บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

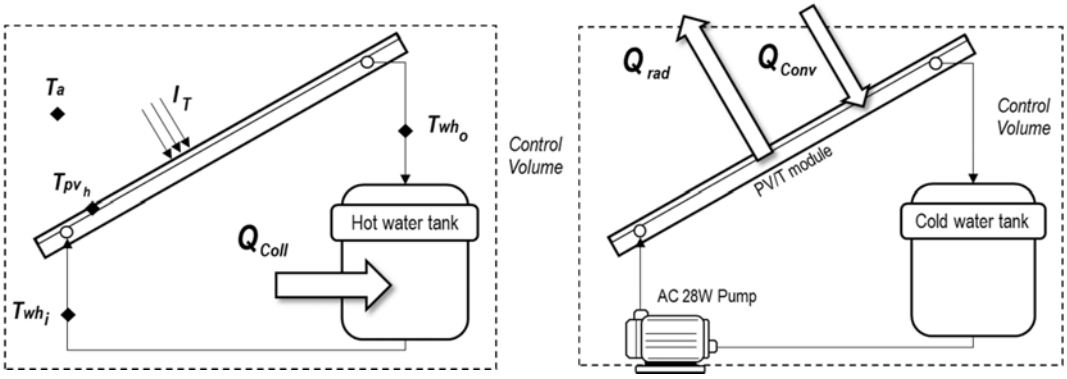
การดำเนินงานวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกภาคปฏิบัติจะทำการศึกษาภายใต้ 2 สภาวะ คือ กลางคืนระบบจะทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นเพียงอย่างเดียว ส่วนกลางวัน ระบบทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนในเวลาเดียวกัน ร่วมกับการนำน้ำเย็นที่ผลิตได้ในตอนกลางคืนมาระบายความร้อนให้แก่โมดูล และในส่วนทฤษฎีโดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ อุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อนและน้ำเย็น

3.1.1 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบใน ตอนกลางวัน ดังรูปที่ 3.1ก โมดูลจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า และจะมีน้ำจากถังเก็บน้ำร้อนไหลผ่านท่อที่ถูกติดตั้งไว้ด้านหลังโมดูลซึ่งจะช่วยระบายความร้อนและลดอุณหภูมิโมดูล น้ำที่ไหลเวียนจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และน้ำร้อนที่ได้จะถูกบรรจุอยู่ในถังเก็บน้ำร้อน

ส่วนการทำงานของระบบใน ตอนกลางคืนดังรูปที่ 3.1ข การหมุนเวียนน้ำจะเหมือนระบบทำน้ำร้อนตอนกลางวัน แต่ใช้โมดูลทำหน้าที่เป็นตัวระบายความร้อนจากน้ำในถังน้ำเย็นออกสู่บรรยากาศ โดยกระบวนการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นโดยการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้าและจะมีการรับความร้อนจากการพาความร้อนของอากาศแวดล้อม ถ้าอัตราการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าสูงกว่าอัตราการรับความร้อนโดยการพาความร้อนจากอากาศรอบๆ อุณหภูมิผิวโมดูลจะต่ำกว่าอากาศโดยรอบ ดังนั้นเมื่อนำน้ำมาส่งผ่านโมดูล จะสามารถลดอุณหภูมิน้ำให้ต่ำกว่าอากาศโดยรอบได้ น้ำเย็นที่ได้จะนำไปเก็บในถังน้ำเย็น ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิน้ำในถังลดลงอย่างต่อเนื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

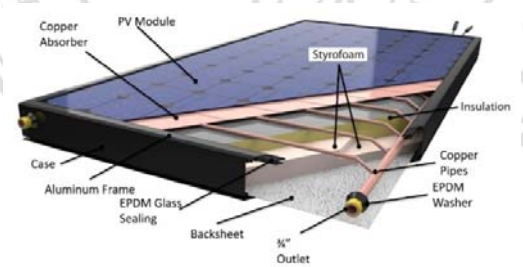


(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 (ก) การผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนในตอนกลางวัน และ (ข) การผลิตน้ำเย็นในตอนกลางคืน

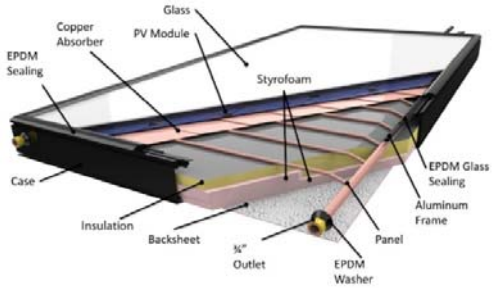
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 โมดูลตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดไฮบริดโฟโตโวลทาอิก/ความร้อน 2 โมดูล โดยใช้โมดูลยี่ห้อ Solimpek รุ่น Power Volt และรุ่น Power Therm ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับและแสดงรายละเอียดของแต่ละโมดูล ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 PV/T รุ่น Power Volt

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.3 PV/T รุ่น Power Therm

ตารางที่ 3.1 รายละเอียด ของ โมดูล รุ่น Power Volt และ โมดูล Power Therm

(ที่มา: http://www.solimpeks.com/pv-t-hybrid-solar-collectors/)

	คุณสมบัติของแผง	ชื่อรุ่น	
		Power Volt	Power Therm
1.	ขนาดของแผง (mm)	828 x 1,601 x 90	870 x 1,640 x 105
2.	ชนิดของเซลล์	Mono-Crystalline	Mono-Crystalline
3.	Heat Exchanger & Internal Piping	Copper	Copper
4.	วัสดุปิดด้านบน (ชนิดกระจก)	3.2 mm Low Iron Tempered	4.0 mm Module Glass
5.	ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ในการใช้งานจริง (Wp)	200	200
6.	ผลิตน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงสุด (ºC)	< 101	< 134

3.2.2. Thermocouple Type T ใช้ในการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ในการทดลอง ซึ่งมีช่วงการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -270 ถึง 370°C ค่าความแม่นยำอยู่ที่ ± 0.5°C แสดงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 Thermocouple Type T

3.2.3. Pyranometer เครื่องมือที่ใช้วัดความเข้มรังสีอาทิตย์ ใช้ยี่ห้อ Zipp & Zonen รุ่น CMP3 โดยใช้ร่วมกับ Data-logger ยี่ห้อ Expert รุ่น EX9018 เพื่อแปลงค่าให้อยู่ในหน่วย W/m^2 ช่วงการวัดจะอยู่ที่ 0 ถึง 1,500 W/m^2 ค่าความแม่นยำอยู่ที่ ± 0.05 ถึง 100 W/m^2 ดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์วัดความเข้มรังสีอาทิตย์ (Pyranometer)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.4. Multi-meter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้ สามารถแสดงค่ากระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ ใช้ยี่ห้อ Uni-Trend รุ่น PAC93 (ความแม่นยำ วัดแรงดันไฟฟ้า ± 0.8% และวัดกระแส ± 2%) แสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 Multi-meter

3.2.5. Data-logger ยี่ห้อ Huato รุ่น S220-T8 ซึ่งมีช่องสัญญาณสำหรับต่อสาย Thermocouple Type T ได้ 8 ช่อง เพื่อวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ในการทดลอง (มีค่าความแม่นยำ ± 0.5°C) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 Data-logger

3.2.6. Flow meter ชนิดลูกลอย ยี่ห้อ Blue Point รุ่น Z-Dummy เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็น โดยสามารถวัดได้ในช่วง 0 ถึง 100 L/H (ความละเอียด ± 5%) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 Flow meter

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.7. ปั๊มน้ำร้อน กระแสสลับยี่ห้อ Xindu ขนาด 28 W ใช้ในการส่งน้ำร้อนและน้ำเย็นเข้าสู่โมดูล โดยในการทดลองจะเปิดใช้ตั้งแต่เวลา 9:00 น. ถึง 16:00 น.ในการผลิตน้ำร้อน และเปิดใช้ตั้งแต่เวลา 19:00 น. ถึง 7:00 น.ในการผลิตน้ำเย็นตอนกลางคืน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ปั๊มน้ำ กระแสสลับ

3.2.8. ถังน้ำหุ้มฉนวน สำหรับใส่น้ำที่ใช้ในการทดลอง มีความจุ 60 ลิตร หุ้มฉนวน หนา 3 นิ้ว เพื่อกันความร้อนสูญเสีย พร้อมต่อท่อเพื่อตรวจสอบระดับน้ำภายในถัง โดยถังสามารถเปิดฝาถังได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.10

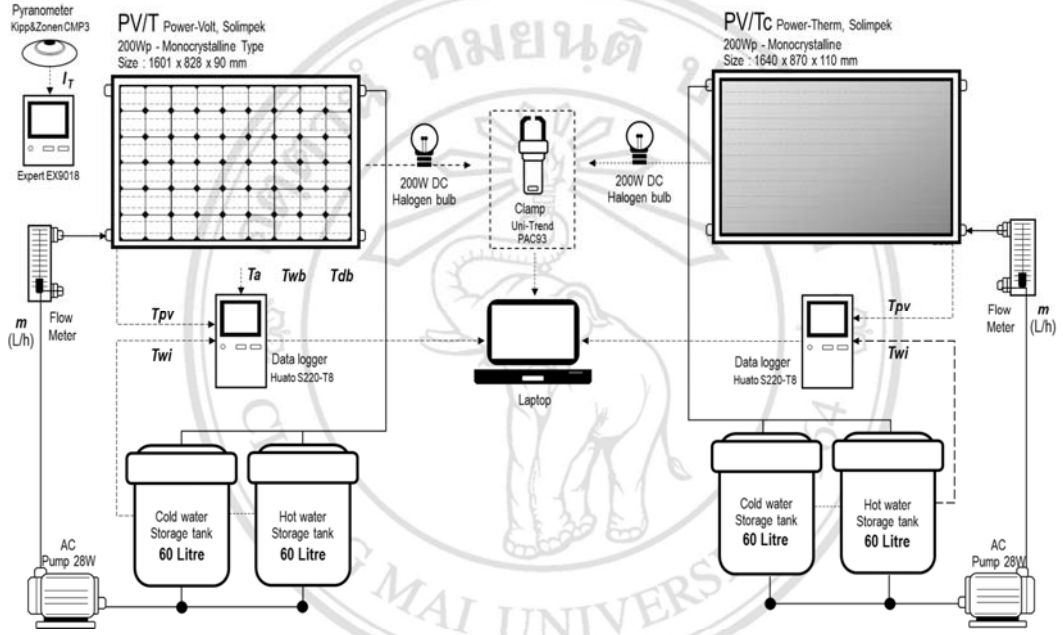
รูปที่ 3.10 ถังน้ำหุ้มฉนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 แผนการดำเนินงาน

3.3.1 ศึกษางานวิจัยต่างๆ และเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโมดูลตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดไฮบริดโฟโตโวลทาอิก/ความร้อน ในการผลิตไฟฟ้า น้ำร้อน รวมไปถึงหลักการทำน้ำเย็นภาคกลางคืน อาทิเช่น ศึกษาทฤษฎีของระบบ ศึกษาการเก็บข้อมูลของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบ เป็นต้น

3.3.2 ออกแบบชุดทดสอบ เพื่อเก็บพารามิเตอร์ที่ต้องการ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.11 ดังนี้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.11 (ก) ผังชุดทดสอบสำหรับ โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับบน (ข) โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ติดตั้งระบบไว้บริเวณกลางแจ้ง ดังรูปที่ 3.12 โดยตั้งโมดูลทำมุม 18 องศากับแนวระดับ ทางทิศใต้ ซึ่งจะเป็นทิศที่จะทำให้ได้รับแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ การทดสอบระบบได้ใช้ปั๊มน้ำกระแสสลับขนาด 28W โดยน้ำจะไหลจากถังเก็บน้ำร้อนในตอนกลางวันเพื่อผลิตน้ำร้อน และไหลจากถังเก็บน้ำเย็นในตอนกลางคืนเพื่อผลิตน้ำเย็น เข้าสู่ปั๊มน้ำตามอัตราการไหลที่กำหนดโดยใช้ Flow meter ยี่ห้อ Blue Point รุ่น Z-Dummy เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบอัตราการไหลในช่วง 0-100 L/H ก่อนเข้าสู่โมดูล PV/T แต่ละโมดูล แล้วกลับเข้าสู่ถังเก็บน้ำของแต่ละโมดูล เป็นระบบหมุนเวียนน้ำ โดยในส่วนนี้จะมี Multi-meter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้ สามารถแสดงค่า

กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ โดยใช้ยี่ห้อ Uni-Trend รุ่น PAC93 ต่อเข้ากับวงจรสำหรับวัดกำลังไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้ โดยภาระทางไฟฟ้าจะใช้หลอดไฟแสงสว่างขนาด 200 W

รูปที่ 3.12 โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับบน (ด้านบน) และไม่มีกระจกปิดทับบน(ด้านล่าง)

3.3.3 การทดลองและการบันทึกผลการทดสอบ

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ การทดสอบผลิตน้ำเย็น ในเวลากลางคืนตั้งแต่ 19.00 น. หรือ ถึงเวลา 07.00 น. ส่วนช่วงเวลากลางวัน จะทำการทดสอบผลิตไฟฟ้า น้ำร้อน และการระบายความร้อนจากน้ำเย็นที่ผลิตได้ในตอนกลางคืน ตั้งแต่เวลา 9:00 น. ถึง 16:00 น. ตามสภาวะการทำงานจริง ภายใต้สภาพภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ โดยข้อมูลจะเก็บในช่วงต้นเดือนตุลาคม เนื่องจากเป็นช่วงสิ้นสุดฤดูฝน ซึ่งจะทำให้ท้องฟ้าเปิดและปริมาณเมฆปกคลุมน้อยลง และอุณหภูมิอากาศต่ำลง

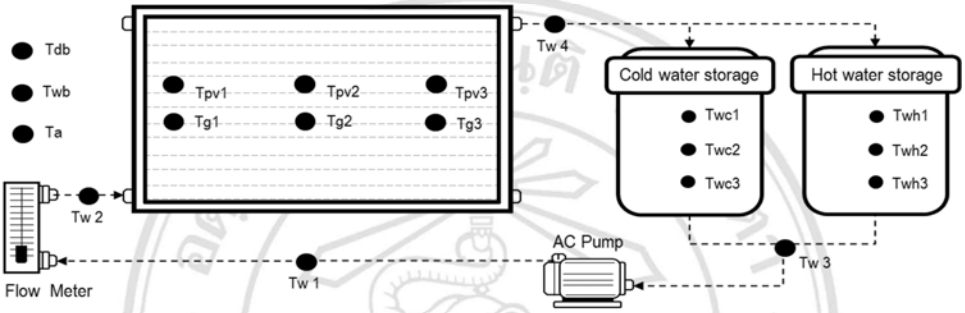
ทั้งนี้ อัตราการไหลที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำร้อนในตอนกลางวัน จะใช้ค่าอัตราการไหลตามที่ทางผู้ผลิตระบุตามพื้นที่ของโมดูลที่ใช้ในการทดลองดังกล่าว เท่ากับ 65 L/H ส่วนการผลิตน้ำเย็นในตอนกลางคืน จากการทดลองเบื้องต้น พบว่า ค่าอัตราการไหลยิ่งมีค่าต่ำ จะยิ่งช่วยทำให้สามารถผลิตน้ำเย็นได้ดีขึ้น โดยในการทดลองนี้จะใช้ค่าอัตราการไหลสำหรับผลิตน้ำเย็นภาคกลางคืนเท่ากับ 20 L/H ตลอดระยะเวลาที่ทำการป้อนน้ำเย็นเข้าสู่โมดูลในตอนกลางคืน

การวัดอุณหภูมิ จะใช้ Thermocouple Type T และ Data-logger ยี่ห้อ Huato รุ่น S220-T8 โดยสามารถบันทึกข้อมูลแบบ real time ได้ โดยจะทำการวัดอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งตำแหน่งในการวัดค่าจะแสดงในรูปที่ 3.13 ซึ่งจะได้แก่

- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และ อุณหภูมิกระเปาะเปียก อย่างละ 1 จุด เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณอุณหภูมิท้องฟ้าต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- อุณหภูมิของน้ำภายในท่อจะวัดอุณหภูมิน้ำขาออกจากถังเก็บน้ำ และทางเข้าออกของโมดูล รวม 4 จุดต่อโมดูล
- อุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนและน้ำเย็น จะวัดค่าที่ตำแหน่งผิวน้ำ กลางถัง และก้นถัง จำนวน 3 จุดต่อถัง
- อุณหภูมิโมดูลจะวัดที่ตำแหน่งหลังโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์และที่กระจกหน้าโมดูลบริเวณละ 3 จุดต่อโมดูล

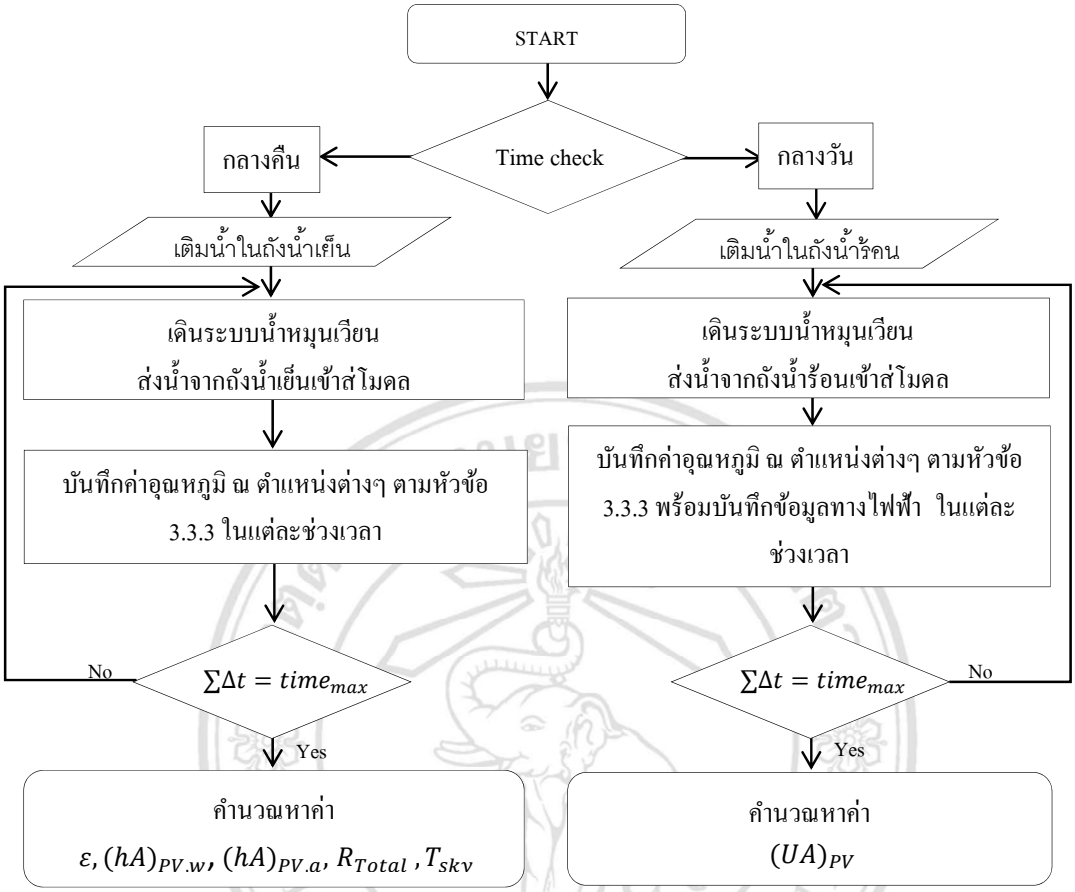


รูปที่ 3.13 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ

3.3.4 ขั้นตอนการทดสอบและวิเคราะห์ผล

จากการติดตั้งระบบทดสอบและการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆแล้ว จากนั้นทำการทดสอบและบันทึกข้อมูล เพื่อคำนวณหาค่าคงที่ที่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโมดูลและสมรรถนะในการผลิตไฟฟ้า น้ำร้อนและน้ำเย็นของโมดูล โดยสามารถเขียนเป็น รูปที่ 3.14

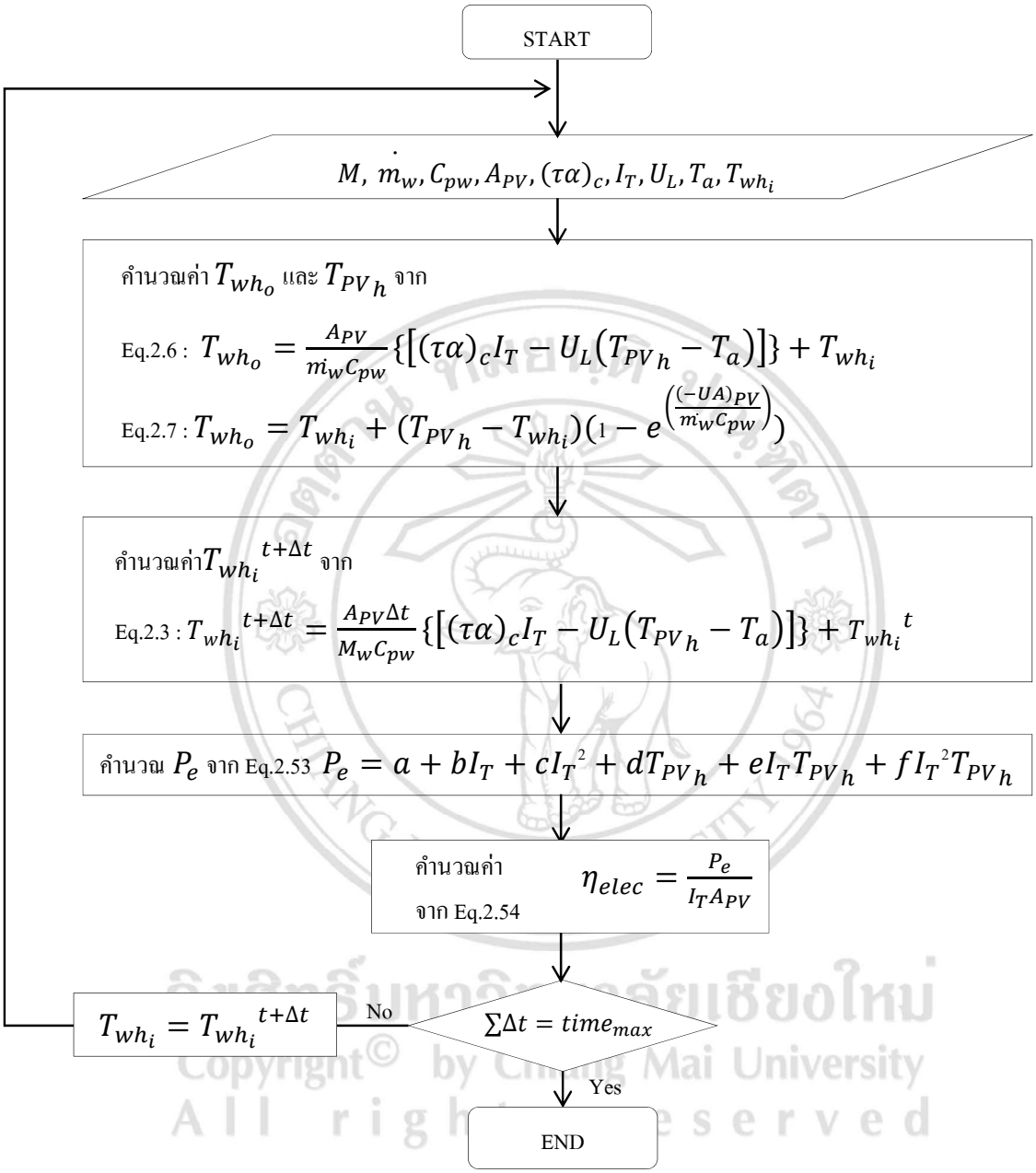
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.14 แผนผังการทดสอบและบันทึกข้อมูล

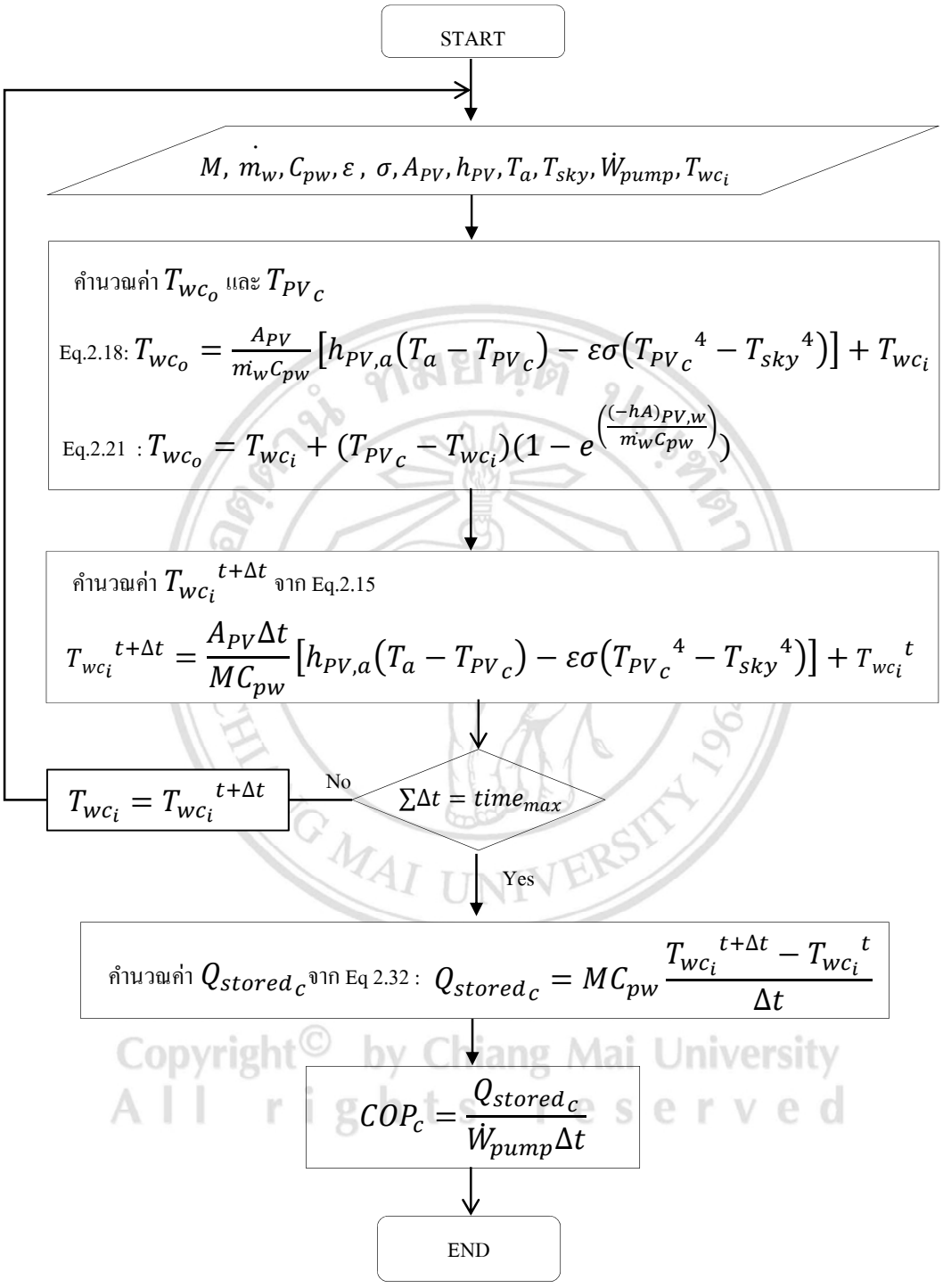
หลังจากได้ค่าคงที่ที่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโมดูลในการผลิตไฟฟ้า น้ำร้อนและน้ำเย็นของโมดูล จากขั้นตอนข้างต้นแล้ว ก็จะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ทำนายทั้งพลังงานไฟฟ้ากับอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตได้ในตอนกลางวัน ตั้งแต่เวลา 09.00 – 12.00 น. ดังรูปที่ 3.15 และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ผลิตได้ในตอนกลางคืน ตั้งแต่เวลา 19.00 – 07.00 น. ดังรูปที่ 3.16 และ 3.17 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



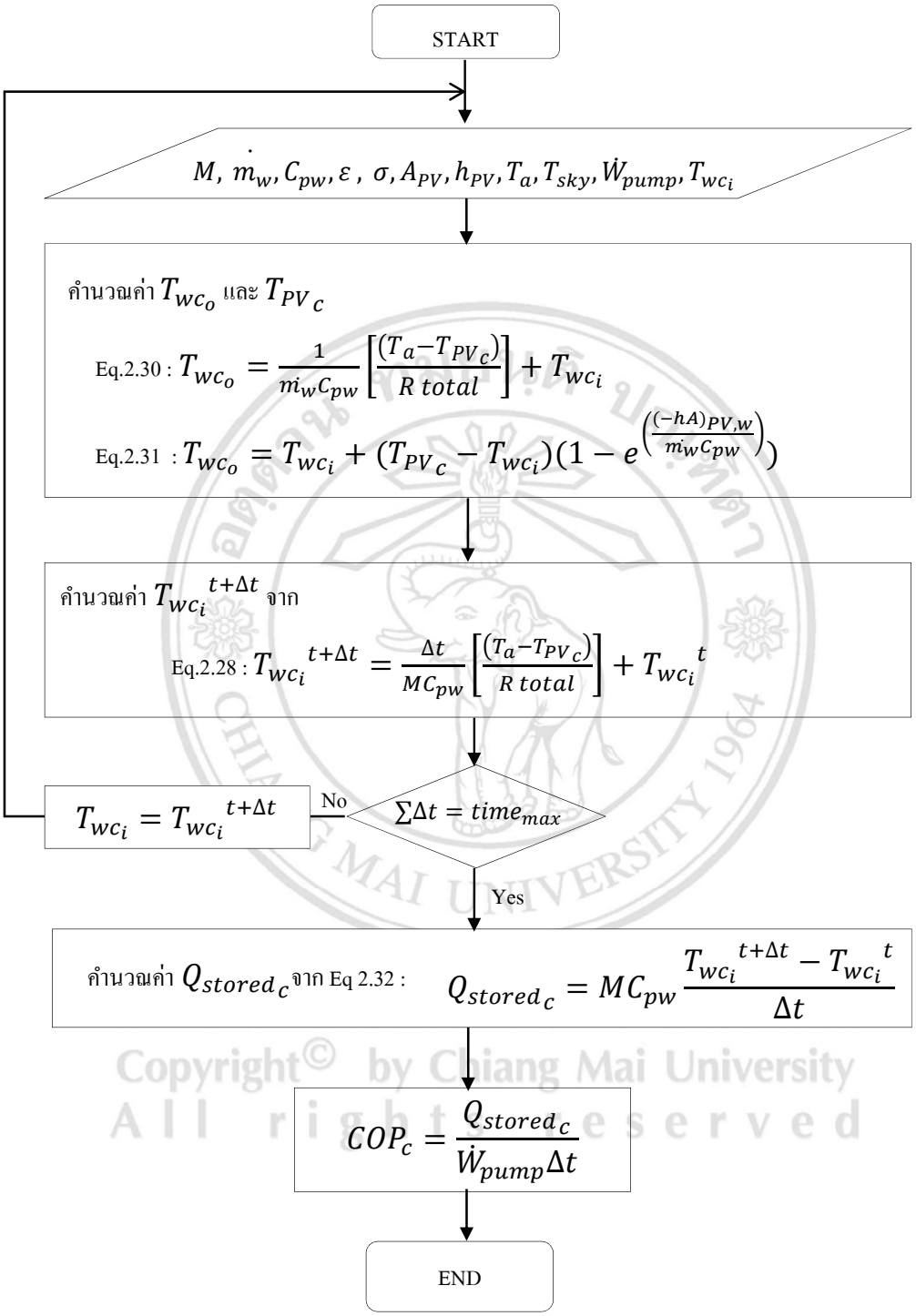
รูปที่ 3.15 แผนผังการทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อนและพลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.17 แผนผังการทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็น ของระบบ PV/T ชนิดไม่มีกระจกปิดทับ

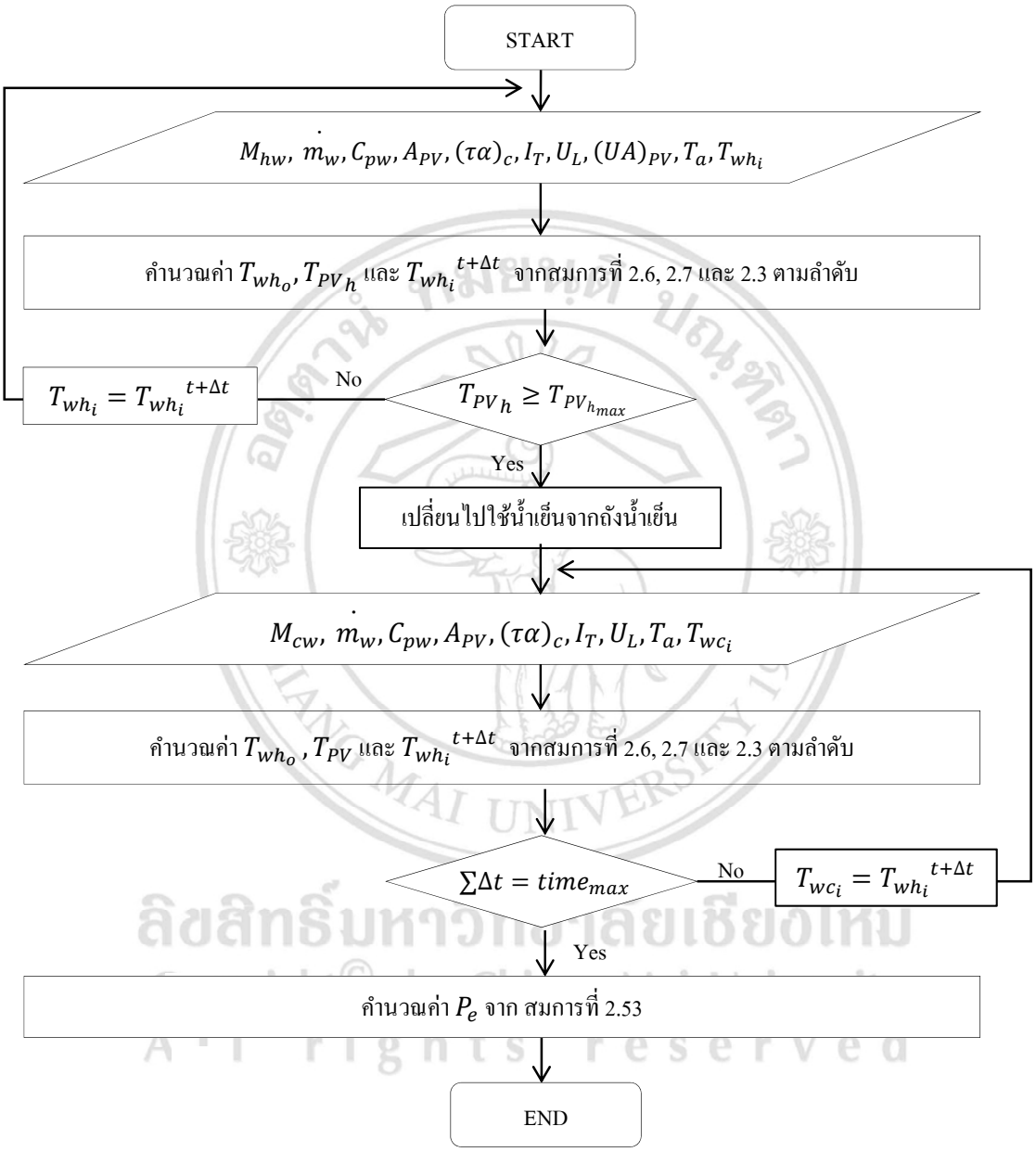


รูปที่ 3.17 แผนผังการทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็น ของระบบ PV/T ชนิดมีกระจกปิดทับ

จากผลการทำนายข้างต้น สามารถนำมาใช้ทำนายอุณหภูมิของโมดูลในตอนกลางวันได้ เพื่อใช้คาดการณ์ช่วงเวลาที่โมดูลมีอุณหภูมิสูงสุด ให้เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับป้อนน้ำเย็นจากถังเก็บ

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำเย็นที่ผลิตได้ในเวลากลางคืน และใช้คำนวณอัตราการไหล และอุณหภูมิน้ำเย็นเริ่มต้นจากถังเก็บน้ำเย็นที่เหมาะสมแก่การระบายความร้อนแก่โมดูลในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แผนผังการระบายความร้อนโดยใช้น้ำเย็นที่ผลิตได้ตอนกลางคืนแก่โมดูลในตอนกลางวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

3.3.5. การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

นำผลการทดสอบมาเทียบกับการคำนวณต่างๆในหัวข้อที่ผ่านมา ถ้าผลการทดสอบและผลการคำนวณจากสมการมีค่าใกล้เคียงกัน หรือมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จะนำสมการดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดไฮบริดโฟโตโวลทาอิก/ความร้อน ตลอดปี โดยเปรียบเทียบจากกรณีการนำไปใช้งาน คือ

- กรณีที่ 1 ใช้โมดูลทำหน้าที่ผลิตน้ำร้อนและไฟฟ้า ตอนกลางวัน เพียงอย่างเดียว
- กรณีที่ 2 ใช้โมดูลทำหน้าที่ผลิตน้ำร้อนและไฟฟ้า ตอนกลางวัน ผลิตน้ำเย็น ตอนกลางคืน พร้อมกับนำน้ำเย็นที่ผลิตได้ มาใช้ลดอุณหภูมิโมดูลในตอนกลางวัน

ทั้งนี้การทำนายตลอดทั้งปี จะเลือกใช้กรณีที่ประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่ามาวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตลอดปี กำหนดอัตราค่าไฟอยู่ที่ประมาณ 4 บาทต่อหน่วย โดยหลังจากหักค่าไฟจากปั๊มน้ำแล้ว จะวิเคราะห์ว่าระบบโมดูลชนิดใดให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด โดยมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved