บทที่ 6
บทสรุป

เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนจัดเป็นอุปกรณ์แปรรูปพลังงานทางเลือกที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน ทั้งเพื่อใช้งานในการผลิตไฟฟ้าในครัวเรือนและการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนมีอุณหภูมิทำงานต่ำและมีการตอบสนองที่ไว มีความหลากหลายของแหล่งเชื้อเพลิงแก๊สไฮโดรเจน มีประสิทธิภาพสูง มีส่วนประกอบน้อยชิ้นและขณะทำงานมีเสียงที่เบา แต่การใช้งานเซลล์เชื้อเพลิงให้เกิดประสิทธิภาพนั้น เซลล์เชื้อเพลิงจำเป็นที่จะทำงานภายใต้อากาศป้อนที่มีความชื้นสูงเพราะเมมเบรนของเซลล์เชื้อเพลิงที่มีใช้ในปัจจุบันจะต้องทำงานภายใต้ความชื้นที่เพียงพอ หากปริมาณความชื้นภายในเมมเบรนมีปริมาณน้อยเกินไปจะทำให้ ionic resistance มีค่าเพิ่มขึ้นและส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าลดต่ำลงเนื่องจาก ohmic loss แต่หากปริมาณความชื้นภายในเมมเบรนมีค่าสูงเกินไปหรือในภายในเซลล์นั้นมีปริมาณน้ำมากเกินกว่าความต้องการของเซลล์จะทำให้การเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีลดลงเนื่องจากน้ำไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของตัวทำปฏิกิริยา(reactant) โดยสรุปแล้ว ปริมาณน้ำภายในเซลล์เชื้อเพลิงจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก จากผลงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศป้อนที่เหมาะสมในการทดสอบบนแท่นทดสอบ พบว่าเซลล์แถวจะทำงานได้ดีเมื่ออากาศป้อนมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 50% และจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ราว 60% - 70% ขึ้นอยู่กับชนิดของเมมเบรนและสภาวะในการทำงานที่แตกต่างกันออกไป จากข้อมูลดังกล่าวจะสอดคล้องกับระบบเซลล์เชื้อเพลิงสำหรับศึกษาและพัฒนาไปใช้ในยานยนต์ที่มีอยู่ในท้องตลาดที่มักจะพบว่าทำการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความชื้นร่วมอยู่ด้วยเสมอ เพื่อให้เซลล์แถวได้รับความชื้นที่สูงขึ้นจากระดับที่มีในอากาศแวดล้อม อุปกรณ์เพิ่มความชื้นแบบเมมเบรนหรือ membrane humidifier หรือ membrane humidifier exchanger (MHX) ได้รับความนิยมในการใช้งานภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ เนื่องจาก มีน้ำหนักเบา ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่และเกิดการสูญเสียแรงดันในระดับที่ยอมรับได้ แต่ข้อเสียคือราคาของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นนั้นอาจสูงถึง 20% ของอุปกรณ์เสริมทั้งหมดภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิง แล้วยังทำให้ระบบมีน้ำหนักและความซับซ้อนเพิ่มขึ้น และในบางกรณีอุปกรณ์เพิ่มความชื้นดังกล่าวอาจส่งผลให้เมมเบรนเสียหายเนื่องจากน้ำท่วมภายในเซลล์ จากเหตุผลที่กล่าวมา ทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยว่า หากระบบเซลล์เชื้อเพลิงทำงานภายใต้อากาศแวดล้อมความชื้นสูง จะมีความเป็นไปได้ที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงจะทำงานได้โดยไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นหรือไม่ และในกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความชื้นแบบเมมเบรนเข้าไปกับระบบเซลล์เชื้อเพลิง การทำงานและสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร การทดสอบนี้จึงมุ่งหวังที่จะ

ศึกษาผลของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่มีต่อเซลล์เชื้อเพลิงว่าเมื่ออากาศป้อนไหลผ่านอุปกรณ์อากาศจะมีอุณหภูมิและปริมาณน้ำในอากาศเปลี่ยนไปอย่างไรและการเปลี่ยนแปลงของอากาศส่งผกระทบต่อสมรรถนะในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง การบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจนและการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมอย่างไร

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane Power Module) ที่สามารถผลิตและจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุดถึง 1.2 kW ระบบเซลล์เชื้อเพลิงประกอบไปด้วยเซลล์แถว (stack) ระบบป้อนอากาศและเชื้อเพลิง ระบบระบายความร้อน ระบบแสดงการทำงานพร้อมบันทึกผลการทำงานและระบบควบคุมการทำงาน ระบบย่อยทั้งหมดนี้ประกอบรวมเป็นลักษณะโมดูลที่เคลื่อนย้ายหรือนำไปติดตั้งในยานยนต์ได้โดยสะดวก กำลังไฟฟ้าที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงผลิตได้ทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหลักจะใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ภาระทางไฟฟ้าและส่วนรองจะถูกนำมาจ่ายให้แก่อุปกรณ์เสริม (Auxiliary unit) ภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิง เช่น คอมเพรสเซอร์ อุปกรณ์เพิ่มความชื้น พัดลมระบายความร้อน แผงควบคุมวงจร เป็นต้น ซึ่งจำเป็นเพื่อให้ระบบเซลล์เชื้อเพลิงดังกล่าวสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ภายในระบบป้อนอากาศมีอุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณน้ำแก่อากาศป้อนที่ไหลผ่าน การทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นนี้จึงกระทำ ณ สภาวะอากาศทดสอบที่อุณหภูมิคงที่และปริมาณน้ำคงที่เพื่อที่จะทราบผลของอุณหภูมิและปริมาณน้ำว่าส่งผลต่อการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงอย่างไร โดยออกแบบการทดสอบให้เป็นสองส่วนด้วยกัน ส่วนแรกจะทำการทดสอบที่อุณหภูมิอากาศป้อนคงที่ ที่ 25, 30 และ 35°C และส่วนที่สองทำการทดสอบที่ปริมาณน้ำภายในอากาศแวดล้อมคงที่ที่ 0.012, 0.014 และ 0.016 $g_{water}/g_{dry\ air}$ การทดสอบจะกระทำภายในห้องควบคุมสภาวะอากาศที่ออกแบบให้ควบคุมอุณหภูมิและปริมาณน้ำในอากาศได้

จากการทดสอบทำให้ทราบว่า ในระหว่างที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงทำงาน ระบบจะไม่ได้อยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) ตลอดเวลา ทั้งในส่วนของ การเริ่มทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าถึงสองแหล่ง การเพิ่มขึ้นของการบริโภคกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ที่ไม่คงที่ การไล่น้ำที่มักจะพบขณะเซลล์เชื้อเพลิงจ่ายภาระสูงและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำงานของเซลล์แถวที่มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการทำงาน การที่จะศึกษาผลการทำงานของระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่อยู่ในภาวะคงตัว ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยจะเลือกเก็บข้อมูลจากช่วงที่อุณหภูมิทำงานของเซลล์แถวมีค่าคงตัวมาวิเคราะห์การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงทั้งกรณีที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

ผลการทดสอบการงานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้น พบว่า อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถเพิ่มได้ทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำในอากาศป้อน โดยใช้อากาศขาทิ้งจากเซลล์เชื้อเพลิงส่งผ่านเข้าอุปกรณ์เพื่อจ่ายความร้อนและน้ำให้แก่อากาศป้อน ผลอุณหภูมิของอากาศป้อนมีค่าเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์โดยแปรผันตรงกับอุณหภูมิของอากาศขาทิ้งที่เพิ่มขึ้นตามค่าภาระทางไฟฟ้า และผลของปริมาณน้ำในอากาศที่เพิ่มขึ้นในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถวัดปริมาณน้ำของอากาศป้อนที่เพิ่มขึ้นขณะเซลล์เชื้อเพลิงทำงานได้ เนื่องจากปัญหาด้านความเหมาะสมของเซนเซอร์ อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้พยายามที่จะศึกษาความสามารถในการเพิ่มน้ำแก่อากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์เพิ่มชื้นและได้ผลว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีเมมเบรนที่สามารถกักเก็บความชื้นไว้ได้ดีมากและอุปกรณ์สามารถจ่ายน้ำให้แก่อากาศที่ไหลผ่านได้โดยไม่จำเป็นต้องมีอากาศขาจ่ายมาป้อนน้ำแก่เมมเบรนเป็นเวลามากกว่าครึ่งชั่วโมง โดยสรุป อุปกรณ์ดังกล่าวมีความสามารถในการเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณน้ำแก่อากาศป้อนสูง

ผลการทดสอบด้านสมรรถนะเซลล์เชื้อเพลิง แบ่งการเปรียบเทียบกรณีที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นออกเป็น 3 ประเด็นด้วยกัน ได้แก่ การบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน สมรรถนะของเซลล์แถวผ่าน Polarization curve และการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริม

ผลการเปรียบเทียบการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน พบว่า ณ อุณหภูมิห้องเป็น 25°C การบริโภคไฮโดรเจนมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน แต่การบริโภคเชื้อเพลิงของทั้งสองกรณีเริ่มมีความแตกต่างมากขึ้นตามอุณหภูมิห้องที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิห้องเป็น 30°C กรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะบริโภคไฮโดรเจนมากกว่ากรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น เห็นความแตกต่างได้ชัดเมื่อภาระสูงขึ้นและแตกต่างกันกว่า 10% ที่ภาระ 800 วัตต์ ในทุกๆระดับความชื้นที่ทดสอบ และที่อุณหภูมิห้องเป็น 35°C ความแตกต่างของการบริโภคไฮโดรเจนระหว่างทั้งสองกรณีชัดเจนขึ้น โดยกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะบริโภคไฮโดรเจนมากกว่ากรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นทุกปริมาณน้ำในอากาศที่ทดสอบและมีค่าแตกต่างสูงสุดถึง 15% ที่ 700 วัตต์ ณ ปริมาณน้ำในอากาศทดสอบเป็น 0.016 g/g จากผลการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจนดังแสดง จึงทำให้ทราบว่าที่อุณหภูมิอากาศสูงปริมาณน้ำในอากาศจะมีผลต่อการบริโภคไฮโดรเจนของเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น โดยเมื่อปริมาณน้ำในอากาศลดลงการบริโภคไฮโดรเจนจะสูงขึ้น แต่กรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น การบริโภคเชื้อเพลิงจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละระดับความชื้น ทุกระดับอุณหภูมิทดสอบ ผลการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจนของกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่มีค่าการบริโภคมากกว่ากรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นเมื่ออุณหภูมิอากาศป้อนสูงขึ้น

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงวิเคราะห์จากกราฟ Polarization curve ที่เขียนเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แถวกับค่า Current density เซลล์เชื้อเพลิงทั้งสองกรณีมีสมรรถนะที่ใกล้เคียงกันที่ทุกปริมาณน้ำในอากาศ เมื่อต้องทำงานภายใต้อากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 25°C ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แถวอยู่ในช่วง 30-40 โวลท์ สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิอากาศ 30°C ของกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นมีค่าที่ต่ำกว่ากรณีที่ใช้ โดยในช่วงที่ Current density มีค่าต่ำสมรรถนะของทุกกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อทดสอบที่ภาระสูงขึ้น Current density สูงขึ้น สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นมีค่าตกลงที่ทุกปริมาณความชื้นในอากาศ ที่ภาระ 800 วัตต์ ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเพียง 27 โวลต์ ณ Current density 304 mA/cm2 และเมื่อพิจารณาเฉพาะกรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น พบว่า ที่อากาศ 30°C สมรรถนะของกรณีที่มีปริมาณน้ำ 0.016 g/g มีค่าดีที่สุด สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อทำงานที่อุณหภูมิอากาศ 35°C กรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นมีสมรรถนะที่สูงและมีค่าใกล้เคียงกันในทุกปริมาณความชื้น แต่เซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นกลับมีสมรรถนะที่ต่ำมาก สำหรับกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่อากาศอุณหภูมิ 35°C ขณะเซลล์เชื้อเพลิงรับภาระสูง เซลล์เชื้อเพลิงจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ต่ำกว่าขณะที่ทดสอบ ณ อากาศอุณหภูมิ 25°C และ 30°C สูงและเซลล์เชื้อเพลิงไม่สามารถทำการทดสอบได้ทุกภาระที่ออกแบบการทดสอบไว้ เนื่องจากที่ภาระสูงแรงดันไฟฟ้าบางกรณีจะมีค่าต่ำกว่าที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงกำหนดไว้ ทำให้ระบบหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อพิจารณาทุกสภาวะอากาศที่เซลล์เชื้อเพลิงไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นผลของปริมาณน้ำในอากาศที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำจะส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีที่ดีขึ้น และเมื่อทำการทดสอบผลของอุณหภูมิอากาศต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงโดยเพิ่มอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการทดสอบจาก 25°C เป็น 30°C และ 35°C ตามลำดับ ณ ปริมาณน้ำในอากาศเท่ากัน พบว่า สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงลดลงเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น โดยสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงจะมีค่าดีที่อุณหภูมิสูงและมีสมรรถนะที่ดีที่สุดที่อุณหภูมิอากาศเป็น 35°C ปริมาณน้ำในอากาศ 0.016 g/g แล้วสมรรถนะที่อุณหภูมิต่ำลงมาเป็น 30°C และ 25°C จะมีสมรรถนะลดลงมาตามลำดับ การที่สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นได้สมรรถนะที่ดี ณ อุณหภูมิอากาศสูง เนื่องจาก อากาศที่อุณหภูมิสูงจะรับน้ำจากอุปกรณ์เพิ่มความชื้นได้ดียิ่งกว่าอากาศที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เมมเบรนได้รับน้ำมากขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงดีขึ้นตามไปด้วย

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความชื้นเข้ากับระบบป้อนอากาศของเซลล์เชื้อเพลิง เซลล์เชื้อเพลิงจะมีเสถียรภาพสูงและมีสมรรถนะที่ดีในทุกสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิและปริมาณน้ำในอากาศอยู่

ในช่วง 25-35°C และ 0.012-0.016 g/g ตามลำดับ โดยสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิในอากาศมีค่าสูงขึ้น แต่ในทางกลับกันเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะมีสมรรถนะที่ลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศป้อนเพิ่มขึ้น

ผลการเปรียบเทียบการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมคำนวณจากผลต่างของกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แถวผลิตได้กับภาระที่จ่ายให้แก่ระบบเซลล์เชื้อเพลิง จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิอากาศเป็น 25°C พบว่า เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความชื้นแบบเมมเบรนเข้าไปในระบบ ค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมทั้งหมดจะขยับตัวเพิ่มขึ้นในทุกๆ ภาระการทดสอบ โดยจะมีค่าต่างกันสูงสุดถึง 10 วัตต์ หรือ 6.73% ที่ปริมาณน้ำในอากาศเป็น 0.016 g/g การบริโภคกำลังไฟฟ้าเสริมของทั้งสองกรณี ณ อุณหภูมิอากาศมีค่าเป็น 30°C ยังคงมีค่าแตกต่างกันเด่นชัดเหมือนผลการทดสอบที่อุณหภูมิอากาศ 25°C เพียงแต่ในช่วงที่ภาระสูงกว่า 500 วัตต์ ความแตกต่างของการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมมีค่าแคบลง จากความแตกต่างสูงสุด ณ ภาระ 500 วัตต์ที่มีค่าแตกต่างกัน 6 วัตต์ หรือ 6.77% เมื่อทดสอบที่ภาระ 800 วัตต์ จะมีค่าความแตกต่างของทั้งสองกรณีเพียง 4 วัตต์ หรือ 2.48% และ ณ อากาศอุณหภูมิ 35°C ในช่วงภาระต่ำ กรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นยังคงมีค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมต่ำว่ากรณีที่ใช้ และเมื่อภาระสูงกว่า 500 วัตต์ การบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมของกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นและเริ่มมีค่าสูงกว่ากรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่ภาระ 600 วัตต์ขึ้นไป จากผลของการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมของเซลล์เชื้อเพลิง ทำให้ทราบว่า การไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นสามารถลดภาระของระบบเซลล์เชื้อเพลิงได้จริง เนื่องจาก การใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นก่อให้เกิดการสูญเสียภายในอุปกรณ์และภายในท่อที่ยาวเพิ่มขึ้น ระบบที่ซับซ้อนขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเซลล์เชื้อเพลิงต้องทำงานภายใต้สภาวะอากาศที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่ปริมาณน้ำในอากาศเท่าเดิมการไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะส่งผลเสียต่อการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริม ผลที่ได้นี้ สอดคล้องกันกับการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่ขยับตัวสูงขึ้นเมื่อทดสอบที่อากาศอุณหภูมิสูงขึ้นแต่ปริมาณน้ำในอากาศเท่าเดิม ระบบควบคุมและป้อนก๊าซไฮโดรเจนจึงต้องบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นกลายเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้น การไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจึงส่งผลดีให้ค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมลดต่ำลงเฉพาะบางสภาวะอากาศเท่านั้น จึงไม่สามารถจัดว่าการไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะช่วยลดการสูญเสียได้

จากค่าการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน Polarization Curve และค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริม ที่ได้กล่าวไปแล้วจะพบว่า เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้และไม่ใช้มีสมรรถนะที่แตกต่างกัน

โดยรวมแล้วค่าการบริโภคไฮโดรเจนของกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะสูงกว่ากรณีที่ใช้เมื่อทดสอบที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูง และในส่วนของ Polarization curve เซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะมีสมรรถนะที่ต่ำลงที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงเช่นกัน แต่ในทางกลับกันกรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะส่งผลให้ค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมของเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้น การจะวิเคราะห์สมรรถนะของระบบเซลล์เชื้อเพลิงสำหรับงานวิจัยนี้จึงทำการวิเคราะห์สมรรถนะของทั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิง โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงจากการเทียบค่าภาระทางไฟฟ้ากับพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงไฮโดรเจน การคำนวณพลังงานจากเชื้อเพลิงจะคำนวณจากปริมาณไฮโดรเจนคูณกับค่าความร้อนต่ำของไฮโดรเจน (LHV)

ผลประสิทธิภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิอากาศ 25°C พบว่า ประสิทธิภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะมีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่ใช้เล็กน้อย โดยทั้งสองกรณีจะมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ภาระ 300 วัตต์ ระบบที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นมีค่าประสิทธิภาพเป็น 53.6% และระบบที่ใช้มีค่าประสิทธิภาพเป็น 52% แล้วยังพบว่าประสิทธิภาพของระบบทั้งสองกรณีจะมีค่าต่ำเมื่อภาระเป็น 100 วัตต์แล้วเพิ่มขึ้นจนประสิทธิภาพระบบสูงสูดที่ 300 วัตต์ จากนั้นประสิทธิภาพจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อภาระเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงทั้งสองกรณีที่อุณหภูมิอากาศ 30°C มีลักษณะคล้ายคลึงกับกรณีที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงทำงานที่อากาศแวดล้อม 25°C แต่พบข้อแตกต่างที่ภาระสูง ประสิทธิภาพระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะลดลงจนมีค่าต่ำสุดที่ 42.4% เมื่อภาระเป็น 800 วัตต์และปริมาณน้ำในอากาศเป็น 0.012 g/g ขณะที่กรณีที่ใช้จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 46.8% ที่ภาระและปริมาณน้ำในอากาศเดียวกัน และที่อุณหภูมิ 35°C ผลต่างของประสิทธิภาพระบบเซลล์เชื้อเพลิงทั้งสองกรณีเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยประสิทธิภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงกรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่ใช้แทบทุกสภาวะทดสอบ โดยกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ากรณีที่ใช้เพียงช่วงภาระต่ำของการทดสอบที่ปริมาณน้ำ 0.016 g/g เท่านั้น ที่อุณหภูมิอากาศ 35°C นี้ ประสิทธิภาพของกรณีที่ไม่ใช้ต่ำ โดยมีค่าเพียง 42.8% ที่ภาระ 600 วัตต์ ประมาณน้ำในอากาศ 0.012 g/g และมีแนวโน้มที่จะมีค่าต่ำลงเมื่อทำการทดสอบที่ภาระสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของปริมาณน้ำในอากาศต่อประสิทธิภาพ พบว่า ปริมาณน้ำในอากาศลดลงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงลดลงทั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น ในแทบทุกกรณีที่ทำการทดสอบ

จากผลการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์ชื้อเพลิงทำให้ทราบว่า ถึงแม้ว่าเซลล์เชื้อเพลิงกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะส่งผลให้ค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมลดลง แต่

ข้อได้เปรียบดังกล่าวเมื่อนำมาเทียบกับการเพิ่มขึ้นของการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจนและสมรรถนะในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ลดลงเมื่อไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นแล้ว จัดได้ว่าโดยรวมระบบจะสูญเสียประสิทธิภาพในการทำงานเมื่อไม่ได้ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นภายในระบบมีเพียงกรณีที่เซลล์เชื้อเพลิงทำงานที่อากาศแวดล้อม 25°C และปริมาณน้ำในอากาศอยู่ช่วง 0.012-0.016 g/g เท่านั้นที่ประสิทธิภาพกรณีที่ไม่ใช้สูงกว่ากรณีที่ใช้เล็กน้อย โดยภาพรวมด้านสมรรถนะอุปกรณ์เพิ่มความชื้นจึงเป็นอีกอุปกรณ์หนึ่งที่จำเป็นต่อการใช้งานเซลล์เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของโมดูล

อย่างไรก็ตามราคาและอายุการใช้งานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นแบบเมมเบรนที่ใช้ภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิงยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่น่าศึกษา เนื่องจากราคาของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นแบบเมมเบรนมีราคาสูงราว 20% ของอุปกรณ์เสริมทั้งหมดและมีอายุการใช้งานที่อ้างอิงจากผู้ผลิตเพียง 800 ชั่วโมงทำงาน ซึ่งเป็นอายุที่น้อยกว่าอายุการใช้งานของเซลล์แถวถึง 4.5 เท่า ดังนั้น หากมีการวางแผนที่จะนำเซลล์เชื้อเพลิงใช้งานในที่อุณหภูมิประมาณ 25°C แต่มีความชื้นในปริมาณที่สูงเพียงพอต่อการของเมมเบรน การไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นอาจเป็นทางเลือกที่ดีเพราะไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถนะเซลล์เชื้อเพลิงและสามารถลดค่าใช้จ่ายได้สูง