

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการสร้างชุดที่สามารถแสดงลักษณะการทำงานจริงของระบบผลิตน้ำแข็งโดยใช้ฮีวาปอเรเตอร์แบบสัณผัสโดยตรง (Demonstration unit) และศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะนำเอาฮีวาปอเรเตอร์แบบสัณผัสโดยตรงมาใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศ โดยโครงการวิจัยนี้ได้แบ่งระบบออกเป็น 3 วงจรการทำงานคือ วงจรผลิตน้ำแข็ง วงจรผลิตน้ำเย็น และวงจรปรับอากาศ โดยประกอบด้วยวงจรสารทำความเย็น 2 วงจรคือ วงจรผลิตน้ำเย็นและวงจรผลิตน้ำแข็ง โดยทำการศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและสมรรถนะของระบบปรับอากาศโดยใช้ฮีวาปอเรเตอร์แบบสัณผัสโดยตรง เมื่อมีการใช้งานจริง ได้ผลดังนี้คือ

5.1.1 วงจรผลิตน้ำแข็ง

วงจรผลิตน้ำแข็ง หลังจากที่ได้ทำการทดลองระบบวงจรผลิตน้ำแข็ง เพื่อทำการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์หลักแต่ละตัวของวงจรผลิตน้ำแข็ง จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ พบว่าค่าสมรรถนะ (COP) ของระบบจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของสารทำความเย็นและขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ อัตราการไหลของสารทำความเย็น จะส่งผลต่อสมรรถนะของระบบกล่าวคือ สมรรถนะของระบบจะมีค่าสูงประมาณ 3.5 ที่ค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นโดยประมาณ 0.055 กิโลกรัมต่อวินาที ที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ 9.5 รอบต่อวินาที ซึ่งจะเป็นค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมที่ทำให้สมรรถนะของระบบสูง โดยถ้าอัตราการไหลของสารทำความเย็นสูงเกินไป ก็จะทำให้ค่าสมรรถนะของระบบต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากต้องใช้กำลังงานในการอัดสารทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์มากขึ้น ส่วนความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์จะส่งผลต่อสมรรถนะของระบบกล่าวคือ ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่เหมาะสม ที่จะทำให้สมรรถนะของระบบให้สูงขึ้นนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศภายนอกที่มีระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ด้วย คือสมรรถนะของระบบวงจรผลิตน้ำแข็งจะสูงขึ้น เมื่อทำการลดความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ให้ต่ำลง อย่างไรก็ตามที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่ต่ำเกินไป จะทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ต่ำด้วย ซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการควบแน่นของสารทำความเย็น ถ้าอุณหภูมิของอากาศภายนอกที่

เข้ามาระบายความร้อนภายในคอนเดนเซอร์มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์

5.1.2 วงจรผลิตน้ำเย็น

วงจรผลิตน้ำเย็น จากการทดสอบเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์หลักแต่ละตัวของวงจรผลิตน้ำเย็น จากนั้นได้ทำการศึกษาเชิงสมรรถนะของระบบ พบว่าค่าสมรรถนะของระบบวงจรผลิตน้ำเย็นของโครงการวิจัยนี้มีค่าสูงโดยประมาณ 2.91 จากการศึกษาสมรรถนะของระบบวงจรผลิตน้ำเย็น พบว่าจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของสารทำความเย็นเช่นเดียวกับระบบวงจรผลิตน้ำแข็ง โดยค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ 0.066-0.088 กิโลกรัมต่อวินาที ซึ่งจะทำให้ค่าสมรรถนะของระบบสูง โดยค่าสมรรถนะจะต่ำ เมื่ออัตราการไหลของสารทำความเย็นต่ำ เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนที่อิวาปอเรเตอร์ต่ำ

5.1.3 วงจรปรับสภาวะอากาศ

วงจรปรับสภาวะอากาศ ซึ่งประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของวงจรน้ำเย็นของระบบวงจรผลิตน้ำเย็นและระบบวงจรผลิตน้ำแข็งใช้อิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงกล่าวคือ วงจรผลิตน้ำเย็น เป็นวงจรหลักในการปรับสภาวะอากาศ (Base chiller) โดยมีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 5 ตันความเย็นและวงจรผลิตน้ำแข็งใช้อิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้เสริม ซึ่งมีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 2 ตันความเย็น มาใช้ในการผลิตน้ำแข็ง (Ice charge) กรณีที่มีการระความร้อนของห้องเกินความสามารถที่ซิลเลอร์ของวงจรผลิตน้ำเย็นจะให้ได้ โดยจะทำการเปิดวาล์วให้น้ำเย็นจากซิลเลอร์ไหลเข้าไปในอิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง เพื่อทำการละลายน้ำแข็ง (Ice discharge) ก่อนจะมีน้ำเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็นให้เพียงพอต่อการระความร้อนของห้องโดยทำการควบคุมภาระทั้งหมดด้วยมือ จากแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการใช้อิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงร่วมกับระบบปรับสภาวะอากาศ พบว่าซึ่งราคาในการดำเนินการทางไฟฟ้า (Electric cost) ซึ่งประกอบด้วยค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand charge) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy charge) ต่ำลง โดยจะเห็นได้ชัดว่าเมื่อมีการแบ่งภาระความร้อนมาให้อิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมากขึ้นแล้ว ก็จะทำให้ราคาค่าดำเนินการต่ำลงเรื่อยๆ เนื่องจากว่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบซิลเลอร์ผลิตน้ำเย็นน้อยลง แต่เมื่อทำการเพิ่มภาระความร้อนให้อิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในการผลิตน้ำแข็งในอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าโดยประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ของภาระความร้อนทั้งหมด จะส่งผลทำให้ราคาในการดำเนินการทางไฟฟ้าสูงขึ้นทันที ทั้งนี้เนื่องจากว่าระบบวงจรผลิตน้ำแข็งใช้อิวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในการผลิตน้ำแข็งนั้น ไม่สามารถผลิตน้ำแข็งได้ทันภายในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด จึงต้องเสียค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าภายในช่วงเวลาที่เกินของช่วงการคิดค่าไฟฟ้าในอัตราที่สูง โดยสามารถ

ประหยัดราคาค่าดำเนินการได้มากประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ของการใช้ระบบผลิตน้ำเย็นหรือซิลเลอร์น้ำเย็นเพียงอย่างเดียวในการปรับอากาศ และพบว่าเมื่อมีการใช้อีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงร่วมกับซิลเลอร์ในการปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานที่คอมเพรสเซอร์ใช้ได้มากกว่าเมื่อมีการใช้ซิลเลอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากว่าสมรรถนะ COP ของระบบวงจรผลิตน้ำแข็งของอีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงสูง แต่เมื่อมีการแบ่งภาระความร้อนให้อีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในการปรับอากาศในอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของภาระความร้อนที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับซิลเลอร์ จะทำให้พลังงานที่คอมเพรสเซอร์ต้องใช้ในการผลิตน้ำแข็งภายในอีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมากขึ้นและส่งผลกระทบต่อพลังงานที่คอมเพรสเซอร์ใช้ในการปรับอากาศ เมื่อมีการใช้อีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงร่วมกับซิลเลอร์มากกว่าพลังงานที่คอมเพรสเซอร์ใช้ เมื่อมีการใช้ซิลเลอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากว่าอัตราการการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์จะสูงกว่าอัตราการลดลงของการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์ของซิลเลอร์น้ำเย็น เมื่อมีการแบ่งภาระความร้อนให้อีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง ในอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับซิลเลอร์น้ำเย็น

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 วงจรผลิตน้ำแข็ง

ก. ความดันและสารทำความเย็น เนื่องจากระบบวงจรผลิตน้ำแข็งโดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรงคือ ทำการฉีดสารทำความเย็นเข้าไปถึงความร้อนออกจากน้ำโดยตรงเพื่อทำการผลิตน้ำแข็งภายในถังอีวาพอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงหรือถังน้ำแข็ง มาใช้ร่วมในการปรับสภาพอากาศ ดังนั้นความดันภายในถังน้ำแข็งจะมีความดันสูงและสารทำความเย็นที่ใช้ควรจะใช้สารที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้น้อยที่สุด เพื่อที่จะทำให้คุณสมบัติของสารทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์จะดูดกลับมาระบายความร้อนและทำการฉีดสารทำความเย็นในสถานะของเหลวเพื่อดึงความร้อนจากน้ำในการผลิตน้ำแข็งไม่เปลี่ยนแปลง

ข. ความชื้น กล่าวคือ เกิดความชื้นขึ้นภายในระบบสารทำความเย็น เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง กล่าวคือเมื่อสารทำความเย็นถูกฉีดลงไปถึงความร้อนจากน้ำในสถานะของเหลวได้กลายเป็นไอ จากนั้นคอมเพรสเซอร์ก็จะดึงไอของสารทำความเย็นมาระบายความร้อน แล้วกลับไปฉีดในสถานะของเหลวอีกครั้งหนึ่ง แต่สารทำความเย็นที่ถูกคอมเพรสเซอร์ดึงกลับในสถานะไอนั้นได้ผสมกับไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในถังทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบสารทำความเย็นเกิดความเสียหายเนื่องจากความชื้น และเมื่อทำการทดลองต่อไปในหลายครั้งความชื้นที่เกิดขึ้น จะรวมตัวและควบแน่นเป็นน้ำภายในระบบวงจรสารทำความเย็น ซึ่งจะก่อให้เกิดการอุดตันที่หัวฉีดของสารทำความเย็นภายในถังน้ำแข็งหลังจากผ่านวาล์วขยายตัว เนื่องจาก

น้ำได้กลายเป็นน้ำแข็งบริเวณหัวฉีด แนวทางในการบรรเทาปัญหาดังกล่าวคือ อาจจะใช้อุปกรณ์ดูดความชื้นที่มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้นมาทำการดึงความชื้นภายในระบบสารทำความเย็นออกหรืออาจใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมาทำการคักไอน้ำบางส่วนที่ผสมมากับไอสารทำความเย็นที่จะออกจากถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

5.2.2 วงจรผลิตน้ำเย็น

วงจรผลิตน้ำเย็นของโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยซิลเลอร์น้ำเย็นที่มีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 5 ตันความเย็น ซึ่งเป็นวงจรหลักในการปรับสภาวะอากาศ (Base chiller) ซึ่งถ้าต้องการที่จะทำการปรับเปลี่ยนภาระความเย็นที่ต้องการจากคอมเพรสเซอร์ให้มีขนาดเล็กลง ก็อาจใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 7 แรงม้า มาทำการลดความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ เพื่อที่จะสามารถควบคุมภาระความเย็นของวงจรหลักในการปรับสภาวะอากาศได้

5.2.3 วงจรปรับสภาวะอากาศ

เมื่อมีการนำเอาน้ำแข็งภายในถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้ร่วมกับระบบปรับสภาวะอากาศ พบว่าเมื่อทำการเปิดวาล์วให้น้ำเย็นไหลเข้าถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงแล้ว อุณหภูมิของน้ำที่จะเข้าเครื่องส่งลมเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงและจะต่ำเกินที่จะใช้ปรับสภาวะอากาศ ในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จะเข้าเครื่องส่งลมเย็นต่ำเกินไป โดยจะทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำบริเวณเครื่องส่งลมเย็นมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดความชื้นที่สูงขึ้นตามมาภายในห้องปรับสภาวะอากาศ แนวทางในการแก้ไขอาจจะต้องมีการพัฒนาระบบ โดยการบายพาสวาล์วเพื่อทำการควบคุมปริมาณน้ำที่จะเข้าถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงตามภาระความร้อนที่ระบบวงจรผลิตน้ำเย็น ซึ่งเป็นวงจรหลักจะสามารถทำได้ในแต่ละช่วงเวลาและจากการเปิดวาล์วให้น้ำไหลเข้าไปในถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง แล้วทำการปั้มน้ำขึ้นไปเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับลมภายในเครื่องส่งลมเย็น ปรากฏว่าเกิดการอุดตันภายในท่อในช่วงแรก เนื่องจากลักษณะน้ำแข็งที่ผลิตได้มีลักษณะเล็กรวมตัวกันไปอุดภายในท่อขาดูดของปั้มน้ำเย็น แนวทางแก้ไขควรเดินระบบท่อน้ำเย็นให้ต่ำกว่าชั้นน้ำแข็งที่เกิดขึ้น ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือก่อนที่จะทำการเดินระบบน้ำเย็นเข้าไปในถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในการปรับอากาศนั้น ต้องทำให้ความดันภายในถังอีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงเป็นความดันบรรยากาศก่อน มิฉะนั้นปั้มจะไม่สามารถที่จะทำงานได้ โดยจะทำการดึงไอสารทำความเย็นภายในถังน้ำแข็งออกมาเก็บไว้ในถังน้ำยาเสียก่อน

สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละวงจรควรจะมีการศึกษาหาวิธีที่จะแก้ไขให้ได้อย่างแท้จริงก่อนที่จะทำการพัฒนาระบบผลิตน้ำแข็งโดยใช้อีวาपोเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง ที่ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรงมาใช้ร่วมในการปรับสภาวะอากาศ เนื่องจากว่าปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะปรากฏอย่างเด่นชัดและจะก่อความเสียหายมากขึ้นได้ เมื่อมีการเพิ่มขนาดการทำความเย็น