บทที่ 8 สรุปและข้อเสนอแนะ

บทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดลองและข้อเสนอแนะสำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนรวมทั้งประสิทธิภาพของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน

8.1 สรุปผล

ในการศึกษาระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนมีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อออกแบบสร้างระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน
2. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อน

8.1.1 ระบบที่ 1

จากการทดลองทำให้ทราบหลักการทำงานของระบบกล่าวคือการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ระบบที่ 1 ในแต่ละรอบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ การให้ความร้อน (Heating stage) การหมุนเวียนน้ำออกจากระบบ (Pumping stage) การสูบน้ำเข้าสู่ระบบ (Suction stage)

ในการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ระบบที่ 1 ได้แบ่งระดับความสูงออกเป็น 2 ระดับ คือ 1 และ 2 m ซึ่งจากการศึกษา พบว่าระบบสามารถทำงานที่อุณหภูมิตัวเก็บรังสีอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 70 – 80^{o}C และความดันไอภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงระหว่าง 10 – 14 kPa ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบมีค่าเท่ากับ 15.7% ประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำระบบมีค่าเท่ากับ 0.0014% อุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำสูงสุดมีค่าเท่ากับ 60^{o}C ค่ารังสีอาทิตย์รวมทั้งวันในช่วงที่ทำการทดลอง เท่ากับ 36.43 MJ และอัตราการหมุนเวียนน้ำตลอดวันมีค่าประมาณ 52.7 L/day ที่ระดับความสูงในการส่งน้ำ 1 m และที่ระดับความสูงในการส่งน้ำ 2 m อุณหภูมิของตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 69 - 85^{o}C ระบบสร้างความดันไอภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงระหว่าง 9 - 17.7 kPa ประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 3.06%, และประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำ เท่ากับ 0.0009% อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำสูงสุด

เท่ากับ 46°C ค่ารังสีอาทิตย์รวมทั้งวันในช่วงที่ทำการทดลอง เท่ากับ 25.92 MJ และอัตราการหมุนเวียนน้ำตลอดวันมีค่าประมาณ 12.4 L/day

โดยตัวแปรที่ส่งผลต่อการทำงานและประสิทธิภาพของระบบคือ ค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ จำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในระบบ ความสูงในการหมุนเวียนน้ำ และอุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน

8.1.2 ระบบที่ 2

จากการทดลองทำให้ทราบหลักการทำงานของระบบกล่าวคือทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน ระบบที่ 2 (ปริมาตรของถังขับดันน้ำ 4 L) ในแต่ละรอบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ การให้ความร้อน (Heating stage) การหมุนเวียนน้ำออกจากระบบ (Water pumping stage) การระบายไอในระบบ (Vapor circulating stage) และการสูบน้ำเข้าสู่ระบบ (Water suction stage)

ในการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนระบบที่ 2 (ปริมาตรของถังขับดันน้ำ 4 L) ได้แบ่งระดับความสูงออกเป็น 3 ระดับ คือที่ระดับความสูงรวม 2, 2.5 และ 3 m พบว่า ระบบนี้ทำงานที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 100 – 105, 100 – 105 และ 100 - 104°C ความดันภายในถังขับดันน้ำสูงสุดช่วง Vacuum pressure มีค่าเท่ากับ -49.8, -52.1 และ -49 kPa โดยในช่วงขั้นตอนการหมุนเวียนน้ำออกจากระบบความดันมีค่าเท่ากับ 10.2 – 19, 10 – 18.4 และ 9 – 18 kPa ตามลำดับ โดยระบบสามารถหมุนเวียนน้ำได้ 88 - 92 L ในเวลา 4 hr โดยพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.9 MJ และประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำของระบบเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.030 - 0.054% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความสูงในการหมุนเวียนน้ำและพลังงานความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ

โดยตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน (ระบบที่ 2) คือ ปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ ระดับความสูงรวมในการหมุนเวียนน้ำของระบบ และอุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน

8.1.3 ระบบที่ 3

จากการทดลองทำให้ทราบหลักการทำงานของระบบกล่าวคือการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน ระบบที่ 3 (ปริมาตรของถังขับดันน้ำ 10

L) ในแต่ละรอบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ การให้ความร้อน (Heating stage) การหมุนเวียนน้ำออกจากระบบหรือช่วงการปั๊ม (Pumping stage) การระบายไอในระบบ (Vapor flow stage) การหล่อเย็น (Cooling stage) และการสูบน้ำ (Water suction stage)

ในการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนระบบที่ 3 (ปริมาตรของถังขับดันน้ำ 10 L) พบว่าระบบสามารถทำงานที่อุณหภูมิประมาณ 100 – 103°C ความดันไอภายในถังขับดันน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง -89 – 20 kPa โดยระบบสามารถหมุนเวียนน้ำได้ประมาณ 55 – 200 L ในเวลา 2 hr โดยพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 21.6 MJ ประสิทธิภาพในการหมุนเวียนน้ำที่ระดับความสูงรวมของระบบ คือ 3, 4.5, 6 และ 7.5 m มีค่าเท่ากับ 0.036, 0.035, 0.037 และ 0.021% ตามลำดับ

โดยตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนคือ พลังงานความร้อนที่ป้อนแก่ระบบ ระดับความสูงในการหมุนเวียนน้ำ และอุณหภูมิน้ำภายในถังเติมน้ำด้านบน

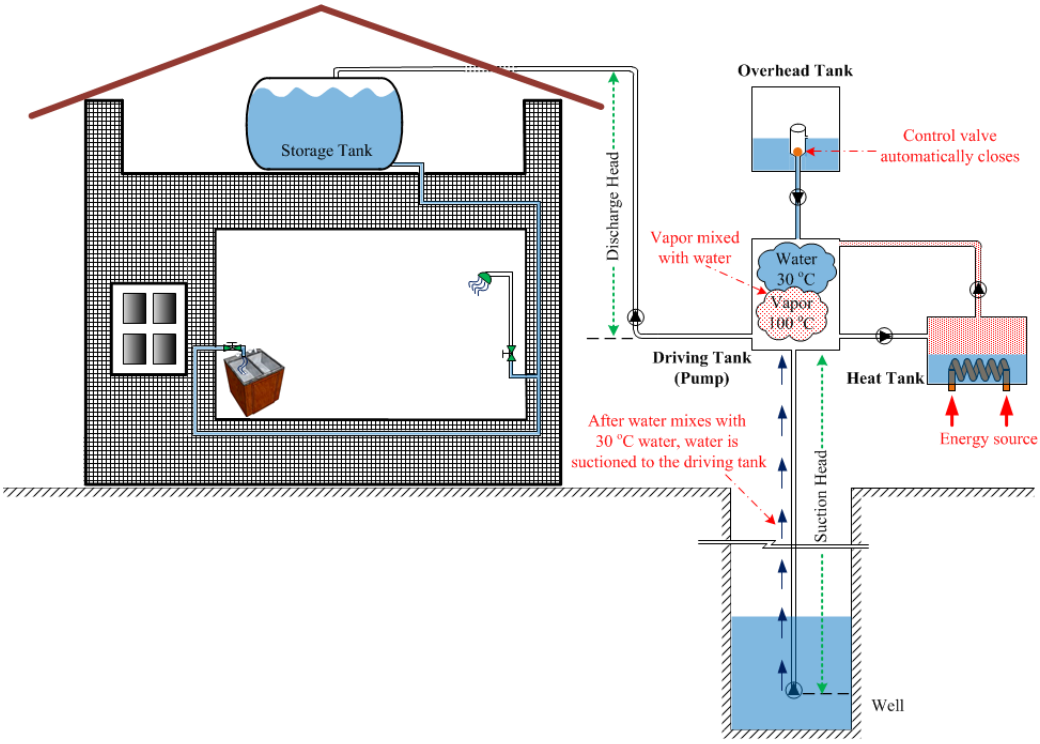
ในส่วนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยเลือกระดับความสูงในการหมุนเวียนน้ำที่ระดับความสูงรวม 2 m โดยผลการศึกษาจากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำและไอน้ำภายในถังผลิตไอระหว่างผลการทดลอง (T_{HT},Ex) และผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (T_{HT},Sim) พบว่า ผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่า $\frac{RMSE}{\overline{X}} \times 100 = 0.66\%$ ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำภายในถังขับดันน้ำระหว่างผลการทดลอง (T_{DT}, Ex) และผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (T_{DT},Sim) พบว่า ผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่า $\frac{RMSE}{\overline{X}} \times 100 = 5\%$ ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความดันไอน้ำภายในถังขับดันระหว่างผลการทดลอง (P_{DT},Ex) และผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (P_{DT},Sim) พบว่า ผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่า $\frac{RMSE}{\overline{X}} \times 100 = 8.01\%$

8.2 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ข้อดีของระบบการหมุนเวียนน้ำแบบนี้ คือ ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนเวียนน้ำ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชนบทหรือสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าได้

2. ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน อุณหภูมิน้ำที่ระบบขับดันออกมามีเฉลี่ยประมาณ 43 – 48°C สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่น ใช้ชำระล้างร่างกาย (อุณหภูมิเหมาะสำหรับใช้ในการอาบ) ใช้ล้างภาชนะต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 8.1 นอกจากนี้ระบบยังมีข้อดีอีกหลายประการ อาทิเช่น มีหลักการทำงานง่าย ใช้วัสดุน้อยชิ้นจึงง่ายต่อการสร้าง ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะทำงาน เป็นต้น

3. สำหรับระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน สามารถใช้ฮีทเตอร์หรือแหล่งความร้อนอื่นๆ มาเป็นแหล่งผลิตความร้อนที่ป้อนแก่ระบบได้ เช่น พลังงานชีวมวล หรือแหล่งพลังงานความร้อนอื่นมาให้แก่ถังผลิตไอได้โดยตรง



รูปที่ 8.1 การประยุกต์ระบบหมุนเวียนน้ำด้วยพลังงานความร้อนกับบ้านพักอาศัย