

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

**การทดสอบสมรรถนะเครื่องทำความชื้นภายนอกแบบเมมเบรนนาฟเพียน
สำหรับหอเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน
Performance Test of Nafion Membrane Humidifier
for Proton Exchange Membrane Stack Fuel Cell**

นฤฤทธิ์ หล่อประดิษฐ์^{1,*} เอกชัย สหเจริญชัย² จิระเดช กุหากาญจน์² ยศธนา คุณาทร¹ และวิภาวดี วงษ์สุวรรณ¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทร 053 944 146 โทรสาร 053 944 145

²ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทร 053 943 379 โทรสาร 053 222 776

Nalit Lorpradit^{1,*} Ekkachai Sahacharoenchai² Jiradate Kuhakan² Yottana Kunatorn¹ and Wipawadee Wongsuwan¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 50200, Thailand

²Plasma and Beam Physics Research Facility, Physics Department, Faculty of Science, Chiang Mai University, 50200, Thailand

Tel: 053 943 379 Fax: 053 222 776 * Corresponding author: i_feelfree@hotmail.com

บทคัดย่อ

เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) กำลังได้รับการวิจัยพัฒนาอย่างต่อเนื่อง PEMFC เหมาะสมกับการใช้ในยานยนต์ ระหว่างที่ PEMFC ทำงานจำเป็นต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของ ก๊าซเชื้อเพลิงที่จ่ายเข้า หอเซลล์เชื้อเพลิงให้เหมาะสม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของระบบทำความชื้นแบบภายนอกต่อสมรรถนะของ PEMFC โดยทดสอบเปรียบเทียบกรณีใช้เครื่องทำความชื้นแบบนาฟเพียนเมมเบรน (NMH) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเปลือกและท่อที่ไม่มีส่วนเคลื่อนที่ กับเครื่องทำความชื้นแบบ Bottle Humidifier โดยทดสอบกับหอเซลล์เชื้อเพลิงขนาดกำลังไฟฟ้าออกแบบ 300 วัตต์ พบว่าการใช้ NMH ให้ความต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าจากหอเซลล์ต่ำกว่าเมื่อเพิ่มค่าการดิ่งกระแสไฟฟ้าไปใช้งาน กระแสไฟฟ้าที่ได้สูงสุดคือ 24 A ที่ความต่างศักย์ประมาณ 10 – 20 V ดังนั้นการนำเครื่องทำความชื้นแบบนาฟเพียนเมมเบรน (NMH) มาใช้กับหอเซลล์แบบ PEMFC ผลงานนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถให้ความร้อนและความชื้นกับก๊าซเชื้อเพลิงได้ในระดับหนึ่งแต่ยังไม่เพียงพอ และยังคงต้องการการพัฒนางานวงจรการไหลของก๊าซร้อนขึ้นให้เอื้อต่อการถ่ายโอนความร้อนและความชื้นเข้าสู่ก๊าซแห้งดียิ่งขึ้น

Abstract

Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) has been continuously researched and developed. PEMFC is suitable for using in an automobile. During PEMFC operation, it is necessary to appropriate control relative humidity and temperature of fuel gas that feed into the stack cell. This research aims to analyze the effect of external humidification system on the performance of PEMFC, comparing the Nafion Membrane Humidifier (NMH: having geometry such like shell and tube without moving parts) with the Bottle Humidifier. The test results of these humidifiers with 300-W stack fuel cell showed that the use of NMH could provide lower voltage

and power production from the stack PEMFC, if increasing amount of current drawn to load. The maximum electrical current is 20 A when the voltage varied from 10 – 20 V. Therefore, the use of nafion membrane humidifier (NMH) with stack PEMFC, our result showed that it could achieve a curtain level of heating and humidification of fuel gases but not sufficient. The design of humid gas exchange loop should be critical developed for better enhancement of heat and humidity transfer to dry gas.

คำสำคัญ; เซลล์เชื้อเพลิง/เมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน/การทำความชื้น/นาฟิเยน/การทดสอบ

Fuel cell/proton exchange membrane/humidification/nafion/experiment

1. บทนำ

เซลล์เชื้อเพลิงเป็น ระบบพลังงานทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้แทนแหล่งพลังงานไฟฟ้าได้ กระบวนการของระบบอาศัยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีซึ่งไม่ก่อมลพิษขึ้น การค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิง มีอยู่อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยน

โปรตอน (Proton Exchange Membrane) เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงแบบนี้เหมาะกับยานพาหนะ ทำงานได้ ดีที่อุณหภูมิต่ำและมีประสิทธิภาพสูง

เชื้อเพลิงที่จ่ายให้ PEMFC ในงานวิจัยนี้คือก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนที่ได้รับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้มีสภาวะที่เหมาะสม โดยอาศัยเครื่องทำความชื้นแบบภายนอก ดังนั้น งานวิจัย จึงมุ่งเน้น ศึกษาสมรรถนะของเครื่องทำความชื้น ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของหอเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ขนาดกำลังไฟฟ้า 300 W

เครื่อง ทำความชื้นนี้มีลักษณะคล้ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและกลุ่มท่อ ซึ่งใช้ท่อเมมเบรนแบบนาฟิเยน (Nafion Membrane Humidifier: NMH) เป็นตัวกลางถ่ายโอนความร้อนและความชื้นระหว่างของไหลร้อนและก๊าซแห้ง และไม่จำเป็นต้องใช้พลังงาน (Passive operation) ระดับความชื้นที่เหมาะสมในเมมเบรนจะช่วยให้การ เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเพื่อผลิตไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการควบคุมความชื้นจากภายนอกเป็นวิธีการที่ง่ายและปลอดภัย และเป็นที่ยอมรับกันอยู่โดยทั่วไป

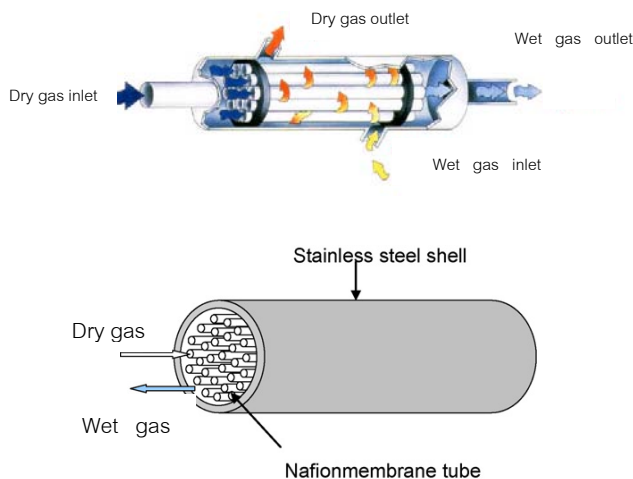
ผลการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมความชื้นภายนอก

โดย Zhang et al. (2007) และพรพิมล เพ็ชรวัฒนา (2550) ได้แสดงให้เห็นความสำคัญของความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซเชื้อเพลิงที่มีต่อกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวและหอเซลล์เชื้อเพลิง ผลการทดสอบ Nafion Membrane Humidifier เบื้องต้นแสดงว่าอุปกรณ์นี้สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นได้ดีกว่าเครื่องทำความชื้นแบบทรงกระบอก หรือ Bottle Humidifier (ซึ่งต้องมีขดลวดไฟฟ้าเพื่อทำความร้อนให้ก๊าซและนิยมติดตั้งกับสถานีทดสอบหอเซลล์เชื้อเพลิง) ในสภาวะ อุณหภูมิทำงานต่ำกว่า 45°C (นฤฤทธิ์ หล่อประดิษฐ์ และ วิภาวดี วงษ์สุวรรณ, 2552) จากนั้นเมื่อทดสอบ NMH กับเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวถึงกระแสไฟฟ้าได้ถึง 1020 mA/cm² สำหรับพื้นที่ทำปฏิกิริยา 7 cm x 7 cm หรือประมาณ 50 A ที่ความต่างศักย์ 0.611 V ดังนั้นงานวิจัยชิ้นต่อมานี้จึงได้ทดสอบ NMH กับหอเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 20 ชั้นเซลล์ ขนาดผลิตกำลังไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ 300 W เพื่อแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของ NMH ในการทำความชื้นให้กับระบบ PEMFC ในระดับใช้งานจริง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของหอเซลล์ PEMFC ที่ติดตั้งใช้งานกับยานพาหนะต่อไป

2. หลักการทำงานของเครื่องทำความชื้น

NMH มีลักษณะคล้ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell and tube) โดยท่อลักษณะคล้ายพลาสติกทาง ด้านใน ทำจาก สารนาฟิเยน ซึ่งจะอนุญาตให้เฉพาะไอน้ำผ่านเพียงทางเดียว ก๊าซชื้น จะไหล

ผ่านท่อ نافเพียนที่มีลักษณะเป็นท่อขนาดเล็กเป็นจำนวน 80 ท่อ และมีความยาวของแต่ละท่อ 152 mm ในขณะที่ก๊าซแห้งไหลสวนทางผ่านด้านนอกของกลุ่มท่อเหล่านั้นดังแสดงในรูปที่ 1 อุปกรณ์มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และปราศจากส่วนเคลื่อนไหว โดยเฉพาะความพิเศษในการป้องกันการเล็ดลอดของสิ่งแปลกปลอมเข้าไปกับก๊าซที่จะเข้าไปในเซลล์เชื้อเพลิง

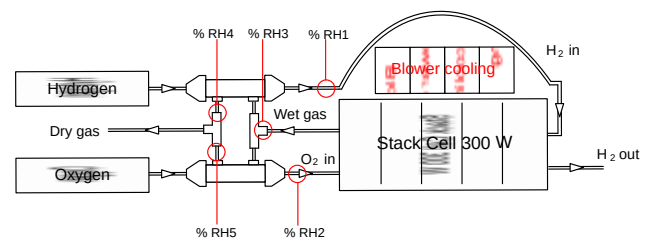


รูปที่ 1 การทำงานของ Nafion Membrane Humidifier
(Dongmei et al., 2008)

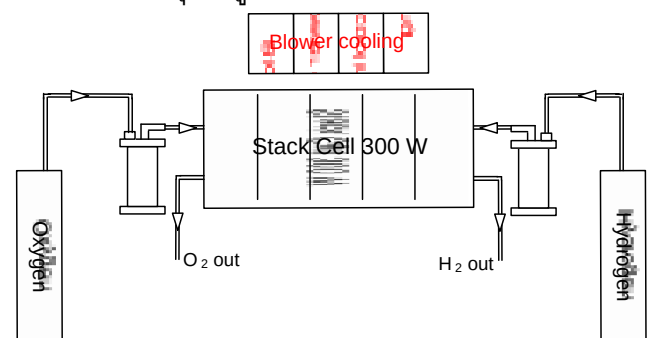
แหล่งความชื้นและความร้อนของ NMH คือ ของไหลร้อนขึ้นซึ่งอาจเป็นกระแสไหลทางออกของห่อเซลล์ด้านขั้วคาโทด หรือ กระแสน้ำร้อนจากน้ำหล่อเย็นของห่อเซลล์ก็ได้ ซึ่งกระแสน้ำร้อนนี้มักจะมีสภาวะแปรผันตามสภาพการทำงานของห่อเซลล์ ดังนั้นเมื่อนำมาจ่ายเป็นแหล่งความร้อนและความชื้นให้กับก๊าซเชื้อเพลิงทางเข้าห่อเซลล์ ย่อมส่งผลต่อสภาวะของก๊าซเชื้อเพลิง และการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในห่อเซลล์ในที่สุด ดังนั้นความเสถียร (Stability) และความน่าเชื่อถือของผลการทำงาน (Reliability) ของ NMH เมื่อทำงานกับห่อเซลล์จึงเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณลักษณะการทำงานของ NMH ให้ได้ก่อนนำไปติดตั้งกับห่อเซลล์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาระงานจริง

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การทดสอบการทำงานของ Nafion Membrane Humidifier กับห่อเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 300 W แสดงดังแผนภาพในรูปที่ 2 ชุดทดสอบนี้มีการควบคุมอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิง จากถังบรรจุ (ไฮโดรเจนและออกซิเจน) ค่าที่ได้จากการวัด ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ทางเข้าและทางออกของห่อเซลล์เชื้อเพลิงและเครื่อง NMH ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ที่ติดตั้งไปยังภาระงาน การทดสอบ แบ่งออกเป็นสองชุด ได้แก่ (1) การทดสอบชุดห่อเซลล์กับอุปกรณ์ให้ความชื้นแบบ มาตรฐานที่มักใช้ติดตั้งกับสถานีทดสอบเซลล์เชื้อเพลิง (Test station) โดยมีถังบรรจุน้ำที่มีฮีตเตอร์ติดตั้งอยู่ด้วยจึงเรียกว่า Bottle Humidifier และ (2) ทำการทดสอบชุดห่อเซลล์กับอุปกรณ์ให้ความชื้นแบบ NMH ซึ่งทำงานแบบ Passive โดยมีหรือไม่มีฮีตเตอร์ก็ได้ ผลจากการทดสอบทั้งสองชุด ถูกนำมาวิเคราะห์ สมรรถนะ และเปรียบเทียบกันต่อไป



รูปที่ 2 ภาพการติดตั้งระบบทดสอบ Nafion Humidifier
กับห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W พร้อมทั้งตำแหน่งที่วัดค่า
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 3 ภาพการติดตั้งระบบทดสอบ Bottle Humidifier
กับห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W

4. อุปกรณ์ประกอบและวิธีการทดสอบ

ชุดห่อเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 300 W ติดตั้งกับ Test station ซึ่งควบคุมสภาวะ ความดันทำงานห่อเซลล์ไว้ที่ ความดันบรรยากาศ 1 Atm โดยไม่ใช้อุปกรณ์ควบคุม ความดันด้านหลังเซลล์ (Without back pressure) อัตรา การไหลของก๊าซเชื้อเพลิง ที่คิดเป็นจำนวนเท่าของผลการ ดุลสมการเคมีหรือ Stoichiometry ระหว่าง H_2 ต่อ O_2 เป็น 1.5 : 2.0

การทดลองที่ 1: ทดสอบห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W ที่ ประกอบจาก MEA nafion 115, Polar plate, Bipolar plate (serpentine 4 channel), End plate, และ Current collector กับ Bottle humidifier ที่ทำหน้าที่ให้ความชื้นกับ ก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจน ที่ไหลผ่านเครื่องทำความชื้น ซึ่งจำเป็นต้องจ่ายไฟฟ้าให้กับ Bottle Humidifier ด้วยเพื่อ ทำความร้อนและความชื้น ระบบทดสอบแสดง ดังรูปที่ 3 ความชื้นของก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจน ที่ได้อยู่ในระดับ 100 %RH โดยการควบคุมอุณหภูมิที่ Bottle humidifier ให้เข้าสู่สภาวะการทำงานที่ $60^\circ C$ และอุณหภูมิของห่อ เซลล์เป็น $60^\circ C$ เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล แล้วจึงเริ่มดึง กระแสไฟฟ้าจาก ห่อเซลล์ ไปยังภาระงานจำลอง (Load center)

การทดลองที่ 2 : ทดสอบห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W กับ NMH โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้น ระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงแห้ง (ออกซิเจนและไฮโดรเจน) กับ กระแสไหลของ ก๊าซออกซิเจน ร้อนขึ้นทางด้านขาออก ห่อ เซลล์เชื้อเพลิงฝั่งคาโทด

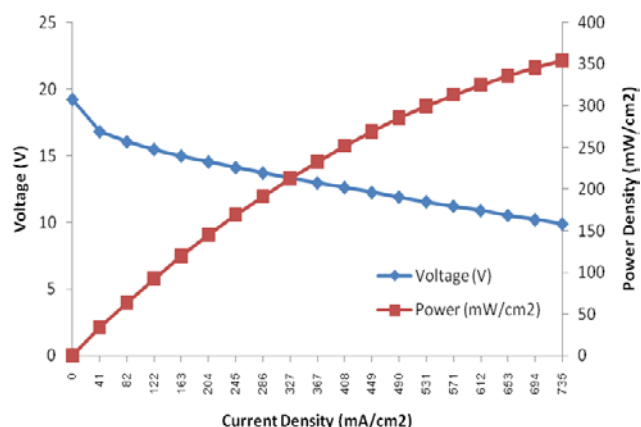
การทดลองนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) ทดสอบสภาวะ การทำงาน แบบปกติ คือไม่ใช้อุปกรณ์ ให้ความร้อน เสริม (2) ทดสอบโดยให้ความร้อนเสริมแก่ก๊าซเชื้อเพลิงขึ้นด้าน ทางออก NMH ก่อนเข้าห่อเซลล์อีกครั้ง และทดสอบ ภายใต้อัตรา 3 เงื่อนไขทำงาน คือ ควบคุมอุณหภูมิก๊าซขาเข้า ด้านออกซิเจน (คาโทด) / อุณหภูมิของห่อเซลล์ / อุณหภูมิ ของก๊าซขาเข้าด้านไฮโดรเจน (อานอด) เป็น 60/60/60 , 70/60/70 และ 80/60/80 ตามลำดับ

ผลการทดสอบทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของ ระบบห่อเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อทำความชื้นโดย Bottle

Humidifier หรือ NHH ในรูปผลเปรียบเทียบการแปรผัน ของความต่างศักย์และกำลังไฟฟ้าที่ได้ (คำนวณจากความ ต่างศักย์คูณกับค่ากระแสไฟฟ้า) ตามความหนาแน่น กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น หรือกราฟโพลาไรเซชัน (Polarization Curve) หรือ I-V Curve หากความต่างศักย์ ลดลงช้ากว่า หรือกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากกว่า แสดงว่า ระบบมีสมรรถนะที่ดีกว่า หรือเข้าใกล้ค่าทางทฤษฎี มากกว่า แสดงว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่านั้นเอง

5. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบห่อเซลล์ 300 W กับ Bottle Humidifier แสดงดังกราฟ I-V ในรูปที่ 4 ซึ่งความหนาแน่นกระแส สูงสุดที่ทำได้คือ 735 mA/cm^2 (36 A) ที่ความต่างศักย์ ประมาณ 10 V ในขณะที่ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุด คือ 350 mW/cm^2 (343 W)



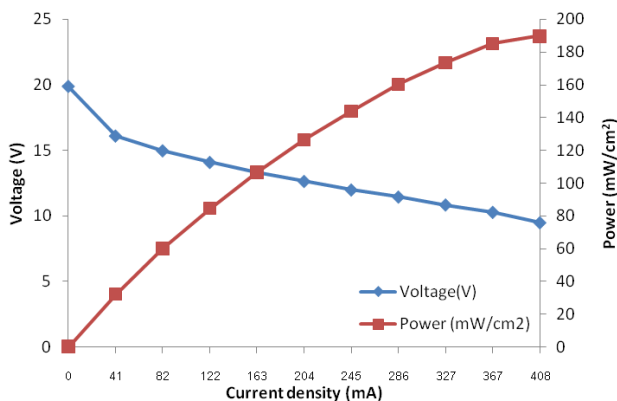
รูปที่ 4 ผลการทดลองห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W กับ Bottle Humidifier

ผลการทดสอบกรณีใช้ NHM แทน Bottle Humidifier โดยไม่ต้องจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องทำความชื้นแบบ ภายนอกนี้

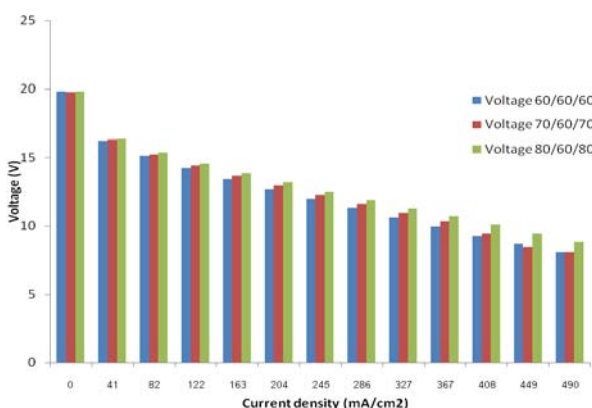
(1) กรณีจ่าย ก๊าซออกซิเจนขึ้นด้านขาออกฝั่งคาโทด เพื่อให้ความชื้นกับก๊าซเชื้อเพลิงแห้งทั้งสองชนิดแล้ว ปลดปล่อยให้ไหลเข้าห่อเซลล์โดยตรง ซึ่งก๊าซชื้นที่ได้มี อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิทำงานของห่อเซลล์เชื้อเพลิง (ประมาณ $60^\circ C$) พบว่าประสิทธิภาพที่ได้ คิดเป็น เพียง 46% ของกรณีที่ใช้ Bottle Humidifier เป็น อุปกรณ์ให้ความชื้น ผลที่ได้แสดงเป็นกราฟ I-V ได้ดัง

รูปที่ 5 ซึ่งความหนาแน่นกระแสสูงสุดที่ได้คือ 408 mA/cm^2 (20 A) ที่ความต่างศักย์ประมาณ 10 V (ลดลงจาก 20 V ที่ภาวะไม่มีภาระงานจนกระทั่งถึงค่าต่ำสุดที่ 10 V) ในขณะที่ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 190 mW/cm^2 (186 W)

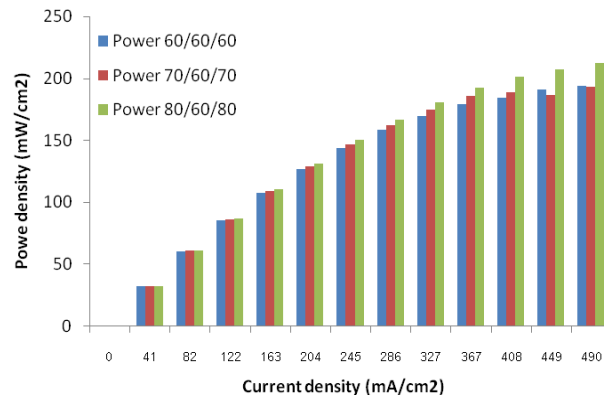
- (2) กรณีติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) กับท่อทางเดินก๊าซเชื้อเพลิงทั้งสองหลังจากที่ได้แลกเปลี่ยนความชื้นแล้ว (ซึ่งเป็นการควบคุมสภาวะของก๊าซเชื้อเพลิงเข้าห่อเซลล์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นเนื่องจากผลการทดสอบที่ไม่ได้ตามที่คาดไว้ในการทดลองกรณีแรก) โดยเปรียบเทียบระหว่าง 3 เงื่อนไขการทำงาน ดังแสดงผลในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ผลการทดลองห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W กับ Nafion Membrane Humidifier กรณีไม่ใช้ฮีตเตอร์



รูปที่ 6 ค่าความต่างศักย์จากการทดสอบห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W กับ Nafion Membrane Humidifier กรณีควบคุมอุณหภูมิก๊าซชื้นที่ทางออก



รูปที่ 7 ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าจากผลการทดลองห่อเซลล์เชื้อเพลิง 300 W กับ Nafion Membrane Humidifier กรณีควบคุมอุณหภูมิก๊าซชื้นที่ทางออก

สำหรับกรณีใช้ NMH เพื่อทำความชื้นให้กับก๊าซเชื้อเพลิง ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถดึงไปยังภาระงานคือ 408 mA/cm^2 (20 A) ในขณะที่ผลการใช้ฮีตเตอร์ช่วยพบว่าค่าเพิ่มขึ้นเป็น 490 mA/cm^2 (24 A) หรือเพิ่มขึ้น 20% แสดงว่าการเพิ่มอุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิงชื้นที่ได้จาก NMH ก่อนที่จะกลับเข้าห่อเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อไปผลิตไฟฟ้านั้น ทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างชัดเจน พิจารณาได้จากผลเปรียบเทียบที่ 3 สภาวะอุณหภูมิในรูปที่ 5 และ 6 เมื่ออุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงชื้นมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ห่อเซลล์ถูกควบคุมไว้ที่ 60 °C เท่ากัน พบว่าความต่างศักย์จะลดลงช้ากว่าและกำลังไฟฟ้าที่ได้จะเพิ่มขึ้นมากกว่า หากความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และที่ระดับอุณหภูมิ 80°C จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าที่ได้คือ 212.24 mW/cm^2 (208 W) และเมื่อเปรียบเทียบกรณีไม่ใช้ Heater ซึ่งได้ค่ากำลังไฟฟ้าเพียง 190 mW/cm^2 (186 W) แสดงว่าเพิ่มขึ้นถึง 11.8 %

ในทางปฏิบัติ การทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงชื้นที่ทางออก NMH ร้อนขึ้น อาจทำได้โดยการออกแบบวงจรการไหลของก๊าซให้ไปรับความร้อนสูญเสีย (Heat loss) จากห่อเซลล์เชื้อเพลิง โดยอาจจะรับความร้อนจากกระแสอากาศร้อนที่มาจากการระบายความร้อนของห่อเซลล์ (Air-cooled) หรือจากน้ำหล่อเย็น (Cooling water) ที่หมุนเวียนผ่านช่องทางเดินน้ำที่แทรกอยู่ในตัวห่อเซลล์เพื่อการระบายความร้อน (Water-cooled) ก็เป็นไปได้

6. สรุปผลการวิจัย

ห่อเซลล์เชื้อเพลิงขนาด กำลังผลิตไฟฟ้า 300 W แบบใช้ก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิง ได้รับการทดสอบกับระบบ ทำความชื้นจากภายนอก โดยใช้ Nafion Membrane Humidifier (NMH) ซึ่งทำงานแบบ Passive ที่ทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้ Bottle Humidifier ซึ่งต้องจ่ายไฟฟ้าให้เพื่อทำความร้อนและความชื้น ผลทดสอบแสดงว่าประสิทธิภาพของห่อเซลล์ที่แสดงด้วยกราฟ I-V ลดลงเมื่อใช้ NMH เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นของก๊าซเชื้อเพลิงขึ้นที่ทางเข้าห่อเซลล์ไม่เหมาะสมกับสภาวะทำงานของห่อเซลล์ และการเพิ่มอุณหภูมิให้กับก๊าซเชื้อเพลิงขึ้นที่ออกจาก NMH จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นได้ กระแสไฟฟ้าที่ได้สูงสุดคือ 2.4 A เมื่อความต่างศักย์ประจันระหว่าง 10 – 20 V ที่สภาวะก๊าซเชื้อเพลิงขึ้นทางออก NMH มีอุณหภูมิ 80 °C จะให้ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า 212.24 mW/cm² (208 W) ดังนั้นหากจะพิจารณาใช้เครื่องทำความชื้นแบบนาฟิเยน เมมเบรน (NMH) กับห่อเซลล์แบบ PEMFC ซึ่งเหมาะสมกับระบบที่มีการเคลื่อนที่ได้ อาทิ ยานยนต์ การทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่า NMH สามารถให้ความร้อนและความชื้นกับก๊าซเชื้อเพลิงได้ในระดับหนึ่งแต่ยังไม่เพียงพอ และยังคงต้องการการพัฒนาวงจรการไหลของก๊าซร้อนขึ้นให้เอื้อต่อการถ่ายโอนความร้อนและความชื้นเข้าสู่ก๊าซแห้งที่ดียิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จและลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และจาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (มช.) โดย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์, และบัณฑิตวิทยาลัย

7. เอกสารอ้างอิง

- Buie, C. R., Posner, J. D., Fabian, T., Suk-Won Cha, S. W., Kim, D., Prinz, F. B., Eaton, J. K., Santiago, J. G. (2006). Water management in proton exchange membrane fuel cells using integrated electroosmotic pumping, *Journal of Power Sources* 161: 191–202.
- Dongmei, C., Wei, L. and Huei, P. (2008). An experimental study and model validation of a membrane humidifier for PEM fuel cell humidification control. *Journal of Power Sources* 180: 461–467.
- Yim, S. D., Sohn, Y. J., Yoon, Y. G., Um, S., Kim, C. S., Lee, W. Y., (2008). Operating characteristics of 40 W-class PEMFC stacks using reformed gas under low humidifying conditions. *Journal of Power Sources* 178: 711–715
- Yousfi-Steiner, N., Moçotéguy Ph., Candusso, D., Hissel, D., Hernandez, A., Aslanides, A. (2008). A review on PEM voltage degradation associated with water management: Impacts, influent factors and characterization. *Journal of Power Sources* 183: 260–274.
- Zhang, J., Tang, Y., Song, C., Cheng, X., Zhang, J., Wang, H. (2007). PEM fuel cells operated at 0% relative humidity in the temperature range of 23–120 °C. *Electrochimica Acta* 52: 5095–5101.

นฤทธิ์ หล่อประดิษฐ์ และ วิภาวดี วงษ์สุวรรณ (2552).

การจัดการภายนอกของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน, การจัดประชุมวิชาการ เรื่อง การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 8, 12-13 มีนาคม 2552, โพธิ์หวด รีสอร์ท แอนด์ สปา เชียงราย.

พรพิมล เพ็ชรวัฒนา (2550). ระบบจัดการน้ำในสแต็กของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน.

วิทยานิพนธ์ : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.