

บทที่ 6 ผลการทดลองของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดย ใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

จากการศึกษาการทำงานและตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 1 และระบบที่ 2 ยังพบปัญหาและข้อผิดพลาดบางอย่างที่เกิดขึ้นในการทดลองซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานและประสิทธิภาพของระบบ ดังนั้นในบทนี้จึงทำการปรับปรุงข้อผิดพลาดและปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบการหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนที่มีสมรรถนะที่ดีขึ้น

ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนระบบที่ 3 ยังคงเลือกใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนของระบบ เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมตามเงื่อนไขและตัวแปรในการทดลอง ซึ่งการทดลองในบทนี้ได้จำลองระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน โดยติดตั้งฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3000 W เป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้กับระบบ พร้อมทั้งบรรจุอากาศปริมาณ 5 L ภายในถังขั้วคันทันน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิการทำงานจากระบบสูงจนเกินไป

6.1 ผลของปริมาณอากาศภายในถังขั้วคันทันน้ำต่อความดันในการหมุนเวียนน้ำของระบบ

รูปที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณอากาศมีผลต่อความดันที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำขึ้นไปเก็บยังถังเก็บน้ำ ของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน โดยปริมาณอากาศที่เพียงพอที่จะสามารถหมุนเวียนน้ำเพื่อเอาชนะความสูงในการส่งน้ำ (Discharge head) ที่ 1 m ได้คือ 5 L โดยสามารถอธิบายได้จากสมการที่ 6.1 - 6.3

$$P_{pump,DT} = P_{vapor,DT} + P_{a,DT} \quad (6.1)$$

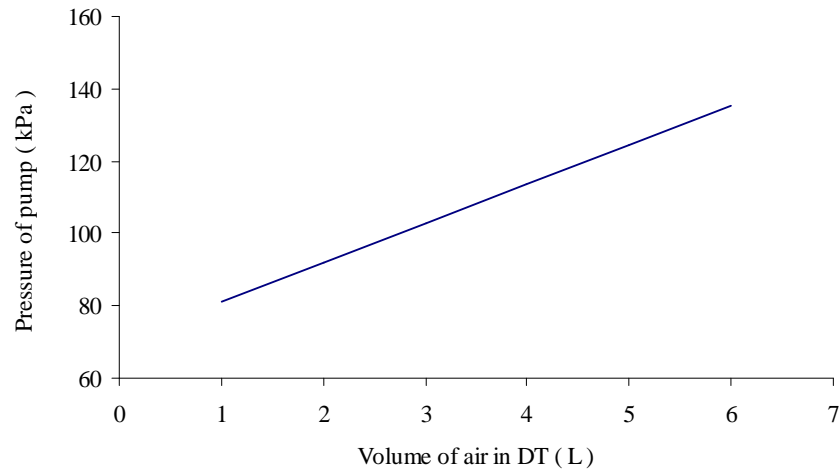
$$P_{a,DT} \times V_{a,DT} = m_{a,DT} \times R \times T_{mix} \quad (6.2)$$

$$P_{a,DT} \times V_{DT} = m_{a,DT} \times R \times T_{vapor,DT} \quad (6.3)$$

เมื่อ

$$P_{pump,DT} = \text{ความดันที่ใช้ในการส่งน้ำของระบบ, kPa}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{vapor,DT}} &= \text{ความดันไอน้ำและอากาศภายในถังจับคั้นน้ำ, kPa} \\
 P_{\text{a,DT}} &= \text{ความดันอากาศภายในถังจับคั้นน้ำ, kPa} \\
 V_{\text{a,DT}} &= \text{ปริมาตรของอากาศภายในถังจับคั้นน้ำ, m}^3 \\
 V_{\text{DT}} &= \text{ปริมาตรของถังจับคั้นน้ำ, m}^3
 \end{aligned}$$



รูปที่ 6.1 ปริมาณอากาศที่ส่งผลต่อกับความดันที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำของระบบ

6.2 ผลของปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ ต่อปริมาณการหมุนเวียนน้ำของระบบ

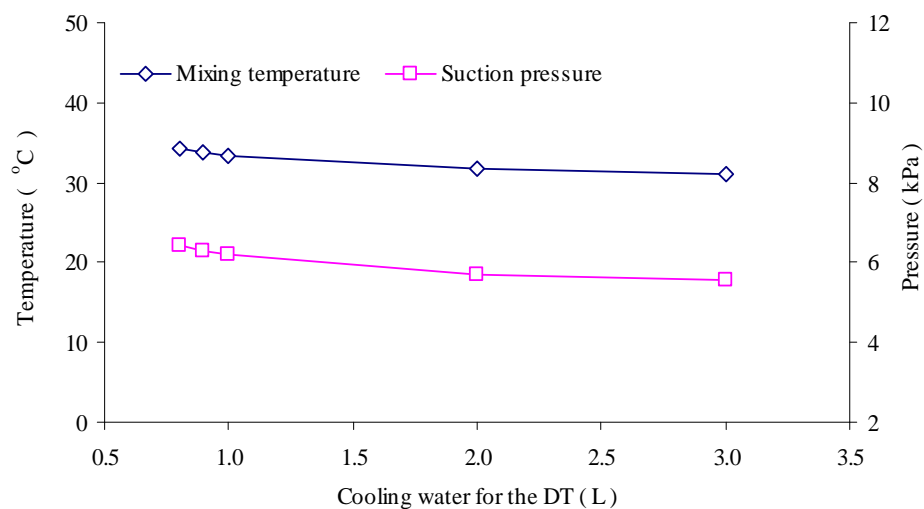
จากตารางที่ 6.1 พบว่า ขนาดกำลังไฟฟ้ามีผลต่อปริมาณการสูบน้ำ โดยในการทดลองได้กำหนดระดับความสูงในการสูบน้ำ 2 m และความสูงในการส่งน้ำ 1 m คงที่ โดยขนาดกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนสามารถสูบน้ำได้อยู่ที่ 1000 W และปริมาณน้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามกำลังไฟฟ้าที่มากขึ้น สำหรับประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำ พบว่า ที่ขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1500 W ขึ้นไปมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ขนาดกำลังไฟฟ้า 3000 W ให้ปริมาณน้ำที่สูบได้สูงสุด ซึ่งในงานวิจัยนี้เน้นปริมาณน้ำที่สูบได้เป็นหลัก ดังนั้นที่ 3000 W ระบบสามารถหมุนเวียนน้ำได้มากที่สุด

ตารางที่ 6.1 อัตราการหมุนเวียนน้ำ จำนวนรอบในการหมุนเวียนน้ำ และพลังงานที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

Electrical Power (W)	Energy input (MJ)	Number of pumping (cycle)	Pumped water (L)
1000	7.2	7	34
1500	10.8	17	80
2000	14.4	20	97
2500	18.0	30	145
3000	21.6	32	155

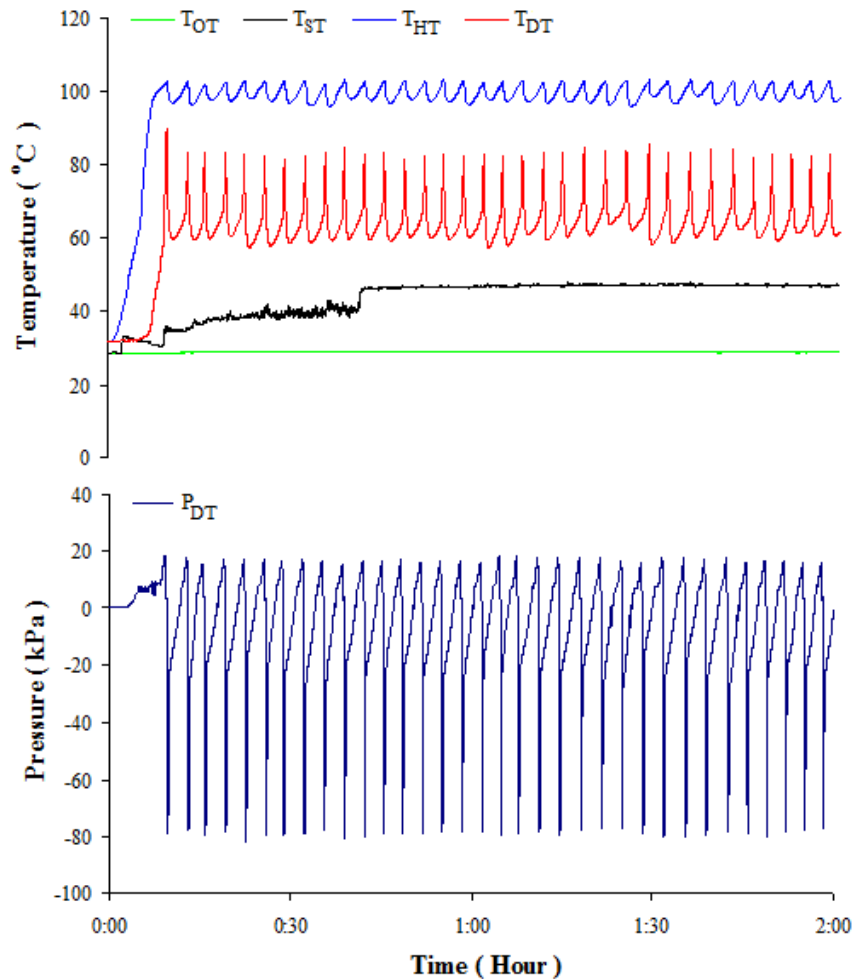
6.3 ผลของความสูงต่ออุณหภูมิและความดันภายในถังผลิตไอ และถังขັบตันน้ำ

รูปที่ 6.2 แสดงอุณหภูมิในการผสมภายในถังขັบตันน้ำ (T_{mix}) ซึ่งเป็นอุณหภูมิการผสมกันระหว่างไอน้ำที่ 100°C และน้ำจากถังเติมน้ำด้านบนที่มีอุณหภูมิ 30°C โดยอุณหภูมิผสมจะเกิดขึ้นภายหลังจากที่คูดน้ำเข้าไปในถังขັบตันน้ำเสร็จสิ้นแล้ว สามารถอธิบายได้จากสมการที่ 2.8 กล่าวคือ ไอน้ำเกิดการควบแน่นภายในถังขັบตันน้ำทำให้ความดันในถังขັบตันน้ำลดลงเป็นสุญญากาศ (ความดันเกจเท่ากับ -80 kPa) และถูกคูดน้ำเข้าไปในถังขັบตันน้ำ จนกว่าความดันจะเท่ากับความดันบรรยากาศ (ความดันเกจเท่ากับ 0 kPa) โดยรูปที่ 6.2 แสดงให้เห็น ผลกระทบของน้ำหล่อเย็นที่ส่งผลต่ออุณหภูมิผสมของไอน้ำกับความดันในการสูบน้ำที่เกิดขึ้นภายในถังขັบตันน้ำ เพื่อระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) นี้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ปริมาณน้ำหล่อเย็น ที่ 1 L เพื่อระบายความร้อนในแต่ละรอบ



รูปที่ 6.2 ผลของปริมาณน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบนที่มีผลต่ออุณหภูมิผสมและความดัน

โดยในการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) ได้แบ่งระดับความสูงรวมของระบบเป็น 4 ระดับ คือ 3, 4.5, 6 และ 7.5 m โดยกำหนดความสูงในด้านส่งน้ำ (Discharge head) เท่ากับ 1 m ตลอดการทดลอง ได้ผลการทดลองดังนี้



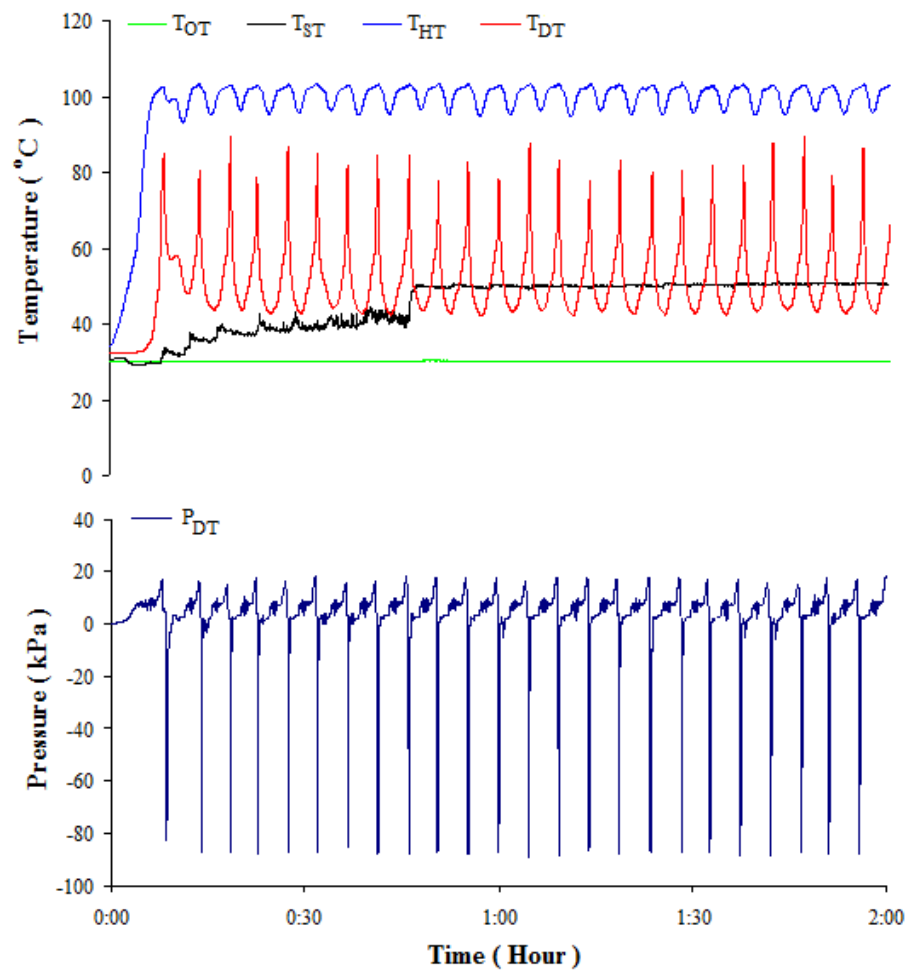
รูปที่ 6.3 อุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน (T_{OT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ (T_{HT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังจับคั้นน้ำ (T_{DT}) ความดันไอภายในถังจับคั้นน้ำ (P_{DT}) ของระบบที่ระดับความสูงรวม 3 m

ในการทดลองนี้กำหนดความสูงในการส่งน้ำ (Discharge head) คงที่ เท่ากับ 1 m แต่เปลี่ยนแปลงระดับความสูงในการสูบน้ำตั้งแต่ 2, 3.5, 5 และ 6.5 m ตามลำดับ โดยในการทดลองจะใช้ปริมาณน้ำหล่อเย็น 1 L/cycle ทุกๆ ระดับความสูงในการสูบน้ำที่เปลี่ยนแปลง และภายในถังจับคั้นน้ำปริมาตร 10 L จะถูกควบคุมให้มีอากาศ 5 L

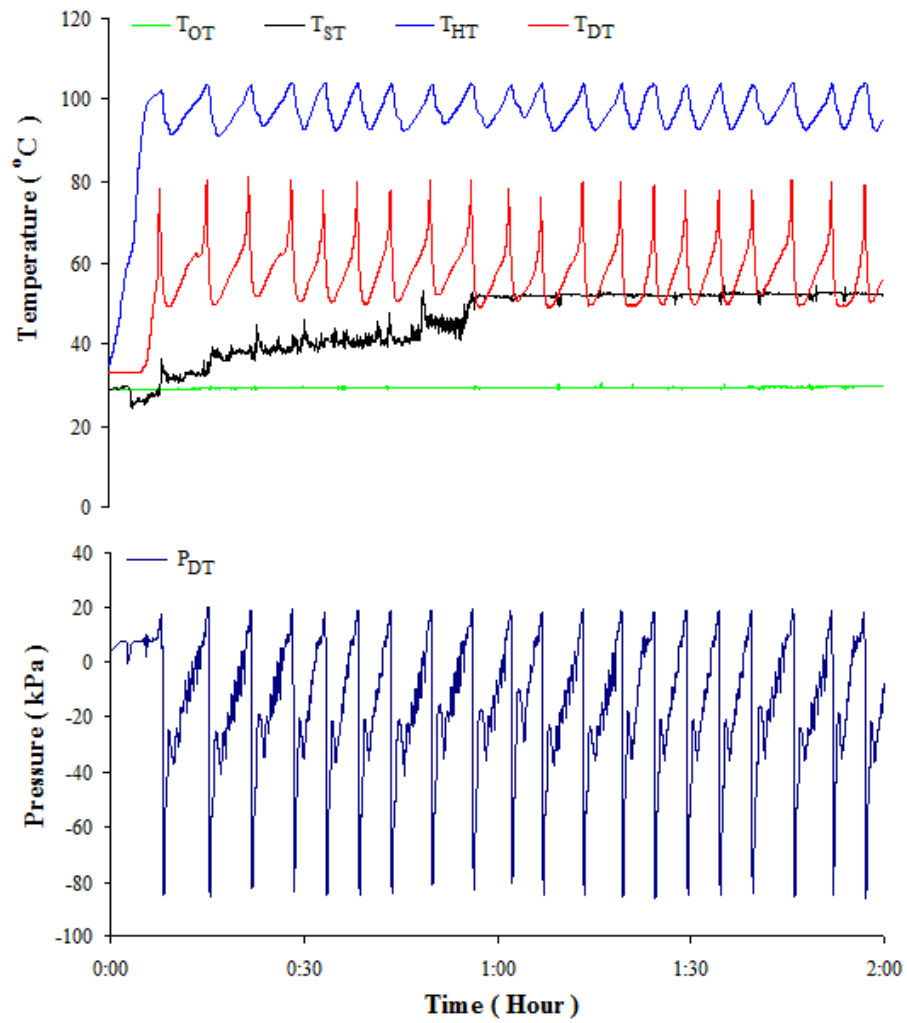
รูปที่ 6.3 ระบบทำงานอัตโนมัติ แสดงให้เห็นว่าเกิดความดันวิกฤติ (Critical pressure) ในระบบก่อนที่น้ำภายในถังจับคั้นน้ำ จะถูกจับคั้น โดยไอน้ำที่ผลิตได้จากถังผลิตไอน้ำผ่านไปเก็บยังถังเก็บน้ำ ความดันวิกฤตินี้เพิ่มขึ้นเนื่องจากความสูงในการส่งน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิและความดันสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงในการส่งน้ำเพิ่มขึ้นเพราะต้องป้อนพลังงานให้แก่ น้ำภายในถังผลิตไอน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบนี้สามารถหมุนเวียนน้ำได้เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอน้ำ มีค่าเท่ากับ $100 - 103^{\circ}\text{C}$ และความดันไอน้ำภายในถังผลิตไอน้ำ มีค่าไม่น้อยกว่าความสูงในการส่งน้ำ จากการทดลองพบว่า ในช่วงที่ระบบทำงานอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอน้ำอยู่ระหว่าง $96 - 103^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังจับคั้นน้ำอยู่ระหว่าง $62 - 90^{\circ}\text{C}$ และความดันภายในถังจับคั้นน้ำ (P_{DT}) ในช่วงที่ระบบทำงานมีค่าระหว่าง $18 - -81\text{ kPa}$ และเมื่อน้ำหล่อเย็นที่ไหลเข้าสู่ถังจับคั้นน้ำที่เต็มไปด้วยไอน้ำ ทำให้ไอน้ำเกิดการควบแน่นส่งผลให้ความดันภายในถังจับคั้นน้ำเป็นสุญญากาศ (ความดันเท่ากับ -81 kPa) เกิดแรงดูด สูบน้ำที่ระดับความสูงในการสูบน้ำ 2 m ขึ้นมาสู่ถังจับคั้นน้ำ โดยระบบทำงาน 34 cycle สูบน้ำได้ 170 L ภายในเวลา 2 hr . โดยค่าความไม่แน่นอนของผลการทดลอง กรณีความสูงในการสูบน้ำมีค่าเท่ากับ 2 m แสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าความไม่แน่นอนของความดัน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอน้ำ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังจับคั้นน้ำ และอุณหภูมิถังเติมน้ำด้านบน กรณีสูบน้ำที่ระดับความสูงในการสูบน้ำ 2 m

Item	P_{DT}	T_{HT}	T_{DT}	T_{OT}
	(kPa)	($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)
Max	18.35	103.82	90.17	30.25
Min	-81.90	31.86	31.81	28.82
Mean	-5.53	96.55	62.15	29.50
S.D.	19.52	12.49	10.98	0.37



รูปที่ 6.4 อุณหภูมิน้ำในถังเติมน้ำด้านบน (T_{OT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ (T_{HT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังจับดันน้ำ (T_{DT}) ความดันไอภายในถังจับดันน้ำ (P_{DT}) ของระบบที่ระดับความสูงรวม 4.5 m



รูปที่ 6.5 อุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน (T_{OT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ (T_{HT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังขับเคลื่อนน้ำ (T_{DT}) ความดันไอภายในถังขับเคลื่อนน้ำ (P_{DT}) ของระบบที่ระดับความสูงรวม 6 m

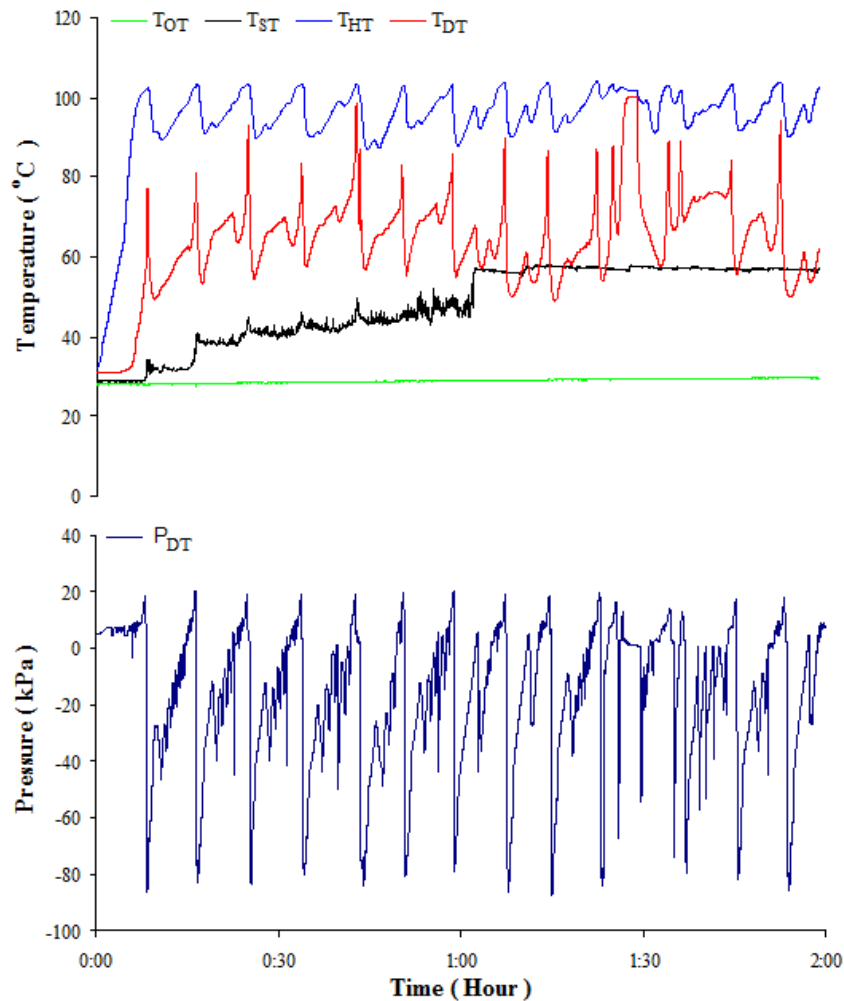
สำหรับที่ระดับความสูงในการสูบน้ำ 3.5 และ 5 m ระบบทำงานได้ 24 และ 20 cycle โดยระบบสามารถสูบน้ำได้ 120, และ 100 L ภายในเวลา 2 hr ตามลำดับ โดยค่าความไม่แน่นอนของผลการทดลอง กรณีความสูงในการสูบน้ำ 3.5 และ 5 m แสดงในตารางที่ 6.3 และ 6.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.3 ค่าความไม่แน่นอนของความดัน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังขับเคลื่อนน้ำ และอุณหภูมิถังเติมน้ำด้านบน กรณีสูบน้ำที่ความสูงในการสูบน้ำ 3.5 m

Item	P _{DT}	T _{HT}	T _{DT}	T _{OT}
	(kPa)	(°C)	(°C)	(°C)
Max	18.24	104.22	89.83	31.48
Min	-89.00	33.94	32.60	29.85
Mean	2.93	97.94	51.00	30.71
S.D.	15.61	11.15	11.30	0.35

ตารางที่ 6.4 ค่าความไม่แน่นอนของความดัน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังขับเคลื่อนน้ำ และอุณหภูมิถังเติมน้ำด้านบน กรณีสูบน้ำที่ความสูงในการสูบน้ำ 5 m

Item	P _{DT}	T _{HT}	T _{DT}	T _{OT}
	(kPa)	(°C)	(°C)	(°C)
Max	20.46	104.27	81.96	30.25
Min	-86.31	34.83	33.15	29.03
Mean	-15.34	95.73	56.11	29.62
S.D.	23.22	10.03	9.87	0.16



รูปที่ 6.6 อุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน (T_{OT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ (T_{HT}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังขับเคลื่อนน้ำ (T_{DT}) ความดันไภายในถังขับเคลื่อนน้ำ (P_{DT}) ของระบบที่ระดับความสูงรวม 7.5 m

จากรูปที่ 6.6 พบว่า ในช่วงที่ระบบทำงานอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอยู่ระหว่าง $90 - 103^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังขับเคลื่อนน้ำอยู่ระหว่าง $92 - 94^{\circ}\text{C}$ โดยที่ระดับความสูงในการสูบน้ำ 6.5 m ระบบทำงานได้ 13 cycle โดยระบบสามารถสูบน้ำได้ 65 L ภายในเวลา 2 hr โดยค่าความไม่แน่นอนของผลการทดลอง กรณีความสูงในการสูบน้ำ 6.5 m แสดงในตารางที่ 6.5

จะเห็นว่าเมื่อระดับความสูงในการสูบน้ำเพิ่มขึ้นจำนวนรอบในการสูบน้ำจะลดลง เป็นผลจากระดับความสูงในการสูบน้ำและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นภายในท่อทางด้านสูบ โดยเมื่อท่อด้านสูบน้ำยาวมากขึ้นแรงเสียดทานจะมากขึ้น ทำให้สูบน้ำได้น้อยลง โดยจากการทดลองพบว่าพลังงานเฉลี่ยที่ป้อนให้กับ

ระบบมีค่าเท่ากับ 21.6 MJ เนื่องจากการทดลองนี้ให้ความสำคัญกับปริมาณน้ำที่ระบบสูบได้จึงเลือกค่าพลังงานสูงสุดซึ่งได้จากการทดลอง (ตารางที่ 6.1)

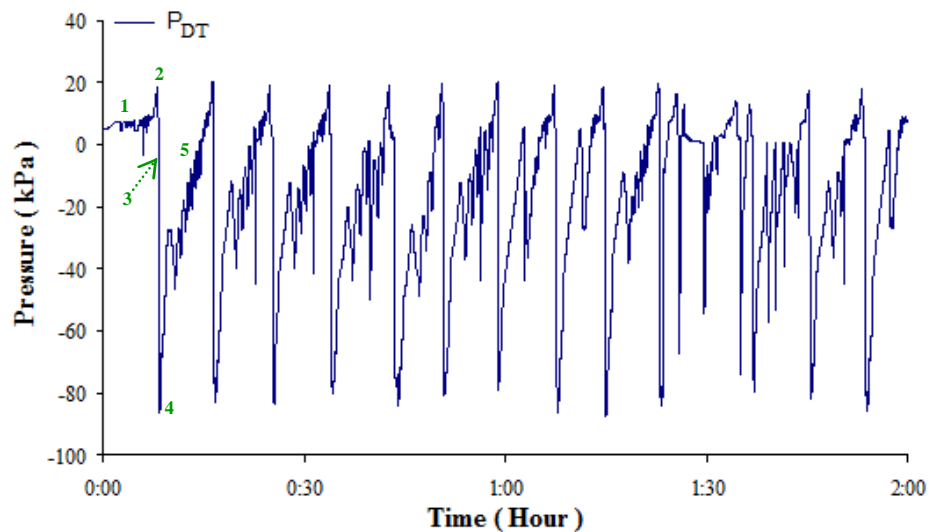
ตารางที่ 6.5 ค่าความไม่แน่นอนของความดัน อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังผลิตไอ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังขับเคลื่อนน้ำ และอุณหภูมิถังเติมน้ำด้านบน กรณีสูบน้ำที่ความสูงในการสูบน้ำ 6.5 m

Item	P_{DT}	T_{HT}	T_{DT}	T_{OT}
	(kPa)	(°C)	(°C)	(°C)
Max	20.80	104.12	100.41	29.95
Min	-87.34	32.02	31.08	27.40
Mean	-15.23	94.47	63.52	29.07
S.D.	24.41	10.71	12.28	0.51

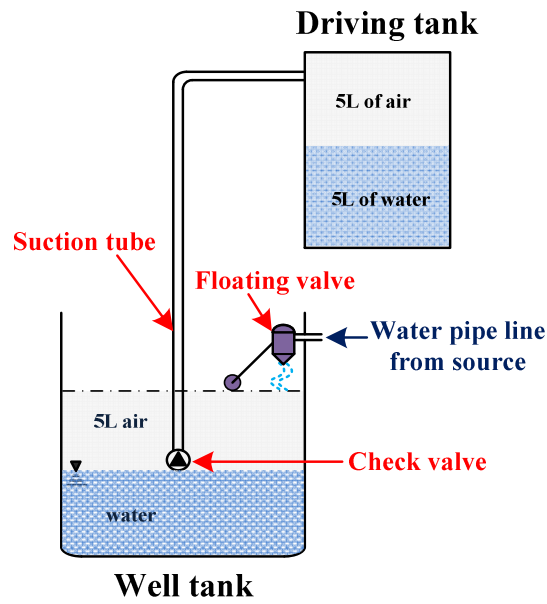
จากการสังเกตผลการทดลอง พบว่า ระบบมีลักษณะการทำงานเหมือนกับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2) โดยการทำงานของระบบที่ 3 สามารถอธิบายได้จากรูปที่ 6.7 โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

1. ช่วงการให้ความร้อน (Heating stage) เมื่อให้พลังงานไฟฟ้ากับตัวกำเนิดความร้อน (Electric heater) พลังงานความร้อนจะทำให้ น้ำที่อยู่ในถังผลิตไอ มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่ได้รับความร้อน จนกระทั่งความดันในถังผลิตไอ มีค่าสูงพอที่จะขับเคลื่อนไอเข้าไปยังถังขับเคลื่อนน้ำ ซึ่งความดันในระบบจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งมีค่ามากกว่าค่าเสดความสูงในการส่งน้ำ
2. ช่วงการหมุนเวียนน้ำออกจากระบบ (Pumping stage) เมื่อความดันไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำ มีค่าสูงกว่าเสดความสูงของระบบ น้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำ จะถูกขับเคลื่อนให้ไหลผ่านท่อที่ต่ออยู่กับถังขับเคลื่อนน้ำ ไปเก็บยังถังเก็บน้ำ อีกทั้งยังติดตั้งวาล์วกันกลับแบบทางเดียว ที่ด้านบนถังขับเคลื่อนน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำ ไหลออกสู่ถังเติมน้ำด้านบน ซึ่งช่วงการหมุนเวียนน้ำออกจากระบบ (Pumping stage) จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งระดับน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำ ลดลงต่ำกว่าท่อส่งน้ำ
3. ช่วงการระบายไอในระบบ (Vapor flow stage) เมื่อระดับน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำ ลดลงต่ำกว่าท่อส่งน้ำ ไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำ จะไหลไปยังถังเก็บน้ำ และระบายออกสู่บรรยากาศที่ช่องระบายไอ (Air vent outlet) เนื่องจากแรงลอยตัว (Buoyancy force) ดังนั้นอุณหภูมิและความดันภายในถังขับเคลื่อนน้ำจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งความดันไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก

4. ช่วงการหล่อเย็นระบบ (Cooling stage) เมื่อความดันไอน้ำภายในถังจับดันน้ำมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก น้ำจากถังเติมน้ำด้านบนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและอยู่สูงกว่าถังจับดันน้ำสามารถไหลผ่านวาล์วควบคุมปริมาณน้ำ (Control valve) ซึ่งในขณะนี้จะเปิดโดยอัตโนมัติเพื่อให้น้ำหล่อเย็นปริมาณ 1 L ที่อุณหภูมิ 30°C ไหลเข้าถังจับดันน้ำได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก
5. ช่วงการสูบน้ำเข้าสู่ระบบ (Water suction stage) เมื่อน้ำจากถังเติมน้ำด้านบนที่มีอุณหภูมิต่ำไหลเข้าสู่ถังจับดันน้ำ ซึ่งภายในเต็มไปด้วยไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดความดันสูญญากาศขึ้นภายในถังจับดันน้ำคูลน้ำจากถังสำรองน้ำที่อยู่ด้านล่างเข้าสู่ถังจับดันน้ำ โดยที่วาล์วควบคุมปริมาณน้ำที่ติดตั้งอยู่ภายในถังเติมน้ำด้านบนจะปิดชั่วคราวด้วย Floating ball เพื่อป้องกันไม่ให้ความดันสูญญากาศที่เกิดขึ้นรั่วออกสู่ภายนอก (ซึ่งในช่วงนี้ก็จะมีการเติมอากาศในปริมาณ 50% เข้าสู่ถังจับดันน้ำเช่นกัน โดยขั้นตอนการเติมอากาศเข้าสู่ระบบอธิบายในรูปที่ 6.8) พร้อมกันนี้น้ำภายในถังเก็บน้ำหลักจะไหลเข้าสู่ถังเติมน้ำด้านบนเพื่อเติมน้ำเข้าในวาล์วควบคุมปริมาณเตรียมสำหรับการทำงานในรอบต่อไป และเมื่อขั้นตอนการสูบน้ำเสร็จสิ้นจะครบ 1 รอบการทำงาน

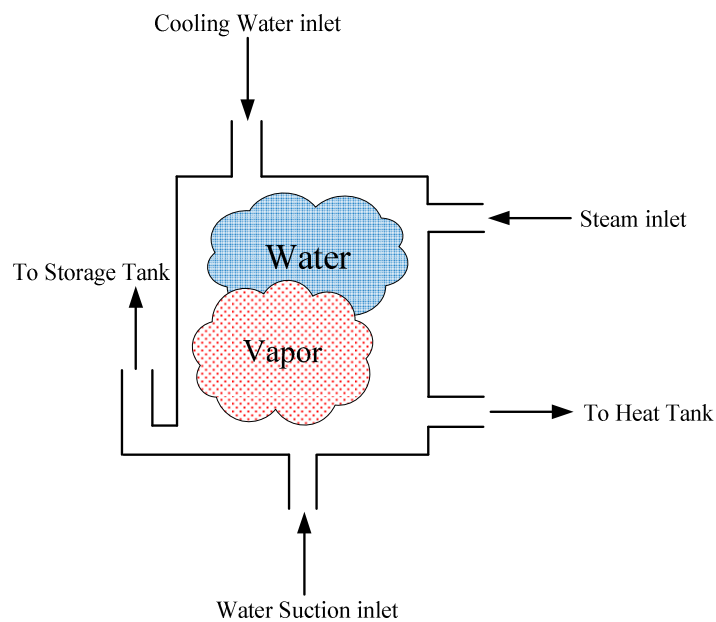


รูปที่ 6.7 การทำงานทั้ง 5 ขั้นตอนของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

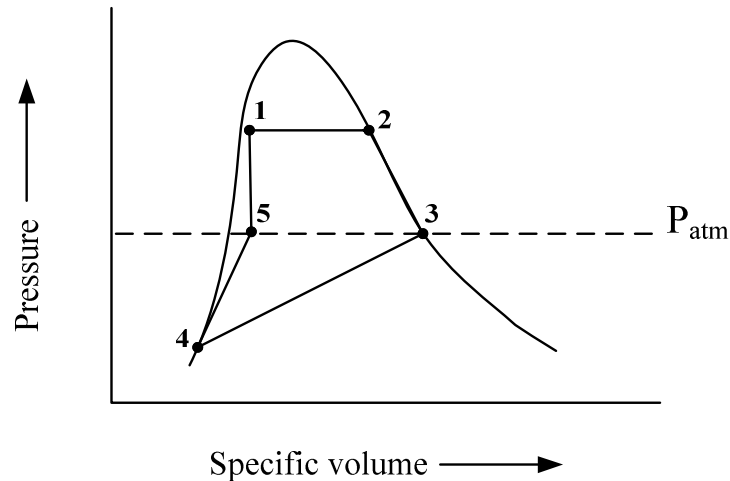


รูปที่ 6.8 วิธีการเติมอากาศเข้าสู่ถังขุดน้ำ

เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการทำงานของระบบ สามารถอธิบายถึงทิศทางการไหลของน้ำและไอน้ำภายในถังขุดน้ำ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตรภายในถังขุดน้ำของระบบ หมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) ถูกนำเสนอในรูปที่ 6.9 และ 6.10



รูปที่ 6.9 ถังขุดน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นปั๊มและคอนเดนเซอร์ของระบบที่ 3



รูปที่ 6.10 $p-v$ diagram

ในช่วง 1-2 เมื่อไอน้ำ (สารทำงาน) ที่ผลิตได้จากถังผลิตไอไหลเข้าสู่ถังขับเคลื่อนน้ำไอน้ำจะเกิดการขยายตัวภายในถังขับเคลื่อนน้ำ ทำให้ในช่วงนี้เป็นช่วงที่ระบบทำการหมุนเวียนน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำให้ไหลออกไปกักเก็บยังถังเก็บน้ำ

ในช่วง 2-3 เมื่อน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำถูกขับออกไปเรื่อยๆ โดยความดันไอน้ำจนกระทั่งระดับน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำต่ำกว่าท่อทางออกของถัง ทำให้ในช่วงนี้ความดันภายในถังขับเคลื่อนน้ำลดลงเนื่องจากความดันไอน้ำถูกระบายออกสู่บรรยากาศจากผลของแรงลอยตัวในขณะเดียวกันภายในถังขับเคลื่อนน้ำจะเต็มไปด้วยไอน้ำ จึงเป็นเหตุให้ปริมาตรของไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำเพิ่มขึ้น

ในช่วง 3-4 เมื่อการระบายไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความดันไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก น้ำที่อยู่ภายในถังเติมน้ำด้านบนซึ่งอยู่สูงกว่าถังขับเคลื่อนน้ำจะสามารถไหลเข้าสู่ถังขับเคลื่อนน้ำได้โดยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งน้ำจากถังเติมน้ำด้านบนที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปผสมกับไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงภายในถังขับเคลื่อนน้ำทำให้เกิดความดันสุญญากาศขึ้นภายในถังขับเคลื่อนน้ำ จากรูปที่ 6.9 จะเห็นว่าปริมาตรของไอน้ำในช่วง 3-4 ลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากว่าเป็นการระบายแบบสัมผัสตรง (Direct contact cooling) กล่าวคือ น้ำเย็นจากถังเติมน้ำด้านบนไหลเข้าไปผสมกับไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการสูบน้ำเข้าสู่ถังขับเคลื่อนน้ำ ซึ่งทำให้เกิดสมดุลพลังงานภายในถังขับเคลื่อนน้ำ จึงทำให้ความดันและปริมาตรลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งไอน้ำภายในถังขับเคลื่อนน้ำกลั่นตัวจนหมด

ในช่วง 4-5 เมื่อน้ำจากบ่อถูกสูบเข้าสู่ถังขັมน้ำแล้ว ระบบจะสมดุลความดันภายในถังขັมน้ำทำให้ความดันภายในถังขັมน้ำเพิ่มขึ้นจะกระทั่งเท่ากับความดันบรรยากาศ

ในช่วง 5-1 เมื่อน้ำถูกสูบจากบ่อเข้าสู่ถังขັมน้ำจนเต็มแล้ว จากนั้นก็จะเป็นการเริ่มต้นการทำงานในรอบต่อไปโดยไอน้ำที่ผลิตได้จากถังผลิตไอน้ำไหลเข้าสู่ถังขັมน้ำอีกครั้ง ทำให้ความดันภายในถังขັมน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนความดันมากกว่าเสดความสูง ระบบจะเริ่มขັมน้ำออกจากถังขັมน้ำอีกและระบบก็จะทำงานเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ ตามลำดับ ดังที่กล่าวไปแล้วในช่วงต้น

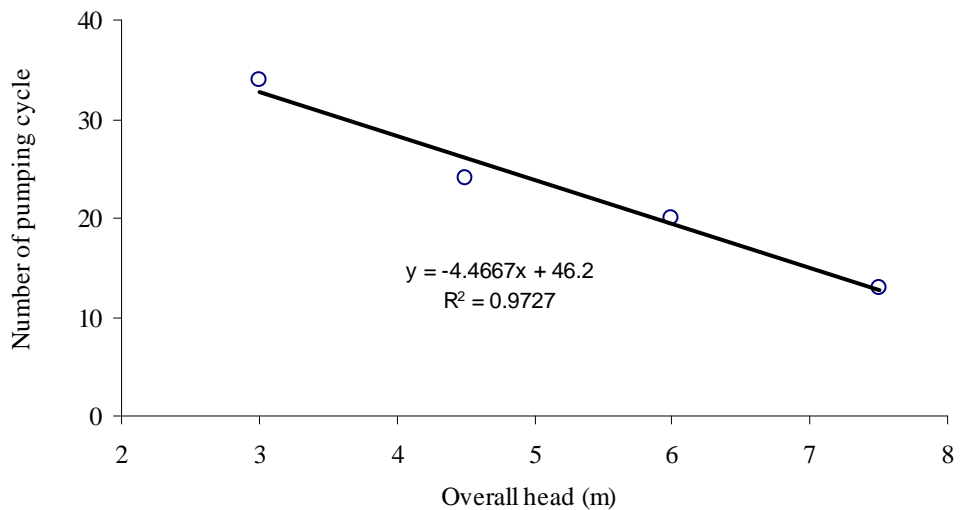
6.4 จำนวนรอบในการหมุนเวียนน้ำของระบบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ

จากผลการทดลอง เมื่อเพิ่มระดับเสดความสูงรวมของระบบ พบว่า จำนวนรอบในการหมุนเวียนน้ำของระบบลดลง เนื่องจาก เมื่อระดับความสูงรวมของระบบเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาการทำงานต่อรอบเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นหากใช้เวลาในการทำงานเท่ากัน จำนวนรอบการทำงานของระบบที่มีระดับความสูงรวมสูงกว่าจะน้อยกว่าปริมาณน้ำรวมที่สามารถหมุนเวียนได้ก็จะน้อยกว่าด้วย ซึ่งหากจำนวนรอบในการหมุนเวียนน้ำของระบบลดลงก็จะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ระบบสามารถหมุนเวียนได้ (V_c) อีกด้วย ดังนั้นเมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการหมุนเวียนน้ำที่ระบบสามารถหมุนเวียนได้ และเสดความสูงรวมของระบบ จะได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$N = (-4.4667 \times Z) + 46.2 \quad (6.4)$$

เมื่อ

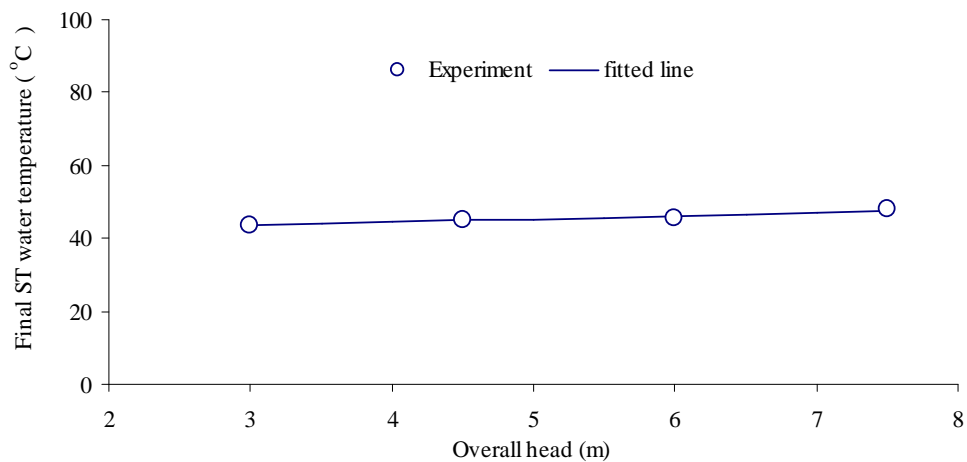
N	=	จำนวนรอบการทำงานของระบบทั้งหมด, cycle
Z	=	ความสูงรวมในการทดลองของระบบ, m



รูปที่ 6.11 จำนวนรอบการทำงานของระบบ (N) จากการทดลองที่ระดับความสูงรวมต่างๆ ของระบบ ได้สมการเส้นแนวโน้ม $N = -4.4667Z + 46.2$ (fitted line) RMSE 6.42%

6.5 อุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ

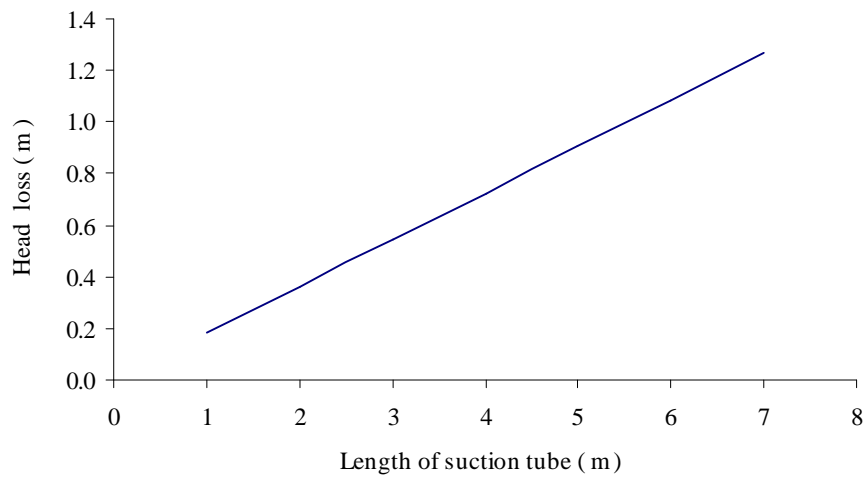
รูปที่ 6.12 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับความสูงรวมของระบบเพิ่มขึ้น อุณหภูมิน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 43 – 48°C ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในบ้านพักอาศัยได้



รูปที่ 6.12 อุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำจากการทดลองที่ความสูงรวมที่ระดับต่างๆ

6.6 ความยาวของท่อด้านสูบที่ส่งผลต่อการสูญเสียเนื่องจากความสูงในการสูบน้ำของระบบ

รูปที่ 6.13 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงในการสูบน้ำของระบบและการสูญเสียเนื่องจากความสูงภายในท่อด้านสูบน้ำ จากรูปพบว่า การสูญเสียเนื่องจากความสูงภายในท่อด้านสูบจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสูงในการสูบน้ำของระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์นี้ได้จากสมการที่ 6.5



รูปที่ 6.13 ผลของความยาวของท่อด้านสูบที่ส่งผลต่อการสูญเสียเนื่องจากความสูงของระบบ

$$H_{loss,s} = f \left(\frac{L_s}{D_s} \right) \left(\frac{v_3^2}{2g} \right) \quad (6.5)$$

เมื่อ

- f = แฟกเตอร์ของความเสียดทานในท่อ, (Dimensionless)
- L_s = ระยะความยาวของท่อทางด้านสูบ, m
- D_s = เส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งกลางของท่อทางด้านสูบ, m
- v_3^2 = ความเร็วในการไหลของน้ำ, m/s
- g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก, มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2

6.7 ประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำของระบบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ

รูปที่ 6.14 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความสูงรวมของระบบเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็จะเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการหมุนเวียนน้ำเฉลี่ยมีค่า 0.036, 0.035, 0.037 และ 0.021% ที่ระดับความสูงรวมของระบบ คือ 3, 4.5, 6 และ 7.5 m ตามลำดับ ซึ่งในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นไปตามประสิทธิภาพคาร์โนต์ ดังสมการที่ 6.6 [27]

$$\eta_{carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad (6.6)$$

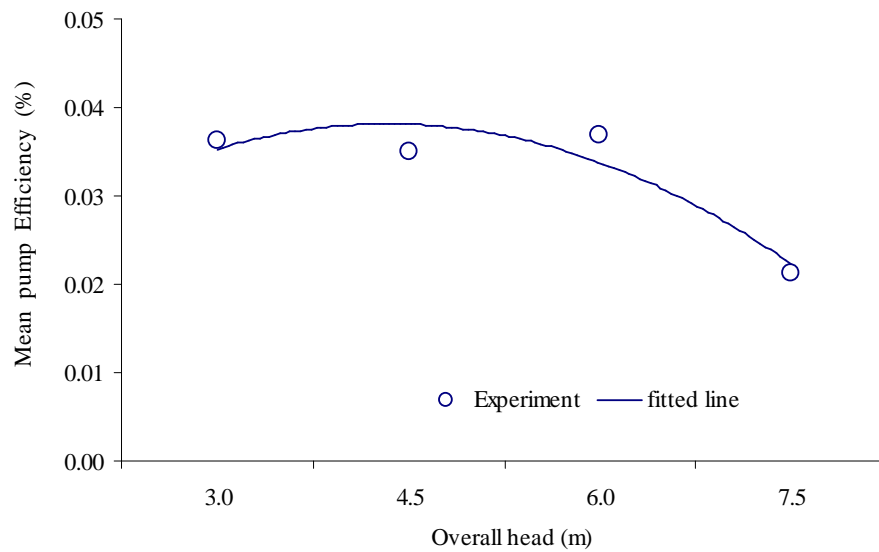
เมื่อ

$$T_L = 303.15 \text{ K (30}^\circ\text{C)}$$

$$T_H = 373.15 \text{ K (100}^\circ\text{C)}$$

เพราะเป็นระบบที่ใช้อุณหภูมิต่ำในการทำงาน ประสิทธิภาพของระบบจึงต่ำเช่นกัน แต่ในงานวิจัยนี้ เน้นอัตราการหมุนเวียนน้ำเป็นหลัก จึงพิจารณาปริมาณน้ำที่สูบได้เป็นหลัก โดยปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้ที่ความสูงในการสูบน้ำ 2, 3.5, 5 และ 6.5 m มีค่าเท่ากับ 170, 120, 100 และ 65 L ตามลำดับ

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำมากกว่าจำนวนรอบในการหมุนเวียน บนพื้นฐานของสมการที่ 2.9 - 2.13 ซึ่งแสดงว่าระดับความสูงรวมในการส่งน้ำมีค่าที่เหมาะสมอยู่ค่าหนึ่ง หลังจากนั้นประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำจะลดลงเมื่อระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำมีค่ามากขึ้น



รูปที่ 6.14 ประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำเฉลี่ยของระบบ จากการทดลองที่ระดับความสูงรวมต่างๆ
RMSE = 0.0582%

จากการทดลองและนำค่าที่ได้มาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำของระบบและเสดความสูงรวมของระบบ ได้สมการความสัมพันธ์คือ

$$\eta_p = 4.53981 \times 10^{-5} (-4.4667Z + 46.2) \times V_c \times Z \quad (6.7)$$

เมื่อ

- η_p = ประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำของระบบ, %
- Z = ความสูงรวมในการทดลองของระบบ, m
- V_c = ปริมาณน้ำที่ระบบสามารถหมุนเวียนได้ในหนึ่งรอบการทำงาน, L

6.8 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

ในการทดลอง ได้เปรียบเทียบระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) กับระบบของ Von Oppen และ Chandwalker [28] ซึ่งจากการประเมินต้นทุนในการผลิตของระบบในปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 10,675 บาท การวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์แสดงในตารางที่ 6.6 โดยแสดงผลประหยัดค่าไฟฟ้าของระบบน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับปั๊มน้ำที่ใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งหากว่าพลังงานที่ป้อนเข้าสู่ระบบเป็นพลังงานเหลือทิ้ง ดังนั้นการที่ระบบมีประสิทธิภาพต่ำอาจไม่ใช่อุปสรรค อีกทั้งหากใช้เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นในการสร้างระบบก็สามารถลดค่าใช้จ่ายและบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ตารางที่ 6.6 ตารางแสดงการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของระบบ Ref. [28] เทียบกับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

	Ref. [28]	ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงาน
		ความร้อน 10 L
ปริมาณน้ำที่ระบบหมุนเวียนได้ (L)	2000	1020
ระดับความสูงในคานสูบ (m)	6	2
สารทำงานที่ใช้ในระบบ	Synthetic	Water
แหล่งพลังงานที่ป้อนให้ระบบ	Solar	Waste heat
ระยะเวลาที่ระบบทำงาน	6 Hour/day	12 Hour/day
อุณหภูมิใช้งานในระบบ (°C)	40	90
เงินลงทุนในการติดตั้งระบบ (Baht)	45,000	10,675
ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า (kWh)	0.0385	0.0654

6.9 ข้อดีและข้อเสียของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

ตารางที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) กับระบบหมุนเวียนน้ำของ Savery (Jenness [29])

ตารางที่ 6.7 ตารางเปรียบเทียบระหว่างระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) กับระบบหมุนเวียนน้ำของ Savery (Jenness [29])

ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน 10 L	Savery (Jenness [29])
1. ไม่มีการสูญเสียความร้อนในระหว่างเกิดการควบแน่นของไอน้ำเมื่อน้ำเย็นจากถังจับคั้นน้ำผสมกับไอน้ำภายในถังจับคั้น	1. การสูญเสียความร้อนในระหว่างเกิดการควบแน่นของไอน้ำ เนื่องจากสิ่งแวดล้อม
2. เกิดการสูญเสียความร้อน เนื่องจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบเหลวเมื่อระบบทำงาน	2. เกิดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบเหลวเมื่อระบบทำงานซึ่งถือได้ว่าเป็นการสูญเสียหลักของระบบ
3. การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการระบายไอน้ำที่ถึงเก็บน้ำในระหว่างที่ไอน้ำไหล	3. ในระหว่างการผลิตไอน้ำว่าลวจะระบายไอน้ำออกบางส่วน เพื่อป้องกันการระเบิดบางส่วน
4. ไม่มี	4. อาจเกิดการรั่วของไอน้ำที่ก้านวาล์ว เนื่องจากเมื่อระบบทำงานจะเคลื่อนที่บ่อย
5. การระบายความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำเย็นจากถังเติมน้ำด้านบนผสมกับไอน้ำอุณหภูมิสูงโดยตรง ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่สำหรับการระบายความร้อน	5. การระบายความร้อนช้า ซึ่งสอดคล้องกับในหัวข้อที่ 2
6. พลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จากระบบ 0.267 kJ/cycle พลังงานที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำ 720 kJ/cycle อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30°C	6. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 20°C
7. ระบบทำงานโดยอัตโนมัติ	7. บางส่วนอัตโนมัติ ยกเว้นการจ่ายน้ำเข้าสู่ถังผลิตไอน้ำ
8. ความดันในระบบ มากกว่า 1 atm	8. ความดันในระบบ ประมาณ 1 atm
9. อุณหภูมิใช้งานในระบบ 100 – 103°C	9. อุณหภูมิใช้งานในระบบ 100°C
10. อัตราการหมุนเวียนน้ำ 5 L/cycle	10. อัตราการหมุนเวียนน้ำ 4.2 L/cycle
11. ใช้เวลา 4 min/cycle ในการหมุนเวียนน้ำ 1 cycle	11. ไม่แน่ใจ
12. ใช้ความร้อนเหลือทิ้งหรือพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตความร้อนที่ป้อนแก่ระบบ	12. ใช้พลังงานรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตความร้อนที่ป้อนแก่ระบบ

6.10 การเปรียบเทียบโครงสร้างของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3)

ตารางที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) กับระบบหมุนเวียนน้ำของ Savery (Jenness [29])

ตารางที่ 6.8 ตารางเปรียบเทียบ โครงสร้างของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) กับระบบหมุนเวียนน้ำของ Savery (Jenness [29])

ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน 10 L	Savery (Jenness [29])
1. ถึงผลิตไอและถึงขับเคลื่อนน้ำทำจากเหล็กแผ่นสแตนเลส เพื่อให้ทนต่อความดันสุญญากาศที่อาจเกิดขึ้นในระบบ	1. ถึงความดันทำจากเหล็กแผ่นอลูมิเนียมครึ่งวงกลม 2 ชิ้นประกบกัน
2. ถึงผลิตไอดีดตั้งอยู่ต่ำกว่าและถึงขับเคลื่อนน้ำเพื่อผลิตไอน้ำอย่างต่อเนื่อง และสามารถเติมน้ำได้โดยแรงโน้มถ่วง	2. เมื่อปริมาณน้ำในถึงผลิตไอไม่เพียงพอ น้ำบางส่วนจะถูกดูดลงไปในถังโดยอัตโนมัติด้วยความดันสุญญากาศ
3. ระบบประกอบด้วย Floating-ball valve และ Check valves	3. ระบบประกอบด้วย Floating-ball valve, Sinking ball valve, และ Floaters 2 ตัว
4. ถึงผลิตไอและถึงขับเคลื่อนน้ำหุ้มฉนวนกันความร้อน ทำให้การสูญเสียความร้อนอาจจะลดลงอย่างมาก	4. ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ถึงผลิตไอและคอนเดนเซอร์ ทำให้สูญเสียความร้อนมากแต่ก็เป็นที่ระบายความร้อนด้วยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ
5. ระบบมีขนาดเล็ก ซึ่งประกอบไปด้วยถึงผลิตไอและถึงขับเคลื่อนน้ำ	5. ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสง ขนาด 1 m ² เป็นแหล่งให้ความร้อนเพื่อผลิตไอน้ำ
6. ระบบไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ จึงไม่มีการสึกหรอของอุปกรณ์	6. ระบบไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ จึงไม่มีการสึกหรอของอุปกรณ์
7. สามารถใช้ฮีทเตอร์หรือแหล่งความร้อนอื่นๆ มาเป็นแหล่งผลิตความร้อนที่ป้อนแก่ระบบได้	7. ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงเป็นแหล่งผลิตความร้อนที่ป้อนแก่ระบบ

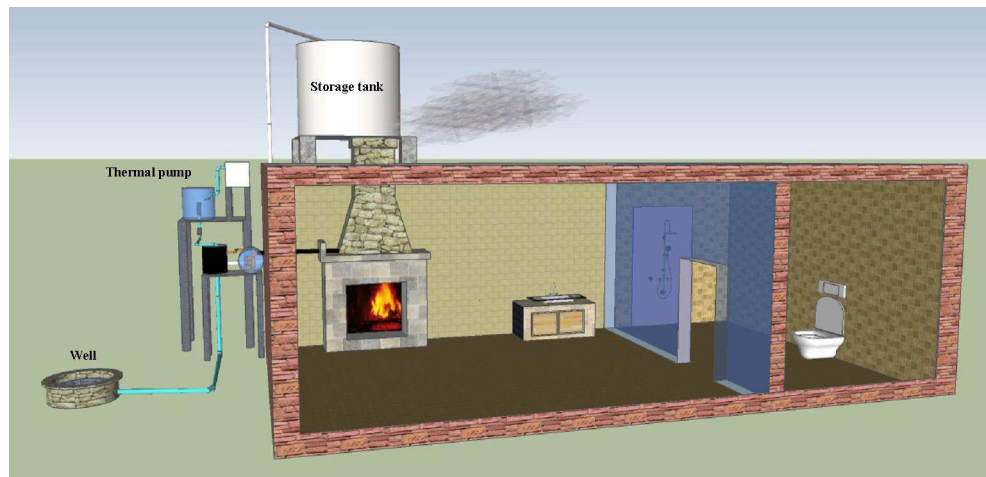
6.11 สรุป

1. ระบบสามารถหมุนเวียนน้ำได้ประมาณ 55 – 200 L ในเวลา 2 hr โดยประสิทธิภาพในการหมุนเวียนน้ำที่ระดับความสูงรวมของระบบ คือ 3, 4.5, 6 และ 7.5 m มีค่าเท่ากับ 0.036, 0.035, 0.037 และ 0.021% ตามลำดับ โดยพลังงานที่ป้อนให้กับระบบเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 21.6 MJ ทุกระดับความสูงรวมในการทดลองนี้
2. ประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกและลดลงหลังจากระดับความสูงรวมที่ 5 m
3. การใช้น้ำหล่อเย็นจากถังเติมน้ำด้านบนที่มีอุณหภูมิต่ำไหลเข้าไปผสมกับไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงภายในขั้วคันทันน้ำเกิดการผสมกันโดยตรง (Direct contact cooling) ทำให้เกิดความดันสูญญากาศอย่างรวดเร็ว
4. น้ำที่ระบบขั้วคันทันออกมามีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 43 – 48°C สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ นอกจากนี้ระบบยังมีข้อดีอีกหลายประการ อาทิเช่น มีหลักการทำงานง่าย ใช้วัสดุน้อยชิ้นจึงง่ายต่อการสร้าง ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะที่ทำงาน เป็นต้น
5. เป็นการนำเสนอรูปแบบของการระบายความร้อนแบบใหม่โดยการใช้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำเข้าไปผสมกับไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงโดยตรง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ความสูงรวมของระบบมีผลต่อ จำนวนรอบการทำงาน ปริมาณน้ำที่ระบบสามารถหมุนเวียนได้ ดังนั้นในการออกแบบระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) เพื่อนำไปใช้งานนั้น จะต้องคำนึงถึงระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบเป็นสำคัญ อีกทั้งมวลไอน้ำภายในถังขั้วคันทันน้ำ และอุณหภูมิของน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน ซึ่งสิ่งที่กล่าวมานี้จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ และอัตราการหมุนเวียนของระบบทั้งสิ้น

6.11.1 การประยุกต์ใช้งานระบบที่ 3 ร่วมกับแหล่งพลังงานความร้อนรูปแบบอื่น

เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ใช้อยู่ให้กับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) สำหรับการศึกษารุ่นนี้ต้องมีอุณหภูมิมากกว่า 100°C ดังนั้นจึงได้มีการนำเสนอการนำระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 3) ไปประยุกต์ใช้กับเตาผิง (Fireplace) เพื่อให้ความอบอุ่นในบ้านพักอาศัย (บ้านพักอาศัยในสถานที่ที่มีอากาศหนาว) ดังแสดงในรูปที่ 6.15 โดยที่อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในเตาผิงประมาณ $140 - 269^{\circ}\text{C}$ [30] ด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากเตาผิงมาเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้อยู่ในระบบได้ และนอกจากนั้นเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานสามารถใช้พลังงานจากชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนเหลือทิ้งได้ ซึ่งยังเป็นอีกเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดภาวะโลกร้อนและลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้อีกด้วย โดยระบบนี้ยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เนื่องจากใช้น้ำเป็นสารทำงานในระบบ



รูปที่ 6.15 การประยุกต์ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนกับบ้านพักอาศัย