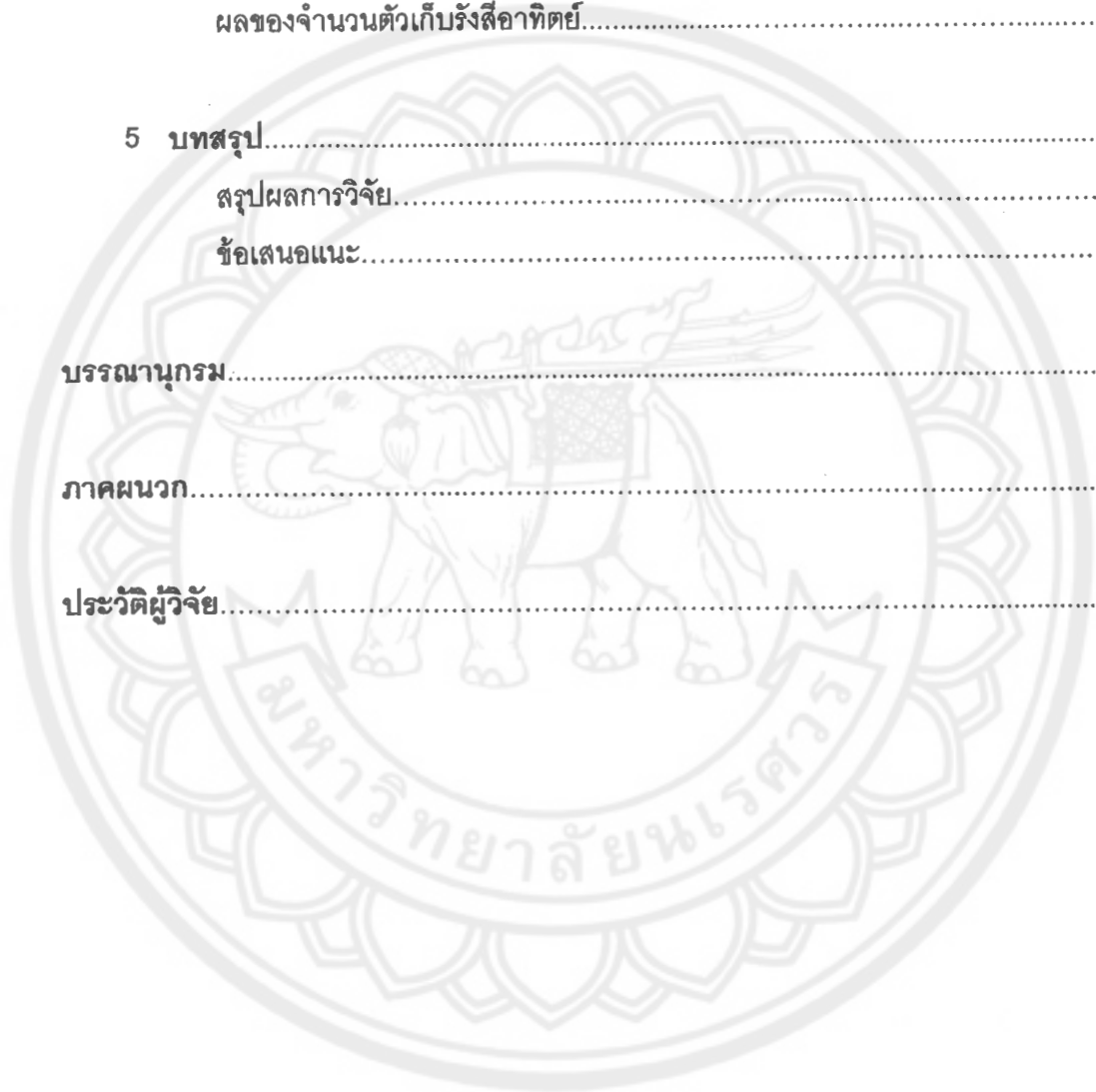


## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ทฤษฎีและหลักการ.....	9
รังสีอาทิติย์.....	9
ประเภทของรังสีอาทิติย์.....	9
ตัวเก็บรังสีอาทิติย์ชนิดแผ่นราบ.....	10
ถังเก็บสะสมความร้อนชนิดที่มีการแบ่งชั้นอุณหภูมิของน้ำ (Stratification)	13
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	17
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
ขอบเขตและสมมุติฐาน.....	22
ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	23
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของถังเก็บสะสม ความร้อนแบ่งชั้นอุณหภูมิ.....	25
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	25
4 ผลการวิจัย.....	26
โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	26
พฤติกรรมของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อนแบ่งชั้นอุณหภูมิ และผลของ ความเข้มรังสีอาทิติย์ .....	30
ผลของอัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิติย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน	34

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลของขนาดของถังเก็บสะสมความร้อน.....	36
ผลของจำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์.....	40
5 บทสรุป.....	44
สรุปผลการวิจัย.....	44
ข้อเสนอแนะ.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ภาคผนวก.....	49
ประวัติผู้วิจัย.....	86



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ศักยภาพเชิงพลังงาน และการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทพลังงานและปี กิจกรรม.....	3
2	พารามิเตอร์ สัญลักษณ์ ค่ากำหนดจากสมมติฐาน.....	23
3	เปอร์เซ็นต์ของอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อนที่ลดลงในโหมดต่างๆ เมื่อเพิ่มขนาดของถังเก็บสะสมความร้อน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำ ในถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 100 ลิตร .....	37
4	เปอร์เซ็นต์ของอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อนที่เพิ่มขึ้นในโหมดต่างๆ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อใช้ตัวเก็บ รังสีอาทิตย์ 1 แผง .....	41
5	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ ที่อัตราการไหลของน้ำ จาก ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.001 kg/s .....	50
6	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ ที่อัตราการไหลของน้ำ จาก ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.002 kg/s .....	51
7	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ ที่อัตราการไหลของน้ำ จาก ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.003 kg/s .....	52
8	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ ที่อัตราการไหลของน้ำ จาก ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.004 kg/s .....	53
9	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ ที่อัตราการไหลของน้ำ จาก ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.005 kg/s .....	54





## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
31	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แผ่นราบจำนวน 7 แผง ต่อแบบอนุกรม.....	76
32	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แผ่นราบจำนวน 8 แผง ต่อแบบอนุกรม.....	77
33	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แผ่นราบจำนวน 9 แผง ต่อแบบอนุกรม.....	78
34	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 4,500 ลิตร โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 48.7 ตารางเมตร ผลคูณของสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน และการดูดกลืนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เท่ากับ 0.71 ผลคูณของแฟคเตอร์การดึงความร้อนและสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน เท่ากับ $4.2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ และสภาวะเช่นเดียวกับ ข้อมูลของ CSU House III .....	79
35	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆของถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่อัตราการไหลต่างๆ สำหรับความเข้มรังสี $900 \text{ W/m}^2$ และตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบขนาด 2.4 ตารางเมตรอุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ.....	80
36	ผลของขนาดถังเก็บสะสมความร้อนที่มีต่ออุณหภูมิของน้ำตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน $0.005 \text{ kg/s}$ สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ.....	81

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
37	ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อขนาดของถังเก็บสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น ที่อัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.005 kg/s สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ.....	82
38	ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำระหว่างตำแหน่ง(โหนด) ต่างๆ ในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อขนาดของถังเก็บสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น ที่อัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.005 kg/s สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ.....	83
39	ผลของจำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบที่มีต่ออุณหภูมิของน้ำตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อน โดยใช้ถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 900 W/m <sup>2</sup> ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 2.4 ตารางเมตร และอัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 0.005 kg/s.....	84
40	ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อจำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบเพิ่มขึ้น โดยใช้ถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 900 W/m <sup>2</sup> ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 2.4 ตารางเมตร และอัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 0.005 kg/s.....	85

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ปริมาณการผลิตน้ำมันของโลก และแนวโน้มการผลิตน้ำมันของโลก.....	2
2	คาดการณ์จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 – 2050 .....	2
3	ปริมาณการใช้้ำมันในภูมิภาคต่างๆของโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 ถึง 2007 .....	4
4	กระบวนการเก็บสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	5
5	ระบบผลิตความร้อน ประกอบด้วยตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ และถังเก็บสะสม ความร้อน.....	6
6	ถังเก็บสะสมความร้อนที่มีการแบ่งชั้นอุณหภูมิของน้ำ.....	14
7	แสดงการรับและสูญเสียพลังงานในถังน้ำร้อนที่โหนด 1 – 5.....	17
8	ผังการไหลของโปรแกรม จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของถังเก็บสะสม ความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ.....	24
9	ฟอร์มหลักสำหรับกรอกข้อมูลของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และถังเก็บสะสม ความร้อน.....	26
10	ฟอร์มคำนวณอุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสม ความร้อน.....	27
11	ฟอร์มคำนวณอุณหภูมิของน้ำในชั้น 1 – 5 ของถังเก็บสะสมความร้อนใน ช่วงเวลาต่างๆ.....	28
12	ฟอร์มสำหรับจัดกลุ่มข้อมูลที่ต้องการศึกษา.....	29
13	ผลของความเข้มรังสีอาทิตย์ ที่มีต่ออุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ของถัง เก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ สำหรับถังขนาด 150 ลิตร โดย ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบขนาด 2.4 ตารางเมตร ที่อัตราการไหล ของน้ำจากตัวเก็บรังสีไปยังถังเก็บสะสมความร้อนเท่ากับ 0.005 kg/s.....	30
14	อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่ง ต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อนชนิดแบ่งชั้นอุณหภูมิ ณ CSU House III	32



## สารบัญภาพ(ต่อ)

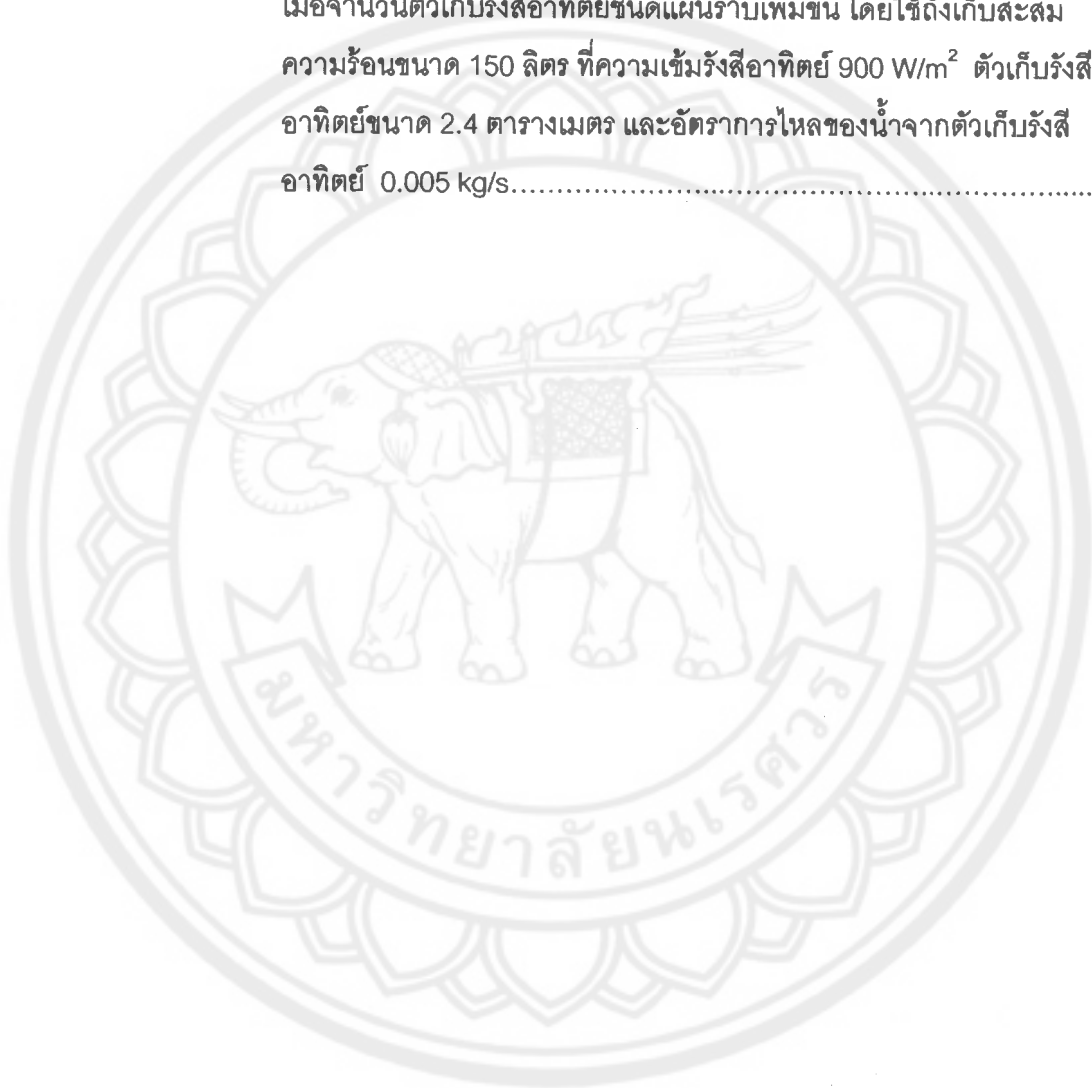
ภาพ		หน้า
15	ผลของอัตราการไหลเข้าของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน ที่มีต่ออุณหภูมิของน้ำในถังที่ 1 ของถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่ความเข้มรังสี 900 W/m <sup>2</sup> สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบขนาด 2.4 ตารางเมตร.....	34
16	อุณหภูมิของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของน้ำในตำแหน่งต่างๆของถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่อัตราการไหลต่างๆ สำหรับความเข้มรังสี 900 W/m <sup>2</sup> และตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบขนาด 2.4 ตารางเมตร.....	35
17	ผลของขนาดถังเก็บสะสมความร้อนที่มีต่ออุณหภูมิของน้ำตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.005 kg/s สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ.....	36
18	แสดงผลต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อขนาดของถังเก็บสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น ที่อัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.005 kg/s สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ.....	38
19	แสดงผลต่างของอุณหภูมิของน้ำระหว่างตำแหน่งต่างๆ ในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อขนาดของถังเก็บสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น ที่อัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน 0.005 kg/s สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ.....	39
20	ผลของจำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบที่มีต่ออุณหภูมิของน้ำตำแหน่งต่างๆ ของถังเก็บสะสมความร้อน โดยใช้ถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 900 W/m <sup>2</sup> ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 2.4 ตารางเมตร และอัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 0.005 kg/s.....	40

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ

หน้า

- 21 แสดงผลต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ในถังเก็บสะสมความร้อน เมื่อจำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบเพิ่มขึ้น โดยใช้ถังเก็บสะสมความร้อนขนาด 150 ลิตร ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์  $900 \text{ W/m}^2$  ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 2.4 ตารางเมตร และอัตราการไหลของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์  $0.005 \text{ kg/s}$ ..... 42



## อักษรย่อ

$A_c$	=	พื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $m^2$ )
$C_p$	=	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( $J/kg\ ^\circ C$ )
$F_R$	=	ค่าแฟกเตอร์การดึงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์
$F'$	=	ค่าแฟกเตอร์ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสี (Collector efficiency factor)
$F_i^C$	=	ฟังก์ชันการควบคุมการไหลเข้าของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์
$F_i^L$	=	ฟังก์ชันการควบคุมการไหลกลับของน้ำจากภาวะ
$G_T$	=	รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $W/m^2$ )
$k$	=	พลังงานจลน์ของการไหลแบบปั่นป่วน
$\dot{m}$	=	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $kg/s$ )
$\dot{m}_c$	=	อัตราการไหลเข้าของน้ำจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังถังเก็บสะสมความร้อน ( $kg/s$ )
$\dot{m}_L$	=	อัตราการไหลเข้าของน้ำจากถังเก็บสะสมความร้อนไปสู่ภาวะ ( $kg/s$ )
$\dot{m}_{m,i}$	=	อัตราการไหลสุทธิไปโนด $i$ จากโนด $i-1$ ( $kg/s$ )
$m_i$	=	มวลของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อน ( $kg$ )
$N$	=	จำนวนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ต่อกันแบบอนุกรม
$N$	=	จำนวนของชั้น (Node) ของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อน
$Q_u$	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้รับจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $kW$ )
$r$	=	อัตราส่วนเพื่อใช้ปรับแก้ค่าจากผลของอัตราการไหล
$T$	=	อุณหภูมิ ( $^\circ C$ )
$T_a$	=	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ( $^\circ C$ )
$T_{co}$	=	อุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $^\circ C$ )
$T_{fi}$	=	อุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าสู่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $^\circ C$ )
$T_{fo}$	=	อุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $^\circ C$ )
$T_{Lr}$	=	อุณหภูมิของน้ำที่ไหลกลับจากการใช้งาน ( $^\circ C$ )
$T_{s,i}$	=	อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อนที่โนด $i$ ( $^\circ C$ )
$T_{s,i}^*$	=	อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บสะสมความร้อนที่โนด $i$ ที่เปลี่ยนไป ณ เวลาใดๆ ( $^\circ C$ )

## อักษรย่อ(ต่อ)

$u$	=	ความเร็วตามแนวแกน (m/s)
$UA$	=	ผลคูณของสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมและพื้นที่ของถังเก็บ สะสมความร้อน ( $W/^{\circ}C$ )
$U_L$	=	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $W/m^2.^{\circ}C$ )
$(\tau\alpha)_e$	=	ผลคูณของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านและดูดกลืนรังสี
$\Delta t$	=	ช่วงเวลาใดๆ
$\rho$	=	ความหนาแน่นของสารทำงาน ( $kg/m^3$ )
$G_{on}$	=	Extraterrestrial radiation
kg	=	Kilogram
kW	=	Kilowatt
s	=	Second
W	=	Watt