



## รายการอ้างอิง

1. สุกัญญา ทองคำ, ผลของขั้วไฟฟ้าแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยาต่อสมรรถนะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อแผ่นแลกเปลี่ยนโปรตอน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
2. เซลล์เชื้อเพลิง (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.wikipedia.com>
3. Barbir, F. PEM fuel cells. California : Elsevier Academic Press, 2005, pp. 147-204.
4. Kordesch, K., and Simader, G. Fuel cell and their applications. New York: VCH Publishers, 1996.
5. Ostwald, W.Z., Elektrochemie, London, The Royal Institution, Vol.1, pp. 122.
6. Nonbeck, J.M., J. W. Heffel, T.D. Durbin, B. Tabbara, K.M. Bowden, and M.C. Montano, Hydrogen Fuel for Surface Transportation, SAE, Warrendale, PA, 1996.
7. Larminie, J., and Dick, A. Fuel cell system explained. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.
8. ชนิกานต์ เล็กขาว, การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าโลหะผสมแพลทินัมสำหรับออกซิเจนรีดักชันในเซลล์เชื้อเพลิงพีอีเอ็ม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
9. ปารเมศ ชูติมา, การออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
10. Douglas C., Design and Analysis of Experiments., New York: John Wiley & Sons, 2001.
11. Lee W. K., Ho C.H., Van Zee J.W., and Murthy M., The effects of compression and gas diffusion layers on the performance of a PEM fuel cell, Journal of Power sources. 84 (1999), pp. 45-51.
12. Jiang., D. Chu, Stack design and performance of polymer electrolyte membrane fuel cells, Journal of Power sources. 93 (2001), pp. 25-31.
13. Scholta B. N., Wilde P., Jorissen L. and Garche J., Development and performance of a 10 kW PEMFC stack. Journal of Power sources. 127 (2004), pp. 206-212.

14. Dante C., Escamilla L., Madrigal V., Ttheuss T., Calderon J.D., Solorza O., Rivera R., Fractional factorial design of experimentals for PEM fuel cell performances improvement, Journal of Hydrogen energy. 28 (2002), pp.343-348.
15. Knobbe M.W., He W., Chong P.Y. and Nguyen T.V., Active gas management for PEM fuel cell stack, Journal of Power sources. 138 (2004), pp.94-100.
16. Mehta V., and Cooper J. S., Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing, Journal of Power Sources, 114, (2003), pp.32-53.
17. Wahdame B., Candusso D., Kauffmann J. M., Study of gas pressure and flow rate influences on a 500 W PEM fuel cell, thanks to the experimental design methodology, Journal of Power sources. (2005), *inpress*.

ภาคผนวก

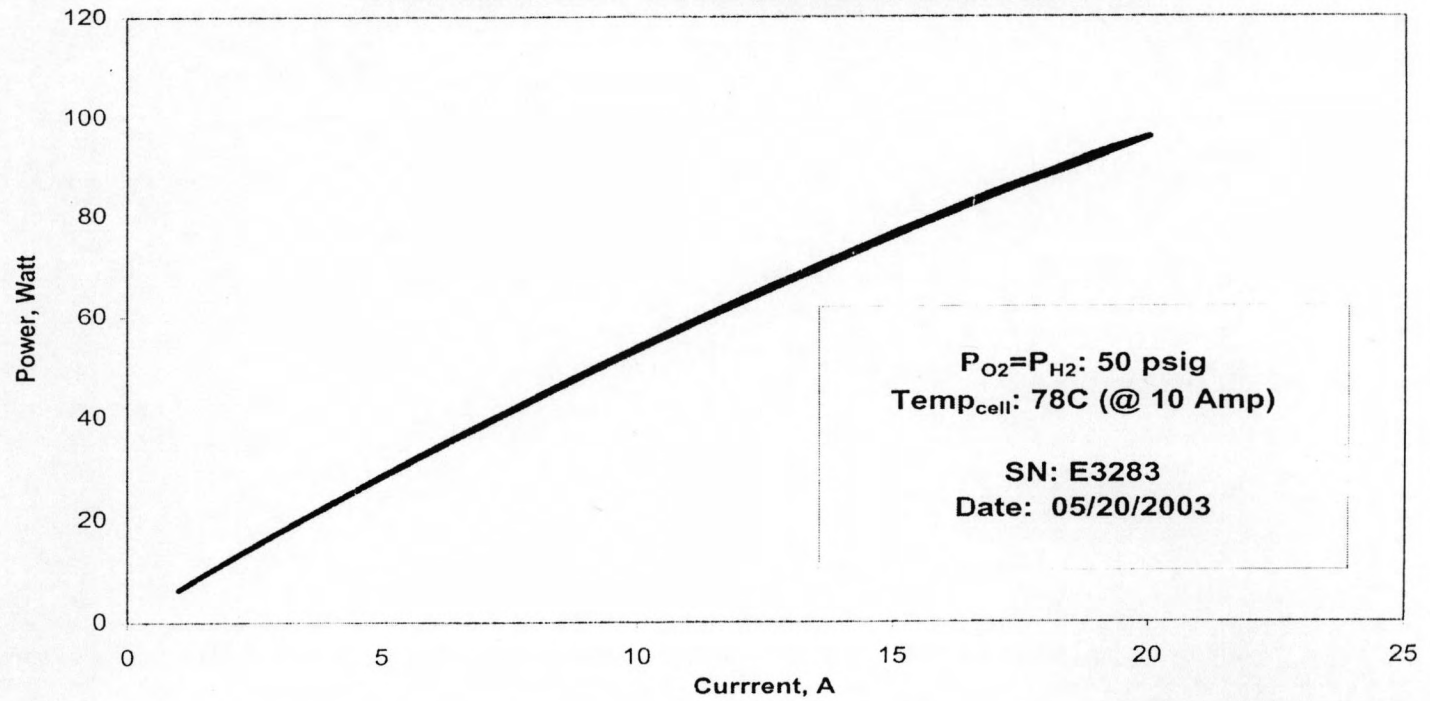
## ภาคผนวก ก

## ข้อมูลทางเทคนิคของชั้นเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลทางเทคนิคของชั้นเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 50 วัตต์

Specification	
Average cell voltage	0.65 +/- 0.05 V
Current density	350 +/- 50 mA/cm <sup>2</sup>
Total power	180 – 280 mW/c <sup>m2</sup>
Humidification	Dependent on power density
Cooling	Dependent on power density (External fan recommended)
Electrode assembly	50 cm <sup>3</sup> , MEA
Type	Solid Polymer Electrode

### EFC50-ST Performance Curve



ElectroChem, Inc.

## ภาคผนวก ข

## การคำนวณทางคณิตศาสตร์

การคำนวณด้วยวิธีพหุคูณตอบสนอง

แบบจำลองกำลังหนึ่งจะอยู่ในรูปสมการ (ข.1)

$$\hat{y} = \beta_b + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_x x_x + \varepsilon \quad (\text{ข.1})$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ( $\beta$ ) ต่าง ๆ จากวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least square) จะได้ดังนี้

$$\beta = (X'X)^{-1}(X'Y) \quad (\text{ข.2})$$

โดยที่  $X$  คือ ตัวแปรรหัส (Coded variable)  
 $Y$  คือ ค่าผลตอบสนอง (ค่ากระแสไฟฟ้า)

Process variables					Coded variables										Yields
Run	PH <sub>2</sub>	PO <sub>2</sub>	QH <sub>2</sub>	QO <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>4</sub>	x <sub>3</sub> x <sub>4</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>3</sub> x <sub>4</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>3</sub> x <sub>4</sub>	
1	20	20	500	500	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	2.86
2	50	20	500	500	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	4.09
3	20	50	500	500	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	5.80
4	50	50	500	500	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	5.12
5	20	20	1000	500	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	2.92
6	50	20	1000	500	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	3.70
7	20	50	1000	500	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	5.07
8	50	50	1000	500	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	4.43
9	20	20	500	1000	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	3.83
10	50	20	500	1000	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	4.71
11	20	50	500	1000	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	4.39
12	50	50	500	1000	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	3.32
13	20	20	1000	1000	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	2.32
14	50	20	1000	1000	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	4.00
15	20	50	1000	1000	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	5.49
16	50	50	1000	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5.52
17	20	20	500	500	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	2.84
18	50	20	500	500	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	3.87
19	20	50	500	500	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	5.70
20	50	50	500	500	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	5.27
21	20	20	1000	500	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	2.36



Process variables					Coded variables										Yields
Run	PH <sub>2</sub>	PO <sub>2</sub>	QH <sub>2</sub>	QO <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>4</sub>	x <sub>3</sub> x <sub>4</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>3</sub> x <sub>4</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>3</sub> x <sub>4</sub>	
22	50	20	1000	500	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	3.25
23	20	50	1000	500	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	5.22
24	50	50	1000	500	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	4.66
25	20	20	500	1000	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	3.46
26	50	20	500	1000	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	4.74
27	20	50	500	1000	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	4.22
28	50	50	500	1000	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	3.43
29	20	20	1000	1000	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	2.18
30	50	20	1000	1000	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	3.10
31	20	50	1000	1000	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	5.64
32	50	50	1000	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5.43
33	35	35	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.99
34	35	35	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.34
35	35	35	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.26



$X =$	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1		
	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1		2.86
	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1		4.09
	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1		5.78
	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1		5.12
	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1		2.92
	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1		3.70
	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1		5.07
	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1		4.43
	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1		3.83
	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1		4.71
	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1		4.39
	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1		3.32
	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1		2.32
	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1		4.00
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		5.49
	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1		5.52
	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1		2.84
	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1		3.87
	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1		5.70
	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1		5.27
	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1		2.36
	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1		3.25
	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1		5.22
	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1		4.66
	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1		3.46
	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1		4.74
	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1		4.22
	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1		3.43
	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1		2.18
	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1		3.99
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		5.64
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		5.43
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		3.99
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		4.34
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		4.26

 $Y =$



$$X'X = \begin{vmatrix} 35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32 \end{vmatrix}$$

$$(X'X)^{-1} = \begin{vmatrix} 0.0286 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0313 \end{vmatrix}$$

$$X'Y = \begin{vmatrix} 146.38 \\ 5.24 \\ 23.54 \\ -1.46 \\ -0.48 \\ -13.94 \\ 9.93 \\ -7.19 \\ 6.43 \\ 3.73 \\ 12.02 \end{vmatrix} \quad \beta = \begin{vmatrix} 4.18 \\ 0.16 \\ 0.74 \\ -0.05 \\ -0.02 \\ -0.44 \\ 0.31 \\ -0.23 \\ 0.20 \\ 0.12 \\ 0.38 \end{vmatrix} \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_1x_2 \\ x_2x_3 \\ x_2x_4 \\ x_3x_4 \\ x_1x_3x_4 \\ x_2x_3x_4 \end{matrix}$$

จะได้แบบจำลองดังนี้

$$y = 4.24 + 0.15x_1 + 0.66x_2 - 0.05x_3 - 0.02x_4 - 0.42x_1x_2 + 0.29x_2x_3 - 0.19x_2x_4 + 0.19x_3x_4 + 0.12x_1x_3x_4 + 0.39x_2x_3x_4 \quad (ข.3)$$

คำนวณขนาดของการก้าวย่างจะได้ดังแสดงในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ผลการคำนวณขนาดของการก้าวย่าง

Steps	Coded variables				Natural variables			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_3$	$\varepsilon_4$
origin	0	0	0	0	30	30	1500	1500
^	0.22	1	-0.07	-0.03	1.08	5	-0.35	-0.15
origin+^	0.22	1	-0.07	-0.03	31.08	35	1499.65	1499.85
origin+2	0.44	2	-0.14	-0.06	32.16	40	1499.30	1499.70
origin+3	0.66	3	-0.21	-0.09	33.24	45	1498.95	1499.55
origin+4	0.88	4	-0.28	-0.12	34.32	50	1498.60	1499.40
origin+5	1.1	5	-0.35	-0.15				
origin+6	1.32	6	-0.42	-0.18				

## ภาคผนวก ค

## ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 ตารางการออกแบบการทดลองแบบ  $2^4$  แฟกทอเรียล

Run	A	B	C	D	conditions
(I)	-	-	-	-	20,20,500,500
a	+	-	-	-	50,20,500,500
b	-	+	-	-	20,50,500,500
ab	+	+	-	-	50,50,500,500
c	-	-	+	-	20,20,1000,500
ac	+	-	+	-	50,20,1000,500
bc	-	+	+	-	20,50,1000,500
abc	+	+	+	-	50,50,1000,500
d	-	-	-	+	20,20,500,1000
ad	+	-	-	+	50,20,500,1000
bd	-	+	-	+	20,50,500,1000
abd	+	+	-	+	50,50,500,1000
cd	-	-	+	+	20,20,1000,1000
acd	+	-	+	+	50,20,1000,1000
bcd	-	+	+	+	20,50,1000,1000
abcd	+	+	+	+	50,50,1000,1000

A คือ ความดันของแก๊สไฮโดรเจน (psig)

B คือ ความดันของแก๊สออกซิเจน (psig)

C คือ อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน (sccm)

D คือ อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน (sccm)

ตารางที่ ค.2 ผลการออกแบบการทดลองแบบ 2<sup>4</sup> แฟกทอเรียล

ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมป์)

	run1	run2	run3	run4	run5	run6	run7	run8	run9	run10	run11	run12	run13	run14	run15	run16
volt	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)	I(A)
7.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.5	0.04	0.04	0.06	0.14	0.03	0.03	0.07	0.16	0.07	0.03	0.11	0.07	0.04	0.05	0.15	0.09
6.0	0.28	0.35	0.51	0.71	0.26	0.38	0.57	0.77	0.47	0.52	0.59	0.46	0.25	0.40	0.84	0.76
5.5	1.21	1.74	2.37	2.32	1.28	1.65	2.24	2.12	1.74	2.15	1.92	1.38	1.03	1.77	2.65	2.60
5.0	2.89	4.16	5.80	5.07	2.91	3.63	5.00	4.56	3.88	4.72	4.30	3.46	2.37	4.08	5.59	5.48
4.5	5.08	6.85	10.10	8.93	5.09	6.21	8.73	7.31	6.29	7.73	7.85	6.32	4.34	6.59	8.94	9.12
4.0	7.86	9.83	12.14	12.54	7.39	8.99	12.77	10.71	9.14	10.06	11.94	9.76	6.49	9.42	12.59	13.19
3.5	10.37	12.93			9.58	12.02	16.13	14.24	11.54	11.35		12.43	8.89	12.42	16.59	17.39
3.0	12.39				12.45	14.39	18.39	19.06					12.36	15.45	20.21	20.85
2.5					14.12	15.78		19.87					14.45	17.59	19.87	
2.0													15.23			
1.5																
1.0																
0.5																

ตารางที่ ค.3 ผลการออกแบบการทดลองแบบ 2<sup>4</sup> แฟกทอเรียล  
ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (เฉลี่ย)

	run1	run2	run3	run4	run5	run6	run7	run8	run9	run10	run11	run12	run13	run14	run15	run16
volt	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )	j(mA/cm <sup>2</sup> )
7.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.5	0.80	0.80	1.12	2.86	0.62	0.58	1.46	3.20	1.48	0.66	2.10	1.40	0.72	1.08	2.96	1.96
6.0	5.68	6.96	10.26	14.18	5.16	7.58	11.50	15.52	9.46	10.46	11.72	9.14	5.02	8.16	16.86	15.08
5.5	24.16	34.84	47.36	46.40	25.60	33.04	44.80	43.98	34.84	43.04	38.40	27.60	20.62	35.38	52.96	52.00
5.0	57.70	83.10	116.00	101.40	58.10	72.70	101.10	91.10	77.60	94.50	86.10	69.10	47.50	81.60	111.80	109.60
4.5	101.64	136.94	202.02	178.60	101.78	124.30	174.76	146.22	125.76	154.60	156.96	126.50	86.84	131.80	178.74	182.40
4.0	157.28	196.62	242.80	250.78	147.80	179.80	255.46	214.24	182.86	201.14	238.80	195.20	129.84	188.50	251.98	263.94
3.5	207.32	258.60			191.56	240.36	322.60	284.80	230.80	227.12		248.68	177.84	248.40	331.90	347.96
3.0	247.92				248.94	287.74	367.88	381.22					247.20	309.10	404.28	417.00
2.5					282.36	315.64		397.36					289.04	351.96	397.36	
2.0													304.60			
1.5																
1.0																
0.5																



ตารางที่ ค.4 ผลการออกแบบการทดลองแบบ 2<sup>4</sup> แฟกทอเรียล  
ค่ากำลังไฟฟ้า (เฉลี่ย)

	run1	run2	run3	run4	run5	run6	run7	run8	run9	run10	run11	run12	run13	run14	run15	run16
volt	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)	P(W)
7.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.5	0.26	0.26	0.36	0.93	0.20	0.19	0.47	1.04	0.48	0.21	0.68	0.46	0.23	0.35	0.96	0.64
6.0	1.70	2.09	3.08	4.25	1.55	2.27	3.45	4.66	2.84	3.14	3.52	2.74	1.51	2.45	5.06	4.52
5.5	6.64	9.58	13.02	12.76	7.04	9.09	12.32	12.09	9.58	11.84	10.56	7.59	5.67	9.73	14.56	14.30
5.0	14.43	20.78	29.00	25.35	14.53	18.18	25.03	22.78	19.40	23.63	21.53	17.28	11.88	20.40	27.95	27.40
4.5	22.87	30.81	45.45	40.19	22.90	27.97	39.32	32.90	28.30	34.79	35.32	28.46	19.54	29.66	40.22	41.04
4.0	31.46	39.32	48.56	50.16	29.56	35.96	51.09	42.85	36.57	40.23	47.76	39.04	25.97	37.70	50.40	52.79
3.5	36.28	45.26			33.52	42.06	56.46	49.84	40.39	39.75		43.52	31.12	43.47	58.08	60.89
3.0	37.19				37.34	43.16	55.18	57.18					37.08	46.37	60.64	
2.5					35.30	39.46		49.67					36.13	44.00		
2.0													30.46			
1.5																
1.0																
0.5																

ตารางที่ ค.5 ผลการออกแบบการทดลองแบบ 2<sup>4</sup> แฟกทอเรียล

ค่าอุณหภูมิของชั้นเซลล์เชื้อเพลิง (เฉลี่ย)

	run1	run2	run3	run4	run5	run6	run7	run8	run9	run10	run11	run12	run13	run14	run15	run16
volt	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)
7.0	35.10	35.50	37.00	33.00	34.70	36.80	38.30	31.50	35.40	33.20	33.80	31.70	32.00	31.60	31.40	33.40
6.5	35.30	35.60	33.30	33.20	34.80	37.60	38.90	31.90	36.00	34.60	34.40	32.50	32.70	31.90	31.60	33.90
6.0	36.30	36.00	37.90	35.50	35.60	37.80	39.50	32.60	36.20	37.10	39.30	34.20	33.30	32.50	32.00	34.90
5.5	38.40	37.00	39.40	38.90	37.40	39.50	41.60	35.30	37.40	41.40	44.80	43.20	35.00	34.80	37.00	36.70
5.0	42.20	39.80	43.10	44.70	42.30	42.80	44.60	39.60	39.90	46.70	52.70	49.40	39.20	39.90	41.40	41.20
4.5	47.80	45.30	49.20	51.70	49.70	48.30	49.10	45.70	43.80	54.80	66.60	53.40	47.10	49.70	47.20	49.00
4.0	54.20	53.00	50.60	60.60	58.80	55.10	57.80	54.40	50.10	64.10	72.10	60.80	57.30	51.70	59.40	54.50
3.5	64.00	57.10			67.30	56.80	60.10	64.10	56.70	70.30		65.90	68.10	58.60	70.90	57.30
3.0	74.90				74.70	65.30	65.80	76.00					74.80	66.40	78.60	
2.5					76.50	70.50		78.80					76.10	73.90		
2.0													78.50			
1.5																
1.0																
0.5																

ตารางที่ ค.6 ผลของอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน โดยวิธี Univariate

อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 810 sccm

ความดันในระบบ 50 psig

Volt	270 sccm				400 sccm				540 sccm				680 sccm				810 sccm			
	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)
7.30	0.00	0.00	0.00	34.20	0.00	0.00	0.00	36.80	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00	35.40	0.00	0.00	0.00	36.50
7.0	0.04	0.89	0.31	35.40	0.02	0.48	0.17	36.90	0.04	0.71	0.25	32.80	0.01	0.22	0.08	35.50	0.03	0.54	0.19	36.60
6.5	0.34	6.71	2.18	35.90	0.22	4.32	1.40	37.20	0.23	4.64	1.51	33.40	0.09	1.80	0.59	35.80	0.24	4.87	1.58	36.80
6.0	1.91	38.16	11.45	39.10	1.48	29.54	8.86	38.80	1.47	29.40	8.82	35.10	1.00	20.10	6.03	36.80	1.79	35.83	10.75	38.40
5.5	6.61	132.20	36.36	53.10	5.10	101.92	28.03	43.50	5.78	115.69	31.81	38.70	5.43	108.60	29.87	43.50	6.87	137.38	37.78	49.90
5.0	11.44	228.74	57.19	55.80	13.66	273.20	68.30	65.40	14.14	282.78	70.70	64.40	14.68	293.72	73.43	68.60	14.72	294.37	73.59	68.50
4.9	11.55	230.96	56.59	58.20	14.70	294.00	72.03	69.70	15.96	319.16	78.19	70.20	15.80	316.00	77.42	72.40	16.28	325.64	79.78	70.40
4.8	12.15	242.98	58.32	60.40	14.75	294.90	70.78	70.80	16.20	323.99	77.76	65.10	16.34	326.80	78.43	73.70	17.06	341.22	81.89	71.90
4.7	12.21	244.28	57.41	61.30	14.82	296.40	69.65	73.90	16.45	329.06	77.33	73.00	16.95	339.00	79.67	75.40	17.67	353.49	83.07	73.10
4.6	12.23	244.59	56.26	62.20	14.78	295.56	67.98	77.60	16.55	330.97	76.12	71.80	17.00	340.10	78.22	76.80	17.78	355.53	81.77	74.10
4.5									16.67	333.34	75.00	73.20	16.93	338.70	76.21	77.10	17.79	355.76	80.05	74.40
4.4									16.77	335.45	73.80	75.50	16.99	339.88	74.77	77.30	17.8	355.98	78.32	74.70
4.3													16.95	339.14	72.88	78.50				

ตารางที่ ค.7 ผลของอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน โดยวิธี Univariate

อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน 540 sccm

ความดันในระบบ 50 psig

Volt	540 sccm				810 sccm				1080 sccm				1350 sccm				1620 sccm			
	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	Power(w)	T(°C)
7.3	0.00	0.00	0.00	33.10	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00	35.10	0.00	0.00	0.00	33.50	0.00	0.00	0.00	35.40
7.0	0.03	0.56	0.20	33.30	0.03	0.71	0.25	32.80	0.03	0.78	0.27	35.50	0.05	1.16	0.41	33.80	0.04	0.88	0.31	35.70
6.5	0.21	4.32	1.40	33.70	0.23	4.64	1.51	33.40	0.28	5.63	1.83	35.70	0.40	8.10	2.63	34.40	0.30	6.04	1.96	35.80
6.0	1.50	30.18	9.05	34.80	1.47	29.40	8.82	35.10	1.72	34.46	10.34	39.40	2.01	40.19	12.06	36.50	1.73	34.60	10.38	37.50
5.5	6.18	123.73	34.03	48.90	5.78	115.69	31.81	38.70	6.25	125.13	34.41	52.80	6.80	136.09	37.42	49.40	6.41	128.27	35.27	50.80
5.0	10.96	219.33	54.83	53.90	14.13	282.78	70.70	64.40	13.79	275.93	68.98	75.80	14.79	295.82	73.96	74.00	14.12	282.47	70.62	73.60
4.9	11.06	221.27	54.21	57.20	15.95	319.16	78.19	70.20	15.15	303.08	74.25	73.80	16.24	324.97	79.62	75.40	15.25	305.02	74.73	74.70
4.8	11.11	222.20	53.33	57.40	16.20	323.99	77.76	65.10	16.42	328.40	78.82	73.70	17.53	350.70	84.17	75.30	16.55	331.16	79.48	74.70
4.7	11.12	222.51	52.29	58.40	16.45	329.06	77.33	73.00	17.77	355.45	83.53	73.70	18.87	377.42	88.69	74.60	17.86	357.23	83.95	73.90
4.6	11.12	222.45	51.16	59.40	16.54	330.97	76.12	71.80	19.17	383.46	88.20	74.60	20.02	400.55	92.13	76.10	19.13	382.73	88.03	74.40
4.5					16.66	333.34	75.00	73.20	20.42	408.44	91.90	75.50	20.94	418.98	94.27	76.90	20.40	408.05	91.81	75.30
4.4					16.77	335.45	73.80	75.50	20.74	414.81	91.26	76.40	21.84	436.93	96.12	77.00	21.34	426.82	93.90	76.00
4.3									20.97	419.50	90.19	77.40	22.41	448.28	96.38	77.30	21.82	436.42	93.83	76.90
4.2									21.18	423.62	88.96	78.50	22.71	454.25	95.39	77.70	22.65	453.10	95.15	77.30
4.1									21.30	426.09	87.35	79.50	22.99	459.84	94.27	79.20	23.02	460.45	94.39	78.90



ตารางที่ ค.8 ผลของความดันในระบบ โดยวิธี Univariate

อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 810 sccm    อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน 540 sccm

Volt	30 psig				35 psig				40 psig				45 psig				50 psig				55 psig			
	I(A)	J (mA/cm <sup>2</sup> )	Power (w)	T(°C)	I(A)	J (mA/cm <sup>2</sup> )	Power (w)	T(°C)	I(A)	J (mA/cm <sup>2</sup> )	Power (w)	T(°C)	I(A)	J (mA/cm <sup>2</sup> )	Power (w)	T(°C)	I(A)	J (mA/cm <sup>2</sup> )	Power (w)	T(°C)	I(A)	J (mA/cm <sup>2</sup> )	Power (w)	T(°C)
7.3	0.00	0.00	0.00	37.40	0.00	0.00	0.00	33.50	0.00	0.00	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00	31.60
7.0	0.02	0.34	0.12	37.50	0.05	1.02	0.36	33.70	0.02	0.50	0.18	36.10	0.02	0.48	0.17	36.90	0.03	0.71	0.25	32.80	0.05	1.02	0.36	31.90
6.5	0.11	2.32	0.75	37.50	0.32	6.46	2.10	34.00	0.19	3.92	1.27	36.40	0.19	3.90	1.27	37.00	0.23	4.64	1.51	33.40	0.36	7.36	2.39	32.30
6.0	0.92	18.46	5.54	38.30	1.55	31.08	9.32	35.30	1.35	27.00	8.10	37.70	1.52	30.48	9.14	38.40	1.47	29.40	8.82	35.10	1.92	38.46	11.54	34.20
5.5	3.71	74.36	20.45	41.60	5.10	102.16	28.09	42.60	5.27	105.48	29.01	45.90	5.99	119.80	32.95	48.40	5.78	115.69	31.81	38.70	6.54	130.96	36.01	45.00
5.0	10.46	209.20	52.30	63.40	12.21	244.36	61.09	64.00	12.89	257.82	64.46	63.50	13.59	271.86	67.97	69.10	14.13	282.78	70.70	64.40	15.33	306.62	76.66	77.30
4.9	11.68	233.60	57.23	66.90	13.58	271.70	66.57	67.40	14.14	282.90	69.31	66.40	14.87	297.44	72.87	72.40	15.95	319.16	78.19	70.20	16.18	323.6	79.28	79.90
4.8	12.96	259.28	62.23	70.70	15.08	301.74	72.42	72.80	15.60	312.00	74.88	69.10	15.71	314.30	75.43	75.30	16.20	323.99	77.76	65.10	16.44	328.82	78.92	76.10
4.7	14.11	282.20	66.32	74.90	16.34	326.98	76.84	75.00	16.68	333.78	78.44	71.50	16.52	330.42	77.65	76.70	16.45	329.06	77.33	73.00	16.44	328.96	77.31	76.00
4.6	15.23	304.62	70.06	75.10	16.52	330.44	76.00	76.70	16.94	338.96	77.96	72.80	16.55	331.12	76.16	77.90	16.54	330.97	76.12	71.80	16.43	328.64	75.59	77.50
4.5	16.63	332.70	74.86	75.20	16.58	331.76	74.65	77.80	16.90	338.10	76.07	73.20	16.45	329.08	74.04	79.80	16.66	333.34	75.00	73.20	16.45	329.16	74.06	78.30
4.4	16.60	332.10	73.06	75.30	16.51	330.28	72.66	76.40	16.90	338.02	74.36	74.00	16.49	329.88	72.57	78.60	16.77	335.45	73.80	75.50	16.48	329.7	72.53	78.30
4.3	16.62	332.48	71.48	75.40	16.52	330.40	71.04	76.20	16.91	338.36	72.75	75.70	16.54	330.80	71.12	78.40					16.45	329.14	70.77	77.60
4.2	16.56	331.34	69.58	77.20	16.53	330.78	69.46	76.10	16.95	339.02	71.19	76.50	16.45	329.02	69.09	79.00					16.42	328.52	68.99	77.40
4.1	16.54	330.98	67.85	77.40	16.52	330.50	67.75	77.80	16.91	338.20	69.33	77.40												
4.0	16.54	330.86	66.17	77.20	16.56	331.20	66.24	77.60																

ตารางที่ ค.9 ผลของโมเมนต์การหมุนในการอัดประกอบชั้นเซลล์เชื้อเพลิง

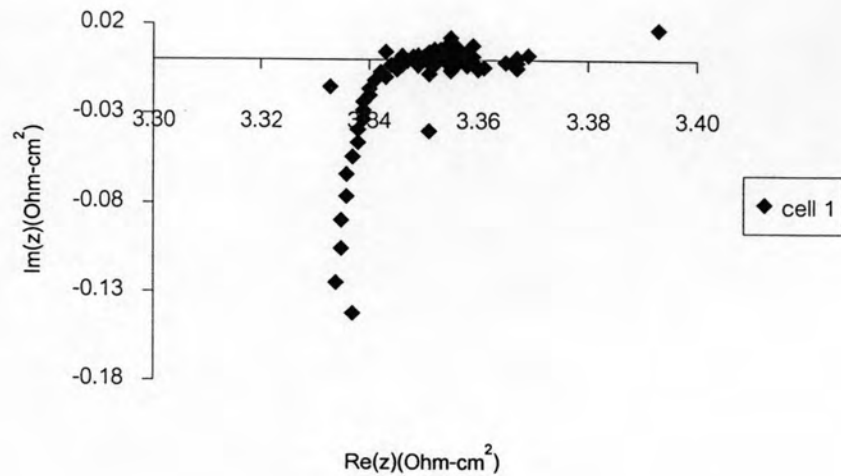
อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 810 sccm อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน 540 sccm

ความดันในระบบ 50 psig

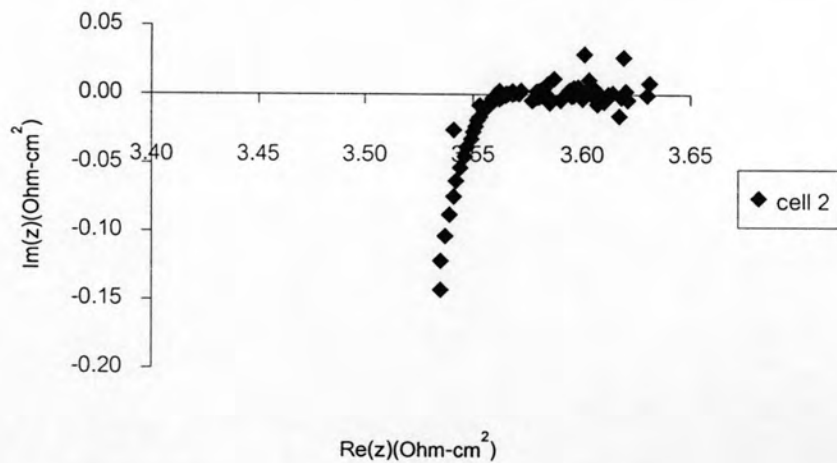
V (v)	50 lb.in				60 lb.in				70 lb.in				80 lb.in			
	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	P(W)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	P(W)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	P(W)	T(°C)	I(A)	j(mA/cm <sup>2</sup> )	P(W)	T(°C)
7.3	0.00	0.00	0.00	35.90	0.00	0.00	0.00	38.10	0.00	0.00	0.00	35.30	0.00	0.00	0.00	35.10
7.0	0.01	0.22	0.08	36.10	0.01	0.22	0.08	38.20	0.01	0.26	0.09	35.40	0.01	0.21	0.07	35.30
6.5	0.05	1.02	0.33	36.20	0.05	1.04	0.34	38.30	0.06	1.21	0.39	35.50	0.06	1.17	0.38	35.50
6.0	0.34	6.72	2.02	36.60	0.40	8.03	2.41	38.90	0.41	8.25	2.48	35.80	0.45	8.93	2.68	36.00
5.5	2.20	44.00	12.10	39.20	2.38	47.57	13.08	42.30	2.57	51.49	14.16	40.80	2.21	44.27	12.17	39.10
5.0	7.30	145.90	36.48	58.60	7.50	150.00	37.50	62.90	7.67	153.36	38.34	56.70	6.32	126.49	31.62	56.50
4.9	8.33	166.64	40.83	61.30	8.13	162.66	39.85	65.50	8.75	174.97	42.87	59.90	7.48	149.61	36.65	62.20
4.8	9.55	190.92	45.82	63.20	9.18	183.52	44.04	67.60	9.91	198.13	47.55	63.30	8.58	171.54	41.17	65.60
4.7	10.69	213.76	50.23	66.10	11.04	211.32	51.89	71.40	11.29	225.85	53.07	69.50	9.84	196.74	46.23	70.90
4.6	11.95	238.96	54.96	68.80	11.66	233.12	53.62	74.70	12.58	251.57	57.86	73.70	11.11	222.23	51.11	74.40
4.5	13.18	263.58	59.31	73.40	12.87	257.40	57.92	78.70	13.61	272.27	61.26	77.30	12.32	246.30	55.42	77.10
4.4	14.14	282.76	62.21	77.60	13.89	277.85	61.13	79.00	14.69	293.80	64.64	79.50	13.41	268.27	59.02	77.40
4.3	14.97	299.49	64.39	78.50	14.90	298.09	64.09	79.40	15.61	312.16	67.11	79.80	14.39	287.70	61.86	78.90
4.2					15.76	315.21	66.19	79.30	16.03	320.59	67.32	79.90	15.23	304.53	63.95	78.50
4.1													15.91	318.29	65.25	78.80

## ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนภายในแต่ละเซลล์แบบไม่ใช้วิธี Inductance

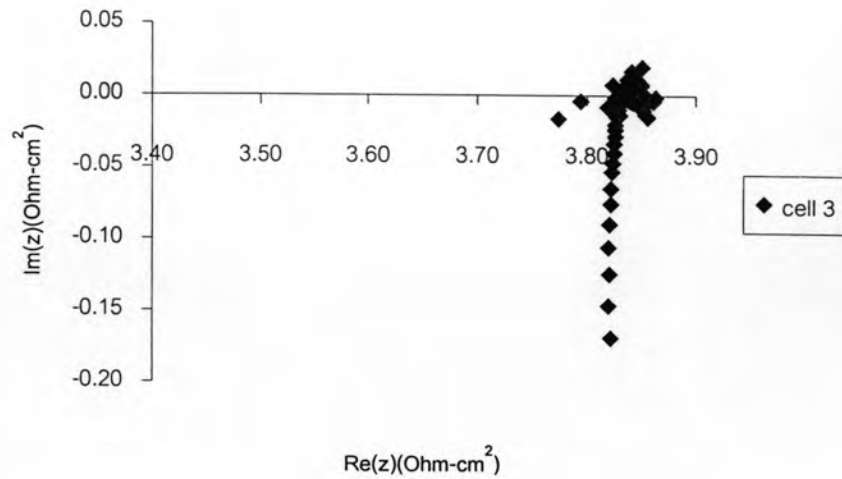


รูปที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่หนึ่ง ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว

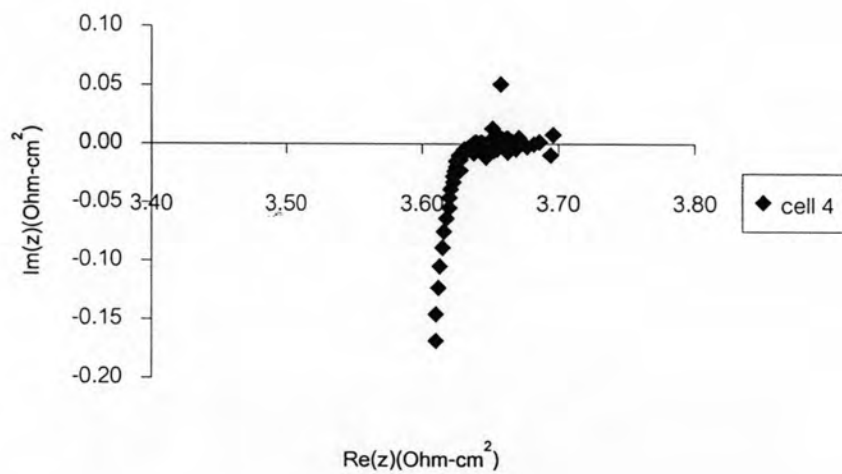


รูปที่ ง.2 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่สอง ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว

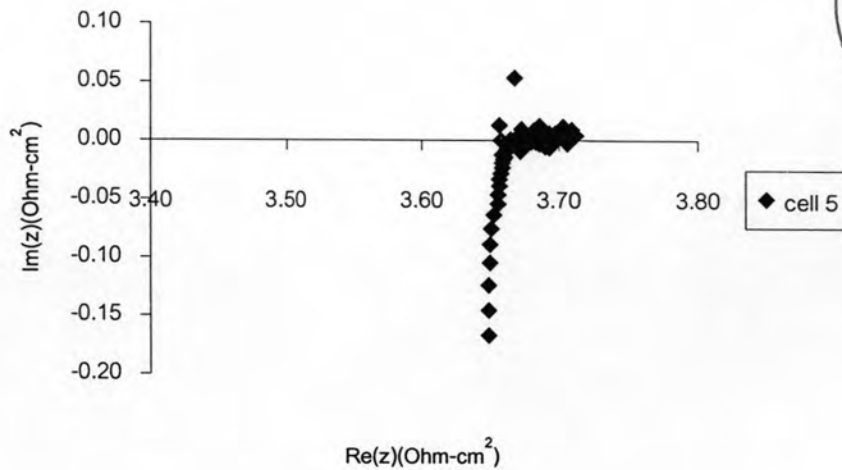




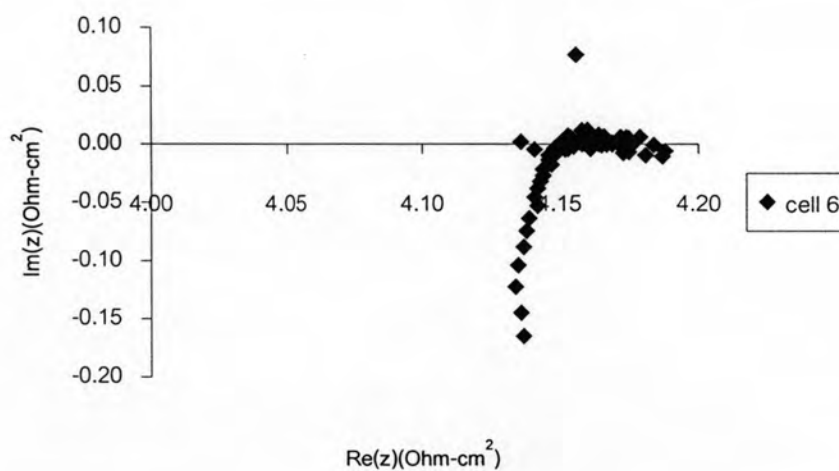
รูปที่ ง.3 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่สาม ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว



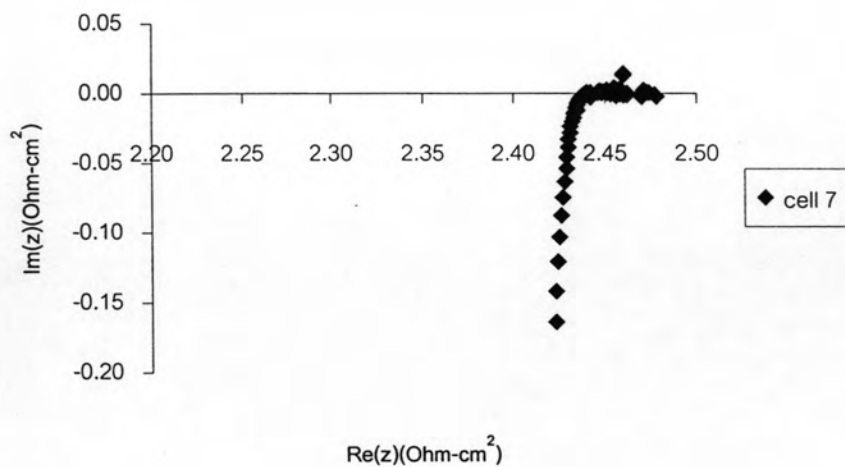
รูปที่ ง.4 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่สี่ ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว



รูปที่ ๕.5 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่ห้า ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว



รูปที่ ๕.6 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่หก ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว



รูปที่ ง.7 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานเชิงซ้อนของเซลล์ที่เจ็ด ณ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.7 โวลต์โดยกำหนดอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 810 sccm และ 540 sccm ตามลำดับ ความดัน 50 psig โมเมนต์การหมุนเท่ากับ 70 ปอนด์แรง.นิ้ว

## ภาคผนวก จ

## การคำนวณคูลน้ำภายในเซลล์เชื้อเพลิง

คูลน้ำภายในชั้นเซลล์เชื้อเพลิง

ปริมาณน้ำสะสมในเซลล์เชื้อเพลิง = ปริมาณน้ำเข้า + ปริมาณน้ำจากปฏิกิริยา - ปริมาณน้ำออก

ข้อมูลการทดลอง

ความดัน	50	psig
อุณหภูมิการทำงานของชั้นเซลล์เชื้อเพลิง	65	องศาเซลเซียส
อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน	0.364	โมลต่อนาที
อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน	0.024	โมลต่อนาที
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ได้	14.1	แอมแปร์
ค่าศักย์ไฟฟ้าของชั้นเซลล์เชื้อเพลิง	5.0	โวลต์
เวลาอ้างอิง	1	นาที

ปริมาณน้ำในแก๊สขาเข้า

เนื่องจากในการทดลองทดสอบหาประสิทธิภาพของชั้นเซลล์เชื้อเพลิงให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้า 50 วัตต์นั้น ไม่ได้ให้ความชื้นแกแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนก่อนเข้าสู่หน่วยทดสอบ จึงไม่นำผลของปริมาณน้ำในแก๊สขาเข้ามาคิด

ปริมาณน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยา

ปริมาณน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาสามารถคำนวณได้จากค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ตามกฎของฟาราเดย์คือ

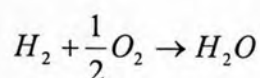
$$n_{H_2O} = \frac{It}{n_e F}$$

โดยที่	$I$	=	ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
	$t$	=	เวลา (นาที)
	$n_e$	=	จำนวนอิเล็กตรอน (equivalent/mole)
	$F$	=	ค่าคงที่ฟาราเดย์ (Faraday's constant) มีค่า 96489 A.s/mole

จะได้

$$\begin{aligned} n_{H_2O} &= \frac{(14.1)(60)}{(2)(96489)} \\ &= 0.004 \quad \text{โมลต่อนาที} \end{aligned}$$

จำนวนโมลของน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาเท่ากับ 0.004438 โมลต่อนาที  
จากปฏิกิริยา



จะใช้แก๊สไฮโดรเจนในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ	0.004	โมลต่อนาที
จะเหลือแก๊สไฮโดรเจนขาออกเท่ากับ	$0.364 - 0.004 = 0.359$	โมลต่อนาที
จากปฏิกิริยาจะใช้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยา	0.002219	โมลต่อนาที
จะเหลือแก๊สออกซิเจนขาออกเท่ากับ	$0.024 - 0.002 = 0.022$	โมลต่อนาที

#### ปริมาณน้ำในแก๊สขาออก

โดยมีสมมติฐานว่าแก๊สขาออกจากชั้นเซลล์เชื้อเพลิงมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิการทำงาน  
ของชั้นเซลล์เชื้อเพลิง ณ ขณะนั้นและอิ่มตัวด้วยไอน้ำจะได้

$$P_{H_2O} = P_{H_2O,65^\circ C}^* = 0.249 \text{ atm}$$

$$P_{H_2O} = P_{O_2} = 1 - 0.249 = 0.751 \text{ atm}$$

คำนวณหาจำนวนโมลของน้ำในแก๊สไฮโดรเจนขาออก

$$\begin{aligned} n_{H_2O} &= \frac{(0.249)(0.359)}{(0.751)} \\ &= 0.119 \quad \text{โมลต่อนาที} \end{aligned}$$

คำนวณหาจำนวนโมลของน้ำในแก๊สออกซิเจนขาออก

$$n_{H_2O} = \frac{(0.249)(0.022)}{(0.751)}$$

$$= 0.007 \quad \text{โมลต่อนาทีก}$$

เพราะฉะนั้นปริมาณที่สะสมอยู่ภายในชั้นเซลล์เชื้อเพลิงคือ

$$= 0.004 - 0.119 - 0.007$$

$$= -0.012 \quad \text{โมลต่อนาทีก}$$

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอารีรัตน์ ศรีกล้า เกิดเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2523 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษา  
ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพนัสพิทยาคาร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรม  
ศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการ  
ศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อ  
พ.ศ. 2546

