

การศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยน โปรตอน ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข

Study of Temperature Distribution in Proton Exchange Membrane Fuel Cell

: Numerical Modeling

วรรณภา ระหาญนอก^{1*}, ยศธนา คุณาทร²

Wannapa Rahannok, Yottana Khunatorn

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

*ผู้ติดต่อ: baem_koly@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 053-944100, เบอร์โทรสาร 053-944145

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเกิดความร้อนภายในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนแบบห่อเซลล์จำนวน 7 เซลล์ ที่มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 5 - 20 วัตต์ ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมการคำนวณทางด้านพลศาสตร์ของไหล การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในชั้น Membrane Electrode Assembly (MEAs) และแผ่นโพลาร์เพลตภายในเซลล์เชื้อเพลิงที่สภาวะคงตัว และสภาวะที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยไม่มีการติดตั้งระบบระบายความร้อน ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้า จะทำให้เซลล์เชื้อเพลิงเกิดความร้อนสะสม ส่งผลให้อุณหภูมิชั้น MEAs และแผ่นโพลาร์เพลตภายในเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะชั้นที่ 4 เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางมีพื้นที่ในการระบายความร้อนน้อย และรับความร้อนที่มาจากกระจายตัวของชั้นที่ 3 และ 5 จึงทำให้เกิดความร้อนสะสมสูงเสี่ยงต่อการไหม้ หรือชำรุดได้ อีกทั้งเมื่อเพิ่มเวลาในการผลิตกระแสไฟฟ้า จะทำให้อุณหภูมิภายในเซลล์เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย ผลการวิจัยนี้จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบระบายความร้อนของเซลล์เชื้อเพลิง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนให้สูงขึ้นต่อไป

คำหลัก: พลศาสตร์ของไหล, เมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน, แผ่นโพลาร์เพลต

Abstract

This research studies heat transfer in seven cells stack proton exchange membrane fuel cell with capacity between 5 to 20 watts by using three dimensions numerical model. This study focuses on thermal distribution and heat transfer in Membrane Electrode Assembly (MEAs), the polar plates under steady state and transient state of operation. PEMFC stack without heat exchanger is used in this research. The result of these studies revealed that the increasing of electricity generation power and expanded time of electricity generation will make more heat generated quantity to fuel cell. It effects the

increasing of MEAS and polar plate temperature. Especially, for the layer 4 of MEAs are risked to burn because it has little heat transfer area and receives heat from layer 3 and layer 5. This research would brought into the development heat removal system of fuel cell, and improve proton exchange membrane fuel cell efficiency.

Keywords: Computational fluid dynamics, proton exchange membrane, polar plate

1. บทนำ

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีอย่างหนึ่งคล้ายกับ แบตเตอรี่ แตกต่างกันที่เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ออกแบบการทำงานให้มีการเติมสารตั้งต้นเข้าสู่ระบบตลอดเวลา คือ การเติมไฮโดรเจน และ ออกซิเจน และที่ขั้วไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงจะมีตัวเร่งปฏิกิริยาคอนข้างเสถียร ข้อดีของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตรอน คือ สามารถทำงานที่สภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำอยู่ในช่วง $60^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ และมีความหนาแน่นของกำลังไฟฟ้าสูง สามารถกำจัดน้ำออกจากระบบได้ง่าย นอกจากนี้ หากต้องการเพิ่มกำลังการผลิตหรือเพิ่มกระแสไฟฟ้าสามารถทำได้ โดยการเพิ่มจำนวนชั้นเซลล์ ที่เราเรียกว่า หอเซลล์ (Stack Cells) ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิงให้สูงขึ้น จึงนิยมนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าหรือประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับยานพาหนะ เพื่อทดแทนน้ำมันและแบตเตอรี่ อีกทั้งยังช่วยลดปัญหามลภาวะอย่างไรก็ตามการนำเซลล์เชื้อเพลิงมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานที่มีกำลังการผลิตสูง จากการศึกษาพบว่า ปัญหาส่วนใหญ่ในการเพิ่มจำนวนชั้นเซลล์ จะทำให้สภาวะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีสาเหตุมาจากความร้อนภายในเซลล์เชื้อเพลิงที่เกิดจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีทั้งด้านแอโนดและคาโทด ทำให้อุณหภูมิในระบบการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงเกินไปไม่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบเซลล์เชื้อเพลิง จะส่งผลให้ส่วนประกอบสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เช่น เมมเบรน เกิดการแห้ง หดตัว และอาจทำให้เมมเบรนแตกหรือรั่วได้

ส่งผลต่อการแพร่ผ่านของไฮโดรเจนอออน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงต่ำลง

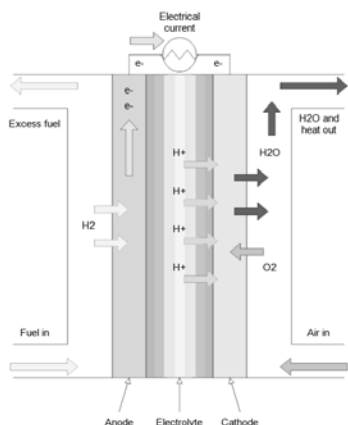
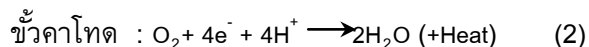
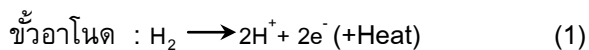
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเกิดความร้อนและลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) เมื่อมีการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ 5 - 20 วัตต์ ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองเชิงของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาพฤติกรรมการเกิดความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาระบบระบายความร้อนให้กับหอเซลล์เชื้อเพลิง ช่วยให้เซลล์เชื้อเพลิงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้

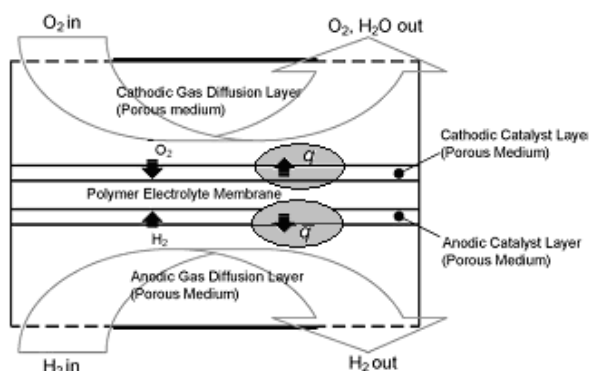
2.1 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วแอโนดและขั้วคาโทดวางประกบกันโดยตรงกลางจะมีแผ่นพอลิเมอร์ซึ่งเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนโปรตรอน ขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้ว จะต้องมีความพรุนสูงและมีตัวเร่งปฏิกิริยาเกาะอยู่ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สำหรับขั้วไฟฟ้านี้ สามารถทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ได้ดี เชื้อเพลิงที่ใช้ออนเข้าทางด้านขั้วแอโนด เช่น ก๊าซไฮโดรเจนหรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างๆ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ดังสมการที่ 1 เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าด้านขั้วแอโนดจะแตกตัวให้อออนบวกและอิเล็กตรอน (ในกระบวนการนี้ทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากการ

แลกเปลี่ยนโปรตอนที่ยัง Catalyst layer ผังแอโนด) โดยอิเล็กตรอน จะเคลื่อนที่ผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้วคาโทด ถ้าออกซิเจนที่ถูกป้อนเข้ามาที่ขั้วคาโทดจะรวมตัวกับไฮโดรเจนและอิเล็กตรอนที่ได้จากแอโนด เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ดังสมการที่ 2 (ในกระบวนการนี้ทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากการส่งผ่านโปรตอนมายังชั้น Catalyst layer ผังคาโทด แสดงดังรูปที่ 2) ซึ่งผลจากการเกิดปฏิกิริยาจะได้โมเลกุลของน้ำและความร้อน แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน



รูปที่ 2 การเกิดความร้อนจากปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เชื้อเพลิง

(ที่มา : <http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/fig/c01-f04.gif>)

2.2 หลักการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล

(Computational fluid dynamics, CFD)

งานวิจัยนี้ ศึกษาลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิงแบบห่อเซลล์ จากแบบจำลองเชิงตัวเลขสามมิติ ซึ่งใช้โปรแกรมการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล โดยวิธีเชิงตัวเลขมาคำนวณหาคำตอบจากสมการควบคุมการไหล (Governing Equations) ในงานวิจัยนี้ไม่คิดค่าความโน้มถ่วงของวัตถุ สมการควบคุมสามารถเขียนได้ดังนี้

1. การอนุรักษ์มวล

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U}) = 0 \quad (3)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของโดเมน Ω

$\mathbf{U}$ คือ ความเร็วของของไหล (m/s)

2. การอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\frac{\partial \rho \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U} \mathbf{u}) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \nabla \cdot (\mu \nabla \mathbf{u}) \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U} \mathbf{v}) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \nabla \cdot (\mu \nabla \mathbf{v}) \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho \mathbf{w}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U} \mathbf{w}) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \nabla \cdot (\mu \nabla \mathbf{w}) \quad (6)$$

3. การอนุรักษ์พลังงาน

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u} H) - \nabla \cdot (k \nabla T) = 0 \quad (7)$$

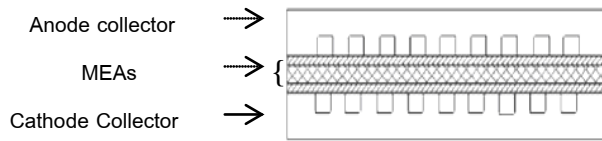
เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (K)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/ m².K)

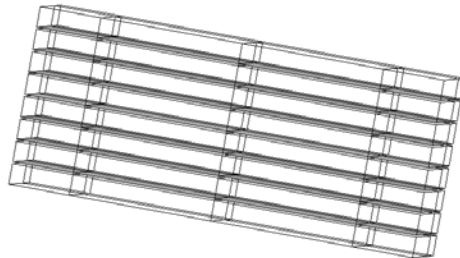
H คือ heat flux (J/m²)

2.3 แบบจำลองเชิงตัวเลข 3 มิติเซลล์เชื้อเพลิง

แบบจำลองเชิงตัวเลข 3 มิติ วิธี Finite Volume Method (FVM) ที่สร้างขึ้นนั้นเป็นแบบจำลองห่อเซลล์เชื้อเพลิง มีขนาด 7 ชั้นเซลล์ ขนาดของ Membrane Electrode Assembly (MEAs) 304.8 X 304.8 X 0.0508 มม. จำนวน 7 ชั้น ขนาดของแผ่นโพลาร์เพลต 100 X 100 X 5 มม. จำนวน 8 ชั้น ซึ่งทำจากแกรไฟต์ มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าได้ดี แสดงในรูปที่ 3



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 แบบจำลองเชิงตัวเลขของห่อเซลล์เชื้อเพลิง

2.4 Boundary Condition

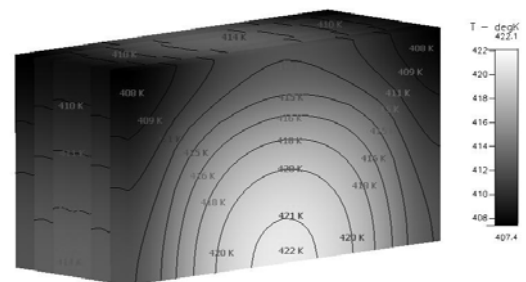
สภาวะเงื่อนไขขอบเขตและสมมติฐานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เมมเบรนมีขนาดพื้นที่ทำปฏิกิริยา 50 ตารางเซนติเมตร บริเวณขอบด้านนอกของแผ่นโพลาร์เพลตมีการพาความร้อนแบบอิสระ มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่ากับ 25 วัตต์ต่อตารางเมตร (ที่มา: Incropera, 1996) มีการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนเป็นแบบ 3 มิติ แนวแกน x,y,z กำหนดให้แหล่งผลิตความร้อนของเซลล์เชื้อเพลิงแบบห่อเซลล์ มีค่าคง 5, 10, 15, 20 วัตต์ ไม่มีการไหลของก๊าซผ่านชั้นเซลล์ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เชื้อเพลิงในแนวแกน x,y,z มีลักษณะที่เหมือนกันทั้งสองด้าน (Symmetry) และไม่คิดค่าการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสี

3. ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

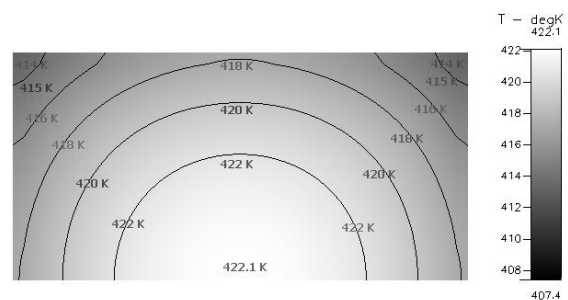
3.1 การศึกษาพฤติกรรมของการเกิดความร้อนและลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิง ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข

การศึกษาพฤติกรรมของการเกิดความร้อนของเซลล์เชื้อเพลิง เป็นขั้นตอนการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดความร้อนและลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาประยุกต์ใช้หรือนำมาพัฒนาระบบ ห่อเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งใน

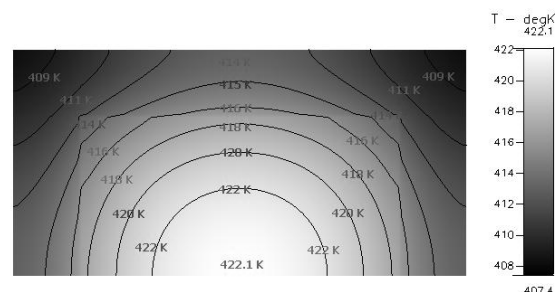
งานวิจัยนี้ จะกำหนดให้ ห่อเซลล์เชื้อเพลิง มีกำลังการผลิตไฟฟ้าประมาณ 5, 10, 15, 20 วัตต์ ศึกษาการเกิดความร้อนภายในเซลล์เชื้อเพลิง ที่ชั้น MEAs และแผ่นโพลาร์เพลต เมื่อเวลาผ่านไป โดยศึกษาช่วงอุณหภูมิการทำงานของระบบ 50–80 องศาเซลเซียส และศึกษาอุณหภูมิสุดท้ายในสภาวะคงตัว (Steady state) ณ เวลานั้นๆ โดยผลของการกระจายตัวของอุณหภูมิในสภาวะคงตัว ของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ แสดงดังรูปที่ 4



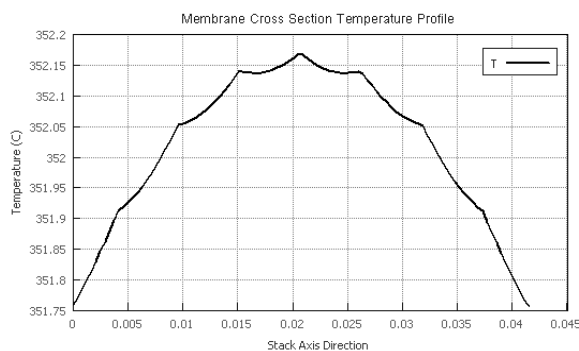
รูปที่ 4 การกระจายตัวของอุณหภูมิห่อเซลล์เชื้อเพลิงที่สภาวะคงตัว (Steady state) กำลังผลิต 20 วัตต์



รูปที่ 5 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ชั้น MEAs ที่สภาวะคงตัว (Steady state) กำลังผลิต 20 วัตต์



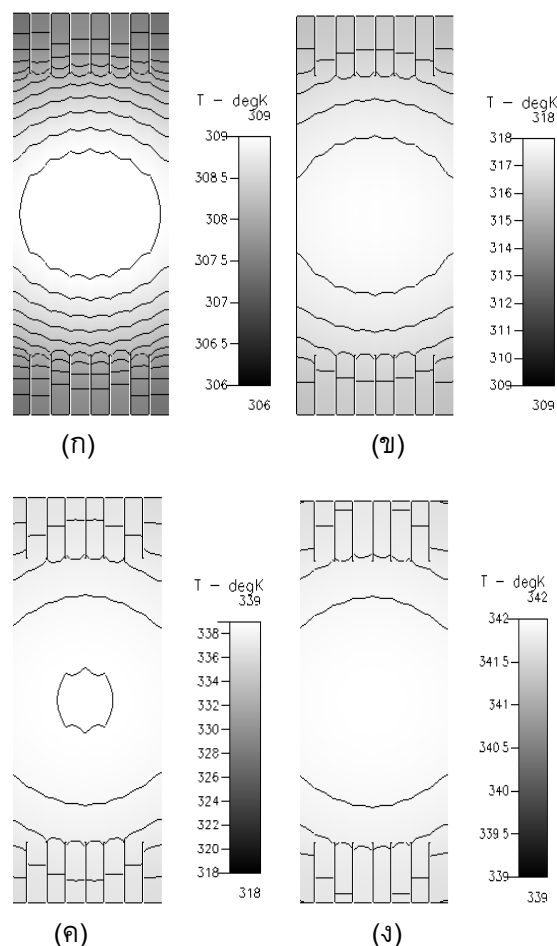
รูปที่ 6 การกระจายตัวของอุณหภูมิแผ่นโพลาร์เพลตที่สภาวะคงตัว (Steady state) กำลังผลิต 20 วัตต์



รูปที่ 7 กราฟอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทั้ง 7 ชั้น

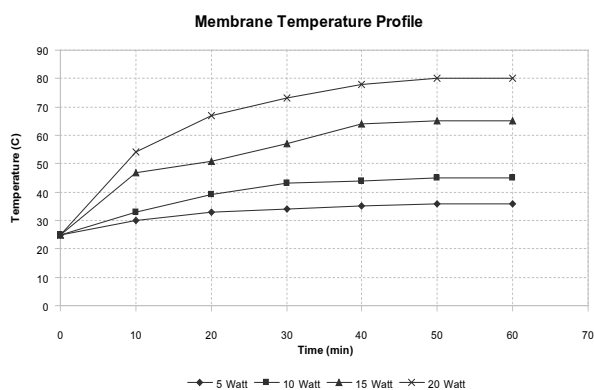
ผลศึกษาการเกิดความร้อนของ หอเซลล์เชื้อเพลิง โดยทำการศึกษาพฤติกรรมการเกิดความร้อนของ เซลล์เชื้อเพลิงที่กำลังผลิตต่างกันเริ่มจาก 5, 10, 15, และ 20 วัตต์ เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของ อุณหภูมิขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงกำลังทำงานจนกระทั่ง อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัว ซึ่งลักษณะการกระจายตัว ของอุณหภูมิเป็นดังรูปที่ 4 ถึง รูปที่ 6 แสดงการ กระจายตัวของอุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิงที่สภาวะคงตัวที่ กำลังผลิต 20 วัตต์ พบว่า รูปแบบการกระจายตัวของ อุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลขเป็นลักษณะ การกระจายตัวแบบสมมาตรกันทุกด้าน มีการกระจาย ตัวของอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่ชั้น MEAs ออกมาด้านนอกในทิศทางแนวแกน X,Y ซึ่ง เกิดจากการนำความร้อนจากส่วนที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ พื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า แสดงดังรูปที่ 4 ส่วนรูปที่ 5 และ 6 เป็นการแสดงลักษณะการกระจายตัวของ อุณหภูมิที่ชั้น MEAs และแผ่นโพลาร์เพลตที่ผิวสัมผัส ติดกับชั้น MEAs โดยใช้เส้นวงกลมบอกแบ่ง ช่วงลักษณะการกระจายอุณหภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ภายในชั้น MEAs โดยที่กำลังการผลิตไฟฟ้าประมาณ 20 วัตต์ เกิดความร้อนภายในเซลล์เชื้อเพลิง อุณหภูมิ สูงถึง 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัว ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีระบบระบายความร้อนควบคุม อุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิง จากรูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิที่ เกิดขึ้นในชั้น MEAs ของเซลล์ทั้ง 7 ชั้นเซลล์ ผล การศึกษา MEAs ในชั้นที่ 3,4,5 เป็นชั้นที่มีความเสี่ยง ต่อการชำรุดสูง ซึ่งชั้นที่ 4 เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางมี พื้นที่ในการระบายความร้อนน้อย และยังรับความร้อน

ที่มาจากกระจายตัวของชั้นที่ 3 และ 5 จึงทำให้เกิด ความร้อนสะสมสูงเป็นชั้นที่ MEAs เสี่ยงต่อการไหม้ หรือชำรุดได้มากที่สุด หากระบายความร้อนออกไม่ทัน ส่วนชั้นที่ 3 และ 5 มีความร้อนสะสมรองลงมาจากชั้นที่ 4 แต่มีความเสี่ยงน้อยกว่า เพราะสามารถกระจาย ความร้อนออกได้ทั้งสองฝั่งความร้อนสะสมในตัวเองจึง น้อยลง ส่วนชั้นอื่นๆ อุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลง และ ไม่มีปัญหาเรื่องเซลล์ไหม้ หรือชำรุด เนื่องจาก สามารถนำความร้อนออกสู่ภายนอกได้มากกว่าจึงมี ความร้อนสะสมน้อย ต่อไปจะแสดงลักษณะการ กระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังการผลิตต่างๆ



(ก) การกระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังผลิต 5 วัตต์
(ข) การกระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังผลิต 10 วัตต์
(ค) การกระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังผลิต 15 วัตต์
(ง) การกระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังผลิต 20 วัตต์
รูปที่ 8 ภาพตัดขวางการกระจายตัวของอุณหภูมิ ภายในเซลล์เชื้อเพลิงที่กำลังผลิต 5,10,15,20 วัตต์

จากรูปที่ 8 เป็นการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิงที่กำลังการผลิตต่างๆ ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 8 (ก) การกระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังผลิต 5 วัตต์ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไปหนึ่งชั่วโมงอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงเพิ่มเป็น 36 องศาเซลเซียส, กำลังผลิต 10 วัตต์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 45 องศาเซลเซียส แสดงไว้ดังรูป (ข) กำลังผลิต 15 วัตต์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 65 องศาเซลเซียสแสดงไว้ดังรูป (ค) และ กำลังผลิต 20 วัตต์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 80 องศาเซลเซียสแสดงไว้ดังรูป (ง) โดยลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละเซลล์จะเริ่มจากตรงกลางเซลล์ ซึ่งเป็นชั้นของ MEAs แพร่กระจายออกไปด้านข้างและชั้นเซลล์ถัดๆ ไปลักษณะการกระจายตัวเป็นแบบวงกลมขยายออกด้านข้าง เมื่อทำการศึกษาโดยการเพิ่มกำลังการผลิตส่งผลให้อุณหภูมิภายในเซลล์เชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น และพบว่าที่กำลังผลิต 5 และ 10 วัตต์ อุณหภูมิเซลล์เพียง 36 และ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง จึงควรมีการเพิ่มความร้อนให้กับเซลล์เชื้อเพลิงด้วยการติดฮีตเตอร์ให้กับเซลล์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเซลล์ หรืออาจจะช่วยลดระยะเวลาในการ Open circuit voltage ของเซลล์ได้ดีขึ้น



รูปที่ 9 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเซลล์ตามเวลา

จากรูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเซลล์ที่กำลังผลิตต่างๆ ตามเวลา จากกราฟพบว่าผลต่างของอุณหภูมิแต่ละกำลังการผลิตแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดที่กำลังการผลิตสูงอุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิงจะสูงตามไปด้วย ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีภายในชั้น MEAs ขณะระบบทำงาน ทำให้เกิดความร้อนและส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าที่กำลังผลิต 20 วัตต์ อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจากอุณหภูมิเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียสในเวลา 10 นาทีอุณหภูมิเพิ่มเป็น 57 องศาเซลเซียสและเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลา 45 นาทีอุณหภูมิเซลล์เริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 80 องศาเซลเซียส ที่กำลังผลิต 15 วัตต์อุณหภูมิเซลล์สูงขึ้นแตกต่างจากกำลังผลิต 10 และ 15 วัตต์ อย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที อุณหภูมิยังสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเวลาที่ 45 อุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิงเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 65 องศาเซลเซียส และที่กำลังผลิต 5 และ 10 วัตต์ ซึ่งเป็นค่าการผลิตที่ต่ำมากหากคิดเฉลี่ยใน 7 เซลล์ที่กำลังผลิต 5 วัตต์ในแต่ละเซลล์ผลิตไฟฟ้า 0.1743 และ 1.4285 วัตต์ต่อเซลล์ตามลำดับ จึงทำให้ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาในเซลล์น้อยมากในเวลา 10 นาทีอุณหภูมิเพิ่มเป็น 30 และ 33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นอุณหภูมิค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงเวลา 50 นาทีอุณหภูมิเซลล์จึงจะเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 36 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากผลของอุณหภูมิที่ได้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง การเกิดความร้อนในเซลล์เชื้อเพลิงน้อยอาจส่งผลให้อุณหภูมิเซลล์เชื้อเพลิงเข้าสู่สภาวะคงตัวช้าลง และประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงลดต่ำลงด้วย

4.สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเกิดความร้อนภายในเซลล์เชื้อเพลิง วิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่กำลังการผลิตต่างๆ กัน พบว่าถ้าเพิ่มกำลังการผลิตให้กับเซลล์เชื้อเพลิง จะทำให้เกิดความร้อน

มากขึ้นและส่งผลให้อุณหภูมิในระบบการทำงานของ เซลล์เชื้อเพลิงสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่กำลังผลิต 5 วัตต์ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงอุณหภูมิของเซลล์ เชื้อเพลิงเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 36 องศาเซลเซียส,กำลัง ผลิต 10 วัตต์ ที่เวลา 1 ชั่วโมงอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคง ตัวที่ 45 องศาเซลเซียส ที่กำลังผลิต 15 วัตต์ ที่เวลา 1 ชั่วโมงอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ 65 องศาเซลเซียส และ กำลังผลิต 20 วัตต์ ที่เวลา 1 ชั่วโมงอุณหภูมิเข้าสู่ สภาวะคงตัวที่ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในชั้น MEAs มีอุณหภูมิสูงมาก เกิดความร้อนสะสมขึ้นส่งผล ให้อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในชั้นที่ 3,4,5 หาก ไม่มีระบบระบายความร้อน หรือการควบคุม อุณหภูมิ อาจจะทำให้ชั้น MEAs เกิดไหม้ได้ ดังนั้น ควรมีการติดตั้งระบบระบายความร้อนของเซลล์ เชื้อเพลิง เพื่อช่วยป้องกันและเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์ เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนให้สูงขึ้น ต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Preben J.S. Vie, Signe Kjelstrup, (2003). Thermal conductivities from temperature profiles in the polymer electrolyte fuel cell, *Electrochemical Acta*, May 2003, pp. 1069 – 1077.
- [2] Denver F. Cheddle, Norman D.H. Munroe, (2006). Three dimensional modeling of high temperature PEM fuel cells, *Journal of Power Sources*, January 2006, pp. 215–223.
- [3] Jianlu Zhang,Zhong Xie, Jiujun Zhang,(2006). High temperature PEM fuel cells,*Journal of Power Sources*, June 2006, pp. 872 – 891.
- [4] Hwang J.J,Chao C.H.,Wu W.,(2006). Thermal-fluid transports in a five-layer membrane-electrode assembly of a PEM fuel cell, *Journal of Power Sources*, October 2006, pp. 450 – 459.
- [5] S.S. Kocha, in: W. Vielstich, A. Lamm, H.A. Gasteiger (Eds.), *Hand-book of Fuel Cells:*

Fundamentals, Technology and Applications, John Wiley & Sons, Chichester.

- [6] สุพันธ์ ศรีณนิตย์ (2545). การถ่ายเทความร้อน กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี