บทที่ 6
การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง

6.1 การอภิปรายผล

6.1.1 การคำนวณรายวัน (วันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่ง) โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริงจากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองจริงทั้งในวันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่งนั้น (ตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.5) อุณหภูมิของน้ำ พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนต่างกันเล็กน้อย และประสิทธิภาพต่างกันเล็กน้อย 1-4,4-11 และ 1-7 % สาเหตุที่ได้ค่าต่ำกว่าการทดลองจริงอาจเนื่องมาจากในการทดลองจริงนั้นความเร็วลมอาจจะไม่สม่ำเสมอ จะมีลมเพียงบางช่วงเท่านั้น แต่ในการคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้สมมุติให้มีลมตลอดเวลาโดยกำหนดให้มีความเร็วคงที่เท่ากับ 1 m/s และเนื่องจากยังไม่ทราบของไหลใช้งานที่แท้จริง ซึ่งในการคำนวณนั้นสมมุติให้ของไหลใช้งานเป็น freeon 11 นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากข้อผิดพลาดในการทดลองจริงและสมมุติฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเมื่อเพิ่มปริมาตรน้ำอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่ทำได้จะลดลงแต่ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันเมื่อลดปริมาตรน้ำลงอุณหภูมิสูงสุดของน้ำที่ทำได้จะเพิ่มมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพจะลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาตรน้ำมากขึ้น อุณหภูมิน้ำในถังจะต่ำลงซึ่งทำให้มีความร้อนสูญเสียน้อยกว่าในกรณีที่มีปริมาตรน้ำน้อย จึงทำให้ประสิทธิภาพแผงที่มีปริมาตรน้ำในถังน้อย มีค่าสูงกว่าได้

6.1.2 การคำนวณรายเดือนในหนึ่งปี (ตารางที่ 5.7 และกราฟที่ 5.18 ถึง 5.20) จากการคำนวณประสิทธิภาพของแผงและอุณหภูมิของน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเป็นรายเดือน(มกราคม)นั้น พบว่าเมื่อปริมาตรน้ำลดลง อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น และเมื่อปริมาตรของน้ำเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของแผงจะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการคำนวณรายวัน ส่วนในการคำนวณรายปี (ตารางที่ 5.8 และกราฟที่ 5.21 ถึง 5.23) ทั้งอุณหภูมิน้ำที่แผงทำได้สูงสุดและพลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนสูงสุดพบในเดือน มีนาคมเนื่องจากเป็นเดือนที่มีความเข้มแสงสูง(รองจากเดือนกุมภาพันธ์)และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (ambient)มากกว่าเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนอุณหภูมิน้ำแผงที่ทำได้ต่ำสุดและพลังงานความร้อนต่ำสุดที่ถ่ายเทสู่น้ำพบในเดือน ตุลาคมเนื่องจากเป็นเดือนที่มีความเข้มแสงต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าในเดือนพฤษภาคม แผงมีประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากความเข้มแสงน้อยทำให้ความร้อนสูญเสียน้อยและในเดือนกุมภาพันธ์แผงมีประสิทธิภาพต่ำสุดเนื่องจากความเข้มแสงสูงที่สุดแต่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม(ambient)เฉลี่ยน้อยกว่าเดือนมีนาคมทำให้ความร้อนสูญเสียมาก ส่วนผลประหยัดค่าไฟฟ้านั้นจะเห็นว่า เมื่อปริมาตรน้ำมากขึ้นจะประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากขึ้น เดือนที่ประหยัดค่าไฟได้มากที่สุดคือเดือน มีนาคม และต่ำสุดพบในเดือนตุลาคมซึ่งเป็นเดือนที่มี

ความเข้มแสงน้อย สำหรับการปรับแผงรับแสงในมุมเอียงที่ต่างกันตั้งแต่ 0 ถึง 60 องศา(ตารางที่ 5.9-5.11 และกราฟที่ 5.24 ถึง 5.26) พบว่าในแผงทำอุณหภูมิน้ำ ประสิทธิภาพ พลังงานในถังน้ำร้อน ผลประหยัดค่าไฟฟ้าได้สูงสุดที่มุม 0 องศาในเดือนมิถุนายน และ 30 องศาในเดือนตุลาคม สาเหตุเนื่องมาจากในเดือนมิถุนายนที่มุม 0 องศาแผงได้รับความเข้มแสงสูงสุดและเดือนตุลาคมที่มุม 60 องศาแผงได้รับความเข้มแสงสูงสุด ส่วนในเดือนมกราคม แผงทำอุณหภูมิน้ำ พลังงานในถังน้ำร้อน ผลประหยัดค่าไฟฟ้าสูงสุดที่มุม 45 องศา เนื่องจากในเดือนมกราคมแผงได้รับความเข้มแสงสูงสุดที่มุม 45 องศา ส่วนประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่มุม 60 องศาเนื่องมาจากความเข้มแสงน้อยกว่าที่มุม 45 องศาทำให้ความร้อนสูญเสียน้อยกว่า

6.1.3 การคำนวณแผงต่ออนุกรม (กราฟที่ 5.27 ถึง 5.28) โดยเมื่อนำแผงมาต่ออนุกรม 2 แผง อุณหภูมิน้ำสูงสุดที่แผงทำได้จะสูงขึ้นแต่ประสิทธิภาพจะลดต่ำลงเมื่อเทียบกับแผงเดี่ยวเนื่องจากมีความร้อนสูญเสียมาก

6.2 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

6.2.1 สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแบบฮีตไปป์ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีคุณลักษณะดังนี้

6.2.1.1 ประกอบด้วยสมการหลักได้แก่ สมการการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกทั้งสองชั้น จนถึงพื้นผิวฮีตไปป์ (สมการ 4.3) สมการการถ่ายเทความร้อนผ่านฮีตไปป์ (สมการ 4.6) ไปยังน้ำระบายความร้อนและสมการส่วนระบบถังน้ำ (สมการ 4.12)

6.2.1.2 ตัวแปรต้นในสมการได้แก่ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ค่าความเข้มแสง ค่าการส่งผ่าน ค่าการดูดซับ และค่าการสะท้อนแสง

6.2.1.3 ผลลัพธ์ที่ได้คือ อุณหภูมิกระจกชั้นนอกสุด อุณหภูมิกระจกชั้นใน อุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ อุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ของฮีตไปป์เช่นอีวาเพอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิของน้ำในถังสูงสุด ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน พลังงานที่ถ่ายเทสู่น้ำต่อวัน ต่อเดือนและต่อปี

6.2.1.4 แบบจำลองนี้สามารถใช้ได้กับโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายและสะดวก

6.2.1.5 แบบจำลองนี้สามารถนำไปปรับใช้กับโปรแกรมอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้ เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ที่กว้างขวางขึ้นได้อีกด้วย

6.2.1.6 แบบจำลองนี้สามารถใช้ในการทำนายการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพได้

6.2.2 จากการคำนวณรายวันในวันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่งโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริงพบว่า

6.2.2.1 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในวันฟ้าครึ้มเท่ากับ 43.05% และวันฟ้าโปร่งกับ 39.28%

6.2.2.2 อุณหภูมิสูงสุดของน้ำ 87 ลิตรในถังของวันฟ้าครึ้มมีค่าเท่ากับ 36.98 °C ส่วนในวันฟ้าโปร่งมีค่าเท่ากับ 41.15 °C

6.2.2.3 เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการทดลองจริงพบว่าอุณหภูมิน้ำต่างกัน 1-4 % ส่วนค่าอื่น ๆ ได้แก่พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนต่างกัน 4-11% และประสิทธิภาพต่างกัน 1-7%

6.2.3 จากการคำนวณเป็นรายเดือนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นพบว่า

6.2.3.1 ปริมาตรของน้ำลดลง อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น

6.2.3.2 ปริมาตรของน้ำเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของแผงรับแสงจะเพิ่มขึ้น

6.2.3.3 ทั้งอุณหภูมิที่แผงรับแสงทำได้สูงสุด และพลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนสูงสุดพบในเดือนมีนาคม

6.2.3.4 อุณหภูมิน้ำที่แผงรับแสงทำได้ต่ำสุดและพลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนต่ำสุดเดือนตุลาคม

6.2.3.5 แผงรับแสงมีประสิทธิภาพสูงสุดที่เดือนพฤษภาคม

6.2.3.6 แผงรับแสงมีประสิทธิภาพต่ำสุดที่เดือนกุมภาพันธ์

6.2.3.7 เมื่อปริมาตรน้ำมากจะประหยัดค่าไฟได้มาก โดยเดือนที่ประหยัดไฟมากที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์ และประหยัดไฟน้อยที่สุดคือเดือนพฤษภาคม

6.2.3.8 เมื่อปรับแผงรับแสงในมุมเอียงที่ต่างกันพบว่าในเดือนมกราคมที่มุมเอียงของแผง 45 องศาจะให้ อุณหภูมิน้ำสูงสุด พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนสูงสุดส่วนประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่มุมเอียงของแผง 60 องศา ส่วนเดือนมิถุนายนและตุลาคมที่มุมเอียงของแผง 0 องศาและ 30 องศาจะให้ อุณหภูมิน้ำสูงสุด พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนสูงสุดและประสิทธิภาพสูงสุด

6.2.4 เมื่อนำแผงมาต่ออนุกรม 2 แผงอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่แผงทำได้จะสูงขึ้นแต่ประสิทธิภาพจะลดต่ำลง

6.2.5 สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและผลจากการนำแบบจำลองนี้ไปคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อ

6.2.5.1 ประยุกต์ในการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแบบฮีตไปป์ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับปรุง พัฒนาและต่อยอดได้หลายแนวทางดังต่อไปนี้

1. ปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยลดสมมุติฐาน เช่นในกรณีของความเร็วลมคงที่ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น
2. นำผลการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์การออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแบบฮีตไปป์ เพื่อใช้ในการผลิตอุปกรณ์สำหรับเชิงพาณิชย์ต่อไป
3. ปรับแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น
4. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยที่ใช้แผงรับแบบอื่น ๆ
5. นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปใช้กับสภาวะของประเทศอื่น ๆ นอกจากประเทศไทย เช่น ลาว เวียดนามและกัมพูชา เป็นต้น เพื่อการนำไปประยุกต์ในการออกแบบอุปกรณ์ ของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแสงแบบฮีตไปป์สำหรับประเทศเหล่านี้ต่อไป