บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์

ความต้องการการใช้งานยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบันส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากยานยนต์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันนั้นใช้พลังงานจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและทางเสียง บริษัทรถยนต์รวมทั้งประเทศต่างๆ จึงเริ่มมีความสนใจที่จะนำยานยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงมาทดแทนเครื่องยนต์สันดาปภายในตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 เป็นต้นมา[1] เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน(PEMFC)ได้รับความสนใจเป็นพิเศษเมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่น เนื่องจากมีอุณหภูมิทำงานต่ำและมีการตอบสนองที่ไว และเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายในพบว่าเซลล์เชื้อเพลิงมีข้อได้เปรียบกว่าในแง่ของแหล่งที่มาของเชื้อเพลิงเนื่องจากใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงจึงมีความหลากหลายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และในเชิงประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในอย่างน้อย 30% นอกจากนั้นเซลล์เชื้อเพลิงยังมีส่วนประกอบน้อยชิ้นและไม่ส่งเสียงดังเหมือนเครื่องยนต์สันดาปภายใน [2]

อย่างไรก็ดี การที่จะนำเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนมาใช้ทดแทนเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้น ยังมีปัญหาอีกหลายด้านที่พึงพิจารณา ทั้งเรื่องขนาด น้ำหนัก ความคงทน ราคาและการลดความซับซ้อนของเซลล์เชื้อเพลิงลง นอกจากปัญหาที่กล่าวมาแล้วยังมีปัญหาเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงให้เหมาะสม โดยปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับประสิทธิภาพนั้นจำแนกได้เป็น 3 ข้อด้วยกัน ได้แก่ ปัญหาของคอมเพรสเซอร์ การจัดการกับความร้อนและการจัดการกับน้ำ[3]

ปัญหาของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในระบบป้อนอากาศนั้น เกิดจากคอมเพรสเซอร์ที่มีใช้ในปัจจุบัน อาจบริโภคกำลังไฟฟ้าได้สูงถึง 25% ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แถว (stack) ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงโดยรวมลดลงอย่างมาก[4] หลายงานวิจัยพยายามปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบป้อนอากาศให้มีค่าสูงขึ้น เช่น ศึกษาระบบควบคุมที่ใช้ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้มีความเหมาะสมต่อความต้องการอากาศและความดันของเซลล์แถว [5-6] หรือการทดลองใช้อากาศขาออกมาขับ expander ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับคอมเพรสเซอร์ เพื่อช่วยลดความต้องการทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ [4]

การศึกษาเกี่ยวกับการจัดการความร้อนของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมีความจำเป็น เนื่องจากอุณหภูมิทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพ เสถียรภาพและอายุการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงโดยตรง ขณะทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนจะผลิตความร้อน ความร้อนดังกล่าวส่งผลให้ตัวเซลล์เชื้อเพลิงมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่หากความร้อนที่เซลล์ผลิตมีปริมาณที่มากเกินไปอาจส่งผลให้เมมเบรนแห้ง ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีภายในเซลล์ลดลง มีผลให้เมมเบรนมีอายุการใช้งานที่สั้นลงและเมมเบรนอาจจะเสื่อมสภาพได้ในที่สุดเมื่อต้องทำงานภายใต้อุณหภูมิที่สูงมากๆ การระบายความร้อนให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงจึงมีความจำเป็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม วิธีการระบายความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีโดยขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์เชื้อเพลิง อาจใช้อากาศที่ป้อนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิงเป็นตัวระบายความร้อนสำหรับเซลล์ขนาดเล็ก หากเซลล์เชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยในการระบายความร้อนเพิ่มเติม เช่น พัดลมระบายอากาศ น้ำหล่อเย็น เป็นต้น [7] ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการความร้อนจัดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย ทั้งในแง่ของการหาช่วงอุณหภูมิทำงานที่ดีที่สุดภายใต้สภาวะต่างๆ[8] การปรับปรุงเมมเบรนให้สามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงขึ้น [9-10] และการเสริมแผ่นกราไฟต์แบบพิเศษเข้าไปในเซลล์แถวเพื่อช่วยระบายความร้อนภายในเซลล์เชื้อเพลิง [11] เป็นต้น

การศึกษาเกี่ยวกับการจัดการน้ำของเซลล์เชื้อเพลิง จัดได้ว่าเป็นอีกเรื่องที่น่าสนใจอย่างมาก เมมเบรนที่มีใช้ในปัจจุบันต้องทำงานภายใต้ความชื้นที่เพียงพอ หากปริมาณความชื้นภายในเมมเบรนมีปริมาณน้อยเกินไปจะทำให้ ionic resistance มีค่าเพิ่มขึ้นและส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าลดต่ำลงเนื่องจาก ohmic loss แต่หากปริมาณความชื้นภายในเมมเบรนมีค่าสูงเกินไปหรือภายในเซลล์นั้นมีปริมาณน้ำมากเกินกว่าความต้องการของเซลล์จะทำให้การเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีลดลงเนื่องจากน้ำไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของตัวทำปฏิกิริยา(reactant) [12] โดยสรุปแล้ว ปริมาณน้ำภายในเซลล์เชื้อเพลิงจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก ปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับเมมเบรนนั้นต้องอาศัยแหล่งน้ำจากภายนอกร่วมกับปริมาณน้ำที่เซลล์ผลิตได้เพื่อที่จะให้ได้ปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อความต้องการของเมมเบรน แหล่งน้ำจากภายนอกดังกล่าวนิยมใช้ตัวทำปฏิกิริยาที่มีความชื้นสูงป้อนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิงโดยตรง การเพิ่มปริมาณน้ำให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงวิธีนี้สามารถเลือกได้ว่าจะเพิ่มความชื้นให้แก่ตัวทำปฏิกิริยาเพียงด้านใดด้านหนึ่งหรือเพิ่มความชื้นให้กับตัวทำปฏิกิริยาทั้งสองด้านก็ได้ตามความเหมาะสม จากผลงานวิจัยที่พยายามจะศึกษาหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง พบว่า เซลล์เชื้อเพลิงจะทำงานได้ดีเมื่ออากาศป้อนมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 50% และจะมีประสิทธิภาพดี

ที่สุดเมื่อทำงานโดยใช้อากาศป้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ราว 60% - 70% ขึ้นอยู่กับชนิดของเมมเบรนและสภาวะในการทำงานที่แตกต่างกันออกไป [13-14]

อุปกรณ์เพิ่มความชื้นแก่ตัวทำปฏิกิริยาจึงเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงที่ต้องทำงานภายใต้สภาวะที่อากาศแห้งหรือมีความชื้นไม่เพียงพอ อย่างไรก็ดีอุปกรณ์เพิ่มความชื้นของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนที่ใช้ในยานยนต์จะต้องมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างจากเซลล์เชื้อเพลิงแบบติดตั้งอยู่กับที่ เนื่องจากการออกแบบเพื่อใช้ในยานยนต์ต้องการระบบที่มีน้ำหนักเบาและกะทัดรัด การใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่ต้องมีแหล่งน้ำเสริมและแหล่งพลังงานเสริมสำหรับขดลวดความร้อนเหมือนเซลล์เชื้อเพลิงแบบติดตั้งอยู่กับที่จึงไม่เหมาะสม วิธีการเพิ่มความร้อนและความชื้นสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงในยานยนต์จึงนิยมใช้อากาศขาออกที่ได้รับความร้อนและความชื้นจากเซลล์แถว มาผ่านอุปกรณ์เพิ่มความชื้นเพื่อเพิ่มความชื้นและอุณหภูมิของอากาศขาเข้าให้มีค่าสูงขึ้นและใกล้เคียงกับความต้องการของเมมเบรนมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามทิศทางการออกแบบเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อใช้ในยานยนต์ในอนาคตมีเป้าหมายที่จะเลิกใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นให้ได้ภายในปี ค.ศ. 2015 อันใกล้นี้ เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูง อายุการใช้งานต่ำและทำให้ระบบมีความซับซ้อนมากทั้งยังทำให้ขนาดและน้ำหนักของเซลล์เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจึงไม่เหมาะแก่การใช้งานในยานยนต์ สำหรับวิธีแก้ปัญหานั้นจำเป็นที่จะต้องรอให้การปรับปรุงเมมเบรนของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนที่มีงานวิจัยเกี่ยวข้องอย่างแพร่หลายในปัจจุบันประสบความสำเร็จในการผลิตและทดสอบเมมเบรนที่สามารถทำงาน ณ อุณหภูมิที่สูงขึ้นและความชื้นต่ำได้ เพื่อที่จะไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นดังกล่าวอีกต่อไป [3]

ในช่วงเวลาเดียวกันนี้กลับมีหลากหลายแนวทางวิจัยที่พยายามจะทดสอบการทำงานของเมมเบรนชนิดที่ยังคงต้องการความชื้นในการทำงานสูงโดยไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นกับระบบเซลล์เชื้อเพลิงดังกล่าว เช่นงานวิจัยของ Jianlu Zhang และคณะ โดยการทดสอบเริ่มจากการนำเอาเซลล์แถวมาทดสอบบนแท่นทดสอบที่ทำการควบคุมให้อากาศขาป้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เป็น 0% เพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะทำงานภายใต้สภาวะดังกล่าว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศขาเข้าเป็น 0% ยังมีค่าต่ำกว่าเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเป็น 100% อยู่มาก แต่หากจำเป็นจะต้องทำงานที่สภาวะดังกล่าว เซลล์เชื้อเพลิงจำต้องถูกกำหนดให้ทำงานที่อุณหภูมิต่ำลงเพื่อลดการสูญเสียน้ำภายในเมมเบรน อัตราการไหลของอากาศก็ต้องลดลงเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาภายในเซลล์ และอากาศป้อนต้องมีความดันสูงขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีภายในเซลล์ [15]

อีกแนวทางในการวิจัย Guo-Bin Jung และคณะพยายามทดสอบระบบที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น แต่อาศัยข้อได้เปรียบทางภูมิประเทศที่มีความชื้นภายในอากาศสูงอยู่แล้วป้อนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิงโดยตรง โดยไม่ใช้คอมเพรสเซอร์ช่วยอัดอากาศแต่ทำการออกแบบแผ่นนำไฟฟ้าสองขั้ว(bipolar plate)ใหม่ให้มีช่องทางเปิดสำหรับอากาศขาเข้ามากขึ้น การศึกษานี้ทำในเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพกพา แต่ก็ยังพบปัญหาในการระบายความร้อนเนื่องจากอัตราการไหลของอากาศยังคงไม่เพียงพอ การศึกษาจึงบ่งชี้ว่าในปัจจุบันแม้กระทั่งเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพกพายังคงต้องการอัตราการไหลที่สูงจึงยังคงหลีกเลี่ยงการใช้คอมเพรสเซอร์ไม่ได้ และจากผลการทดสอบยังพบว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศป้อนมีค่าสูงกว่า 55% เซลล์เชื้อเพลิงจึงจะมีเสถียรภาพและประสิทธิภาพที่ดี [16]

จากแนวทางที่ Guo-Bin Jung และคณะที่เลือกจะใช้ข้อได้เปรียบทางภูมิศาสตร์ ที่เห็นว่าความชื้นในอากาศมีค่าสูงอยู่แล้วและไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นอีก ผู้วิจัยจึงได้ตระหนักว่าอากาศในประเทศไทยและประเทศอื่นๆในภูมิภาคเดียวกันก็มีข้อได้เปรียบในการใช้งานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนสูงกว่าประเทศอื่นๆที่มีความชื้นในอากาศค่อนข้างต่ำ เนื่องจากประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร มีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงถึง 76% จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะให้เซลล์เชื้อเพลิงทำงานโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น แต่ก็ยังสรุปไม่ได้ว่าในเซลล์เชื้อเพลิงที่ขนาดใหญ่กว่าขนาดพกพา เซลล์เชื้อเพลิงจะทำงานโดยใช้ข้อได้เปรียบทางภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวแล้วไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นได้หรือไม่ และจากงานวิจัยของ Jianlu Zhang และคณะที่บ่งชี้ให้เห็นว่าเซลล์เชื้อเพลิงทำงานที่ความชื้นต่ำได้ และการปรับเปลี่ยน parameter บางตัวมีส่วนช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงให้ดีขึ้นได้นั้นเป็นเพียงการทดสอบบนแท่นทดสอบ หากผู้วิจัยเลือกที่จะทำการทดสอบกับเซลล์เชื้อเพลิงที่ทำงานแบบ power module ซึ่งเป็นระบบที่ใกล้เคียงกับการใช้งานแบบยานยนต์มากยิ่งขึ้นจะได้ผลการทดสอบที่แตกต่างออกไปหรือไม่ นอกเหนือจากกรณีดังกล่าวแล้วหากสภาวะอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและสภาวะแวดล้อมหลายปัจจัย สิ่งที่ต้องพิจารณาเพิ่มขึ้นก็คือ หากความชื้นภายในอากาศมีค่าต่ำกว่าปกติในบางวันระบบควบคุมจะต้องทำการปรับเปลี่ยน parameter ใดบ้างเพื่อรักษาเสถียรภาพและประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงไว้

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะทดสอบถึงบทบาทของของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นต่อสมรรถนะของระบบเซลล์เชื้อเพลิง และระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่จะนำไปใช้งานจริงในประเทศที่มีความร้อนและความชื้นสูงยังมีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นหรือไม่ และหากจำเป็นที่จะต้อง

ทำงานภายใต้สภาวะอากาศที่ความชื้นต่ำกว่าปกติเนื่องจากความชื้นของสภาวะอากาศภายนอกต่ำในบางเวลาจะต้องทำการปรับเปลี่ยน parameter ใดบ้างเพื่อรักษาเสถียรภาพในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงไว้ โดยในการศึกษาจะพิจารณาเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนของระบบเซลล์เชื้อเพลิง NEXA power module อันประกอบไปด้วยระบบป้อนเชื้อเพลิง ระบบป้อนตัวทำปฏิกิริยาระบบระบายความร้อนและระบบคอนโทรล ซึ่ง power module ดังกล่าวต้องสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติและใช้แหล่งจ่ายไฟสำรองเฉพาะตอนเริ่มทำงาน หลังจากนั้นไฟฟ้าที่ใช้ป้อนแก่ระบบภายใน power module จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากปฏิกิริยาภายในเซลล์เชื้อเพลิงเท่านั้น ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์เชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับทั้งประสิทธิภาพของตัวเซลล์แถวเองและประสิทธิภาพของอุปกรณ์เสริม (auxiliary)

ในการทดสอบจะใช้ไฮโดรเจนบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงและอากาศเป็นออกซิแดนท์แล้วเปรียบเทียบการทำงาน ประสิทธิภาพและเสถียรภาพของเซลล์แถวเมื่อใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นในระบบป้อนอากาศกับระบบที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น พร้อมทั้งพิจารณาถึงผลกระทบต่อการทำงาน การบริโภคกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์และพัดลมระบายความร้อน เนื่องจากในระบบที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นย่อมที่จะมีความต้องการอัตราการไหลของอากาศที่แตกต่างกันออกไป และความร้อนที่เกิดขึ้นในเซลล์เชื้อเพลิงก็ย่อมมีการเปลี่ยนแปลง อาจส่งผลให้การบริโภคกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และพัดลมระบายอากาศเปลี่ยนแปลงไปได้เช่นกัน

นอกเหนือจากกรณีดังกล่าวแล้วยังต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับกรณีที่ความชื้นในอากาศต่ำกว่าปกติจะส่งผลกระทบใดบ้างต่อเซลล์เชื้อเพลิง จำเป็นที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศป้อน ความดันทำงานหรืออุณหภูมิทำงานหรือไม่ เพื่อที่จะให้เซลล์เชื้อเพลิงภายใต้สภาวะการดังกล่าวได้

ขนาดและน้ำหนักรวม การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ความซับซ้อนของระบบ ก็เป็นปัจจัยที่จะต้องพิจารณาในการทดสอบนี้ การศึกษาจะได้บ่งชี้ว่า ในประเทศที่มีสภาวะอากาศที่มีความร้อนและความชื้นในอากาศใกล้เคียงกับความต้องการของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นจะเป็นข้อได้เปรียบที่ทำให้สามารถเลิกใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้นได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนเมมเบรนหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาถึงบทบาทของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นต่อสมรรถนะของระบบเซลล์เชื้อเพลิง
2. ศึกษาถึงผลการทำงาน การบริโภคไฟฟ้าและประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์และพัดลมระบายความร้อน ในกรณีที่เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น
3. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น พร้อมทั้งสรุปแนวทางการออกแบบระบบป้อนอากาศของระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้งานภายในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

การศึกษาการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนในครั้งนี้ จะทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปแบบของ Power module ขนาด 1.2 kW แล้วศึกษาหาข้อดีข้อเสีย ผลกระทบต่ออุปกรณ์เสริมหลักภายใน Power module สำหรับกรณีที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจบทบาทของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นต่อสมรรถนะของระบบเซลล์เชื้อเพลิง
2. เข้าใจพฤติกรรมของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ทั้งในกรณีที่มีอุปกรณ์เพิ่มความชื้นร่วมอยู่ด้วยและกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์เพิ่มความชื้นร่วมอยู่ ภายใต้ภาระคงที่
3. ทราบถึงผลกระทบต่อ Power module ในกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น ทั้งผลกระทบต่อการบริโภคกำลังไฟฟ้าภายใน module น้ำหนักและขนาดรวมของ module ที่เปลี่ยนแปลงไป ความซับซ้อนของระบบ
4. สามารถบ่งชี้ถึงโอกาสของทางเลือกที่จะไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นภายใน Power module ของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนในอนาคตได้
5. ทราบถึงแนวทางในการออกแบบ ระบบป้อนอากาศภายใน PEMFC power module ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในประเทศไทยและแถบประเทศอื่นๆ ที่มีลักษณะภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน