

ผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิด เมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

The Effect of Air Temperature and Humidification to a Proton Exchange Membrane Fuel Cell

วินัย จันทรเพ็ญ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี
ปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3430 โทรสาร 0-2549-3432 E-mail: winai_ja@hotmail.com

บทคัดย่อ

แบบจำลองเชิงตัวเลขของเซลล์เชื้อเพลิงได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ภายใต้สมการอนุรักษ์พลังงาน สมการอนุรักษ์มวลและสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยได้เลือกการจำลองการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพื้นที่ทำงาน 100 cm^2 ความหนาแน่นของกระแส 0.65 A/cm^2 ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการทำงานของอากาศในช่วง 40°C ถึง 80°C และที่ความดันในการทำงานในช่วง 1 ถึง 3 bars ผลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาจะมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อความดันในการทำงานของก๊าซมีการเปลี่ยนแปลง ก็จะส่งผลต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงโดยตรง เมื่อความดันเพิ่มขึ้น สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงก็จะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของ ค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้าของชั้นส่วนของเซลล์เชื้อเพลิง ยังส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง โดยที่เมื่อ ค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้าของชั้นส่วนของเซลล์เชื้อเพลิง เพิ่มขึ้น จะทำให้สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงลดลง จากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมา สามารถที่จะทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงได้ และสามารถบอกถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงได้ด้วย

คำสำคัญ: เซลล์เชื้อเพลิง, เมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน, ผลกระทบของอุณหภูมิ

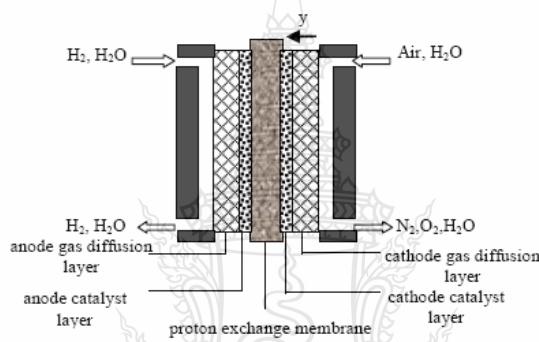
1. บทนำ

จากปัญหาของความต้องการด้านพลังงานที่เพิ่มขึ้นของชุมชน และมีการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนเพื่อที่จะลดปัญหามลภาวะทางอากาศที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม และการเผาไหม้วัสดุทางธรรมชาติเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ที่ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะอากาศทางธรรมชาติ ซึ่งส่งผลเสียในระยะยาว ดังนั้นนักวิจัยด้านต่าง ๆ จึงให้ความสำคัญในการที่จะพัฒนาและสร้างเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถจะช่วยลดมลพิษที่ถูกปล่อยออกมา ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและไม่ปล่อยก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน ในปัจจุบันนั้นก็คือเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง ที่อาศัยหลักการปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิงและออกซิเจนในการผลิตไฟฟ้า เซลล์เชื้อเพลิงในปัจจุบัน ได้ถูกแบ่งออกเป็น 5 ชนิด ตามประเภทของอิเล็กโทรไลต์และช่วงของอุณหภูมิการทำงาน ดังนี้ 1. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC) 2. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดแอลคาไลน์ (Alkaline Fuel Cell, AFC) 3. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC) 4. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) และ 5. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดคาร์บอเนตหลอมเหลว (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC) ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ทั้งนี้ เพราะเซลล์เชื้อเพลิง

ดังกล่าวมีช่วงของอุณหภูมิการทำงานต่ำ เหมาะสมที่จะเป็นแหล่งพลังงานให้กับยานพาหนะและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เซลล์เชื้อเพลิงดังกล่าวจึงเป็นที่สนใจกับนักวิจัยที่จะพัฒนาและศึกษาสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง เพื่อให้มีสมรรถนะสูงสุด และมีการศึกษาถึงผลกระทบจากตัวแปรต่าง ๆ [1-5] ที่มีผลสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง แต่จากการศึกษาวิจัยยังขาดการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศและตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศและตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศกับแรงดันไฟฟ้าที่เซลล์เชื้อเพลิงผลิตออกมา

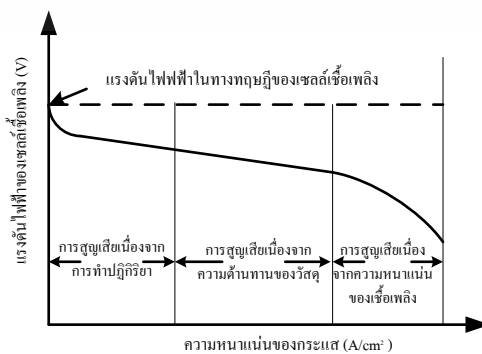
2. ทฤษฎีและแบบจำลองเชิงตัวเลข:

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลขของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนขึ้น จากสมการอนุพันธ์พลังงาน สมการอนุพันธ์มวลและสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์ การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนสามารถอธิบายได้ด้วยรูปที่ 1 ที่แสดงแบบร่างของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นก๊าซไฮโดรเจน จะถูกป้อนเข้าทางด้านอาร์โนด อากาศจะถูกป้อนเข้าทางด้านแคโทด โดยมีแผ่นเมมเบรนบาง ๆ กั้นอยู่ระหว่างกลางของก๊าซทั้งสอง [2]



รูปที่ 1 แบบร่างการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน [2]

จากการทำงานดังกล่าว ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงจะถูกพิจารณาและศึกษา โดยสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงสามารถที่จะแสดงและอธิบายได้ด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (i) และแรงดันไฟฟ้า (v) หรือกราฟ $i-v$ curve ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งลักษณะของเส้นโค้งนี้จะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาของเซลล์เชื้อเพลิงและกระแสไฟฟ้าที่ถูกดึงหรือภาระโหลดทางไฟฟ้านั้น ๆ และแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงยังขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ อีกมากมาย ดังที่จะแสดงให้เห็นในสมการต่อไป แรงดันไฟฟ้าที่ของเซลล์เชื้อเพลิงที่ผลิตได้จริงจะมีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงในทางทฤษฎี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การสูญเสียหลักสามรูปแบบภายในเซลล์เชื้อเพลิง การสูญเสียแบบแรก เป็นการสูญเสียอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีภายในเซลล์เชื้อเพลิง การสูญเสียแบบที่สองเป็นการสูญเสียอันเนื่องมาจากความต้านทานของวัสดุที่ถูกนำมาใช้ การสูญเสียสุดท้ายเกิดจากการความเข้มข้นของหรือความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยา ซึ่งในแต่ละแบบของการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เชื้อเพลิงยังขึ้นอยู่กับขนาดทางกายภาพของระบบเซลล์เชื้อเพลิงอีกด้วย [5]



รูปที่ 2 กราฟเส้นโค้ง $i-v$ ของเซลล์เชื้อเพลิง [5]

จากการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เชื้อเพลิง เราสามารถหาขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงของเซลล์เชื้อเพลิงได้จากสมการที่ (1) ดังนี้ [5]

$$V = \Delta V_{thermo} - \Delta V_{act} - \Delta V_{ohmic} - \Delta V_{conc} \quad (1)$$

- เมื่อ V - เป็นแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงของเซลล์เชื้อเพลิง
 V_{thermo} - เป็นแรงดันไฟฟ้าในทางทฤษฎีของเซลล์เชื้อเพลิง
 V_{act} - การสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำปฏิกิริยาเคมี
 V_{ohmic} - การสูญเสียอันเนื่องมาจากความต้านทานของวัสดุภายในเซลล์เชื้อเพลิง
 V_{conc} - การสูญเสียอันเนื่องมาจากความเข้มข้นหรือความหนาแน่นของเชื้อเพลิง

จากแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงของเซลล์เชื้อเพลิงที่ขึ้นอยู่กับ 4 เทอมหลักดังสมการที่ (1) นั้น แต่ละเทอมก็สามารถแสดงให้เห็นถึงตัวแปรที่แฝงอยู่ภายใน ที่มีผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงได้ ดังสมการที่ (2) ถึงสมการที่ (5) ที่จะกล่าวต่อไป

การสูญเสียอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยานั้นส่วนมากจะส่งผลกระทบต่อกราฟเส้นโค้ง $i-v$ ในช่วงแรก การสูญเสียอันเนื่องมาจากความต้านทานของวัสดุเซลล์เชื้อเพลิง จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงกลางของกราฟและการสูญเสียเนื่องจากความหนาแน่นของเชื้อเพลิงนั้นจะเกิดขึ้นในช่วงสุดท้ายของกราฟเส้นโค้งดังกราฟรูปที่ 1 ในสมการที่ (2) แสดงการหาแรงดันไฟฟ้าในทางทฤษฎีของเซลล์เชื้อเพลิง (V_{thermo}) ที่มีตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อแรงดันที่ได้ออกมาจากการทำปฏิกิริยาของเชื้อเพลิง ในที่นี้คือไฮโดรเจนและออกซิเจน สมการนี้เรียกว่าสมการ Nernst equation

$$V_{thermo} = V_{thermo}^0 - \left[\frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{p_{H_2O}}{p_{H_2} \times \sqrt{p_{O_2}}} \right) \right] \quad (2)$$

เมื่อ V_{thermo}^0 เป็นแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานในทางทฤษฎี R คือค่าคงที่ของก๊าซ (8.314 J/mol K), T คืออุณหภูมิในสเกลเคลวิน n เป็นจำนวนของอิเล็กตรอนต่ออ็อกซิเจนที่ทำปฏิกิริยาหรือโมเลกุล F คือค่าคงที่ของฟาราเดย์ (96,486C/mol), p_{H_2O} เป็นความดันของน้ำ p_{H_2} เป็นความดันของไฮโดรเจนและ p_{O_2} เป็นความดันของออกซิเจน

การสูญเสียเนื่องจากการทำปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง สามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ (3) หรือเรียกว่าสมการ Tafel equation

$$\Delta V_{act} = \left(\frac{RT}{\alpha F} \right) \ln \left(\frac{i + i_{loss}}{i_o} \right) \quad (3)$$

เมื่อ α คือสัมประสิทธิ์การเกิดปฏิกิริยา i_{loss} คือการสูญเสียของกระแส i_o คือความหนาแน่นของกระแสที่มีการแลกเปลี่ยนในการเกิดปฏิกิริยาซึ่งมีค่าคงที่และ i คือความหนาแน่นของกระแสที่จ่ายเข้าไป การสูญเสียเนื่องจากการไหลของไอออนในขั้วและความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้าของชั้นส่วนของเซลล์เชื้อเพลิง (R_{ohmic}) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$\Delta V_{ohmic} = i(R_{ohmic}) \quad (4)$$

การสูญเสียเนื่องจากการซึมซับและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ (5)

$$\Delta V_{conc} = \left(\frac{RT}{nF} \right) \ln \left(\frac{i_L}{i_L - i} \right) \quad (5)$$

เมื่อ i_L คือค่าขีดจำกัดความหนาแน่นของกระแส ซึ่งมีค่าคงที่

จากสมการทั้งหมดที่ได้แสดงให้เห็น สามารถนำมาหาแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงของเซลล์เชื้อเพลิงได้ดังสมการที่ (6) โดยที่ การสูญเสียอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาและการสูญเสียอันเนื่องมาจากความเข้มข้นและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งสองด้านของเซลล์เชื้อเพลิง (ด้านแอโนดและด้านคาโทด) ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงของเซลล์เชื้อเพลิงจึงสามารถหาได้ดังนี้

$$V_{cell} = \Delta V_{thermo} - (\Delta V_{act} + \Delta V_{conc})_a - (\Delta V_{act} + \Delta V_{conc})_c - \Delta V_{ohmic} \quad (6)$$

ตัวอักษรห้อย a และ c แสดงด้านของขั้วของเซลล์เชื้อเพลิงที่เป็นด้านแอโนดและคาโทดตามลำดับ

จากสมการข้างบน จะถูกนำมาพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงต่อไป

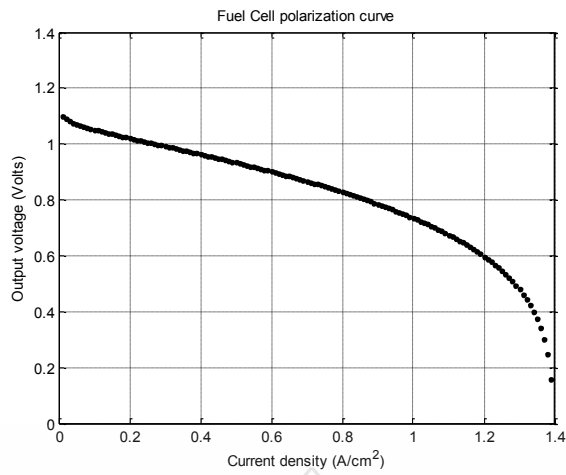
3. ผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศทางเข้า ความชื้นของอากาศ และตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ได้ถูกออกแบบเงื่อนไขและข้อมูลต่าง ๆ ดังในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงเงื่อนไขและข้อมูลที่จำเป็นในการจำลองสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงดังนี้

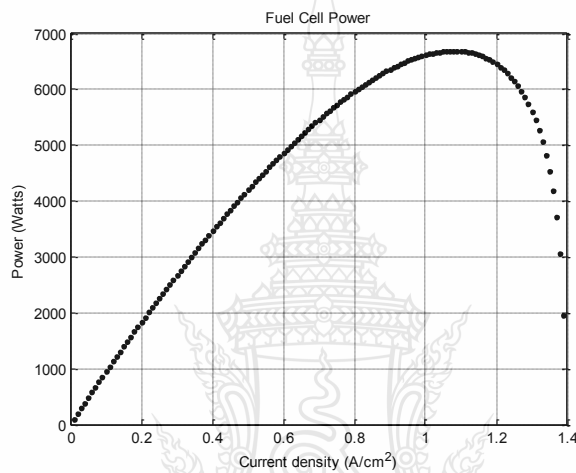
ตารางที่ 1 เงื่อนไขและข้อมูลของเซลล์เชื้อเพลิง [1]

| รายการ | ค่า |
|--|----------------------|
| A (cm ²) | 100 |
| I (A/cm ²) | 0.65 |
| Gibbs (J/mol) | 237,340 |
| R | 8.314 |
| F | 96,486 |
| T(°C) | 40 - 80 |
| P (hydrogen), bar | 1 - 3 |
| P (Air), bar | 1 - 3 |
| α (A/cm ²) | 1/2 |
| io | 10 ^{-6.911} |
| iL | 1.4 |
| R_{ohmic} (Ω cm ²) | 0.1 - 0.2 |

สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน สามารถแสดงให้เห็นได้จากรูปที่ 3 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิง หรือ i - v curve ซึ่งแสดงค่าสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง ณ อุณหภูมิ 80°C ที่ความดันในการทำงานของก๊าซที่ 3 บาร์ ซึ่งจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และ ในรูปที่ 4 เป็นการแสดงความสำคัญระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง ณ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน โดยกำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดที่ 6,760 วัตต์ ที่ 1.06 แอมป์ แล้วก็จะลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

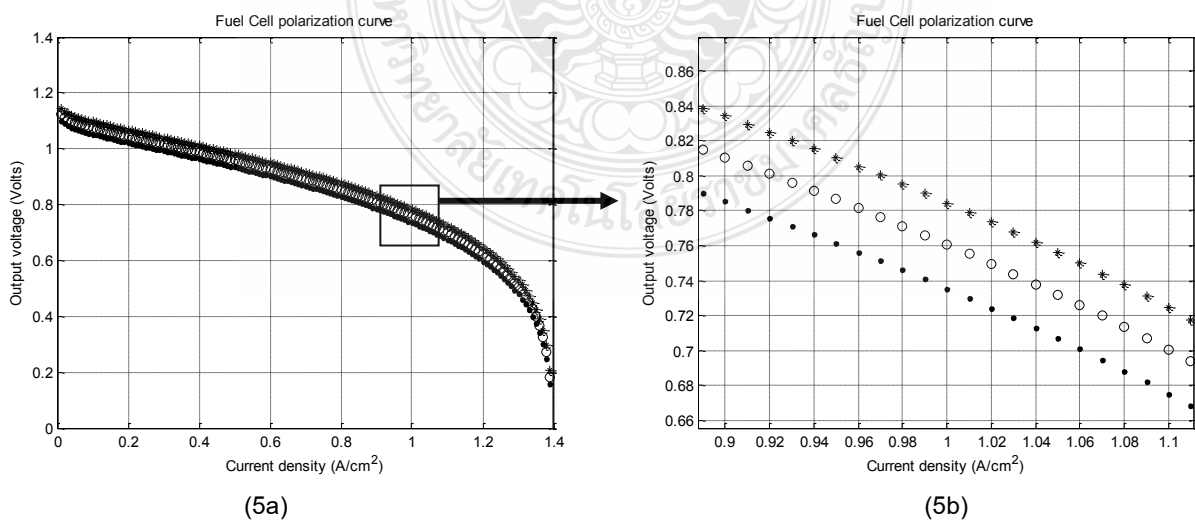


รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง

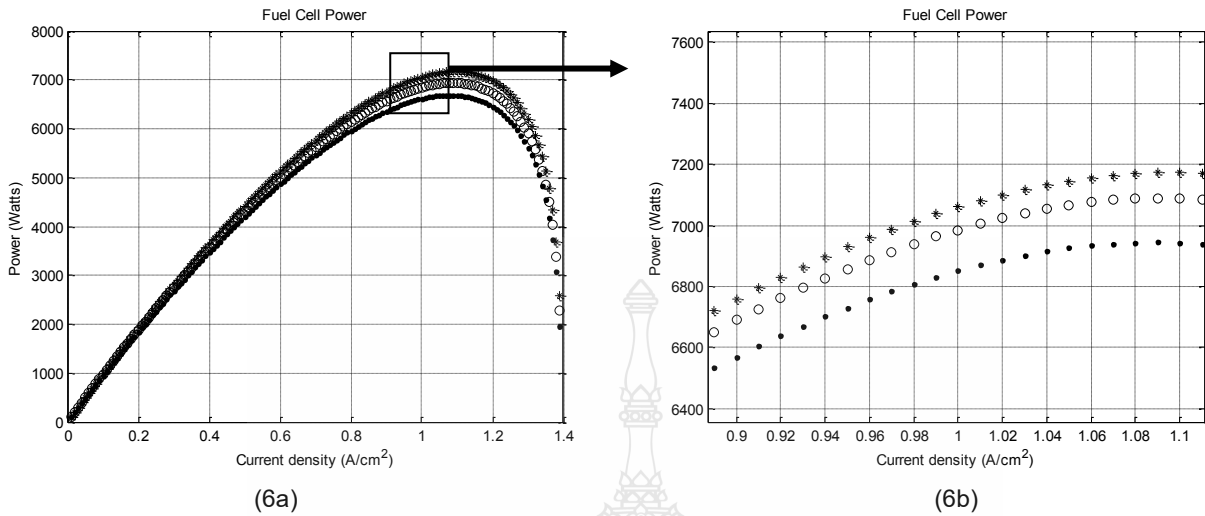
ในรูปที่ 5 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ จาก 40°C ถึง 80°C ซึ่งจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าจะมีแนวโน้มลดลงในช่วงที่เท่ากันของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรูป 5a และในรูป 5b แสดงส่วนขยายของแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0.9 ถึง 1.1 แอมป์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ จาก 40°C ถึง 80°C

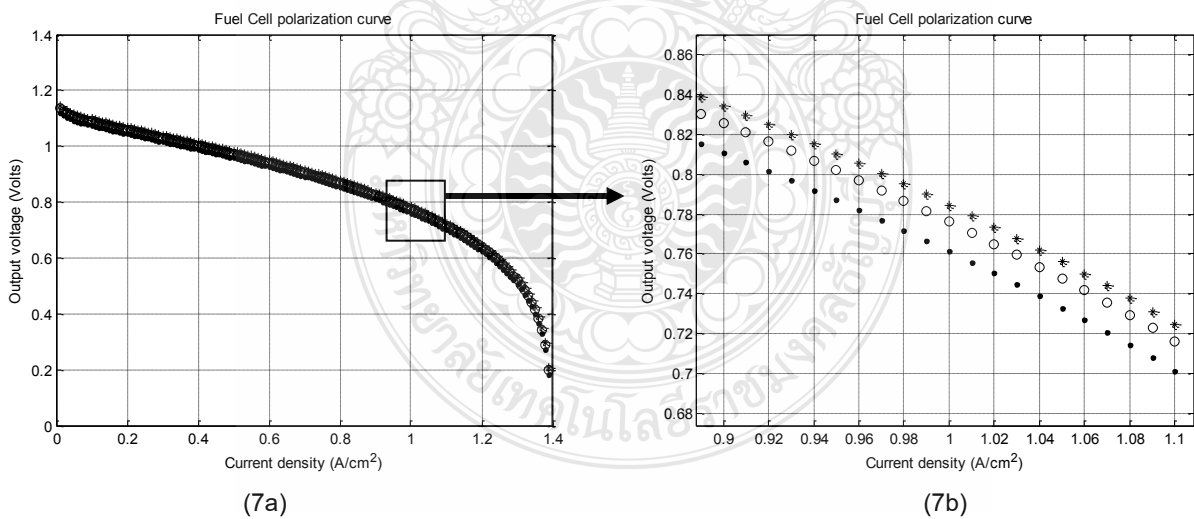
(*) อุณหภูมิ 40°C, (o) อุณหภูมิ 60°C, (.) อุณหภูมิ 80°C

ในรูปที่ 6 เป็นการแสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ จาก 40°C ถึง 80°C ซึ่งจะพบว่ากำลังไฟฟ้าจะมีแนวโน้มลดลง โดยจะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนในช่วงกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.12 แอมป์ต่อตารางเมตร ในรูปที่ 6a และในรูปที่ 6b แสดงส่วนขยายของกำลังไฟฟ้าในช่วง 0.9 ถึง 1.1 แอมป์ต่อตารางเมตร



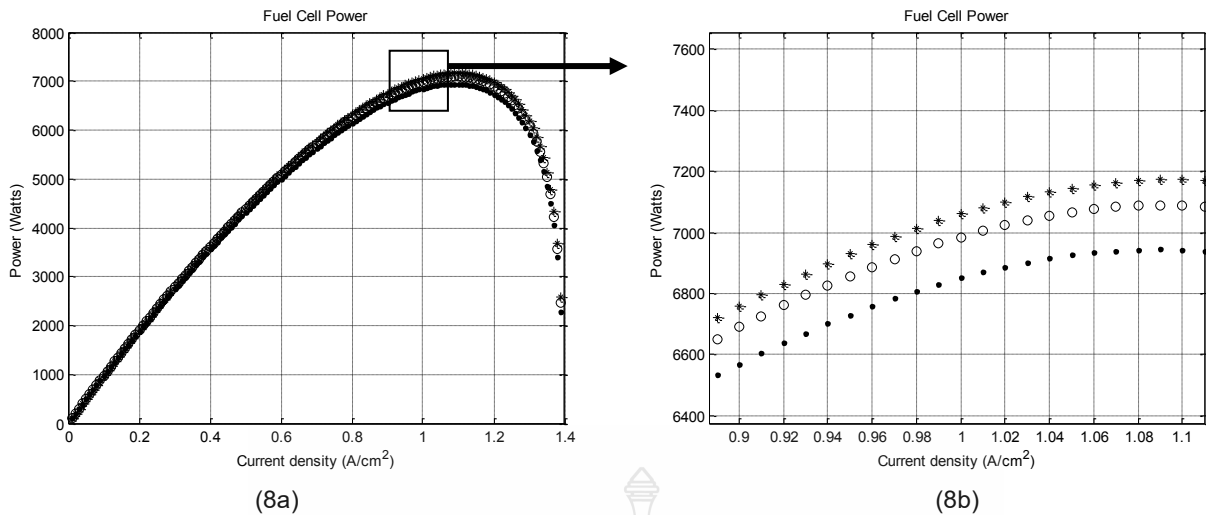
รูปที่ 6 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ จาก 40°C ถึง 80°C
 [(*) อุณหภูมิ 40°C, (o) อุณหภูมิ 60°C, (.) อุณหภูมิ 80°C]

ในรูปที่ 7 แสดงการแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจาก 1 บาร์ ถึง 3 บาร์ จะพบว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความดันในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 7a และในรูปที่ 7b แสดงรูปขยายของแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0.9 ถึง 1.1 แอมป์ต่อตารางเมตร



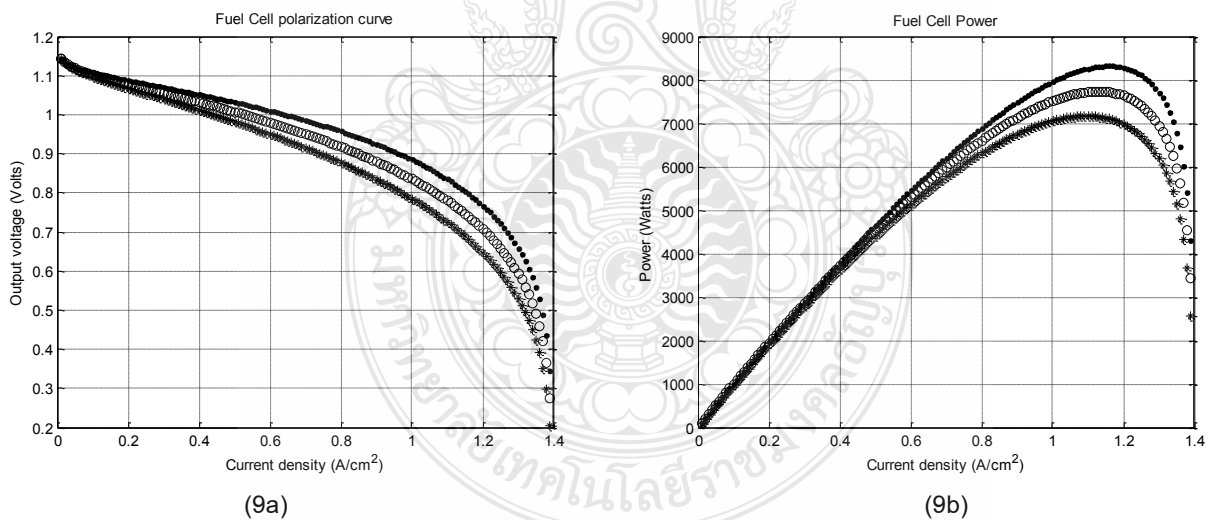
รูปที่ 7 แรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจาก 1 บาร์ ถึง 3 บาร์
 [(*) ความดันที่ 3 บาร์, (o) ความดันที่ 2 บาร์, (.) ความดันที่ 1 บาร์]

ในรูปที่ 8 แสดงการกำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจาก 1 บาร์ ถึง 3 บาร์ จะพบว่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความดันในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 8a และรูปที่ 8b แสดงรูปขยายของแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0.9 ถึง 1.1 แอมป์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 8 การกำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจาก 1 บาร์ ถึง 3 บาร์
 [(*) ความดันที่ 3 บาร์, (o) ความดันที่ 2 บาร์, (.) ความดันที่ 1 บาร์]

ในรูปที่ 9 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอน ผ่านตัวนำไฟฟ้าของชั้นส่วนของเซลล์เชื้อเพลิง (R_{ohmic}) จาก 0.1 ถึง $0.2 \Omega\text{cm}^2$ ในรูปที่ 9a แสดงผลของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอน ซึ่งเมื่อค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจะลดลง และในรูปที่ 9b แสดงผลของกำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนที่เช่นเดียวกันจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 9 ผลของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอน
 [(*) $R_{ohmic} = 0.2 \Omega\text{cm}^2$, (o) $R_{ohmic} = 0.15 \Omega\text{cm}^2$, (.) $R_{ohmic} = 0.1 \Omega\text{cm}^2$]

4. สรุป

จากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อทำนายผลการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ภายใต้สมการอนุรักษ์พลังงาน สมการอนุรักษ์มวลและสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยได้ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการทำงานของอากาศในช่วง 40°C ถึง 80°C ผลที่ได้พบว่าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาจะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความดันอ้อมตัวของไอน้ำในอากาศโดยจะมีผลต่ออัตราความชื้นสัมพัทธ์ของน้ำในอากาศด้วย นั้นสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นตามมาด้วย และเมื่อความดันในการ

ทำงานของก๊าซมีการเปลี่ยนแปลง ก็จะส่งผลต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงโดยตรง เมื่อความดันเพิ่มขึ้น สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงก็จะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้าของชั้นส่วนของเซลล์เชื้อเพลิง ยังส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิง โดยที่เมื่อ ค่าความต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้าของชั้นส่วนของเซลล์เชื้อเพลิง เพิ่มขึ้น จะทำให้สมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงลดลง ดังนั้นจากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมา สามารถที่จะทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ภาคิวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนในการส่งบทความและความร่วมมือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Frano Barbir, " PEM Fuel Cells: Theory and Practice," Elsevier Academic Press, Book 2005.
- [2] Huang Min, Li Xinghu, Jiang Lei and Gao Youshan, " A Transient Heat Transfer Model of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Stack with Internal Humidification," IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), September 3-5, 2008, Harbin, China.
- [3] Lin Wang, Attila Husar, Tianhong Zhou, and Hongtan Liu "A parametric study of PEM fuel cell performances" International Journal of Hydrogen Energy 28, pp.1263-1272, 2003
- [4] Sampath Yerramalla, Asad Davari, Ali Feliachi, and Tamal Biswas "Modeling and simulation of the dynamic behavior of a polymer electrolyte membrane fuel cell" Journal of Power Sources 124, pp.104-113, June 11, 2003
- [5] Winai Chanpeng and Yottana Khunatorn, " Simulation of Dynamic Behavior of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell," Proceeding of the International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009, December 2 – 4, 2009, Chiang Rai, Thailand.

