บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ให้มีลักษณะง่ายและมีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยกำหนดคุณลักษณะ (Specification)ของเครื่องทำน้ำร้อน จากข้อมูลความต้องการน้ำร้อนทั้งอุณหภูมิและอัตราการไหล กรณีตัวอย่าง โดยการพัฒนาจากหลักการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนในอดีตรวมถึงการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้เครื่องทำน้ำร้อนที่สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมต่อการใช้งาน รวมถึงการบำรุงรักษา หลังจากได้รายละเอียดของแบบเครื่องทำน้ำร้อนแล้ว ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบ ต้นแบบที่สร้างนี้จะนำไปใช้ในการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปรับปรุงประสิทธิภาพ ผลสรุปจากการทดลองที่ได้ นำไปปรับปรุงต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมและระบบควบคุมอัตโนมัติ แล้วทดสอบการทำงานและทดสอบค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ เพื่อเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าระหว่างการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 2 วัน โดยจะทำการติดตั้งและทดลองเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ , ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ต่อวัน เป็นต้น

3.1 วิธีการวิจัย

1.ศึกษาการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จากอดีตจนถึงปัจจุบัน

2.พิจารณาเลือกชนิดเครื่องทำน้ำร้อนที่เหมาะสม โดยการวิจัยนี้ได้เลือกเป็นเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat plate collector solar water heater) มีลักษณะหมุนเวียนของไหลโดยอิสระหรือเรียกว่าเทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon) ร่วมกับการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) และฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งพลังงานร่วมให้เพียงพอต่อการทำน้ำร้อนตามที่กำหนด

3.ทำการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวนี้ ให้สอดคล้องกับอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำที่ต้องการ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการสืบค้น คือ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยโดยเฉลี่ยที่ 18.2 เมกะจูลต่อตารางที่เมตรต่อวัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

4.ออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำตามที่ต้องการ และสามารถปรับอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำ ในระดับที่สอดคล้องกับขีดจำกัดความสามารถในการผลิตน้ำร้อนของเครื่องทำน้ำร้อนนี้ได้

5.ศึกษาปัจจัยเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนที่ดีขึ้น ได้แก่

5.1 ปัจจัย A คือ จำนวนชั้นของกระจกรับแสง (Glazing) โดยการออกแบบการทดลอง ที่ 2 ระดับ ได้แก่ กระจกหนึ่งชั้นและกระจกสองชั้น

5.2 ปัจจัย B คือ ขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ที่ 2 ระดับ ได้แก่ ขนาด 0.16 ตารางเมตร และ 0.54 ตารางเมตร

โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2^2 แฟคทอเรียล ที่การทดลองซ้ำ 3 ครั้งในแต่ระดับปัจจัย ดังนั้นจึงใช้เวลาสำหรับการทดลองนี้เป็นเวลา 12 วัน เพื่อหาระดับของปัจจัยที่จะทำให้เครื่องทำน้ำร้อนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีสมมติฐานที่ว่า ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ไม่แตกต่างกัน เนื่องใช้การทดลองช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละวัน (8:00 – 17:00) และเป็นช่วงเวลาเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม 2552

6.ทดสอบการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยฮีตตเตอร์ไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติหลังจากที่ได้ศึกษาปัจจัยจากข้อ 5 เพื่อยืนยันความสามารถของเครื่องทำน้ำร้อน เป็นเวลา 1 วัน และทดสอบกรณีไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า

7.ประเมินศักยภาพของเครื่องทำน้ำร้อนนี้ตามหลักเศรษฐศาสตร์

3.2 แผนการวิจัย

ตารางที่ 3.1

ขั้นตอนและช่วงเวลาของการวิจัย

ลำดับ	กิจกรรม	พ.ศ.2551								พ.ศ.2552				
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีงานวิจัย	■	■											
2	หาข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบในโรงงานอุตสาหกรรม			■	■									
3	สอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์					■								
4	ออกแบบจากการคำนวณตามทฤษฎี					■	■	■	■					
5	เขียนแบบเพื่อการสร้างต้นแบบ									■				
6	สร้างต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อน									■	■			
7	สอบความก้าวหน้า										■			
8	ทำการทดลองและวิเคราะห์ผล										■	■		
9	ปรับปรุงต้นแบบ											■		
10	ทดสอบต้นแบบและวิเคราะห์ผล											■	■	
11	สรุปผลการทดลอง												■	
12	สอบวิทยานิพนธ์													■
13	สรุป,จัดทำและส่งรูปเล่มวิทยานิพนธ์													■

3.3 แนวคิดการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

ค่าเป้าหมายที่ใช้ในการออกแบบนี้คือ คือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง ทำงานตั้งแต่เวลา 8:00 – 16:00 น. ในเงื่อนไขของการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แผ่นราบขนาด 1 ตารางเมตร โดยใช้น้ำมันในระบบเทอร์โมไซฟอน

การออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้านี้ มุ่งส่งเสริมให้มีการพลังงานทดแทนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสถานประกอบการ เช่น อุตสาหกรรมการผลิต, โรงแรม, โรงพยาบาล เป็นต้น ประโยชน์หรือข้อดีของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้านี้ คือ การลดการใช้วัตถุดิบในกิจการจากการใช้พลังงาน สามารถนำไปใช้โดยตรงเพื่อทำน้ำร้อนที่อุณหภูมิและอัตราการไหลที่ต้องการ หรือนำไปใช้เพื่อลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์อื่นโดยการให้ความร้อนนำ (Pre-heat) เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง เช่น น้ำสำหรับอุปโภค, หม้อไอน้ำ, กระบวนการผลิต, เป็นต้น โดยออกแบบให้สามารถนำไปใช้งานได้สะดวกกว่าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน รวมถึงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพื่อภาพลักษณ์

ขององค์กรต่อการรักษาสภาพแวดล้อม เนื่องจากผู้ประกอบการในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญต่อการทำธุรกิจโดยคำนึงถึงการรักษาสิ่งแวดล้อมด้วย เพื่อความยั่งยืนในการดำเนินธุรกิจขององค์กร

จากการศึกษาค้นคว้า มีการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนขนาด 1.1 ตารางเมตร น้ำปริมาณ 100 ลิตรในประเทศบาห์เรน พบว่าสามารถทำน้ำร้อนด้วยอุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นระหว่าง 12.4 ถึง 17.5 องศาเซลเซียส คิดเป็นปริมาณพลังงาน 6.075 ถึง 7.33 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน กำลังสูงสุด 695 วัตต์ต่อตารางเมตร ประสิทธิภาพ38% (A.A. Karaghouli & W.E. Alnaser, 2001) และเครื่องทำน้ำร้อนแผ่นราบระบบเทอร์ไซฟอนใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้น้ำดูดซับ ขนาด 2 ตารางเมตร สามารถทำน้ำร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 60.3 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 0.00856 กิโลกรัมต่อวินาที กำลังสูงสุด 989 วัตต์ต่อตารางเมตร ประสิทธิภาพ 58% (P.M.E. Koffi, H.Y. Andoh, P. Gbaha, S. Touré and G. Ado, 2008)

Stu Cambell (1978) ได้กล่าวว่าแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) พื้นที่ 1 ตารางที่ฟุต จะเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 700 บีทียูต่อวัน (1 ตารางที่เมตร จะเก็บความร้อนได้ 7.95 เมกะจูล) ซึ่งสอดคล้องกัน

สำหรับการเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำแผ่นดูดซับ (Absorber plate) ถึงแม้ว่าทองแดงมีประสิทธิภาพด้านการนำความร้อนที่ดีที่สุด อะลูมิเนียมมีประสิทธิภาพที่ดีรองลงมา แต่ก็มีข้อจำกัดด้านแหล่งทรัพยากรของโลก โดยเฉพาะการขาดแคลนทองแดง และปริมาณอลูมิเนียมที่มีแนวโน้มลดลงในอนาคต ในขณะที่เหล็กเหนียวยังมีข้อจำกัดเรื่องการดูแลรักษาจากการเกิดการกัดกร่อนอยู่ ความต้องปริมาณพลังงานในการผลิตอะลูมิเนียมมากกว่าเหล็กเหนียว การเชื่อมระหว่างแผ่นดูดซับกับท่อ สำหรับทองแดงใช้การบัดกรีโดยมีค่าแรงสูง ในขณะที่อลูมิเนียไม่สามารถเชื่อมหรือบัดกรีกับวัสดุอื่น (Bruce Anderson, 1977, pp.147-151) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทำแผ่นดูดซับ(Absorber plate) และท่อน้ำภายในแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ในการสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ แยกตามวัสดุเพื่อลดต้นทุนในการสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้แผ่นอลูมิเนียมกับท่อกัลวาไนต์เพื่อลดต้นทุนได้ (N.M.Nahar, 2002) ดังนั้น การเลือกใช้เหล็กเหนียวเป็นวัสดุที่ใช้ทำแผ่นดูดซับเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ถ้าเราสามารถควบคุมการเกิดการกัดกร่อนของน้ำหรือของไหลอื่นได้

ส่วนมุมลาดเอียง (Slope) ของแผงรับความร้อนที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ในตำแหน่งละติจูดไม่เกิน 40 องศาจากเส้นศูนย์สูตร ให้ใช้มุมลาดเอียงเท่ากับค่าละติจูดของพื้นที่นั้นได้เลย ในขณะที่พื้นที่ในตำแหน่งละติดจูดเกินกว่า 40 องศา ให้ใช้มุมลาดเอียงโดยการบวกเพิ่มค่าละติจูด

ของพื้นที่นั้นประมาณ 10 องศา (Saiful Bari, 2001) ดังนั้นมุมลาดเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ที่เหมาะสมตลอดปีสำหรับพื้นที่ติดตั้ง คือ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ตำแหน่งละติจูด 14 องศาเหนือนั้น ก็คือ 14 องศาโดยหันไปทางทิศใต้ แต่สำหรับต้นแบบที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้ตั้งมุมลาดเอียงที่ 22.9 องศาหันไปทางทิศใต้ เนื่องจากตามการคำนวณมุมอัลติจูด (Solar Altitude) โดยทำการทดลองช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ตามสมการ 2.6

$$\beta_N = 90^\circ - LAT + \delta$$

จะได้ผลตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

มุมอัลติจูด ณ เวลาเที่ยง (Noon Altitude) และมุมลาดเอียงของวันที่ 15 ในแต่ละเดือน ที่ตำแหน่งละติจูด 14 องศาเหนือ

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Yearly date	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
Latitude	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Solar declination	-21	-13	-3	9	19	23	21	14	2	-10	-19	-23
Noon altitude(β_N)	55	63	73	85	95	99	97	90	78	66	57	53
Inclination angle	35	27	17	5	-5	-9	-7	0	12	24	33	37

จากตารางที่ 3.2 มุมลาดชันที่ใช้ในการทำต้นแบบนี้จึงใช้ที่ค่าเฉลี่ยของเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม นั่นก็คือ 22 องศา แต่ในที่นี้ใช้ 22.9 องศา แต่อย่างไรก็ตาม จากตารางที่ 2.6 มุมลาดเอียงที่ต่างกันไม่เกิน 10 องศา ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบเพียง 1.5% ซึ่งสอดคล้องกับ Saiful Bari (2001) ซึ่งได้สรุปว่าถ้าตำแหน่งละติจูดไม่เกิน 20 องศา ถ้ามุมลาดชันไม่เกิน $\pm$ 10 องศาจากมุมที่ดีที่สุด ก็จะลดลงไม่เกิน 2%

สำหรับประเทศไทยนั้น กรมพัฒนาทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้จัดทำแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย พบว่าโดยเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตร และกรมพัฒนาทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อน 2 แบบ คือ เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) แบบแผ่นราบกระจกรับแสงหนึ่งชั้น (Single glazed flat plate

solar collector) ซึ่งสามารถผลิตน้ำร้อนได้ 60 องศาเซลเซียส 70 ลิตรต่อวันในภาคตะวันออก และ 55.3 ลิตรต่อวันในภาคเหนือ (ถ้ากำหนดให้น้ำอุณหภูมิขาเข้า 30 องศา พลังงานแสงอาทิตย์ของภาคตะวันออก 8.82 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวันและภาคเหนือ 6.97 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน) ผสมผสานกับเทคโนโลยีพลังงานความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น ด้วยระบบผสมผสานกันสองแบบนี้ คือ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 ตารางเมตร ผสมผสานกับพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาด 84,000 บีทียูต่อชั่วโมง ขนาดระบบ 3,815 ลิตรต่อวัน ที่โรงแรมดุสิตไอส์แลนรีสอร์ท ขนาด 57 ตารางเมตร ผสมผสานกับเครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 บีทียูต่อชั่วโมง ขนาดระบบ 4,735 ลิตรต่อวัน

รวมถึงเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ โดยใช้ท่อพีวีซีเป็นท่อภายในแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ด้วยความจุน้ำ 35 ลิตร สามารถทำน้ำร้อนได้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ด้วยพื้นที่ 2.3 ตารางเมตร (จงจิตร์, ปรีดาและโจเซฟ, ม.ป.ป.) (ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิน้ำขาเข้า 30 องศา พลังงานแสงอาทิตย์ 2.88 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน)

โดยแบบที่นิยมใช้มากที่สุดและผลิตในเชิงพานิชย์ คือเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat plate solar water heater) เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ความยืดหยุ่นในการติดตั้ง ถึงแม้ว่ามุมของการติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) มีผลต่อการส่งผ่านและการสะท้อนกลับไปยังบรรยากาศ แต่ก็ยังมีความยืดหยุ่นอยู่ในระดับหนึ่ง เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีความแม่นยำในการทำมุมให้ตั้งฉากกับลำแสงดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก เพราะว่าการที่โลกหมุนรอบตัวเองจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมตกกระทบของลำแสงดวงอาทิตย์บนพื้นโลกเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละวัน และการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบปี จะทำให้ช่วงแต่ละเดือนมุมตกกระทบของลำแสงดวงอาทิตย์ต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นตำแหน่งบนพื้นโลกเดียวกันและเวลาในแต่ละวันก็ตาม อีกประการหนึ่ง การสร้างและการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำร้อนนี้ไม่ซับซ้อน อุปกรณ์หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและราคาไม่แพง ผู้ใช้งานสามารถสร้างและบำรุงรักษาได้ด้วยตัวเอง

พิจารณาจากทฤษฎีการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ (TRIZ) จากตารางที่ 2.3 ความขัดแย้งทางเทคนิค (จาก 39 พารามิเตอร์) และตารางที่ 2.2 หลักประดิษฐ์คิดค้น (Inventive Principles)

กำลังความร้อน-การสิ้นเปลืองเวลา (35,20,10,6)

หลักการประดิษฐ์คิดค้นที่ 20 (การทำงานต่อเนื่อง) ให้ระบบแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อสะสมพลังงานความร้อน โดยอาศัยน้ำมันเป็นของเหลว

ในการดูดซับพลังงานไว้ ก่อนที่จะถ่ายเทไปยังน้ำตามความต้องการโดยอาศัยการควบคุมอัตโนมัติ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิน้ำได้แล้ว แต่ระบบเทอร์โมไซฟอนก็ยังจะสะสมพลังงานความร้อนกับน้ำมัน ถึงแม้จะมีขีดจำกัดในเรื่องของระบบที่จะต้องเข้าสู่สมดุลหรือสภาวะสเตสิส (Stasis) ก็ตาม แต่ก็สามารถทำให้ขีดจำกัดสูงขึ้นได้ ถ้าสามารถลดการเกิดความสูญเสียที่เกิดขึ้นหรือเพิ่มอัตราการรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มากขึ้น

หลักการประดิษฐ์คิดค้นที่ 10 (การทำงานก่อน) เราได้พลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายผันแปรใดๆ อยู่แล้วหรืออาจเสียค่าใช้จ่ายแต่น้อยมาก แต่อาจต้องใช้เวลานานโดยจะมากหรือน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับกำลังความร้อนที่น้ำจะได้รับ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector),กำลังความร้อนอื่นซึ่งในที่นี้จะหมายถึงขนาดของฮีตเตอร์ไฟฟ้า ,ปริมาณกำลังความร้อนของแสงอาทิตย์ซึ่งแตกต่างกันตามเวลาในแต่ละวัน ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาที่จะทำให้ระบบทำอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นจนได้อุณหภูมิตามต้องการ แต่ถ้าเราเก็บเกี่ยวพลังงานนี้ไว้ล่วงหน้า ก็จะลดระยะเวลาได้ จึงได้ออกแบบให้ระบบสามารถเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ล่วงหน้าได้ถึงแม้ว่าช่วงเวลาที่ยังไม่มีการใช้น้ำร้อนก็ตาม แต่เราใช้การควบคุมอัตโนมัติทำอุณหภูมิน้ำล่วงหน้าก่อนใช้งานจริงโดยใช้เฉพาะพลังงานไฟฟ้าในการควบคุมซึ่งใช้พลังงานในเกณฑ์ต่ำ และเมื่อใดที่ต้องการน้ำร้อน ก็จะทำให้ระยะเวลารออุณหภูมิของน้ำลดลง นอกจากนี้การทำงานที่ต้องเริ่มทำงานเวลา 8:00 น. ซึ่งถ้าไม่มีผู้ควบคุมเปิดให้ระบบทำงานล่วงหน้า จะทำให้เสียเวลาทำงานโดยรออุณหภูมิน้ำให้ได้ตามต้องการขณะเริ่มทำงานสำหรับกรณีต้องการน้ำในช่วงอุณหภูมิที่แน่นอน จึงได้ออกแบบการควบคุมอัตโนมัติเพิ่มเติมในส่วนของอุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer) เป็นตัวกำหนดให้ระบบทำงานก่อนเวลาโดยการการควบคุมอัตโนมัติเพื่อให้สามารถเริ่มงานได้ตรงเวลา

หลักการประดิษฐ์คิดค้นที่6 (ความเป็นสากล) ได้มีการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นส่วนสำคัญของระบบในการทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังน้ำในเวลาเดียวกันก็จะเป็นแหล่งสะสมพลังงานความร้อนในเวลาเดียวกัน ถ้าหากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดใหญ่ เก็บน้ำมันได้มากก็จะทำให้เก็บพลังงานได้มากเช่นกัน แต่ก็ต้องคำนึงต้นทุนซึ่งผันแปรตามขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วย

น้ำหนักของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่-ความแข็งแรง (28,2,10,27)

หลักการประดิษฐ์คิดค้นที่ 2 (การแยกออก) หากใช้แผงรับแสงอาทิตย์ให้ความร้อนโดยตรง จะเกิดปัญหาถังเก็บน้ำร้อนต้องอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์น้ำหนักของถังเก็บน้ำร้อนขึ้นอยู่กับขนาดของระบบ ซึ่งถ้าขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ความสามารถของระบบมากขึ้น

แต่สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนโดยตรง ถังเก็บน้ำร้อนต้องอยู่เระดับเหนือแผงรับแสงอาทิตย์ จึงจะทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำได้ แต่เมื่อถังเก็บน้ำร้อนใหญ่ขึ้น อยู่ในที่สูง จะทำให้มีผลต่อความแข็งแรงต่อโครงสร้าง สำหรับการออกแบบนี้ ได้แก้ไขโดยการแยกส่วนเป็นแผงรับแสงอาทิตย์และการกักเก็บน้ำร้อนให้เป็นอิสระจากกัน

ความสว่าง-การสิ้นเปลืองพลังงาน (19,16,1,6)

หลักการประดิษฐ์คิดค้นที่ 1 (การแบ่งส่วน) การแบ่งชั้นกระจกรับแสง (Glazing) ของแผงรับแสงอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ชั้น เพื่อเพิ่มคุณสมบัติความเป็นฉนวนความร้อน ในขณะที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการรับการแผ่ของรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามายังแผ่นดูดซับ ส่งผลให้ได้รับพลังงานความร้อนใกล้เคียงกันแต่สูญเสียความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ไปสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

หลักการประดิษฐ์คิดค้นที่ 6 (ความเป็นสากล) กระจกรับแสงที่ใช้เป็นแก้วเกิดความขัดแย้งทางกายภาพ เมื่อพิจารณาเรื่องการส่องผ่าน (Transmission) จำนวนกระจกยิ่งน้อยยิ่งดี แต่เมื่อพิจารณาเรื่องการเก็บความร้อน จำนวนกระจกยิ่งมากยิ่งดี วัสดุที่เป็นกระจกรับแสงเป็นแก้ว ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนและสื่อการรับพลังงานแสงอาทิตย์

ของไหลในระบบแผงรับแสงอาทิตย์ (อุณหภูมิของไหล 70 องศาเซลเซียส โดยประมาณ)

กรณีของไหล คือ น้ำ $c_{p,\,water} = 4.2$ kJ/kg.K

กรณีของไหล คือ น้ำมันถ่ายเทความร้อน $c_{p,oil} = 2.1$ kJ/kg.K

$$\text{จาก } Q = m\, c_p\, \Delta T$$

$$Q/m = c_{p,water}\,\Delta T_{water} = c_{p,oil}\,\Delta T_{oil} = \text{constant}$$

ดังนั้น $\Delta T_{oil} / \Delta T_{water} = c_{p,water}/c_{p,oil} = 4.2 / 2.1 = 2 \rightarrow \Delta T_{oil} = 2 \cdot \Delta T_{water}$

จากด้านบน ถ้ากรณีได้รับปริมาณพลังงานความร้อนเท่ากัน ก็จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิของไหลที่เป็นน้ำมันมากกว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิของไหลที่เป็นน้ำ 2 เท่า ซึ่งจะส่งผลทำให้ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำร้อนได้ดีขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้มากเช่นเดียวกัน

การออกแบบเพื่อให้ง่ายการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานเป็นสิ่งสำคัญ การใช้น้ำหมุนเวียนจะทำให้การบำรุงรักษายุ่งยากมาก โดยมีความคล้ายคลึงกับการดูแลสภาพของน้ำในระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำ หรือคูลลิ่งทาวเวอร์ น้ำสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโลหะ ทำให้เกิด

ออกไซด์ของโลหะ นั่นก็คือการเกิดสนิมตามอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ หรือกรณีไม่มีการควบคุมความกระด้างของน้ำที่ใช้หมุนเวียน เมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำจะลดลง ผลก็คือทำให้เกิดตะกรันตามผนังท่อ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของท่อใน Solar Collector ลดลง ดังนั้นน้ำในระบบเทอร์โมไซฟอนมีอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นการเร่งการเกิดการกัดกร่อนของโลหะ แต่อาจทำให้ลดการเกิดการกัดกร่อนด้วยการเติมสารยับยั้ง (Inhibitor) เช่น สารที่มีส่วนประกอบของโครเมต (Chromate-based) หรือการใช้น้ำอ่อน (Soft water) หรือการควบคุมค่า pH ของน้ำ และยังส่งผลเกิดตะกรันภายในท่อ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่ลดลงอีกด้วย (มั่นสินและไพพรรณ,2540,หน้า 44-45) อันเป็นการเพิ่มความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ในขณะที่มีเครื่องจักรในอุตสาหกรรมบางชนิดมีการออกแบบใช้น้ำมันในการระบายความร้อน หรือหล่อเย็นให้กับอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูงๆ เช่น การระบายความร้อนสำหรับแม่พิมพ์ของเครื่องฉีดพลาสติก ,การระบายความร้อนสำหรับสปินเดิล (Spindle) ของเครื่องซีเอ็นซี ในทางกลับกันเราใช้น้ำมันเป็นสื่อในการถ่ายเทความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังน้ำตามอุณหภูมิที่ต้องการสำหรับการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นี้เพื่อประโยชน์ต่อการบำรุงรักษา

นอกจากนี้ คุณสมบัติของน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ความหนืดลดลง ก็จะส่วนสนับสนุนให้เกิดการหมุนเวียนอิสระของน้ำมันในระบบเทอร์โมไซฟอนได้ดีมากขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิต่ำลง ป้องกันหรือลดการเกิดความสูญเสียความร้อนในช่วงที่มีอากาศเย็นเนื่องจาก เมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้ความหนืดลดลง จะทำให้เกิดการหมุนเวียนอิสระได้ดีขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนดีขึ้น

จากที่กล่าวมา จึงเป็นเหตุผลที่ได้นำน้ำมันมาใช้เป็นตัวดูดซับพลังงานความร้อนของเครื่องต้นแบบ

3.4 การกำหนดขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบโดยการคำนวณ

การออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นี้ กำหนดให้มีความสามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 45 - 50 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง

กำหนดสมมติฐาน

อุณหภูมิบรรยากาศ 30 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิน้ำขาเข้า 30 องศาเซลเซียส

กำหนดกำลังความร้อนที่ Solar Collector โดยเฉลี่ย 18,200 กิโลจูลต่อตารางที่เมตรต่อวัน

ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ 0.5

3.4.1 การคำนวณหาพื้นที่ Solar Collector

ดังนั้นกำลังความร้อนที่แผงรับแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย

= 18,200 x 0.5 กิโลจูลต่อตารางที่เมตรต่อวัน

= 9,100 กิโลจูลต่อตารางเมตรต่อวัน

การให้ความร้อนไปยังน้ำ

$$Q = mc\Delta T$$

จากอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ 15 ลิตรต่อชั่วโมง

ในกรณีใช้น้ำร้อน 8 ชม.ต่อวัน ตั้งแต่ 8:00 – 16:00 น.

ดังนั้น 8 ชั่วโมง ปริมาณน้ำรวมเท่ากับ 120 ลิตร

และค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ 1 กิโลกรัมต่อ 1 ลิตร

ดังนั้น อัตราการไหลเชิงมวล (m) = 120 กิโลกรัมต่อวัน

ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (c) = 4.2 kJ/kg.K

ดังนั้น $Q = (120\ kg)(4.2\ kJ/kg.K)(47.5 - 30)K$

$= 8,820\ kJ$

ขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์ $= 8,820\ kJ / 9,100\ (kJ/m^2)$

$= 0.969\ m^2$

3.4.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำสำรอง

จากน้ำที่เติมในถังเก็บน้ำมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

และอัตราการไหลของน้ำที่ 15 ลิตรต่อชั่วโมง

และช่วงการควบคุมอุณหภูมิของน้ำ 45-50 องศาเซลเซียส

1.คำนวณจากความถี่ในการตัดต่อการทำงานของฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสม กำหนดให้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนต่ำลงจนกระทั่ง 45 องศาเซลเซียสและยกเลิกการทำงานที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ดังนั้นถ้าน้ำไม่ได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์จากแผงรับแสงอาทิตย์

กำหนดความจุของถังน้ำร้อนเท่ากับ X ลิตร

เวลาควบคุม 10 นาที

ใน 10 นาทีมีน้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเติมเข้าถังเก็บน้ำ

15/60 x 10 = 2.5 ลิตร

ดังนั้น สภาวะเริ่มต้น มีอุณหภูมิน้ำ 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร X ลิตร

10 นาทีต่อมา มีอุณหภูมิน้ำ 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร X-2.5 ลิตร

และ มีอุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส ปริมาตร 2.5 ลิตร

ทำให้มีอุณหภูมิน้ำเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส

50(X-2.5) + 30(2.5) = 45X

ดังนั้น X = 10 ลิตร

2.คำนวณจากการเก็บสะสมพลังงานความร้อนล่วงห้า 1 วัน ในกรณีใช้น้ำร้อน 8 ชม.ต่อวัน ตั้งแต่ 8:00 – 16:00 น.

ปริมาตรของน้ำในระบบ = 8,820 kJ/day

ดังนั้นเพื่อสำรองพลังงานความร้อนในระบบ 1 วัน

และอุณหภูมิของน้ำสูงสุดที่ 50 องศาเซลเซียส

ดังนั้นปริมาณน้ำในระบบ

$$= \frac{8{,}820\ kJ}{\left(4.2\ \frac{kJ}{kg.K}\right)(50-30K)}$$

= 105 kg.

3. คำนวณจากการตั้งเวลาให้ระบบทำงานล่วงหน้า 1.5 ชั่วโมง เพื่อให้สามารถใช้น้ำได้เวลา 8:00 น.

ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพ 80 %

ทำอุณหภูมิน้ำที่ 50 องศาเซลเซียส

ดังนั้นปริมาณน้ำในระบบ

$$= \frac{\left(1\frac{kJ}{s}\right)(1.5\ h * 3600\ S)}{\left(4.2\ \frac{kJ}{kg.K}\right)(50-30K)}$$

= 64.3 kg.

สรุปเครื่องต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า เก็บปิมาณน้ำสำรอง 50 ลิตร

3.4.3 การคำนวณขนาดกำลังของฮีตเตอร์ไฟฟ้า

ขนาดกำลังของฮีตเตอร์ไฟฟ้าอย่างน้อย จะต้องเท่ากับค่าการให้ความร้อนไปยังน้ำตามที่ออกแบบเพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ คือ 45 องศาเซลเซียสเพื่อเป็นแหล่งสำรองทางกำลังความร้อนเพื่อรองรับในกรณีไม่มีแสงแดด

Q = (15 kg/3600s) (4.2 kJ/kg.K) (47.5 – 30 K)

= 0. 31 kW (ยังไม่นับเรื่องความร้อนสูญเสียจากระบบ)

3.4.4 การคำนวณหาความขนาดท่อ

กำหนดให้ความเร็วของน้ำในท่อ ไม่เกิน 2.4 m/s ทั้งนี้เพื่อคำนึงถึงความสูญเสียจากการไหลของน้ำภายในท่อของระบบ

ดังนั้นจากอัตราการไหลของน้ำ 15 ลิตรต่อชั่วโมง

กำหนดขนาดท่อ 1/2 “ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0127 m.

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัด = π $0.0127^2 / 4 = 1.267 \times 10^{-4}$ m^2

ดังนั้นความเร็วของน้ำ

$$= \frac{0.015 m^3/3600 s}{1.267 * 10^{-4} m^2} = 0.033 \, m/s$$

3.5 ต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

3.5.1 สรุปแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ

ขนาดกว้าง 755 มิลลิเมตร ยาว 1,320 มิลลิเมตร

กระจกรับแสง (Glazing)

กระจกขนาด 1 ตารางเมตร หนา 3 มิลลิเมตร 2 แผ่น

ท่อกัลวาไนซ์ขนาด ¾ นิ้ว

แผ่นดูดซับชนิดเหล็กเหนียวหนา 3 มิลลิเมตร

ลักษณะการหมุนเวียน ระบบเทอร์โมไซฟอน

ของเหลวที่ใช้ น้ำมันถ่ายเทความร้อน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (Shell and Tube Heat

Exchanger) ขนาด 0.16 และ 0.54 ตาราง

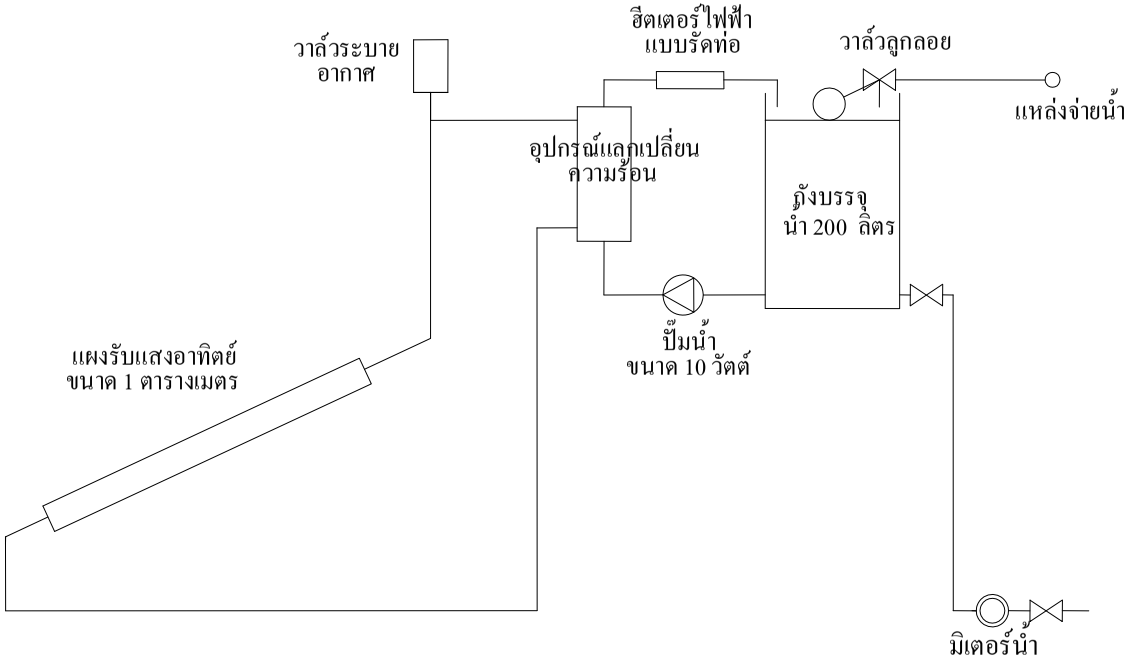
ถังน้ำพลาสติกทรงกระบอกขนาด 200 ลิตร

ปั๊มหมุนเวียนน้ำแบบแม่เหล็กขนาด 220 โวลต์ 10 วัตต์

ฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบท่อ กำลังไฟฟ้ารวม 1000 วัตต์

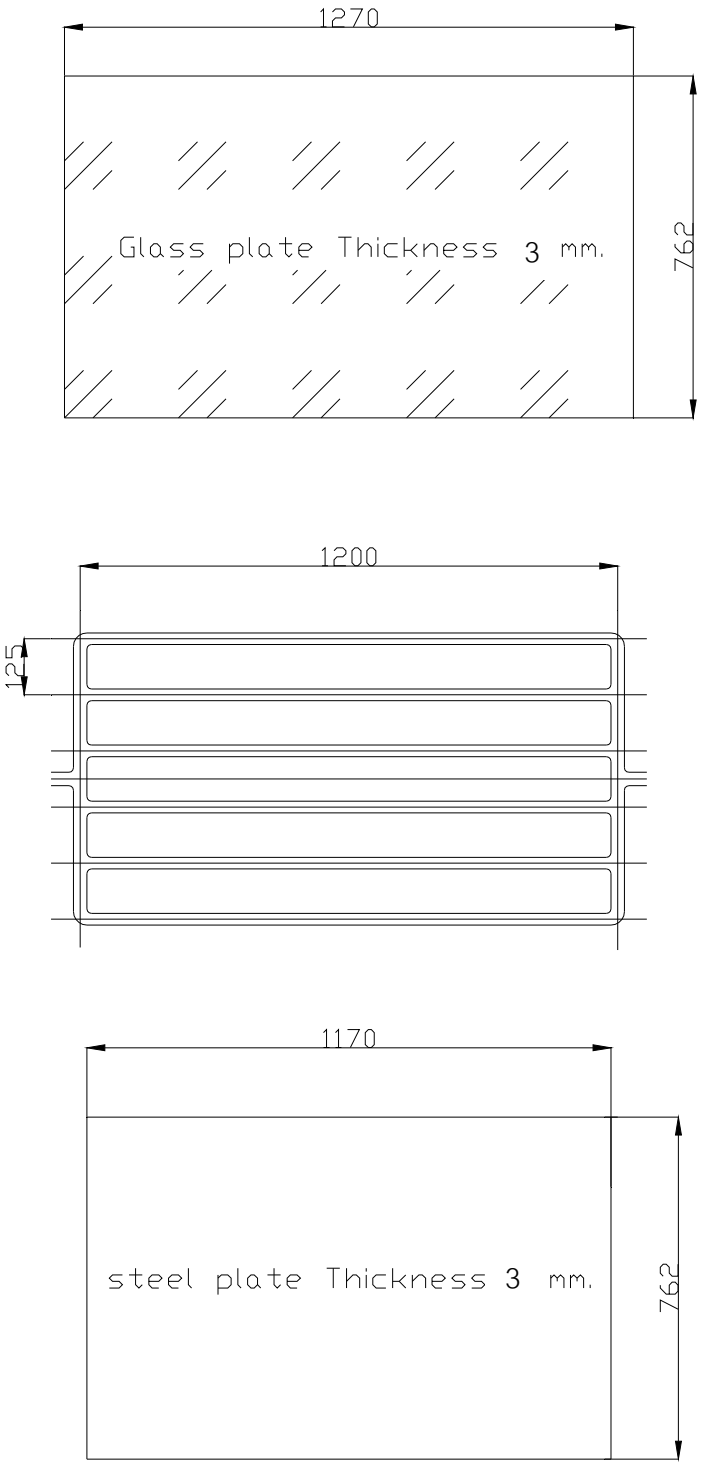
ระบบควบคุมทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิ 3 ชุด

พร้อมเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

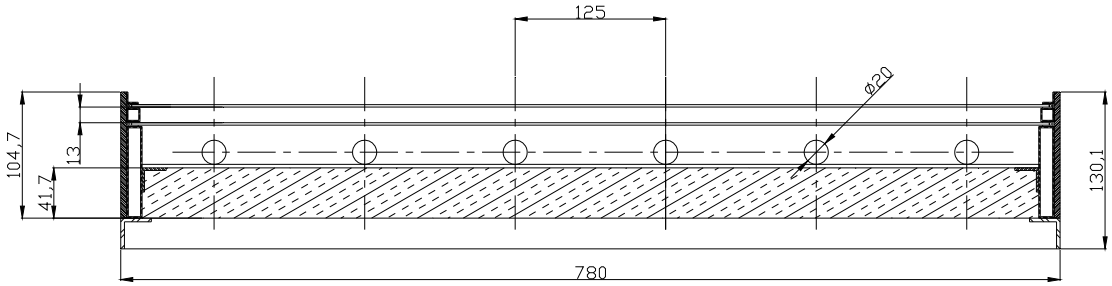


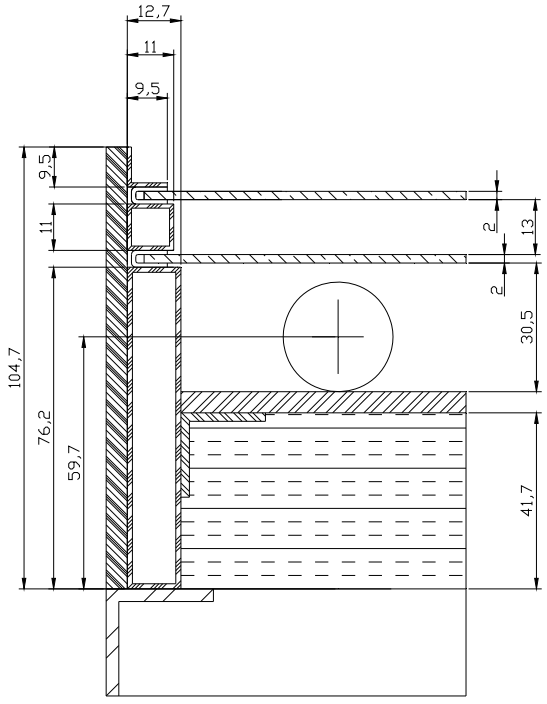
ภาพที่ 3.1

ไดอะแกรมแสดงระบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า



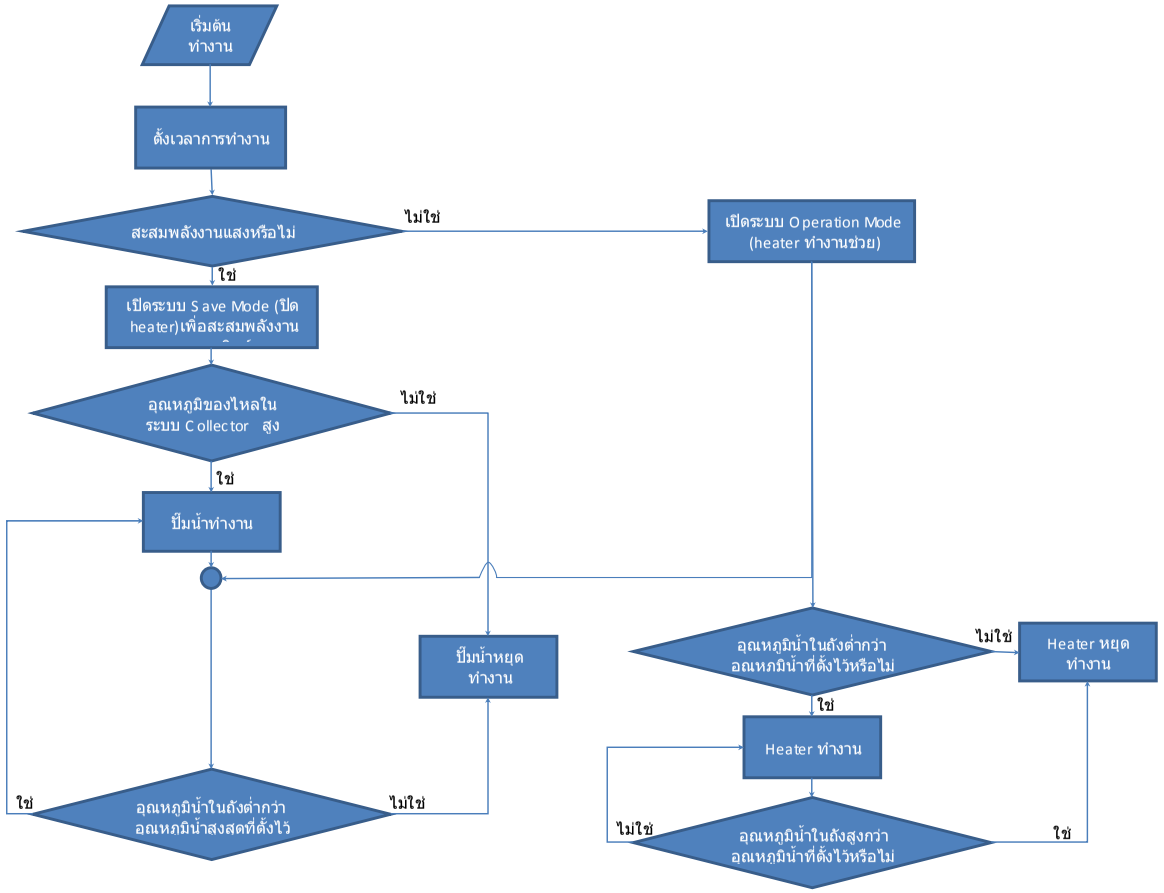
ภาพที่ 3.2
แสดงชิ้นส่วนหลักภายในแผงรับแสงอาทิตย์





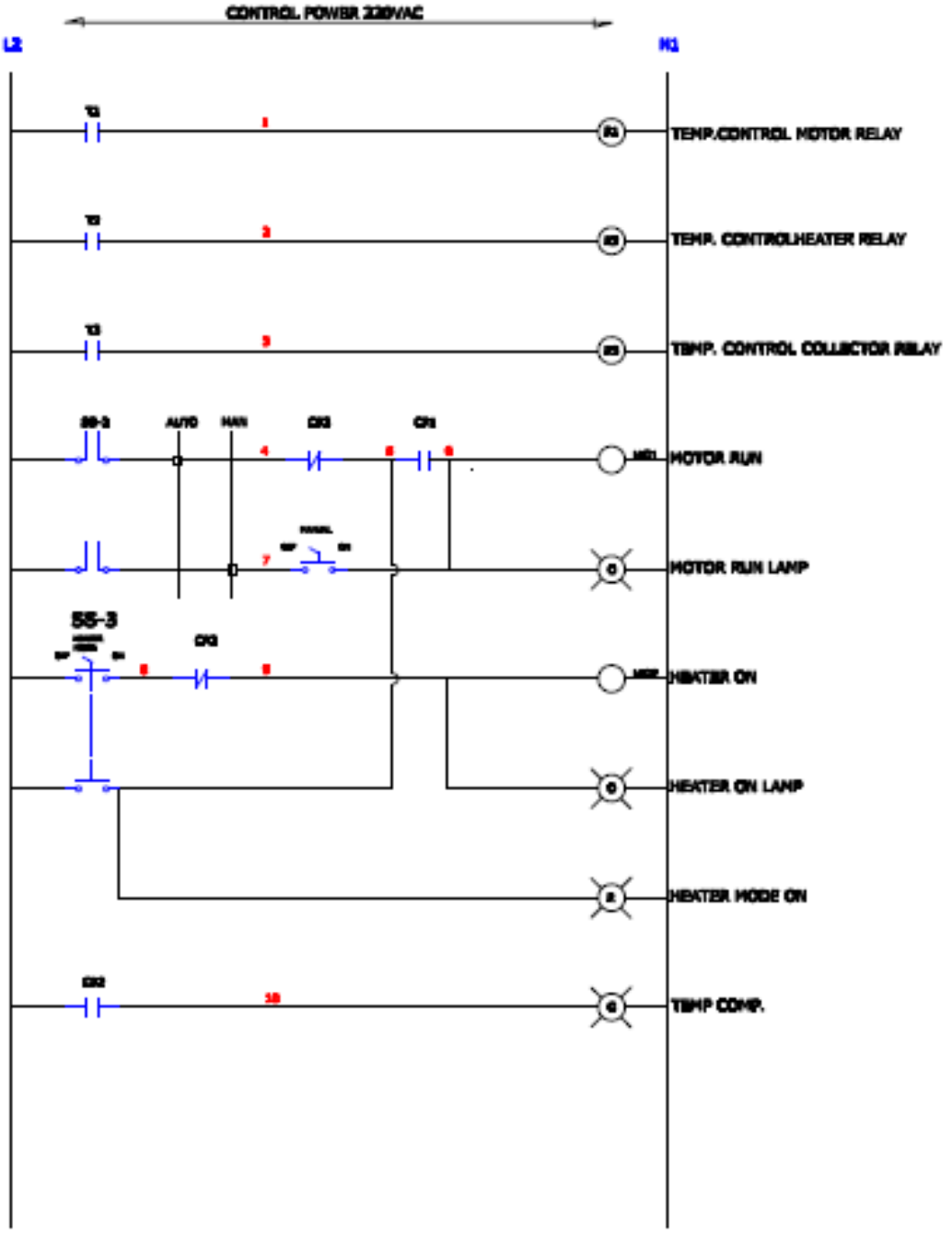
ภาพที่ 3.3

ภาพตัดขวางของ Collector



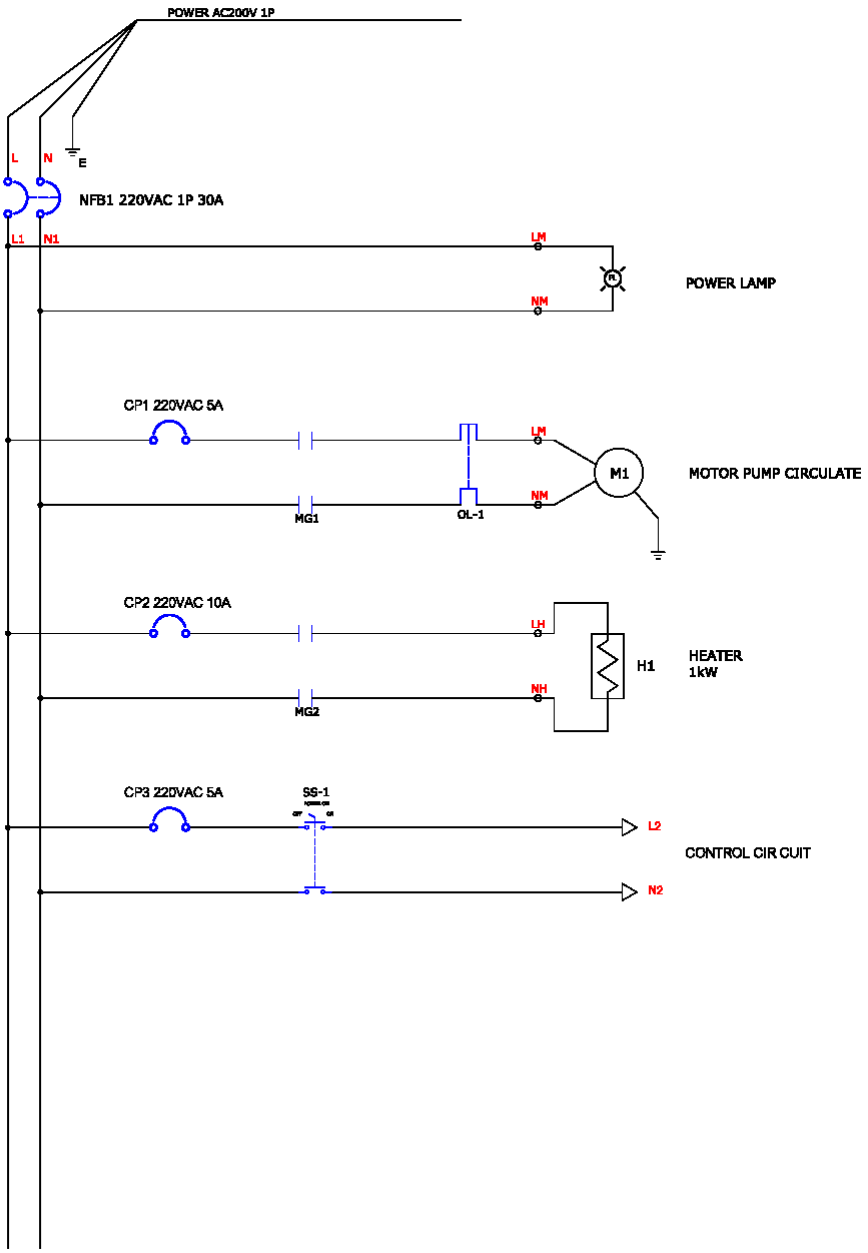
ภาพที่ 3.4

ผังแสดงการควบคุมเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า



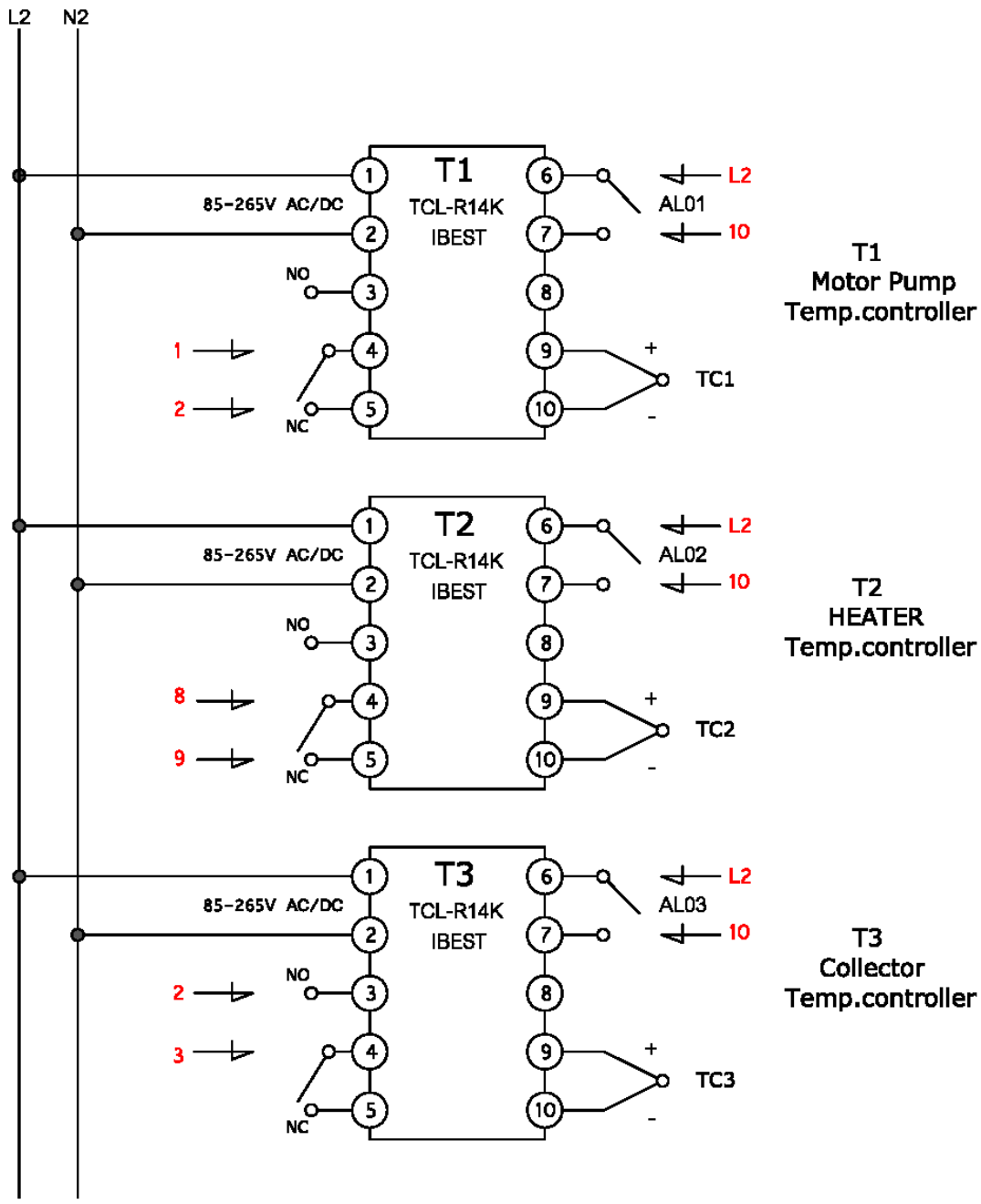
ภาพที่ 3.5

วงจรด้านการควบคุม



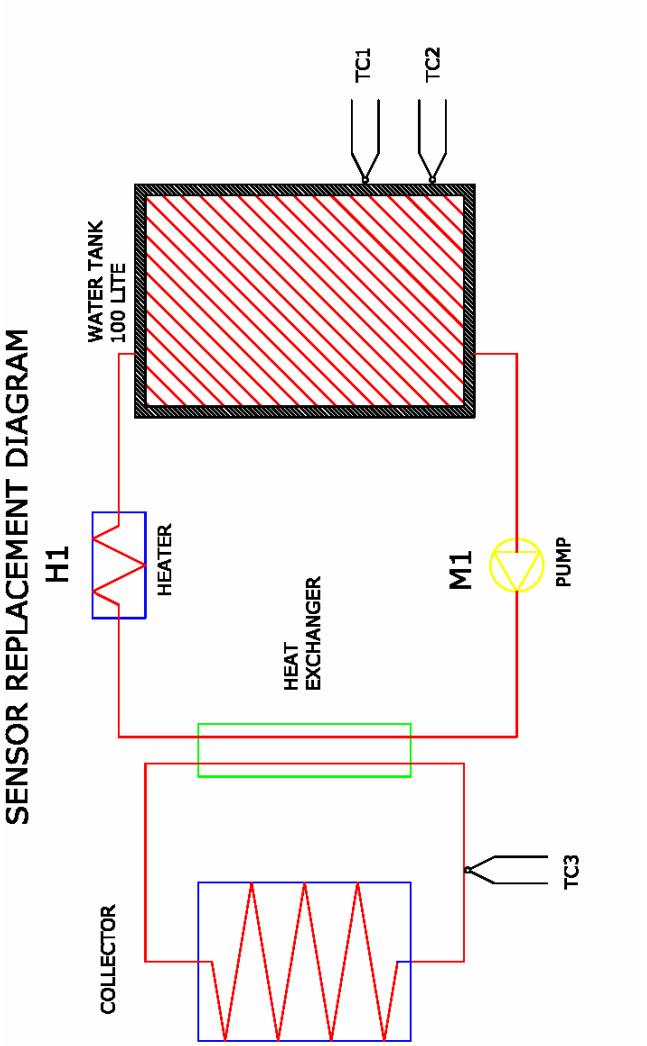
ภาพที่ 3.6

วงจรด้านกำลัง



ภาพที่ 3.7

การต่อเข้ากับชุดควบคุม (Temperature controller)



ภาพที่ 3.8
ผังแสดงการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

3.5.2 รายการและต้นทุนวัสดุอุปกรณ์เครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 3.3

รายการและต้นทุนวัสดุอุปกรณ์เครื่องต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

รายการวัสดุ/อุปกรณ์	ราคา(บาท)	จำนวน	รวม(บาท)
1.Solar Collector			
1.1 กระจกใสขนาด 764 มม.x 1339 มม. x 3 มม.	380	2	760
1.2 เหล็กแผ่นขนาด 744 มม.x 1319 มม.x 3 มม.	2,700	1	2,700
1.3 แผ่นเหล็กอาบสังกะสี	220	1	220
1.4 เหล็กฉากขนาด 20 มม. หนา 2.5 มม. 6 เมตร	200	1	200
1.5 เหล็กฉากขนาด 25 มม. หนา 2.5 มม. 6 เมตร	300	2	600
1.6 ท่อกัลวาไนขนาด 3/4 นิ้ว 6 เมตร	630	1.5	945
1.7 ข้องอแบบเชื่อมขนาด 3/4 นิ้ว	150	4	600
1.8 เหล็กกล่องขนาด 1 1/2 นิ้ว	700	1	700
1.9 ฉนวนกันความชนิดใยแก้ว 50 มม.x 1000 มม. X 5000 มม.	150	1	150
1.10 สีน้ำมันสีดำ,ทินเนอร์,แปรงทาสี	200	1	200
1.11 เหล็กแท่งสีเหลี่ยมขนาด 15 มม. x 15 มม.	200	1	200
1.12 เหล็กแผ่นขนาด 200 มม.x 1400 มม.x 1.5 มม.	200	1	200
1.13 อื่นๆ ได้แก่ ลวดเชื่อม ,ประเก็นยาง , กาวยาง , โบลต์ , นัต , ใบตัดไฟเบอร์	300	1	300
รวม			7,775
2.ระบบหมุนเวียนน้ำมันในระบบ Solar Collector			
2.1 ท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว 4 เมตร	64	1	64
2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ HT-0905 OIL COOLER PT3/4" 0.16 ตารางเมตร	3,290	1	3,290
2.3 "JK" AIR VENT VALVE FOR WATER TYPE JAV-FT11 SCREWD END 3/4"	2,380	1	2,380
2.4 สายยางน้ำไนลอนแบบใยถักขนาด 20 มม. X 28 มม.	50	2	100
2.5 ฉนวนกันความชนิดใยแก้ว 50 มม.x 1000 มม. X 5000 มม.	150	1	150
2.6 บอลวาล์วขนาด 3/4"	110	1	110
2.7 น้ำมันถ่ายเทความร้อน	60	5	300
2.8 อื่นๆ ได้แก่ ข้อต่อต่างๆ,เข็มขัดรัดสาย,เทปลอนพันเกลียวท่อ,น้ำยาประสานท่อพีวีซี	300	1	300
รวม			6,394

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

รายการและต้นทุนวัสดุอุปกรณ์เครื่องต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

รายการวัสดุ/อุปกรณ์	ราคา(บาท)	จำนวน	รวม(บาท)
3.ระบบหมุนเวียนน้ำและถังพักน้ำ			
3.1 "SANSO" MAGNET DRIVE SEALLESS PUMP MODEL PMD-111 10W 2.5 เมตร	3,900	1	3,900
3.2 ถังน้ำขนาด 200 ลิตร	1,000	1	1,000
3.3 ท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้ว	50	1	50
3.4 มิเตอร์น้ำขนาด 1/2 นิ้ว 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	300	1	300
3.5 สายยางน้ำไนลอนแบบใยถักขนาด 12 มม. X 16 มม.	30	5	150
3.6 วาล์วลูกลอยขนาด 1/2 นิ้ว	250	1	250
3.7 ฉนวนกันความชนิดใยแก้ว 50 มม.x 1000 มม. X 5000 มม.	150	1	150
3.8 อื่นๆ ได้แก่ ข้อต่อต่างๆ,เข็มขัดรัดสาย,เทปลอนพันเกลียวท่อ,น้ำยา	200	1	200
รวม			6.000
3.ระบบควบคุมและอุปกรณ์ไฟฟ้า			
3.1 ฮีตเตอร์รัดท่อขนาด 500 วัตต์ ∅ 25 มม. ยาว 100 มม.	480	2	960
3.2 ชุดควบคุมอุณหภูมิพร้อมเทอร์โมคับเปิล Type J ยาว 1 เมตร	1,500	3	4,500
3.3 วัตต์ฮาวมิเตอร์	200	1	200
3.4 ตู้ไฟสวิตช์บอร์ดขนาด 20 ซม.x30 ซม.x15 ซม.	270	1	270
3.5 หลอดไฟไพลอตแบบมีหม้อแปลง AC220 V	70	5	350
3.6 MAGNETIC CONTACTOR S-N-10 COIL 220-240V	380	2	760
3.7 รีเลย์ 5A 240VAC	130	3	390
3.8 เบรคเกอร์ 20A	90	1	90
3.9 SELECTOR SWITCH	85	2	170
3.10 ฟิวส์คอนโทรล	65	3	195
3.11 ฟิวส์กระบอก 10A	12	1	12
3.12 อื่นๆ ได้แก่ หางปลาย้ำ ,รางเทอมินอล , เทปพันสายไฟ , ปลอกมาร์คสาย , สายไฟ	300	1	300
รวม			8.197
4.อื่น ๆ			
4.1 โครงสร้างเหล็กสำหรับวางถังน้ำ	2,000	1	2,000
รวม			2.000
รวมต้นทุนทั้งสิ้น			30.366

ภาพที่ 3.9
วาล์วไล่อากาศแบบลูกลอย (Float type air vent valve) ขนาด 3/4 นิ้ว

ภาพที่ 3.10
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ

ภาพที่ 3.11

ชุดควบคุมอุณหภูมิ

ภาพที่ 3.12

น้ำมันถ่ายเทความร้อนที่ใช้กับเครื่องต้นแบบ

3.5.3 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบเครื่องท้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

1.นำท่อเหล็กกัลป์วาไนขนาด ¾" ตัดท่อตามแบบและทำการเชื่อมไฟฟ้า ตามภาพที่ 3.2 พร้อมตรวจสอบรอยรั่วที่เกิดขึ้นโดยการทดลองอัดน้ำโดยการอุดท่อฝั่งใดฝั่งหนึ่งแล้วอัดโดยน้ำแล้วตรวจสอบการรั่ว ถ้าพบให้ทำการแก้ไข

2.นำท่อที่เชื่อมเรียบร้อยแล้ว เชื่อมต่อกับเหล็กแผ่น 700 มม.x 1200 มม.x 3 มม.ในลักษณะการเชื่อมแนวยาว ตลอดตามความยาวเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อการนำความร้อนที่ดีที่สุด

3.นำเหล็กฉากและเหล็กกล่องที่เตรียมไว้ ทำกรอบโดยการตัดและเชื่อมขนาดตามแบบ ตามภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.13
แผงรับแสงอาทิตย์ขณะประกอบ

4.นำเหล็กแผ่นที่เชื่อมกับท่อแล้ว เชื่อมประกอบกับกรอบตามข้อ 3

5.ใช้สีน้ำมันสีดำผสมกับทินเนอร์ทาโดยรอบ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

6.นำแผ่นฉนวนกันความร้อนหนา 5 มม. ตัดให้ได้ตามขนาดช่องว่างด้านใต้ของงานที่เชื่อมแล้วจากข้อ 4 แล้ววางในช่องนั้นให้เต็มพื้นที่ตามภาพที่ 3.13

ภาพที่ 3.14
แผงรับแสงอาทิตย์ขณะใส่ฉนวนกันความร้อน

7.นำเหล็กแผ่นอาบสังกะสีหนา 1 มม. ตัดตามขนาดแล้วเจาะรูและยึดด้วยสกรู เข้ากับงานจากข้อ 6 ตามภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.15
แผงรับแสงอาทิตย์ด้านหลัง หลังจากติดตั้งฉนวนกันความร้อนแล้ว

8.นำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนติดด้วยฉนวนกันความร้อนแล้วประกอบกับโครงที่เตรียมไว้แล้ว ต่อท่อพีวีซีขนาด ¾” พร้อมติดฉนวนกันความร้อนตามภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16
ติดตั้งอุปกรณ์ก่อนเดินท่อน้ำและท่อน้ำมัน

ภาพที่ 3.17
เครื่องต้นแบบขณะเดินท่อน้ำและท่อน้ำมัน

9.นำฉนวนกันความร้อนติดถังน้ำพลาสติกขนาด 200 ลิตร ตามภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.18
ถังพักน้ำขณะหุ้มฉนวนกันความร้อน

10.ตรวจสอบมุมเอียงที่เหมาะสมอย่างง่ายตามภาพที่ 3.19 เวลา 12:00 น.

ภาพที่ 3.19
การตรวจสอบมุมลาดชัดของแผงรับแสงอาทิตย์อย่างง่าย

11.ทำกรอบสำหรับติดกระจกตามภาพที่ 3.20 และ 3.21 พร้อมติดตั้งตามภาพที่ 3.22

ภาพที่ 3.20
กรอบและประเก็นของกระจกรับแสง

ภาพที่ 3.21

กรอบของกระจกรับแสงขณะติดประเก็น

ภาพที่ 3.22

ติดตั้งกระจกรับแสงเข้ากับแผงรับแสงอาทิตย์

ภาพที่ 3.23
ตู้ควบคุมขณะติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

ภาพที่ 3.24
เดินสายยางระหว่างปั๊มน้ำร้อนกับถังพักน้ำ

ภาพที่ 3.25
ท่อทองแดงภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ขนาด 0.16 ตารางเมตร

3.6 การทดลองต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า

3.6.1 การทดลองที่ 1

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ได้แก่ จำนวนแผ่นกระจกรับแสง (Glazing) และขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchange)

วัตถุประสงค์

1.เพื่อยืนยันระบบว่าสามารถผลิตน้ำร้อนได้จริงหรือไม่ และเพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติที่อาจจะเกิดขึ้นนอกเหนือจากที่ได้พิจารณาหรือคาดการณ์ไว้

2.เพื่อหาค่าตัวแปรบางตัวที่ต้องอาศัยการวัดจากการทดลอง ที่จะใช้ในการคำนวณสมบูรณ์ขึ้น

3.เพื่อหาความสามารถโดยรวมของระบบในการกำหนดความสามารถของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้านี้

4.เพื่อหาปัจจัยที่ดีที่สุดเพื่อให้ได้แบบที่ดีที่สุด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.ต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า โดยทดลองส่วนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว

2.เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการและปฏิบัติการทดลอง

1. บรรจุน้ำมันในระบบแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) และถังเก็บน้ำปริมาณ 100 ลิตร ให้เต็มโดยให้ดำเนินการเสร็จสิ้นในเวลา 8:00 น.

2. ที่เวลา 8:00 น. ให้เครื่องทำน้ำร้อนเริ่มทำงาน (ตัดการทำงานฮีตเตอร์ไฟฟ้า) โดยวัดอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นในระบบแผงรับแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำ

การหาความสามารถของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

$$Q = mc_p(T_2 - T_1)$$

$$q = {}^{Q}/_{t}$$

Q = ปริมาณพลังงานความร้อนของน้ำ (kJ)

m = ปริมาณน้ำโดยรวม (ปริมาณน้ำของถัง + ปริมาณน้ำในท่อ)

c_p = ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ $4.2\frac{kJ}{kg.K}$

T_1 = อุณหภูมิน้ำเวลาเริ่มการทดลอง 8:00 น.

T_2 = อุณหภูมิน้ำเวลาเริ่มการทดลอง 17:00 น.

q = กำลังความร้อน (kW)

t = เวลาที่ใช้ทดลองคือ 8:00 − 17:00 น. = 32,400 s

3.6.2 **การทดลองที่** 2 ทดสอบการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าโดยระบบควบคุมอัตโนมัติ

วัตถุประสงค์

1.ทดสอบความสามารถของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าว่าสามารถทำน้ำร้อนได้ตามต้องการหรือไม่

2.เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

3.หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้ความร้อนกับการไม่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.ต้นแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าพร้อมติดตั้งตู้ควบคุมอัตโนมัติ

2.เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการและปฏิบัติการทดลอง

1.เริ่มให้ระบบทำงานตั้งแต่ 8.00 – 16.00 น.และบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำ, ค่าวัตต์ฮาวมิเตอร์และมิเตอร์น้ำ

2.นำข้อมูลของวันแรกเพื่อประเมินการตั้งเวลาให้ระบบทำงานล่วงหน้า

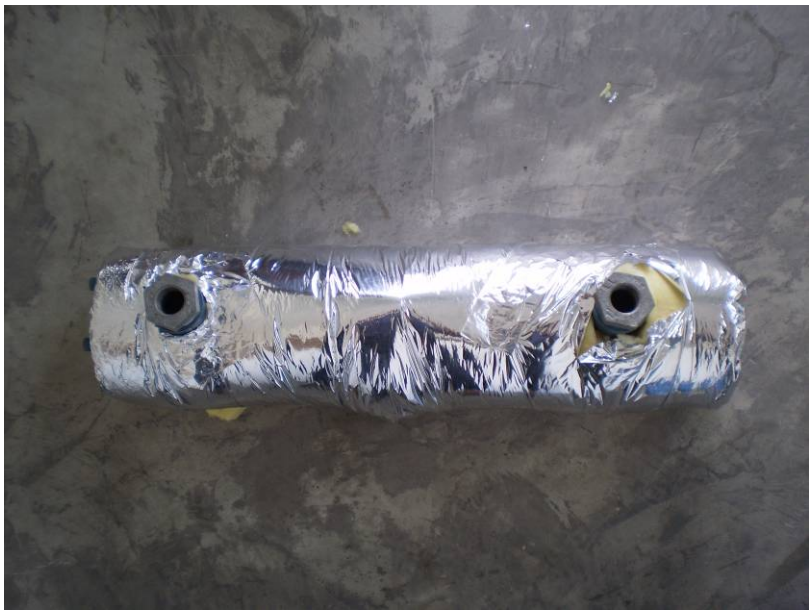
3.ให้ระบบทำงานโดยไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิน้ำ, ค่าพลังงานไฟฟ้าแล้วเปรียบเทียบ

ภาพที่ 3.26

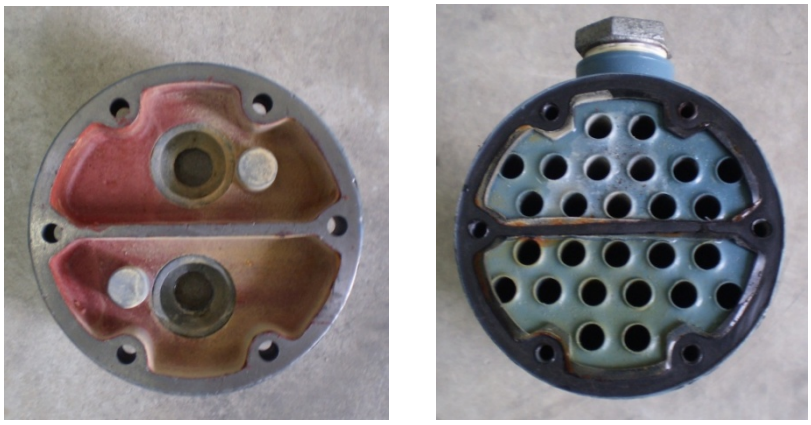
ขณะทำการทดลอง

ภาพที่ 3.27
ขณะถอดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 0.16 ตารางเมตร

ภาพที่ 3.28
การวัดอุณหภูมิน้ำมันด้วยเทอร์โมมิเตอร์



ภาพที่ 3.29
ติดตั้งฉนวนกันความอุปกรณ์แลกเปลี่ยนขนาด 0.54 ตารางเมตร



ภาพที่ 3.30
ท่อทองแดงภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ขนาด 0.54 ตารางเมตร

ภาพที่ 3.31
ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 0.54 ตารางเมตร