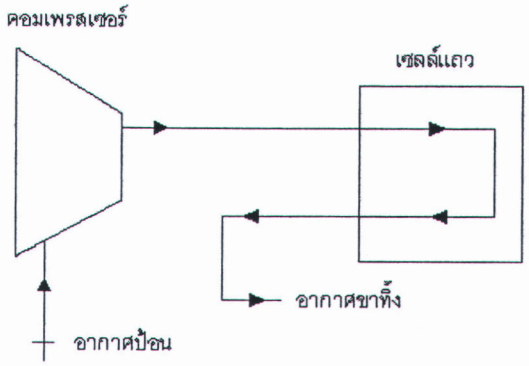
บทที่ 4
การทดสอบงานวิจัย

จากเนื้อหาเกี่ยวกับระบบเซลล์เชื้อเพลิงในบทที่ 3 ระบบเซลล์เชื้อเพลิง ผู้วิจัยพบว่าในการทดสอบของงานวิจัยนี้มีความจำเป็นที่จะต้องทำการดัดแปลงระบบเซลล์เชื้อเพลิงให้สามารถถอดเอาอุปกรณ์เพิ่มชื้นออกจากระบบและติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวกลับเข้าไปในระบบได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าควบคุมภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิง การดัดแปลงระบบเซลล์เชื้อเพลิงจึงจัดได้ว่าเป็นหัวใจของบทนี้ พร้อมกันนั้นยังมีเนื้อหาเกี่ยวกับการวัด การติดตั้งเซนเซอร์ ห้องที่ใช้ควบคุมสภาวะในการทดสอบและขั้นตอนในการทดสอบ ดังจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 แนวทางการทดสอบ

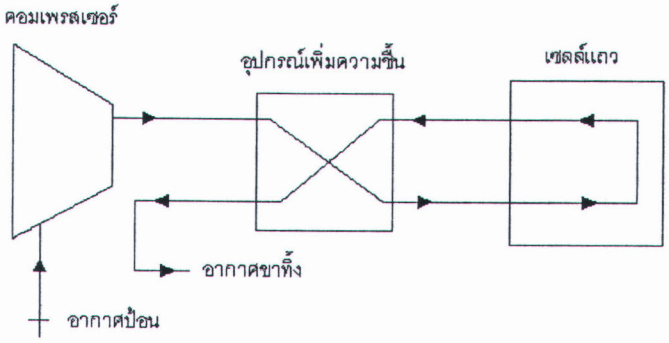
เพื่อศึกษาถึงความสำคัญของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นในระบบป้อนอากาศต่อการทำงานของระบบเซลล์เชื้อเพลิง การทดสอบจึงถูกแบ่งออกเป็นสองกรณีอย่างชัดเจน กรณีแรกเป็นการทดสอบโดยไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นในระบบป้อนอากาศ ดังรูปที่ 4-1(ก) และกรณีที่สองเป็นการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นภายในระบบป้อนอากาศ ดังรูปที่ 4-1(ข)

จากแนวทางการทดสอบเพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นแล้ว ยังต้องทำการทดสอบเพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง การบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริม การบริโภคเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพรวมของทั้งสองกรณี เพื่อนำมาบ่งชี้ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของการใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นภายในระบบป้อนอากาศของเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งในแต่ละหัวข้อที่จะทำการศึกษา มีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งเซนเซอร์และเก็บข้อมูลระหว่างการทดสอบเพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์สมรรถนะในการทำงานของทั้งสองกรณีทดสอบ การเตรียมการทดสอบทั้งหมดมีรายละเอียดดังหัวข้อถัดไป



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ก) ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น



ข) ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

รูปที่ 4-1 แผนผังระบบป้อนอากาศของทั้งสองกรณี

4.2 การเตรียมการทดสอบ

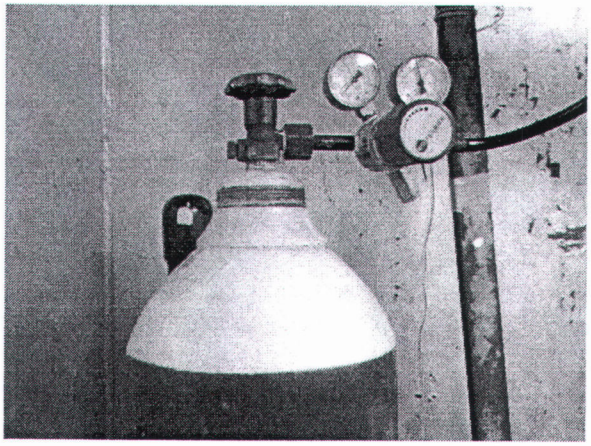
เพื่อให้การทดสอบเป็นไปตามแนวทางการทดสอบดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ผู้วิจัยต้องทำการดัดแปลงระบบเซลล์เชื้อเพลิงให้สามารถทำงานได้ตามแนวทางที่วางไว้ ทั้งนี้ การดัดแปลงระบบยังต้องเอื้อต่อการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตำแหน่งต่างๆ อีกด้วย รายละเอียดของการเตรียมการทดสอบมีดังต่อไปนี้

4.2.1 การติดตั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิง

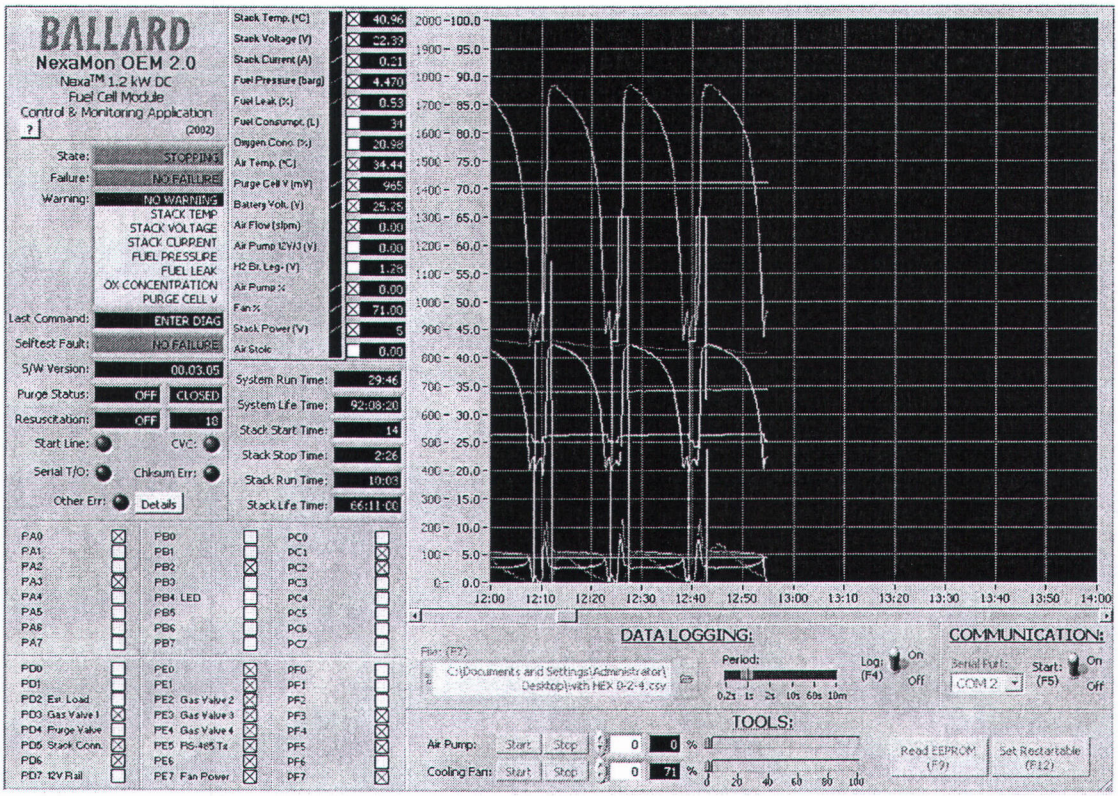
การใช้ระบบเซลล์เชื้อเพลิงนี้ในการทดสอบจะต้องติดตั้งแหล่งจ่ายไฟขณะเริ่มทำงาน แหล่งเชื้อเพลิงและภาระทางไฟฟ้าปรับค่าได้ ระบบจึงจะสามารถทำการทดสอบได้ ความต้องการของระบบเป็นไปดังระบุในตาราง 4-1

ความต้องการของระบบเซลล์เชื้อเพลิง	รายละเอียด	อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ
แหล่งจ่ายไฟขณะเริ่มทำงาน	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 18-30 โวลต์	DC power supply 24V const.
เชื้อเพลิง	ไฮโดรเจน 99.99% , pressure 70 to 1720 kPa(g)	ถังบรรจุไฮโดรเจน 99.99% พร้อมติดตั้ง pressure gage
ซอฟแวร์ในการสังเกตการทำงานและเก็บข้อมูล	ใช้โปรแกรม NexaMon ที่มาพร้อมกับเครื่อง	คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม LABVIEW
ภาระทางไฟฟ้า	ภาระทางไฟฟ้าที่มีขนาดไม่เกิน 1200 วัตต์	Electronic Load ยี่ห้อKIKUSUI รุ่น PLZ1004W

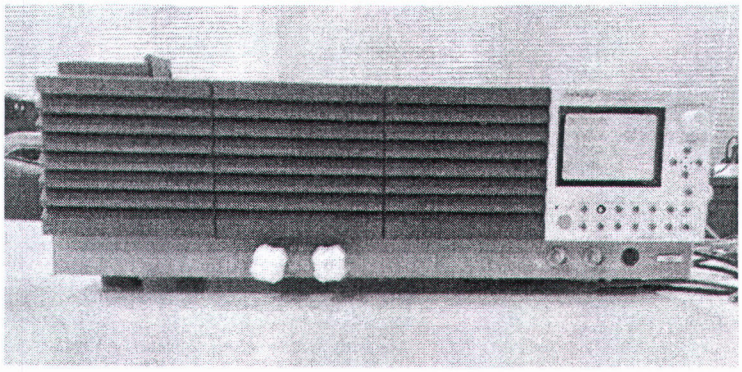
ตาราง 4-1 ความต้องการของระบบเซลล์เชื้อเพลิง



รูปที่ 4-2 ถังบรรจุไฮโดรเจน ความบริสุทธิ์ 99.99% ขนาด 7 ลูกบาศก์เมตร พร้อม pressure regulator



รูปที่ 4-3 หน้าหลักของโปรแกรม NexaMon



รูปที่ 4-4 Electronic Load ยี่ห้อ KIKUSUI รุ่น PLZ1004W

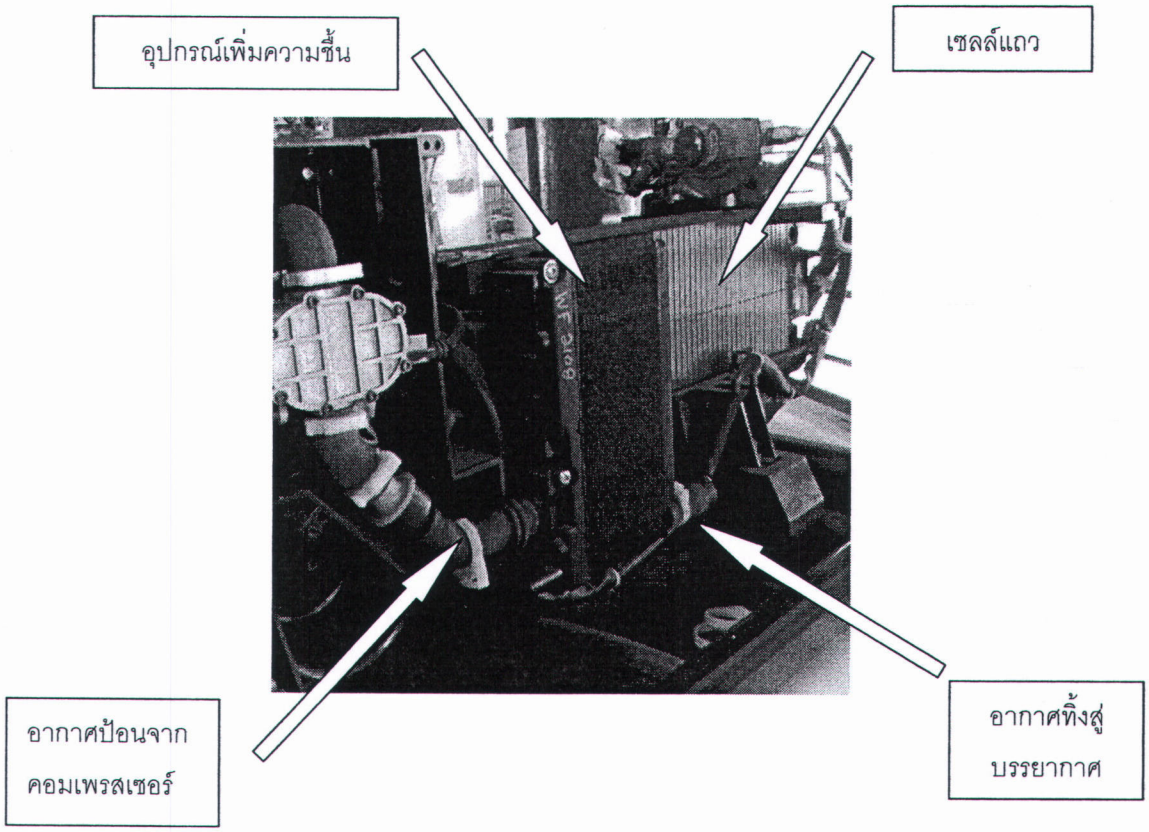
การบันทึกข้อมูลการทำงานของระบบเซลล์เชื้อเพลิงผ่านโปรแกรม NexaMon สามารถเก็บผลการทำงานที่สำคัญๆ ได้หลายค่า ทั้งในส่วนของ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของเซลล์แถว อัตราการไหลของอากาศ อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน เป็นต้น แต่หากต้องการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นของระบบเซลล์เชื้อเพลิงแล้ว การทดสอบจำเป็นที่จะต้องติดตั้งเซนเซอร์เข้าไปเพิ่มในบางตำแหน่ง แต่ตำแหน่งของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นถูกออกแบบให้ยึด

ติดกับเซลล์แถวจึงต้องทำการยืดระยะห่างระหว่างเซลล์แถวและอุปกรณ์เพิ่มความชื้นเพื่อที่จะติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์เพิ่มความชื้น รายละเอียดการดัดแปลงมีดังนี้

4.2.2 การติดตั้งเซนเซอร์ในกรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

การยืนยันว่าสามารถทำการดัดแปลงให้ระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกออกแบบให้มีอุปกรณ์เพิ่มความชื้นภายในระบบมาทำการทดสอบโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นได้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเบื้องต้นแล้วว่าสามารถทำได้จริง โดยทำการถอดอุปกรณ์เพิ่มความชื้นออกจากระบบเซลล์เชื้อเพลิงแล้วทำการเชื่อมต่อท่อส่งอากาศป้อนจากคอมเพรสเซอร์เข้าสู่เซลล์แถวโดยตรงและทำการดึงภาระจากระบบเซลล์เชื้อเพลิง 5 ระดับภาระ โดยแต่ละภาระมีค่าไม่เกิน 20% ของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่เซลล์แถวจ่ายได้ (240 วัตต์)) และควบคุมอุณหภูมิทำงานของเซลล์แถวให้มีค่าไม่เกิน 40°C (อุณหภูมิทำงานสูงสุดของเซลล์แถวมีค่าไม่เกิน 71°C) ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของระบบเซลล์เชื้อเพลิง ไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเมมเบรนและอุปกรณ์อื่นๆ จากการทดสอบเบื้องต้นดังกล่าว พบว่า เมื่อถอดอุปกรณ์เพิ่มความชื้นออกจากระบบป้อนอากาศของระบบเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน เครื่องยังคงสามารถทำงานได้โดยไม่กระทบกับระบบนิรภัยใดๆ ภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิง นอกเหนือจากนั้น ภายใต้การทดสอบที่ภาระต่ำและอุณหภูมิทำงานต่ำ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าการบริโภคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน การบริโภคอากาศ กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แถวผลิต และค่าการบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมของกรณีที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น ระบบให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากและเมื่อภาระเปลี่ยนแปลงไปก็จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ผลการทดสอบเบื้องต้นดังกล่าวแสดงในภาคผนวก ก สำหรับการทดสอบครั้งนี้จึงยึดวิธีการเดิมในการทดสอบระบบที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

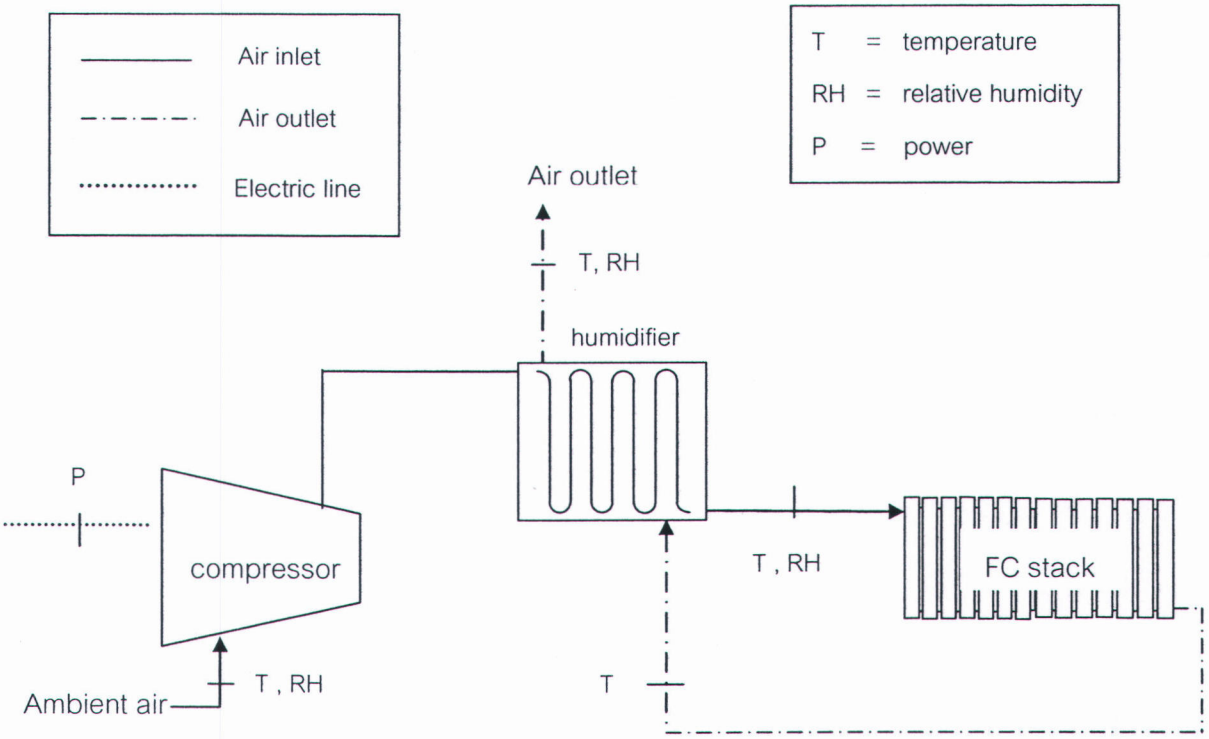
ในกรณีที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น การเตรียมการทดสอบจะค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากระบบเซลล์เชื้อเพลิงถูกออกแบบมาอย่างกะทัดรัดเพื่อที่จะควบคุมไม่ให้ระบบมีขนาดที่ใหญ่และไม่ให้มีชิ้นส่วนที่ซับซ้อนหรือยุ่งยากเกินความจำเป็น ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความชื้นจึงแนบประกบเข้ากันกับช่องทางอากาศเข้าและออกของเซลล์แถว โดยไม่มีท่อหรืออุปกรณ์ส่งถ่ายอากาศอื่นใดคั่นกลางระหว่างทั้งสองอุปกรณ์ หากไม่ทำการดัดแปลงการที่จะติดตั้งเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าเข้าไประหว่างทั้งสองชิ้นนั้นไม่สามารถที่จะทำได้ ดังรูปที่ 4-5



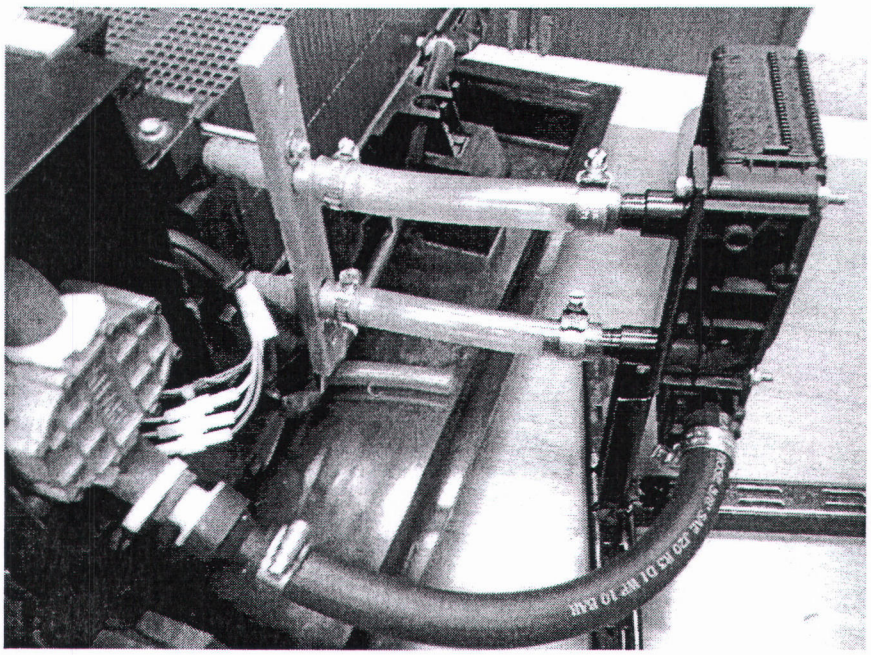
รูปที่ 4-5 ระบบเซลล์เชื้อเพลิงก่อนการดัดแปลง

ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเข้าออกอุปกรณ์เพิ่มความชื้นภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิงทั้งในกรณีที่ทำงานโดยใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น มีแผนผังในการติดตั้งเซนเซอร์ดังรูปที่ 4-6 ภายในแผนผังดังกล่าวยังแสดงตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องวัดการบริโภคกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ และน้ำหนักของน้ำที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งรายละเอียดจะนำเสนอต่อไป

จากรูป 4-5 จะเห็นได้ว่าไม่มีตำแหน่งใดที่สามารถติดตั้งเซนเซอร์เข้าไประหว่างเซลล์แถวกับอุปกรณ์เพิ่มความชื้นได้ ผู้วิจัยจึงทำการยืดระยะห่างของสองอุปกรณ์โดยใช้ท่อพลาสติกใส ให้มีลักษณะดังรูป 4-7 แล้วต่อท่ออากาศป้อนจากคอมเพรสเซอร์ใหม่ให้มีความยาวมากขึ้นพอที่จะต่อเข้ากับอุปกรณ์เพิ่มความชื้นได้และที่ตัวอุปกรณ์เพิ่มความชื้น ผู้วิจัยได้ออกแบบแท่นจับให้มีช่องทางการไหลอากาศยื่นออกมาเพื่อนำมาต่อเข้ากับท่อพลาสติกใส โดยมีความสูงพอเหมาะมั่นคงและไม่ก่อให้เกิดการรั่วระหว่างอุปกรณ์เพิ่มความชื้นและแท่นจับโดยการติดปะเก็นเข้าไปที่หน้าสัมผัส

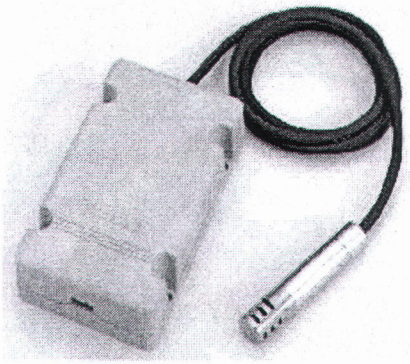


รูปที่ 4-6 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดเสริมเข้ากับระบบเซลล์เชื้อเพลิงในกรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

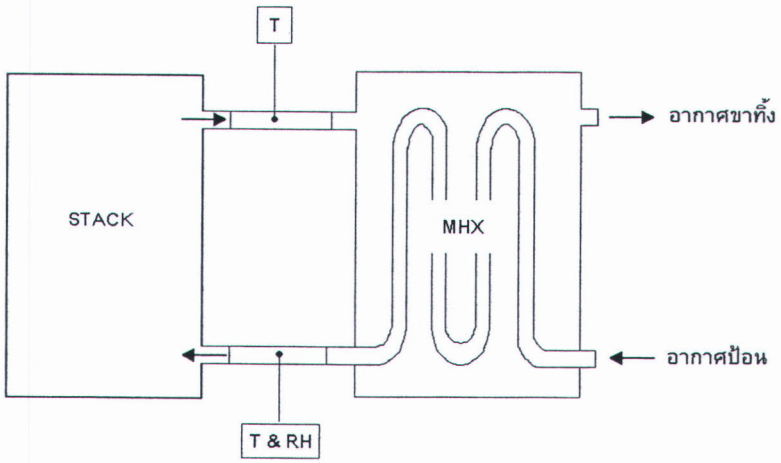


รูปที่ 4-7 การเพิ่มระยะห่างระหว่างเซลล์แถวและอุปกรณ์เพิ่มความชื้นก่อนติดเซนเซอร์

ที่ท่อพลาสติกใสด้านล่างเป็นท่อส่งอากาศป้อนเข้าสู่เซลล์แถว ผู้วิจัยติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ยี่ห้อ YAMATAKE รุ่น HTY7843 ดังรูปที่ 4-8 เข้าไปภายในท่อ เซนเซอร์ดังกล่าวสามารถวัดอุณหภูมิอากาศได้ในช่วง 0-50°C และความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง 0-100% โดยมีสัญญาณขาออกเป็นกระแสไฟฟ้าขนาด 4-20 มิลลิแอมป์ ส่วนท่อด้านพลาสติกใสด้านบนเป็นท่อส่งอากาศขาทิ้งออกจากเซลล์แถวไปยังอุปกรณ์เพิ่มความชื้น ซึ่งระหว่างที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงทำงานจะมีน้ำออกมาพร้อมมาอากาศขาทิ้งทั้งในรูปของไอน้ำและของเหลว จึงเลือกใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลในการวัดอุณหภูมิและไม่ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์เพราะน้ำที่ออกมาพร้อมอากาศอาจก่อ ให้เกิดความเสียหายแก่เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ รูปที่ 4-9 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์ในท่อส่งอากาศระหว่างเซลล์แถวและอุปกรณ์เพิ่มความชื้น

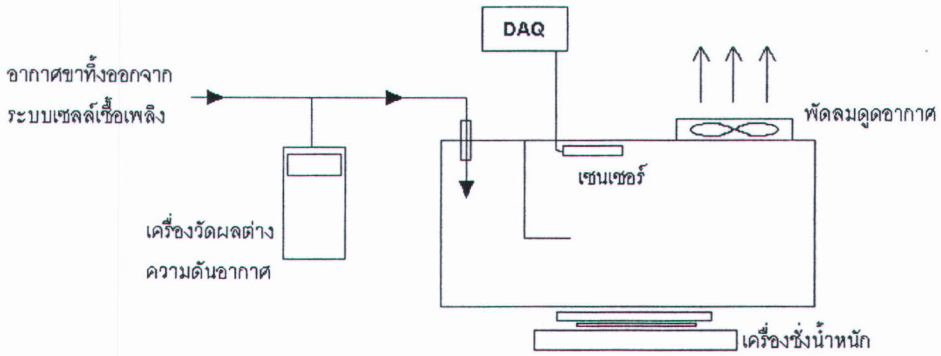


รูปที่ 4-8 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ YAMATAKE รุ่น HTY 7843



รูปที่ 4-9 การติดเซนเซอร์เข้ากับระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

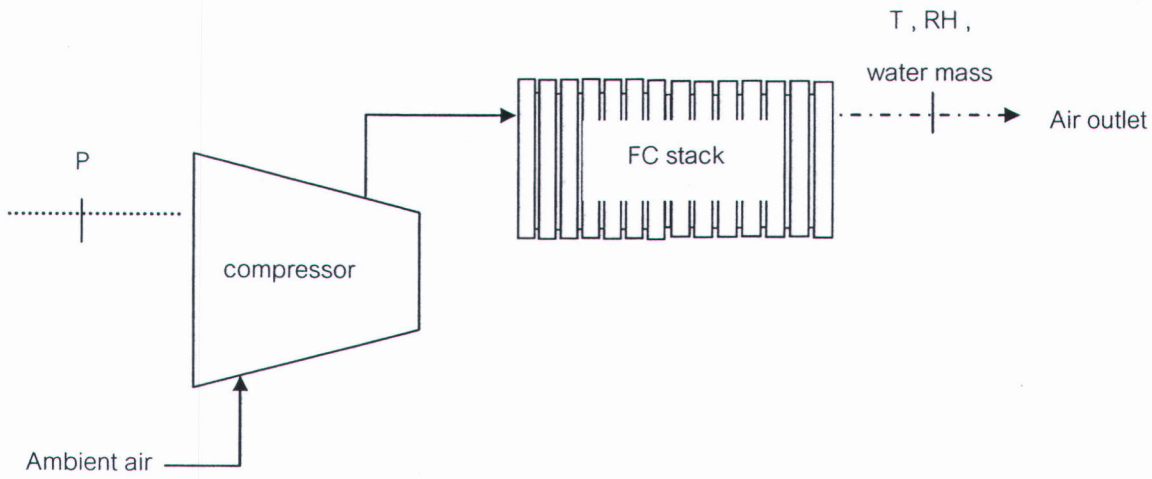
รูปที่ 4-10 บอกตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำที่อากาศขาทิ้งออกจากอุปกรณ์เพิ่มความชื้นก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ ผู้วิจัยทำการต่อท่อเข้ากับถังอะคลิลิกที่วางอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก ถังอะคลิลิกดังกล่าวออกแบบมาให้เก็บกักน้ำได้เพื่อที่จะชั่งปริมาณน้ำที่ออกพร้อมอากาศขาทิ้งหลังจากอากาศขาทิ้งผ่านอุปกรณ์เพิ่มความชื้น และในการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะใช้เซนเซอร์ชนิดเดียวกันกับที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศป้อน ยี่ห้อ YAMATAKE รุ่น HTY7843 ติดตั้งภายในกล่องอะคลิลิกชิดผนังกล่องด้านบนเพื่อหลบน้ำและไอน้ำที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่เซนเซอร์ได้ และเพื่อควบคุมความดันภายในท่อส่งอากาศทิ้งให้มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ จะติดตั้งเครื่องวัดผลต่างความดันอากาศไว้ก่อนที่อากาศจะเข้าสู่กล่องอะคลิลิก แล้วใช้การปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่พัดลมดูดอากาศขนาด 12 โวลต์ ในการปรับค่าผลต่างความดันอากาศภายในชุดเก็บข้อมูลให้มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ



รูปที่ 4-10 การวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาทิ้ง

4.2.3 การติดตั้งเซนเซอร์ในกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

สำหรับการทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิงในกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น การดัดแปลงระบบนี้ต้องทำการถอดเอาอุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่ประกบอยู่กับเซลล์แถวออกจากระบบ แล้วติดตั้งท่อป้อนอากาศที่ได้จากคอมเพรสเซอร์จ่ายเข้ากับเซลล์แถวโดยตรง วิธีการติดตั้งเซนเซอร์จึงมีตำแหน่งที่ต้องวัดน้อย ซับซ้อนน้อยกว่ากรณีที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น โดยจะทำการวัดเพียงปริมาณน้ำที่ออกมาพร้อมอากาศทิ้ง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศขาทิ้งออกจากเซลล์แถว แผนผังการติดตั้งเซนเซอร์ระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นเป็นไปดังรูปที่ 4-11



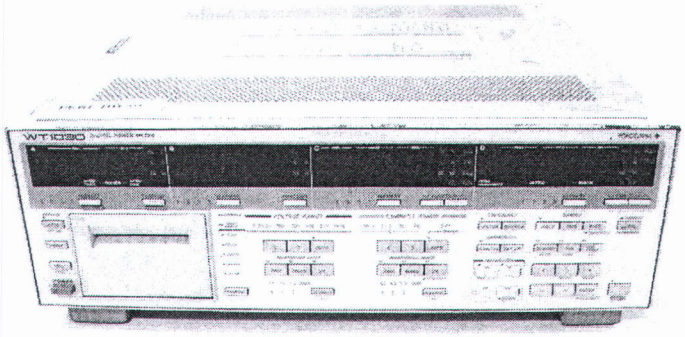
รูปที่ 4-11 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดเสริมเข้ากับระบบเซลล์เชื้อเพลิงในกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

4.2.4 การเขียนโปรแกรมช่วยคำนวณและเก็บบันทึกข้อมูล

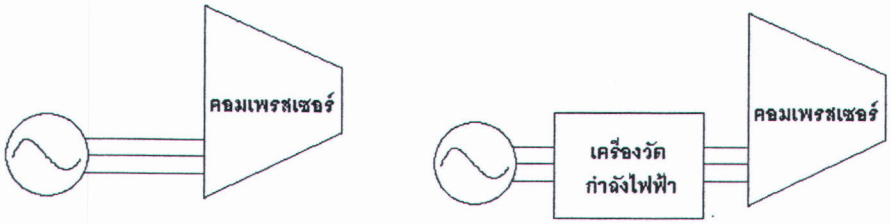
จากหัวข้อที่ผ่านมาพบว่า ต้องใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เข้ากับระบบเซลล์เชื้อเพลิงหลายตำแหน่ง โดยเซนเซอร์ทั้งหมดจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยแปลงสัญญาณจากสัญญาณ analog เป็นสัญญาณ digital รวมไปถึงโปรแกรมที่ช่วยวิเคราะห์และจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ excel file ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ชุดแปลงสัญญาณ DAQ และโปรแกรม LABVIEW มาใช้กับงานดังกล่าว

4.2.5 การวัดปริมาณการบริโภคกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

ภายในระบบเซลล์เชื้อเพลิงนี้ใช้คอมเพรสเซอร์ที่บริโภคกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในช่วง ที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงเริ่มทำงานและรับไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แถวในช่วงการทำงานปกติ แหล่งไฟฟ้าทั้งสองแหล่งนี้จะถูกส่งผ่านแผงวงจรไฟฟ้าให้ป้อนสู่คอมเพรสเซอร์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การวัดการบริโภคกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์จึงใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล YOKOGAWA รุ่น WT1030 ดังแสดงในรูป 4-12 เพื่อตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์บริโภค ณ สภาวะการทำงานต่างๆ ในการทดสอบผู้วิจัยทำการตัดต่อสายไฟเพื่อต่อวงจรไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์เข้ากับเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า ดังแผนภาพอย่างง่ายในรูปที่ 4-13



รูปที่ 4-12 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้ายี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น WT1030



ก) ก่อนติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า ข) หลังติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

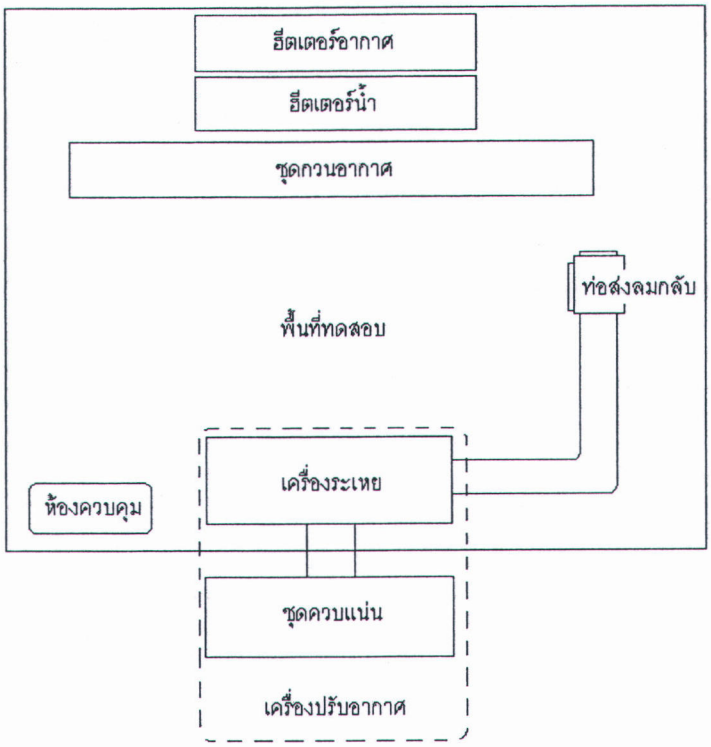
รูปที่ 4-13 ภาพจำลองการจ่ายไฟฟ้าแก่คอมเพรสเซอร์ก่อนและหลังติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

4.3 การควบคุมสภาวะอากาศ

ระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้คอมเพรสเซอร์อัดอากาศป้อนจากอากาศแวดล้อม การจะควบคุมสภาวะอากาศป้อนให้เป็นไปตามที่ได้วางแผนการทดสอบไว้ จำเป็นที่จะต้องนำระบบเซลล์เชื้อเพลิงและชุดทดสอบทั้งหมดเข้าไปทำการทดสอบภายในห้องที่ควบคุมสภาวะอากาศได้ รายละเอียดของห้องควบคุมสภาวะอากาศและสภาวะอากาศแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

4.3.1 ห้องควบคุมสภาวะอากาศ

ในการทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้อากาศในบรรยากาศเป็นออกซิแดนซ์เพื่อทราบผลการทำงาน ณ อุณหภูมิและระดับความชื้นในอากาศที่แตกต่างกัน การทดสอบจำเป็นที่จะต้องทำในห้องที่สามารถควบคุมสภาวะอากาศได้ ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยติดตั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบภายในห้องขนาด 5 x 6 x 3.5 m^3 ที่มีเครื่องปรับอากาศ ฮีตเตอร์น้ำ ฮีตเตอร์อากาศ ชุดกวนอากาศ ชุดวัดผลพร้อมระบบควบคุม ห้องทดสอบดังกล่าวสามารถควบคุมค่าของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้งได้ละเอียดถึงหลักทศนิยมหนึ่งจุด แผนผังการติดตั้งภายในห้องทดสอบเป็นไปดังแสดงในรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 แผนผังห้องควบคุมสภาวะอากาศ

4.3.2 สภาวะอากาศแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ

เพื่อทราบถึงการทำงานของระบบเซลล์เชื้อเพลิงทั้งในกรณีที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นว่ามีสมรรถนะในการทำงานภายใต้สภาวะอากาศที่แตกต่างกันเป็นอย่างไร สภาวะใดมีความเหมาะสมต่อการทำงาน การทดสอบนี้จึงแบ่งสภาวะในการทดสอบออกเป็น 9 สภาวะอากาศแวดล้อม ในแต่ละสภาวะอากาศจะควบคุมอุณหภูมิของอากาศและปริมาณน้ำในอากาศขณะทดสอบให้เป็นไปดังตารางที่ 4-2

ที่มาของสภาวะอากาศในตารางที่ 4-2 เนื่องมาจาก การทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้น และผลของอุปกรณ์ดังกล่าวต่อสมรรถนะของระบบเซลล์เชื้อเพลิง อุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่ใช้ในการทดสอบนี้สามารถเพิ่มได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศป้อนที่ไหลผ่านอุปกรณ์ การศึกษาจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ทดสอบขณะสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิคงที่ และทดสอบขณะสภาวะอากาศที่มีปริมาณน้ำคงที่ ผู้วิจัยจึงเลือกทำการทดสอบที่อุณหภูมิอากาศเป็น เป็น 25, 30 และ 35°C และปริมาณน้ำในอากาศเป็น 0.012, 0.014 และ 0.016 g/g ซึ่งหากทำการเทียบปริมาณน้ำทั้งสามระดับเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ อากาศอุณหภูมิ 25°C จะได้ค่า 60, 70 และ 80% ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่หลายงานวิจัยระบุว่า

เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะกับการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง และการเพิ่มอุณหภูมิทดสอบเป็น 30°C และ 35°C แต่รักษาปริมาณน้ำในอากาศให้คงที่เป็นการทดสอบที่หวังจะทราบผลของอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นต่อการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้น และเพื่อที่จะทราบผลของปริมาณน้ำในอากาศต่ออุปกรณ์เพิ่มความชื้นผู้วิจัยจึงทดสอบที่ปริมาณน้ำทั้ง 3 ระดับ ที่ทุกๆ อุณหภูมิอากาศที่ทำการทดสอบ

สภาวะอากาศตามตาราง 4-2 จะถูกใช้ในการทดสอบทั้งในกรณีที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น วิธีการควบคุมสภาวะอากาศจะเป็นไปตามที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่แล้ว

สภาวะอากาศ ที่	อุณหภูมิห้องทดสอบ	ปริมาณน้ำในอากาศ ($g_{moist} / g_{dry\ air}$)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
1	25°C	0.012	60
2		0.014	70
3		0.016	80
4	30°C	0.012	46
5		0.014	53
6		0.016	59
7	35°C	0.012	35
8		0.014	41
9		0.016	47

ตารางที่ 4-2 สภาวะของอากาศที่ทำการทดสอบ

4.4 ขั้นตอนการทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิง

ในการทดสอบระบบเซลล์เชื้อเพลิงประกอบไปด้วยการทดสอบที่หลายสภาวะอากาศเพื่อให้การทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในการทดสอบทุกสภาวะอากาศจะปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิงแบบไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นและเซนเซอร์ต่างๆ ในห้องปรับสภาวะอากาศ
2. ปรับสภาวะอากาศในห้องทดสอบให้เป็นไปตามตาราง 4-2
3. เปิด DC power supply 24V เพื่อใช้ในการเริ่มทำงาน

4. เปิดโปรแกรม NexaMon พร้อมตั้งชื่อไฟล์
5. เปิดโปรแกรมที่ใช้มอนิเตอร์และบันทึกค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์
6. เปิดถังก๊าซไฮโดรเจน ปรับแรงดันก๊าซ
7. เปิดเครื่องจำลองภาระทางไฟฟ้า เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดผลต่างความดันอากาศ
8. เปิดสวิตท์ระบบเซลล์เชื้อเพลิง
9. เริ่มดึงภาระ 100 วัตต์ รอจนอุณหภูมิเซลล์แถวคงที่แล้วจึงเริ่มบันทึกค่าเป็นเวลา 4 นาที
10. ทำซ้ำข้อ 8 โดยปรับเพิ่มภาระเป็น 200, 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 วัตต์
11. ปิดไฟล์บันทึกค่า ปิดสวิตท์ระบบเซลล์เชื้อเพลิง ปิดวาล์วก๊าซ
12. ปรับอุณหภูมิและปริมาณน้ำในอากาศห้องทดสอบให้ตรงกับสภาวะต่อไปตามตาราง 4-2 ก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบทั้งหมดอีกครั้ง ทำเช่นนี้ซ้ำจนครบ 9 สภาวะอากาศ
13. เปลี่ยนระบบเซลล์เชื้อเพลิงให้เป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น แล้วทำการทดสอบทั้ง 9 สภาวะอากาศ ตามขั้นตอนเดียวกันกับระบบเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น

ในการทดสอบมีบางสภาวะอากาศที่ระบบเซลล์เชื้อเพลิงไม่สามารถเก็บค่าได้ต่อเนื่องถึง 4 นาที เนื่องจากระบบไม่สามารถรักษาเสถียรภาพได้ตลอด 4 นาทีหากระบบต้องทำงานที่ภาระสูงนานเกินไป ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพียง 2 หรือ 3 นาที ตามแต่กรณี โดยพิจารณาระยะเวลาจากช่วงที่ระบบยังคงมีเสถียรภาพ

ผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบงานวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 3 ระบบเซลล์เชื้อเพลิง และในส่วนของสมรรถนะในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง การบริโภคไฮโดรเจน การบริโภคกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริมเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกรณีทดสอบทั้งกรณีที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น รวมไปถึงผลการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มความชื้น จะแสดงไว้ในบทถัดไป บทที่ 5 ผลและการวิเคราะห์