



## ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบสำหรับการเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำร้อนและงานซ่อมบำรุง

The index performance of Flat plate solar collector for more product hot water and maintenance

สุริยะ สุกรินทร์<sup>1</sup>, พงศ์พิชญ์ ต่วนภูษา<sup>2</sup>, สathaporn Thongwik<sup>1\*</sup>

Suriya Sukarin<sup>1</sup>, Pongpith Tuenpusa<sup>2</sup>, Sathaporn Thongwik<sup>1\*</sup>

### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้กล่าวถึงดัชนีบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลด้วยการจำลองทางคณิตศาสตร์ในตัวอย่างแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 2 ชุด พบว่าหากเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์มากกว่าผลของการทดสอบของผู้ผลิต 10% ไปจนถึง 100% ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ และค่าที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับรังสีอาทิตย์ นั้นมีค่าใกล้เคียงกับผู้ผลิตได้ระบุไว้ จึงทำให้วิศวกรหรือช่างเทคนิคสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำร้อนได้อีก 1 เท่าจากปริมาณการผลิตเดิม ในทางกลับกันหากลดอัตราการไหลลงต่ำกว่าผลของการทดสอบจากผู้ผลิต 50% จนถึง 100% พบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ และค่าที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับรังสีอาทิตย์จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากผลลัพธ์ดังกล่าวช่วยให้วิศวกรและช่างเทคนิควิเคราะห์ปัญหาการสูญเสียอัตราการไหลของระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ อันเนื่องมาจากระบบส่งจ่ายน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** น้ำร้อน, แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ, พลังงานทดแทน

### ABSTRACT

This paper is present the index of performance flat plate solar collector change. The experiment was used the mathematical model for simulating the flow rate of sample flat plate solar collector. When flow rate of solar collector is more than testing results by manufacturer 10% to 100 %.The maximum thermal efficiency and loss of heat assemble will be similar to manufacturer specified. Therefore the process can produce a hot water more than specified. In contrary, if reduce the flow rate less than test results by manufacturer 50% to 100%. The maximum thermal efficiency and loss of heat assemble will be increase more than manufacturer specified. The results will aid engineer and technician to analyze problem about a loss of flow rate in solar hot water system.

**Keywords:** hot water, solar collector, renewal energy

### บทนำ

ปัจจุบันพบว่าการใช้งานแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบเพื่อการผลิตน้ำร้อนนั้นมีความนิยมเป็นอย่างมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) จากความนิยมดังกล่าว จึงมีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายเป็นจำนวนมาก โดยแต่ละรายได้ชูประเด็นเรื่องประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์มาเป็นจุดขายของผลิตภัณฑ์ โดยส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปทดสอบกับสถาบันทดสอบที่ได้รับ

ความเชื่อถือ จากผลการทดสอบดังกล่าวจะได้อัตราการไหลของน้ำทำให้แผงรับแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่จากการใช้แผงรับแสงอาทิตย์ของผู้ใช้นั้น อาจปรับตั้งอัตราการไหลไม่ตรงตามผลของการทดสอบของผู้ผลิต จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์เปลี่ยนไป ปัญหาอีกประการหนึ่ง พบว่าเมื่อใช้งานระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไปแล้วนั้น ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ลดน้อยลงอันเนื่องจากการสูญเสียของอัตราการไหล ซึ่งเป็นการยากที่วิศวกร

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani,12110

<sup>2</sup> Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani,12110

\*Tel:0-2549-3435 ,Fax:0-2549-3432,E-mail:rmutt\_thermallab@yahoo.co.th

หรือช่างเทคนิคจะวิเคราะห์ได้ว่า ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุจากแผงรับแสงอาทิตย์ หรือ จากระบบการจ่ายน้ำเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองอัตราการไหลในช่วง  $\pm 0\%$  ไปจนถึง  $\pm 100\%$  ของอัตราการไหลจากผลการทดสอบของผู้ผลิต จากนั้นจึงสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าบ่งชี้ถึงการสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับแสงอาทิตย์ ( $F_R U_L$ ) และประสิทธิภาพสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ ( $F_R(\tau\alpha)$ ) ในการจำลองนี้ผู้วิจัยได้ใช้คุณสมบัติของแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ ที่ผลิตโดย Thermo Dynamics Ltd. ประเทศ แคนาดา รุ่น G32-P และ S32-P ซึ่งผ่านการทดสอบประสิทธิภาพจาก Solar Rating and Certification Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา มาใช้ในการจำลอง ดังนั้นผลจากการจำลองนี้จะช่วยในกระบวนการวิเคราะห์ความเสียหายและการบริหารระบบงานผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

### แบบจำลองคณิตศาสตร์

ในกระบวนการทดสอบนั้นจะมีอยู่ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการวัดช่วงขณะ และ กระบวนการวัดค่าพลังงานความร้อน ซึ่งในกระบวนการทดสอบค่าช่วงขณะนั้นจะต้องทำการวัดทุกค่าพร้อมกัน โดยควบคุมให้อัตราการไหลของเหลวมีค่าคงที่ตลอดเวลา ซึ่งการทดสอบดังกล่าวสามารถหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพได้ดังนี้

$$\eta_c = \frac{Q_u}{A_c G_T} = F_R(\tau\alpha)_e - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{G_T} \quad (1)$$

การคำนวณประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ASHRAE 93-77 นั้นจะใช้วิธีการสร้างกราฟ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ ( $\eta_c$ ) ของแผงรับแสงอาทิตย์ กับ  $\frac{(T_i - T_a)}{G_T}$  โดยกราฟความสัมพันธ์นั้นจะเป็นเส้นตรง โดยความชันคือค่า  $F_R U_L$  และจุดตัดของกราฟ ในแนวแกน y มีค่าเท่ากับ  $F_R(\tau\alpha)$  ดังนั้นสมการเส้นตรงจะเป็นไปตามสมการที่ 2

$$y = (-F_R U_L)(x) + F_R(\tau\alpha)_e \quad (2)$$

โดยที่

$y$  คือ ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ( $\eta_c$ )

$x$  คือ  $\frac{(T_i - T_a)}{G_T}$

หลังจากติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์แล้วหากระบบมีอัตราการไหลไม่เป็นไปตามผลการทดสอบของผู้ผลิตกำหนด จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า  $F_R U_L$  และ  $F_R(\tau\alpha)$  โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นไปตามสมการที่ 3

$$r = \frac{F_R U_L|_{test}}{F_R U_L|_{use}} = \frac{F_R(\tau\alpha)_n|_{use}}{F_R(\tau\alpha)_n|_{test}} \quad (3)$$

หากพิจารณาเฉพาะอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า  $F_R U_L$  จะ เป็นไปตามสมการที่ 4

$$r = \frac{\left. \frac{m C_p}{A_c F' U_L} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{A_c F' U_L}{m \dot{C}_p}\right) \right] \right|_{Use}}{\left. \frac{m C_p}{A_c F' U_L} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{A_c F' U_L}{m \dot{C}_p}\right) \right] \right|_{Test}} \quad (4)$$

โดยค่า  $F' U_L$  หาได้จากสมการที่ 5

$$F' U_L = -\frac{m C_p}{A_c} \ln \left( 1 - \frac{F_R U_L A_c}{m C_p} \right) \quad (5)$$

### การทดสอบ

การทดสอบในบทความฉบับนี้ กำหนดให้ คุณสมบัติของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น G32-P เป็นแผงตัวอย่างชุดที่ 1 และ S32-P เป็นแผงตัวอย่างชุดที่ 2 แล้วจำลองอัตราการไหลด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ในช่วง  $\pm 0\%$  ไปจนถึง  $\pm 100\%$  ของอัตราการไหลตามที่ผู้ผลิตทดสอบ แล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงของค่าที่บ่งชี้ถึงการ

สูญเสียความร้อนรวม ( $F_R U_L$ ) และ ประสิทธิภาพสูงสุดของแผงของรังสีอาทิตย์ ( $F_R(\tau\alpha)$ ) ในอัตราการไหลนั้นๆ

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. พิจารณากรณีอัตราการไหลสูงกว่ากำหนด

พบว่าในตัวอย่างแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 ชุด เมื่อเพิ่มอัตราการไหลมากกว่าการทดสอบ ความสัมพันธ์ของค่า  $F_R U_L$  จะผกผันกับอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราการไหลเพิ่มขึ้นทุก 10% จะมีผลทำให้ค่า  $F_R U_L$  ในแผงตัวอย่างชุดที่ 1 ลดลงเฉลี่ย  $0.00633 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ซึ่งมีผลทำให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง  $4.99 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ถึง  $4.93 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  เมื่อเทียบกับค่าจากผู้ผลิตคือ  $4.934 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ส่วนชุดที่ 2 นั้นลดลงเฉลี่ย  $0.00186 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ซึ่งมีผลทำให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง  $4.97 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ถึง  $4.81 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  เมื่อเทียบกับค่าจากผู้ผลิตคือ  $4.811 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า  $F_R U_L$  นั้นทำให้ค่า  $F_R(\tau\alpha)$  ลดลงเฉลี่ย 0.089 % จากค่า  $F_R(\tau\alpha)$  เดิม ในแผงตัวอย่างชุดที่ 1 และ ในแผงชุดที่ 2 อยู่ที่ 0.269% จากค่า  $F_R(\tau\alpha)$  เดิม เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นทุก 10% ดังนั้นกราฟประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ASHRAE 93-77 จะเป็นไปตามภาพที่ 1 (a) และภาพที่ 1(b)

#### 2. พิจารณากรณีอัตราการไหลต่ำกว่ากำหนด

พบว่าค่าที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียความร้อนรวม ( $F_R U_L$ ) จะผกผันกับอัตราการไหลใกล้เคียงกับกรณีเพิ่มอัตราการไหล จะแตกต่างที่ค่า  $F_R U_L$  ในแผงตัวอย่างชุดที่ 1 ค่า  $F_R U_L$  ในช่วงแรกนั้นจะอยู่ระหว่าง  $4.93 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ถึง  $5.54 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ซึ่งค่า  $F_R U_L$  ดังกล่าวอยู่มีอัตราการไหลตั้งแต่ -0% ไปจนถึง -80% แต่หากลดอัตราการไหลลงอีกไป

จนถึง -90% ค่า  $F_R U_L$  จะเพิ่มขึ้นไปเป็น  $6.44 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ส่วนในแผงตัวอย่างชุดที่ 2 นั้น ค่า  $F_R U_L$  จะอยู่ในช่วง  $4.811 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ถึง  $5.105 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ที่อัตราการไหล -0% ไปจนถึง -60% หลังจากนั้นช่วงผลต่างของค่า  $F_R U_L$  จะมีระยะห่างมากขึ้นและจะเพิ่มจาก  $6.984 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ที่อัตราการไหล -80% ไปเป็น  $11.735 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ที่อัตราการไหล -90% หากพิจารณาประสิทธิภาพสูงสุดของแผงของรังสีอาทิตย์ ( $F_R(\tau\alpha)$ ) พบว่า ตัวอย่างแผงชุดที่ 1 ประสิทธิภาพสูงสุดเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลที่ลดลง โดยที่ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 91.4% ที่อัตราการไหล -90% จากประสิทธิภาพสูงสุดเดิมที่ 70% ส่วนตัวอย่างแผงชุดที่ 2 ประสิทธิภาพสูงสุดของแผงที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎีจะอยู่ที่ 80.59% ที่อัตราการไหล -70% จากประสิทธิภาพสูงสุดเดิมอยู่ที่ 69.5% ดังนั้นกราฟประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ASHRAE 93-77 จะเป็นไปตามภาพที่ 1(c) และ ภาพที่ 1 (d)

### 3 พิจารณาปริมาณผลผลิตน้ำร้อนและข้อบ่งชี้

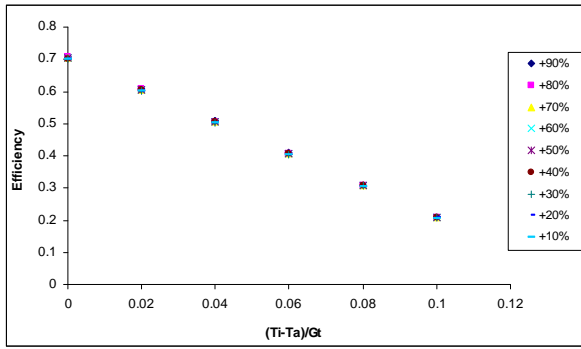
#### ความเสียหาย

พิจารณาผลของการจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 กรณีพบว่า แผงตัวอย่างชุดที่ 1 สามารถผลิตน้ำร้อนได้อยู่ที่ 0.065 ถึง 0.119  $L/s$  โดยที่ยังมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 70% เช่นเดียวกับในแผงตัวอย่างชุดที่ 2 สามารถผลิตน้ำร้อนอยู่ในช่วง 0.022 ถึง 0.04  $L/s$  ซึ่งปริมาณการผลิตของแผงทั้ง 2 ชุดนั้นเพิ่มขึ้นได้ 100% จากปริมาณที่ผลิตของแผงทั้ง 2 ชุดนั้นเพิ่มขึ้นได้ 100% จากปริมาณที่ผู้ผลิตกำหนดมา ดังแสดงในภาพที่ 2

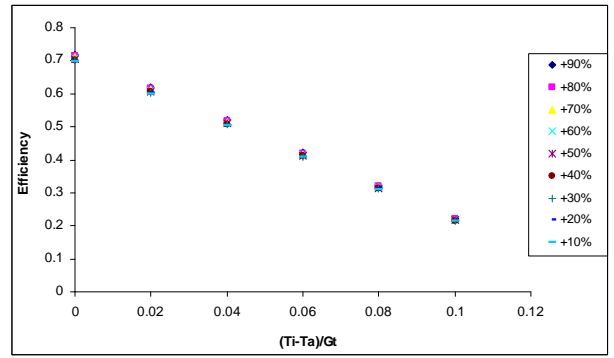
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของแผงรับรังสีอาทิตย์จากบริษัท Thermo Dynamics Ltd.

Model	$A_C$ ( $m^2$ )	$\eta_c$	$F_R U_L$	$F_R(\tau\alpha)$	$G_{T(test)}$	$\dot{m}_{test}$ (L/s)
G32-P	2.982	0.689	4.934	0.7	11611.11	0.0596
S32-P	2.976	0.685	4.811	0.694	11861.11	0.02024

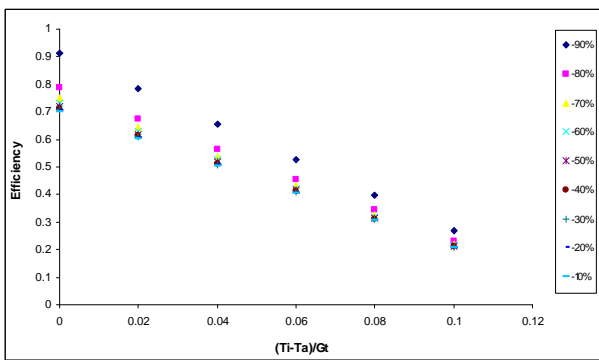
ที่มา: SRCC Certification # 100-2006-005A, SRCC Certification # 100-2009-007A



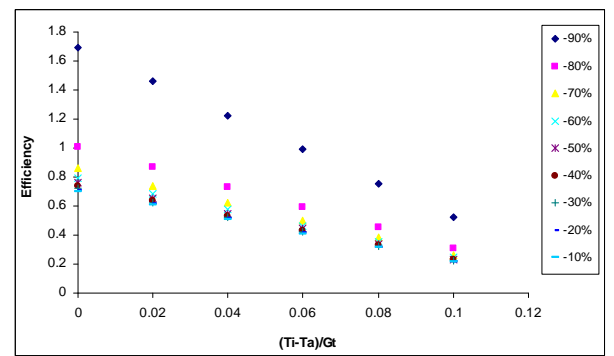
a) อัตราการไหลสูงกว่ากำหนดในแผงตัวอย่างชุดที่ 1



b) อัตราการไหลสูงกว่ากำหนดในแผงตัวอย่างชุดที่ 2

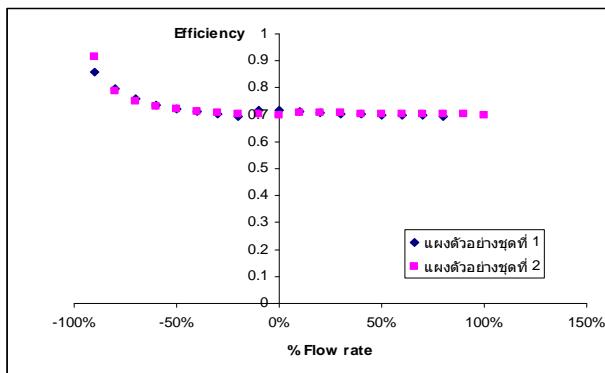


c) อัตราการไหลต่ำกว่ากำหนดในแผงตัวอย่างชุดที่ 1

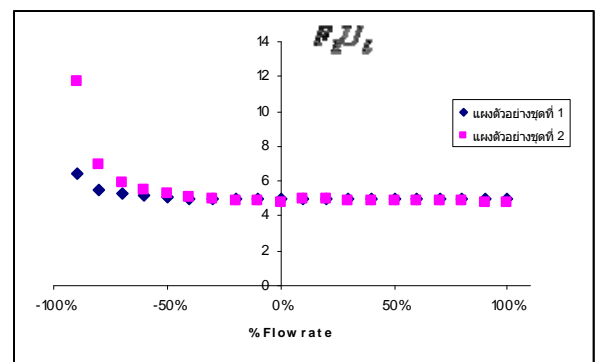


d) อัตราการไหลต่ำกว่ากำหนดในแผงตัวอย่างชุดที่ 2

ภาพที่ 1 กราฟประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ASHRAE 93-77



ภาพที่ 2 อัตราการไหลที่ประสิทธิภาพต่างๆ



ภาพที่ 3 ค่า  $F_R U_L$  ที่อัตราการไหลต่างๆ

พิจารณาอัตราการเพิ่มขึ้นของ  $F_R U_L$  และ  $F_R(\tau\alpha)$  นั้นจะผูกพันกับอัตราการไหล ในกรณีอัตราการไหลต่ำกว่าค่ากำหนดพบว่า ค่า  $F_R U_L$  สูงกว่า  $5.00 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  และ  $F_R(\tau\alpha)$  สูงกว่า 0.75 ในตัวอย่างแผงชุดที่ 1 เมื่ออัตราการไหลลดลงต่ำกว่า 50% ส่วนในตัวอย่างแผงชุดที่ 2 นั้น  $F_R U_L$  จะสูงกว่า  $5.00 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  และ  $F_R(\tau\alpha)$  สูงกว่า 0.73 เมื่ออัตราการไหลต่ำกว่า 60% ดังแสดงในภาพที่ 2 และภาพที่ 3

### สรุป

จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ในบทความฉบับนี้พบว่าตัวอย่างแผงรับแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ชุด สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ถึง 100% เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำร้อนที่เพิ่มขึ้น โดยที่ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์นั้น มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบของผู้ผลิต นอกจากนั้นพฤติกรรมการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุด ( $F_R(\tau\alpha)$ ) และ ค่าที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียความร้อนรวม ( $F_R U_L$ ) อันเนื่องมาจาก

อัตราการใช้พลังงานที่ลดลงจะช่วยให้วิศวกรและช่างเทคนิควิเคราะห์ปัญหาการสูญเสียอัตราการใช้พลังงาน อันเนื่องมาจากระบบการส่งจ่ายน้ำได้ผลง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

### คำขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติผู้สนับสนุนงบประมาณในโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการโครงข่ายระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผู้อนุเคราะห์สถานดำเนินงานวิจัย และ บริษัท Thermo Dynamics Ltd. ประเทศ แคนาดา ผู้อนุเคราะห์ข้อมูล

### เอกสารอ้างอิง

- SRCC Search Collector Record Detail. 2010. Certification ID 2009007A.Solar Rating and Certification Corporation., USA.
- SRCC Search Collector Record Detail. 2010. Certification ID 2006005A.Solar Rating and Certification Corporation., USA.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2552. สถานภาพและเป้าหมายการสนับสนุนการใช้งานระบบพลังงานความร้อนจากเซลล์แสงอาทิตย์ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี. กระทรวงพลังงาน สมชาย มณีวรรณ. ณรงค์ศักดิ์ พลแก้ว และนิพนธ์ เกตุจ้อย, 2550, การเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบแบบใช้แผ่นปิดใสด้านบนและแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่แตกต่างกัน. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 สมชาย กฤตพลวิวัฒน์. 2549. “พลังงานแสงอาทิตย์” . พิษณุโลก.ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- จงจิตร ธีรญาณภ. กระบวนการพลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อน.สำนักพิมพ์ดวงกมล