197265

วิทยานิพนธ์นี้แสดงผลการศึกษาวิจัยระบบจัดการน้ำภายนอกเซลล์เดี่ยวและหอเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) เน้นการศึกษาภาคปฏิบัติโดยการทดสอบระบบให้ความชื้นแก่ก๊าซเชื้อเพลิงในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ไฮโดรเจนและออกซิเจน รวมถึงก๊าซไนโตรเจน โดยใช้ระบบจ่ายความชื้นแบบถังทำความชื้น (Bottle Humidifier) ซึ่งวัดความชื้นโดยไฮโกรมิเตอร์ที่ได้รับการสอบเทียบ (Calibration) แล้ว ซึ่งพบว่าอุณหภูมิของเครื่องทำความชื้น มีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลก๊าซในช่วง 50 - 500 sccm

เซลล์เดี่ยวและหอเซลล์ 5 ชั้น ได้รับการทดสอบที่สภาวะการทำงานต่างกัน ได้แก่ (1) การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนและอุณหภูมิควบคุมที่เครื่องทำความชื้น (2) อัตราส่วนระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงทั้งสองกรณีอัตราส่วนการป้อนก๊าซทั้งสองด้วยอัตราส่วนทางทฤษฎีมวลสารสัมพันธ์ (Stoichiometry ratio) หรือแบบอัตราส่วนเท่ากัน (3) การให้ความชื้นแก่อิเลคโทรดด้านเดียว หรือทั้งสองด้าน หรือไม่ให้เลย รวมถึง (4) การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ตามเวลาเมื่อเปลี่ยนกรรมวิธีการ By pass ก๊าซเชื้อเพลิงจากระบบจ่ายความชื้น หากเกิดการลดลงของความต่างศักย์

ผลการทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงโดยชุดอุปกรณ์ทดสอบ (Test Station) ทำให้ทราบกราฟประสิทธิภาพ (Polarization curve) และทราบค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์สูงสุดที่ความหนาแน่นกระแสที่ต้องการ ซึ่งนำไปใช้เป็นสภาวะในการทดสอบการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวและหอเซลล์เชื้อเพลิง 5 ชั้น เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ตามเวลา และผลการ By pass ก๊าซเชื้อเพลิงจากเครื่องทำความชื้นเพื่อลดปัญหาการท่วมของน้ำในเซลล์เชื้อเพลิง

การทำความชื้นที่ทั้งด้านออกซิเจน (แคโทด) และไฮโดรเจน (แอโนด) จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด และหากอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้เพิ่มขึ้น แต่พบว่ากำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์สูงสุดเกิดที่อัตราการไหลไม่สูงนัก นอกจากนี้อัตราส่วนการป้อนก๊าซทั้งสองด้วยอัตราส่วนทางทฤษฎีมวลสารสัมพันธ์ (Stoichiometry ratio) หรือแบบอัตราส่วนเท่ากัน ไม่ให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน เพราะการใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงด้านแคโทดจะไม่ได้รับผลกระทบจากความเฉื่อยต่อปฏิกิริยาหากมีโนโตรเจนปนอยู่ด้วย ดังเช่นกรณีใช้อากาศจ่าย

การทดสอบ By pass ก๊าซเชื้อเพลิงทั้งสองจากเครื่องทำความชื้น พบว่า การเพิ่มอัตราการไหลก๊าซออกซิเจนเป็นสองเท่าในขณะที่ By pass จากเครื่องทำความชื้น จะลดปัญหาความต่างศักย์ตกเนื่องจากน้ำท่วมได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีการให้ออกซิเจนเท่าเดียว และที่ระยะเวลาทำงานของหอเซลล์ยาวนานขึ้นหรืออุณหภูมิสูงขึ้น ระยะเวลาในการ By pass จะลดลง และหอเซลล์ 5 ชั้นสามารถทำงาน ที่ระดับความต่างศักย์ 2.34 – 2.37 Volt ได้นานถึง 360 นาที

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในภาคทฤษฎีด้วย โดยการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในหอเซลล์ที่สภาวะการทำงานต่างกัน จากอัตราการเกิดน้ำด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี และสมดุลของน้ำที่เข้าสู่เซลล์ สะสมหรือลดลงในเซลล์ และออกจากเซลล์เชื้อเพลิง ทำให้สามารถทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำในหอเซลล์เชื้อเพลิงได้ ผลการทำนายแสดงว่าปริมาณน้ำที่สะสมในเซลล์ที่ความหนาแน่นกระแส 80 mA/cm^2 อยู่ในช่วง 9.64 - 11.12 กรัม/ ชั่วโมง และเมื่อเปรียบเทียบกรณีให้ความชื้นและไม่ให้ความชื้นแก่ก๊าซออกซิเจน พบว่ากรณีหลังสามารถลดปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในเซลล์ลงได้ 9.45%

197265

The Thesis discussed the research results of external water management system of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). The study focus on experiments set of a humidification system of fuel gas in laboratory, e.g. hydrogen and oxygen, including nitrogen. Humidification was done by bottle humidifier that a calibrated hygrometer probe was used. The calibration results showed that humidifier temperature has more effect on relative humidity (RH) than increasing of flow rate within the range 50 – 500 sccm.

A Single cell and a stack cell (assembled from 5 cells) were tested under different conditions: i.e. (1) Variation of hydrogen and oxygen flow rate and temperature of humidifier, (2) Ratio between flow rate of these two gases, Stoichiometry ratio or supplying both gases with similar flow rate, (3) Humidification at one side of electrode, or both sides, or none, including (4) Test for time variation of voltage with the method to "By pass" of fuel gas from humidifier when the voltage is dropped.

Experimental results of fuel cell using "Test station" gave "Polarization curves", maximum power densities and voltages at determined current density. These results were used in the consequent experiment of both single and stack cell (5 cells) to indicate variation of voltage with time, and influence of "by pass" to reduce water flooding problem.

Humidification at both oxygen (Cathode) and hydrogen (Anode) sides resulted in highest cell efficiency. Increasing of humidifier temperature means increasing highest power density. However, highest voltage was not achieved by feeding higher gas flow rate. Moreover, feeding rate between two gases either Stoichiometry or similar rate gave not significant differences of efficiency. The reason was that oxygen fuel is not retarded by concentration of nitrogen as in the case of feeding air fuel.

Test of "By pass" of fuel gas from humidifier showed that to double oxygen flow rate, when doing by pass from humidifier, could better decrease voltage drop problem due to water flooding, than without doubling. When fuel cell operated longer or in condition of higher cell temperature, the by pass period was reduced. Then, stack fuel cell (5 cells) could operate at 2.34 – 2.37 voltage level for 360 min.

The author also carried out theoretical study, by calculating rate of change of water mass in stack cell under various operating conditions. The calculation was based on water production rate by electrochemical reactions, water balances from entrance flow, rate of accumulation or depletion in cell, and in exit flow. The predicted results showed that rate of water accumulation vary between 9.64 – 11.12 g/hr at current density 80 mA/cm^2. In comparison between two cases, with- and without- oxygen humidifying, the latter case could reduce accumulated water by 9.45%.