บทที่ 3 อุปกรณ์การทดลองและการดำเนินการทดลอง

การทดลองระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้

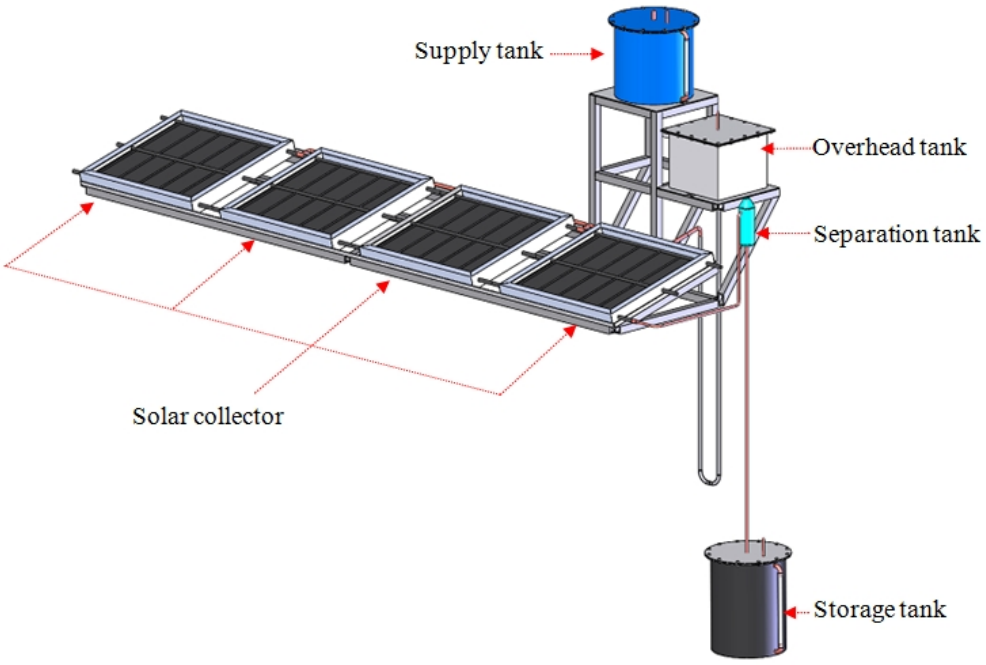
ระบบที่ 1 ใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบ

ระบบที่ 2 ใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบ โดยที่ปริมาตรของถังขับดันน้ำ 4 L

ระบบที่ 3 ใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบ โดยที่ปริมาตรของถังขับดันน้ำ 10 L

3.1 การศึกษาระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 1)

ระบบที่ 1 คือระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงาน และตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ในกรณีใช้พลังงานรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองเข้ากับโครงสร้างของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 1

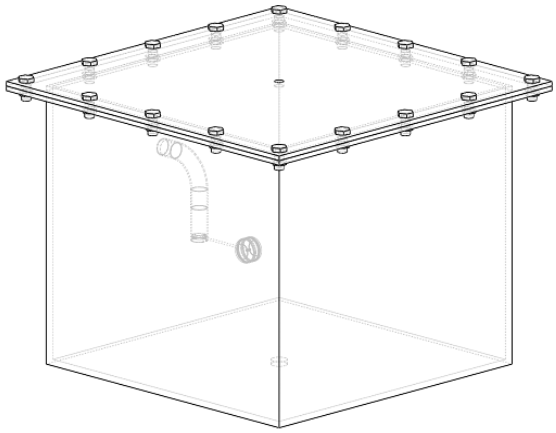
3.1.1 อุปกรณ์ในการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 1)

ส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ทดลองมีดังนี้

1. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat plate solar collector) ขนาดพื้นที่รับแสง 0.397 m^2 จำนวน 4 แผง มีพื้นที่รับแสงรวม 1.58 m^2 ติดตั้งทำมุมเอียง 14 องศากับพื้นราบหันไปทางทิศใต้ ปริมาตรภายในของตัวรับรังสีแบบแผ่นราบรวมเท่ากับ 5.4 L ภายในบรรจุน้ำ 4.1 L และ อากาศ 1.3 L

รูปที่ 3.2 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

2. ถังเติมน้ำด้านบน (Overhead tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 0.5 mm รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 0.4 m ยาว 0.4 m สูง 0.3 m ภายในติดตั้งวาล์วเติมน้ำอัตโนมัติ และมีรูระบายไอ (Air vent) อยู่ด้านบนของถังเติมน้ำ



รูปที่ 3.3 ถังเติมน้ำด้านบนของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 1

3. ถังเก็บน้ำ (Storage tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 0.5 mm รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.42 m สูง 0.5 m

รูปที่ 3.4 ถังเก็บน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 1

4. ถังแยกไอและน้ำ (Separation tank) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm ทำจากพลาสติกบาง รูปทรงกระบอก ความยาว 15 cm พร้อมทั้งหุ้มฉนวน (Aeroflex) ขนาด 0.9 cm ติดตั้งระหว่างทางออกตัวรับรังสีและทางเข้าถังเก็บน้ำร้อน ถังแยกไอและน้ำจะอยู่ระดับเดียวกันกับถังเก็บน้ำด้านบน มีรูระบายไอ (Air vent) ที่ด้านบน

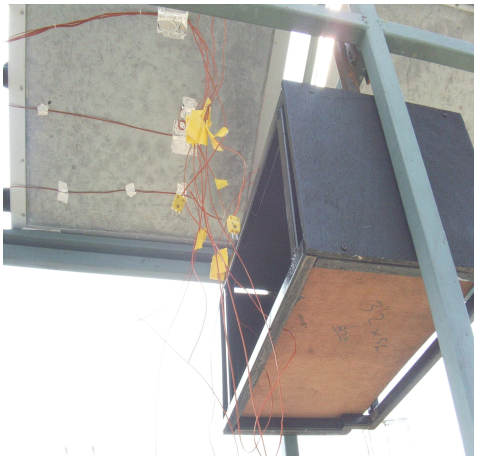
3.1.2 เครื่องมือวัดของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 1

เครื่องมือวัดต่างๆ ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์วัดความดัน Pressure transducer (Cole Parmer) มีค่า accuracy $\pm 0.25\%$
2. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Data recorder มีค่า accuracy $\pm 0.5^{\circ}C$
3. สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
4. อุปกรณ์วัดความเร็วลม hot-wire anemometer มีค่า accuracy $\pm 0.2 m/s$.
5. อุปกรณ์วัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ (Pyranometer รุ่น CM 11 ยี่ห้อ Kipp & Zonen) มีค่า accuracy $\pm 0.2\%$

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์วัดความดัน ระบบที่ 1

รูปที่ 3.6 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ระบบที่ 1

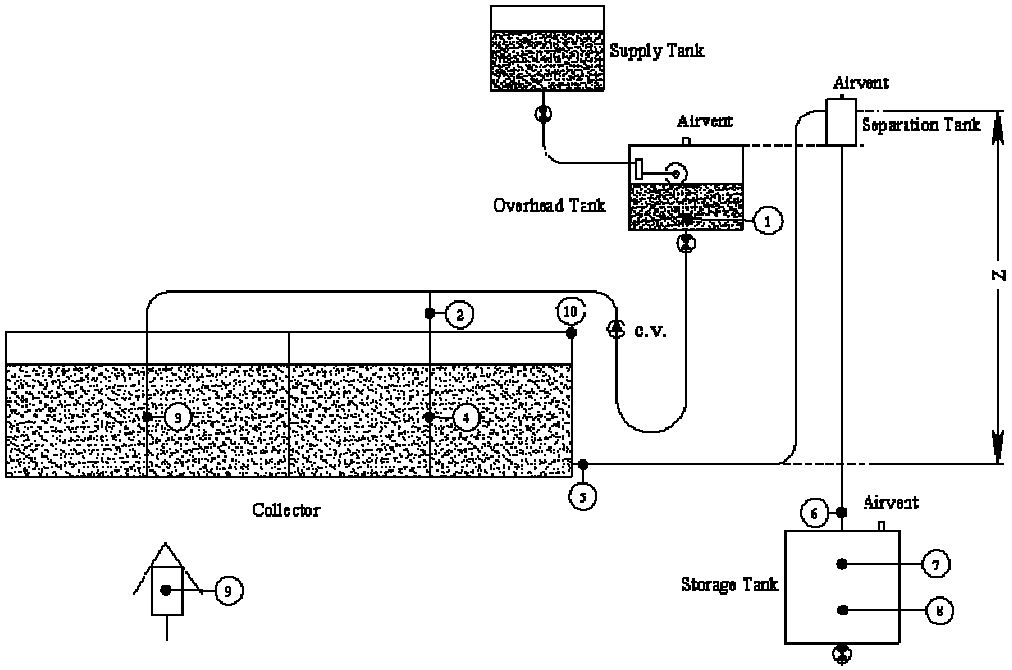


รูปที่ 3.7 การติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ระบบที่ 1

รูปที่ 3.8 เครื่องวัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ ระบบที่ 1

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์วัดความเร็วลม ระบบที่ 1

การติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิและความดันของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนแสดงระบบที่ 1 ดังรูปที่ 3.10 [24, 25]



1. อุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน
2. อุณหภูมิท่อทางเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์
3. อุณหภูมิตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จุดที่ 1
4. อุณหภูมิตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จุดที่ 2
5. อุณหภูมิน้ำทางออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์
6. อุณหภูมิน้ำทางเข้าถังเก็บน้ำร้อน
7. อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำร้อนระดับบน
8. อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำร้อนระดับล่าง
9. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
10. ความดันเกจของไอภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์

รูปที่ 3.10 จุดวัดอุณหภูมิและความดันของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 1

3.1.3 วิธีการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 1

1. ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดเข้ากับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน
2. บรรจุน้ำภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 4.1 L โดยภายในตัวเก็บรังสีจะมีอากาศ 1.3 L
3. เดินระบบทดลองและเก็บข้อมูล ตั้งแต่เวลา 8.00 น. - 17.00 น. โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 s
4. ในการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างทางออกแผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบและถังแยกไอ เพื่อเก็บข้อมูลที่ระดับความสูง 1 และ 2 m

3.2 การศึกษาระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2)

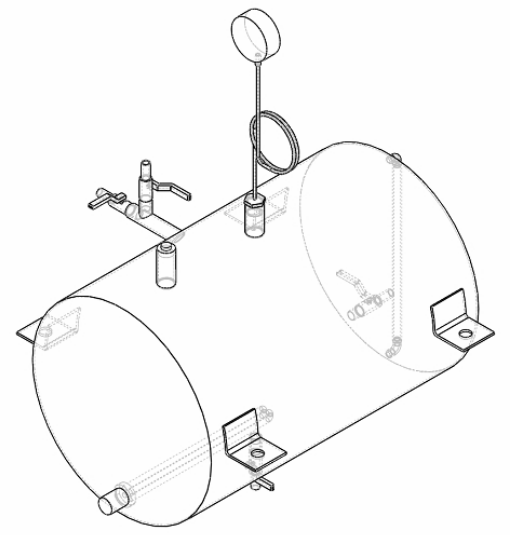
ระบบที่ 2 คือระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมตามเงื่อนไขในการทดลอง ผู้วิจัยจึงใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งผลิตพลังงานความร้อนให้กับระบบ โดยที่ถังขับดันน้ำของระบบมีปริมาตร 4 L ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองเข้ากับโครงสร้างของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

3.2.1 อุปกรณ์ในการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2)

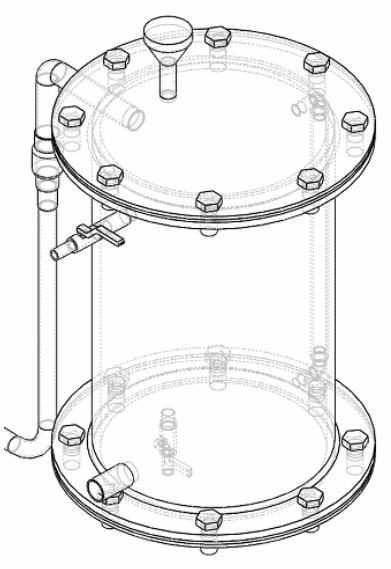
ส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ทดลองมีดังนี้

1. ถังผลิตไอ (Heat tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 4 mm รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 m สูง 0.3 m หุ้มฉนวน Aero flex หนา 7.5 – 10 cm ภายในติดตั้งฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1500 W จำนวน 1 ตัว และบรรจุน้ำ 3 L



รูปที่ 3.12 ถังผลิตไอระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

2. ถังขับดันน้ำ (Driving tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 3 mm รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 m สูง 0.25 m ภายในบรรจุน้ำ 4 L

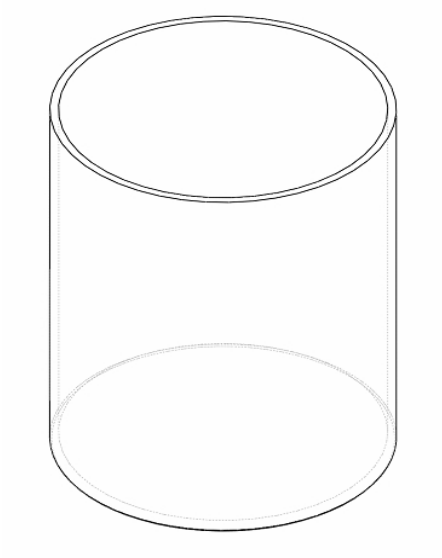


รูปที่ 3.13 ถังขับดันน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

3. ถังเติมน้ำด้านบน (Overhead tank) ทำจากพลาสติกหนา 0.5 mm รูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.17 m สูง 0.39 m ภายในติดตั้งวาล์วเติมน้ำอัตโนมัติ (Floating valve) และวาล์วควบคุมปริมาณน้ำ (Control valve) พร้อมทั้งมีรูระบาย (Air vent) ที่ด้านบน

รูปที่ 3.14 ถังเติมน้ำด้านบนของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

4. ถังเก็บน้ำ (Storage tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 0.75 mm รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 m สูง 0.22 m

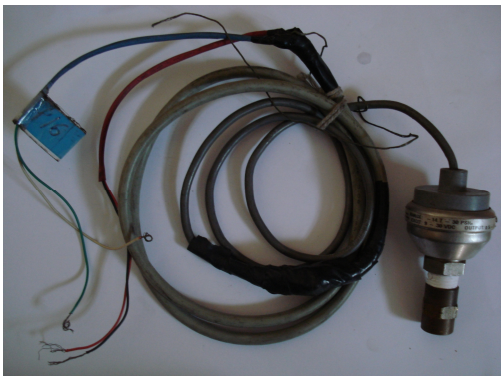


รูปที่ 3.15 ถังเก็บน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

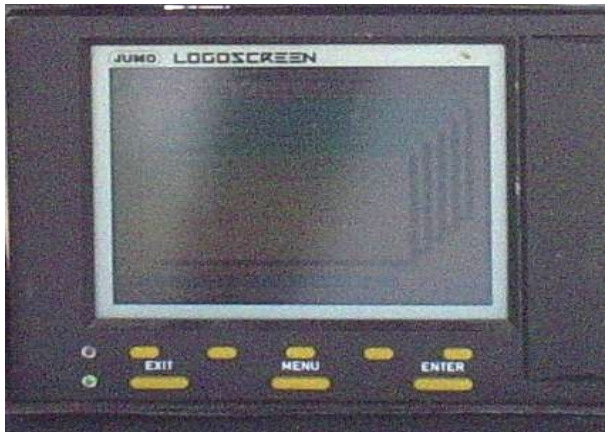
3.2.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

เครื่องมือวัดต่างๆ ประกอบด้วย

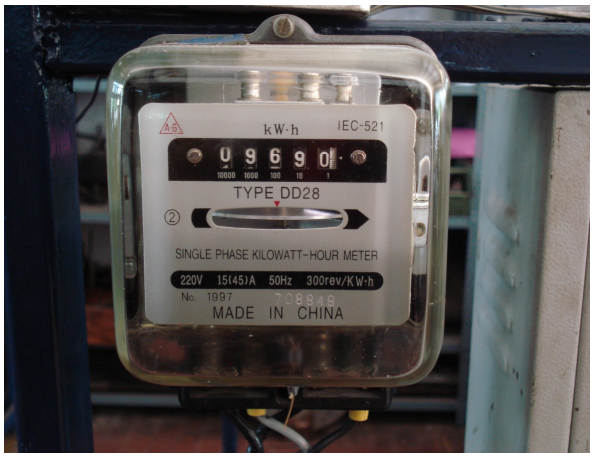
1. อุปกรณ์วัดความดัน Pressure transducer (Cole Parmer) มีค่า accuracy ±0.25%
2. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Data recorder มีค่า accuracy ±0.5°C
3. สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
4. Kilowatt hour meter สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้า มีค่า accuracy ±2.5%



รูปที่ 3.16 อุปกรณ์วัดความดัน ระบบที่ 2

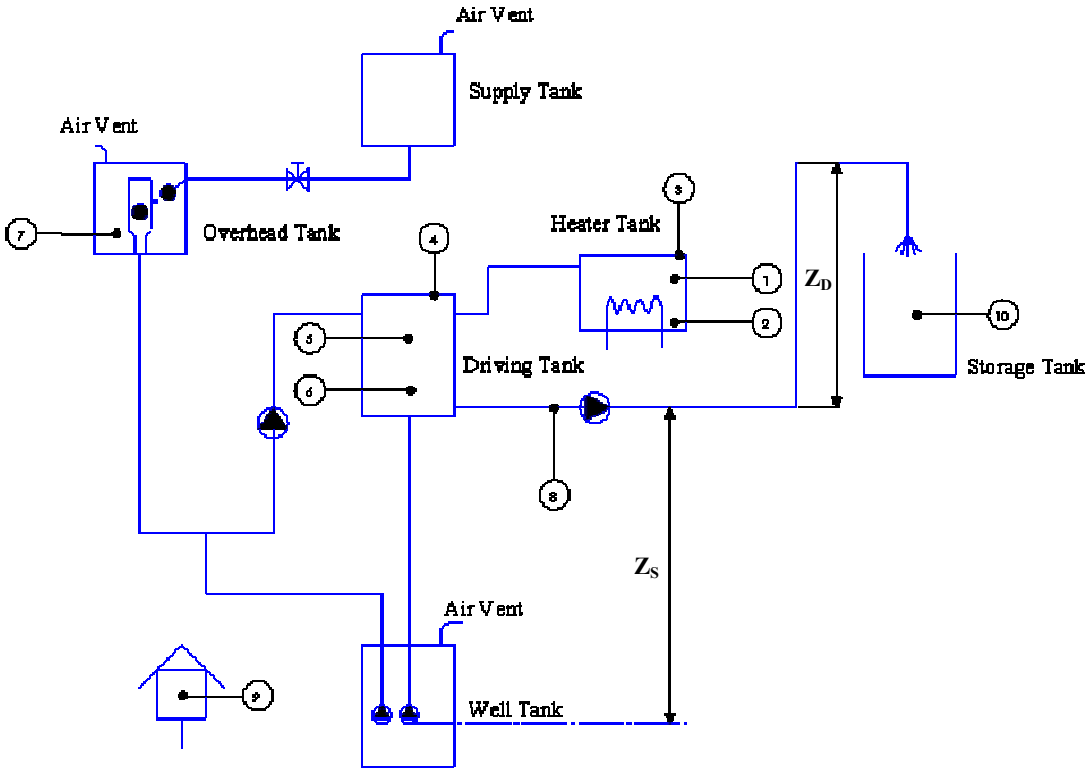


รูปที่ 3.17 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ระบบที่ 2



รูปที่ 3.18 kilowatt hour meter ระบบที่ 2

การติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิและความดันของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน ระบบที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.19



1. อุณหภูมิภายในถังผลิตไอน้ำ จุดที่ 1
2. อุณหภูมิภายในถังผลิตไอน้ำ จุดที่ 2
3. จุดวัดความดันไอน้ำภายในถังผลิตไอน้ำ
4. จุดวัดความดันไอน้ำภายในถังขับดันน้ำ
5. อุณหภูมิภายในถังขับดันน้ำ จุดที่ 1
6. อุณหภูมิภายในถังขับดันน้ำ จุดที่ 2
7. อุณหภูมิน้ำภายในเติมน้ำด้านบน
8. อุณหภูมิน้ำทางออกถังขับดันน้ำ
9. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
10. อุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำ

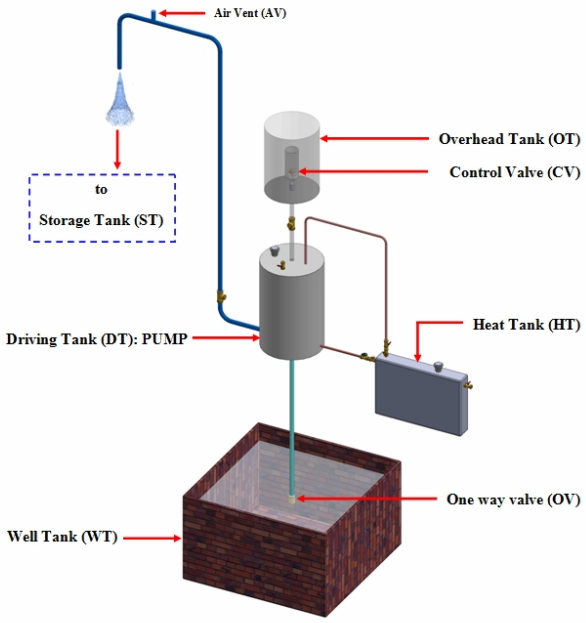
รูปที่ 3.19 จุดวัดอุณหภูมิและความดันของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

3.2.3 วิธีการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 2

1. ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดเข้ากับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 2
2. บรรจุน้ำภายในถังผลิตไอ 3 L
3. บรรจุน้ำภายในถังขับดันน้ำ 4 L
4. เดินระบบทดลองและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 4 hr โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 s
5. ในการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างปลายท่อทางด้านสูบ (Z_S) และปลายท่อทางด้านส่ง (Z_d) เพื่อเก็บข้อมูลที่ระดับความสูง 2, 2.5 และ 3 m

3.3 การศึกษาระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

ระบบที่ 3 คือระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมตามเงื่อนไขในการทดลอง ผู้วิจัยจึงใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งผลิตพลังงานความร้อนให้กับระบบเช่นเดียวกับระบบที่ 2 โดยปรับเปลี่ยนขนาดของระบบให้มีขนาดเล็กลง แต่ปริมาตรในการหมุนเวียนน้ำต่อรอบเพิ่มขึ้น โดยในการทดลองระบบที่ 3 ระบบถูกออกแบบให้มีปริมาตรของถังขับดันน้ำ 10 L ดังแสดงในรูปที่ 3.20

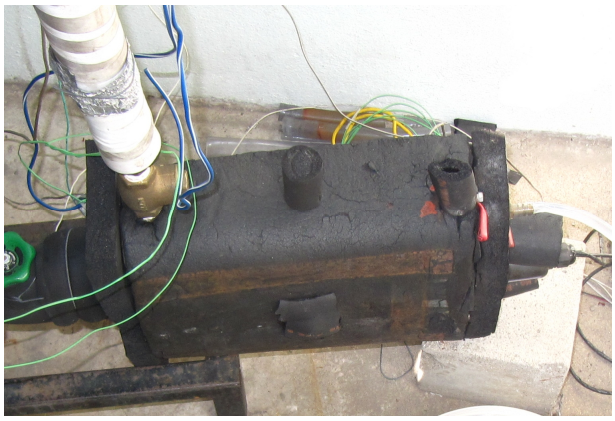


รูปที่ 3.20 ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 3

3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

ส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ทดลองมีดังนี้

1. ถังผลิตไอ (Heat tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 0.02 m รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 0.2 m ยาว 0.3 m ความหนาของถัง 0.05 m หุ้มฉนวน Aero flex หนา 7.5-10 cm ภายในติดตั้งฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3000 W จำนวน 1 ตัว และบรรจุน้ำ 3 L

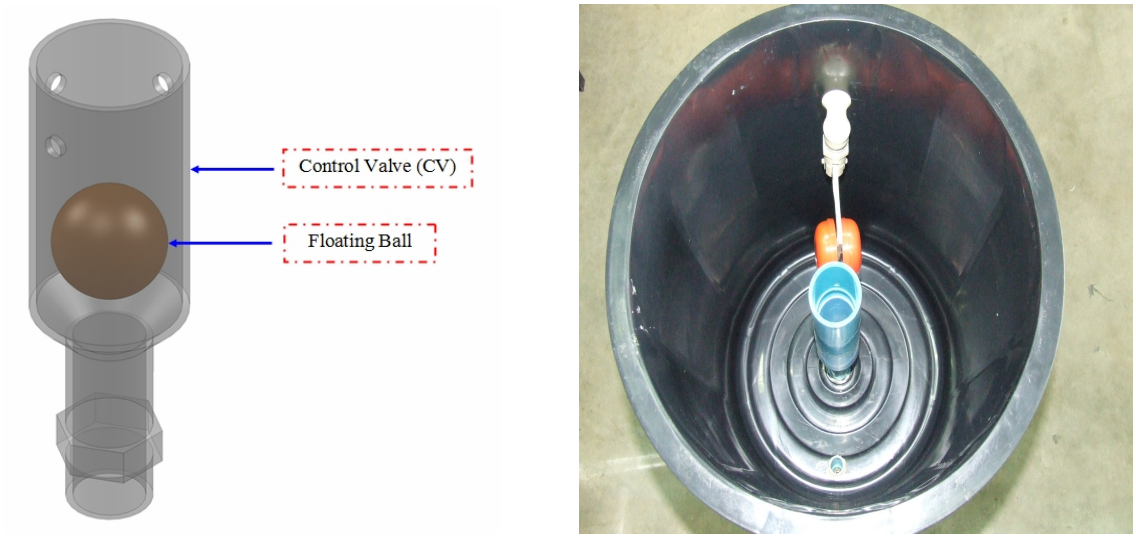


รูปที่ 3.21 ถังผลิตไอระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3

2. ถังขับดันน้ำ (Driving tank) ทำจากเหล็กสเตนเลสหนา 2 mm รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 m สูง 0.3 m ภายในบรรจุน้ำ 5 L และอากาศ 5 L

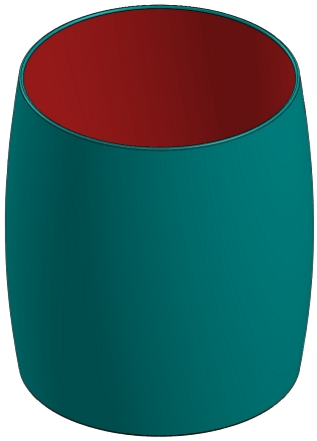
รูปที่ 3.22 ถังขับดันน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3

3. ถังเติมน้ำด้านบน (Overhead tank) ทำจากพลาสติกหนา 0.45 mm รูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.17 m สูง 0.39 m ภายในติดตั้งวาล์วเติมน้ำอัตโนมัติ (Floating valve) และวาล์วควบคุมปริมาณน้ำ (Control valve) พร้อมทั้งมีรูระบาย (Air vent) ที่ด้านบน



รูปที่ 3.23 ถังเติมน้ำด้านบนของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 3

4. ถังเก็บน้ำ (Storage tank) ทำจากพลาสติกหนา 2 mm รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 m สูง 1.1 m

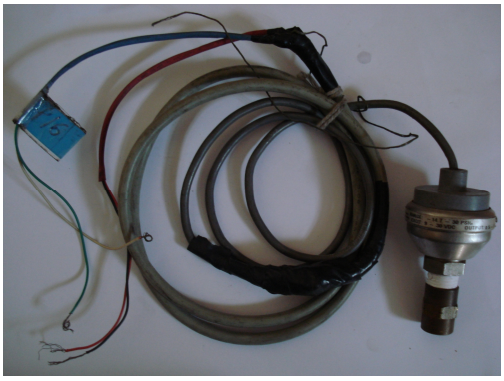


รูปที่ 3.24 ถังเก็บน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 3

3.3.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3

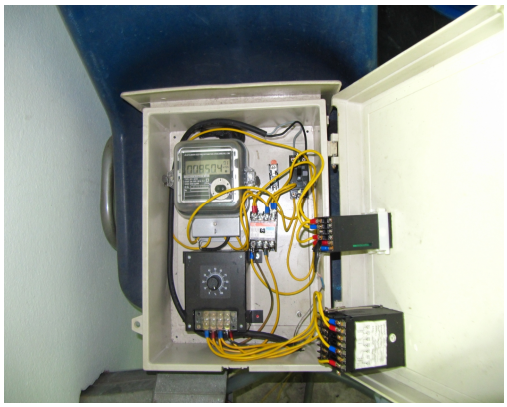
เครื่องมือวัดต่างๆ ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์วัดความดัน Pressure transducer (Cole Parmer) มีค่า accuracy ±0.25%
2. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Data recorder มีค่า accuracy ±0.5°C
3. สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
4. Kilowatt hour meter สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้า มีค่า accuracy ±2.5%



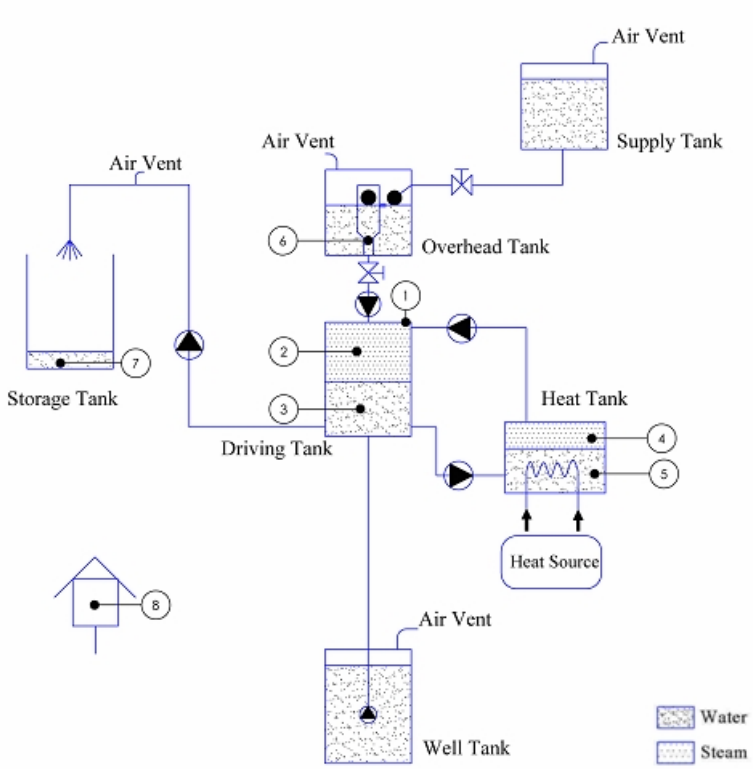
รูปที่ 3.25 อุปกรณ์วัดความดัน ระบบที่ 3

รูปที่ 3.26 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ระบบที่ 3



รูปที่ 3.27 Kilowatt hour meter ระบบที่ 3

การติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิและความดันของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน ระบบที่ 3 แสดงดังรูปที่ 3.28



1. จุดวัดความดันไอน้ำภายในถังขับดันน้ำ
2. อุณหภูมิภายในถังขับดันน้ำ จุดที่ 1
3. อุณหภูมิภายในถังขับดันน้ำ จุดที่ 2
4. อุณหภูมิภายในถังผลิตไอน้ำ จุดที่ 1
5. อุณหภูมิภายในถังผลิตไอน้ำ จุดที่ 2
6. อุณหภูมิน้ำภายในเติมน้ำด้านบน
7. อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ
8. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3.28 จุดวัดอุณหภูมิและความดันของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน ระบบที่ 3

3.3.3 วิธีการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3

1. ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดเข้ากับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3
2. บรรจุน้ำภายในถังผลิตไอ 3 L
3. บรรจุน้ำภายในถังขับดันน้ำ 5 L และบรรจุอากาศอีก 5 L
4. เดินระบบทดลองและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 2 hr โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 s
5. ในการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างปลายท่อทางด้านสูบ (Z_S) และปลายท่อทางด้านส่ง (Z_d) เพื่อเก็บข้อมูลที่ระดับความสูง 3, 4.5, 6 และ 7.5 m

3.4 การศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนทั้งแบบใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบ โดยมีตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือ

1. ระดับความสูงด้านส่ง (Discharge head) ในการหมุนเวียนน้ำของระบบ สำหรับระบบที่ 1
2. ระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ (Overall head) สำหรับระบบที่ 2 และ 3
3. อัตราการหมุนเวียนน้ำ (Water pumping rate)
4. แรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (ระบบใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์) และแรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในถังขับดันน้ำ (ระบบใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า)