
การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์
Hydrogen Production Development form Photovoltaic System

จัตริยะ ศิริสัมพันธ์
สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ผลิตได้ ด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนแสง และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษการผลิตไฮโดรเจนจากอิเล็กโทรไลเซอร์ ผลการทดสอบส่วนสุดท้ายพบว่าปริมาณการเกิดแก๊สไฮโดรเจนแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยพบว่าปริมาณการเกิดของไฮโดรเจนนั้นสามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ดังนี้ $Y = 8.4723x - 0.4345$ เมื่อ Y คือปริมาณการเกิดไฮโดรเจน และ X คือกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์ จากสมการพบว่าหากจ่ายกระแสไฟฟ้า 1 A ให้อิเล็กโทรไลเซอร์ จะสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ประมาณ 8.04 ml/min ประสิทธิภาพเฉลี่ยของอิเล็กโทรไลเซอร์และประสิทธิภาพของระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 10 และ ร้อยละ 1.2 ตามลำดับ ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ตั้งแต่ 150 W/m^2 เป็นต้นไป

คำสำคัญ: อิเล็กโทรไลเซอร์/ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ DHPPV / HPDC

1.บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องการขาดแคลนพลังงานเริ่มที่จะทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่องในรอบ หลายปีที่ผ่านมา สาเหตุหลักเป็นเพราะการเจริญเติบโตของธุรกิจ สังคม และ การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ผลที่ตามมาก็คือความต้องการพลังงานที่สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันแหล่งพลังงานฟอสซิลสำรองของโลกลดน้อยลงและกำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้นี้ ด้วยปัจจัยดังกล่าวทุกประเทศในโลกล้วนที่จะแสวงหาหนทางพึ่งพาตัวเองจากแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นคือพลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานจากรังสีอาทิตย์ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกจึงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในระดับสูงคือประมาณ 1,800 kWh/m².year [2] และในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553-2573 (PDP 2010) ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 20 ภายในปี พ.ศ.2565 ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น โดยเมื่อสิ้นปี 2556 ประเทศไทยติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไปแล้วประมาณ 1000 MW ส่วนหนึ่งได้รับการส่งเสริมจากกระทรวงพลังงานโดยการให้แรงจูงใจแก่ผู้ประกอบการที่สนใจจะผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กมาก (VSPP) คือ รัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานจะเพิ่มราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่ผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจากราคาค่าไฟฟ้าปกติทำให้การลงทุนผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์คุ้มทุนมากขึ้น พลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องใช้ร่วมกับระบบสะสมพลังงานเพื่อที่จะสามารถใช้งานในช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ พลังงานไฮโดรเจน เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงในอนาคต ไฮโดรเจนมีอยู่มากมายบนโลกแต่อยู่ในรูปของสารประกอบ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีเพื่อแยกไฮโดรเจนมาเพื่อใช้งาน วิธีการผลิตไฮโดรเจนนั้นมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายที่สุดได้แก่ วิธีการอิเล็กโทรไลซิสซึ่งเป็นกระบวนการแยกไฮโดรเจนจากน้ำด้วยไฟฟ้า แต่ปัญหาของวิธีการนี้คือความคุ้มค่า ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ทางออกทางหนึ่งคือ การใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฮโดรเจน โดยเฉพาะพลังงานที่เหลือจากระบบผลิตพลังงานด้วยพลังงานทดแทน ดังนั้นในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัย จึงพัฒนาการผลิตไฮโดรเจน ด้วยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมแสงซึ่งเป็นการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนแบบครบวงจรอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ผลิตได้ ด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนแสง
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

2.วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัย การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมแสงนั้นคณะผู้วิจัย คณะผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

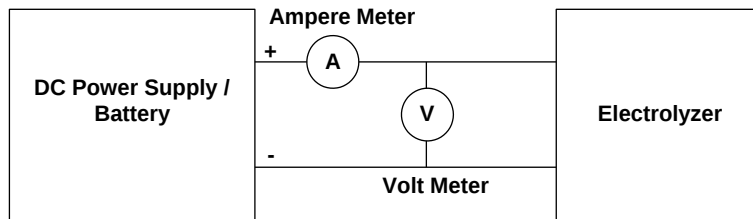
1. การหาสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง
- วิธีการทดสอบ

- ติดตั้งเซลล์อ้างอิงร่วมกับแผ่นสะท้อนแสงที่ทำมุมกับเซลล์อ้างอิงเท่ากับ 15 องศา (R15) 45 องศา (R45) และ 90 องศา (R90)

- ทำการต่อเซลล์อ้างอิงเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติจะทำการบันทึกค่าทุกๆ 1 นาที โดยทำการทดสอบ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการเก็บข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ระหว่างเวลา 7:00 น. – 18:00 น.

2. การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส

- ติดตั้งเครื่องมือเข้ากับระบบอิเล็กโทรไลเซอร์



- เติมนสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 0.5 mol/l ลงใน ท่อเติมนสารละลายอิเล็กโทรไลต์
- เปิดวาล์วด้านบนของท่อแยกก๊าซทั้งสองท่อ เพื่อให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ไหลเข้าไปแทนที่อากาศภายในท่อจนเต็มทั้งสองท่อ และปิดวาล์วเพื่อไม่ให้สารละลายไหลออก
- เปิดเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 0.5 A ไปที่ขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองข้าง บันทึกผลการทดสอบ
- ทำซ้ำข้อ 3 โดยปรับกระแสไฟฟ้าเป็น 1 A, 5 A, 10 A, ... 20 A ตามลำดับ บันทึกผลการทดสอบ
- ทำซ้ำข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็น 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 mol/l ตามลำดับ บันทึกผลการทดสอบ
- นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้เทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ใช้

3. การผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง

- เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้านั้นใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 แผง ต่อแบบขนาน
- ระบบอิเล็กโทรไลเซอร์ที่ และท่อแยก ท่อแยกก๊าซ จำนวน 2 ท่อ ได้แก่ท่อแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน นอกจากนี้ประกอบด้วยปั้มน้ำขนาดเล็กทำหน้าที่กวนสารละลายให้มีความเข้มข้นมีสม่ำเสมอในระบบอิเล็กโทรไลเซอร์
- การตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประกอบด้วย ค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า ปริมาตรไฮโดรเจนและปริมาตรออกซิเจน

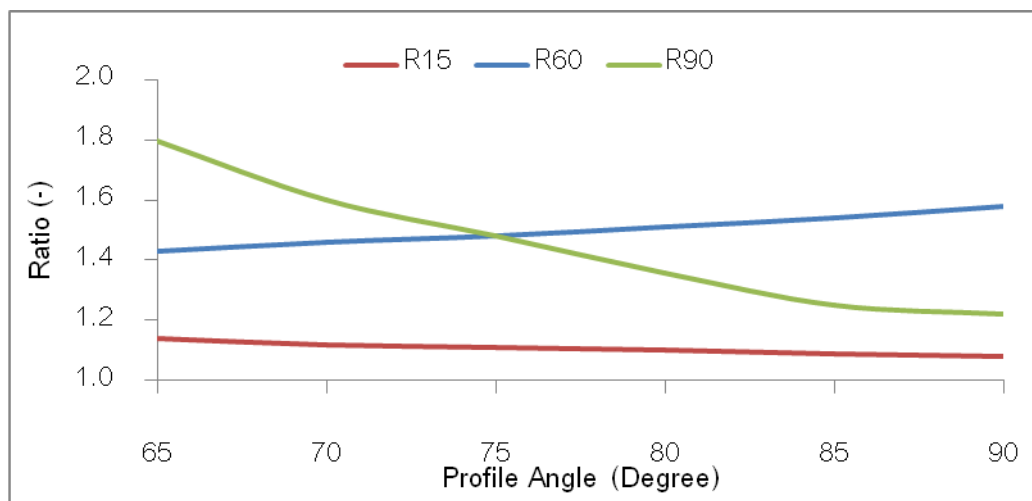
3.ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนแสงคณะผู้วิจัยได้แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การหาสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง
2. การทดสอบผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส
3. การทดสอบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง

ผลการทดสอบส่วนที่ 1 การหาสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง

จากการทดสอบการหาสัดส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงแสดงดังรูปที่ 1



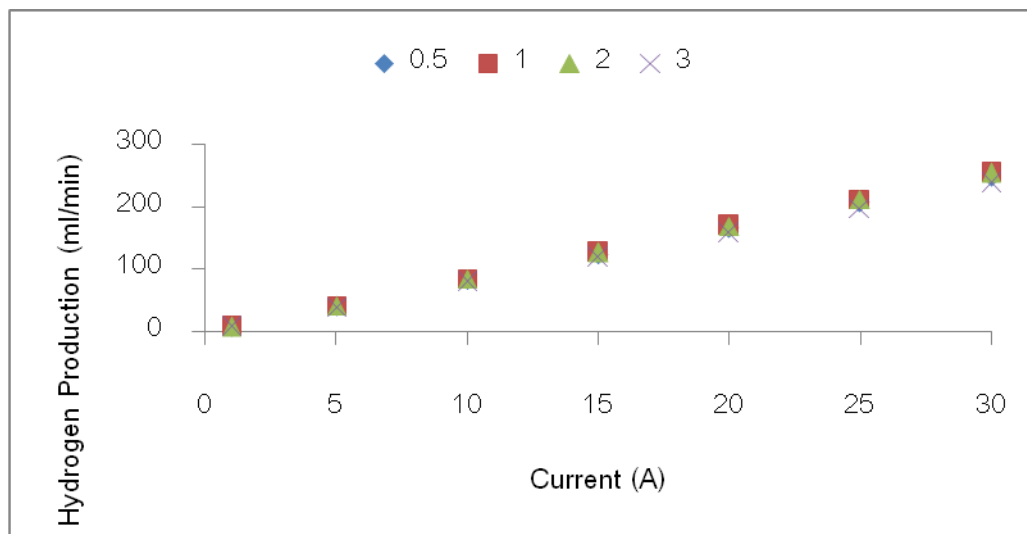
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงที่มุมเอียงต่างๆ กับมุมโพลไฟล์ (Profile Angle) ต่างๆ กัน

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งแผ่นสะท้อนทำมุมเอียง 15 องศาจากพื้นราบ เมื่อมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบ (Profile Angle) เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าของสัดส่วนประมาณรังสีอาทิตย์ (Ratio) เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการติดตั้งแผ่นสะท้อนทำมุมเอียง 60 และ 90 องศา จะพบว่าเมื่อมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบ (Profile Angle) เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าของสัดส่วนประมาณรังสีอาทิตย์ (Ratio) จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะที่การติดตั้งแผ่นสะท้อนที่ 60 องศา นั้นจะ

ให้ผลค่าสัดส่วนสัดส่วนประมาณรังสีอาทิตย์ (Ratio) ดีที่สุด ดังนั้นในการติดตั้ง แผ่นสะท้อนแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการทดสอบส่วนที่ 3 จะทำการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงทำมุมเอียงเท่ากับ 60 องศา

ผลการทดสอบส่วนที่ 2 การทดสอบผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส

ผลการทดสอบอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และกระแสไฟฟ้าต่างๆ กัน สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้า กับอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่างๆ กัน ดังรูปที่



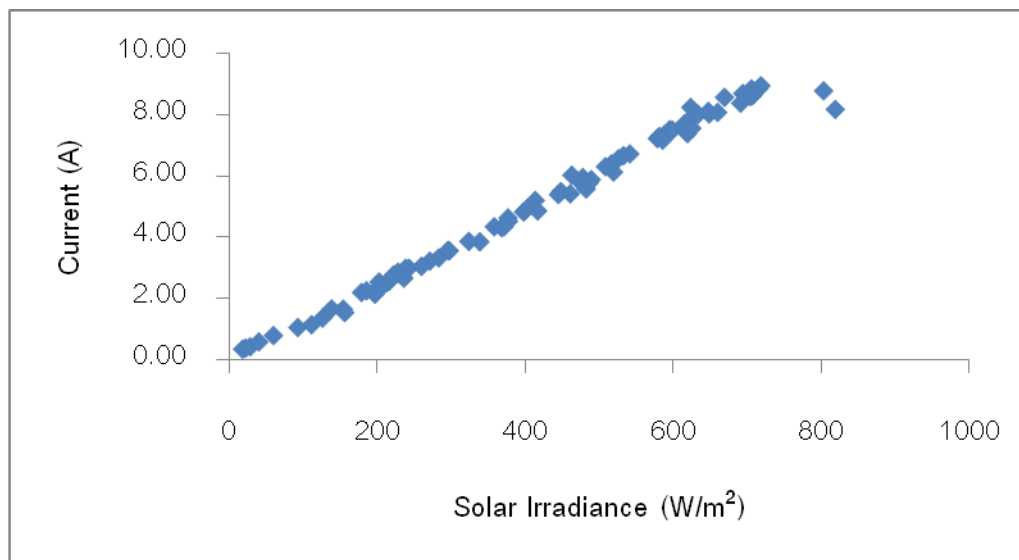
รูปที่ 2 ความความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน ที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่างๆ กัน

จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า และถ้าควบคุมกระแสไฟฟ้าให้คงที่แล้วเปลี่ยนค่าความเข้มข้นจาก 0.5 mol/l ถึง 3.0 mol/l ตามลำดับ พบว่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย และนำข้อมูลที่ได้ในแต่ละความเข้มข้นมาหาความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นได้ของกระแสไฟฟ้า และอัตราการเกิดก๊าซได้ดังนี้

ความเข้มข้น (mol/l)	ก๊าซไฮโดรเจน
0.5	$H_2 = 8.30 I - 0.85$
1.0	$H_2 = 8.50 I - 0.56$
2.0	$H_2 = 8.48 I - 0.52$
3.0	$H = 7.95 I - 0.12$

ผลการทดสอบส่วนที่ 3 การทดสอบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

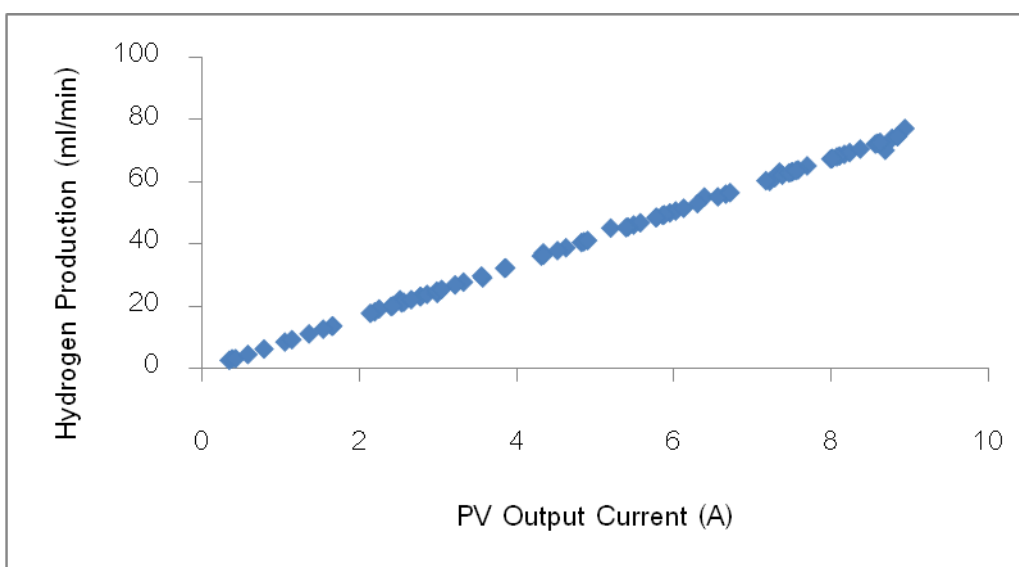
จากผลการทดสอบของเดือนสิงหาคมพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้แปรผันตรงกับค่ารังสีแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเกิดไฮโดรเจนกับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนกับกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจน

จากรูปที่ 2 พบว่าปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจนแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยพบว่าปริมาณเกิดของไฮโดรเจนนั้นสามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ดังนี้ $Y = 8.4723x - 0.4345$ เมื่อ Y คือปริมาณการเกิดไฮโดรเจน และ X คือกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์ จากสมการพบว่าหากจ่ายกระแสไฟฟ้า 1 A ให้อิเล็กโทรไลเซอร์ จะสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ประมาณ 8.04 ml/min

4.สรุปผลการทดสอบ

การศึกษาวิจัยการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นคณะผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การหาสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง การทดสอบผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส และการทดสอบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง

จากผลการทดสอบส่วนที่ 1 พบว่า การติดตั้งแผ่นสะท้อนทำมุมเอียง 15 องศาจากพื้นราบ เมื่อมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบ (Profile Angle) เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าของสัดส่วนประมาณรังสีอาทิตย์ (Ratio) เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับติดตั้งแผ่นสะท้อนทำมุมเอียง 60 และ 90 องศา จะพบว่า เมื่อมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบ (Profile Angle) เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าของสัดส่วนประมาณรังสีอาทิตย์ (Ratio) จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะที่การติดตั้งแผ่นสะท้อนที่ 60 องศา นั้น จะให้ผลค่าสัดส่วนสัดส่วนประมาณรังสีอาทิตย์ (Ratio) ดีที่สุด ดังนั้นในการติดตั้ง แผ่นสะท้อนแสงสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการทดสอบส่วนที่ 3 จะทำการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงทำมุมเอียงเท่ากับ 60 องศา

จากผลการทดสอบส่วนที่ 2 พบว่า อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า และถ้าควบคุมกระแสไฟฟ้าให้คงที่แล้วเปลี่ยนค่าความเข้มข้นจาก 0.5 mol/l ถึง 3.0 mol/l ตามลำดับ พบว่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

และผลการทดสอบส่วนสุดท้ายพบว่าปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจนแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยพบว่าปริมาณเกิดของไฮโดรเจนนั้นสามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ดังนี้ $Y = 8.4723x - 0.4345$ เมื่อ Y คือปริมาณการเกิดไฮโดรเจน และ X คือกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์ จากสมการพบว่าหากจ่ายกระแสไฟฟ้า 1 A ให้อิเล็กโทรไลเซอร์ จะสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ประมาณ 8.04 ml/min ประสิทธิภาพเฉลี่ยของอิเล็กโทรไลเซอร์และประสิทธิภาพของระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 10 และ ร้อยละ 1.2 ตามลำดับ ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ตั้งแต่ 50 W/m^2 เป็นต้นไป

5.ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนากระบวนการเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์เพื่อให้การสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. ควรมีการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อให้เห็นความคุ้มค่าต่อการลงทุนของระบบ

เอกสารอ้างอิง

- Franz Kininger. (2003) Photovoltaic system technology. Kassal University.
- Dr.Thanaa Fawzy El-Shatcr. (2003). POWER MANAGEMENT OF PV/FUEL CELL SYSTEM, 3rd World Conference on Photovoltaic Conversion May 1/-18,2003 Osakn: Japon
- P. Lehman, C. Chamberlin, et.al. (2002) FUEL CELL/PHOTOVOLTAIC INTEGRATED POWER SYSTEM FOR A REMOTE TELECOMMUNICATIONS REPEATER, 14th World Hydrogen Energy Conference
- P.A. Lehman, C.E. Chamberlin, et.al. Filed Test of A PEM Fuel Cell in an Integrated Power System, Schatz Energy Research Center (SERC), Humboldt State University.
- Kyoungsoo Ro, Saifur Rahman (2003). Two-Loop controller for maximizing performance of a Grid-Connected Photovoltaic - Fuel Cell Power plant, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 13, No. 3. P.N/A
- S.-Y. Ahn, S.-J. Shin, et.al. (2002). Performance and lifetime analysis of the kW-class PEMFC stack, Journal of Power Sources 106 295–303.
- Johanna Ivy Levene , Margaret K. Mann, Robert M. Margolis, and Anelia Milbrandt . (2005). An analysis of hydrogen production from renewable electricity sources.Solar Energy 81. P.773–780.
- E.P. Da Silva , A.J. Marin Neto , P.F.P. Ferreira , J.C. Camargo ,F.R. Apolinario and C.S. Pinto. (2003). Analysis of hydrogen production from combined photovoltaic, wind energy and secondary hydroelectricity supply in Brazil. Solar Energy 78. P.670–677.
- Barbir, F. (2003).PEM electrolysis for production of hydrogen from renewable energy. Solar Energy 78. P.661–669.
- John O'M. Bockris, T. Nejat Veziroglu. (2006). Estimates of the price of hydrogen asa medium for wind and solar sources. International Journal of Hydrogen Energy
- G.J. Conibeer, B.S. Richards.(2006) Acomparision of PV/electrolyser and photoelectrolytic technologies for use in solar to hydrogen energy storage systems. International Journal of Hydrogen Energy
- E. Bilgen .(2004).Domestic hydrogen production using renewable energy.Solar Energy 77. P. 47–55.
- Tetsuo Take , Kazuhiko Tsurutani , and Minoru Umeda .(2006).Hydrogen production by methanol–water solution electrolysis. Journal of Power Sources164, p. 9–16.

วัฒนพงษ์ รั่วเขียว กุลยา จันทร์อรุณ สักวาฬ เพิ่งพัค และสมชาย สุวราห้วรรณ. (2537).

การศึกษาการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสจากเซลล์แสงอาทิตย์

วารสารคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีที่ 28 เล่ม 2.

สุขฤดี นาคกรณกุล นิพนธ์ เกตุจ้อย นัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงษ์ อนุสรณ์ วรสิงห์ และวิจิตร อุดอ้าย.(2548).

การพัฒนาอิเล็กโทรไลเซอร์ในการผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้ในรถยนต์.งบประมาณแผ่นดินปี 2548,

พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร.