจิกายน 2551



หมวดที่ ๒3 กราฟแสดงข้อมูลระบบคลัตช์ร้อนแบบผสมผสาน พฤศจิกายน 2551

เดือน ธันวาคม 2551



หมวดที่ ๒4 กราฟแสดงข้อมูลระบบคลัตช์ร้อนแบบผสมผสาน ธันวาคม 2551

MONTH	INPUT			OUTPUT			
	PVT	HRS	TOTAL	ADS	COOLING	FCU	TOTAL
	kW-h	kW-h	kW-h	kW-h	kW-h	kW-h	kW-h
January-08	5,363.85	22,347.58	<b>27,711.43</b>	15,910.13	5,149.06	8,265.95	<b>13,415.01</b>
February-08	5,096.36	22,167.38	<b>27,263.74</b>	16,509.55	5,377.40	8,686.56	<b>14,063.96</b>
March-08	4,504.04	21,421.32	<b>25,925.36</b>	17,098.81	5,569.33	9,040.12	<b>14,609.45</b>
April-08	5,072.87	19,353.27	<b>24,426.14</b>	17,718.56	5,433.65	8,792.63	<b>14,226.28</b>
May-08	5,353.04	19,737.63	<b>25,090.67</b>	16,423.19	5,348.94	8,629.26	<b>13,978.20</b>
June-08	4,976.23	21,808.48	<b>26,784.71</b>	16,850.92	5,485.27	8,878.58	<b>14,363.85</b>
July-08	4,978.73	21,822.78	<b>26,801.51</b>	16,853.96	5,382.03	8,898.70	<b>14,280.73</b>
August-08	5,009.85	22,258.97	<b>27,268.82</b>	17,777.48	5,445.56	8,222.06	<b>13,667.62</b>
September - 08	4,685.79	24,069.39	<b>28,755.18</b>	14,831.16	5,502.15	8,304.96	<b>13,807.11</b>
October-08	4,335.47	24,144.83	<b>28,480.30</b>	14,697.05	5,446.89	7,588.70	<b>13,035.59</b>
November-08	4,543.53	21,352.06	<b>25,895.59</b>	15,083.12	5,578.26	8,447.00	<b>14,025.26</b>
December-08	4,534.53	22,941.75	<b>27,476.28</b>	15,450.91	5,363.50	8,676.81	<b>14,040.31</b>
<b>TOTAL</b>	<b>58,454.29</b>	<b>263,425.44</b>	<b>321,879.73</b>	<b>195,204.84</b>	<b>65,082.04</b>	<b>102,431.33</b>	<b>167,513.37</b>

ผนวกที่ ข25 การแสดงค่าเฉลี่ยพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบตลอด 12 เดือน

MONTH	INPUT			OUTPUT			
	PVT	HRS	TOTAL	ADS	COOLING	FCU	LOSS
	%	%	%	%	%	%	%
January-08	19.36	80.64	<b>100</b>	<b>100</b>	32.36	51.95	15.68
February-08	18.69	81.31	<b>100</b>	<b>100</b>	32.57	52.62	14.81
March-08	17.37	82.63	<b>100</b>	<b>100</b>	32.57	52.87	14.56
April-08	20.77	79.23	<b>100</b>	<b>100</b>	30.67	49.62	19.71
May-08	21.33	78.67	<b>100</b>	<b>100</b>	32.57	52.54	14.89
June-08	18.58	81.42	<b>100</b>	<b>100</b>	32.55	52.69	14.76
July-08	18.58	81.42	<b>100</b>	<b>100</b>	31.93	52.80	15.27
August-08	18.37	81.63	<b>100</b>	<b>100</b>	30.63	46.25	23.12
September-08	16.30	83.70	<b>100</b>	<b>100</b>	37.10	56.00	6.90
October-08	15.22	84.78	<b>100</b>	<b>100</b>	37.06	51.63	11.30
November-08	17.55	82.45	<b>100</b>	<b>100</b>	36.98	56.00	7.01
December-08	16.50	83.50	<b>100</b>	<b>100</b>	34.71	56.16	9.13

ผนวกที่ ข26 การแสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์พลังงานความร้อนที่ได้จากระบบตลอด 12 เดือน

MONTH	INPUT			OUTPUT			
	PVT	HRS	TOTAL	ADS	COOLING	FCU	LOSS
	kWh, %	kWh, %	kWh, %	kWh, %	kWh, %	kWh, %	kWh, %
TOTAL	58,454.29	263,425.44	321,879.73	195,204.84	65,082.04	102,431.33	27,691.47
	<b>18.16</b>	<b>81.84</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>33.34</b>	<b>52.47</b>	<b>14.19</b>

ผนวกที่ ข27 การแสดงสรุปภาพรวมเฉลี่ยพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบโดยรวมทั้งปี 2551

ภาคผนวก ค

ผลรวมข้อมูลของระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์  
กับความร้อนทิ้งของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

Item	Description	เดือน มิ.ย. 2551														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Energy Output 1 น้ำร้อนที่ห้องควบคุมฯ	$Q_c = m_c \times C_p \times (T_{oc} - T_{ic})$	Flow rate	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	
- inlet temp (C)		53.62	54.21	56.35	57.98	55.89	55.53	55.53	52.32	53.87	53.62	54.01	53.77			
- outlet temp (C)		63.57	64.14	65.78	67.68	66.11	65.35	65.35	63.18	63.97	62.31	63.89	63.75			
- pump working time (hr.)		127.20	121.10	112.70	123.40	123.59	119.57	119.63	108.85	109.47	117.72	108.51	107.21			
- energy (MJ)		19,309.87	18,346.89	16,214.54	18,262.32	19,270.96	17,914.42	17,923.41	18,035.47	16,868.86	15,607.71	16,356.71	16,324.32			
- พลังงานความร้อนที่ได้ (kW-h)		5,363.85	5,096.36	4,504.04	5,072.87	5,353.04	4,976.23	4,978.73	5,009.85	4,685.79	4,335.47	4,543.53	4,534.53			
2 าน Heat Recovery		$Q_{hs} = m_{hs} \times C_p \times (T_{os} - T_{is})$	Flow rate	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60
- inlet temp (C)			58.19	59.18	61.07	62.83	61.00	60.44	60.44	57.75	58.92	57.97	58.95	58.76		
- outlet temp (C)			63.25	64.11	65.80	67.17	65.25	65.17	65.17	62.48	64.16	63.26	63.52	63.78		
- pump working time (hr.)			204.50	208.20	209.70	206.48	215.04	213.49	213.63	217.90	212.69	211.34	216.34	211.61		
- energy (MJ)	80,451.30		79,802.57	77,116.76	69,671.79	71,055.45	78,510.53	78,562.01	80,132.30	86,649.80	86,921.38	76,867.41	82,590.32			
- พลังงานความร้อนที่ได้ (kW-h)	22,347.58		22,167.38	21,421.32	19,353.27	19,737.63	21,808.48	21,822.78	22,258.97	24,069.39	24,144.83	21,352.06	22,941.75			
- พลังงานความร้อนรวม (kW-h)	27,711.44		27,263.74	25,925.36	24,426.14	25,090.67	26,784.71	26,801.51	27,268.82	28,755.18	28,480.30	25,895.59	27,476.29			
การดำเนินงานห้องควบคุม	$Q_{wh} = m_{wh} \times C_p \times (T_{od} - T_{ad})$		Flow rate	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
- inlet temp (C)			63.25	64.11	65.20	66.17	64.25	65.17	65.17	65.09	64.16	63.26	63.02	64.38		
- outlet temp (C)			58.25	59.11	60.20	61.17	59.25	60.17	60.17	60.09	59.16	58.26	58.02	59.38		
- pump working time (hr.)		156.60	162.50	168.30	174.40	161.65	165.86	165.89	174.98	145.98	144.66	148.46	152.08			
- energy in (MJ)		57,276.45	59,434.38	61,555.73	63,786.80	59,123.49	60,663.30	60,674.27	63,998.94	53,392.19	52,909.40	54,299.25	55,623.26			
- energy in (kW-h)		15,910.13	16,509.55	17,098.81	17,718.56	16,423.19	16,850.92	16,853.96	17,777.48	14,831.16	14,697.05	15,083.12	15,450.91			



Item	Description	เดือน ปี 2551											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
cold water loop		$Q_{flow} = m_f \times C_p \times (T_f - T_{of})$											
- flow rate (m3 / hr.)	Flow rate	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
- inlet temp (C)	Tif	18.99	19.82	17.09	17.12	17.25	18.11	18.11	19.89	19.51	18.29	19.25	19.66
- outlet temp (C)	Tof	13.99	14.82	12.09	12.12	12.25	13.11	13.11	14.89	14.51	13.29	14.25	14.66
- pump working time (hr.)	Pfou	135.60	142.50	148.30	144.24	141.56	145.65	145.98	134.88	136.24	124.49	138.57	142.34
- energy out (MJ)	Energy	29,757.42	31,271.63	32,544.44	31,653.47	31,065.34	31,962.89	32,035.31	29,599.42	29,897.87	27,319.33	30,409.19	31,236.51
- energy out (kW-h)	Hot Energy	8,265.95	8,686.56	9,040.12	8,792.63	8,629.36	8,878.58	8,898.70	8,222.06	8,304.96	7,588.70	8,447.00	8,676.81
cooling water loop		$Q_{at} = m_{at} \times C_p \times (T_{at} - T_{out})$											
- flow rate (m3 / hr.)	Flow rate	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
- inlet temp (C)	Tict	31.21	32.10	32.70	31.21	30.20	31.50	31.50	31.70	32.60	30.40	31.80	31.90
- outlet temp (C)	Toot	36.21	37.10	37.70	36.21	35.20	36.50	36.50	36.70	37.60	35.40	36.80	36.90
- pump working time (hr.)	Pct	155.60	162.50	168.30	164.20	161.64	165.76	162.64	164.56	166.27	164.60	168.57	162.08
- energy out (MJ)	Energy	18,536.63	19,358.63	20,049.58	19,561.15	19,256.17	19,746.99	19,375.30	19,604.03	19,807.75	19,608.80	20,081.74	19,308.59
- energy out (kW-h)	Hot Energy	5,149.06	5,377.40	5,569.33	5,433.65	5,348.94	5,483.27	5,382.03	5,445.56	5,502.15	5,446.89	5,578.26	5,363.50
<b>2. 310 STORAGE TANK</b>													
<b>2.1.1 ห้อง Lab จำนวน 12 ห้อง</b>													
- flow rate (m3 / hr.)	Flow rate	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
- hot water temp (C)		61.20	63.24	64.78	66.68	65.21	64.35	64.25	65.18	63.97	62.31	61.89	62.75
- pump working time (hr.)		30.20	29.35	30.28	27.24	25.11	28.39	29.36	26.57	27.88	28.39	29.67	29.68
- energy (MJ)	Energy	5,907.84	6,116.97	6,603.18	6,264.75	5,543.45	6,114.48	6,304.99	5,860.77	5,938.21	5,751.35	5,932.53	6,094.57
- energy (kW-h)	Hot Energy	1,641.07	1,699.16	1,834.22	1,740.21	1,539.85	1,698.47	1,751.39	1,627.99	1,649.50	1,597.60	1,647.92	1,692.93
เมื่อใช้งานระบบ แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจะสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ (kW-h)		2,344.38	2,427.37	2,620.31	2,486.01	2,199.78	2,426.38	2,501.98	2,325.70	2,356.43	2,282.28	2,354.18	2,418.48
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่สามารถช่วยประหยัดได้ (บาท)		11,722	12,137	13,102	12,430	10,999	12,132	12,510	11,629	11,782	11,411	11,771	12,092

Item	Description	เดือน ปี 2551												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2.2 ข้อมูลการ จำนวน 10 ห้อง														
- flow rate (m <sup>3</sup> / hr.)	Flow rate	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
- hot water temp (C)		61.20	63.24	64.78	66.68	65.21	64.35	64.25	65.18	63.97	62.31	61.89	62.75	62.75
- pump working time (hr.)		29.15	32.11	30.35	30.65	31.42	32.44	32.36	32.14	29.98	28.56	26.24	24.35	24.35
- energy (MJ)	Energy	5,702.44	6,692.20	6,618.44	7,049.00	6,936.49	6,986.75	6,949.23	7,089.40	6,385.50	5,785.79	5,246.70	5,000.09	5,000.09
- energy (kW-h)	Hot Energy	1,584.01	1,858.94	1,838.46	1,958.05	1,926.80	1,940.76	1,930.34	1,969.28	1,773.75	1,607.16	1,457.42	1,388.91	1,388.91
เมื่อใช้งานระบบฯ แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจะสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ (kW-h)	Hot Energy	2,262.87	2,655.63	2,626.37	2,797.22	2,752.58	2,772.52	2,757.63	2,813.25	2,533.93	2,295.95	2,082.02	1,984.16	1,984.16
รวมพลังงานที่ต้องใช้ (MJ)	Hot Energy	4,607.26	5,083.01	5,246.67	5,283.23	4,952.36	5,198.90	5,259.61	5,138.96	4,890.36	4,578.23	4,436.20	4,402.64	4,402.64
- เมื่อใช้แทน Electric Heater จะช่วยประหยัดได้ (kW-h)														
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่สามารถช่วยประหยัดได้ (บาท)		23,036	25,415	26,233	26,416	24,762	25,995	26,298	25,695	24,452	22,891	22,181	22,013	22,013
ไฟฟ้าที่สำรองระบบฯ														
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW-h)		825.00	818.20	807.67	835.55	810.58	823.30	804.27	798.16	797.04	809.38	795.57	801.12	801.12
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่สามารถช่วยประหยัดได้ (บาท)		4,125.00	3,681.90	3,634.52	3,759.98	3,647.61	3,704.85	3,619.22	3,591.72	3,586.68	3,642.21	3,580.07	3,605.04	3,605.04
Energy Input 1														
พลังงานจากแสงอาทิตย์														
- sun energy (MJ/m <sup>2</sup> .day)		18.78	19.26	21.70	22.54	21.30	20.59	19.75	19.59	18.93	18.94	18.54	19.25	19.25
- area total (m <sup>2</sup> ) 0.9*0.9=0.81m <sup>2</sup>		89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10	89.10
- energy (MJ)		51,872.24	53,198.05	59,937.57	62,257.73	58,832.73	56,871.64	54,551.48	54,109.54	52,286.55	52,314.17	51,209.33	53,170.43	53,170.43
- energy (kW-h)		14,408.96	14,777.24	16,649.33	17,293.82	16,342.43	15,797.68	15,153.19	15,030.43	14,524.04	14,531.72	14,224.82	14,769.56	14,769.56

Item	Description	เดือน ปี 2551											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Energy Input 2</b>													
ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบฯ													
1.cir.pump Pc (kW.h)		131.70	130.50	132.20	135.10	132.40	130.60	133.70	131.10	128.70	127.50	129.40	
2.cir.pump Phrs (kW.h)		151.43	153.21	165.41	157.50	152.42	154.27	156.34	154.28	157.62	155.24	154.23	
3.cooled water pump Pfcu (kW.h)		141.57	141.86	148.81	146.30	142.41	142.44	145.02	142.69	143.16	141.37	141.82	
4.cooling water pump Pci (kW.h)		101.20	105.23	104.27	112.13	108.56	104.13	112.34	116.00	110.85	105.41	108.96	
5.ads chiller Pad (kW.h)		66.20	64.10	58.70	59.60	57.20	59.80	61.90	62.35	58.80	59.10	66.90	
รวมพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้		596.41	592.10	594.90	610.63	592.99	591.24	609.30	606.42	599.13	588.62	601.31	
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าที่ใช้ (บาท)		2,982.03	2,960.48	2,974.48	3,046.93	2,964.95	2,956.18	3,046.50	3,032.10	2,995.65	2,943.10	3,006.53	
<b>Energy Summation</b>													
หากใช้ระบบเดิมจะต้องใช้ไฟฟ้า													
ระบบนี้ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด													
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า													
		4,132.98	4,343.28	4,520.06	4,396.32	4,439.29	4,449.35	4,111.03	4,152.48	3,794.35	4,223.50	4,338.40	
		8,968.83	9,652.39	9,979.51	9,466.94	9,868.50	9,921.99	9,438.85	9,233.46	8,582.83	8,866.65	8,940.86	
		44,844.13	48,261.96	49,897.55	47,334.69	49,342.51	49,609.97	47,194.23	46,167.32	42,914.16	44,333.24	44,704.30	
<b>COP of ADS Chiller</b>													
		0.52	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.46	0.56	0.52	0.56	0.56	
	Thermal efficiency of PVT (%)	37.23	34.49	27.05	29.33	31.50	32.86	33.33	32.26	29.83	31.94	30.70	
	Electrical efficiency of PVT (%)	5.73	5.54	4.85	4.83	4.96	5.31	5.31	5.49	5.57	5.59	5.42	

ภาคผนวก ง  
แสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงแสงอาทิตย์  
จากตู้ INVERTER G300 & G304  
01/03/08 - 12/03/09

ภาคผนวก ง1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงแสงอาทิตย์ผ่าน INVERTER

G 300			G 304		
Number	Day/Month/Year	kW .h	Number	Day/Month/Year	kW .h
001	12/03/09	6.87	001	12/03/09	8.93
002	11/03/09	8.35	002	11/03/09	8.48
003	10/03/09	8.48	003	10/03/09	7.52
004	09/03/09	9.83	004	09/03/09	8.32
005	08/03/09	7.52	005	08/03/09	8.55
006	07/03/09	9.01	006	07/03/09	9.35
007	06/03/09	7.80	007	06/03/09	7.62
008	05/03/09	7.69	008	05/03/09	6.39
009	04/03/09	9.43	009	04/03/09	7.46
010	03/03/09	7.08	010	03/03/09	8.42
011	02/03/09	6.76	011	02/03/09	8.65
012	01/03/09	2.92	012	01/03/09	4.18
013	28/02/09	7.03	013	28/02/09	9.36
014	27/02/09	7.29	014	27/02/09	7.62
015	26/02/09	7.63	015	26/02/09	3.25
016	25/02/09	7.39	016	25/02/09	4.72
017	24/02/09	7.84	017	24/02/09	6.59
018	23/02/09	7.81	018	23/02/09	5.58
019	22/02/09	7.50	019	22/02/09	6.44
020	21/02/09	6.97	020	21/02/09	6.59
021	20/02/09	6.65	021	20/02/09	7.18
022	19/02/09	6.03	022	19/02/09	7.32
023	18/02/09	5.14	023	18/02/09	7.39
024	17/02/09	5.07	024	17/02/09	7.55
025	16/02/09	7.24	025	16/02/09	6.42

G 300			G 304		
Number	Day/Month/Yea r	kW .h	Number	Day/Month/Yea r	kW .h
026	15/02/09	6.48	026	15/02/09	8.16
027	14/02/09	6.70	027	14/02/09	9.32
028	13/02/09	6.89	028	13/02/09	8.99
029	12/02/09	5.92	029	12/02/09	8.80
030	11/02/09	5.68	030	11/02/09	8.55
031	10/02/09	6.76	031	10/02/09	7.13
032	09/02/09	6.81	032	09/02/09	6.99
033	08/02/09	6.08	033	08/02/09	6.90
034	07/02/09	6.88	034	07/02/09	6.55
035	06/02/09	5.40	035	06/02/09	7.65
036	05/02/09	5.62	036	05/02/09	7.95
037	04/02/09	5.80	037	04/02/09	7.32
038	03/02/09	5.40	038	03/02/09	7.11
039	02/02/09	4.51	039	02/02/09	7.86
040	01/02/09	5.49	040	01/02/09	7.21
041	31/01/09	6.31	041	31/01/09	7.15
042	30/01/09	3.34	042	30/01/09	7.18
043	29/01/09	5.36	043	29/01/09	5.32
044	28/01/09	2.32	044	28/01/09	5.15
045	27/01/09	3.65	045	27/01/09	6.13
046	26/01/09	6.81	046	26/01/09	6.99
047	25/01/09	4.49	047	25/01/09	6.98
048	24/01/09	6.85	048	24/01/09	7.22
049	23/01/09	5.61	049	23/01/09	7.24
050	22/01/09	6.14	050	22/01/09	7.59
051	21/01/09	5.56	051	21/01/09	7.69

G 300			G 304		
Number	Day/Month/Year	kW .h	Number	Day/Month/Year	kW .h
052	20/01/09	5.36	052	20/01/09	7.78
053	19/01/09	5.85	053	19/01/09	7.24
054	18/01/09	6.31	054	18/01/09	7.68
055	17/01/09	6.94	055	17/01/09	7.42
056	16/01/09	7.03	056	16/01/09	8.15
057	15/01/09	6.90	057	15/01/09	6.30
058	14/01/09	6.96	058	14/01/09	8.15
059	13/01/09	7.23	059	13/01/09	8.49
060	12/01/09	7.74	060	12/01/09	9.70
061	11/01/09	7.67	061	11/01/09	0.01
062	10/01/09	7.62	062	10/01/09	9.57
063	09/01/09	7.53	063	09/01/09	8.32
064	08/01/09	6.64	064	08/01/09	8.21
065	07/01/09	7.42	065	07/01/09	8.32
066	06/01/09	7.44	066	06/01/09	8.54
067	05/01/09	6.80	067	05/01/09	7.59
068	04/01/09	7.93	068	04/01/09	6.01
069	03/01/09	7.73	069	03/01/09	9.32
070	02/01/09	5.90	070	02/01/09	7.86
071	01/01/09	5.06	071	01/01/09	6.67
072	31/12/08	5.13	072	31/12/08	6.64
073	30/12/08	5.70	073	30/12/08	6.89
074	29/12/08	5.87	074	29/12/08	7.62
075	28/12/08	4.58	075	28/12/08	4.44
076	27/12/08	6.05	076	27/12/08	7.76
077	26/12/08	5.09	077	26/12/08	6.60

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
078	25/12/08	6.09	078	25/12/08	7.92
079	24/12/08	6.24	079	24/12/08	8.00
080	23/12/08	7.69	080	23/12/08	9.75
081	22/12/08	6.91	081	22/12/08	8.89
082	21/12/08	7.10	082	21/12/08	9.13
083	20/12/08	6.89	083	20/12/08	8.86
084	19/12/08	5.38	084	19/12/08	7.00
085	18/12/08	7.13	085	18/12/08	9.20
086	17/12/08	5.96	086	17/12/08	7.82
087	16/12/08	5.67	087	16/12/08	7.65
088	15/12/08	6.89	088	15/12/08	8.75
089	14/12/08	7.35	089	14/12/08	9.12
090	13/12/08	6.64	090	13/12/08	8.63
091	12/12/08	7.51	091	12/12/08	9.28
092	11/12/08	6.86	092	11/12/08	8.57
093	10/12/08	6.64	093	10/12/08	8.66
094	09/12/08	7.00	094	09/12/08	8.91
095	08/12/08	7.47	095	08/12/08	9.43
096	07/12/08	6.91	096	07/12/08	8.62
097	06/12/08	4.91	097	06/12/08	6.35
098	05/12/08	8.77	098	05/12/08	11.19
099	04/12/08	7.51	099	04/12/08	9.66
100	03/12/08	8.51	100	03/12/08	10.66
101	02/12/08	8.50	101	02/12/08	10.87
102	01/12/08	8.27	102	01/12/08	10.59
103	30/11/08	8.05	103	30/11/08	10.17



<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
104	29/11/08	8.55	104	29/11/08	11.05
105	28/11/08	8.44	105	28/11/08	10.80
106	27/11/08	7.15	106	27/11/08	9.21
107	26/11/08	4.87	107	26/11/08	6.40
108	25/11/08	5.67	108	25/11/08	7.40
109	24/11/08	6.68	109	24/11/08	8.65
110	23/11/08	7.97	110	23/11/08	10.24
111	22/11/08	6.20	111	22/11/08	8.06
112	21/11/08	6.74	112	21/11/08	8.72
113	20/11/08	7.78	113	20/11/08	10.00
114	19/11/08	4.69	114	19/11/08	6.19
115	18/11/08	4.02	115	18/11/08	5.38
116	17/11/08	6.28	116	17/11/08	8.16
117	16/11/08	4.02	117	16/11/08	5.36
118	15/11/08	8.27	118	15/11/08	10.55
119	14/11/08	6.99	119	14/11/08	9.02
120	13/11/08	8.77	120	13/11/08	11.18
121	12/11/08	7.94	121	12/11/08	10.19
122	11/11/08	7.74	122	11/11/08	10.08
123	10/11/08	8.26	123	10/11/08	10.59
124	09/11/08	8.21	124	09/11/08	10.66
125	08/11/08	5.02	125	08/11/08	6.49
126	07/11/08	5.84	126	07/11/08	7.61
127	06/11/08	7.42	127	06/11/08	9.56
128	05/11/08	4.68	128	05/11/08	6.18
129	04/11/08	2.60	129	04/11/08	3.49

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
130	03/11/08	5.05	130	03/11/08	6.61
131	02/11/08	7.84	131	02/11/08	10.13
132	01/11/08	7.44	132	01/11/08	9.69
133	31/10/08	5.91	133	31/10/08	7.70
134	30/10/08	4.71	134	30/10/08	6.21
135	29/10/08	4.00	135	29/10/08	5.35
136	28/10/08	8.61	136	28/10/08	11.08
137	27/10/08	5.88	137	27/10/08	7.62
138	26/10/08	5.03	138	26/10/08	6.62
139	25/10/08	6.56	139	25/10/08	8.52
140	24/10/08	6.39	140	24/10/08	8.31
141	23/10/08	5.94	141	23/10/08	7.73
142	22/10/08	5.04	142	22/10/08	6.61
143	21/10/08	5.69	143	21/10/08	7.52
144	20/10/08	4.91	144	20/10/08	6.54
145	19/10/08	5.06	145	19/10/08	6.64
146	18/10/08	4.76	146	18/10/08	6.34
147	17/10/08	5.85	147	17/10/08	7.69
148	16/10/08	6.36	148	16/10/08	8.33
149	15/10/08	7.64	149	15/10/08	9.83
150	14/10/08	7.29	150	14/10/08	9.49
151	13/10/08	7.06	151	13/10/08	9.21
152	12/10/08	7.10	152	12/10/08	9.21
153	11/10/08	7.04	153	11/10/08	9.15
154	10/10/08	6.80	154	10/10/08	8.88
155	09/10/08	7.27	155	09/10/08	9.58

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
156	08/10/08	4.58	156	08/10/08	6.31
157	07/10/08	4.21	157	07/10/08	6.11
158	06/10/08	5.83	158	06/10/08	7.80
159	05/10/08	8.86	159	05/10/08	11.68
160	04/10/08	4.56	160	04/10/08	6.10
161	03/10/08	3.03	161	03/10/08	4.17
162	02/10/08	4.33	162	02/10/08	5.83
163	01/10/08	3.21	163	01/10/08	4.42
164	30/09/08	7.49	164	30/09/08	9.97
165	29/09/08	8.80	165	29/09/08	11.43
166	28/09/08	8.27	166	28/09/08	10.65
167	27/09/08	8.87	167	27/09/08	11.64
168	26/09/08	6.51	168	26/09/08	8.54
169	25/09/08	7.53	169	25/09/08	9.90
170	24/09/08	8.27	170	24/09/08	10.76
171	23/09/08	8.88	171	23/09/08	11.44
172	22/09/08	8.96	172	22/09/08	11.67
173	21/09/08	6.64	173	21/09/08	8.74
174	20/09/08	5.66	174	20/09/08	7.57
175	19/09/08	5.42	175	19/09/08	7.22
176	18/09/08	8.00	176	18/09/08	10.40
177	17/09/08	2.97	177	17/09/08	4.17
178	16/09/08	3.39	178	16/09/08	4.65
179	15/09/08	7.76	179	15/09/08	10.16
180	14/09/08	8.78	180	14/09/08	11.34
181	13/09/08	5.95	181	13/09/08	7.93

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
182	12/09/08	4.98	182	12/09/08	6.68
183	11/09/08	3.96	183	11/09/08	5.29
184	10/09/08	7.40	184	10/09/08	9.62
185	09/09/08	4.85	185	09/09/08	6.46
186	08/09/08	4.83	186	08/09/08	6.64
187	07/09/08	7.45	187	07/09/08	10.29
188	06/09/08	8.67	188	06/09/08	11.74
189	05/09/08	8.08	189	05/09/08	11.04
190	04/09/08	5.02	190	04/09/08	6.87
191	03/09/08	7.72	191	03/09/08	10.36
192	02/09/08	5.70	192	02/09/08	8.03
193	01/09/08	6.76	193	01/09/08	9.15
194	31/08/08	8.36	194	31/08/08	10.89
195	30/08/08	6.94	195	30/08/08	9.31
196	29/08/08	6.00	196	29/08/08	8.04
197	28/08/08	7.83	197	28/08/08	10.56
198	27/08/08	5.48	198	27/08/08	7.71
199	26/08/08	6.64	199	26/08/08	9.21
200	25/08/08	7.57	200	25/08/08	10.23
201	24/08/08	5.82	201	24/08/08	8.24
202	23/08/08	8.76	202	23/08/08	11.38
203	22/08/08	8.64	203	22/08/08	11.23
204	21/08/08	9.21	204	21/08/08	11.86
205	20/08/08	8.38	205	20/08/08	10.87
206	19/08/08	6.58	206	19/08/08	8.61
207	18/08/08	7.62	207	18/08/08	9.94

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
208	17/08/08	8.44	208	17/08/08	10.86
209	16/08/08	9.11	209	16/08/08	11.78
210	15/08/08	7.71	210	15/08/08	10.03
211	14/08/08	8.28	211	14/08/08	10.68
212	13/08/08	4.69	212	13/08/08	6.25
213	12/08/08	3.50	213	12/08/08	4.74
214	11/08/08	3.99	214	11/08/08	5.37
215	10/08/08	6.91	215	10/08/08	8.20
216	09/08/08	6.53	216	09/08/08	8.62
217	08/08/08	2.54	217	08/08/08	3.54
218	07/08/08	5.52	218	07/08/08	7.31
219	06/08/08	6.82	219	06/08/08	8.94
220	05/08/08	7.06	220	05/08/08	9.25
221	04/08/08	5.08	221	04/08/08	6.85
222	03/08/08	7.85	222	03/08/08	10.61
223	02/08/08	4.58	223	02/08/08	6.51
224	01/08/08	5.47	224	01/08/08	7.68
225	31/07/08	5.93	225	31/07/08	8.31
226	30/07/08	5.31	226	30/07/08	7.24
227	29/07/08	9.06	227	29/07/08	11.94
228	28/07/08	5.61	228	28/07/08	7.52
229	27/07/08	8.14	229	27/07/08	10.69
230	26/07/08	8.19	230	26/07/08	10.99
231	25/07/08	6.56	231	25/07/08	8.71
232	24/07/08	5.52	232	24/07/08	7.37
233	23/07/08	7.20	233	23/07/08	9.42

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
234	22/07/08	8.05	234	22/07/08	10.56
235	21/07/08	5.98	235	21/07/08	8.26
236	20/07/08	5.10	236	20/07/08	6.90
237	19/07/08	8.24	237	19/07/08	11.13
238	18/07/08	7.31	238	18/07/08	9.64
239	17/07/08	7.88	239	17/07/08	10.42
240	16/07/08	8.42	240	16/07/08	11.07
241	15/07/08	9.11	241	15/07/08	11.99
242	14/07/08	8.13	242	14/07/08	10.69
243	13/07/08	7.85	243	13/07/08	10.35
244	12/07/08	8.88	244	12/07/08	11.83
245	11/07/08	7.51	245	11/07/08	9.95
246	10/07/08	3.84	246	10/07/08	5.24
247	09/07/08	3.91	247	09/07/08	5.31
248	08/07/08	4.77	248	08/07/08	6.38
249	07/07/08	5.29	249	07/07/08	7.01
250	06/07/08	6.33	250	06/07/08	8.33
251	05/07/08	8.40	251	05/07/08	11.00
252	04/07/08	7.09	252	04/07/08	9.47
253	03/07/08	3.84	253	03/07/08	5.20
254	02/07/08	4.12	254	02/07/08	5.52
255	01/07/08	4.07	255	01/07/08	5.49
000	30/06/08	7.19	000	30/06/08	9.64
001	29/06/08	7.74	001	29/06/08	10.09
002	28/06/08	5.76	002	28/06/08	7.56
003	27/06/08	7.36	003	27/06/08	9.63

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
004	26/06/08	5.32	004	26/06/08	7.01
005	25/06/08	7.28	005	25/06/08	9.56
006	24/06/08	6.80	006	24/06/08	8.92
007	23/06/08	7.51	007	23/06/08	9.79
008	22/06/08	8.51	008	22/06/08	11.03
009	21/06/08	8.20	009	21/06/08	10.76
010	20/06/08	6.67	010	20/06/08	8.76
011	19/06/08	4.57	011	19/06/08	6.14
012	18/06/08	4.52	012	18/06/08	6.07
013	17/06/08	4.08	013	17/06/08	5.41
014	16/06/08	6.78	014	16/06/08	8.91
015	15/06/08	6.61	015	15/06/08	8.72
016	14/06/08	6.11	016	14/06/08	8.00
017	13/06/08	7.18	017	13/06/08	9.45
018	12/06/08	3.96	018	12/06/08	5.29
019	11/06/08	6.02	019	11/06/08	7.84
020	10/06/08	8.75	020	10/06/08	11.39
021	09/06/08	3.97	021	09/06/08	5.22
022	08/06/08	5.04	022	08/06/08	6.67
023	07/06/08	8.05	023	07/06/08	10.73
024	06/06/08	6.80	024	06/06/08	0.16
025	05/06/08	7.66	025	05/06/08	7.53
026	04/06/08	2.65	026	04/06/08	7.38
027	03/06/08	5.87	027	03/06/08	7.45
028	02/06/08	4.59	028	02/06/08	3.18
029	01/06/08	5.53	029	01/06/08	5.50

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
030	31/05/08	6.09	030	31/05/08	5.08
031	30/05/08	7.29	031	30/05/08	4.58
032	29/05/08	6.14	032	29/05/08	6.32
033	28/05/08	5.21	033	28/05/08	6.40
034	27/05/08	7.38	034	27/05/08	5.59
035	26/05/08	8.28	035	26/05/08	5.04
036	25/05/08	7.65	036	25/05/08	7.25
037	24/05/08	8.12	037	24/05/08	6.94
038	23/05/08	3.64	038	23/05/08	6.25
039	22/05/08	7.18	039	22/05/08	7.33
040	21/05/08	8.07	040	21/05/08	4.00
041	20/05/08	9.09	041	20/05/08	6.26
042	19/05/08	5.04	042	19/05/08	6.59
043	18/05/08	4.50	043	18/05/08	7.65
044	17/05/08	5.85	044	17/05/08	5.67
045	16/05/08	7.72	045	16/05/08	6.89
046	15/05/08	5.70	046	15/05/08	5.92
047	14/05/08	6.76	047	14/05/08	5.68
048	13/05/08	8.36	048	13/05/08	6.76
049	12/05/08	6.94	049	12/05/08	6.81
050	11/05/08	6.00	050	11/05/08	6.08
051	10/05/08	7.83	051	10/05/08	6.88
052	09/05/08	5.48	052	09/05/08	5.40
053	08/05/08	6.64	053	08/05/08	5.62
054	07/05/08	7.80	054	07/05/08	8.33
055	06/05/08	7.69	055	06/05/08	11.00



<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
056	05/05/08	9.43	056	05/05/08	9.47
057	04/05/08	7.08	057	04/05/08	5.20
058	03/05/08	6.76	058	03/05/08	5.52
059	02/05/08	2.92	059	02/05/08	5.49
060	01/05/08	7.29	060	01/05/08	9.64
061	30/04/08	7.63	061	30/04/08	10.09
062	29/04/08	7.39	062	29/04/08	7.56
063	28/04/08	7.84	063	28/04/08	9.63
064	27/04/08	7.81	064	27/04/08	7.01
065	26/04/08	7.50	065	26/04/08	9.56
066	25/04/08	6.00	066	25/04/08	8.92
067	24/04/08	6.35	067	24/04/08	9.79
068	23/04/08	7.42	068	23/04/08	11.03
069	22/04/08	2.93	069	22/04/08	10.76
070	21/04/08	6.66	070	21/04/08	8.76
071	20/04/08	7.32	071	20/04/08	6.14
072	19/04/08	8.45	072	19/04/08	6.07
073	18/04/08	6.33	073	18/04/08	5.41
074	17/04/08	8.40	074	17/04/08	8.91
075	16/04/08	7.09	075	16/04/08	8.72
076	15/04/08	3.84	076	15/04/08	8.00
077	14/04/08	4.12	077	14/04/08	9.45
078	13/04/08	4.07	078	13/04/08	5.29
079	12/04/08	7.19	079	12/04/08	7.84
080	11/04/08	7.74	080	11/04/08	11.39
081	10/04/08	5.76	081	10/04/08	5.22

G 300			G 304		
Number	Day/Month/Year	kW .h	Number	Day/Month/Year	kW .h
082	09/04/08	7.36	082	09/04/08	6.67
083	08/04/08	5.32	083	08/04/08	10.73
084	07/04/08	7.28	084	07/04/08	0.16
085	06/04/08	6.80	085	06/04/08	7.53
086	05/04/08	5.32	086	05/04/08	7.38
087	04/04/08	7.28	087	04/04/08	7.45
088	03/04/08	6.80	088	03/04/08	3.18
089	02/04/08	7.51	089	02/04/08	5.50
090	01/04/08	8.51	090	01/04/08	5.08
091	31/03/08	8.20	091	31/03/08	4.58
092	30/03/08	6.67	092	30/03/08	6.32
093	29/03/08	4.57	093	29/03/08	6.40
094	28/03/08	4.52	094	28/03/08	5.59
095	27/03/08	4.08	095	27/03/08	5.04
096	26/03/08	7.39	096	26/03/08	7.25
097	25/03/08	7.84	097	25/03/08	6.94
098	24/03/08	7.81	098	24/03/08	6.25
099	23/03/08	7.50	099	23/03/08	7.33
100	22/03/08	6.97	100	22/03/08	4.00
101	21/03/08	6.65	101	21/03/08	6.26
102	20/03/08	6.03	102	20/03/08	6.59
103	19/03/08	5.14	103	19/03/08	7.65
104	18/03/08	5.07	104	18/03/08	5.67
105	17/03/08	7.24	105	17/03/08	6.89
106	16/03/08	6.70	106	16/03/08	5.92
107	15/03/08	6.89	107	15/03/08	6.59

<b>G 300</b>			<b>G 304</b>		
<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>	<b>Number</b>	<b>Day/Month/Year</b>	<b>kW .h</b>
108	14/03/08	5.92	108	14/03/08	7.82
109	13/03/08	5.68	109	13/03/08	8.35
110	12/03/08	6.76	110	12/03/08	8.72
111	11/03/08	6.81	111	11/03/08	9.18
112	10/03/08	6.08	112	10/03/08	6.78
113	09/03/08	6.88	113	09/03/08	6.32
114	08/03/08	5.40	114	08/03/08	8.12
115	07/03/08	5.62	115	07/03/08	3.64
116	06/03/08	5.80	116	06/03/08	7.18
117	05/03/08	5.40	117	05/03/08	8.07
118	04/03/08	4.51	118	04/03/08	9.09
119	03/03/08	5.49	119	03/03/08	5.04
120	02/03/08	6.31	120	02/03/08	4.50



**ภาคผนวก จ**  
**รายงานสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร**  
**จากกรมอุตุนิยมวิทยา**

ความเข้มแสงอาทิตย์ ประจำปี 2551

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	887.8	999.2	911.9	1011.6	1031	954.9	948.3	1030.7	1135.4	953.6	1061.5	982.3
2	863.5	1054.4	943.4	1171.8	962.3	1118.3	895.3	1077.6	1073.3	958	983.4	837.6
3	949.2	951.5	946.6	1046.1	1105.9	863.7	788.6	885.2	1053.5	994.6	930.1	1026.3
4	936.5	220.7	931.8	906.6	1083.7	1008.8	1107.9	1073	713.2	643.7	920.1	1301.6
5	903	870.5	871.8	943.2	929.7	875.8	701.7	1098	988.8	742.1	988.2	1180.3
6	1012.3	880.5	885.4	811.3	921.3	970.6	258.4	1180.3	944.6	697.1	939.6	1027.1
7	1072.7	827.9	818.7	761.1	946.5	1028	1095.8	1027.1	1017	841.9	968.1	844.9
8	851.6	985.7	970.7	1090.6	991.4	815.8	1001.6	844.9	1019.4	722.3	831.2	936.7
9	898.5	651.2	1015	1029.1	990.4	845.7	985	773.8	970.4	1148.3	904.9	977.6
10	844	851.3	834.5	1060.2	910.9	920.7	977.4	908.6	1044	725.6	671.9	827.9
11	878.5	839.8	987.1	1092.4	1127.5	917.7	855.3	677.7	941.2	853.9	956.2	919.7
12	840	927.2	995.9	1031.8	979.3	1050.7	1021.7	986	954.2	756.8	710.2	1121.2
13	777.3	918.8	1058.2	993.1	1084.6	1092.4	1131.5	949.3	1090.3	881.9	958.9	955.6
14	844.9	851.9	939.8	1011	881.5	767.5	1049.1	1078.2	895	1077.4	1119.8	981.5
15	866.3	859.7	973.5	995.1	773.6	976	1067	810	1049.2	1060.2	1069.2	618.7
16	823.2	881.8	1030.4	975.7	1003.3	855	922.1	1051.5	1038.7	1098.4	934.4	1053.6
17	863.8	942.5	995.4	926.7	1126.3	535.1	1111.6	891.1	966.4	583.7	952.3	1062.8
18	829.4	876.2	960.9	913.3	958	506.7	1027.4	1036.8	1066.3	976	1021.4	887.3
19	663.2	922.7	950.9	968.4	823.7	693.4	1008.6	1000.6	1147.3	1093.8	924.7	884.6
20	802.1	942.5	975.4	953.8	1001.2	972.6	970.4	1039.5	1099.2	1116.6	463.4	849.7
21	847.6	976.6	1043.5	986.5	1037.5	1005.3	904.4	932.5	522.4	866.8	857.8	1244.2
22	554.3	926.5	1013.7	954.6	908.3	1019.7	908	842.6	762.9	917.8	909.4	646.5
23	464.3	923.6	964.4	916.3	950.6	962.2	976.1	640	976.6	886.3	892.8	849
24	824.5	1093.8	1006.9	989.9	892	914.3	656.4	1049.5	994.1	938	864.5	1173.1
25	835.2	1073.3	984	849.4	1030.7	1026.4	865.7	989.2	992.8	962.4	855.9	832.5
26	836	843.7	943.2	1057.3	1004.2	986.7	930.4	1106.2	941.4	897.8	876.9	1022
27	903.7	1098.1	1004.2	790.7	929.2	936.7	933.5	1013.3	879.9	811.3	845.9	719.2
28	827.1	823.75	1048.2	900.7	1062.3	989.8	1022	748	1175.6	936.2	984.1	1151
29	867.7		1054.5	1084.7	1086.3	916.3	719.2	750.5	886.5	1024.9	875.1	1134
30	829.4		987.1	1115.3	1183.6	955	1151	1031	1088.3	987.2	882.4	512.4
31	893.5		1042.7		1031.3		1134	798.6		320.2		971.7



**ภาคผนวก ง**  
**รายละเอียดอุปกรณ์**

## DATA LOGGER

**GRAPHTEC**

Powerful Things Come In Small Packages

# midi LOGGER

Simultaneous Data Collection  
at Both Low and High Speeds  
**midi LOGGER dual  
GL500A**



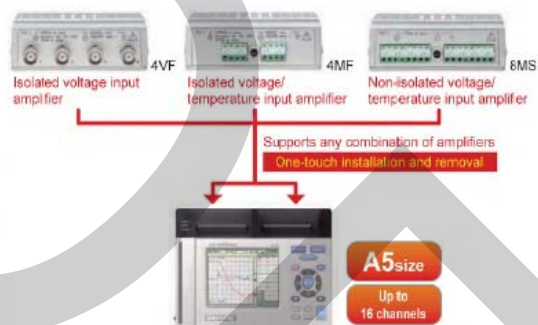
Up to 100 channels of  
Temperature/Voltage/Humidity  
**midi LOGGER  
GL450**



ภาพผนวกที่ ๑1 รายละเอียด DATA LOGGER

### A5 size with multifunction input capability, supporting both isolated and non-isolated inputs

The GL500A is a compact recorder, with an A5 footprint, providing excellent portability. Three types of amplifiers: isolated voltage, isolated voltage/temperature and non-isolated voltage/temperature are supported and any combination of these can be selected to fit user's application. Input terminal units can be easily installed and removed by one-touch operation, and can be combined to increase the number of channels up to 16. GL500A can handle both logic and pulse signals. Alarm output terminals are also provided.



### 4 pulse/logic inputs are standard

Four pulse inputs are interchangeable with logic inputs and support Count, Inst. and RPM modes (requires optional B-513 input cable).



### Event data can be display

When an event occurs during measurement, it is displayed along the time axis of current data as a bar chart. Each captured event is represented in its corresponding memory block of a different color.

After measurement, event data can be viewed alongside with current data. Current data is displayed in the upper, and event data in the lower section.

**High and Low Speed Dual Sampling** NEW **midi LOGGER dual GL500A**

*The GL500A provides the ability to precisely measure abnormal events that occur during low-speed sampling (max. 1ms) triggering high-speed sampling mode (max. 2 μs). It incorporates 4MB of memory for data from low-speed sampling, and 32MB of built-in memory for data from high-speed sampling. In addition, it has a PCMCIA-card slot, enabling storage of large amounts of data to various PCMCIA media.*

Capture time: low-speed sampling with 8ch (approx. values)	4MB memory			
	1ms	100ms	10s	10s
4MB memory	3 minutes	5 hours	23 days	23 days
256MB PCMCIA card	4 hours	17 days	1725 days	1725 days

Capture time: high-speed sampling (approx. values)	32MB memory					
	2μs	5μs	10μs	20μs	1ms	1ms
1 channel used	6.4 sec	16 sec	32 sec	1 min	65 min	65 min
2 channels used	13 sec	32 sec	64 sec	2 min	130 min	130 min
4 channels used	26 sec	64 sec	128 sec	4 min	260 min	260 min
8 channels used	52 sec	128 sec	256 sec	8 min	520 min	520 min

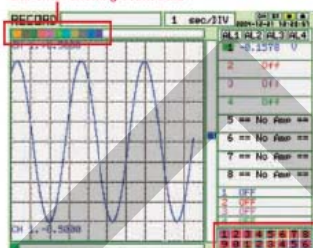
## Simultaneous low and high speed sampling ses Capability of accurately capturing burst events that occur during measurement



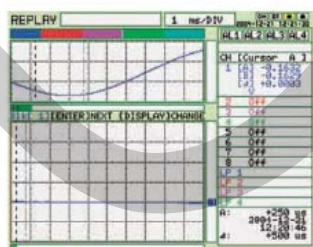


ed with current data

Bar chart showing event data



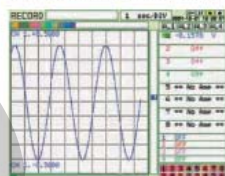
Memory blocks indicating each captured event (blocks displayed in different colors for easy identification)



- ⊛ Event data: data captured using high-speed sampling mode when an abnormal event, e.g. voltage transient, occurs.
- Current data: data captured using normal, low-speed sampling mode

Pursuing the ultimate ease-of-use

Control panel has a very user-friendly layout utilizing navigation keys resembling a mobile phone. Even first-time users can easily perform setups and display measurement data using intuitive step-by-step menu. Captured events can be viewed after the measurement. Captured data can be monitored in both waveform and digital forms during measurement.



Digital + Analog screen  
Both analog waveforms and digital values are visible.



Digital screen  
Measurement values can be viewed in digital format.



Easy navigation using arrow keys

Excellent operability similar to that of a mobile phone  
Easy, user-friendly operation at fingertips

As easy as cell phone

Worry-free battery charging during operation

Battery charging is available even during measurement.\*  
Backup battery will protect your data from possible data loss due to power outage.

\* Only possible when using the AC adapter or in 24V DC operation. Battery charging may not be available depending on the operating conditions of the main unit.

- Search function
- Unit conversion/calculation
- Auto backup function
- Review function

Standalone models

**GL500AVF**

4-channel isolated voltage measurement

**GL500AMF**

4-channel isolated voltage/temperature measurement

**GL500AMS**

8-channel voltage/temperature measurement

sions



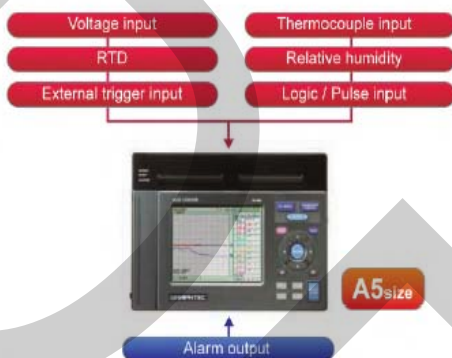
8-channel voltage/temperature terminal unit  
SMC



**NEW**

### A5 size model with all multifunctional and isolated input channels

The GL450 is a compact data logger, with an A5 footprint, providing excellent portability. All channels are isolated channel-to-channel and channel-to-ground. It has the ability to perform simultaneous measurement of voltage, temperature and humidity. It also supports such inputs as pulse (e.g. power, rpm and flow) and logic, in addition to voltage and temperature.

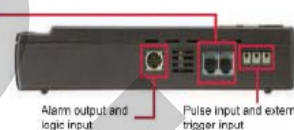


### Channels can be easily ad

Four types of input terminal units are available, each supporting 10, 20, and 50 channels. By combining appropriate terminal units, up to 100 channels are available. New M3 terminal unit allows connecting transducers with eye or fork termination. This means that the cost per channel significantly decreases, allowing you to purchase multiple terminal units to meet the needs. Low-cost terminal units can be left attached to the objects for measurement, eliminating time and effort to make cable connections every time you change the location.

### Synchronizing multiple main units

Multiple GL450 units can be synchronized, thus allowing to achieve up to 100 channel without sacrificing a sampling rate. (An optional cable is required for synchronizing multiple main units. The synchronization feature is supported in PC-controlled configuration only.)



### Long time data logging with low-speed sampling midi LOGGER GL450 **NEW**

GL450 can capture data in low-speed sampling mode using up to 100 channels. It has built-in 4MB memory for internal data storage. GL450 has a PCMCIA card slot that accepts various media, capable of storing large amounts of data.

Memory capacity	Number of channels	100ms	200ms	500ms	1s	10s
4MB built-in memory	10	4 hours	8.8 hours	22.4 hours	1.8 days	18 days
	20	-	5 hours	12.6 hours	1 day	10 days
	50	-	-	6.2 hours	10.6 hours	4 days
256MB PCMCIA card	10	14 days	28 days	70 days	141 days	1412 days
	20	-	14 days	35 days	73 days	739 days
	50	-	-	15 days	30 days	304 days

The table above indicates the data when analog channels are used. The maximum sampling rates are: 500ms for 30 and 40 channels and 1s for 60 and 70 channels.

**Supports low-speed, long-time measurement on multiple channels. Small form factor allows easily move from one test location to another.**

10-Channel M3 screw terminal unit  
M3TU

10-channel terminal unit  
10TU

20-channel terminal unit  
20TU

50-channel terminal unit  
50TU

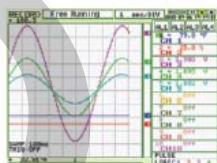
led and replaced



Humidity sensor B-530  
New GL450 function allows measuring humidity using optional sensor.

### Pursuing the ultimate ease-of-use

Control panel has a very user-friendly layout utilizing navigation keys resembling a mobile phone. Since menus are designed to follow actual workflow, even first-time users can easily perform setups and display measurement data. Data analysis and report creation are just as easy. The screens on the main unit are similar in design to those of application software, providing almost the same operational procedures in both standalone and PC-controlled modes. Depending on measurement needs, an appropriate screen can be selected: Analog + Digital, Analog, Digital + Calculation, and Digital.



Digital + Analog screen  
Both analog waveforms and digital values are visible.



Digital screen  
Data on a certain channel can be closely examined.



#### Easy navigation using arrow keys.

Excellent operability similar to a mobile phone  
Easy, user-friendly operation at fingertips

As easy as cell phone

#### Data backup feature (battery operation)

An optional battery allows you to use the device in an environment where a stable power source does not exist. When battery is installed, the system automatically switches to battery power when AC power fails. When the battery capacity declines to a certain level, the system automatically stores the captured data in the PCMCIA card.

- Search function
- Unit conversion/calculation
- Auto backup function
- Alarm output



Standalone measurement model  
**GL450** (10-channel terminal unit included)



## Easy connection to PC

The GL500A/450 support USB2.0, allowing for easy connection to PC. Data will be transferred at a high speed of 1ms. The GL500A/450 also support remote measurement sessions via LAN, and data transfer using a PCMCIA card. The configuration of the GL500A/450 can be easily done from a PC, and data is clearly displayed on the monitor. Current data is displayed in real time on PC monitor at maximum sampling rate of 1 ms. A portion of current data can be expanded for examination by specifying the start and end points with a cursor. Moreover the GL450/500A can act as USB Memory Storage device, and transfer recorded data to a PC using Windows Explorer.



### PC software (standard)

Configuring/controlling the main unit, and storing data in real time  
 Importing data from a main unit into PC  
 Notifying errors/malfunctions via email when alarms occur



Measurement screen

The menu can be defined depending on the measurement steps. Even first-time users can easily use the device.

## Various accessories are available to meet specific configuration needs.

### Main unit

GL500AVF	one 4VF terminal unit included
GL500AMF	one 4MF terminal unit included
GL500AMS	one 8MS terminal unit included
GL450	one 10TU terminal unit included



**GL450**  
(one 10TU terminal unit included)



**GL500AVF**  
(one 4VF terminal unit included)  
**GL500AMF**  
(one 4MF terminal unit included)  
**GL500AMS**  
(one 8MS terminal unit included)

### Terminal units and a battery pack

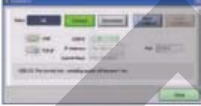
Type	Model name	For	
		GL500A	GL450
4-channel isolated voltage terminal unit	4VF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-channel isolated voltage/temperature terminal unit	4MF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8-channel voltage/temperature terminal unit	8MS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-channel terminal unit	10TU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20-channel terminal unit	20TU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50-channel terminal unit	50TU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-channel M3 screw terminal unit	M3TU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Humidity sensor (2m)	B-530	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Battery pack	B-517	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Probe and cables

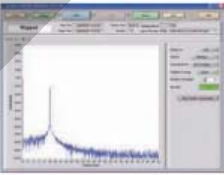
Type	Model name	For							
		GL500A	GL450	4VF	4MF	8MS	10TU	20TU	50TU
RIC-141 Safe probe (1:1, 42PF)	RIC-141			<input type="checkbox"/>					
BNC-BNC cable (1.5m)	RIC-112			<input type="checkbox"/>					
BNC-Banana cable (1.5m)	RIC-113			<input type="checkbox"/>					
BNC Alligator Clip cable (1.5m)	RIC-114			<input type="checkbox"/>					
Logic alarm cable (2m)	B-513	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
DC power cable (2m)	B-514	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
Synchronization cable (1m)	B-515		<input type="checkbox"/>						

### GL500A Application Software


**Connection settings**  
Allows you to configure USB/TCP-IP connections



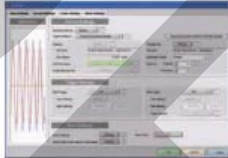
**Measurement modes**  
Available measurement modes are: Y-T, X-Y, and FFT.



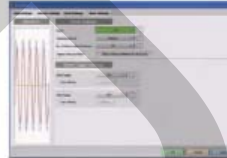
**Screens for settings**  
Separate screens are available for each of the settings.



Amplifier setting screen

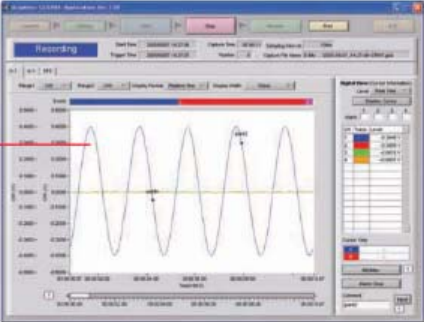


Current setting screen



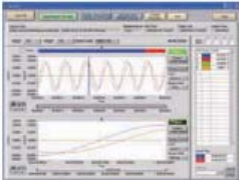
Even: setting screen

**Main screen**




This area displays current data.

**Review screen**  
This screen allows for loading captured data. After data has been loaded, it can be saved to a CSV file, or printed.



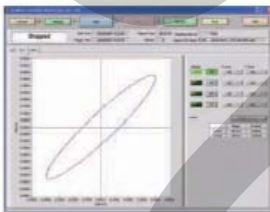
### For both GL500A and GL450

**Direct Excel transfer**  
Direct Excel transfer can be enabled as a report function

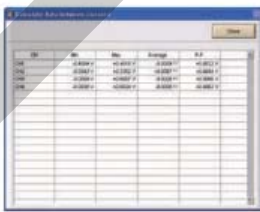


Transfer the measurement data directly to Excel. Not only transferring data to Excel, but also preparing the convenient reference template. Therefore, you can measure it soon.

**X-Y view mode**




**Max-Min View mode**




### GL450 Application Software (OPS022)

**Display settings**  
Display type can be easily selected as needed.



Waveform display (upper section: current, lower section: past)  
One-screen or two-screen display are available.  
In two-screen display, current waveform and past waveform are provided in each screen.

**Easy configuration**  
The menu intuitively follows common measurement steps. Even first-time users will have no problems using the device.



System Requirements	
OS : Windows 2000, XP	HDD (GL500A) : 100 MB (1 GB recommended) additional space required for installing the application software
CPU : Pentium 4, 1.7GHz or higher	HDD (GL450) : 10MB for installing software, additional space required for data storage
Memory : 256MB or more	Other : TCP-IP port, USB port, CD-ROM drive (for installing from CD) USB 2.0 required for high-speed applications

**GL500A Main Unit Specifications**

<b>Basic Specifications</b>		GL500A
Number of analog input terminal units	Current	2
Sampling interval <sup>*1</sup>	Current	1 ms - 1 h
	Event	2 μs (per channel) - 1 s
Trigger	Current	Type: Start (Data capture starts when a trigger is generated) Stop (Data capture stops when a trigger is generated) Condition: Start: Level, Scheduled Time, External, Off Stop: Level, Scheduled Time, External, Elapsed Time, Event Full (two channels can be specified), Off
	Event	Type: Start (Data capture starts when a trigger is generated) Stop (Data capture stops when a trigger is generated) Condition: Start: Level, External, Off Stop: Level, External, Off
Alarm	Type	Analog, Logic, Pulse (AND and OR operations available)
	Condition	Analog: H, L, Window In, Window Out Logic: 4-ch pattern Pulse: H, L, Window In, Window Out
Pulse/Logic input		Either Pulse or Logic can be selected. Number of channels: 4
Pulse input range	Count mode	5 c, 50 c, 500 c, 5 kc, 50 kc/s (max. 50 k/sampling interval)
	Inst. mode	5 c, 50 c, 500 c, 5 kc, 50 kc/s (max. 50 k/sampling interval)
	RPM mode	5 rpm, 50 rpm, 500 rpm, 5 krpm, 50 krpm/s (max. 50k/sec)
Alarm output	Number of channels	4 ch
	Output format	Open collector output (100 kΩ pull-up resistance)
External trigger input <sup>*2</sup>	Output conditions	Level judgment, Window judgment, Logic Pattern judgment, Pulse judgment
	Type	Type 2 compatible
Interface to PC		Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX), USB2.0
Internal memory		4 MByte (2M words) Event: 32 MByte (16M words)
PCMCIA slot	Size	Type 2 compatible
	Display	4.7-inch STN color LCD
Display	Displayed items	Waveforms + digital values, waveforms only, digital values only
	Functions	Expanded/compressed waveform displays, scaling, statistical calculations, four arithmetic operations, search
Operating environment		Temperature: 0 - 40°C, Humidity: 30 - 80% RH
Withstand voltage		1 minute at 500 Vp-p (between each input channel and main unit chassis)
Power supply		AC adapter (100 to 240 VAC, 50/60Hz) DC power (8.5 to 24 VDC) <sup>*3</sup> , battery pack <sup>*3</sup>
Power consumption		26 VA or lower (AC power)
External dimensions (W x D x H, approx.)		212 x 162 x 45 mm
Weight (approx.)		800g

<sup>\*1</sup> Sampling speed depends on available number of channels

<sup>\*2</sup> Maximum input voltage: +24 V, input threshold voltage: approx. +2.5V, hysteresis: approx. 1V (+2 to +3V)

<sup>\*3</sup> Optional

<sup>\*4</sup> GL500AVF: excluding the battery and AC adapter<sup>\*</sup>

**GL500A Terminal Unit Specifications**

Item	4VF	4MF	8MS
Number of input channels	4	4	8
Type of input terminal	BNC	Screw type terminal	Screw type terminal
Method	Scan	Scan	Scan
	All channels isolated	All channels isolated	Channels not isolated
	Non-balanced input	Non-balanced input	Balanced input
Measurement ranges	Voltage	±100, 500 mV ±1.5, 10, 50, 100 V	±100, 500 mV ±1.5, 10 V
	Temperature	K, J, E, T, R, S, B, N, W	K, J, E, T, R, S, B, N, W
Type of input filter	Line (1.5 Hz), 5 Hz, 50 Hz, 500 Hz		
Frequency response	DC - 20 kHz (+1/3 dB Typ)		DC-20 kHz (+1/4.5 dB Typ)
Measurement precision <sup>*</sup>	Voltage	±0.3 % of F.S.	
	Temperature	<TC-K, J, E> -200 ≤ Ts ≤ 0 ±(1% of rdg + 3.5°C) 0 < Ts ≤ MAX ±(0.2% of rdg + 3.5°C) <MAX> 1370(K), 1100(J), 800(E) <TC-T> -200 ≤ Ts ≤ 0 ±(0.8% of rdg + 3°C) 0 < Ts ≤ 400 ±(0.2% of rdg + 3°C) <TC-R, S> 0 ≤ Ts ≤ 200 ±9.5°C 200 < Ts ≤ 800 ±6.5°C 800 < Ts ≤ MAX ±(0.2% of rdg + 4.5°C) <MAX> 1600(R), 1760(S) <TC-B> 600 ≤ Ts ≤ 700 ±9.5°C 700 < Ts ≤ 1820 ±(0.2% of rdg + 5.5°C) <TC-N> 0 ≤ Ts ≤ 1300 ±(0.2% of rdg + 3.5°C) <TC-W> 0 ≤ Ts ≤ 2315 ±(0.2% of rdg + 4°C) (including the reference junction compensation accuracy)	
A/D converter		14 bit	
Maximum input voltage	Between +/-	100 mV - 10 V range: 30 V 50 V - 100 V range: 100 V	100 mV - 10 V range: 10 V
	Between input terminal/chassis	AC/33 Vt.m.s (80 VDC)	Non-isolated
Withstand voltage		Between input terminal and GND	Non-isolated
		1 minute at 500 VAC	

<sup>\*</sup> Thermocouple diameters: T: 0.32φ, others: 0.85φ

**GL450 Main Unit Specifications**

<b>Basic Specifications</b>		GL450
Number of analog input terminal units	Current	2
Sampling interval <sup>*1</sup>	Current	100 ms (10 ch) - 1 h
	Event	2 μs (per channel) - 1 s
Trigger	Current	Type: Start (Data capture starts when a trigger is generated) Stop (Data capture stops when a trigger is generated) Condition: Start: Level, Alarm, External, Off Stop: Level, Alarm, External, Time, Off
	Event	Type: Start (Data capture starts when a trigger is generated) Stop (Data capture stops when a trigger is generated) Condition: Start: Level, Alarm, External, Off Stop: Level, Alarm, External, Time, Off
Alarm	Type	Analog, Logic, Pulse (AND and OR operations available)
	Condition	Analog: H, L, Window In, Window Out Logic: 4-ch pattern Pulse: H, L, Window In, Window Out
Number of channels for logic input		4 ch
Number of channels for pulse input		1 ch
Pulse input range	Count mode	50 kc, 500 kc, 5 Mc, 50 Mc, 500 Mc/s (max. 50 k/sampling interval)
	Inst. mode	50 kc, 500 kc, 5 Mc, 50 Mc/s (max. 50 k/sampling interval)
Alarm output	RPM mode	500 rpm, 5 krpm, 50 krpm, 500 krpm/s (max. 50 k/sec)
	Number of channels	4 ch
Output format	Output conditions	Level judgment, Window judgment, Logic Pattern judgment, Pulse judgment
	Output format	Open collector output (100 kΩ pull-up resistance)
External trigger input <sup>*2</sup>	Interface to PC	Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX), USB2.0
	Internal memory	4 MByte
PCMCIA slot	Size	Type 2 compatible
	Display	4.7-inch STN color LCD
Monitor	Size	4.7-inch STN color LCD
	Functions	Waveforms + digital values, waveforms only, digital values only Expanded/compressed waveform displays, scaling, statistical calculations, search
Operating environment		Temperature: 0 - 40°C, Humidity: 30 - 80% RH
Power supply		AC adapter (100 to 240 VAC, 50/60Hz), DC power (8.5 to 24 VDC) <sup>*3</sup> , battery pack <sup>*3</sup>
Power consumption		15 VA or lower (AC drive) 7.2 VA or lower (DC drive)
External dimensions (W x D x H, approx.)		212 x 152 x 45mm
Weight (approx.)		770g <sup>*4</sup>

<sup>\*1</sup> Sampling speed depends on number of available channels

<sup>\*2</sup> Maximum input voltage: +24 V, input threshold voltage: approx. +2.5V, hysteresis: approx. 1V (+2 to +3V)

<sup>\*3</sup> Optional

<sup>\*4</sup> Excluding the battery and AC adapter<sup>\*</sup>

**GL450 Terminal Unit Specifications**

Item	10TU	20TU	50TU	M3TU
Number of input channels	10	20	50	10
Type of input terminal	Screw type terminal block			
Method	Scan			
	All channels isolated. Non-balanced input			
Measurement ranges	Voltage	±20, 50, 100, 200, 500 mV ±1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 V		
	Temperature	Thermocouple: K, J, E, T, R, S, B, N, W Resistance Temperature Detector: Pt100, JPt100		
	Humidity	0 to 100% RH (Voltage 0V to 1V scaling conversion)		
Type of input filter	Line	Line (1.5 Hz), 5 Hz, 50 Hz, 500 Hz		
Measurement precision	Voltage	±0.1 % of F.S.		
	Temperature <sup>*1</sup>	If the reference junction compensation is internal, add ±0.5°C to each of the following values. <Thermocouple: R, S> 0°C ≤ Ts ≤ 100°C: ±5.2°C 100°C ≤ Ts ≤ 300°C: ±3.0°C R: 300°C ≤ Ts ≤ 1600°C: ±(0.05% of rdg + 2°C) S: 300°C ≤ Ts ≤ 1760°C: ±(0.05% of rdg + 2°C) <Thermocouple: B> 400°C ≤ Ts ≤ 600°C: ±3.5°C 600°C ≤ Ts ≤ 1820°C: ±(0.05% of rdg + 2°C) <Thermocouple: K, E> -200°C ≤ Ts ≤ -100°C: ±(0.05% of rdg + 2°C) -100°C ≤ Ts ≤ MAX: ±(0.05% of rdg + 1°C) (Max. K=1370, E=800) <Thermocouple: T> -200°C ≤ Ts ≤ -100°C: ±(0.1% of rdg + 1.5°C) -100°C ≤ Ts ≤ 400°C: ±(0.1% of rdg + 0.5°C) <Thermocouple: J> -200°C ≤ Ts ≤ -100°C: ±2.7°C -100°C ≤ Ts ≤ 100°C: ±1.7°C 100°C ≤ Ts ≤ 1100°C: ±(0.05% of rdg + 1°C) <Thermocouple: N> 0°C ≤ Ts ≤ 1300°C: ±(0.1% of rdg + 1°C) <Thermocouple: W> 0°C ≤ Ts ≤ 2315°C: ±(0.1% of rdg + 1.5°C) Resistance Temperature Detector: Pt100: -200°C - 600°C: ±(0.05% of F.S. + 0.5°C) JPt100: -200°C - 600°C: Pt.F.S.=1050°C, JPt.F.S.=700°C 15 bit		
A/D converter		15 bit		
Maximum input voltage	Between +/-	60 Vp-p		
	Between input terminal/chassis	60 Vp-p		
Withstand voltage		Between input terminal and GND: 1 minute at 350 Vp-p		

<sup>\*1</sup> Operating temperature: 23°C ± 3°C. Values are those 30 minutes after power-on. Assuming that the terminal unit is in factory shipped condition (terminal unit 10TU is used). The filter setting is ON. "rdg" means reading is Sampling.

**When faster, higher performance measurements are required:**

For fastest 40MS/s speed measurements:  
**DATA PLATFORM "DM3300"**

Model with a high-speed isolated voltage amplifier and three plug-in amplifiers. In addition to the industry-first 40MS/s HSV (high-speed voltage) amplifier, the M (voltage/temperature), DCB (distortion) and B-503 (logic) amplifiers are incorporated as standard.  
**High capacity memory**  
2MWh memory and PCMCIA drive are built in as standard. Optionally, a 40GB HDD can be installed.

Please contact the manufacturer of your PC for warranty and maintenance/replacement parts. Graphtec does not warrant any damage or loss of data arising from the failures of the main unit or PC. Please make sure to backup your data regularly. The information in this catalog is accurate and complete as of January 24, 2005. The software and hardware names contained in this document are trademarks or registered trademarks of respective companies. Windows is trademark or registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries. The information in this catalog, such as specifications and prices, is subject to change without notice. Please be sure to visit our website and check the latest information before purchasing.

For isolated 1MS/s long time measurements:  
**DATA PLATFORM "DM3100V2"**

Model with isolated plug-in amplifiers  
The V (voltage), M (voltage/temperature), DCB (distortion), FV (frequency) and B-503 (logic) amplifiers are incorporated.  
**High capacity memory**  
2MWh memory and PCMCIA drive are built in as standard. Optionally, a 40GB HDD can be installed.



코아시스템  
Core System

담당자 : 011-507-6015  
e\_mail : core@thecore.co.kr

Website <http://www.thecore.co.kr>



MLG200510075000S Printed in Japan

## เครื่องมือวัดอัตราการไหล

### Flow X3 F9.50 Batch Controller



FLS FlowX3 F9.50 Batch Controller is designed for accurate and reliable batching or blending of a variety of liquids.

The instrument combines complex control capability with easy calibration and operation. A Simple and Advanced mode are available to customize the unit to the specific batch requirements providing simple and quick changes of batch volumes and settings.

Two relays, an open collector and an analog output ensure accurate batch operation reducing the possibility of water hammer into the system. The high flexibility is maximized with only one packaging for compact pipe mount, panel or wall installation.

Self explaining calibration menus and 5 button keypad allow a user friendly setup of all the batch parameters while the high visible LCD display can show batch in progress, instant and totalized flow.

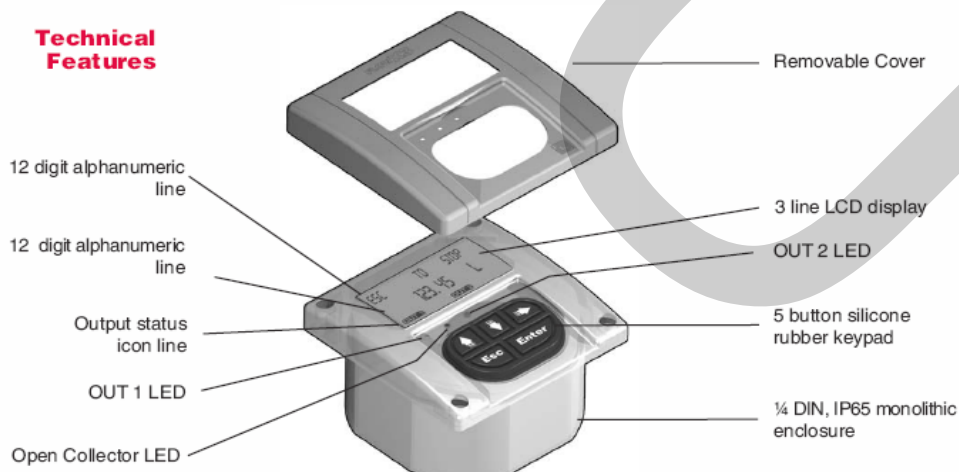
#### Main Features

- Easy Batch Volume setting.
- Simple and Advanced operating modes.
- External Start, Stop and Resume.
- Self explaining calibration menus.
- Auto-calibration.
- Two Stage Shutdown Control.
- Automatic or Manual Overrun Compensation.
- Overrun Alarm.
- Missing Signal Alarm.
- Advanced Valve Control.
- End-of-Batch Pulse Output.
- Output simulation for system testing.
- Count-up or Count-down batch indication.
- Permanent and Resettable totalizer.
- 3 line alphanumeric LCD.
- IP65 monolithic packaging.
- 5 button keypad.
- One packaging for compact/pipe, panel or wall installation.

#### Applications

- Batch Processes.
- Chemicals Addition.
- Filling Processes.
- Blending Applications.

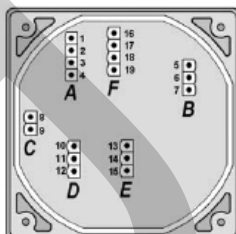
#### Technical Features



ภาคผนวก ก2 รายละเอียดเครื่องมือวัดอัตราการไหล

## Rear Terminal View

Terminal F9.50



1	+ VDC
2	+ LOOP
3	- LOOP
4	- VDC
SENSOR	
5	GND
6	IN
7	V+
Open collector output	
8	O.C.+
9	O.C.-
RELAY 1	
10	NC
11	COM
12	NO
RELAY 2	
13	NC
14	COM
15	NO
16	GND
17	RESUME
18	START
19	STOP

## Technical Data

### General

- Associated flow sensor:
  - FLS FlowX3 Hall effect with frequency output.
- Materials:
  - Case: PC
  - Panel gasket: Neoprene
  - Wall and Field gasket: EPDM
  - Keypad: 5 button silicone rubber.
- Display:
  - 3 line LCD: 2 x 12 alphanumeric lines and 1 icon line
  - Update rate: 1 second
  - Contrast: User adjustable with 5 levels.
- Enclosure: IP65 front.

### Electrical

- Supply Voltage: 12 to 24 VDC  $\pm 10\%$  regulated.
- Sensor Input (Frequency):
  - Sensor power: 3.8 - 12 VDC @ < 30 mA
  - Range: 0.5 to 1000 Hz
  - Optically isolated from current loop
  - Short circuit protected.
- Current output:
  - 4-20 mA, isolated, fully adjustable and reversible
  - Max loop impedance: 150  $\Omega$  @ 12 VDC, 330  $\Omega$  @ 18 VDC, 600  $\Omega$  @ 24 VDC
  - Configurations: Valve control, batch completion.

### Open Collector output:

- User selectable as START Batch, END Batch, Off
- Optically isolated, 50 mA MAX sink, 24 VDC MAX pull-up voltage
- Max pulse/min: 300.

### Relay output:

- Mechanical SPDT contact
- Max voltage rating: 3A @ 30 VDC, 3A @ 250 VAC resistive load
- OUT1 - Batch: Batch in progress indication
- OUT2 - Option: Two-stage shutdown, end of batch, overrun alarm, missing signal alarm.

### Additional Functions:

- End of batch pulse
- External Start, Stop and Resume.

### Environmental

- Operating temperature: -10 to +70°C (14 to 158°F).
- Storage temperature: -15 to +80°C (5 to 176°F).
- Relative humidity: 0 to 95% non condensing.

### Standards & Approvals

- Manufactured under ISO 9002.
- CE.



เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า LEONICS

**LEONICS**  
ADVANCED POWER TECHNOLOGY

**APOLLO G-300**  
GRID CONNECTED INVERTER

- Pure sine wave power output
- Low Harmonic Distortion (less than 4%)
- High efficiency > 91%
- Main and solar generator are galvanically isolated
- Maximum Power Point Tracking circuit is included
- 8/16 bit Microprocessor
- Advanced IGBT Technology
- Fully automatic self START in the morning and STOP in the evening
- Special design for using at high grid fluctuation area
- Wall mount and 19 inch rack mount case
- Operation with battery bank (option)
- IEEE 929-2000 certified
- AS 4777, AS 3100 and IEC 60355.1 certified
- C-tick compliance for EMC
- ISO 9001:2000 and ISO 14001 certified

Wall mount case

Rack mount case

With a Grid Connected Solar Power System, clean solar power takes the place of grid power when the sun is shining, even to the point of selling a surplus back to grid. When the sun is not shining or when extra power is needed, electricity can be automatically purchased from the grid. Systems for residences, offices, stores or factories can be provided.

**GRID CONNECTED POWER SYSTEM**

ภาคผนวกที่ ๓ คุณลักษณะเฉพาะเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า LEONICS

# LEONICS®

## APOLLO G-300 series

GRID CONNECTED INVERTER



### SPECIFICATIONS

MODEL	Wall Mount type	G-303	G-304	G-304M2	G-305
	Rack Mount type*	G-303/RM	G-304/RM	G-304M2/RM	G-305/RM
RATED POWER	PV input	2.8 kW	3.9 kW	4.7 kW	5.6 kW
	AC output	2.5 kW	3.5 kW	4.2 kW	5 kW
SYSTEM	Controller	Intelligent with microcomputer controlled			
	Technology	High frequency switching, IGBT technology			
DC INPUT	Nominal voltage	230 V			
	Acceptable voltage range	165 - 300 V			
	Max. allowable voltage (for short period of time)	350 V			
GRID LINE	Output voltage range	187 - 253 V for 220 V and 230 V 200 - 253 V for 240 V			
	Phase and frequency	Single Phase, 50 / 60 Hz $\pm$ 6%			
AC OUTPUT	Power factor	more than 0.98			
	Total harmonic distortion	Total less than 4%, Each less than 3%			
	Current limiting	110%			
ISOLATION	Galvanic isolation	yes			
EFFICIENCY	Peak efficiency	more than 91%			
CONTROL		Automatic cooling fans / MPPT control / Unity power factor control			
PROTECTION	Input / Output	Over voltage / Under voltage (AC & DC), Frequency (AC)			
	Islanding	Voltage and phase shift detection			
	Over heat	Auto shutdown and auto restart			
	Surge energy dissipation	280 Joules 10 / 1,000 microsec wave form			
INDICATOR	LED	Main, Operating, Alarm			
	LCD display	DC / AC voltage, Current, Watt, Today kWh, Accumulated kWh, Calendar, Clock, Condition setting, Fault			
AUDIABLE ALARM	Multiple tone sound with reset for silence	Mains failure, Inverter fault (Inhibitible)			
COMMUNICATION INTERFACE	DB-9 connector	RS-232 serial interface port			
	RS-485 Adaptor	RS-485 interface (option)			
ACOUSTIC NOISE	At 1 metre	less than 50 dBA			
ENVIRONMENT	Temperature	0 - 45 °C			
	Humidity	0 - 95 % (Non - condensing)			
DIMENSION (W x H x D) in cm.	Wall mount case	37.5 x 49 x 22			41.6 x 52 x 22.7
	Rack mount case	48 x 19.6 x 47			48 x 19.6 x 47
WEIGHT in kg. (approximate)	Wall mount case	23			26
	Rack mount case	23			26
DESIGN	Islanding protection	UL 1741, IEEE-929:2000, AS 4777			
REGULATION	Safety regulation	AS 3100 and IEC 60355.1			

\* The rack mount case models are not included the floor standing rack mount enclosure.  
Continuous product development is our commitment. In that manner, the above specifications may be changed without prior notice.

Authorized Distributor:

**LEO ELECTRONICS CO.,LTD.**

119/50-51 MOO 8 BANGNA-TRAD RD., BANGNA, BANGNA, BANGKOK 10260 THAILAND.  
Tel: 66-2746-9500, 66-2746-8708 Fax: 66-2746-8712  
http://www.leonics.com • e-mail: RNE@leonics.com

Authorized Dealer:

## เครื่องมือวัดแรงดันสารทำความเย็น

### P Pressure Transmitters

#### Cole-Parmer Sealed Stainless Steel Pressure Transmitters



► Models with  $\pm 0.25\%$  accuracy come with a certificate verifying traceability to NIST standards

Stainless steel (SS) diaphragm and polysilicon strain gauge are bonded by vapor deposition—no epoxies or glues which can cause signal instability or drift. Case and wetted parts are made of 300-series stainless steel.

Transmitters with 4 to 20 mA output have red (positive power) and black (output) wires. Transmitters with 1 to 5 V output have red (positive power), green (output), and white (common) wires.

For an explanation of Best Fit Straight Line accuracy (BFSL), see page 1241.

#### Specifications

Temperature range (compensated): -20 to 180°F (-29 to 71°C)	Electrical connection: 36" L shielded cable
Operating temperature: -20 to 180°F (-29 to 82°C)	Media compatibility: gases or liquids compatible with 300-series SS
Process connection: 1/4" NPT(M)	Dimensions: 3" L x 1" diameter
Power: 10 to 30 VDC	Shpg wt: 1 lb (0.5 kg)

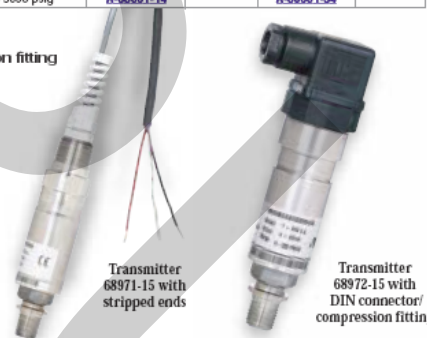
Range	4 to 20 mA output		1 to 5 V output	
	Catalog number	Price	Catalog number	Price
Vacuum and compound transmitters: $\pm 0.4\%$ accuracy (BFSL)				
30" Hg to 0 psig	A-07356-10		A-07356-60	
30" Hg to 30 psig	A-07356-11		A-07356-61	
30" Hg to 45 psig	A-07356-12		A-07356-62	
30" Hg to 60 psig	A-07356-13		A-07356-63	
Pressure transmitters: $\pm 0.4\%$ accuracy (BFSL)				
0 to 15 psig	A-07356-50		A-07356-00	
0 to 30 psig	A-07356-51		A-07356-01	
0 to 60 psig	A-07356-52		A-07356-02	
0 to 100 psig	A-07356-53		A-07356-03	
0 to 300 psig	A-07356-54		A-07356-04	
0 to 750 psig	A-07356-55		A-07356-05	
0 to 1000 psig	A-07356-56		A-07356-06	
0 to 2000 psig	A-07356-14		A-07356-64	
0 to 3000 psig	A-07356-15		A-07356-65	
0 to 5000 psig	A-07356-16		A-07356-66	
Pressure transmitters: $\pm 0.25\%$ accuracy (BFSL)				
0 to 100 psig	A-68001-04		A-68001-24	
0 to 200 psig	A-68001-05		A-68001-25	
0 to 300 psig	A-68001-06		A-68001-26	
0 to 500 psig	A-68001-07		A-68001-27	
0 to 1000 psig	A-68001-08		A-68001-28	
0 to 2000 psig	A-68001-09		A-68001-29	
0 to 3000 psig	A-68001-10		A-68001-30	
0 to 5000 psig	A-68001-14		A-68001-34	

#### High-Accuracy Pressure Transmitters

► Select transmitters with a 3-ft cable or a DIN connector/compression fitting

Transmitters offer exceptional long-term stability and enhanced accuracy. Made of 17-4 PH stainless steel with all-welded SS back end. Typical applications include load weighing systems, compressor and dispensing equipment, lube oil pressure equipment, and factory automated equipment.

RFI/EMI and ESD protection circuits exceed CE requirements protecting against noise, voltage spikes and static discharge. State-of-the-art ASIC chip in each transducer provides greater linearity correction than traditional thermal compensation methods.



#### Specifications

Accuracy: $\pm 0.15\%$ full scale	Media compatibility: gases or liquids compatible with 17-4 PH SS
Temperature range (compensated): -5 to 180°F (-20 to 80°C)	Output: 4 to 20 mA
Process connection: 1/4" NPT(M)	Dimensions: 4.75" L x 1.07" dia
Power: 7 to 35 VDC	Shpg wt: 1 lb (0.5 kg)

\*Transmitters offer 1/2" NPT(F) conduit  
†Transmitters offer combination 1/2" NPT(F) conduit/cable compression fittings

#### OAKION® Dataloggers

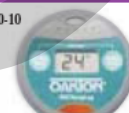
Connect your pressure transmitters to these dataloggers via available external adapters to log mA, or voltage outputs. Loggers automatically save up to 16,000 measurements on selectable intervals from ten seconds to two hours. External adapters require software 35710-50—order separately at right.

BH-35710-00 TempLog  
BH-35710-10 RH/TempLog

#### External adapters

BH-35710-72 External adapter; current; 0 to 20 mA  
BH-35710-10 External adapter; voltage; 0 to 10 V  
BH-35710-50 Software and cable. Required for dataloggers. Set sampling rate; view data graphically; store/export data. Windows® 3.x/95/98/2000/NT/ME compatible

35710-10



For more information, see page 676 of the "Humidity" section.

ภาคผนวกที่ ๓4 คุณลักษณะเฉพาะเครื่องมือวัดแรงดันสารทำความเย็น

**ภาคผนวกที่ ช**  
**ตาราง PVIFA (NPV)**

ตาราง A-2 มูลค่าปัจจุบันของเงินงวด 1 บาทต่องวด เป็นเวลา n งวด ( $PVIFA_{i,n}$ )

จำนวนงวด	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	0.9901	0.9804	0.9709	0.9615	0.9524	0.9434	0.9346	0.9259	0.9174	0.9091
2	1.9704	1.9416	1.9135	1.8861	1.8594	1.8334	1.8080	1.7833	1.7591	1.7355
3	2.9410	2.8839	2.8286	2.7751	2.7232	2.6730	2.6243	2.5771	2.5313	2.4869
4	3.9020	3.8077	3.7171	3.6299	3.5460	3.4651	3.3872	3.3121	3.2397	3.1699
5	4.8534	4.7135	4.5797	4.4518	4.3295	4.2124	4.1002	3.9927	3.8897	3.7908
6	5.7955	5.6014	5.4172	5.2421	5.0757	4.9173	4.7665	4.6229	4.4859	4.3553
7	6.7282	6.4720	6.2303	6.0021	5.7864	5.5824	5.3893	5.2064	5.0330	4.8684
8	7.6517	7.3255	7.0197	6.7327	6.4632	6.2098	5.9713	5.7466	5.5348	5.3349
9	8.5660	8.1622	7.7861	7.4353	7.1078	6.8017	6.5152	6.2469	5.9952	5.7590
10	9.4713	8.9826	8.5302	8.1109	7.7217	7.3601	7.0236	6.7101	6.4177	6.1446
11	10.3676	9.7868	9.2526	8.7605	8.3064	7.8869	7.4987	7.1390	6.8052	6.4951
12	11.2551	10.5753	9.9540	9.3851	8.8633	8.3838	7.9427	7.5361	7.1607	6.8137
13	12.1337	11.3484	10.6350	9.9856	9.3936	8.8527	8.3577	7.9038	7.4869	7.1034
14	13.0037	12.1062	11.2961	10.5631	9.8986	9.2950	8.7455	8.2442	7.7862	7.3667
15	13.8651	12.8493	11.9379	11.1184	10.3797	9.7122	9.1079	8.5595	8.0607	7.6061
16	14.7179	13.5777	12.5611	11.6523	10.8378	10.1059	9.4466	8.8514	8.3126	7.8237
17	15.5623	14.2919	13.1661	12.1657	11.2741	10.4773	9.7632	9.1216	8.5436	8.0216
18	16.3983	14.9920	13.7535	12.6593	11.6896	10.8276	10.0591	9.3719	8.7556	8.2014
19	17.2260	15.6785	14.3238	13.1339	12.0853	11.1581	10.3356	9.6036	8.9501	8.3649
20	18.0456	16.3514	14.8775	13.5903	12.4622	11.4699	10.5940	9.8181	9.1285	8.5136
21	18.8570	17.0112	15.4150	14.0292	12.8212	11.7641	10.8355	10.0168	9.2922	8.6487
22	19.6604	17.6580	15.9369	14.4511	13.1630	12.0416	11.0612	10.2007	9.4424	8.7715
23	20.4558	18.2922	16.4436	14.8568	13.4886	12.3034	11.2722	10.3711	9.5802	8.8832
24	21.2434	18.9139	16.9355	15.2470	13.7986	12.5504	11.4693	10.5288	9.7066	8.9847
25	22.0232	19.5235	17.4131	15.6221	14.0939	12.7834	11.6536	10.6748	9.8226	9.0770
26	22.7952	20.1210	17.8768	15.9828	14.3752	13.0032	11.8258	10.8100	9.9290	9.1609
27	23.5596	20.7069	18.3270	16.3296	14.6430	13.2105	11.9867	10.9352	10.0266	9.2372
28	24.3164	21.2813	18.7641	16.6631	14.8981	13.4062	12.1371	11.0511	10.1161	9.3066
29	25.0658	21.8444	19.1885	16.9837	15.1411	13.5907	12.2777	11.1584	10.1983	9.3696
30	25.8077	22.3965	19.6004	17.2920	15.3725	13.7648	12.4090	11.2578	10.2737	9.4269
35	29.4086	24.9986	21.4872	18.6646	16.3742	14.4982	12.9477	11.6546	10.5668	9.6442
40	32.8347	27.3555	23.1148	19.7928	17.1591	15.0463	13.3317	11.9246	10.7574	9.7791
45	36.0945	29.4902	24.5187	20.7200	17.7741	15.4558	13.6055	12.1084	10.8812	9.8628
50	39.1961	31.4263	25.7298	21.4822	18.2559	15.7619	13.8007	12.2335	10.9617	9.9148
55	42.1472	33.1748	26.7744	22.1086	18.6335	15.9905	13.9399	12.3186	11.0140	9.9471