

การประเมินสมรรถนะระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สุฤดี สุขใจ นัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงศ์* และ วิสุทธิ ชำมสะอาด

Performance Evaluation of Hydrogen Production by Photovoltaic System

Sukruedee Sukchai, Chatchai Sirisamphanwong* and Wisut Chamsa-ard

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand.

*Corresponding Author. E-mail address: chatchaisi@nu.ac.th (C. Sirisamphanwong)

Received 22 July 2011; accepted 2 February 2012

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แบบ คือ แบบโดยตรง (Direct Hydrogen Production by using PV, DHPPV) และแบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Hydrogen Production by connected with DC/DC Converter Connection, HPDC) จากการศึกษาสมรรถนะทางเทคนิคของผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบโดยตรง (Direct Hydrogen Production by using PV, DHPPV) และแบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Hydrogen Production by connected with DC/DC Converter Connection, HPDC) โดยทำการประเมินปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตได้ในแต่ละวันของเดือนและคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบอิเล็กโทรไลเซอร์พบว่าปริมาณการผลิตไฮโดรเจนจากระบบ DHPPV และ HPDC มีค่าเท่ากับ 1,500 ml/day และ 4,300 ml/day ซึ่งประสิทธิภาพของระบบอิเล็กโทรไลเซอร์ในระบบแบบ DHPPV และ HPDC มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.1 และ 13.5 ตามลำดับ

คำสำคัญ: อิเล็กโทรไลเซอร์ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ การผลิตไฮโดรเจน DHPPV HPDC

Abstract

The aims of this study were to evaluate the quantity of hydrogen production by using PV system. There are 2 experiments for this research, the first is to evaluate the performance evaluation of direct hydrogen production by using PV; DHPPV and the second is to evaluate the Production with DC/DC Converter Connection; HPDC.

The technical performance evaluation of direct hydrogen production by using PV; DHPPV and hydrogen production with DC/DC Converter Connection; HPDC were performed. The hydrogen volume and electrolyzer efficiency were evaluated in this research. The results showed that the volume of Hydrogen of DHPPV and HPDC are 1,500 ml/day and 4,300 ml/day respectively. In addition, the electrolyzer efficiency of DHPPV and HPDC is 3.1% and 13.5% respectively

Keywords: Electrolyzer, PV System, Hydrogen Production, DHPPV, HPDC

บทนำ

การใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลของมนุษย์ทำให้สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) รุนแรงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศทั่วโลกและยังก่อให้เกิดความหายนะอย่างใหญ่หลวงในตลอดสิบปีที่ผ่านมา เช่น การเกิดคลื่นความร้อนในทวีปยุโรปทำให้มีผู้เสียชีวิตกว่า 20,000 คน พายุเฮอริเคนที่ทำลายเมืองในประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างหนักและความแห้งแล้งอย่างรุนแรงและยาวนานในทวีปแอฟริกาและเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่หลายครั้งในรอบ 50 ปีของประเทศไทย เหตุการณ์เหล่านี้จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นหากยังมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง โดยมีการคาดการณ์ว่าในฤดูร้อนของปี ค.ศ.2030 บริเวณขั้วโลกอาจจะมีน้ำแข็งเหลือน้อยลงส่งผลให้ความเค็มของน้ำทะเลลดลง ความเข้มข้นของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลง น้ำทะเลเบาขึ้นและ

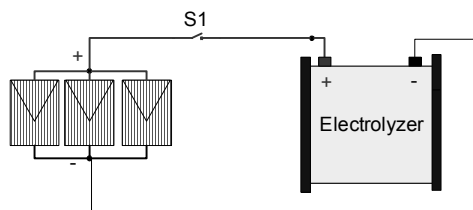
ลอยน้ำอยู่ที่ผิวน้ำทำให้วัฏจักรของกระแสน้ำอุ่นแอตแลนติกที่ให้ความอบอุ่นกับซีกโลกเหนืออาจจะหยุดไหลได้ และถ้าเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นจริงซีกโลกเหนือจะกลับสู่ยุคน้ำแข็งอีกครั้ง นอกจากนี้ปัญหาสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงแล้วปัญหาหลักอีกประการ ได้แก่ แหล่งพลังงานสำรองจากฟอสซิลที่ลดลงและจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ ซึ่งส่งผลให้ราคาเชื้อเพลิงปรับตัวขึ้นสูงอย่างต่อเนื่อง นักวิทยาศาสตร์และหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วโลกจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและหมุนเวียนได้โดยไม่วันหมดสิ้นเพื่อนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล

พลังงานไฮโดรเจน เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่มีความสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงในอนาคตไฮโดรเจนมีอยู่มากมายบนโลก แต่อยู่ในรูปของสารประกอบ ดังนั้น จึงต้องหาวิธีเพื่อแยกไฮโดรเจนมาเพื่อใช้งาน วิธีการผลิตไฮโดรเจนนั้นมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายที่สุด ได้แก่

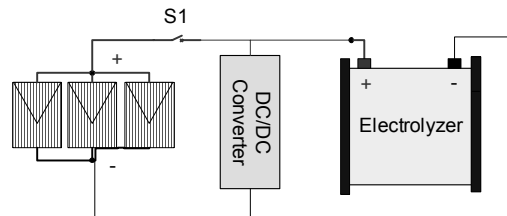
วิธีการผลิตไฮโดรเจนซึ่งเป็นกระบวนการแยกไฮโดรเจนจากน้ำด้วยไฟฟ้า แต่ปัญหาของวิธีการนี้ คือ ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ทางออกทางหนึ่ง คือ การใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฮโดรเจน โดยเฉพาะพลังงานที่เหลือจากระบบผลิตพลังงานด้วยพลังงานทดแทน โดยหลายหน่วยงานทั่วโลกให้ความสนใจในการศึกษาการผลิตไฮโดรเจนด้วยวิธีการดังกล่าว เช่น มหาวิทยาลัย Humboldt State มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 8 กิโลวัตต์ร่วมกับอัลคาไลอิเล็กโทรไลต์เซอร์ จากการศึกษพบว่าประสิทธิภาพของระบบมีค่าเท่ากับ 28% เป็นต้น (Lehman, P. A. et al., 2002) ดังนั้น ในบทความวิจัยฉบับนี้จะกล่าวถึงการประเมินสมรรถนะระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นการพัฒนาการใช้พลังงานหมุนเวียนแบบครบวงจรอย่างยั่งยืน

ระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้อิเล็กโทรไลต์เซอร์ที่พัฒนาขึ้นซึ่งในการวิจัยการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีส่วประกอบหลักประกอบด้วย



(ก) DHPPV

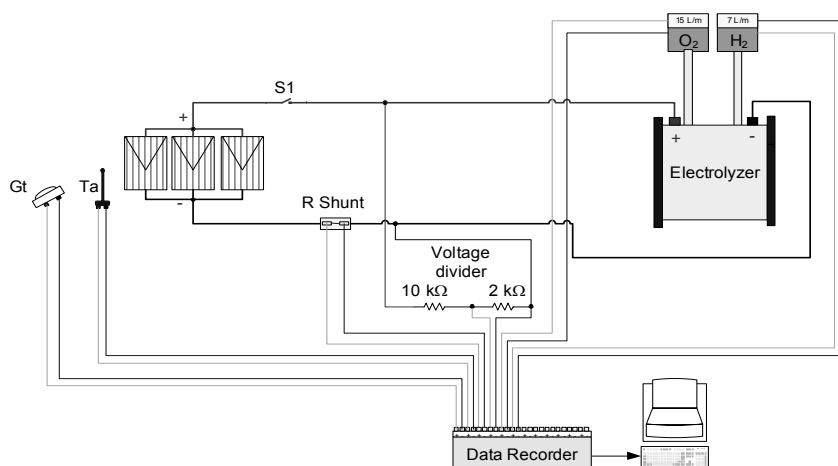


(ข) HPDC

รูปที่ 1 ระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการจัดเก็บข้อมูลและตัวแปรที่ใช้สำหรับการทดสอบ

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	เฉลี่ย	หน่วย	หมายเหตุ
รังสีอาทิตย์	G_t	1 นาที	W/m^2	Pyranometer
แรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์ผลิตได้	V_{PV}	1 นาที	V	Voltage Divider
กระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์ผลิตได้	I_{PV}	1 นาที	A	Shunt Resister
แรงดันไฟฟ้าที่ออกจาก DC/DC	$V_{DC/DC}$	1 นาที	V	Voltage Divider
กระแสไฟฟ้าที่ออกจาก DC/DC	$I_{DC/DC}$	1 นาที	A	Shunt Resister
ปริมาตรไฮโดรเจน	V_{H_2}	1 นาที	L/min	Flow meter
ปริมาตรออกซิเจน	V_{O_2}	1 นาที	L/min	Flow meter

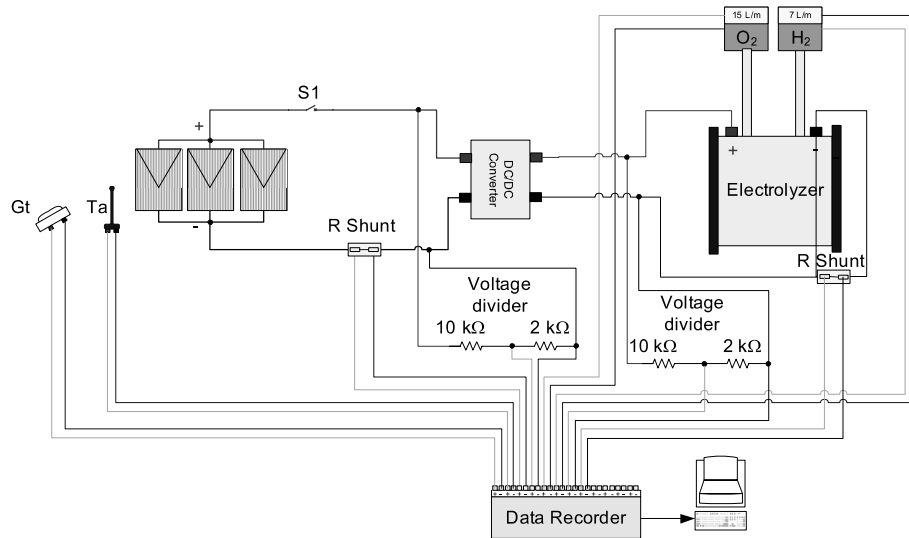


รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องมือวัดสำหรับระบบ DHPPV

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอสัณฐาน (Amorphous Silicon, a-Si) ขนาด 162 วัตต์ เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า (DC/DC Converter) และระบบอิเล็กโทรไลต์เซอร์ซึ่งพัฒนาโดยผู้วิจัย โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ตอน ได้แก่ การทดสอบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรง (DHPPV) และการทดสอบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดัน (HPDC) แสดงดังรูปที่ 1

วิธีการดำเนินการวิจัย

การตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลสำหรับโครงการ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสภาพอากาศ ด้านไฟฟ้า และด้านเคมี โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกลงเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติทุก ๆ 1 นาที จาก 7:00 น. - 18:00 น. โดยเงื่อนไขในการจัดเก็บข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1 และตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 3 การติดตั้งเครื่องมือวัดสำหรับระบบ HPDC

การประเมินสมรรถนะของระบบ

ในการวิเคราะห์สมรรถนะทางเทคนิคของการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ประสิทธิภาพฟาราเดย์ ประสิทธิภาพของระบบอิเล็กโทรไลเซอร์ ประสิทธิภาพของการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และการหาการสูญเสียพลังงานของอิเล็กโทรไลเซอร์

การหาค่าปริมาตรก๊าซไฮโดรเจน V_{H_2} และก๊าซออกซิเจน V_{O_2} (สุทธิ และคณ, 2550)

ปริมาตรของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนหาได้จากกฎข้อที่หนึ่งของฟาราเดย์ แสดงดังสมการที่ 1

$$V_{H_2(Theory)} (m^3) = \frac{R(J/mol \cdot K) \cdot I(A) \cdot T(K) \cdot t(s)}{F(C/mol) \cdot P(Pa) \cdot z(-)} \quad (1)$$

เมื่อ

$V_{H_2(Theory)}$ คือ ปริมาตรก๊าซไฮโดรเจนที่หาได้จากทฤษฎี (m^3)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ (8,314 J/mol K)

ρ_{H_2} คือ ความหนาแน่นของก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ (0.0899 kg/m^3)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อิเล็กโทรไลเซอร์ (A)

T คือ อุณหภูมิแวดล้อม (K)

t คือ เวลา (s)

F คือ ค่าคงที่ของฟาราเดย์ (96485 C/mol)

P คือ ความดันบรรยากาศ ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

z คือ จำนวนของอิเล็กตรอน ($H_2 = 2, O_2 = 4$)

*** หมายเหตุ ในกรณีที่ต้องการหาปริมาตรก๊าซออกซิเจน (V_{O_2}) ให้เปลี่ยนค่า z เป็น 4 แทนค่าสมการที่ 1

การหาประสิทธิภาพฟาราเดย์ $\eta_{faraday}$ (Levene, J. I. et al., 2005)

ประสิทธิภาพฟาราเดย์สามารถหาได้จากสัดส่วนระหว่างปริมาตรก๊าซที่ผลิตได้จริง ต่อปริมาตรที่ได้ผลิตได้จากทฤษฎี แสดงดังสมการที่ 2

$$\eta_{faraday} (-) = \frac{V_{H_2} (m^3)}{V_{H_2(Theory)} (m^3)} \quad (2)$$

เมื่อ

V_{H_2} คือ ปริมาตรก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากการทดสอบ (m^3)

การหาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลเซอร์

ประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลเซอร์ที่นี้ หมายถึง ประสิทธิภาพในเชิงพลังงานความร้อนของไฮโดรเจนเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (η_{Ther}) ในการผลิตก๊าซหาได้จากสมการที่ 3 (Levene, J. I. et al., 2005)

$$\eta_{Ther} (\%) = \frac{V_{H_2} (m^3/s) \cdot H_{HHV} (kJ/m^3)}{I(A) \cdot V(V)} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

H_{HHV} คือ ค่าพลังงานไฮโดรเจนในรูปของความร้อน (12.75 MJ/m^3)

V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อิเล็กโทรไลเซอร์ (V)

การหาประสิทธิภาพของการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์, η_{Sys}

ประสิทธิภาพของการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$\eta_{Sys} (\%) = \frac{V_{H_2} (m^3/s) \cdot H_{HHV} (kJ/m^3)}{G_t \cdot (W/m^2) \cdot A_{PV} (m^2)} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ

G_t คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ (W/m^2)

A_{PV} คือ พื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

การหาการสูญเสียพลังงานของอิเล็กโทรไลเซอร์, (Energy Loss; E_{loss}) (วัฒนพงษ์, 2537)

การสูญเสียพลังงานของอิเล็กโทรไลเซอร์สามารถหาได้จากสมการที่ 5

$$E_{loss} = I(A) \cdot V(V) \cdot t(s) - V_{H_2}(m^3) \cdot HHV(kJ/m^3) \quad (5)$$

ผลการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบฯ
ผลการประเมินสมรรถนะของผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบ
เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. การประเมินระบบแบบ DHPPV
2. การประเมินระบบแบบ HPDC

ผลการประเมินการระบบแบบ DHPPV

การทดสอบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสง
อาทิตย์แบบต่อตรงโดยใช้อิเล็กโทรไลเซอร์ที่ความเข้มข้น
ของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 4 mol/l โดยต่อ

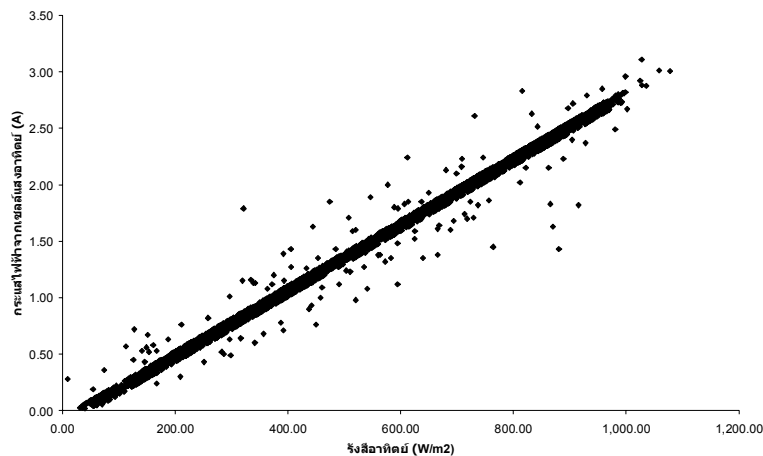
ตรงเข้ากับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 58 วัตต์ ต่อขนาดกัน 3
แผง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแส
ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

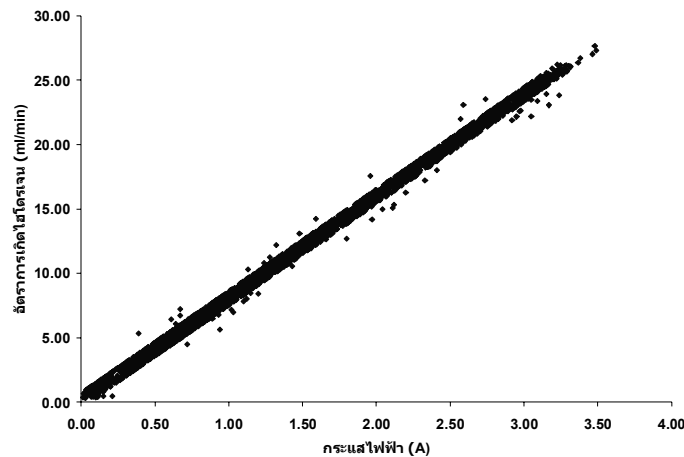
จากผลการทดสอบของเดือนตุลาคมพบว่าความ
สัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิต
ได้แปรผันตรงกับค่ารังสีแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 4

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเกิดไฮโดรเจนกับกระแส
ไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนกับ
กระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจน

จากรูปที่ 5 พบว่าปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจนแปร
ผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า โดยพบว่าปริมาณการเกิดของ
ไฮโดรเจนนั้นสามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ดังนี้ $Y = 7.8988 X + 0.176$ เมื่อ Y คือปริมาณการเกิดไฮโดรเจน
และ X คือกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์ จาก
สมการพบว่าหากจ่ายกระแสไฟฟ้า 1 A ให้อิเล็กโทรไลเซอร์
จะสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ประมาณ 8 ml/min

ปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตได้ในแต่ละวันของเดือนตุลาคม

จากการทดสอบพบว่าปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตได้มีค่า
เฉลี่ย อยู่ที่ 1,500 ml/day ที่ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ
485 W/m² ซึ่งปริมาณการเกิดไฮโดรเจนในแต่ละวัน
แสดงดังรูปที่ 6

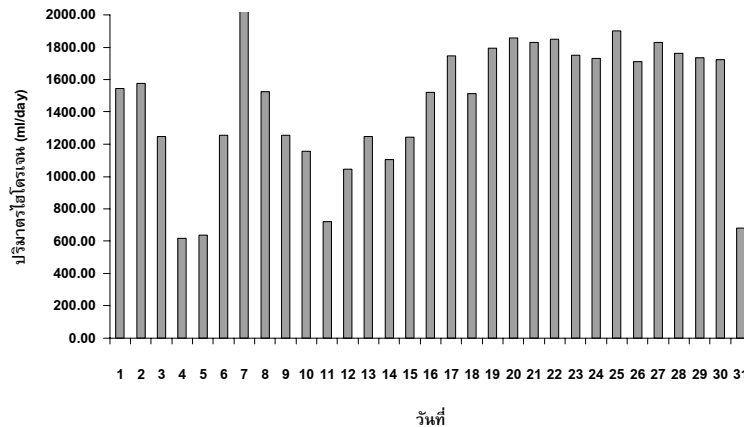
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์ (รูปที่ 7)

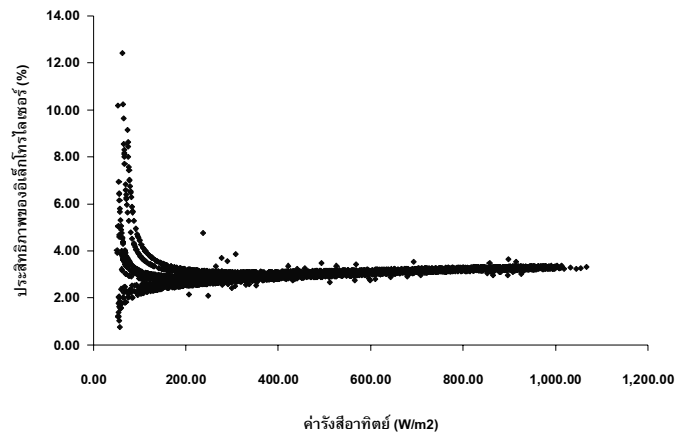
จากรูปที่ 7 พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยของอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.1 ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 485 W/m^2

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของระบบ

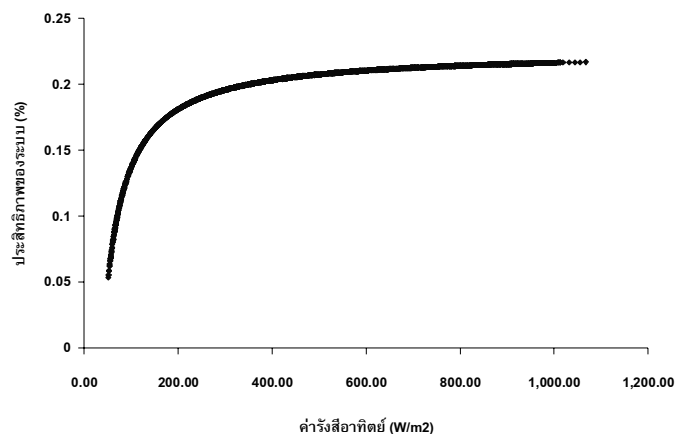
ประสิทธิภาพของระบบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.2 ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 485 W/m^2 (ดังรูปที่ 8)



รูปที่ 6 ปริมาณการเกิดไฮโดรเจนของเดือนตุลาคม 2550



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับประสิทธิภาพของระบบ

การสูญเสียพลังงานของอิเล็กโทรไลเซอร์, (Energy Loss; E_{loss})

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นการสูญเสียพลังงานของอิเล็กโทรไลเซอร์นั้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,262.4 J ซึ่งถือว่ามีความสูงค่อนข้างมากในด้านการสูญเสียส่วนใหญ่เนื่องมาจากความไม่เหมาะสมของแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าความต้องการในการผลิตไฮโดรเจนของอิเล็กโทรไลเซอร์ เมื่อประกอบกับ รูปที่ 7 และ 8 เห็นได้ว่าประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลเซอร์เมื่อเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์และประสิทธิภาพของระบบนั้นมีค่าค่อนข้างต่ำ

ผลการประเมินการระบบแบบ HPDC

การทดสอบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงโดยใช้อิเล็กโทรไลเซอร์ที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 4 mol/l โดยต่อตรงเข้ากับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 58 วัตต์ ต่อขนาดกัน 3 แผง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

จากผลการทดสอบของเดือนพฤษภาคม พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้แปรผันตรงกับค่ารังสีแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 9

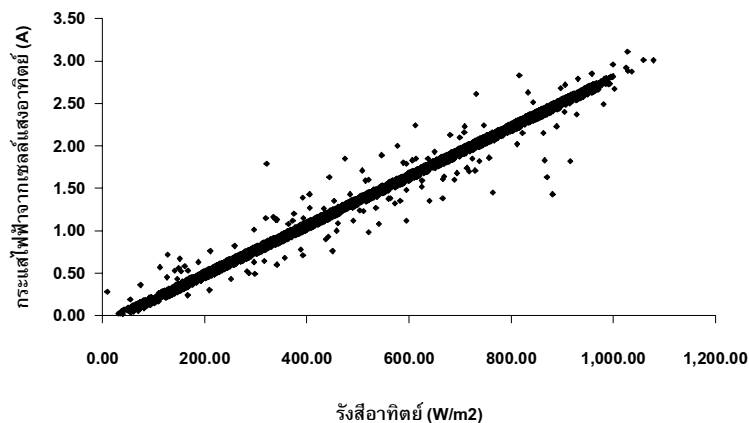
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเกิดไฮโดรเจนกับกระแสไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนกับกระแสไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 10

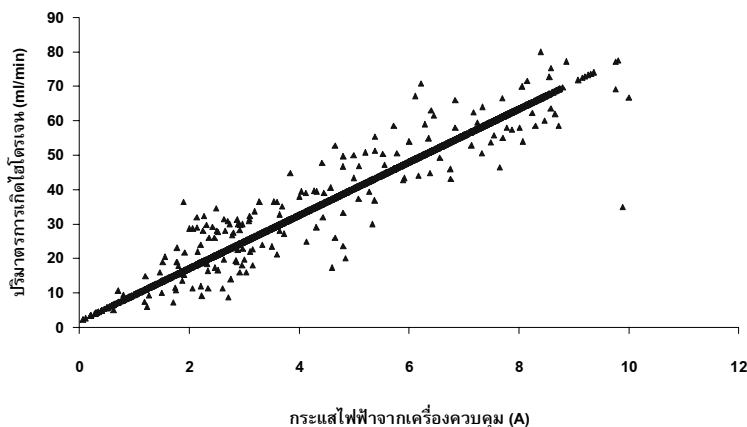
จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จึงส่งผลให้ปริมาณการเกิดไฮโดรเจนสูงขึ้นตาม เนื่องจากปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจนแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 2 การสูญเสียพลังงานของอิเล็กโทรไลเซอร์

	Maximum Value	Minimum Value	Average Value
Energy Loss	10,340.9 J	41.5 J	4,262.4 J



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจน

ปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตได้ในแต่ละวันของเดือนพฤศจิกายน

จากการทดสอบพบว่าในกรณีที่ต้องเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอิเล็กโทรไลเซอร์พบว่าปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,300 ml/day ที่ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 538 W/m^2 ซึ่งปริมาณการเกิดไฮโดรเจนในแต่ละวันแสดงดังรูปที่ 11

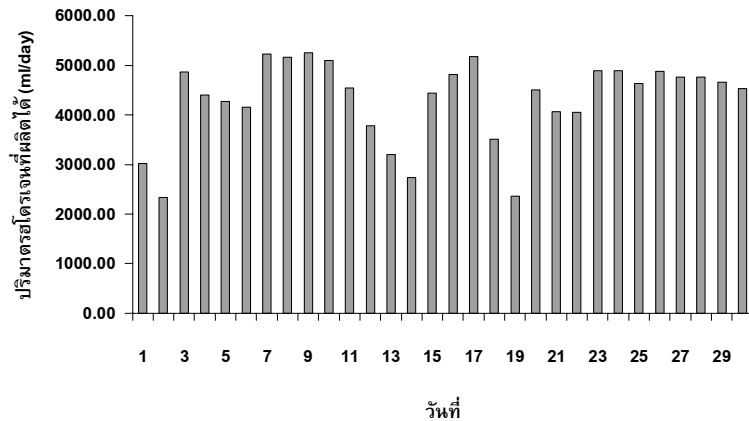
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลเซอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลเซอร์ (รูปที่ 12)

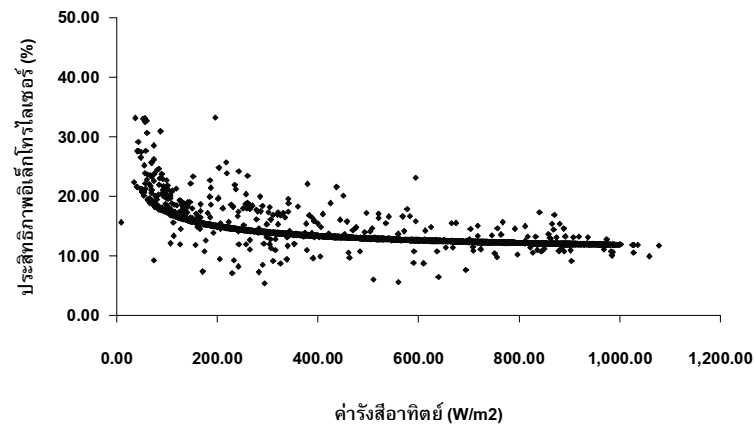
จากรูปที่ 12 พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยของอิเล็กโทรไลเซอร์เมื่อเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับร้อยละ 13.5 ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 538 W/m^2

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับประสิทธิภาพของระบบ

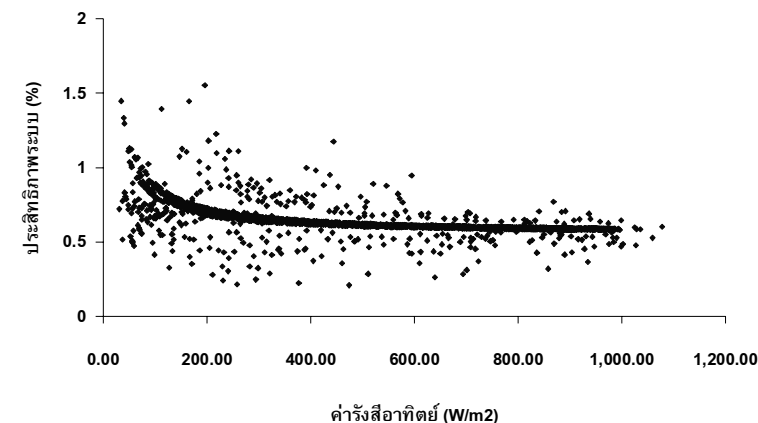
รูปที่ 13 แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.6 ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 538 W/m^2



รูปที่ 11 ปริมาณการเกิดไฮโดรเจนของเดือนพฤศจิกายน 2550



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลเซอร์



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับประสิทธิภาพของระบบ

การสูญเสียพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์, (Energy Loss; E_{loss})

ตารางที่ 3 แสดงการสูญเสียพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์เมื่อต่อเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยลงกว่าที่ไม่ได้ต่ออย่างเห็นได้ชัด และเมื่อพิจารณาถึงเรื่องความสามารถในการผลิตปริมาณไฮโดรเจนและประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์แล้วนั้น พบว่าระบบที่มีการต่อเครื่อง

ควบคุมแรงดันไฟฟ้านั้นสามารถผลิตไฮโดรเจนได้มากกว่าระบบที่ไม่มีตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า 3 เท่า โดยเมื่อเทียบประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์เทียบกับความเข้มแสงอาทิตย์แล้วนั้นพบว่าระบบที่มีการต่อเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า 4 เท่า ซึ่งระบบที่มีตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 13.5 ส่วนระบบที่ไม่มีตัวควบคุมนั้นมีประสิทธิภาพนั้นมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเพียงร้อยละ 3.1

ตารางที่ 3 การสูญเสียพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์

	Maximum Value	Minimum Value	Average Value
Energy Loss	18.6	1.29	7.5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวิจัยการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ DHPPV และแบบ HPDC ที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 4 mol/l โดยต่อตรงเข้ากับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 58 วัตต์ ซึ่งต่อแบบขนาน 3 แผง

จากผลการทดสอบพบว่า การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงสามารถผลิตไฮโดรเจนได้เฉลี่ยวันละ 1,500 ml/day ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 485 W/m^2 โดยที่ การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าสามารถผลิตไฮโดรเจนได้เฉลี่ยวันละ 4,300 ml/day ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 538 W/m^2 โดยประสิทธิภาพเฉลี่ยของอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเทียบกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงและการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 3.1 และ 13.5 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้านั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าถึง 4 เท่า ประสิทธิภาพของระบบการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงและการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.2 และ 0.6 ตามลำดับ และตัวแปรสุดท้ายที่พิจารณาได้แก่การสูญเสียพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์ โดยที่การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงนั้นมีค่าการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 4,262.4 J ซึ่งการคำนวณการสูญเสียพลังงานของการผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเกิดจากการสูญเสียในรูปของแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีค่าสูงกว่าความต้องการของอิเล็กทรอนิกส์นั่นเองและเมื่อทำการติดตั้งเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าเข้าระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์และอิเล็กทรอนิกส์นั้นค่าการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 7.5 J เท่านั้นเอง โดยสามารถสรุปได้ว่าเมื่อต่อ

เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าเข้ากับระบบ จะทำให้การสูญเสียพลังงานมีค่าลดลงทำให้อัตราการเกิดปริมาณไฮโดรเจนและประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์สูงขึ้นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่อนุเคราะห์เงินอุดหนุนการวิจัยพัฒนา สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2550 ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอดและขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของวิทยาลัยพลังงานทดแทนทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

วัฒนพงษ์ รัถวิเชียร กุลยา จันทร์อรุณ สังวาลย์ เฟื่องพัท และสมชาย สุวราห์วรรณ. (2537). การศึกษาการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสจากเซลล์แสงอาทิตย์. *วารสารคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ*, 28(2).

สุฤดี นาดกรณกุล นิพนธ์ เกตุจ้อย นัตรชัย ศิริสัมพันธ์ อนุสรณ์ วรสิงห์ และวิจิตร อุดอ้าย. (2548). *การพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์ในการผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้ในรถยนต์* (รายงานการวิจัย). พิษณุโลก: งบประมาณแผ่นดินปี 2548 มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุฤดี นาดกรณกุล นัตรชัย ศิริสัมพันธ์ อนุสรณ์ วรสิงห์ และกฤษฎา บุญชม. (2550). *การผลิตไฮโดรเจนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์* (รายงานการวิจัย). พิษณุโลก: งบประมาณแผ่นดินปี 2550 มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Franz Klinger. (2003). *Photovoltaic System Technology*. Kassal University. Germany.

Johanna Ivy Levene, Margaret K. Mann, Robert M. Margolis & Anelia Milbrandt. (2005). An Analysis of Hydrogen Production from Renewable Electricity Sources. *Solar Energy*, 81, 773–780.

Kyoungsoo Ro & Saifur Rahman. (2003). Two-Loop Controller for Maximizing Performance of a Grid-Connected Photovoltaic – FC Power plant. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 13(3).

Lehman, Peter A., Chamberlin, Charles E., Chapman, Greg S., Coleman, Nathaniel T., Engel, Richard A., McKay, Denise A., Marshall, Marc W., Reis, Antonio M. & Zoellick, James I. (2002). *Field Test of A PEM Fuel Cell in an Integrated Power System*. Schatz Energy Research Center (SERC), Humboldt State University.

Ahn S.-Y., Shin S.-J., Ha H.Y., Hong S.-A., Lee Y.-C., Lim T.W. & Oh I.-H. (2002). Performance and Lifetime Analysis of the kW-Class PEMFC Stack, *Journal of Power Sources*, 106, 295–303.

Thanaa Fawzy El-Shatcr. (2003). *Power Management of PV/Fuel Cell System*. 3rd World Conference on Photovoltaic Conversion May 1/–18, 2003 Osaka: Japon.