ภาคผนวก ก
วิธีการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการคำนวณ

ก 1. ปริมาณการใช้ก๊าซปฏิกิริยา

ก 1.1 ไฮโดรเจน

สมการเคมีที่แอโนด

$$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$$

2 (ปริมาณของ H_2) = ปริมาณอิเลคตรอน moles.s^{-1}

2(H_2usage) = $\frac{I}{F}$ moles.s^{-1}

H_2 usage = $\frac{I}{2F}$ moles.s^{-1}

<u>สำหรับ stack</u>

H_2 usage = $\frac{In}{2F}$ moles.s^{-1}

เมื่อ I = ค่ากระแสที่ไหลผ่านเซลล์เชื้อเพลิง

F = ค่าคงที่ของฟาราเดย์ = 96485 c.mole^{-1}

n = จำนวนเซลล์ใน stack

ก 1.2 ปริมาณการใช้ออกซิเจน

สมการเคมีทั่วไปของเซลล์เพลิง

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

ปริมาณของ H_2 = 2x(ปริมาณออกซิเจน) moles.s^{-1}

(1/2)(H_2usage) = O_2usage moles.s^{-1}

O_2 usage = $\frac{I}{4F}$ moles.s^{-1}

<u>สำหรับ stack</u>

O_2 usage = $\frac{In}{4F}$ moles.s^{-1}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก 2. การแปลงค่าปริมาณการใช้ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นอัตราเร็วเชิงปริมาณ (cc/min) ที่สภาวะการทำงานทั่วไป พิจารณาให้ก๊าซปฏิกิริยาเป็นก๊าซอุดมคติ

$$P\dot{V} = NRT$$

$$\dot{V} = \frac{NRT}{P}$$

โดย $\dot{V}$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซ

N = อัตราการไหลเชิงโมลของก๊าซ, mol/s

R = ค่าคงที่ของก๊าซ = 8.3143 x 10^{-3} kPa. m^3/(mol.K)

T = อุณหภูมิองศาสัมบูรณ์

P = ความดัน

ในการวัดอัตราการไหลของก๊าซที่กระทำ ณ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิเฉลี่ย 30^0C ดังนั้น

P = 1.01 x 10^2 kPa, T = 303 K

$$= \frac{(8.3143x10^{-3})(303)}{1.01x10^2}N \quad m^3.s^{-1}$$

แปลงเป็นหน่วย cc/min

$$\dot{V} = (60 \times 10^6)\left(\frac{(8.3143x10^{-3})(303)}{1.01x10^2}\right)N \text{ cc/min}$$

$\therefore$ $\dot{V}$ = 1.496 x 10^9N cc/min

อัตราการผลิตน้ำของเซลล์เชื้อเพลิง

จากสมการ $2H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$

จากสมการข้างต้น 1 โมลของ H_2 ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์น้ำ 1 โมล ดังนั้น

ปริมาณน้ำผลิตภัณฑ์ = $\frac{In}{2F}$ moles.s^{-1}

มวลโมเลกุลของน้ำคือ 18.02 x 10^{-3} kg.$mole^{-1}$ ดังนั้นอัตราการผลิตน้ำเชิงมวลของเซลล์เชื้อเพลิงคือ

Water Production = (9.34 x 10^{-8}) In kg.s^{-1}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลอง

1. จ่ายก๊าซปฏิกิริยาออกซิเจนและไฮโดรเจนให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง โดยควบคุมความดันทำงานของเซลล์ที่ 20 Psig ป้อนก๊าซด้วยอัตราเกินกว่าค่าทางทฤษฎี (Stoichiometry, λ) โดยควบคุมที่ λ_{02} = 2.5, λ_{H2} = 1.5

2. ให้เซลล์ทำงานที่มีค่ากระแสต่างๆ จาก 1-5 A ควบคุมโดย electronic load

วิเคราะห์ผล

1. คำนวณค่า H_2usage ในทางทฤษฎีที่ค่ากระแสต่างๆ โดยใช้สูตร

$$H_2 \text{ usage} = \left(\frac{In}{10^3 x 2F}\right)(1.496 \times 10^9) \quad \text{cc/min}$$

$$= \left(\frac{In}{2F}\right)(1.496 \times 10^6) \quad \text{cc/min}$$

$$O_2 \text{ usage} = \left(\frac{In}{10^3 x 4F}\right)(1.496 \times 10^9) \quad \text{cc/min}$$

$$= \left(\frac{In}{4F}\right)(1.496 \times 10^6) \quad \text{cc/min}$$

2. เมื่อกำหนดให้ λ_{02} = 2.5$_r$ λ_{H2} = 1.5 ดังนั้น

$$H_2\text{in} = (1.5)\left(\frac{In}{2F}\right)(1.496 \times 10^6) \quad \text{cc/min}$$

$$O_2\text{in} = (2.5)\left(\frac{In}{4F}\right)(1.496 \times 10^6) \quad \text{cc/min}$$

3. ดังนั้นจะได้ค่าไฮโดรเจนและออกซิเจนที่ป้อนให้แก่หอเซลล์เชื้อเพลิงที่ค่ากระแสต่างๆ ดังนี้

4. ค่า Single Cell Voltage ที่เปลี่ยนแปลงไปบอกถึง voltage drop ที่แตกต่างกันสองชนิดคือ Activation Voltage Drop (V_a) และ ohmic Voltage Drop (V_0) โดยจำแนกจากกราฟของข้อมูล (V_c) – เวลา

5. นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง V_r – I ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น V_r = ci + d

เมื่อเปรียบเทียบกับสมการ

$$V_c = E - (i + i_n)\, r - A \ln\left(\frac{i + i_n}{i_o}\right)$$

เทอม $(i + i_n)r$ ก็คือ V_c ของเซลล์นั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสมการ $V_r = (i + i_n)\, r$

$V_r = ir + i_n r$

เทียบกับความสัมพันธ์ $V_r - i$ ที่ได้จากข้อมูล คือ

$V_r = ci + d$

ดังนั้นเราจะได้ค่าคุณสมบัติของเซลล์คือ $r = c$ และ $i_n = \frac{d}{c}$

6. การหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับ Activation overvoltage หาความสัมพันธ์ระหว่าง (V_a) กับ $\ln (i + i_n)$

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของข้อมูลคือ

$V_a = f \ln (i + i_n) + g$; f, g = ค่าคงที่

เทียบกับเทอมที่ 3 ทางด้านขวาของสมการ

$$V_a = A \ln \left(\frac{i + i_n}{i_o} \right)$$

$V_a = A \ln (i + i_n) - A \ln (i_0)$

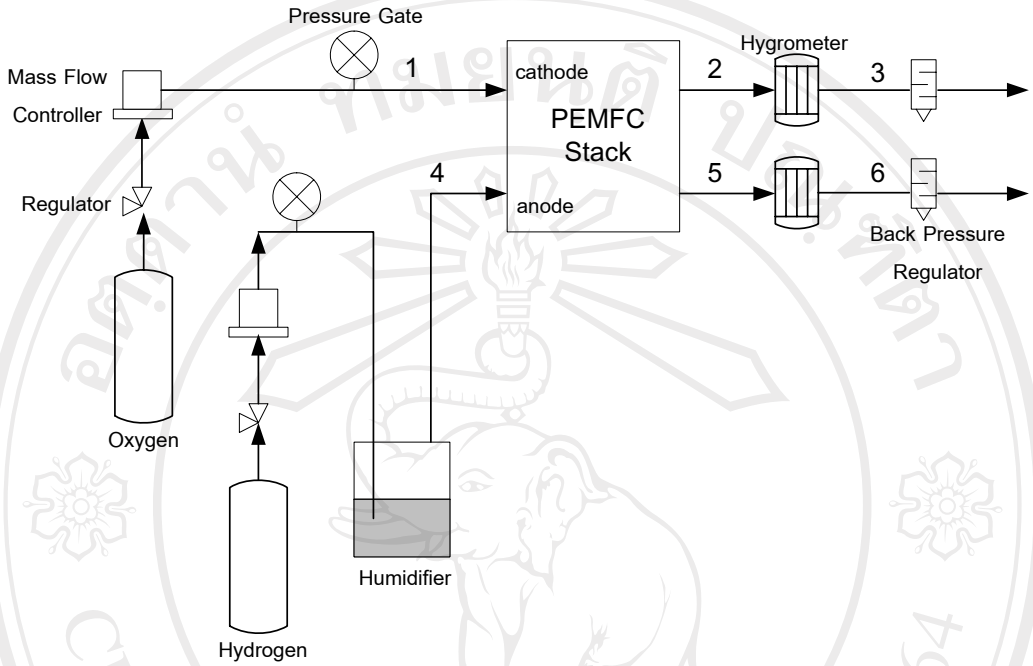
เราจะได้ค่า $A = f$ และ $i_0 = \exp (-\frac{g}{f})$

7. นำคุณสมบัติต่างๆ ของเซลล์ได้แก่ i_0, i_n, A, r สามารถนำมาใช้ในการบอกถึงสภาวะของเซลล์ที่ขณะเวลานั้น และยังใช้ในการคำนวณทำนายค่า Voltage ประสิทธิภาพของเซลล์ที่สภาวะทำงานต่างๆ ได้ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก 3. การวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำภายในหอเซลล์เชื้อเพลิง

ก 3.1 กรณีที่มีการให้ก๊าซออกซิเจนแห้งโดยตรงทางด้านแคโทด



รูปที่ ก1 ภาพอย่างง่ายของระบบที่มีการปรับความชื้นทางด้านไฮโดรเจน

สมมติฐาน

1. ก๊าซไฮโดรเจนไหลเข้าเซลล์โดยผ่านหม้อปรับความชื้นซึ่งบรรจุน้ำที่มีการควบคุมอุณหภูมิ
2. $T_{sat} = T_4$; $\varphi_4 = 100\%$
3. ก๊าซออกซิเจนก่อนเข้าถึงเซลล์เป็นก๊าซแห้ง
4. วัดความชื้นก๊าซขาออกจากเซลล์ด้วยเครื่องวัดความชื้นที่ความดันบรรยากาศ $P_3 = P_6 = P_{atm}$

พิจารณาให้เซลเชื้อเพลิงเป็นปริมาตรควบคุม

กฎอนุรักษ์มวล

$$m_{w,in} - m_{w,out} + m_{w,\,produced} = \frac{dm}{dt} \quad \text{--- (1)}$$

$$(m_{w,1} - m_{w,4}) - (m_{w,2} + m_{w,5}) + m_{w,produced} = \frac{dm}{dt} \quad \text{--- (2)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ตำแหน่ง 6 พิจารณาไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นก๊าซอุดมคติ

$$m_{h,6} = M_h \frac{P_{h,6}Q_{h,6}}{RT_6} \quad \text{---(3)}$$

ใช้ Hygrometer วัดความชื้นสัมพัทธ์ของไฮโดรเจน

$$\varphi_6 = \frac{P_{w,6}}{P_{sat,6}}$$

$$P_{w,6} = \varphi_6 P_{sat,6}$$

ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่ความดันบรรยากาศ

$$P_{atm} = P_{h,6} + P_{w,6}$$

ดังนั้น $P_{h,6} = P_{atm} - P_{w,6} = P_{am} - \varphi_6 P_{sat,6}$ แทนค่าในสมการ (3)

$$m_{h,6} = \frac{M_h(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})Q_{h,6}}{RT_6} \quad \text{---(4)}$$

เนื่องจาก $m_{h,5} = m_{h,6} = m_{h,4} - m_{h,used}$

$$m_{h,4} = m_{h,6} + m_{h,used}$$

$$= \frac{M_h(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})Q_{h,6}}{RT_6} + M_h \frac{In}{2F} \quad \text{---(5)}$$

ให้ ω = ความชื้นจำเพาะของก๊าซ

$$\omega = \frac{m_{w,6}}{m_{h,6}} = \frac{M_w P_{w,6}}{M_h P_{h,6}}$$

$$m_{w,6} = \frac{(18)P_{w,6}}{(2)P_{h,6}} m_{h,6}$$

$$m_{w,6} = \frac{9\varphi_6 P_{sat,6}}{(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})} \cdot \frac{(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})Q_{h,6}M_h}{RT_6}$$

$$m_{w,6} = \frac{9\varphi_6 P_{sat,6} Q_{h,6} M_h}{RT_6} . = m_{w,5}$$

ดังนั้น $m_{w,5} = \frac{9\varphi_6 P_{sat,6} Q_{h,6} M_h}{RT_6}$. ---(6)

ที่ตำแหน่ง 4 ไฮโดรเจนอิ่มน้ำที่อุณหภูมิเดียวกับในหม้อปรับความชื้น

$$\varphi_4 = \frac{P_{w,4}}{P_{sat,4}} = 1$$

$$P_{w,4} = (1)\, P_{sat,4} = P_{sat,4}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นจำเพาะที่ตำแหน่ง 4

$$\omega_4 = \frac{m_{w,4}}{m_{h,4}} = \frac{M_w P_{w,4}}{M_h P_{h,4}}$$

$$\frac{m_{w,4}}{m_{h,4}} = \frac{9P_{w,4}}{P_{h,4}} = \frac{9P_{sat,4}}{(P_T - P_{sat,4})}$$

$$m_{w,4} = \frac{9P_{sat,4}}{(P_T - P_{sat,4})} . m_{h,4}$$

แทนค่า $m_{h,4}$ จาก (5)

$$M_{w,4} = \frac{9P_{sat,4}}{(P_T - P_{sat,4})}\left[\frac{(P_{am} - \varphi_6 P_{sat,6})Q_{h,6}M_h}{RT_6} + M_h \frac{In}{2F}\right] \quad \text{---(7)}$$

ที่ตำแหน่ง 3

$$m_{0,3} = \frac{M_o P_{o,3} Q_{o,3}}{RT_3} \quad \text{---(3)}$$

ใช้ Hygrometer วัดความชื้นสัมพัทธ์ของออกซิเจน

$$\varphi_3 = \frac{P_{w,3}}{P_{sat,3}}$$

$$P_{w,3} = \varphi_3 P_{sat,3}$$

ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่ความดันบรรยากาศ

$$P_{atm} = P_{0,3} + P_{w,3}$$

ดังนั้น $P_{0,3} = P_{atm} - P_{w,3} = P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3}$ แทนค่าในสมการ (7)

$$M_{0,3} = \frac{(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})Q_{0,3}M_o}{RT_3} \quad \text{---(8)}$$

เนื่องจาก $m_0 2 = m_{o,3} = m_{o,1} - m_{0,used}$

$$m_{0,1} = m_{0,3} + m_{o,used}$$

$$= \frac{M_0(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})Q_{0,3}}{RT_3} + M_o \frac{In}{4F} \quad \text{---(9)}$$

เนื่องจาก

$$\omega_3 = \frac{m_{w,3}}{m_{o,3}} = \frac{M_w P_{w,3}}{M_0 P_{0,3}}$$

$$m_{w,3} = \frac{(18)P_{w,3}}{(32)P_{0,3}} . m_{0,3}$$

แทนสมการ (8) ลงไป $m_{w,3} = \frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3}}{(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})} . \frac{(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,3})Q_{h,3}M_0}{RT_3}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\therefore \quad m_{w,3} = \frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3} Q_{0,3} M_0}{RT_3}. = m_{w,2}$$

ดังนั้น

$$m_{w,2} = \frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3} Q_{0,3} M_0}{RT_3}. \quad \text{---(10)}$$

ที่ตำแหน่ง 1 ให้ออกซิเจนเป็นก๊าซแห้ง ดังนั้นเราจึงไม่คิดปริมาณน้ำในก๊าซ

$$\varphi_1 = 0 \quad ; \quad P_{w,1} = 0$$

$$\therefore \; m_{w,1} = 0$$

ปริมาณน้ำที่ผลิตได้จากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าของเซลล์ คือ

$$M_{produced} = \frac{M_w In}{2F} \quad \text{--- (11)}$$

แทนค่าที่หาได้จากสมการ (6),(7),(10),(11) ลงไปใน (2)

$$(m_{w,1} + m_{w,4}) - (m_{w,2} + m_{w,5}) + m_{w,produced} = \frac{dm}{dt} \quad \text{----(2)}$$

$$\left\{\left(\frac{9P_{sat,4}}{P_T - P_{sa,4}}\right)\right\}\left[\frac{(p_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})Q_{h,6} M_h}{RT_6} + M_h \frac{In}{2F}\right] - \left[\frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3} Q_{0,3} M_0}{RT_3}\right] - \left[\frac{9\varphi_6 P_{sat,6} Q_{h,6} M_h}{RT_6}\right] + \frac{M_w In}{2F} = \frac{dm_w}{dt} \quad \text{---(12)}$$

สมการ (12) อยู่ในรูปตัวแปรของ T_3, T_4, T_6, P_T, $Q_{h,6}$, $Q_{0,3}$, I,n, φ_3, φ_6 ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถวัดได้จากการทดลอง

- ถ้า $\frac{dm}{dt} > 0$ กำลังมีการสะสมน้ำในเซล
- ถ้า $\frac{dm}{dt} < 0$ เซลล์กำลังมีการสูญเสียน้ำ
- ถ้า $\frac{dm}{dt} = 0$ เซลล์มีสมดุลน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก3.2 กรณีที่มีการปรับความชื้นให้ก๊าซทางด้านแอโนดและแคโทด

ที่ตำแหน่ง 3 พิจารณาไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นก๊าซอุดมคติ

$$m_{o,3} = M_o \frac{P_{o,3}Q_{o,3}}{RT_3}$$

ใช้ Hygrometer วัดความชื้นสัมพัทธ์ของไฮโดรเจน

$$\varphi_3 = \frac{P_{w,3}}{P_{sat,3}}$$

$$P_{w,3} = \varphi_3 P_{sat,3}$$

ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่ความดันบรรยากาศ

$$P_{atm} = P_{o,3} + P_{w,3}$$

ดังนั้น $P_{o,3} = P_{atm} - P_{w,3} = P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3}$

$$m_{o,3} = \frac{Mo(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})Q_3}{RT_3}$$

เนื่องจาก $m_{o,2} = m_{o,3} = m_{o,1} - m_{o,used}$

$$m_{o,1} = m_{o,1} + m_{o,used}$$

$$= \frac{Mo(P_{atm} - \varphi_3 P3)Q_{h,6}}{RT_3} + M_o \frac{In}{4F}$$

ให้ ω = ความชื้นจำเพาะของก๊าซ

$$\omega = \frac{m_3}{m_{o,3}} = \frac{M_w P_3}{M_o P_{o,3}}$$

$$m_{w,3} = \frac{(18)P_{w,3}}{(32)P_{o,3}} m_{o,3}$$

$$m_{w,3} = \frac{0.56\varphi_3 P_{sat,3}}{(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})} \cdot \frac{(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})Q_{o,3}M_o}{RT_3}$$

$$m_{w,3} = \frac{0.56\varphi_3 P_{sat,3}Q_{o,3}M_o}{RT_3}. = m_{w,2}$$

ดังนั้น $m_{w,2} = \frac{0.56\varphi_3 P_{sat,3}Q_{o,3}M_o}{RT_3}.$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ตำแหน่ง 1 ออกซิเจนอิ่มน้ำที่อุณหภูมิเดียวกับในหม้อปรับความชื้น

$$\varphi_1 = \frac{P_{w,1}}{P_{sat,1}} = 1$$

$$P_{w,1} = (1)\, P_{sat,1} = P_{sat,1}$$

ความชื้นจำเพาะที่ตำแหน่ง 1

$$\omega_1 = \frac{m_{w,1}}{m_{o,1}} = \frac{M_w P_{o,1}}{M_o P_{o,1}}$$

$$\frac{m_{w,1}}{m_{o,1}} = \frac{0.56 P_{w,1}}{P_{o,1}} = \frac{0.56 P_{sat,1}}{(P_T - P_{sat,1})}$$

$$m_{w,1} = \frac{0.56 P_{sat,1}}{(P_T - P_{sat,1})} \cdot m_{o,1}$$

แทนค่า $m_{o,1}$ จะได้

$$m_{w,1} = \frac{0.56 P_{sat,1}}{(P_T - P_{sat,1})}\left[\frac{(P_{am} - \varphi_6 P_{sat,6}) Q_{h,6} M_h}{RT_6} + M_h \frac{In}{2F}\right]$$

แทนค่าที่หาได้ในสมการ

$$(m_{w,1} + m_{w,4}) - (m_{w,2} + m_{w,5}) + m_{w,produced} = \frac{dm}{dt}$$

$$\left\{\left(\frac{0.56 P_{sat1}}{P_T - P_{sat1}}\right)\left[\frac{M_0 (P_{atm} - \varphi_3 P_{sat3}) Q_{o,3}}{RT_3} + M_o\left(\frac{In}{4F}\right)\right] + \left(\frac{9 P_{sat,4}}{P_T - P_{sa,4}}\right)\right\}$$

$$\left[\frac{(p_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6}) Q_{h,6} M_h}{RT_6} + M_h \frac{In}{2F}\right] - \left[\frac{0.5625 \varphi_3 P_{sat,3} Q_{0,3} M_0}{RT_3}\right] = \frac{dm}{dt}$$

$$-\left[\frac{9 \varphi_6 P_{sat,6} Q_{h,6} M_h}{RT_6}\right] + \frac{M_w In}{2F}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ก3.3 กรณีที่ไม่มีการปรับความชื้นทั้ง 2 ด้าน

$$(m_{w,1} + m_{w,4}) - (m_{w,2} + m_{w,5}) + m_{w,produced} = \frac{dm}{dt}$$

เมื่อก๊าซขาเข้าเป็นก๊าซแห้งทั้งสองด้าน;

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_4 = 0$$

ดังนั้น

$$\dot{m}_{produced} - \dot{m}_{w,2} - \dot{m}_{w,5} = \frac{dm}{dt}$$

$$\therefore \quad M_w \frac{In}{2F} - \left[\frac{0.56\varphi_3 P_{sat3}\dot{Q}_{o,3}M_o}{RT_3}\right] - \left[\frac{9\varphi_6 P_{sat6}\dot{Q}_{h,6}M_h}{RT_6}\right] = \frac{dm}{dt}$$

การแปลงสมการ ให้อยู่ในเทอมของ Stoichiometric Ratio (λ)

พิจารณาไฮโดรเจนขาออกที่แอโนด (ตำแหน่ง 6)

$$P_{h,6}Q_{h,6} = (\lambda_h m_{h,used} - m_{h,used})RT_6$$

$$Q_{h,6} = \frac{(\lambda_h - 1)m_{h,used}RT_6}{P_{h,6}M_h}$$

$$= \frac{(\lambda_h - 1)(M_h \frac{In}{2\mathrm{F}})RT_6}{(P_{atm,} - \varphi_6 P_{sat.6})M_h}$$

พิจารณาออกซิเจนขาออกที่แอโนด (ตำแหน่ง 3)

$$P_{0,3}Q_{0,3} = (\lambda_0 m_{0,used} - m_{0,used})RT_3$$

$$Q_{0,3} = \frac{(\lambda_0 - 1)m_{0,used}RT_3}{M_0 P_{0,3}}$$

$$= \frac{(\lambda_0 - 1)(M_0 \frac{In}{4\mathrm{F}})RT_3}{M_0(P_{atm,} - \varphi_3 P_{sat.3})}$$

แทนค่า $Q_{h,6}$ และ $Q_{0,3}$ ลงในสมการ (12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\left\{\left(\frac{9P_{sat,4}}{P_T - P_{sa,4}}\right)\right\}\left[(\lambda_h - 1)(M_h \frac{In}{2F}) + M_h \frac{In}{2F}\right]$$
$$-\left[\frac{0.5625\varphi_3(\lambda_0 - 1)(M_0 \frac{In}{4F})}{(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})}\right] - \left[\frac{9\varphi_6 P_{sat,6}(\lambda_0 - 1)(M_0 \frac{In}{4F}}{(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})}\right] + \frac{M_w In}{2F} = \frac{dm_w}{dt}$$

$$\left\{\left(\frac{9P_{sat,4}}{P_T - P_{sa,4}}\right)\right\}\left[\lambda_h M_h \frac{In}{2F}\right] - \left[\frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3}(\lambda_0 - 1)(M_0 \frac{In}{4F})}{(P_{atm} - \varphi_3 P_{sat,3})}\right]$$
$$-\left[\frac{9\varphi_6 P_{sat,6}(\lambda_h - 1)(M_h \frac{In}{2F}}{(P_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})}\right] + \frac{M_w In}{2F} = \frac{dm_w}{dt} \quad \text{---(13)}$$

สมการ (13) ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชั่น λ_h และ λ_0 สามารถนำไปใช้ในการจำลองค่าการสะสมน้ำในเซลล์เชื้อเพลิงที่สภาวะทำงานต่างๆ ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณ

ข1. การหาปริมาณก๊าซปฏิกิริยาที่เซลล์เชื้อเพลิงใช้จริง

หอเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพื้นที่อิเลคโทรด (active area) 25 cm^2 มีจำนวน 5 เซลล์ทำงานที่ระดับความหนาแน่นกระแส 100 mA/cm^2 จะใช้ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนในอัตราเท่าใด เมื่อทำการวัดที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ 30^0C

วิธีการคำนวณ

แปลงค่าความหนาแน่นกระแสเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่หอเซลล์ผลิตได้โดย

$$i = \frac{10^3 I}{activearea} \quad mA/cm^2$$

$$I = \frac{(activearea)i}{10^3} \quad A$$

$$\therefore \quad I = \frac{(50)(100)}{1000} = 5 \quad A$$

หาค่าอัตราการใช้ไฮโดรเจนจากสูตร

$$H_2usage = \left(\frac{In}{2F}\right)(1.496 \times 10^6) \quad cc/min$$

$$= \left(\frac{5 \times 5}{2 \times 96485}\right)(1.496 \times 10^6) \quad cc/min$$

$$\therefore \quad H_2usage = 193.81 \quad cc/min$$

ข 2. คำนวณปริมาณก๊าซปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง

หอเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพื้นที่อิเลคโทรด (Active area) 25 cm^2 มีจำนวน 5 เซลล์ ทำงานที่ระดับความหนาแน่นกระแส 100 mA/cm^2 ต้องการป้อนไฮโดรเจนให้แก่เซลล์ในอัตราเกินกว่าค่าทางทฤษฎีทางมวลสารสัมพันธ์เท่ากับ 1.5 (λ_h = 1.5) และป้อนออกซิเจนในอัตราเกินกว่าค่าทางทฤษฎีมวลสารสัมพันธ์เท่ากับ 2.5 (λ_0 = 2.5) ด้วยอัตราไหลเชิงปริมาตร วัดที่ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ 30^0 C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการคำนวณ

หาค่ากระแสที่ไหลผ่านหน้าตัดเซลล์ (I) ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 1 ได้ I = 5A

อัตราการป้อนไฮโดรเจนให้แก่เซลล์ $= \lambda_h H_{2usage}$

$= (1.5)\left(\frac{In}{2F}\right)(1.496\text{x}10^6)$

$= (1.5)\ \frac{5\times 5}{2\times 96485}(1.496\text{x}10^6)$

$= (1.5)\ (193.81)$ cc/min

$= 290.71$ cc/min

อัตราการป้อนออกซิเจนให้แก่เซลล์ $=\lambda_0 O_{2usage}$

$= (2.5)\left(\frac{In}{4F}\right)(1.496\text{x}10^6)$

$= (2.5)\ \frac{5\times 5}{2\times 96485}(1.496\text{x}10^6)$

$= (2.5)\ (135.67)$ cc/min

$= 339.17$ cc/min

1. **การหาค่าความต่างศักย์เกินแบบโอห์มมิก ค่าความต้านทานจำเพาะต่อพื้นที่**

จากการทำการทดสอบด้วยเทคนิคการรบกวนกระแส ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์เกินแบบโอห์มมิก กับความหนาแน่นกระแสเป็นสมการเชิงเส้น $V_r = 0.0009i + 0.0026$ ต้องการหาค่าความต้านทานจำเพาะต่อพื้นที่ r และกระแสภายใน i_n

วิธีคำนวณ

$V_r = (i + i_n)r$

$= ir + i_n r$

เปรียบเทียบรูปสมการ กับความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง

$V_r = 0.0009i + 0.0026$

ดังนั้น

$R = 0.0009$

และ

$i_n r = 0.0026$

$\therefore \quad i_n = \frac{0.0026}{0.0009} = 2.8\ \text{mA/cm}^2$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข 2. การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำภายในหอเซลล์เชื้อเพลิงกรณีปรับความชื้นให้ก๊าซทางด้านแอโนด

ต้องการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำในหอเซลล์เชื้อเพลิงที่มีการปรับความชื้นก๊าซไฮโดรเจนทางด้านแอโนดโดยได้ข้อมูลจากการทดลองมาดังนี้คือ

- ระดับกระแสทำงาน 4.5 A
- อุณหภูมิน้ำในหม้อปรับความชื้น 50 C
- ความดันของท่อภายในระบบจ่ายก๊าซซึ่งอ่านจากเกจ์ความดัน 20 psig
- ค่าคุณสมบัติของก๊าซที่ปลายทางออกจากเซลล์เชื้อเพลิง

	ออกซิเจน	ไฮโดรเจน
อัตราการไหลของก๊าซ (m^3/s)	$Q_{0,3} = 8.33 \times 10^{-6}$	$Q_{h,6} = 8.33 \times 10^{-7}$
ความชื้นสัมพัทธ์	$\varphi_{0,3} = 0.941$	$\varphi_{h,6} = 0.962$
อุณหภูมิของก๊าซทางออก (^0C)	$T_3 = 29.4$	$T_6 = 29.4$

วิธีการคำนวณ

ความดันอิ่มตัวของก๊าซทั้งสองที่ปลายทางออก จากสมการ Antoine's (3.17)

$$P_{sat} = \exp\left(a - \frac{b}{T-c}\right) \quad \text{Pa}$$

โดยที่ a = 23.1961

b = 3816.44

c = 46.13

T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

ดังนั้นหาความดันไออิ่มตัวที่ T_3

$$P_{sat,3} = \exp\left(23.1961 - \frac{3816.44}{(29.4+273.15)-46.13}\right) \text{ Pa}$$

$$= 4074.48 \text{ Pa} = 4.07 \text{ kPa}$$

หาความดันไออิ่มตัวที่ T6

$$P_{sat,6} = \exp\left(23.1961 - \frac{3816.44}{(29.4+273.15)-46.13}\right) \text{ Pa}$$

$$= 4074.48 \text{ Pa} = 4.07 \text{ kPa}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความดันไออิ่มตัวช่วงออกจากถังความชื้นก่อนเข้าสู่หอเซลล์

$$P_{sat,4} = \exp\left(23.1961 - \frac{3816.44}{(50+273.15)-46.13}\right) \quad \text{Pa}$$

$$= 12323.95 \text{ Pa} = 12.32 \text{ kPa}$$

จากสมการ (12)

$$\left\{\left(\frac{9P_{sat,4}}{P_T - P_{sat4}}\right)\right\}\left[\frac{(p_{atm} - \varphi_6 P_{sat,6})Q_{h,6}M_h}{RT_6} + M_h\frac{In}{2F}\right] - \left[\frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3}Q_{0,3}M_0}{RT_3}\right] - \left[\frac{9\varphi_6 P_{sat,6}Q_{h,6}M_h}{RT_6}\right] + \frac{M_w In}{2F} = \frac{dm_w}{dt} \quad \text{---(12)}$$

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยมีค่าคงที่ต่าง ๆ คือ

M_h = 2.02 x 10^{-3} kg.mole^{-1}

M_w = 18.01 x 10^{-3} kg.mole^{-1}

F = 96485 c

R = 8.314 kPa.m^3/ (mole.K)

P_T = P_{sig} + P_{atm} = 20 + 14.7 = 34.7 psi

= 236 kPa

$$\left\{\left(\frac{9\times 12.32}{236-12.32}\right)\left[\frac{(100-0.963x4.07)(8.33\times10^{-6})(2.02\times10^{-3}}{(8.314)(29.4+273.15)} + (2.02\times10^{-3})\frac{4.5\times5}{2\times96485}\right]\right\} = \frac{dm_w}{dt}$$

$$-\left[\frac{0.5625(0.74)(4.07)(2.37\times10^{-6})(32\times10^{-3})}{(8.314)(29.4+273.15)}\right]$$

$$\left[-\frac{9(0.962)(4.07)(8.33\times10^{-6})(2.02\times10^{-3})}{(8.314)(29.4+273.15)}\right]$$

$$+\frac{(18.01\times10^{-3})(4.5)(5)}{2\times96485}$$

$$\therefore \quad \frac{dm_w}{dt} = 2.33\text{x}10^{-6} \quad \text{kg/s}$$

$$= (2.33\text{x}10^{-6})\text{x}(60\text{x}10^{3}) = 0.139 \quad \text{g/min}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำภายในหอเซลล์เชื้อเพลิงกรณีไม่มีการปรับความชื้นให้ก๊าซ

ต้องการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำในหอเซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่มีการปรับความชื้นก๊าซโดยได้ข้อมูลจากการทดลองมาดังนี้คือ

- ระดับกระแสทำงาน 4.5 A
- ความดันของท่อภายในระบบจ่ายก๊าซซึ่งอ่านจากเกจ์ความดัน = 20 psig
- ค่าคุณสมบัติของก๊าซที่ปลายทางออกจากเซลล์เชื้อเพลิง

	ออกซิเจน	ไฮโดรเจน
อัตราการไหลของก๊าซ (m^3/s)	$Q_{0,3} = 8.33 \times 10^{-6}$	$Q_{h,6} = 8.33 \times 10^{-6}$
ความชื้นสัมพัทธ์	$\varphi_{0,3} = 0.941$	$\varphi_{h,6} = 0.962$
อุณหภูมิของก๊าซทางออก (^0C)	$T_3 = 32.7$	$T_6 = 32.7$

วิธีการคำนวณ

ความดันอิ่มตัวของก๊าซทั้งสองที่ปลายทางออก จากสมการ Antoine's (3.17)

$$P_{sat} = \exp\left(a - \frac{b}{T-c}\right) \quad \text{Pa}$$

โดยที่ a = 23.1961

b = 3816.44

c = 46.13

T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

ดังนั้นหาความดันไออิ่มตัวที่ T_3

$$P_{sat,3} = \exp\left(23.1961 - \frac{3816.44}{(32.7+273.15)-46.13}\right) \text{Pa}$$

$$= 4914.77 \text{ Pa} = 4.91 \text{ kPa}$$

หาความดันไออิ่มตัวที่ T6

$$P_{sat,6} = \exp\left(23.1961 - \frac{3816.44}{(32.7+273.15)-46.13}\right) \text{Pa}$$

$$= 4914.77 \text{ Pa} = 4.91 \text{ kPa}$$

จากสมการ (14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$M_w\left(\frac{In}{2F}\right) - \left[\frac{0.5625\varphi_3 P_{sat,3} Q_{0,3} M_0}{RT_3}\right] - \left[\frac{9\varphi_3 P_{sat,6} M_h}{RT_6}\right] = \frac{dm}{dt}$$

แทนค่าตัวแปรต่างๆ โดยมีค่าคงที่ต่างๆ คือ

$I = 4$ A

$M_h = 2.02 \times 10^{-3}$ kg.mole^{-1}

$M_w = 18.01 \times 10^{-3}$ kg.mole^{-1}

$M_0 = 32\times10^{-3}$ kg. mole^{-1}

$F = 96485$ c

$R = 8.314$ kPa.m^3/ (mole.K)

$P_T = P_{sig} + P_{atm} = 20 + 14.7 = 34.7$ psi

$= 236$ kPa

$$18.01\times10^{-3}\frac{(4.5)(5)}{2(96485)} - \left[\frac{(0.5625)(0.941)(4.91)(8.33\times10^{-6})(32\times10^{-3})}{(8.314)(32.7+273.15)}\right] = \frac{dm}{dt}$$

$$-\left[\frac{9(0.941)(0.702)(4.91)(2.02\times10^{-3})}{(8.314)(32.7+273.15)}\right]$$

$\therefore \quad \frac{dm_w}{dt} = 2.12\times10^{-6}$ kg/s

$= (2.12\times10^{-6})\times(60\times10^{3}) = 0.127$ g/min

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซเชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค 1 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	74.961	100	75.622	150	75.485	200	75.814	250	75.486	300	75.762	350	76.079	400	75.636	450	76.099	500	76.655
50	75.332	100	75.473	150	75.411	200	76.068	250	75.517	300	75.349	350	76.132	400	76.133	450	76.194	500	76.708
50	75.078	100	75.346	150	75.697	200	75.454	250	76.015	300	75.889	350	76.196	400	75.604	450	76.014	500	76.486
50	75.046	100	75.653	150	75.506	200	76.089	250	75.634	300	75.741	350	75.741	400	75.646	450	76.025	500	75.937
50	75.374	100	75.028	150	76.014	200	76.089	250	75.517	300	75.921	350	75.921	400	76.143	450	75.76	500	76.254
50	74.77	100	75.452	150	75.337	200	75.624	250	75.74	300	75.9	350	75.9	400	75.72	450	76.057	500	76.095
50	74.983	100	75.346	150	75.104	200	75.37	250	75.538	300	75.402	350	75.402	400	75.837	450	75.898	500	75.947
50	75.141	100	75.336	150	75.475	200	75.857	250	75.729	300	75.9	350	75.9	400	75.699	450	76.152	500	76.191
50	75.078	100	75.452	150	75.305	200	75.74	250	75.644	300	75.572	350	75.572	400	75.604	450	76.289	500	76.222
50	75.247	100	75.156	150	75.644	200	75.391	250	75.56	300	75.624	350	75.624	400	75.964	450	76.352	500	76.074
50	74.983	100	75.304	150	75.94	200	75.772	250	75.528	300	76.132	350	76.132	400	76.122	450	76.088	500	76.021
50	74.823	100	75.897	150	75.718	200	75.306	250	75.464	300	75.593	350	76.079	400	75.392	450	76.025	500	76.402
50	74.834	100	75.251	150	75.771	200	75.719	250	75.486	300	75.529	350	76.196	400	75.805	450	75.824	500	76.169
50	74.877	100	75.579	150	75.718	200	75.74	250	75.634	300	75.878	350	75.878	400	75.837	450	76.014	500	76.064
50	75.279	100	75.028	150	75.189	200	75.899	250	75.528	300	75.466	350	75.466	400	76.154	450	75.887	500	76.233
50	75.205	100	75.304	150	75.866	200	75.782	250	75.877	300	75.826	350	75.826	400	75.89	450	75.877	500	76.127
50	75.078	100	75.304	150	75.739	200	75.401	250	75.507	300	76.09	350	76.09	400	75.731	450	76.173	500	76.254
50	75.364	100	75.389	150	75.729	200	75.518	250	75.824	300	75.91	350	75.91	400	75.615	450	76.342	500	76.317
50	74.855	100	75.706	150	75.252	200	75.687	250	75.623	300	75.699	350	75.699	400	75.636	450	75.961	500	75.937
50	75.332	100	75.304	150	75.792	200	75.867	250	75.581	300	76.079	350	76.079	400	75.816	450	76.183	500	76.37

ตารางที่ ค 1 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	75.047	100	75.918	150	75.94	200	75.698	250	75.422	300	76.101	350	76.101	400	75.932	450	75.845	500	76.159
50	74.665	100	75.272	150	75.475	200	75.92	250	75.761	300	75.529	350	75.529	400	76.027	450	76.437	500	76.581
50	74.877	100	75.081	150	75.623	200	75.814	250	75.634	300	75.942	350	75.942	400	76.091	450	75.803	500	76.307
50	75.492	100	75.018	150	75.803	200	76.079	250	75.75	300	75.921	350	75.921	400	75.445	450	75.824	500	76.349
50	75.418	100	75.346	150	75.464	200	75.581	250	75.909	300	75.995	350	75.995	400	75.72	450	75.919	500	76.328
50	75.344	100	75.367	150	75.792	200	75.698	250	75.919	300	75.9	350	75.9	400	75.689	450	76.289	500	76.349
50	75.153	100	75.505	150	75.718	200	75.888	250	76.142	300	75.815	350	75.815	400	75.879	450	76.109	500	76.666
50	75.481	100	75.314	150	75.623	200	75.624	250	75.581	300	75.614	350	75.614	400	75.689	450	75.697	500	76.127
50	75.365	100	75.749	150	75.252	200	75.581	250	75.951	300	75.857	350	75.857	400	76.26	450	76.342	500	76.074
50	75.492	100	75.357	150	75.665	200	75.592	250	75.221	300	75.9	350	75.9	400	75.615	450	76.257	500	76.539
50	74.814	100	75.177	150	75.443	200	75.962	250	75.581	300	75.794	350	75.794	400	75.847	450	75.856	500	76.539
50	74.941	100	75.484	150	75.676	200	75.232	250	75.136	300	75.847	350	75.847	400	75.869	450	75.834	500	75.715
50	75.291	100	75.39	150	75.496	200	75.581	250	75.655	300	75.72	350	76.196	400	75.689	450	75.76	500	76.402
50	75.079	100	75.04	150	75.951	200	75.56	250	75.919	300	75.624	350	75.624	400	75.847	450	75.856	500	76.159
50	75.577	100	75.676	150	75.496	200	75.518	250	75.676	300	76.027	350	76.027	400	75.763	450	76.109	500	76.581
50	75.089	100	75.538	150	75.379	200	75.962	250	75.814	300	75.508	350	75.508	400	75.9	450	76.004	500	76.18
50	75.358	100	75.337	150	75.485	200	75.751	250	75.581	300	76.048	350	76.048	400	76.006	450	75.983	500	76.254
50	74.934	100	75.528	150	75.813	200	75.857	250	76.173	300	76.005	350	76.005	400	75.911	450	75.845	500	76.264
50	75.168	100	75.962	150	75.633	200	75.433	250	75.581	300	75.593	350	75.593	400	75.911	450	76.289	500	76.127
50	75.242	100	75.761	150	75.739	200	75.528	250	75.877	300	75.561	350	75.561	400	75.604	450	76.057	500	76.36
50	74.892	100	75.295	150	75.348	200	75.497	250	75.93	300	75.646	350	75.646	400	76.027	450	76.035	500	76.264

ตารางที่ ค 1 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	74.988	100	75.146	150	75.591	200	75.92	250	75.305	300	75.646	350	75.646	400	76.302	450	75.908	500	76.191
50	75.231	100	75.697	150	75.401	200	75.433	250	75.761	300	75.741	350	75.741	400	76.207	450	75.919	500	76.75
50	75.03	100	75.464	150	75.263	200	75.666	250	75.835	300	75.847	350	75.847	400	75.636	450	76.141	500	76.243
50	74.998	100	75.824	150	75.348	200	75.497	250	75.655	300	76.122	350	76.122	400	75.763	450	75.919	500	76.602
50	75.178	100	75.433	150	75.369	200	75.655	250	75.591	300	75.529	350	75.529	400	75.668	450	76.152	500	76.117
50	74.85	100	75.676	150	75.633	200	75.539	250	75.962	300	75.762	350	75.762	400	75.805	450	76.257	500	76.201
50	75.178	100	75.062	150	75.39	200	75.518	250	75.549	300	75.942	350	75.942	400	75.54	450	76.278	500	76.75
50	74.977	100	75.697	150	75.443	200	75.835	250	75.962	300	75.391	350	75.391	400	76.059	450	76.046	500	76.824
50	75.644	100	75.38	150	75.538	200	75.931	250	75.93	300	75.497	350	75.497	400	76.165	450	76.247	500	76.021
50	75.104	100	75.581	150	75.591	200	75.74	250	75.771	300	75.603	350	75.603	400	75.689	450	75.993	500	76.328
50	75.115	100	76.067	150	75.337	200	75.221	250	75.93	300	75.931	350	75.931	400	76.017	450	76.342	500	76.243
50	75.422	100	75.136	150	75.771	200	75.465	250	76.163	300	75.952	350	75.952	400	75.699	450	75.908	500	76.381
50	75.597	100	75.433	150	75.697	200	75.74	250	75.613	300	75.995	350	75.995	400	76.059	450	76.395	500	76.624
50	75.512	100	75.295	150	75.581	200	75.655	250	75.75	300	75.624	350	75.624	400	75.456	450	76.458	500	76.191
50	75.195	100	75.369	150	75.591	200	75.465	250	76.057	300	75.529	350	76.122	400	75.646	450	76.31	500	76.465
50	75.756	100	75.824	150	75.559	200	75.899	250	76.131	300	75.508	350	75.508	400	75.562	450	76.194	500	76.032
50	75.523	100	75.814	150	75.782	200	75.634	250	75.443	300	75.91	350	75.91	400	75.413	450	76.278	500	76.233
50	75.248	100	75.146	150	75.475	200	75.878	250	75.835	300	75.804	350	75.804	400	75.636	450	76.131	500	76.159
50	75.205	100	75.433	150	75.591	200	75.846	250	75.496	300	75.572	350	75.572	400	75.72	450	76.384	500	76.264
50	75.163	100	75.486	150	75.401	200	75.804	250	75.771	300	75.603	350	75.603	400	76.175	450	76.564	500	76.349

ตารางที่ ค 1 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	75.099	100	75.348	150	75.633	200	75.814	250	75.793	300	75.286	350	75.286	400	75.551	450	76.131	500	76.539
50	75.269	100	75.04	150	75.591	200	75.507	250	75.644	300	75.942	350	75.942	400	75.953	450	76.585	500	75.926
50	75.121	100	75.803	150	75.93	200	75.465	250	75.867	300	75.762	350	75.762	400	76.027	450	76.014	500	76.127
50	75.597	100	75.358	150	75.813	200	75.497	250	75.613	300	75.995	350	75.995	400	75.847	450	75.951	500	76.423
50	75.248	100	75.486	150	75.538	200	75.825	250	75.898	300	75.391	350	75.391	400	75.974	450	75.591	500	76.349
50	75.174	100	75.433	150	75.856	200	75.38	250	76.311	300	75.857	350	75.857	400	75.911	450	76.416	500	76.412
50	75.322	100	75.517	150	75.453	200	75.698	250	75.877	300	75.868	350	75.868	400	75.89	450	76.532	500	75.979
50	74.951	100	75.496	150	75.845	200	76.015	250	75.295	300	75.593	350	75.593	400	76.017	450	76.173	500	76.486
50	75.46	100	75.549	150	75.559	200	75.179	250	75.591	300	75.624	350	75.624	400	76.069	450	75.908	500	75.884
50	74.993	100	75.454	150	76.004	200	75.846	250	75.602	300	75.974	350	75.974	400	75.784	450	76.057	500	76.37
50	75.375	100	75.348	150	75.856	200	75.814	250	75.962	300	75.603	350	75.603	400	75.551	450	75.951	500	76.602
50	75.059	100	75.358	150	75.644	200	75.592	250	75.983	300	75.423	350	75.423	400	76.091	450	75.951	500	76.18
50	75.493	100	75.411	150	76.099	200	75.708	250	75.888	300	75.751	350	75.751	400	75.995	450	76.278	500	76.159
50	75.101	100	75.602	150	75.739	200	75.835	250	75.972	300	75.868	350	75.868	400	75.435	450	75.972	500	76.106
50	75.218	100	75.782	150	75.866	200	75.825	250	75.835	300	75.37	350	75.37	400	75.72	450	76.141	500	76.37
50	75.398	100	75.909	150	75.676	200	75.952	250	75.454	300	75.815	350	75.815	400	75.784	450	75.972	500	76.021
50	75.461	100	75.835	150	75.57	200	75.56	250	75.941	300	75.804	350	75.804	400	75.657	450	76.268	500	76.201

ตารางที่ ค 2 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	77.961	100	78.922	150	78.885	200	79.514	250	79.986	300	80.662	350	81.379	400	81.136	450	82.099	500	82.655
50	78.332	100	78.773	150	78.811	200	79.768	250	80.017	300	80.249	350	81.432	400	81.633	450	82.194	500	82.708
50	78.078	100	78.646	150	79.097	200	79.154	250	80.515	300	80.789	350	81.496	400	81.104	450	82.014	500	82.486
50	78.046	100	78.953	150	78.906	200	79.789	250	80.134	300	80.641	350	81.041	400	81.146	450	82.025	500	81.937
50	78.374	100	78.328	150	79.414	200	79.789	250	80.017	300	80.821	350	81.221	400	81.643	450	81.76	500	82.254
50	77.77	100	78.752	150	78.737	200	79.324	250	80.24	300	80.8	350	81.2	400	81.22	450	82.057	500	82.095
50	77.983	100	78.646	150	78.504	200	79.07	250	80.038	300	80.302	350	80.702	400	81.337	450	81.898	500	81.947
50	78.141	100	78.636	150	78.875	200	79.557	250	80.229	300	80.8	350	81.2	400	81.199	450	82.152	500	82.191
50	78.078	100	78.752	150	78.705	200	79.44	250	80.144	300	80.472	350	80.872	400	81.104	450	82.289	500	82.222
50	78.247	100	78.456	150	79.044	200	79.091	250	80.06	300	80.524	350	80.924	400	81.464	450	82.352	500	82.074
50	77.983	100	78.604	150	79.34	200	79.472	250	80.028	300	81.032	350	81.432	400	81.622	450	82.088	500	82.021
50	77.823	100	79.197	150	79.118	200	79.006	250	79.964	300	80.493	350	81.379	400	80.892	450	82.025	500	82.402
50	77.834	100	78.551	150	79.171	200	79.419	250	79.986	300	80.429	350	81.496	400	81.305	450	81.824	500	82.169
50	77.877	100	78.879	150	79.118	200	79.44	250	80.134	300	80.778	350	81.178	400	81.337	450	82.014	500	82.064
50	78.279	100	78.328	150	78.589	200	79.599	250	80.028	300	80.366	350	80.766	400	81.654	450	81.887	500	82.233
50	78.205	100	78.604	150	79.266	200	79.482	250	80.377	300	80.726	350	81.126	400	81.39	450	81.877	500	82.127
50	78.078	100	78.604	150	79.139	200	79.101	250	80.007	300	80.99	350	81.39	400	81.231	450	82.173	500	82.254
50	78.364	100	78.689	150	79.129	200	79.218	250	80.324	300	80.81	350	81.21	400	81.115	450	82.342	500	82.317
50	77.855	100	79.006	150	78.652	200	79.387	250	80.123	300	80.599	350	80.999	400	81.136	450	81.961	500	81.937

ตารางที่ ค 2 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	77.665	100	78.572	150	78.875	200	79.62	250	80.261	300	80.429	350	80.829	400	81.527	450	82.437	500	82.581
50	77.877	100	78.381	150	79.023	200	79.514	250	80.134	300	80.842	350	81.242	400	81.591	450	81.803	500	82.307
50	78.492	100	78.318	150	79.203	200	79.779	250	80.25	300	80.821	350	81.221	400	80.945	450	81.824	500	82.349
50	78.418	100	78.646	150	78.864	200	79.281	250	80.409	300	80.895	350	81.295	400	81.22	450	81.919	500	82.328
50	78.344	100	78.667	150	79.192	200	79.398	250	80.419	300	80.8	350	81.2	400	81.189	450	82.289	500	82.349
50	78.153	100	78.805	150	79.118	200	79.588	250	80.642	300	80.715	350	81.115	400	81.379	450	82.109	500	82.666
50	78.481	100	78.614	150	79.023	200	79.324	250	80.081	300	80.514	350	80.914	400	81.189	450	81.697	500	82.127
50	78.365	100	79.049	150	78.652	200	79.281	250	80.451	300	80.757	350	81.157	400	81.76	450	82.342	500	82.074
50	78.492	100	78.657	150	79.065	200	79.292	250	79.721	300	80.8	350	81.2	400	81.115	450	82.257	500	82.539
50	77.814	100	78.477	150	78.843	200	79.662	250	80.081	300	80.694	350	81.094	400	81.347	450	81.856	500	82.539
50	77.941	100	78.784	150	79.076	200	78.932	250	79.636	300	80.747	350	81.147	400	81.369	450	81.834	500	81.715
50	78.291	100	78.69	150	78.896	200	79.281	250	80.155	300	80.62	350	81.496	400	81.189	450	81.76	500	82.402
50	78.079	100	78.34	150	79.351	200	79.26	250	80.419	300	80.524	350	80.924	400	81.347	450	81.856	500	82.159
50	78.577	100	78.976	150	78.896	200	79.218	250	80.176	300	80.927	350	81.327	400	81.263	450	82.109	500	82.581
50	78.089	100	78.838	150	78.779	200	79.662	250	80.314	300	80.408	350	80.808	400	81.4	450	82.004	500	82.18
50	78.358	100	78.637	150	78.885	200	79.451	250	80.081	300	80.948	350	81.348	400	81.506	450	81.983	500	82.254
50	77.934	100	78.828	150	79.213	200	79.557	250	80.673	300	80.905	350	81.305	400	81.411	450	81.845	500	82.264
50	78.168	100	79.262	150	79.033	200	79.133	250	80.081	300	80.493	350	80.893	400	81.411	450	82.289	500	82.127
50	78.242	100	79.061	150	79.139	200	79.228	250	80.377	300	80.461	350	80.861	400	81.104	450	82.057	500	82.36

ตารางที่ ค 2 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	78.03	100	78.764	150	78.663	200	79.366	250	80.335	300	80.747	350	81.147	400	81.136	450	82.141	500	82.243
50	77.998	100	79.124	150	78.748	200	79.197	250	80.155	300	81.022	350	81.422	400	81.263	450	81.919	500	82.602
50	78.178	100	78.733	150	78.769	200	79.355	250	80.091	300	80.429	350	80.829	400	81.168	450	82.152	500	82.117
50	77.85	100	78.976	150	79.033	200	79.239	250	80.462	300	80.662	350	81.062	400	81.305	450	82.257	500	82.201
50	78.178	100	78.362	150	78.79	200	79.218	250	80.049	300	80.842	350	81.242	400	81.04	450	82.278	500	82.75
50	77.977	100	78.997	150	78.843	200	79.535	250	80.462	300	80.291	350	80.691	400	81.559	450	82.046	500	82.824
50	78.644	100	78.68	150	78.938	200	79.631	250	80.43	300	80.397	350	80.797	400	81.665	450	82.247	500	82.021
50	78.104	100	78.881	150	78.991	200	79.44	250	80.271	300	80.503	350	80.903	400	81.189	450	81.993	500	82.328
50	78.115	100	79.367	150	78.737	200	78.921	250	80.43	300	80.831	350	81.231	400	81.517	450	82.342	500	82.243
50	78.422	100	78.436	150	79.171	200	79.165	250	80.663	300	80.852	350	81.252	400	81.199	450	81.908	500	82.381
50	78.597	100	78.733	150	79.097	200	79.44	250	80.113	300	80.895	350	81.295	400	81.559	450	82.395	500	82.624
50	78.512	100	78.595	150	78.981	200	79.355	250	80.25	300	80.524	350	80.924	400	80.956	450	82.458	500	82.191
50	78.195	100	78.669	150	78.991	200	79.165	250	80.557	300	80.429	350	81.422	400	81.146	450	82.31	500	82.465
50	78.756	100	79.124	150	78.959	200	79.599	250	80.631	300	80.408	350	80.808	400	81.062	450	82.194	500	82.032
50	78.523	100	79.114	150	79.182	200	79.334	250	79.943	300	80.81	350	81.21	400	80.913	450	82.278	500	82.233
50	78.248	100	78.446	150	78.875	200	79.578	250	80.335	300	80.704	350	81.104	400	81.136	450	82.131	500	82.159
50	78.205	100	78.733	150	78.991	200	79.546	250	79.996	300	80.472	350	80.872	400	81.22	450	82.384	500	82.264
50	78.163	100	78.786	150	78.801	200	79.504	250	80.271	300	80.503	350	80.903	400	81.675	450	82.564	500	82.349
50	77.94	100	78.754	150	79.34	200	79.609	250	80.155	300	80.493	350	80.893	400	81.369	450	81.834	500	82.423
50	78.534	100	78.521	150	78.832	200	79.705	250	80.525	300	80.874	350	81.274	400	81.051	450	81.813	500	82.624

ตารางที่ ค 2 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	78.597	100	78.658	150	79.213	200	79.197	250	80.113	300	80.895	350	81.295	400	81.347	450	81.951	500	82.423
50	78.248	100	78.786	150	78.938	200	79.525	250	80.398	300	80.291	350	80.691	400	81.474	450	81.591	500	82.349
50	78.174	100	78.733	150	79.256	200	79.08	250	80.811	300	80.757	350	81.157	400	81.411	450	82.416	500	82.412
50	78.322	100	78.817	150	78.853	200	79.398	250	80.377	300	80.768	350	81.168	400	81.39	450	82.532	500	81.979
50	77.951	100	78.796	150	79.245	200	79.715	250	79.795	300	80.493	350	80.893	400	81.517	450	82.173	500	82.486
50	78.46	100	78.849	150	78.959	200	78.879	250	80.091	300	80.524	350	80.924	400	81.569	450	81.908	500	81.884
50	77.993	100	78.754	150	79.404	200	79.546	250	80.102	300	80.874	350	81.274	400	81.284	450	82.057	500	82.37
50	78.375	100	78.648	150	79.256	200	79.514	250	80.462	300	80.503	350	80.903	400	81.051	450	81.951	500	82.602
50	78.059	100	78.658	150	79.044	200	79.292	250	80.483	300	80.323	350	80.723	400	81.591	450	81.951	500	82.18
50	78.493	100	78.711	150	79.499	200	79.408	250	80.388	300	80.651	350	81.051	400	81.495	450	82.278	500	82.159
50	78.101	100	78.902	150	79.139	200	79.535	250	80.472	300	80.768	350	81.168	400	80.935	450	81.972	500	82.106
50	78.218	100	79.082	150	79.266	200	79.525	250	80.335	300	80.27	350	80.67	400	81.22	450	82.141	500	82.37
50	78.398	100	79.209	150	79.076	200	79.652	250	79.954	300	80.715	350	81.115	400	81.284	450	81.972	500	82.021
50	78.461	100	79.135	150	78.97	200	79.26	250	80.441	300	80.704	350	81.104	400	81.157	450	82.268	500	82.201
50	78.62	100	79.167	150	79.277	200	79.123	250	80.038	300	80.662	350	81.062	400	81.03	450	82.447	500	82.381
50	78.503	100	79.061	150	79.266	200	79.218	250	80.123	300	80.355	350	81.422	400	81.051	450	82.12	500	82.296
50	78.165	100	78.531	150	79.372	200	78.995	250	80.705	300	80.842	350	81.242	400	81.591	450	81.834	500	82.434
50	78.101	100	78.436	150	79.446	200	79.355	250	79.901	300	80.609	350	81.422	400	81.495	450	82.035	500	82.233
50	77.815	100	78.786	150	79.287	200	79.652	250	80.07	300	80.715	350	81.295	400	80.935	450	82.31	500	82.412
50	78.122	100	78.976	150	79.16	200	79.303	250	80.176	300	80.704	350	81.422	400	81.22	450	82.532	500	82.328

ตารางที่ ค 3 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	81.06	100	80.22	150	83.54	200	84.32	250	82.54	300	82.37	350	77.85	400	82.57	450	84.42	500	89.29
50	81.11	100	80.22	150	83.45	200	84.34	250	82.55	300	82.39	350	78.15	400	82.59	450	84.42	500	88.99
50	80.89	100	80.27	150	83.47	200	84.23	250	82.61	300	82.45	350	78.79	400	82.65	450	84.47	500	88.90
50	80.34	100	80.27	150	83.48	200	84.10	250	82.65	300	82.47	350	79.08	400	82.67	450	84.47	500	89.23
50	80.65	100	80.27	150	83.43	200	84.08	250	82.67	300	82.51	350	82.12	400	82.71	450	84.47	500	89.28
50	80.50	100	80.28	150	83.44	200	84.35	250	82.68	300	82.57	350	82.35	400	82.77	450	84.48	500	88.82
50	80.35	100	80.28	150	83.43	200	84.17	250	82.72	300	82.61	350	82.84	400	82.81	450	84.48	500	88.71
50	80.59	100	80.30	150	83.45	200	84.24	250	82.73	300	82.63	350	83.25	400	82.83	450	84.50	500	88.88
50	80.62	100	80.29	150	83.44	200	84.34	250	82.76	300	82.91	350	83.32	400	83.11	450	84.49	500	89.31
50	80.47	100	80.28	150	83.50	200	84.39	250	82.80	300	83.02	350	83.54	400	83.22	450	84.48	500	89.80
50	80.42	100	80.28	150	83.45	200	84.29	250	82.86	300	83.19	350	83.58	400	83.39	450	84.48	500	89.60
50	80.80	100	80.27	150	83.43	200	84.33	250	82.88	300	83.21	350	83.58	400	83.41	450	84.47	500	89.36
50	80.57	100	80.33	150	83.43	200	84.36	250	82.91	300	83.31	350	83.71	400	83.59	450	84.53	500	89.34
50	80.46	100	80.45	150	83.38	200	84.33	250	82.93	300	83.39	350	83.76	400	83.66	450	84.65	500	89.28
50	80.63	100	80.60	150	83.27	200	84.29	250	82.98	300	83.42	350	83.78	400	83.67	450	84.80	500	89.24
50	80.53	100	80.86	150	83.35	200	84.27	250	83.00	300	83.46	350	83.78	400	83.68	450	85.06	500	89.44
50	80.65	100	81.22	150	83.21	200	84.29	250	83.03	300	83.47	350	83.82	400	83.68	450	85.42	500	89.35
50	80.72	100	81.37	150	83.13	200	84.25	250	83.04	300	83.48	350	83.83	400	83.69	450	85.57	500	89.34
50	80.34	100	81.52	150	83.01	200	84.20	250	83.05	300	83.48	350	83.86	400	83.69	450	85.72	500	89.32

ตารางที่ ค 3 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	80.98	100	81.92	150	83.25	200	83.99	250	83.38	300	83.88	350	84.25	400	84.34	450	86.12	500	82.72
50	80.71	100	81.93	150	83.24	200	83.98	250	83.40	300	83.88	350	84.26	400	84.34	450	86.13	500	82.95
50	80.75	100	81.96	150	83.23	200	83.95	250	83.40	300	83.89	350	84.27	400	84.40	450	86.16	500	79.68
50	80.73	100	82.02	150	83.23	200	83.97	250	83.41	300	83.91	350	84.32	400	84.41	450	86.22	500	79.39
50	80.75	100	82.03	150	83.21	200	83.93	250	83.42	300	83.91	350	84.35	400	84.42	450	86.23	500	78.75
50	81.07	100	81.98	150	83.21	200	83.98	250	83.42	300	83.92	350	84.37	400	84.44	450	86.18	500	78.45
50	80.53	100	82.05	150	83.15	200	84.06	250	83.44	300	83.92	350	84.39	400	84.44	450	86.25	500	87.20
50	80.47	100	82.06	150	83.11	200	83.94	250	83.46	300	83.92	350	84.39	400	84.45	450	86.26	500	87.52
50	80.94	100	82.12	150	83.14	200	83.84	250	83.47	300	83.94	350	84.39	400	84.46	450	86.32	500	87.26
50	80.94	100	82.15	150	83.24	200	83.92	250	83.47	300	83.94	350	84.40	400	84.48	450	86.35	500	87.66
50	80.12	100	82.18	150	83.24	200	83.85	250	83.49	300	83.95	350	84.44	400	84.50	450	86.38	500	87.24
50	80.80	100	82.20	150	83.22	200	83.86	250	83.50	300	83.95	350	84.47	400	84.52	450	86.40	500	86.93
50	80.56	100	82.22	150	83.20	200	83.87	250	83.54	300	83.96	350	84.50	400	84.55	450	86.42	500	86.79
50	80.98	100	82.23	150	83.18	200	83.88	250	83.57	300	83.98	350	84.53	400	84.55	450	86.43	500	87.11
50	80.58	100	82.24	150	83.18	200	83.88	250	83.58	300	83.99	350	84.53	400	84.58	450	86.44	500	86.14
50	80.65	100	82.27	150	83.08	200	83.80	250	83.61	300	83.99	350	84.53	400	84.59	450	86.47	500	86.44
50	80.66	100	82.25	150	83.08	200	83.85	250	83.63	300	84.04	350	84.55	400	84.61	450	86.45	500	86.61
50	80.53	100	82.20	150	83.07	200	83.78	250	83.63	300	84.07	350	84.59	400	84.61	450	86.40	500	85.87
50	80.76	100	82.26	150	83.06	200	83.80	250	83.64	300	84.11	350	84.65	400	84.62	450	86.46	500	86.04
50	80.66	100	82.28	150	83.03	200	83.77	250	83.67	300	84.12	350	84.67	400	84.63	450	86.48	500	85.47

ตารางที่ ค 3 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	80.64	100	82.27	150	82.87	200	83.50	250	84.21	300	84.30	350	85.06	400	84.83	450	86.47	500	85.13
50	81.00	100	82.26	150	82.74	200	83.44	250	84.24	300	84.32	350	85.07	400	84.85	450	86.46	500	84.18
50	80.52	100	82.28	150	82.69	200	83.43	250	84.25	300	84.35	350	85.09	400	84.89	450	86.48	500	84.46
50	80.60	100	82.21	150	82.53	200	83.34	250	84.28	300	84.35	350	85.16	400	84.91	450	86.41	500	84.18
50	81.15	100	82.24	150	82.67	200	83.15	250	84.29	300	84.35	350	85.17	400	84.92	450	86.44	500	84.79
50	81.22	100	82.34	150	82.60	200	83.42	250	84.29	300	84.36	350	85.18	400	84.93	450	86.54	500	84.87
50	80.42	100	82.30	150	82.70	200	83.46	250	84.30	300	84.38	350	85.24	400	85.02	450	86.50	500	84.59
50	80.73	100	82.28	150	82.76	200	83.41	250	84.30	300	84.39	350	85.27	400	85.04	450	86.48	500	84.76
50	80.64	100	82.13	150	82.84	200	83.50	250	84.34	300	84.40	350	85.29	400	85.05	450	86.33	500	84.38
50	80.78	100	82.28	150	82.82	200	83.27	250	84.35	300	84.41	350	85.30	400	85.05	450	86.48	500	84.51
50	81.02	100	82.33	150	82.72	200	83.15	250	84.36	300	84.41	350	85.31	400	85.12	450	86.53	500	83.44
50	80.59	100	82.18	150	82.55	200	82.71	250	84.36	300	84.42	350	85.38	400	85.25	450	86.38	500	85.15
50	80.87	100	82.18	150	82.58	200	82.57	250	84.37	300	84.43	350	85.40	400	85.29	450	86.38	500	85.56
50	80.43	100	82.06	150	82.66	200	82.71	250	84.37	300	84.43	350	85.42	400	87.20	450	86.26	500	86.14
50	80.63	100	82.11	150	82.76	200	82.67	250	84.37	300	84.45	350	85.44	400	87.22	450	86.31	500	86.25
50	80.56	100	82.10	150	82.71	200	83.17	250	84.38	300	84.47	350	85.48	400	87.22	450	86.30	500	86.32
50	80.66	100	81.96	150	82.73	200	83.28	250	84.38	300	84.47	350	85.54	400	87.22	450	86.16	500	84.86
50	80.75	100	82.01	150	82.49	200	83.15	250	84.38	300	84.48	350	85.54	400	87.23	450	86.21	500	84.80
50	80.82	100	82.22	150	82.49	200	82.83	250	84.40	300	84.53	350	85.56	400	87.23	450	86.42	500	84.50
50	81.02	100	82.13	150	82.52	200	82.82	250	84.42	300	84.54	350	85.60	400	87.23	450	86.33	500	84.80

ตารางที่ ค 3 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	80.82	100	82.13	150	82.69	200	83.02	250	84.50	300	84.71	350	85.94	400	87.36	450	86.33	500	85.00
50	80.75	100	82.09	150	82.57	200	83.00	250	84.51	300	84.72	350	85.95	400	87.43	450	86.29	500	86.47
50	80.81	100	81.94	150	82.55	200	82.55	250	84.51	300	84.73	350	86.00	400	87.46	450	86.14	500	83.92
50	80.38	100	81.92	150	82.52	200	82.71	250	84.53	300	84.74	350	86.01	400	87.47	450	86.12	500	85.28
50	80.89	100	81.97	150	82.50	200	83.01	250	84.57	300	84.77	350	86.14	400	87.48	450	86.17	500	85.07
50	80.28	100	81.94	150	82.61	200	83.21	250	84.58	300	84.82	350	86.19	400	87.48	450	86.14	500	84.72
50	80.77	100	82.07	150	82.66	200	83.14	250	84.59	300	84.82	350	86.33	400	87.51	450	86.27	500	84.53
50	81.00	100	82.10	150	82.71	200	83.10	250	84.60	300	84.84	350	86.38	400	87.54	450	86.30	500	84.51
50	80.58	100	82.06	150	82.67	200	82.91	250	84.62	300	84.85	350	86.51	400	87.55	450	86.26	500	85.13
50	80.56	100	82.04	150	82.64	200	82.77	250	84.63	300	84.85	350	86.60	400	87.58	450	86.24	500	85.67
50	80.51	100	82.02	150	82.52	200	82.90	250	84.63	300	84.85	350	86.61	400	87.58	450	86.22	500	86.49
50	80.77	100	81.97	150	82.57	200	82.80	250	84.63	300	84.91	350	86.62	400	87.60	450	86.17	500	86.45
50	80.42	100	81.95	150	82.64	200	82.93	250	84.63	300	84.92	350	86.64	400	87.61	450	86.15	500	88.49
50	80.60	100	81.89	150	82.60	200	83.13	250	84.65	300	84.99	350	86.66	400	87.61	450	86.09	500	86.35
50	80.78	100	81.96	150	82.57	200	83.06	250	84.65	300	84.99	350	86.77	400	87.62	450	86.16	500	84.38
50	80.70	100	81.93	150	82.56	200	82.86	250	84.67	300	85.05	350	86.92	400	87.63	450	86.13	500	86.53
50	80.83	100	81.94	150	82.56	200	82.99	250	84.68	300	85.09	350	87.06	400	87.63	450	86.14	500	86.27
50	80.63	100	81.87	150	82.46	200	83.12	250	84.68	300	85.20	350	87.06	400	87.64	450	86.07	500	86.40
50	80.81	100	81.92	150	82.42	200	83.32	250	84.69	300	85.24	350	87.89	400	87.64	450	86.12	500	86.16
50	80.73	100	81.86	150	82.55	200	83.08	250	84.75	300	85.37	350	88.33	400	87.64	450	86.06	500	85.27

ตารางที่ ค 4 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.655	100	83.98	150	85.307	200	85.819	250	85.351	300	87.529	350	81.315	400	83.014	450	79.703	500	76.311
50	82.708	100	83.98	150	85.275	200	85.862	250	85.383	300	87.946	350	82.148	400	83.222	450	81.818	500	76.356
50	82.486	100	83.991	150	85.328	200	85.68	250	85.372	300	87.69	350	82.225	400	83.614	450	81.829	500	76.389
50	81.937	100	83.938	150	85.349	200	85.606	250	85.394	300	87.487	350	82.475	400	84.3	450	82.327	500	76.422
50	82.254	100	83.959	150	85.339	200	85.702	250	85.415	300	86.951	350	82.856	400	84.495	450	83.031	500	76.489
50	82.095	100	83.916	150	85.349	200	85.584	250	85.447	300	87.144	350	83.052	400	84.495	450	83.405	500	76.534
50	81.947	100	83.916	150	85.318	200	85.328	250	85.426	300	86.919	350	83.226	400	84.615	450	83.438	500	76.534
50	82.191	100	83.906	150	85.349	200	85.338	250	85.468	300	86.887	350	83.269	400	84.68	450	83.459	500	76.623
50	82.222	100	83.916	150	85.296	200	85.563	250	85.5	300	86.833	350	83.425	400	84.691	450	83.481	500	76.734
50	82.074	100	83.863	150	85.349	200	85.595	250	85.522	300	86.758	350	83.78	400	84.832	450	83.569	500	76.745
50	82.021	100	83.927	150	85.264	200	85.541	250	85.543	300	86.683	350	83.79	400	84.897	450	83.613	500	77.024
50	82.402	100	83.874	150	85.211	200	85.499	250	85.586	300	87.305	350	83.79	400	84.951	450	83.767	500	77.413
50	82.169	100	83.906	150	85.275	200	85.584	250	85.618	300	87.208	350	84.007	400	84.962	450	84.176	500	77.435
50	82.064	100	83.884	150	85.349	200	85.574	250	85.65	300	87.412	350	84.055	400	85.071	450	84.238	500	77.546
50	82.233	100	83.874	150	85.307	200	85.509	250	85.692	300	87.112	350	84.062	400	85.071	450	84.304	500	77.591
50	82.127	100	83.852	150	85.328	200	85.541	250	85.724	300	86.79	350	84.43	400	85.082	450	84.34	500	77.924
50	82.254	100	83.863	150	85.307	200	85.755	250	85.767	300	86.297	350	84.658	400	85.19	450	84.413	500	77.957
50	82.317	100	83.884	150	85.318	200	85.841	250	85.767	300	86.308	350	84.708	400	85.201	450	84.413	500	77.968
50	81.937	100	83.906	150	85.286	200	85.83	250	85.799	300	86.063	350	84.741	400	85.266	450	84.533	500	78.168
50	82.37	100	83.916	150	85.296	200	85.745	250	85.842	300	85.699	350	84.784	400	85.331	450	84.697	500	78.312

ตารางที่ ค 4 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.581	100	83.863	150	85.211	200	85.713	250	86.034	300	86.78	350	86.171	400	86.01	450	86.106	500	82.906
50	82.307	100	83.874	150	85.232	200	85.777	250	86.013	300	86.994	350	86.171	400	86.227	450	86.27	500	83.193
50	82.349	100	83.852	150	85.19	200	85.798	250	86.023	300	87.155	350	86.226	400	86.336	450	86.278	500	83.996
50	82.328	100	83.874	150	85.2	200	85.873	250	86.013	300	87.23	350	86.312	400	86.336	450	86.562	500	84.359
50	82.349	100	83.874	150	85.211	200	85.883	250	85.992	300	87.155	350	86.312	400	86.401	450	86.565	500	84.615
50	82.666	100	83.842	150	85.2	200	85.862	250	85.992	300	87.305	350	86.334	400	86.477	450	86.587	500	85.187
50	82.127	100	83.863	150	85.168	200	85.873	250	85.949	300	87.315	350	86.463	400	86.564	450	86.682	500	85.649
50	82.074	100	83.831	150	85.158	200	85.851	250	85.949	300	87.251	350	86.582	400	86.726	450	86.704	500	85.989
50	82.539	100	83.852	150	85.147	200	85.787	250	85.949	300	87.24	350	86.615	400	86.878	450	86.74	500	86.307
50	82.539	100	83.874	150	85.19	200	85.606	250	85.96	300	87.091	350	86.723	400	86.878	450	86.827	500	86.395
50	81.715	100	83.884	150	85.168	200	85.627	250	85.97	300	87.112	350	86.787	400	86.889	450	86.9	500	86.679
50	82.402	100	83.863	150	85.126	200	85.67	250	86.002	300	87.348	350	86.917	400	86.921	450	87.307	500	87.647
50	82.159	100	83.863	150	85.105	200	85.552	250	85.97	300	87.016	350	87.107	400	86.921	450	87.565	500	88.337
50	82.581	100	83.767	150	85.083	200	85.52	250	85.981	300	87.048	350	87.118	400	87.008	450	87.601	500	88.807
50	82.18	100	83.863	150	85.073	200	85.745	250	85.97	300	87.166	350	87.14	400	87.095	450	87.62	500	89.309
50	82.254	100	83.809	150	85.062	200	85.777	250	85.97	300	87.305	350	87.313	400	87.149	450	87.699	500	89.494
50	82.264	100	83.842	150	85.03	200	85.862	250	85.97	300	87.433	350	87.356	400	87.214	450	87.791	500	89.8
50	82.127	100	83.842	150	85.009	200	85.745	250	85.906	300	87.508	350	87.367	400	87.214	450	87.878	500	89.832
50	82.36	100	83.799	150	84.998	200	85.766	250	85.917	300	87.743	350	87.4	400	87.225	450	88.053	500	89.919

ตารางที่ ค 4 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.243	100	83.784	150	84.795	200	85.124	250	85.8	300	86.522	350	87.962	400	88.154	450	89.259	500	92.955
50	82.602	100	83.795	150	84.699	200	85.263	250	85.804	300	86.748	350	87.973	400	88.197	450	89.285	500	93.01
50	82.117	100	83.763	150	84.582	200	85.392	250	85.836	300	86.994	350	88.005	400	88.215	450	89.361	500	93.238
50	82.201	100	83.73	150	84.539	200	85.338	250	85.804	300	87.786	350	88.038	400	88.29	450	89.404	500	93.249
50	82.75	100	83.73	150	84.539	200	85.509	250	85.793	300	87.679	350	88.059	400	88.29	450	89.412	500	93.325
50	82.824	100	83.698	150	84.411	200	85.36	250	85.793	300	86.887	350	88.07	400	88.323	450	89.412	500	93.434
50	82.021	100	83.698	150	84.582	200	85.178	250	85.75	300	86.587	350	88.07	400	88.377	450	89.687	500	93.553
50	82.328	100	83.698	150	84.625	200	85.017	250	85.75	300	85.324	350	88.092	400	88.388	450	89.792	500	93.64
50	82.243	100	83.645	150	84.603	200	84.771	250	85.761	300	84.97	350	88.092	400	88.496	450	90.259	500	93.77
50	82.381	100	83.709	150	84.55	200	84.749	250	85.772	300	84.98	350	88.156	400	88.529	450	90.324	500	93.792
50	82.624	100	83.688	150	84.795	200	84.803	250	85.75	300	85.27	350	88.156	400	88.539	450	90.349	500	93.846
50	82.191	100	83.698	150	84.411	200	84.535	250	85.75	300	85.57	350	88.167	400	88.55	450	90.4	500	93.955
50	82.465	100	83.698	150	84.475	200	84.707	250	85.708	300	86.673	350	88.243	400	88.572	450	90.454	500	93.998
50	82.032	100	83.666	150	84.486	200	84.824	250	85.708	300	87.433	350	88.254	400	88.572	450	90.454	500	94.031
50	82.233	100	83.698	150	84.176	200	84.932	250	85.719	300	87.112	350	88.361	400	88.583	450	90.468	500	94.15
50	82.159	100	83.645	150	84.069	200	84.514	250	85.708	300	86.157	350	88.361	400	88.637	450	90.508	500	94.172
50	82.264	100	83.688	150	84.496	200	84.299	250	85.655	300	85.045	350	88.372	400	88.648	450	90.854	500	94.378
50	82.349	100	83.666	150	84.646	200	84.17	250	85.697	300	84.357	350	88.415	400	88.648	450	90.908	500	94.389
50	82.423	100	83.666	150	84.358	200	83.625	250	85.687	300	83.894	350	88.426	400	88.68	450	90.916	500	94.41
50	82.624	100	83.624	150	84.336	200	83.765	250	85.687	300	83.366	350	88.437	400	88.713	450	90.941	500	94.508

ตารางที่ ค 4 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.423	100	83.453	150	84.411	200	86.279	250	85.559	300	85.115	350	89.245	400	89.07	450	91.712	500	95.481
50	82.349	100	83.453	150	84.454	200	86.407	250	85.559	300	85.523	350	89.277	400	89.156	450	91.734	500	95.589
50	82.412	100	83.453	150	84.315	200	86.642	250	85.516	300	85.662	350	89.342	400	89.178	450	91.784	500	95.6
50	81.979	100	83.442	150	84.496	200	86.748	250	85.537	300	85.512	350	89.396	400	89.426	450	91.875	500	95.719
50	82.486	100	83.463	150	84.336	200	86.588	250	85.537	300	85.126	350	89.396	400	89.437	450	92.055	500	95.768
50	81.884	100	83.431	150	84.315	200	86.695	250	85.537	300	85.341	350	89.406	400	89.588	450	92.059	500	95.779
50	82.37	100	83.41	150	84.347	200	86.642	250	85.516	300	85.319	350	89.514	400	89.599	450	92.167	500	95.953
50	82.602	100	83.431	150	84.379	200	86.546	250	85.495	300	85.266	350	89.536	400	89.696	450	92.178	500	96.18
50	82.18	100	83.388	150	84.454	200	86.471	250	85.495	300	85.019	350	89.557	400	89.696	450	92.232	500	96.191
50	82.159	100	83.346	150	84.4	200	86.098	250	85.463	300	85.276	350	89.568	400	89.782	450	92.25	500	96.191
50	82.106	100	83.324	150	84.464	200	86.044	250	85.484	300	85.566	350	89.579	400	89.933	450	92.297	500	96.213
50	82.37	100	83.388	150	84.518	200	85.959	250	85.463	300	85.609	350	89.697	400	90.009	450	92.319	500	96.299
50	82.021	100	83.378	150	84.603	200	86.066	250	85.441	300	85.534	350	89.844	400	90.019	450	92.33	500	96.353
50	82.201	100	83.367	150	84.582	200	85.777	250	85.42	300	86.069	350	89.866	400	90.019	450	92.424	500	96.386
50	82.381	100	83.346	150	84.614	200	85.948	250	85.452	300	86.55	350	89.866	400	90.03	450	92.546	500	96.44
50	82.296	100	83.367	150	84.657	200	85.874	250	85.409	300	86.582	350	89.92	400	90.106	450	92.578	500	96.483
50	82.434	100	83.431	150	84.646	200	85.745	250	85.43	300	86.593	350	90.146	400	90.138	450	92.6	500	96.645
50	82.233	100	83.388	150	84.464	200	86.204	250	85.42	300	86.733	350	90.416	400	90.17	450	92.806	500	96.786
50	82.412	100	83.399	150	84.625	200	85.671	250	85.398	300	86.647	350	90.416	400	90.267	450	92.91	500	96.829
50	82.328	100	83.335	150	84.614	200	86.087	250	85.427	300	86.069	350	90.534	400	90.558	450	92.968	500	96.915

ตารางที่ ค 5 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	86.06	100	84.52	150	87.44	200	88.12	250	86.44	300	86.57	350	81.85	400	86.77	450	88.12	500	93.19
50	86.11	100	84.52	150	87.35	200	88.14	250	86.45	300	86.59	350	82.15	400	86.79	450	88.12	500	92.89
50	85.89	100	84.57	150	87.37	200	88.03	250	86.51	300	86.65	350	82.79	400	86.85	450	88.17	500	92.80
50	85.34	100	84.57	150	87.38	200	87.90	250	86.55	300	86.67	350	83.08	400	86.87	450	88.17	500	93.13
50	85.65	100	84.57	150	87.33	200	87.88	250	86.57	300	86.71	350	86.12	400	86.91	450	88.17	500	93.18
50	85.50	100	84.58	150	87.34	200	88.15	250	86.58	300	86.77	350	86.35	400	86.97	450	88.18	500	92.72
50	85.35	100	84.58	150	87.33	200	87.97	250	86.62	300	86.81	350	86.84	400	87.01	450	88.18	500	92.61
50	85.59	100	84.60	150	87.35	200	88.04	250	86.63	300	86.83	350	87.25	400	87.03	450	88.20	500	92.78
50	85.62	100	84.59	150	87.34	200	88.14	250	86.66	300	87.11	350	87.32	400	87.31	450	88.19	500	93.21
50	85.47	100	84.58	150	87.40	200	88.19	250	86.70	300	87.22	350	87.54	400	87.42	450	88.18	500	93.70
50	85.42	100	84.58	150	87.35	200	88.09	250	86.76	300	87.39	350	87.58	400	87.59	450	88.18	500	93.50
50	85.80	100	84.57	150	87.33	200	88.13	250	86.78	300	87.41	350	87.58	400	87.61	450	88.17	500	93.26
50	85.57	100	84.63	150	87.33	200	88.16	250	86.81	300	87.51	350	87.71	400	87.79	450	88.23	500	93.24
50	85.46	100	84.75	150	87.28	200	88.13	250	86.83	300	87.59	350	87.76	400	87.86	450	88.35	500	93.18
50	85.63	100	84.90	150	87.17	200	88.09	250	86.88	300	87.62	350	87.78	400	87.87	450	88.50	500	93.14
50	85.53	100	85.16	150	87.25	200	88.07	250	86.90	300	87.66	350	87.78	400	87.88	450	88.76	500	93.34
50	85.65	100	85.52	150	87.11	200	88.09	250	86.93	300	87.67	350	87.82	400	87.88	450	89.12	500	93.25
50	85.72	100	85.67	150	87.03	200	88.05	250	86.94	300	87.68	350	87.83	400	87.89	450	89.27	500	93.24
50	85.34	100	85.82	150	86.91	200	88.00	250	86.95	300	87.68	350	87.86	400	87.89	450	89.42	500	93.22
50	85.77	100	85.92	150	86.93	200	88.09	250	86.95	300	87.68	350	87.87	400	87.90	450	89.52	500	93.37

ตารางที่ ค 5 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	85.98	100	86.22	150	87.15	200	87.79	250	87.28	300	88.08	350	88.25	400	88.54	450	89.82	500	86.62
50	85.71	100	86.23	150	87.14	200	87.78	250	87.30	300	88.08	350	88.26	400	88.54	450	89.83	500	86.85
50	85.75	100	86.26	150	87.13	200	87.75	250	87.30	300	88.09	350	88.27	400	88.60	450	89.86	500	83.58
50	85.73	100	86.32	150	87.13	200	87.77	250	87.31	300	88.11	350	88.32	400	88.61	450	89.92	500	83.29
50	85.75	100	86.33	150	87.11	200	87.73	250	87.32	300	88.11	350	88.35	400	88.62	450	89.93	500	82.65
50	86.07	100	86.28	150	87.11	200	87.78	250	87.32	300	88.12	350	88.37	400	88.64	450	89.88	500	82.35
50	85.53	100	86.35	150	87.05	200	87.86	250	87.34	300	88.12	350	88.39	400	88.64	450	89.95	500	91.10
50	85.47	100	86.36	150	87.01	200	87.74	250	87.36	300	88.12	350	88.39	400	88.65	450	89.96	500	91.42
50	85.94	100	86.42	150	87.04	200	87.64	250	87.37	300	88.14	350	88.39	400	88.66	450	90.02	500	91.16
50	85.94	100	86.45	150	87.14	200	87.72	250	87.37	300	88.14	350	88.40	400	88.68	450	90.05	500	91.56
50	85.12	100	86.48	150	87.14	200	87.65	250	87.39	300	88.15	350	88.44	400	88.70	450	90.08	500	91.14
50	85.80	100	86.50	150	87.12	200	87.66	250	87.40	300	88.15	350	88.47	400	88.72	450	90.10	500	90.83
50	85.56	100	86.52	150	87.10	200	87.67	250	87.44	300	88.16	350	88.50	400	88.75	450	90.12	500	90.69
50	85.98	100	86.53	150	87.08	200	87.68	250	87.47	300	88.18	350	88.53	400	88.75	450	90.13	500	91.01
50	85.58	100	86.54	150	87.08	200	87.68	250	87.48	300	88.19	350	88.53	400	88.78	450	90.14	500	90.04

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค 5 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	85.64	100	86.57	150	86.77	200	87.30	250	88.11	300	88.50	350	89.06	400	89.03	450	90.17	500	89.03
50	86.00	100	86.56	150	86.64	200	87.24	250	88.14	300	88.52	350	89.07	400	89.05	450	90.16	500	88.08
50	85.52	100	86.58	150	86.59	200	87.23	250	88.15	300	88.55	350	89.09	400	89.09	450	90.18	500	88.36
50	85.60	100	86.51	150	86.43	200	87.14	250	88.18	300	88.55	350	89.16	400	89.11	450	90.11	500	88.08
50	86.15	100	86.54	150	86.57	200	86.95	250	88.19	300	88.55	350	89.17	400	89.12	450	90.14	500	88.69
50	86.22	100	86.64	150	86.50	200	87.22	250	88.19	300	88.56	350	89.18	400	89.13	450	90.24	500	88.77
50	85.42	100	86.60	150	86.60	200	87.26	250	88.20	300	88.58	350	89.24	400	89.22	450	90.20	500	88.49
50	85.73	100	86.58	150	86.66	200	87.21	250	88.20	300	88.59	350	89.27	400	89.24	450	90.18	500	88.66
50	85.64	100	86.43	150	86.74	200	87.30	250	88.24	300	88.60	350	89.29	400	89.25	450	90.03	500	88.28
50	85.78	100	86.58	150	86.72	200	87.07	250	88.25	300	88.61	350	89.30	400	89.25	450	90.18	500	88.41
50	86.02	100	86.63	150	86.62	200	86.95	250	88.26	300	88.61	350	89.31	400	89.32	450	90.23	500	87.34
50	85.59	100	86.48	150	86.45	200	86.51	250	88.26	300	88.62	350	89.38	400	89.45	450	90.08	500	89.05
50	85.87	100	86.48	150	86.48	200	86.37	250	88.27	300	88.63	350	89.40	400	89.49	450	90.08	500	89.46
50	85.43	100	86.36	150	86.56	200	86.51	250	88.27	300	88.63	350	89.42	400	91.40	450	89.96	500	90.04
50	85.63	100	86.41	150	86.66	200	86.47	250	88.27	300	88.65	350	89.44	400	91.42	450	90.01	500	90.15
50	85.56	100	86.40	150	86.61	200	86.97	250	88.28	300	88.67	350	89.48	400	91.42	450	90.00	500	90.22
50	85.66	100	86.26	150	86.63	200	87.08	250	88.28	300	88.67	350	89.54	400	91.42	450	89.86	500	88.76
50	85.75	100	86.31	150	86.39	200	86.95	250	88.28	300	88.68	350	89.54	400	91.43	450	89.91	500	88.70
50	85.82	100	86.52	150	86.39	200	86.63	250	88.30	300	88.73	350	89.56	400	91.43	450	90.12	500	88.40
50	86.02	100	86.43	150	86.42	200	86.62	250	88.32	300	88.74	350	89.60	400	91.43	450	90.03	500	88.70

ตารางที่ ค 5 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	85.82	100	86.43	150	86.59	200	86.82	250	88.40	300	88.91	350	89.94	400	91.56	450	90.03	500	88.90
50	85.75	100	86.39	150	86.47	200	86.80	250	88.41	300	88.92	350	89.95	400	91.63	450	89.99	500	90.37
50	85.81	100	86.24	150	86.45	200	86.35	250	88.41	300	88.93	350	90.00	400	91.66	450	89.84	500	87.82
50	85.38	100	86.22	150	86.42	200	86.51	250	88.43	300	88.94	350	90.01	400	91.67	450	89.82	500	89.18
50	85.89	100	86.27	150	86.40	200	86.81	250	88.47	300	88.97	350	90.14	400	91.68	450	89.87	500	88.97
50	85.28	100	86.24	150	86.51	200	87.01	250	88.48	300	89.02	350	90.19	400	91.68	450	89.84	500	88.62
50	85.77	100	86.37	150	86.56	200	86.94	250	88.49	300	89.02	350	90.33	400	91.71	450	89.97	500	88.43
50	86.00	100	86.40	150	86.61	200	86.90	250	88.50	300	89.04	350	90.38	400	91.74	450	90.00	500	88.41
50	85.58	100	86.36	150	86.57	200	86.71	250	88.52	300	89.05	350	90.51	400	91.75	450	89.96	500	89.03
50	85.56	100	86.34	150	86.54	200	86.57	250	88.53	300	89.05	350	90.60	400	91.78	450	89.94	500	89.57
50	85.51	100	86.32	150	86.42	200	86.70	250	88.53	300	89.05	350	90.61	400	91.78	450	89.92	500	90.39
50	85.77	100	86.27	150	86.47	200	86.60	250	88.53	300	89.11	350	90.62	400	91.80	450	89.87	500	90.35
50	85.42	100	86.25	150	86.54	200	86.73	250	88.53	300	89.12	350	90.64	400	91.81	450	89.85	500	92.39
50	85.60	100	86.19	150	86.50	200	86.93	250	88.55	300	89.19	350	90.66	400	91.81	450	89.79	500	90.25
50	85.78	100	86.26	150	86.47	200	86.86	250	88.55	300	89.19	350	90.77	400	91.82	450	89.86	500	88.28
50	85.70	100	86.23	150	86.46	200	86.66	250	88.57	300	89.25	350	90.92	400	91.83	450	89.83	500	90.43
50	85.83	100	86.24	150	86.46	200	86.79	250	88.58	300	89.29	350	91.06	400	91.83	450	89.84	500	90.17
50	85.63	100	86.17	150	86.36	200	86.92	250	88.58	300	89.40	350	91.06	400	91.84	450	89.77	500	90.30
50	85.81	100	86.22	150	86.32	200	87.12	250	88.59	300	89.44	350	91.89	400	91.84	450	89.82	500	90.06
50	85.73	100	86.16	150	86.45	200	86.88	250	88.65	300	89.57	350	92.33	400	91.84	450	89.76	500	89.17

ตารางที่ ค 6 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	89.49	100	90.508	150	91.029	200	91.63	250	92.055	300	92.937	350	92.526	400	92.876	450	94.025	500	93.389
50	89.345	100	90.488	150	90.987	200	91.569	250	92.076	300	92.979	350	92.547	400	92.917	450	94.076	500	93.543
50	89.552	100	90.508	150	91.039	200	91.671	250	92.096	300	92.979	350	92.588	400	92.886	450	94.178	500	93.769
50	89.583	100	90.529	150	91.029	200	91.681	250	92.096	300	92.979	350	92.598	400	92.876	450	94.127	500	93.912
50	89.542	100	90.519	150	91.039	200	91.692	250	92.117	300	92.937	350	92.639	400	92.907	450	94.107	500	93.994
50	89.625	100	90.539	150	91.049	200	91.723	250	92.137	300	92.968	350	92.67	400	92.886	450	94.137	500	94.127
50	89.501	100	90.539	150	91.059	200	91.723	250	92.158	300	92.948	350	92.66	400	92.896	450	94.137	500	94.168
50	89.583	100	90.56	150	90.936	200	91.712	250	92.168	300	92.989	350	92.681	400	92.876	450	94.168	500	94.229
50	89.656	100	90.426	150	91.07	200	91.753	250	92.148	300	92.968	350	92.691	400	92.907	450	94.117	500	94.291
50	89.625	100	90.56	150	91.08	200	91.784	250	92.158	300	92.968	350	92.722	400	92.876	450	94.148	500	94.321
50	89.542	100	90.591	150	91.07	200	91.794	250	92.179	300	92.958	350	92.711	400	92.886	450	94.148	500	94.321
50	89.594	100	90.488	150	91.039	200	91.753	250	92.189	300	92.979	350	92.732	400	92.886	450	94.096	500	94.414
50	89.718	100	90.57	150	91.101	200	91.784	250	92.199	300	92.999	350	92.783	400	92.907	450	94.137	500	94.414
50	89.573	100	90.58	150	91.09	200	91.774	250	92.199	300	92.979	350	92.783	400	92.907	450	94.076	500	94.414
50	89.625	100	90.58	150	91.008	200	91.774	250	92.251	300	92.989	350	92.794	400	92.886	450	94.055	500	94.454
50	89.656	100	90.611	150	91.08	200	91.794	250	92.251	300	92.989	350	92.794	400	92.907	450	93.984	500	94.465
50	89.707	100	90.611	150	91.08	200	91.794	250	92.251	300	92.989	350	92.814	400	92.927	450	94.035	500	94.465
50	89.718	100	90.601	150	91.131	200	91.794	250	92.261	300	93.009	350	92.814	400	92.927	450	93.933	500	94.495
50	89.666	100	90.611	150	91.101	200	91.798	250	92.271	300	92.999	350	92.804	400	92.886	450	93.902	500	94.506
50	89.656	100	90.601	150	91.111	200	91.794	250	92.292	300	92.979	350	92.824	400	92.896	450	93.851	500	94.495

ตารางที่ ค 6 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	89.697	100	90.653	150	91.121	200	91.84	250	92.374	300	93.009	350	92.866	400	92.835	450	93.656	500	94.444
50	89.542	100	90.683	150	91.142	200	91.743	250	92.384	300	93.02	350	92.886	400	92.835	450	93.728	500	94.424
50	89.676	100	90.673	150	91.142	200	91.85	250	92.384	300	93.03	350	92.886	400	92.855	450	93.748	500	94.424
50	89.48	100	90.663	150	91.162	200	91.86	250	92.395	300	93.03	350	92.866	400	92.845	450	93.717	500	94.403
50	89.563	100	90.653	150	91.059	200	91.85	250	92.405	300	93.02	350	92.876	400	92.835	450	93.697	500	94.485
50	89.697	100	90.653	150	91.08	200	91.86	250	92.395	300	93.02	350	92.876	400	92.866	450	93.82	500	94.352
50	89.594	100	90.663	150	91.07	200	91.86	250	92.405	300	93.009	350	92.876	400	93.697	450	93.881	500	94.383
50	89.645	100	90.663	150	91.203	200	91.891	250	92.374	300	92.979	350	92.876	400	93.697	450	93.943	500	94.342
50	89.728	100	90.673	150	91.121	200	91.891	250	92.374	300	93.009	350	92.886	400	93.646	450	93.994	500	94.301
50	89.635	100	90.704	150	91.162	200	91.932	250	92.395	300	92.999	350	92.876	400	93.646	450	93.922	500	94.178
50	89.501	100	90.683	150	91.142	200	91.974	250	92.395	300	93.02	350	92.866	400	93.687	450	93.973	500	94.014
50	89.604	100	90.694	150	91.193	200	91.953	250	92.395	300	93.009	350	92.876	400	93.625	450	93.984	500	93.994
50	89.552	100	90.673	150	91.162	200	91.922	250	92.405	300	92.999	350	92.886	400	93.789	450	93.943	500	94.004
50	89.552	100	90.704	150	91.049	200	91.881	250	92.415	300	93.02	350	92.886	400	93.789	450	93.953	500	94.025
50	89.501	100	90.498	150	91.173	200	91.84	250	92.426	300	92.989	350	92.876	400	93.748	450	94.014	500	94.066
50	89.573	100	90.653	150	91.131	200	91.829	250	92.426	300	92.989	350	92.886	400	93.758	450	93.933	500	94.117
50	89.511	100	90.632	150	91.162	200	91.829	250	92.436	300	92.999	350	92.876	400	93.697	450	93.984	500	94.127
50	89.625	100	90.653	150	91.183	200	91.84	250	92.426	300	92.999	350	92.886	400	93.717	450	93.922	500	94.178
50	89.521	100	90.498	150	91.183	200	91.819	250	92.415	300	93.02	350	92.886	400	93.984	450	93.912	500	94.219
50	89.511	100	90.714	150	91.183	200	91.829	250	92.436	300	93.009	350	92.886	400	93.922	450	93.892	500	94.229

ตารางที่ ค 6 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	89.573	100	90.745	150	91.245	200	91.84	250	92.457	300	92.392	350	92.896	400	93.892	450	93.861	500	94.393
50	89.459	100	90.683	150	91.245	200	91.819	250	92.426	300	92.392	350	92.876	400	93.881	450	93.83	500	94.424
50	89.511	100	90.58	150	91.245	200	91.829	250	92.415	300	92.362	350	92.907	400	93.892	450	93.82	500	94.444
50	89.656	100	90.663	150	91.245	200	91.829	250	92.384	300	92.403	350	92.876	400	93.861	450	93.892	500	94.434
50	89.573	100	90.704	150	91.245	200	91.829	250	92.343	300	92.382	350	92.886	400	92.845	450	93.81	500	94.434
50	89.47	100	90.756	150	91.275	200	91.809	250	92.343	300	92.392	350	92.886	400	93.646	450	93.83	500	94.424
50	89.604	100	90.611	150	91.265	200	91.829	250	92.354	300	92.372	350	92.907	400	93.646	450	93.861	500	94.414
50	89.511	100	90.745	150	91.255	200	91.819	250	92.323	300	92.392	350	92.907	400	93.687	450	93.851	500	94.393
50	89.635	100	90.611	150	91.245	200	91.84	250	92.343	300	92.413	350	92.886	400	93.892	450	93.84	500	94.383
50	89.532	100	90.776	150	91.255	200	91.819	250	92.343	300	92.413	350	92.907	400	93.881	450	93.861	500	94.393
50	89.697	100	90.776	150	91.275	200	91.84	250	92.343	300	92.382	350	92.927	400	93.697	450	93.902	500	94.362
50	89.728	100	90.539	150	91.265	200	91.829	250	92.343	300	92.351	350	92.927	400	93.697	450	93.892	500	94.373
50	89.718	100	90.756	150	91.265	200	91.84	250	92.323	300	92.372	350	92.886	400	93.646	450	93.84	500	94.342
50	89.573	100	90.745	150	91.265	200	91.84	250	92.333	300	92.351	350	92.896	400	93.646	450	93.851	500	94.362
50	89.718	100	90.58	150	91.265	200	91.84	250	92.354	300	92.3	350	92.907	400	93.687	450	93.84	500	94.342
50	89.573	100	90.766	150	91.286	200	91.84	250	92.323	300	92.341	350	92.907	400	93.625	450	93.881	500	94.373
50	89.583	100	90.797	150	91.265	200	91.84	250	92.312	300	92.331	350	92.927	400	93.789	450	93.892	500	94.321
50	89.604	100	90.766	150	91.275	200	91.932	250	92.333	300	92.29	350	92.937	400	93.789	450	93.902	500	94.311
50	89.728	100	90.776	150	91.296	200	91.829	250	92.312	300	92.279	350	92.937	400	93.748	450	93.912	500	94.311
50	89.728	100	90.797	150	91.275	200	91.84	250	92.302	300	92.351	350	92.968	400	93.758	450	93.892	500	94.301
50	89.78	100	90.776	150	91.286	200	91.86	250	92.312	300	92.392	350	92.948	400	93.697	450	93.912	500	94.321

ตารางที่ ค 6 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	89.707	100	90.859	150	91.327	200	91.902	250	92.312	300	92.217	350	92.547	400	93.646	450	93.902	500	93.687
50	89.893	100	90.817	150	91.337	200	91.891	250	92.302	300	92.217	350	92.526	400	93.687	450	93.892	500	93.656
50	89.749	100	90.869	150	91.327	200	91.881	250	92.302	300	92.217	350	92.547	400	93.892	450	93.892	500	93.605
50	89.769	100	90.869	150	91.337	200	91.881	250	92.323	300	92.187	350	92.516	400	93.881	450	93.871	500	93.594
50	89.945	100	90.889	150	91.327	200	91.912	250	92.323	300	92.259	350	92.752	400	93.892	450	93.871	500	93.646
50	89.842	100	90.879	150	91.337	200	91.891	250	92.302	300	92.279	350	92.783	400	93.861	450	93.871	500	93.625
50	89.78	100	90.869	150	91.337	200	91.902	250	92.312	300	92.094	350	92.845	400	92.845	450	93.851	500	93.697
50	89.78	100	90.859	150	91.347	200	91.902	250	92.323	300	92.187	350	92.866	400	93.646	450	93.861	500	93.748
50	89.842	100	90.879	150	91.347	200	91.881	250	92.323	300	92.063	350	92.896	400	93.646	450	93.84	500	93.779
50	89.904	100	90.869	150	91.347	200	91.881	250	92.292	300	92.248	350	92.876	400	93.687	450	93.83	500	93.758
50	89.873	100	90.869	150	91.368	200	91.871	250	92.333	300	92.063	350	92.896	400	93.892	450	93.84	500	93.83
50	89.966	100	90.869	150	91.347	200	91.871	250	92.312	300	92.176	350	92.896	400	93.881	450	93.82	500	93.851
50	89.935	100	90.879	150	91.368	200	91.881	250	92.323	300	92.248	350	92.927	400	93.697	450	93.871	500	93.912
50	89.893	100	90.9	150	91.337	200	91.881	250	92.333	300	92.207	350	92.917	400	93.697	450	93.82	500	93.881
50	90.027	100	90.869	150	91.368	200	91.912	250	92.312	300	92.011	350	92.917	400	92.835	450	93.851	500	93.799
50	89.738	100	90.879	150	91.347	200	91.891	250	92.333	300	92.084	350	92.948	400	92.866	450	93.83	500	93.625
50	89.966	100	90.869	150	91.368	200	91.902	250	92.312	300	92.156	350	92.948	400	93.697	450	93.789	500	93.533
50	89.811	100	90.879	150	91.368	200	91.891	250	92.323	300	92.011	350	92.927	400	93.697	450	93.799	500	93.512
50	89.831	100	90.889	150	91.368	200	91.881	250	92.333	300	92.042	350	92.896	400	93.646	450	93.789	500	93.461
50	90.017	100	90.859	150	91.409	200	91.912	250	92.323	300	92.063	350	92.927	400	93.646	450	93.799	500	93.379

ตารางที่ ค 7 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	91.49	100	92.508	150	93.029	200	93.63	250	94.055	300	94.937	350	94.526	400	94.876	450	96.025	500	95.389
50	91.345	100	92.488	150	92.987	200	93.569	250	94.076	300	94.979	350	94.547	400	94.917	450	96.076	500	95.543
50	91.552	100	92.508	150	93.039	200	93.671	250	94.096	300	94.979	350	94.588	400	94.886	450	96.178	500	95.769
50	91.583	100	92.529	150	93.029	200	93.681	250	94.096	300	94.979	350	94.598	400	94.876	450	96.127	500	95.912
50	91.542	100	92.519	150	93.039	200	93.692	250	94.117	300	94.937	350	94.639	400	94.907	450	96.107	500	95.994
50	91.625	100	92.539	150	93.049	200	93.723	250	94.137	300	94.968	350	94.67	400	94.886	450	96.137	500	96.127
50	91.501	100	92.539	150	93.059	200	93.723	250	94.158	300	94.948	350	94.66	400	94.896	450	96.137	500	96.168
50	91.583	100	92.56	150	92.936	200	93.712	250	94.168	300	94.989	350	94.681	400	94.876	450	96.168	500	96.229
50	91.656	100	92.426	150	93.07	200	93.753	250	94.148	300	94.968	350	94.691	400	94.907	450	96.117	500	96.291
50	91.625	100	92.56	150	93.08	200	93.784	250	94.158	300	94.968	350	94.722	400	94.876	450	96.148	500	96.321
50	91.542	100	92.591	150	93.07	200	93.794	250	94.179	300	94.958	350	94.711	400	94.886	450	96.148	500	96.321
50	91.594	100	92.488	150	93.039	200	93.753	250	94.189	300	94.979	350	94.732	400	94.886	450	96.096	500	96.414
50	91.718	100	92.57	150	93.101	200	93.784	250	94.199	300	94.999	350	94.783	400	94.907	450	96.137	500	96.414
50	91.573	100	92.58	150	93.09	200	93.774	250	94.199	300	94.979	350	94.783	400	94.907	450	96.076	500	96.414
50	91.625	100	92.58	150	93.008	200	93.774	250	94.251	300	94.989	350	94.794	400	94.886	450	96.055	500	96.454
50	91.656	100	92.611	150	93.08	200	93.794	250	94.251	300	94.989	350	94.794	400	94.907	450	95.984	500	96.465
50	91.707	100	92.611	150	93.08	200	93.794	250	94.251	300	94.989	350	94.814	400	94.927	450	96.035	500	96.465
50	91.718	100	92.601	150	93.131	200	93.794	250	94.261	300	95.009	350	94.814	400	94.927	450	95.933	500	96.495
50	91.666	100	92.611	150	93.101	200	93.798	250	94.271	300	94.999	350	94.804	400	94.886	450	95.902	500	96.506
50	91.656	100	92.601	150	93.111	200	93.794	250	94.292	300	94.979	350	94.824	400	94.896	450	95.851	500	96.495

ตารางที่ ค 7 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	91.697	100	92.653	150	93.121	200	93.84	250	94.374	300	95.009	350	94.866	400	94.835	450	95.656	500	96.444
50	91.542	100	92.683	150	93.142	200	93.743	250	94.384	300	95.02	350	94.886	400	94.835	450	95.728	500	96.424
50	91.676	100	92.673	150	93.142	200	93.85	250	94.384	300	95.03	350	94.886	400	94.855	450	95.748	500	96.424
50	91.48	100	92.663	150	93.162	200	93.86	250	94.395	300	95.03	350	94.866	400	94.845	450	95.717	500	96.403
50	91.563	100	92.653	150	93.059	200	93.85	250	94.405	300	95.02	350	94.876	400	94.835	450	95.697	500	96.485
50	91.697	100	92.653	150	93.08	200	93.86	250	94.395	300	95.02	350	94.876	400	94.866	450	95.82	500	96.352
50	91.594	100	92.663	150	93.07	200	93.86	250	94.405	300	95.009	350	94.876	400	95.697	450	95.881	500	96.383
50	91.645	100	92.663	150	93.203	200	93.891	250	94.374	300	94.979	350	94.876	400	95.697	450	95.943	500	96.342
50	91.728	100	92.673	150	93.121	200	93.891	250	94.374	300	95.009	350	94.886	400	95.646	450	95.994	500	96.301
50	91.635	100	92.704	150	93.162	200	93.932	250	94.395	300	94.999	350	94.876	400	95.646	450	95.922	500	96.178
50	91.501	100	92.683	150	93.142	200	93.974	250	94.395	300	95.02	350	94.866	400	95.687	450	95.973	500	96.014
50	91.604	100	92.694	150	93.193	200	93.953	250	94.395	300	95.009	350	94.876	400	95.625	450	95.984	500	95.994
50	91.552	100	92.673	150	93.162	200	93.922	250	94.405	300	94.999	350	94.886	400	95.789	450	95.943	500	96.004
50	91.552	100	92.704	150	93.049	200	93.881	250	94.415	300	95.02	350	94.886	400	95.789	450	95.953	500	96.025
50	91.501	100	92.498	150	93.173	200	93.84	250	94.426	300	94.989	350	94.876	400	95.748	450	96.014	500	96.066
50	91.573	100	92.653	150	93.131	200	93.829	250	94.426	300	94.989	350	94.886	400	95.758	450	95.933	500	96.117
50	91.511	100	92.632	150	93.162	200	93.829	250	94.436	300	94.999	350	94.876	400	95.697	450	95.984	500	96.127
50	91.625	100	92.653	150	93.183	200	93.84	250	94.426	300	94.999	350	94.886	400	95.717	450	95.922	500	96.178
50	91.521	100	92.498	150	93.183	200	93.819	250	94.415	300	95.02	350	94.886	400	95.984	450	95.912	500	96.219
50	91.511	100	92.714	150	93.183	200	93.829	250	94.436	300	95.009	350	94.886	400	95.922	450	95.892	500	96.229

ตารางที่ ค 7 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	91.459	100	92.683	150	93.245	200	93.819	250	94.426	300	94.392	350	94.876	400	95.881	450	95.83	500	96.424
50	91.511	100	92.58	150	93.245	200	93.829	250	94.415	300	94.362	350	94.907	400	95.892	450	95.82	500	96.444
50	91.656	100	92.663	150	93.245	200	93.829	250	94.384	300	94.403	350	94.876	400	95.861	450	95.892	500	96.434
50	91.573	100	92.704	150	93.245	200	93.829	250	94.343	300	94.382	350	94.886	400	94.845	450	95.81	500	96.434
50	91.47	100	92.756	150	93.275	200	93.809	250	94.343	300	94.392	350	94.886	400	95.646	450	95.83	500	96.424
50	91.604	100	92.611	150	93.265	200	93.829	250	94.354	300	94.372	350	94.907	400	95.646	450	95.861	500	96.414
50	91.511	100	92.745	150	93.255	200	93.819	250	94.323	300	94.392	350	94.907	400	95.687	450	95.851	500	96.393
50	91.635	100	92.611	150	93.245	200	93.84	250	94.343	300	94.413	350	94.886	400	95.892	450	95.84	500	96.383
50	91.532	100	92.776	150	93.255	200	93.819	250	94.343	300	94.413	350	94.907	400	95.881	450	95.861	500	96.393
50	91.697	100	92.776	150	93.275	200	93.84	250	94.343	300	94.382	350	94.927	400	95.697	450	95.902	500	96.362
50	91.728	100	92.539	150	93.265	200	93.829	250	94.343	300	94.351	350	94.927	400	95.697	450	95.892	500	96.373
50	91.718	100	92.756	150	93.265	200	93.84	250	94.323	300	94.372	350	94.886	400	95.646	450	95.84	500	96.342
50	91.573	100	92.745	150	93.265	200	93.84	250	94.333	300	94.351	350	94.896	400	95.646	450	95.851	500	96.362
50	91.718	100	92.58	150	93.265	200	93.84	250	94.354	300	94.3	350	94.907	400	95.687	450	95.84	500	96.342
50	91.573	100	92.766	150	93.286	200	93.84	250	94.323	300	94.341	350	94.907	400	95.625	450	95.881	500	96.373
50	91.583	100	92.797	150	93.265	200	93.84	250	94.312	300	94.331	350	94.927	400	95.789	450	95.892	500	96.321
50	91.604	100	92.766	150	93.275	200	93.932	250	94.333	300	94.29	350	94.937	400	95.789	450	95.902	500	96.311
50	91.728	100	92.776	150	93.296	200	93.829	250	94.312	300	94.279	350	94.937	400	95.748	450	95.912	500	96.311
50	91.728	100	92.797	150	93.275	200	93.84	250	94.302	300	94.351	350	94.968	400	95.758	450	95.892	500	96.301
50	91.78	100	92.776	150	93.286	200	93.86	250	94.312	300	94.392	350	94.948	400	95.697	450	95.912	500	96.321

ตารางที่ ค 7 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	91.707	100	92.859	150	93.327	200	93.902	250	94.312	300	94.217	350	94.547	400	95.646	450	95.902	500	95.687
50	91.893	100	92.817	150	93.337	200	93.891	250	94.302	300	94.217	350	94.526	400	95.687	450	95.892	500	95.656
50	91.749	100	92.869	150	93.327	200	93.881	250	94.302	300	94.217	350	94.547	400	95.892	450	95.892	500	95.605
50	91.769	100	92.869	150	93.337	200	93.881	250	94.323	300	94.187	350	94.516	400	95.881	450	95.871	500	95.594
50	91.945	100	92.889	150	93.327	200	93.912	250	94.323	300	94.259	350	94.752	400	95.892	450	95.871	500	95.646
50	91.842	100	92.879	150	93.337	200	93.891	250	94.302	300	94.279	350	94.783	400	95.861	450	95.871	500	95.625
50	91.78	100	92.869	150	93.337	200	93.902	250	94.312	300	94.094	350	94.845	400	94.845	450	95.851	500	95.697
50	91.78	100	92.859	150	93.347	200	93.902	250	94.323	300	94.187	350	94.866	400	95.646	450	95.861	500	95.748
50	91.842	100	92.879	150	93.347	200	93.881	250	94.323	300	94.063	350	94.896	400	95.646	450	95.84	500	95.779
50	91.904	100	92.869	150	93.347	200	93.881	250	94.292	300	94.248	350	94.876	400	95.687	450	95.83	500	95.758
50	91.873	100	92.869	150	93.368	200	93.871	250	94.333	300	94.063	350	94.896	400	95.892	450	95.84	500	95.83
50	91.966	100	92.869	150	93.347	200	93.871	250	94.312	300	94.176	350	94.896	400	95.881	450	95.82	500	95.851
50	91.935	100	92.879	150	93.368	200	93.881	250	94.323	300	94.248	350	94.927	400	95.697	450	95.871	500	95.912
50	91.893	100	92.9	150	93.337	200	93.881	250	94.333	300	94.207	350	94.917	400	95.697	450	95.82	500	95.881
50	92.027	100	92.869	150	93.368	200	93.912	250	94.312	300	94.011	350	94.917	400	94.835	450	95.851	500	95.799
50	91.738	100	92.879	150	93.347	200	93.891	250	94.333	300	94.084	350	94.948	400	94.866	450	95.83	500	95.625
50	91.966	100	92.869	150	93.368	200	93.902	250	94.312	300	94.156	350	94.948	400	95.697	450	95.789	500	95.533
50	91.811	100	92.879	150	93.368	200	93.891	250	94.323	300	94.011	350	94.927	400	95.697	450	95.799	500	95.512
50	91.831	100	92.889	150	93.368	200	93.881	250	94.333	300	94.042	350	94.896	400	95.646	450	95.789	500	95.461
50	92.017	100	92.859	150	93.409	200	93.912	250	94.323	300	94.063	350	94.927	400	95.646	450	95.799	500	95.379

ตารางที่ ค 8 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	76.961	100	77.622	150	77.485	200	77.814	250	77.486	300	77.762	350	78.079	400	77.636	450	78.099	500	78.655
50	77.332	100	77.473	150	77.411	200	78.068	250	77.517	300	77.349	350	78.132	400	78.133	450	78.194	500	78.708
50	77.078	100	77.346	150	77.697	200	77.454	250	78.015	300	77.889	350	78.196	400	77.604	450	78.014	500	78.486
50	77.046	100	77.653	150	77.506	200	78.089	250	77.634	300	77.741	350	77.741	400	77.646	450	78.025	500	77.937
50	77.374	100	77.028	150	78.014	200	78.089	250	77.517	300	77.921	350	77.921	400	78.143	450	77.76	500	78.254
50	76.77	100	77.452	150	77.337	200	77.624	250	77.74	300	77.9	350	77.9	400	77.72	450	78.057	500	78.095
50	76.983	100	77.346	150	77.104	200	77.37	250	77.538	300	77.402	350	77.402	400	77.837	450	77.898	500	77.947
50	77.141	100	77.336	150	77.475	200	77.857	250	77.729	300	77.9	350	77.9	400	77.699	450	78.152	500	78.191
50	77.078	100	77.452	150	77.305	200	77.74	250	77.644	300	77.572	350	77.572	400	77.604	450	78.289	500	78.222
50	77.247	100	77.156	150	77.644	200	77.391	250	77.56	300	77.624	350	77.624	400	77.964	450	78.352	500	78.074
50	76.983	100	77.304	150	77.94	200	77.772	250	77.528	300	78.132	350	78.132	400	78.122	450	78.088	500	78.021
50	76.823	100	77.897	150	77.718	200	77.306	250	77.464	300	77.593	350	78.079	400	77.392	450	78.025	500	78.402
50	76.834	100	77.251	150	77.771	200	77.719	250	77.486	300	77.529	350	78.196	400	77.805	450	77.824	500	78.169
50	76.877	100	77.579	150	77.718	200	77.74	250	77.634	300	77.878	350	77.878	400	77.837	450	78.014	500	78.064
50	77.279	100	77.028	150	77.189	200	77.899	250	77.528	300	77.466	350	77.466	400	78.154	450	77.887	500	78.233
50	77.205	100	77.304	150	77.866	200	77.782	250	77.877	300	77.826	350	77.826	400	77.89	450	77.877	500	78.127
50	77.078	100	77.304	150	77.739	200	77.401	250	77.507	300	78.09	350	78.09	400	77.731	450	78.173	500	78.254
50	77.364	100	77.389	150	77.729	200	77.518	250	77.824	300	77.91	350	77.91	400	77.615	450	78.342	500	78.317
50	76.855	100	77.706	150	77.252	200	77.687	250	77.623	300	77.699	350	77.699	400	77.636	450	77.961	500	77.937
50	77.332	100	77.304	150	77.792	200	77.867	250	77.581	300	78.079	350	78.079	400	77.816	450	78.183	500	78.37

ตารางที่ ค 8 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	76.665	100	77.272	150	77.475	200	77.92	250	77.761	300	77.529	350	77.529	400	78.027	450	78.437	500	78.581
50	76.877	100	77.081	150	77.623	200	77.814	250	77.634	300	77.942	350	77.942	400	78.091	450	77.803	500	78.307
50	77.492	100	77.018	150	77.803	200	78.079	250	77.75	300	77.921	350	77.921	400	77.445	450	77.824	500	78.349
50	77.418	100	77.346	150	77.464	200	77.581	250	77.909	300	77.995	350	77.995	400	77.72	450	77.919	500	78.328
50	77.344	100	77.367	150	77.792	200	77.698	250	77.919	300	77.9	350	77.9	400	77.689	450	78.289	500	78.349
50	77.153	100	77.505	150	77.718	200	77.888	250	78.142	300	77.815	350	77.815	400	77.879	450	78.109	500	78.666
50	77.481	100	77.314	150	77.623	200	77.624	250	77.581	300	77.614	350	77.614	400	77.689	450	77.697	500	78.127
50	77.365	100	77.749	150	77.252	200	77.581	250	77.951	300	77.857	350	77.857	400	78.26	450	78.342	500	78.074
50	77.492	100	77.357	150	77.665	200	77.592	250	77.221	300	77.9	350	77.9	400	77.615	450	78.257	500	78.539
50	76.814	100	77.177	150	77.443	200	77.962	250	77.581	300	77.794	350	77.794	400	77.847	450	77.856	500	78.539
50	76.941	100	77.484	150	77.676	200	77.232	250	77.136	300	77.847	350	77.847	400	77.869	450	77.834	500	77.715
50	77.291	100	77.39	150	77.496	200	77.581	250	77.655	300	77.72	350	78.196	400	77.689	450	77.76	500	78.402
50	77.079	100	77.04	150	77.951	200	77.56	250	77.919	300	77.624	350	77.624	400	77.847	450	77.856	500	78.159
50	77.577	100	77.676	150	77.496	200	77.518	250	77.676	300	78.027	350	78.027	400	77.763	450	78.109	500	78.581
50	77.089	100	77.538	150	77.379	200	77.962	250	77.814	300	77.508	350	77.508	400	77.9	450	78.004	500	78.18
50	77.358	100	77.337	150	77.485	200	77.751	250	77.581	300	78.048	350	78.048	400	78.006	450	77.983	500	78.254
50	76.934	100	77.528	150	77.813	200	77.857	250	78.173	300	78.005	350	78.005	400	77.911	450	77.845	500	78.264
50	77.168	100	77.962	150	77.633	200	77.433	250	77.581	300	77.593	350	77.593	400	77.911	450	78.289	500	78.127
50	77.242	100	77.761	150	77.739	200	77.528	250	77.877	300	77.561	350	77.561	400	77.604	450	78.057	500	78.36
50	76.892	100	77.295	150	77.348	200	77.497	250	77.93	300	77.646	350	77.646	400	78.027	450	78.035	500	78.264

ตารางที่ ค 8 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	77.03	100	77.464	150	77.263	200	77.666	250	77.835	300	77.847	350	77.847	400	77.636	450	78.141	500	78.243
50	76.998	100	77.824	150	77.348	200	77.497	250	77.655	300	78.122	350	78.122	400	77.763	450	77.919	500	78.602
50	77.178	100	77.433	150	77.369	200	77.655	250	77.591	300	77.529	350	77.529	400	77.668	450	78.152	500	78.117
50	76.85	100	77.676	150	77.633	200	77.539	250	77.962	300	77.762	350	77.762	400	77.805	450	78.257	500	78.201
50	77.178	100	77.062	150	77.39	200	77.518	250	77.549	300	77.942	350	77.942	400	77.54	450	78.278	500	78.75
50	76.977	100	77.697	150	77.443	200	77.835	250	77.962	300	77.391	350	77.391	400	78.059	450	78.046	500	78.824
50	77.644	100	77.38	150	77.538	200	77.931	250	77.93	300	77.497	350	77.497	400	78.165	450	78.247	500	78.021
50	77.104	100	77.581	150	77.591	200	77.74	250	77.771	300	77.603	350	77.603	400	77.689	450	77.993	500	78.328
50	77.115	100	78.067	150	77.337	200	77.221	250	77.93	300	77.931	350	77.931	400	78.017	450	78.342	500	78.243
50	77.422	100	77.136	150	77.771	200	77.465	250	78.163	300	77.952	350	77.952	400	77.699	450	77.908	500	78.381
50	77.597	100	77.433	150	77.697	200	77.74	250	77.613	300	77.995	350	77.995	400	78.059	450	78.395	500	78.624
50	77.512	100	77.295	150	77.581	200	77.655	250	77.75	300	77.624	350	77.624	400	77.456	450	78.458	500	78.191
50	77.195	100	77.369	150	77.591	200	77.465	250	78.057	300	77.529	350	78.122	400	77.646	450	78.31	500	78.465
50	77.756	100	77.824	150	77.559	200	77.899	250	78.131	300	77.508	350	77.508	400	77.562	450	78.194	500	78.032
50	77.523	100	77.814	150	77.782	200	77.634	250	77.443	300	77.91	350	77.91	400	77.413	450	78.278	500	78.233
50	77.248	100	77.146	150	77.475	200	77.878	250	77.835	300	77.804	350	77.804	400	77.636	450	78.131	500	78.159
50	77.205	100	77.433	150	77.591	200	77.846	250	77.496	300	77.572	350	77.572	400	77.72	450	78.384	500	78.264
50	77.163	100	77.486	150	77.401	200	77.804	250	77.771	300	77.603	350	77.603	400	78.175	450	78.564	500	78.349
50	76.94	100	77.454	150	77.94	200	77.909	250	77.655	300	77.593	350	77.593	400	77.869	450	77.834	500	78.423
50	77.534	100	77.221	150	77.432	200	78.005	250	78.025	300	77.974	350	77.974	400	77.551	450	77.813	500	78.624

ตารางที่ ค 8 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	77.597	100	77.358	150	77.813	200	77.497	250	77.613	300	77.995	350	77.995	400	77.847	450	77.951	500	78.423
50	77.248	100	77.486	150	77.538	200	77.825	250	77.898	300	77.391	350	77.391	400	77.974	450	77.591	500	78.349
50	77.174	100	77.433	150	77.856	200	77.38	250	78.311	300	77.857	350	77.857	400	77.911	450	78.416	500	78.412
50	77.322	100	77.517	150	77.453	200	77.698	250	77.877	300	77.868	350	77.868	400	77.89	450	78.532	500	77.979
50	76.951	100	77.496	150	77.845	200	78.015	250	77.295	300	77.593	350	77.593	400	78.017	450	78.173	500	78.486
50	77.46	100	77.549	150	77.559	200	77.179	250	77.591	300	77.624	350	77.624	400	78.069	450	77.908	500	77.884
50	76.993	100	77.454	150	78.004	200	77.846	250	77.602	300	77.974	350	77.974	400	77.784	450	79.057	500	88.37
50	77.375	100	77.348	150	77.856	200	77.814	250	77.962	300	77.603	350	77.603	400	77.551	450	79.951	500	78.602
50	77.059	100	77.358	150	77.644	200	77.592	250	77.983	300	77.423	350	77.423	400	78.091	450	79.951	500	78.18
50	77.493	100	77.411	150	78.099	200	77.708	250	77.888	300	77.751	350	77.751	400	77.995	450	89.278	500	88.159
50	77.101	100	77.602	150	77.739	200	77.835	250	77.972	300	77.868	350	77.868	400	77.435	450	77.972	500	88.106
50	77.218	100	77.782	150	77.866	200	77.825	250	77.835	300	77.37	350	77.37	400	77.72	450	78.141	500	88.37
50	77.398	100	77.909	150	77.676	200	77.952	250	77.454	300	77.815	350	77.815	400	77.784	450	89.972	500	88.021
50	77.461	100	77.835	150	77.57	200	77.56	250	77.941	300	77.804	350	77.804	400	77.657	450	89.268	500	78.201
50	77.62	100	77.867	150	77.877	200	77.423	250	77.538	300	77.762	350	77.762	400	77.53	450	78.447	500	78.381
50	77.503	100	77.761	150	77.866	200	77.518	250	77.623	300	77.455	350	78.122	400	77.551	450	98.12	500	88.296
50	77.165	100	77.231	150	77.972	200	77.295	250	78.205	300	77.942	350	77.942	400	78.091	450	79.834	500	78.434
50	77.101	100	77.136	150	78.046	200	77.655	250	77.401	300	77.709	350	78.122	400	77.995	450	88.035	500	78.233
50	76.815	100	77.486	150	77.887	200	77.952	250	77.57	300	77.815	350	77.995	400	77.435	450	88.31	500	78.412
50	77.122	100	77.676	150	77.76	200	77.603	250	77.676	300	77.804	350	78.122	400	77.72	450	88.532	500	88.328

ตารางที่ ค 9 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	76.949	100	78.635	150	77.809	200	79.368	250	78.276	300	80.12	350	81.223	400	81.373	450	84.022	500	84.122
50	76.748	100	79.159	150	78.064	200	79.493	250	78.34	300	80.151	350	81.244	400	81.394	450	84.23	500	84.33
50	76.769	100	78.933	150	78.746	200	79.504	250	78.562	300	80.297	350	80.933	400	81.083	450	84.105	500	84.205
50	77.176	100	79.094	150	79.054	200	79.744	250	78.795	300	80.433	350	80.651	400	80.801	450	84.261	500	84.361
50	77.197	100	78.933	150	78.874	200	80.026	250	78.996	300	80.535	350	80.62	400	80.77	450	84.271	500	84.371
50	77.283	100	79.169	150	79.203	200	80.057	250	78.742	300	80.587	350	81.035	400	81.185	450	82.899	500	82.999
50	77.574	100	78.783	150	79.139	200	80.12	250	79.028	300	80.723	350	80.797	400	80.947	450	84.105	500	84.205
50	77.283	100	78.761	150	79.841	200	80.12	250	78.964	300	80.744	350	81.37	400	81.52	450	84.396	500	84.496
50	76.726	100	78.998	150	79.691	200	80.12	250	79.038	300	80.804	350	81.087	400	81.237	450	84.043	500	84.143
50	77.251	100	79.137	150	79.777	200	80.151	250	79.176	300	80.87	350	81.568	400	81.718	450	84.24	500	84.34
50	77.068	100	79.33	150	79.532	200	80.151	250	79.186	300	81.037	350	82.121	400	82.271	450	84.469	500	84.569
50	77.057	100	78.751	150	79.076	200	80.162	250	79.366	300	81.068	350	81.788	400	81.938	450	84.406	500	84.506
50	76.928	100	79.234	150	78.842	200	80.162	250	79.661	300	81.214	350	81.892	400	82.042	450	84.386	500	84.486
50	77.133	100	79.394	150	78.608	200	80.172	250	79.514	300	81.225	350	82.236	400	82.386	450	83.845	500	83.945
50	77.542	100	79.352	150	78.98	200	80.193	250	78.985	300	81.256	350	81.714	400	81.864	450	84.469	500	84.569
50	77.886	100	79.941	150	79.054	200	80.235	250	79.144	300	81.256	350	81.892	400	82.042	450	84.251	500	84.351
50	77.811	100	79.876	150	78.98	200	80.235	250	78.7	300	81.277	350	81.756	400	81.906	450	84.105	500	84.205
50	77.564	100	80.165	150	78.192	200	80.256	250	78.477	300	81.288	350	81.996	400	82.146	450	83.97	500	84.07
50	77.714	100	79.908	150	78.682	200	80.256	250	78.911	300	81.347	350	81.996	400	82.146	450	83.679	500	83.779
50	77.208	100	79.684	150	78.576	200	80.266	250	79.186	300	81.392	350	81.944	400	82.094	450	83.908	500	84.008

ตารางที่ ค 9 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	77.542	100	79.971	150	78.714	200	80.454	250	80.441	300	81.848	350	83.511	400	83.661	450	84.635	500	84.735
50	77.23	100	79.821	150	78.82	200	80.454	250	81.035	300	81.89	350	83.189	400	83.339	450	84.251	500	84.351
50	77.499	100	79.693	150	79.129	200	80.535	250	81.341	300	81.908	350	83.261	400	83.411	450	83.887	500	83.987
50	77.37	100	80.206	150	79.118	200	80.535	250	81.246	300	81.911	350	83.5	400	83.65	450	84.116	500	84.216
50	77.8	100	79.704	150	79.49	200	80.535	250	81.088	300	81.932	350	83.667	400	83.817	450	84.24	500	84.34
50	77.617	100	79.853	150	79.532	200	80.535	250	81.173	300	81.942	350	83.438	400	83.588	450	83.668	500	83.768
50	77.994	100	79.393	150	79.49	200	80.535	250	80.983	300	81.963	350	83.189	400	83.339	450	83.366	500	83.466
50	78.187	100	78.943	150	80.033	200	80.587	250	81.257	300	81.981	350	83.126	400	83.276	450	82.972	500	83.072
50	77.897	100	79.221	150	80.224	200	80.587	250	81.32	300	81.997	350	83.5	400	83.65	450	82.826	500	82.926
50	77.908	100	79.232	150	80.193	200	80.692	250	81.405	300	82.012	350	83.334	400	83.484	450	82.754	500	82.854
50	77.693	100	79.168	150	80.426	200	80.692	250	81.605	300	82.077	350	83.843	400	83.993	450	82.348	500	82.448
50	77.585	100	79.564	150	80.373	200	80.723	250	81.415	300	82.088	350	83.677	400	83.827	450	81.911	500	82.011
50	77.768	100	79.307	150	80.522	200	80.723	250	81.794	300	82.109	350	84.155	400	84.305	450	80.804	500	80.904
50	77.671	100	79.522	150	80.288	200	80.744	250	81.952	300	82.158	350	84.207	400	84.357	450	81.848	500	81.948
50	77.693	100	79.275	150	80.256	200	80.744	250	81.763	300	82.161	350	84.436	400	84.586	450	82.088	500	82.188
50	77.746	100	79.404	150	79.809	200	80.786	250	82.205	300	82.184	350	84.072	400	84.222	450	81.932	500	82.032
50	77.897	100	78.943	150	79.873	200	80.817	250	81.721	300	82.265	350	84.519	400	84.669	450	82.109	500	82.209
50	77.8	100	79.028	150	79.511	200	80.817	250	81.584	300	82.348	350	84.291	400	84.441	450	82.077	500	82.177
50	77.8	100	79.168	150	79.49	200	80.859	250	81.468	300	82.361	350	84.467	400	84.617	450	81.942	500	82.042
50	78.026	100	79.071	150	79.479	200	80.859	250	81.815	300	82.442	350	84.522	400	84.672	450	81.796	500	81.896

ตารางที่ ค 9 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	78.627	100	79.618	150	81.657	200	81.214	250	81.837	300	82.972	350	84.751	400	84.901	450	82.67	500	82.77
50	78.96	100	79.425	150	81.784	200	81.225	250	82.1	300	83	350	84.605	400	84.755	450	83.179	500	83.279
50	78.896	100	79.028	150	81.837	200	81.256	250	82.426	300	83	350	84.47	400	84.62	450	83.554	500	83.654
50	79.014	100	78.846	150	81.858	200	81.256	250	82.867	300	83.011	350	84.179	400	84.329	450	83.939	500	84.039
50	78.552	100	78.964	150	81.975	200	81.256	250	82.499	300	83.167	350	84.408	400	84.558	450	83.804	500	83.904
50	78.874	100	79.061	150	82.059	200	81.256	250	81.984	300	83.177	350	84.616	400	84.766	450	83.606	500	83.706
50	79.185	100	78.814	150	82.08	200	81.277	250	82.478	300	83.179	350	84.834	400	84.984	450	83.835	500	83.935
50	78.842	100	78.76	150	82.133	200	81.288	250	82.415	300	83.343	350	85.104	400	85.254	450	84.084	500	84.184
50	78.939	100	78.932	150	82.144	200	81.288	250	82.289	300	83.366	350	85.104	400	85.254	450	84.261	500	84.361
50	78.874	100	78.846	150	82.239	200	81.392	250	82.215	300	83.554	350	84.501	400	84.651	450	84.355	500	84.455
50	79.11	100	78.717	150	82.218	200	81.392	250	83.663	300	83.572	350	84.356	400	84.506	450	85.557	500	85.657
50	78.767	100	78.846	150	82.376	200	81.392	250	84.131	300	83.655	350	84.906	400	85.056	450	85.215	500	85.315
50	78.724	100	78.696	150	82.176	200	81.392	250	84.834	300	83.668	350	84.99	400	85.14	450	85.05	500	85.15
50	78.499	100	78.622	150	82.239	200	81.392	250	84.771	300	83.679	350	85.156	400	85.306	450	84.925	500	85.025
50	78.585	100	79.071	150	81.932	200	81.444	250	84.446	300	83.707	350	85.083	400	85.233	450	84.728	500	84.828
50	78.488	100	78.59	150	81.742	200	81.444	250	84.488	300	83.791	350	85.083	400	85.233	450	85.247	500	85.347
50	78.209	100	78.612	150	82.186	200	81.455	250	84.068	300	83.845	350	85.249	400	85.399	450	85.247	500	85.347
50	78.241	100	78.781	150	82.429	200	81.496	250	83.38	300	83.856	350	85.124	400	85.274	450	85.309	500	85.409
50	77.671	100	78.622	150	82.514	200	81.496	250	83.837	300	83.887	350	85.176	400	85.326	450	85.412	500	85.512
50	77.779	100	78.878	150	82.524	200	81.496	250	84.152	300	83.908	350	85.135	400	85.285	450	85.371	500	85.471

ตารางที่ ค 9 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 42 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	78.456	100	79.2	150	82.93	200	82.361	250	86.256	300	84.24	350	82.432	400	82.582	450	87.412	500	87.512
50	79.346	100	79.307	150	82.577	200	82.543	250	86.329	300	84.251	350	82.609	400	82.759	450	87.463	500	87.563
50	79.324	100	80.035	150	82.887	200	82.626	250	86.443	300	84.251	350	82.577	400	82.727	450	87.763	500	87.863
50	79.517	100	80.1	150	82.877	200	82.689	250	86.12	300	84.261	350	82.442	400	82.592	450	87.969	500	88.069
50	79.442	100	79.96	150	82.792	200	82.689	250	85.504	300	84.271	350	82.296	400	82.446	450	88.01	500	88.11
50	79.024	100	80.164	150	82.898	200	82.761	250	85.493	300	84.334	350	82.067	400	82.217	450	88.67	500	88.77
50	79.708	100	80.41	150	83.078	200	82.834	250	85.744	300	84.386	350	81.941	400	82.091	450	88.886	500	88.986
50	79.388	100	80.847	150	83.194	200	82.938	250	85.368	300	84.396	350	82.39	400	82.54	450	89.127	500	89.227
50	79.592	100	80.655	150	82.887	200	83	250	86.172	300	84.406	350	82.087	400	82.237	450	88.783	500	88.883
50	79.826	100	80.484	150	82.665	200	83	250	86.37	300	84.406	350	81.847	400	81.997	450	88.917	500	89.017
50	80.051	100	80.965	150	82.612	200	83.011	250	86.193	300	84.469	350	82.233	400	82.383	450	88.834	500	88.934
50	80.019	100	80.73	150	82.739	200	83.167	250	86.535	300	84.469	350	82.067	400	82.217	450	89.096	500	89.196
50	79.667	100	80.741	150	83.014	200	83.177	250	86.026	300	84.49	350	82.463	400	82.613	450	88.67	500	88.77
50	79.667	100	80.591	150	83.057	200	83.343	250	86.276	300	84.583	350	82.661	400	82.811	450	88.803	500	88.903
50	79.57	100	80.815	150	83.31	200	83.572	250	86.256	300	84.583	350	82.765	400	82.915	450	88.628	500	88.728
50	79.399	100	80.58	150	82.982	200	83.655	250	86.162	300	84.604	350	83.254	400	83.404	450	88.972	500	89.072
50	80.094	100	80.538	150	83.098	200	83.707	250	86.786	300	84.604	350	83.181	400	83.331	450	89.003	500	89.103
50	79.718	100	80.025	150	83.077	200	83.791	250	86.911	300	84.624	350	82.942	400	83.092	450	89.034	500	89.134
50	79.772	100	79.993	150	83.13	200	83.936	250	87.152	300	84.635	350	82.973	400	83.123	450	89.024	500	89.124
50	79.667	100	80.837	150	83.32	200	83.967	250	87.214	300	84.656	350	83.17	400	83.32	450	89.034	500	89.134

ตารางที่ ค 10 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	79.449	100	81.535	150	81.009	200	82.768	250	81.976	300	84.42	350	85.723	400	86.094	450	88.022	500	88.622
50	79.248	100	82.059	150	81.264	200	82.893	250	82.04	300	84.451	350	85.744	400	85.783	450	88.23	500	88.83
50	79.269	100	81.833	150	81.946	200	82.904	250	82.262	300	84.597	350	85.433	400	85.501	450	88.105	500	88.705
50	79.676	100	81.994	150	82.254	200	83.144	250	82.495	300	84.733	350	85.151	400	85.47	450	88.261	500	88.861
50	79.697	100	81.833	150	82.074	200	83.426	250	82.696	300	84.835	350	85.12	400	85.885	450	88.271	500	88.871
50	79.783	100	82.069	150	82.403	200	83.457	250	82.442	300	84.887	350	85.535	400	85.647	450	86.899	500	87.499
50	80.074	100	81.683	150	82.339	200	83.52	250	82.728	300	85.023	350	85.297	400	86.22	450	88.105	500	88.705
50	79.783	100	81.661	150	83.041	200	83.52	250	82.664	300	85.044	350	85.87	400	85.937	450	88.396	500	88.996
50	79.226	100	81.898	150	82.891	200	83.52	250	82.738	300	85.104	350	85.587	400	86.418	450	88.043	500	88.643
50	79.751	100	82.037	150	82.977	200	83.551	250	82.876	300	85.17	350	86.068	400	86.971	450	88.24	500	88.84
50	79.568	100	82.23	150	82.732	200	83.551	250	82.886	300	85.337	350	86.621	400	86.638	450	88.469	500	89.069
50	79.557	100	81.651	150	82.276	200	83.562	250	83.066	300	85.368	350	86.288	400	86.742	450	88.406	500	89.006
50	79.428	100	82.134	150	82.042	200	83.562	250	83.361	300	85.514	350	86.392	400	87.086	450	88.386	500	88.986
50	79.633	100	82.294	150	81.808	200	83.572	250	83.214	300	85.525	350	86.736	400	86.564	450	87.845	500	88.445
50	80.042	100	82.252	150	82.18	200	83.593	250	82.685	300	85.556	350	86.214	400	86.742	450	88.469	500	89.069
50	80.386	100	82.841	150	82.254	200	83.635	250	82.844	300	85.556	350	86.392	400	86.606	450	88.251	500	88.851
50	80.311	100	82.776	150	82.18	200	83.635	250	82.4	300	85.577	350	86.256	400	86.846	450	88.105	500	88.705
50	80.064	100	83.065	150	81.392	200	83.656	250	82.177	300	85.588	350	86.496	400	86.846	450	87.97	500	88.57
50	80.214	100	82.808	150	81.882	200	83.656	250	82.611	300	85.647	350	86.496	400	86.794	450	87.679	500	88.279
50	79.708	100	82.584	150	81.776	200	83.666	250	82.886	300	85.692	350	86.444	400	86.606	450	87.908	500	88.508

ตารางที่ ค 10 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	79.73	100	82.721	150	82.02	200	83.854	250	84.735	300	86.19	350	87.689	400	88.111	450	88.251	500	88.851
50	79.999	100	82.593	150	82.329	200	83.935	250	85.041	300	86.208	350	87.761	400	88.35	450	87.887	500	88.487
50	79.87	100	83.106	150	82.318	200	83.935	250	84.946	300	86.211	350	88	400	88.517	450	88.116	500	88.716
50	80.3	100	82.604	150	82.69	200	83.935	250	84.788	300	86.232	350	88.167	400	88.288	450	88.24	500	88.84
50	80.117	100	82.753	150	82.732	200	83.935	250	84.873	300	86.242	350	87.938	400	88.039	450	87.668	500	88.268
50	80.494	100	82.293	150	82.69	200	83.935	250	84.683	300	86.263	350	87.689	400	87.976	450	87.366	500	87.966
50	80.687	100	81.843	150	83.233	200	83.987	250	84.957	300	86.281	350	87.626	400	88.35	450	86.972	500	87.572
50	80.397	100	82.121	150	83.424	200	83.987	250	85.02	300	86.297	350	88	400	88.184	450	86.826	500	87.426
50	80.408	100	82.132	150	83.393	200	84.092	250	85.105	300	86.312	350	87.834	400	88.693	450	86.754	500	87.354
50	80.193	100	82.068	150	83.626	200	84.092	250	85.305	300	86.377	350	88.343	400	88.527	450	86.348	500	86.948
50	80.085	100	82.464	150	83.573	200	84.123	250	85.115	300	86.388	350	88.177	400	89.005	450	85.911	500	86.511
50	80.268	100	82.207	150	83.722	200	84.123	250	85.494	300	86.409	350	88.655	400	89.057	450	84.804	500	85.404
50	80.171	100	82.422	150	83.488	200	84.144	250	85.652	300	86.458	350	88.707	400	89.286	450	85.848	500	86.448
50	80.193	100	82.175	150	83.456	200	84.144	250	85.463	300	86.461	350	88.936	400	88.922	450	86.088	500	86.688
50	80.246	100	82.304	150	83.009	200	84.186	250	85.905	300	86.484	350	88.572	400	89.369	450	85.932	500	86.532
50	80.397	100	81.843	150	83.073	200	84.217	250	85.421	300	86.565	350	89.019	400	89.141	450	86.109	500	86.709
50	80.3	100	81.928	150	82.711	200	84.217	250	85.284	300	86.648	350	88.791	400	89.317	450	86.077	500	86.677
50	80.3	100	82.068	150	82.69	200	84.259	250	85.168	300	86.661	350	88.967	400	89.372	450	85.942	500	86.542
50	80.526	100	81.971	150	82.679	200	84.259	250	85.515	300	86.742	350	89.022	400	89.58	450	85.796	500	86.396

ตารางที่ ค 10 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	81.396	100	81.928	150	85.037	200	84.656	250	86.126	300	87.3	350	88.97	400	89.029	450	87.554	500	88.154
50	81.514	100	81.746	150	85.058	200	84.656	250	86.567	300	87.311	350	88.679	400	89.258	450	87.939	500	88.539
50	81.052	100	81.864	150	85.175	200	84.656	250	86.199	300	87.467	350	88.908	400	89.466	450	87.804	500	88.404
50	81.374	100	81.961	150	85.259	200	84.656	250	85.684	300	87.477	350	89.116	400	89.684	450	87.606	500	88.206
50	81.685	100	81.714	150	85.28	200	84.677	250	86.178	300	87.479	350	89.334	400	89.954	450	87.835	500	88.435
50	81.342	100	81.66	150	85.333	200	84.688	250	86.115	300	87.643	350	89.604	400	89.954	450	88.084	500	88.684
50	81.439	100	81.832	150	85.344	200	84.688	250	85.989	300	87.666	350	89.604	400	89.351	450	88.261	500	88.861
50	81.374	100	81.746	150	85.439	200	84.792	250	85.915	300	87.854	350	89.001	400	89.206	450	88.355	500	88.955
50	81.61	100	81.617	150	85.418	200	84.792	250	87.363	300	87.872	350	88.856	400	89.756	450	89.557	500	90.157
50	81.267	100	81.746	150	85.576	200	84.792	250	87.831	300	87.955	350	89.406	400	89.84	450	89.215	500	89.815
50	81.224	100	81.596	150	85.376	200	84.792	250	88.534	300	87.968	350	89.49	400	90.006	450	89.05	500	89.65
50	80.999	100	81.522	150	85.439	200	84.792	250	88.471	300	87.979	350	89.656	400	89.933	450	88.925	500	89.525
50	81.085	100	81.971	150	85.132	200	84.844	250	88.146	300	88.007	350	89.583	400	89.933	450	88.728	500	89.328
50	80.988	100	81.49	150	84.942	200	84.844	250	88.188	300	88.091	350	89.583	400	90.099	450	89.247	500	89.847
50	80.709	100	81.512	150	85.386	200	84.855	250	87.768	300	88.145	350	89.749	400	89.974	450	89.247	500	89.847
50	80.741	100	81.681	150	85.629	200	84.896	250	87.08	300	88.156	350	89.624	400	90.026	450	89.309	500	89.909
50	80.171	100	81.522	150	85.714	200	84.896	250	87.537	300	88.187	350	89.676	400	89.985	450	89.412	500	90.012
50	80.279	100	81.778	150	85.724	200	84.896	250	87.852	300	88.208	350	89.635	400	89.601	450	89.371	500	89.971
50	80.505	100	81.939	150	85.854	200	84.896	250	88.293	300	88.236	350	89.251	400	89.237	450	90.074	500	90.674
50	81.149	100	81.928	150	86.013	200	84.896	250	88.073	300	88.267	350	88.887	400	89.466	450	90.48	500	91.08

ตารางที่ ค 10 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 44 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.017	100	83	150	86.077	200	86.089	250	89.82	300	88.561	350	86.942	400	87.146	450	91.969	500	92.569
50	81.942	100	82.86	150	85.992	200	86.089	250	89.204	300	88.571	350	86.796	400	86.917	450	92.01	500	92.61
50	81.524	100	83.064	150	86.098	200	86.161	250	89.193	300	88.634	350	86.567	400	86.791	450	92.67	500	93.27
50	82.208	100	83.31	150	86.278	200	86.234	250	89.444	300	88.686	350	86.441	400	87.24	450	92.886	500	93.486
50	81.888	100	83.747	150	86.394	200	86.338	250	89.068	300	88.696	350	86.89	400	86.937	450	93.127	500	93.727
50	82.092	100	83.555	150	86.087	200	86.4	250	89.872	300	88.706	350	86.587	400	86.697	450	92.783	500	93.383
50	82.326	100	83.384	150	85.865	200	86.4	250	90.07	300	88.706	350	86.347	400	87.083	450	92.917	500	93.517
50	82.551	100	83.865	150	85.812	200	86.411	250	89.893	300	88.769	350	86.733	400	86.917	450	92.834	500	93.434
50	82.519	100	83.63	150	85.939	200	86.567	250	90.235	300	88.769	350	86.567	400	87.313	450	93.096	500	93.696
50	82.167	100	83.641	150	86.214	200	86.577	250	89.726	300	88.79	350	86.963	400	87.511	450	92.67	500	93.27
50	82.167	100	83.491	150	86.257	200	86.743	250	89.976	300	88.883	350	87.161	400	87.615	450	92.803	500	93.403
50	82.07	100	83.715	150	86.51	200	86.972	250	89.956	300	88.883	350	87.265	400	88.104	450	92.628	500	93.228
50	81.899	100	83.48	150	86.182	200	87.055	250	89.862	300	88.904	350	87.754	400	88.031	450	92.972	500	93.572
50	82.594	100	83.438	150	86.298	200	87.107	250	90.486	300	88.904	350	87.681	400	87.792	450	93.003	500	93.603
50	82.218	100	82.925	150	86.277	200	87.191	250	90.611	300	88.924	350	87.442	400	87.823	450	93.034	500	93.634
50	82.272	100	82.893	150	86.33	200	87.336	250	90.852	300	88.935	350	87.473	400	88.02	450	93.024	500	93.624
50	82.167	100	83.737	150	86.52	200	87.367	250	90.914	300	88.956	350	87.67	400	88.529	450	93.034	500	93.634

ตารางที่ ค 11 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	81.449	100	84.135	150	83.809	200	85.768	250	85.226	300	87.42	350	89.023	400	89.994	450	92.222	500	93.122
50	81.248	100	84.659	150	84.064	200	85.893	250	85.29	300	87.451	350	89.044	400	89.683	450	92.43	500	93.33
50	81.269	100	84.433	150	84.746	200	85.904	250	85.512	300	87.597	350	88.733	400	89.401	450	92.305	500	93.205
50	81.676	100	84.594	150	85.054	200	86.144	250	85.745	300	87.733	350	88.451	400	89.37	450	92.461	500	93.361
50	81.697	100	84.433	150	84.874	200	86.426	250	85.946	300	87.835	350	88.42	400	89.785	450	92.471	500	93.371
50	81.783	100	84.669	150	85.203	200	86.457	250	85.692	300	87.887	350	88.835	400	89.547	450	91.099	500	91.999
50	82.074	100	84.283	150	85.139	200	86.52	250	85.978	300	88.023	350	88.597	400	90.12	450	92.305	500	93.205
50	81.783	100	84.261	150	85.841	200	86.52	250	85.914	300	88.044	350	89.17	400	89.837	450	92.596	500	93.496
50	81.226	100	84.498	150	85.691	200	86.52	250	85.988	300	88.104	350	88.887	400	90.318	450	92.243	500	93.143
50	81.751	100	84.637	150	85.777	200	86.551	250	86.126	300	88.17	350	89.368	400	90.871	450	92.44	500	93.34
50	81.568	100	84.83	150	85.532	200	86.551	250	86.136	300	88.337	350	89.921	400	90.538	450	92.669	500	93.569
50	81.557	100	84.251	150	85.076	200	86.562	250	86.316	300	88.368	350	89.588	400	90.642	450	92.606	500	93.506
50	81.428	100	84.734	150	84.842	200	86.562	250	86.611	300	88.514	350	89.692	400	90.986	450	92.586	500	93.486
50	81.633	100	84.894	150	84.608	200	86.572	250	86.464	300	88.525	350	90.036	400	90.464	450	92.045	500	92.945
50	82.042	100	84.852	150	84.98	200	86.593	250	85.935	300	88.556	350	89.514	400	90.642	450	92.669	500	93.569
50	82.386	100	85.441	150	85.054	200	86.635	250	86.094	300	88.556	350	89.692	400	90.506	450	92.451	500	93.351
50	82.311	100	85.376	150	84.98	200	86.635	250	85.65	300	88.577	350	89.556	400	90.746	450	92.305	500	93.205
50	82.064	100	85.665	150	84.192	200	86.656	250	85.427	300	88.588	350	89.796	400	90.746	450	92.17	500	93.07
50	82.214	100	85.408	150	84.682	200	86.656	250	85.861	300	88.647	350	89.796	400	90.694	450	91.879	500	92.779
50	81.708	100	85.184	150	84.576	200	86.666	250	86.136	300	88.692	350	89.744	400	90.506	450	92.108	500	93.008

ตารางที่ ค 11 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.042	100	85.471	150	84.714	200	86.854	250	87.391	300	89.148	350	91.311	400	91.939	450	92.835	500	93.735
50	81.73	100	85.321	150	84.82	200	86.854	250	87.985	300	89.19	350	90.989	400	92.011	450	92.451	500	93.351
50	81.999	100	85.193	150	85.129	200	86.935	250	88.291	300	89.208	350	91.061	400	92.25	450	92.087	500	92.987
50	81.87	100	85.706	150	85.118	200	86.935	250	88.196	300	89.211	350	91.3	400	92.417	450	92.316	500	93.216
50	82.3	100	85.204	150	85.49	200	86.935	250	88.038	300	89.232	350	91.467	400	92.188	450	92.44	500	93.34
50	82.117	100	85.353	150	85.532	200	86.935	250	88.123	300	89.242	350	91.238	400	91.939	450	91.868	500	92.768
50	82.494	100	84.893	150	85.49	200	86.935	250	87.933	300	89.263	350	90.989	400	91.876	450	91.566	500	92.466
50	82.687	100	84.443	150	86.033	200	86.987	250	88.207	300	89.281	350	90.926	400	92.25	450	91.172	500	92.072
50	82.397	100	84.721	150	86.224	200	86.987	250	88.27	300	89.297	350	91.3	400	92.084	450	91.026	500	91.926
50	82.408	100	84.732	150	86.193	200	87.092	250	88.355	300	89.312	350	91.134	400	92.593	450	90.954	500	91.854
50	82.193	100	84.668	150	86.426	200	87.092	250	88.555	300	89.377	350	91.643	400	92.427	450	90.548	500	91.448
50	82.085	100	85.064	150	86.373	200	87.123	250	88.365	300	89.388	350	91.477	400	92.905	450	90.111	500	91.011
50	82.268	100	84.807	150	86.522	200	87.123	250	88.744	300	89.409	350	91.955	400	92.957	450	89.004	500	89.904
50	82.171	100	85.022	150	86.288	200	87.144	250	88.902	300	89.458	350	92.007	400	93.186	450	90.048	500	90.948
50	82.193	100	84.775	150	86.256	200	87.144	250	88.713	300	89.461	350	92.236	400	92.822	450	90.288	500	91.188
50	82.246	100	84.904	150	85.809	200	87.186	250	89.155	300	89.484	350	91.872	400	93.269	450	90.132	500	91.032
50	82.397	100	84.443	150	85.873	200	87.217	250	88.671	300	89.565	350	92.319	400	93.041	450	90.309	500	91.209
50	82.3	100	84.528	150	85.511	200	87.217	250	88.534	300	89.648	350	92.091	400	93.217	450	90.277	500	91.177
50	82.3	100	84.668	150	85.49	200	87.259	250	88.418	300	89.661	350	92.267	400	93.272	450	90.142	500	91.042
50	82.526	100	84.571	150	85.479	200	87.259	250	88.765	300	89.742	350	92.322	400	93.48	450	89.996	500	90.896

ตารางที่ ค 11 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	83.127	100	85.118	150	87.657	200	87.614	250	88.787	300	90.272	350	92.551	400	93.355	450	90.87	500	91.77
50	83.46	100	84.925	150	87.784	200	87.625	250	89.05	300	90.3	350	92.405	400	93.22	450	91.379	500	92.279
50	83.396	100	84.528	150	87.837	200	87.656	250	89.376	300	90.3	350	92.27	400	92.929	450	91.754	500	92.654
50	83.514	100	84.346	150	87.858	200	87.656	250	89.817	300	90.311	350	91.979	400	93.158	450	92.139	500	93.039
50	83.052	100	84.464	150	87.975	200	87.656	250	89.449	300	90.467	350	92.208	400	93.366	450	92.004	500	92.904
50	83.374	100	84.561	150	88.059	200	87.656	250	88.934	300	90.477	350	92.416	400	93.584	450	91.806	500	92.706
50	83.685	100	84.314	150	88.08	200	87.677	250	89.428	300	90.479	350	92.634	400	93.854	450	92.035	500	92.935
50	83.342	100	84.26	150	88.133	200	87.688	250	89.365	300	90.643	350	92.904	400	93.854	450	92.284	500	93.184
50	83.439	100	84.432	150	88.144	200	87.688	250	89.239	300	90.666	350	92.904	400	93.251	450	92.461	500	93.361
50	83.374	100	84.346	150	88.239	200	87.792	250	89.165	300	90.854	350	92.301	400	93.106	450	92.555	500	93.455
50	83.61	100	84.217	150	88.218	200	87.792	250	90.613	300	90.872	350	92.156	400	93.656	450	93.757	500	94.657
50	83.267	100	84.346	150	88.376	200	87.792	250	91.081	300	90.955	350	92.706	400	93.74	450	93.415	500	94.315
50	83.224	100	84.196	150	88.176	200	87.792	250	91.784	300	90.968	350	92.79	400	93.906	450	93.25	500	94.15
50	82.999	100	84.122	150	88.239	200	87.792	250	91.721	300	90.979	350	92.956	400	93.833	450	93.125	500	94.025
50	83.085	100	84.571	150	87.932	200	87.844	250	91.396	300	91.007	350	92.883	400	93.833	450	92.928	500	93.828
50	82.988	100	84.09	150	87.742	200	87.844	250	91.438	300	91.091	350	92.883	400	93.999	450	93.447	500	94.347
50	82.709	100	84.112	150	88.186	200	87.855	250	91.018	300	91.145	350	93.049	400	93.874	450	93.447	500	94.347
50	82.741	100	84.281	150	88.429	200	87.896	250	90.33	300	91.156	350	92.924	400	93.926	450	93.509	500	94.409
50	82.171	100	84.122	150	88.514	200	87.896	250	90.787	300	91.187	350	92.976	400	93.885	450	93.612	500	94.512
50	82.279	100	84.378	150	88.524	200	87.896	250	91.102	300	91.208	350	92.935	400	93.501	450	93.571	500	94.471

ตารางที่ ค 11 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 46 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	82.956	100	84.7	150	88.93	200	88.761	250	93.206	300	91.54	350	90.232	400	91.359	450	95.612	500	96.512
50	83.846	100	84.807	150	88.577	200	88.943	250	93.279	300	91.551	350	90.409	400	91.327	450	95.663	500	96.563
50	83.824	100	85.535	150	88.887	200	89.026	250	93.393	300	91.551	350	90.377	400	91.192	450	95.963	500	96.863
50	84.017	100	85.6	150	88.877	200	89.089	250	93.07	300	91.561	350	90.242	400	91.046	450	96.169	500	97.069
50	83.942	100	85.46	150	88.792	200	89.089	250	92.454	300	91.571	350	90.096	400	90.817	450	96.21	500	97.11
50	83.524	100	85.664	150	88.898	200	89.161	250	92.443	300	91.634	350	89.867	400	90.691	450	96.87	500	97.77
50	84.208	100	85.91	150	89.078	200	89.234	250	92.694	300	91.686	350	89.741	400	91.14	450	97.086	500	97.986
50	83.888	100	86.347	150	89.194	200	89.338	250	92.318	300	91.696	350	90.19	400	90.837	450	97.327	500	98.227
50	84.092	100	86.155	150	88.887	200	89.4	250	93.122	300	91.706	350	89.887	400	90.597	450	96.983	500	97.883
50	84.326	100	85.984	150	88.665	200	89.4	250	93.32	300	91.706	350	89.647	400	90.983	450	97.117	500	98.017
50	84.551	100	86.465	150	88.612	200	89.411	250	93.143	300	91.769	350	90.033	400	90.817	450	97.034	500	97.934
50	84.519	100	86.23	150	88.739	200	89.567	250	93.485	300	91.769	350	89.867	400	91.213	450	97.296	500	98.196
50	84.167	100	86.241	150	89.014	200	89.577	250	92.976	300	91.79	350	90.263	400	91.411	450	96.87	500	97.77
50	84.167	100	86.091	150	89.057	200	89.743	250	93.226	300	91.883	350	90.461	400	91.515	450	97.003	500	97.903
50	84.07	100	86.315	150	89.31	200	89.972	250	93.206	300	91.883	350	90.565	400	92.004	450	96.828	500	97.728
50	83.899	100	86.08	150	88.982	200	90.055	250	93.112	300	91.904	350	91.054	400	91.931	450	97.172	500	98.072
50	84.594	100	86.038	150	89.098	200	90.107	250	93.736	300	91.904	350	90.981	400	91.692	450	97.203	500	98.103
50	84.218	100	85.525	150	89.077	200	90.191	250	93.861	300	91.924	350	90.742	400	91.723	450	97.234	500	98.134
50	84.272	100	85.493	150	89.13	200	90.336	250	94.102	300	91.935	350	90.773	400	91.92	450	97.224	500	98.124
50	84.167	100	86.337	150	89.32	200	90.367	250	94.164	300	91.956	350	90.97	400	92.429	450	97.234	500	98.134

ตารางที่ ค 12 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	84.449	100	86.635	150	85.869	200	88.393	250	87.226	300	90.22	350	91.823	400	92.594	450	94.222	500	92.622
50	84.248	100	87.159	150	86.124	200	88.404	250	87.29	300	90.251	350	91.844	400	92.283	450	94.43	500	95.33
50	84.269	100	86.933	150	86.806	200	88.644	250	87.512	300	90.397	350	91.533	400	92.001	450	94.305	500	95.205
50	84.676	100	87.094	150	87.114	200	88.926	250	87.745	300	90.533	350	91.251	400	91.97	450	94.461	500	95.361
50	84.697	100	86.933	150	86.934	200	88.957	250	87.946	300	90.635	350	91.22	400	92.385	450	94.471	500	95.371
50	84.783	100	87.169	150	87.263	200	89.02	250	87.692	300	90.687	350	91.635	400	92.147	450	93.099	500	93.999
50	85.074	100	86.783	150	87.199	200	89.02	250	87.978	300	90.823	350	91.397	400	92.72	450	94.305	500	95.205
50	84.783	100	86.761	150	87.901	200	89.02	250	87.914	300	90.844	350	91.97	400	92.437	450	94.596	500	95.496
50	84.226	100	86.998	150	87.751	200	89.051	250	87.988	300	90.904	350	91.687	400	92.918	450	94.243	500	95.143
50	84.751	100	87.137	150	87.837	200	89.051	250	88.126	300	90.97	350	92.168	400	93.471	450	94.44	500	95.34
50	84.568	100	87.33	150	87.592	200	89.062	250	88.136	300	91.137	350	92.721	400	93.138	450	94.669	500	95.569
50	84.557	100	86.751	150	87.136	200	89.062	250	88.316	300	91.168	350	92.388	400	93.242	450	94.606	500	95.506
50	84.428	100	87.234	150	86.902	200	89.072	250	88.611	300	91.314	350	92.492	400	93.586	450	94.586	500	95.486
50	84.633	100	87.394	150	86.668	200	89.093	250	88.464	300	91.325	350	92.836	400	93.064	450	94.045	500	94.945
50	85.042	100	87.352	150	87.04	200	89.135	250	87.935	300	91.356	350	92.314	400	93.242	450	94.669	500	95.569
50	85.386	100	87.941	150	87.114	200	89.135	250	88.094	300	91.356	350	92.492	400	93.106	450	94.451	500	95.351
50	85.311	100	87.876	150	87.04	200	89.156	250	87.65	300	91.377	350	92.356	400	93.346	450	94.305	500	95.205
50	85.064	100	88.165	150	86.252	200	89.156	250	87.427	300	91.388	350	92.596	400	93.346	450	94.17	500	95.07
50	85.214	100	87.908	150	86.742	200	89.166	250	87.861	300	91.447	350	92.596	400	93.294	450	93.879	500	94.779
50	84.708	100	87.684	150	86.636	200	89.176	250	88.136	300	91.492	350	92.544	400	93.106	450	94.108	500	95.008

ตารางที่ ค 12 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	85.042	100	87.971	150	86.774	200	89.354	250	89.391	300	91.948	350	94.111	400	94.539	450	94.835	500	95.735
50	84.73	100	87.821	150	86.88	200	89.435	250	89.985	300	91.99	350	93.789	400	94.611	450	94.451	500	95.351
50	84.999	100	87.693	150	87.189	200	89.435	250	90.291	300	92.008	350	93.861	400	94.85	450	94.087	500	94.987
50	84.87	100	88.206	150	87.178	200	89.435	250	90.196	300	92.011	350	94.1	400	95.017	450	94.316	500	95.216
50	85.3	100	87.704	150	87.55	200	89.435	250	90.038	300	92.032	350	94.267	400	94.788	450	94.44	500	95.34
50	85.117	100	87.853	150	87.592	200	89.435	250	90.123	300	92.042	350	94.038	400	94.539	450	93.868	500	94.768
50	85.494	100	87.393	150	87.55	200	89.487	250	89.933	300	92.063	350	93.789	400	94.476	450	93.566	500	94.466
50	85.687	100	86.943	150	88.093	200	89.487	250	90.207	300	92.081	350	93.726	400	94.85	450	93.172	500	94.072
50	85.397	100	87.221	150	88.284	200	89.592	250	90.27	300	92.097	350	94.1	400	94.684	450	93.026	500	93.926
50	85.408	100	87.232	150	88.253	200	89.592	250	90.355	300	92.112	350	93.934	400	95.193	450	92.954	500	93.854
50	85.193	100	87.168	150	88.486	200	89.623	250	90.555	300	92.177	350	94.443	400	95.027	450	92.548	500	93.448
50	85.085	100	87.564	150	88.433	200	89.623	250	90.365	300	92.188	350	94.277	400	95.505	450	92.111	500	93.011
50	85.268	100	87.307	150	88.582	200	89.644	250	90.744	300	92.209	350	94.755	400	95.557	450	91.004	500	91.904
50	85.171	100	87.522	150	88.348	200	89.644	250	90.902	300	92.258	350	94.807	400	95.786	450	92.048	500	92.948
50	85.193	100	87.275	150	88.316	200	89.686	250	90.713	300	92.261	350	95.036	400	95.422	450	92.288	500	93.188
50	85.246	100	87.404	150	87.869	200	89.717	250	91.155	300	92.284	350	94.672	400	95.869	450	92.132	500	93.032
50	85.397	100	86.943	150	87.933	200	89.717	250	90.671	300	92.365	350	95.119	400	95.641	450	92.309	500	93.209
50	85.3	100	87.028	150	87.571	200	89.759	250	90.534	300	92.448	350	94.891	400	95.817	450	92.277	500	93.177
50	85.3	100	87.168	150	87.55	200	89.759	250	90.418	300	92.461	350	95.067	400	95.872	450	92.142	500	93.042
50	85.526	100	87.071	150	87.539	200	89.77	250	90.765	300	92.542	350	95.122	400	96.08	450	91.996	500	92.896

ตารางที่ ค 12 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	86.127	100	87.618	150	89.717	200	90.125	250	90.787	300	93.072	350	95.351	400	95.955	450	92.87	500	93.77
50	86.46	100	87.425	150	89.844	200	90.156	250	91.05	300	93.1	350	95.205	400	95.82	450	93.379	500	94.279
50	86.396	100	87.028	150	89.897	200	90.156	250	91.376	300	93.1	350	95.07	400	95.529	450	93.754	500	94.654
50	86.514	100	86.846	150	89.918	200	90.156	250	91.817	300	93.111	350	94.779	400	95.758	450	94.139	500	95.039
50	86.052	100	86.964	150	90.035	200	90.156	250	91.449	300	93.267	350	95.008	400	95.966	450	94.004	500	94.904
50	86.374	100	87.061	150	90.119	200	90.177	250	90.934	300	93.277	350	95.216	400	96.184	450	93.806	500	94.706
50	86.685	100	86.814	150	90.14	200	90.188	250	91.428	300	93.279	350	95.434	400	96.454	450	94.035	500	94.935
50	86.342	100	86.76	150	90.193	200	90.188	250	91.365	300	93.443	350	95.704	400	96.454	450	94.284	500	95.184
50	86.439	100	86.932	150	90.204	200	90.292	250	91.239	300	93.466	350	95.704	400	95.851	450	94.461	500	95.361
50	86.374	100	86.846	150	90.299	200	90.292	250	91.165	300	93.654	350	95.101	400	95.706	450	94.555	500	95.455
50	86.61	100	86.717	150	90.278	200	90.292	250	92.613	300	93.672	350	94.956	400	96.256	450	95.757	500	96.657
50	86.267	100	86.846	150	90.436	200	90.292	250	93.081	300	93.755	350	95.506	400	96.34	450	95.415	500	96.315
50	86.224	100	86.696	150	90.236	200	90.292	250	93.784	300	93.768	350	95.59	400	96.506	450	95.25	500	96.15
50	85.999	100	86.622	150	90.299	200	90.344	250	93.721	300	93.779	350	95.756	400	96.433	450	95.125	500	96.025
50	86.085	100	87.071	150	89.992	200	90.344	250	93.396	300	93.807	350	95.683	400	96.433	450	94.928	500	95.828
50	85.988	100	86.59	150	89.802	200	90.355	250	93.438	300	93.891	350	95.683	400	96.599	450	95.447	500	96.347
50	85.709	100	86.612	150	90.246	200	90.396	250	93.018	300	93.945	350	95.849	400	96.474	450	95.447	500	96.347
50	85.741	100	86.781	150	90.489	200	90.396	250	92.33	300	93.956	350	95.724	400	96.526	450	95.509	500	96.409
50	85.171	100	86.622	150	90.574	200	90.396	250	92.787	300	93.987	350	95.776	400	96.485	450	95.612	500	96.512
50	85.279	100	86.878	150	90.584	200	90.396	250	93.102	300	94.008	350	95.735	400	96.101	450	95.571	500	96.471

ตารางที่ ค 12 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 48 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	85.956	100	87.2	150	90.99	200	91.443	250	95.206	300	94.34	350	93.032	400	93.959	450	97.612	500	98.512
50	86.846	100	87.307	150	90.637	200	91.526	250	95.279	300	94.351	350	93.209	400	93.927	450	97.663	500	98.563
50	86.824	100	88.035	150	90.947	200	91.589	250	95.393	300	94.351	350	93.177	400	93.792	450	97.963	500	98.863
50	87.017	100	88.1	150	90.937	200	91.589	250	95.07	300	94.361	350	93.042	400	93.646	450	98.169	500	99.069
50	86.942	100	87.96	150	90.852	200	91.661	250	94.454	300	94.371	350	92.896	400	93.417	450	98.21	500	99.11
50	86.524	100	88.164	150	90.958	200	91.734	250	94.443	300	94.434	350	92.667	400	93.291	450	98.87	500	99.77
50	87.208	100	88.41	150	91.138	200	91.838	250	94.694	300	94.486	350	92.541	400	93.74	450	99.086	500	99.986
50	86.888	100	88.847	150	91.254	200	91.9	250	94.318	300	94.496	350	92.99	400	93.437	450	99.327	500	100.227
50	87.092	100	88.655	150	90.947	200	91.9	250	95.122	300	94.506	350	92.687	400	93.197	450	98.983	500	99.883
50	87.326	100	88.484	150	90.725	200	91.911	250	95.32	300	94.506	350	92.447	400	93.583	450	99.117	500	100.017
50	87.551	100	88.965	150	90.672	200	92.067	250	95.143	300	94.569	350	92.833	400	93.417	450	99.034	500	99.934
50	87.519	100	88.73	150	90.799	200	92.077	250	95.485	300	94.569	350	92.667	400	93.813	450	99.296	500	100.196
50	87.167	100	88.741	150	91.074	200	92.243	250	94.976	300	94.59	350	93.063	400	94.011	450	98.87	500	99.77
50	87.167	100	88.591	150	91.117	200	92.472	250	95.226	300	94.683	350	93.261	400	94.115	450	99.003	500	99.903
50	87.07	100	88.815	150	91.37	200	92.555	250	95.206	300	94.683	350	93.365	400	94.604	450	98.828	500	99.728
50	86.899	100	88.58	150	91.042	200	92.607	250	95.112	300	94.704	350	93.854	400	94.531	450	99.172	500	100.072
50	87.594	100	88.538	150	91.158	200	92.691	250	95.736	300	94.704	350	93.781	400	94.292	450	99.203	500	100.103
50	87.218	100	88.025	150	91.137	200	92.836	250	95.861	300	94.724	350	93.542	400	94.323	450	99.234	500	100.134
50	87.272	100	87.993	150	91.19	200	92.867	250	96.102	300	94.735	350	93.573	400	94.52	450	99.224	500	100.124
50	87.167	100	88.837	150	91.38	200	92.919	250	96.164	300	94.756	350	93.77	400	95.029	450	99.234	500	100.134

ตารางที่ ค 13 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	91.49	100	92.508	150	93.029	200	93.63	250	94.055	300	94.937	350	94.526	400	94.876	450	96.025	500	95.389
50	91.345	100	92.488	150	92.987	200	93.569	250	94.076	300	94.979	350	94.547	400	94.917	450	96.076	500	95.543
50	91.552	100	92.508	150	93.039	200	93.671	250	94.096	300	94.979	350	94.588	400	94.886	450	96.178	500	95.769
50	91.583	100	92.529	150	93.029	200	93.681	250	94.096	300	94.979	350	94.598	400	94.876	450	96.127	500	95.912
50	91.542	100	92.519	150	93.039	200	93.692	250	94.117	300	94.937	350	94.639	400	94.907	450	96.107	500	95.994
50	91.625	100	92.539	150	93.049	200	93.723	250	94.137	300	94.968	350	94.67	400	94.886	450	96.137	500	96.127
50	91.501	100	92.539	150	93.059	200	93.723	250	94.158	300	94.948	350	94.66	400	94.896	450	96.137	500	96.168
50	91.583	100	92.56	150	92.936	200	93.712	250	94.168	300	94.989	350	94.681	400	94.876	450	96.168	500	96.229
50	91.656	100	92.426	150	93.07	200	93.753	250	94.148	300	94.968	350	94.691	400	94.907	450	96.117	500	96.291
50	91.625	100	92.56	150	93.08	200	93.784	250	94.158	300	94.968	350	94.722	400	94.876	450	96.148	500	96.321
50	91.542	100	92.591	150	93.07	200	93.794	250	94.179	300	94.958	350	94.711	400	94.886	450	96.148	500	96.321
50	91.594	100	92.488	150	93.039	200	93.753	250	94.189	300	94.979	350	94.732	400	94.886	450	96.096	500	96.414
50	91.718	100	92.57	150	93.101	200	93.784	250	94.199	300	94.999	350	94.783	400	94.907	450	96.137	500	96.414
50	91.573	100	92.58	150	93.09	200	93.774	250	94.199	300	94.979	350	94.783	400	94.907	450	96.076	500	96.414
50	91.625	100	92.58	150	93.008	200	93.774	250	94.251	300	94.989	350	94.794	400	94.886	450	96.055	500	96.454
50	91.656	100	92.611	150	93.08	200	93.794	250	94.251	300	94.989	350	94.794	400	94.907	450	95.984	500	96.465
50	91.707	100	92.611	150	93.08	200	93.794	250	94.251	300	94.989	350	94.814	400	94.927	450	96.035	500	96.465
50	91.718	100	92.601	150	93.131	200	93.794	250	94.261	300	95.009	350	94.814	400	94.927	450	95.933	500	96.495
50	91.666	100	92.611	150	93.101	200	93.798	250	94.271	300	94.999	350	94.804	400	94.886	450	95.902	500	96.506
50	91.656	100	92.601	150	93.111	200	93.794	250	94.292	300	94.979	350	94.824	400	94.896	450	95.851	500	96.495

ตารางที่ ค 13 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH2	Flow rate	%RH
50	91.614	100	92.642	150	93.101	200	93.84	250	94.364	300	95.02	350	94.835	400	94.824	450	95.646	500	96.516
50	91.656	100	92.653	150	93.152	200	93.85	250	94.364	300	95.02	350	94.855	400	94.814	450	95.687	500	96.495
50	91.542	100	92.622	150	93.152	200	93.84	250	94.364	300	95.009	350	94.876	400	94.824	450	95.625	500	96.454
50	91.697	100	92.653	150	93.121	200	93.84	250	94.374	300	95.009	350	94.866	400	94.835	450	95.656	500	96.444
50	91.542	100	92.683	150	93.142	200	93.743	250	94.384	300	95.02	350	94.886	400	94.835	450	95.728	500	96.424
50	91.676	100	92.673	150	93.142	200	93.85	250	94.384	300	95.03	350	94.886	400	94.855	450	95.748	500	96.424
50	91.48	100	92.663	150	93.162	200	93.86	250	94.395	300	95.03	350	94.866	400	94.845	450	95.717	500	96.403
50	91.563	100	92.653	150	93.059	200	93.85	250	94.405	300	95.02	350	94.876	400	94.835	450	95.697	500	96.485
50	91.697	100	92.653	150	93.08	200	93.86	250	94.395	300	95.02	350	94.876	400	94.866	450	95.82	500	96.352
50	91.594	100	92.663	150	93.07	200	93.86	250	94.405	300	95.009	350	94.876	400	95.697	450	95.881	500	96.383
50	91.645	100	92.663	150	93.203	200	93.891	250	94.374	300	94.979	350	94.876	400	95.697	450	95.943	500	96.342
50	91.728	100	92.673	150	93.121	200	93.891	250	94.374	300	95.009	350	94.886	400	95.646	450	95.994	500	96.301
50	91.635	100	92.704	150	93.162	200	93.932	250	94.395	300	94.999	350	94.876	400	95.646	450	95.922	500	96.178
50	91.501	100	92.683	150	93.142	200	93.974	250	94.395	300	95.02	350	94.866	400	95.687	450	95.973	500	96.014
50	91.604	100	92.694	150	93.193	200	93.953	250	94.395	300	95.009	350	94.876	400	95.625	450	95.984	500	95.994
50	91.552	100	92.673	150	93.162	200	93.922	250	94.405	300	94.999	350	94.886	400	95.789	450	95.943	500	96.004
50	91.552	100	92.704	150	93.049	200	93.881	250	94.415	300	95.02	350	94.886	400	95.789	450	95.953	500	96.025
50	91.501	100	92.498	150	93.173	200	93.84	250	94.426	300	94.989	350	94.876	400	95.748	450	96.014	500	96.066
50	91.573	100	92.653	150	93.131	200	93.829	250	94.426	300	94.989	350	94.886	400	95.758	450	95.933	500	96.117
50	91.511	100	92.632	150	93.162	200	93.829	250	94.436	300	94.999	350	94.876	400	95.697	450	95.984	500	96.127

ตารางที่ ค 13 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH2	Flow rate	%RH
50	91.511	100	92.735	150	93.193	200	93.819	250	94.457	300	94.567	350	94.917	400	95.697	450	95.851	500	96.383
50	91.666	100	92.56	150	93.234	200	93.85	250	94.457	300	94.526	350	94.886	400	95.697	450	95.82	500	96.444
50	91.552	100	92.508	150	93.193	200	93.829	250	94.457	300	94.485	350	94.876	400	95.646	450	95.779	500	96.465
50	91.552	100	92.725	150	93.255	200	93.829	250	94.457	300	94.423	350	94.907	400	95.646	450	95.758	500	96.424
50	91.48	100	92.735	150	93.224	200	93.809	250	94.477	300	94.413	350	94.886	400	95.687	450	95.861	500	96.444
50	91.573	100	92.745	150	93.245	200	93.84	250	94.457	300	94.392	350	94.896	400	95.892	450	95.861	500	96.393
50	91.459	100	92.683	150	93.245	200	93.819	250	94.426	300	94.392	350	94.876	400	95.881	450	95.83	500	96.424
50	91.511	100	92.58	150	93.245	200	93.829	250	94.415	300	94.362	350	94.907	400	95.892	450	95.82	500	96.444
50	91.656	100	92.663	150	93.245	200	93.829	250	94.384	300	94.403	350	94.876	400	95.861	450	95.892	500	96.434
50	91.573	100	92.704	150	93.245	200	93.829	250	94.343	300	94.382	350	94.886	400	94.845	450	95.81	500	96.434
50	91.47	100	92.756	150	93.275	200	93.809	250	94.343	300	94.392	350	94.886	400	95.646	450	95.83	500	96.424
50	91.604	100	92.611	150	93.265	200	93.829	250	94.354	300	94.372	350	94.907	400	95.646	450	95.861	500	96.414
50	91.511	100	92.745	150	93.255	200	93.819	250	94.323	300	94.392	350	94.907	400	95.687	450	95.851	500	96.393
50	91.635	100	92.611	150	93.245	200	93.84	250	94.343	300	94.413	350	94.886	400	95.892	450	95.84	500	96.383
50	91.532	100	92.776	150	93.255	200	93.819	250	94.343	300	94.413	350	94.907	400	95.881	450	95.861	500	96.393
50	91.697	100	92.776	150	93.275	200	93.84	250	94.343	300	94.382	350	94.927	400	95.697	450	95.902	500	96.362
50	91.728	100	92.539	150	93.265	200	93.829	250	94.343	300	94.351	350	94.927	400	95.697	450	95.892	500	96.373
50	91.718	100	92.756	150	93.265	200	93.84	250	94.323	300	94.372	350	94.886	400	95.646	450	95.84	500	96.342
50	91.573	100	92.745	150	93.265	200	93.84	250	94.333	300	94.351	350	94.896	400	95.646	450	95.851	500	96.362
50	91.718	100	92.58	150	93.265	200	93.84	250	94.354	300	94.3	350	94.907	400	95.687	450	95.84	500	96.342

ตารางที่ ค 13 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH2	Flow rate	%RH
50	91.707	100	92.817	150	93.306	200	93.891	250	94.323	300	94.331	350	94.629	400	95.892	450	95.943	500	95.922
50	91.852	100	92.817	150	93.286	200	93.912	250	94.312	300	94.248	350	94.619	400	95.861	450	95.881	500	95.902
50	91.718	100	92.869	150	93.306	200	93.912	250	94.323	300	94.156	350	94.598	400	94.845	450	95.902	500	95.994
50	91.707	100	92.817	150	93.317	200	93.912	250	94.312	300	94.31	350	94.588	400	94.835	450	95.902	500	95.892
50	91.811	100	92.859	150	93.327	200	93.881	250	94.333	300	94.238	350	94.547	400	94.866	450	95.902	500	95.892
50	91.842	100	92.848	150	93.317	200	93.902	250	94.323	300	94.32	350	94.598	400	95.697	450	95.861	500	95.963
50	91.831	100	92.859	150	93.337	200	93.912	250	94.323	300	94.32	350	94.557	400	95.697	450	95.902	500	95.994
50	91.831	100	92.848	150	93.327	200	93.891	250	94.312	300	94.259	350	94.547	400	95.646	450	95.871	500	95.84
50	91.707	100	92.859	150	93.327	200	93.902	250	94.312	300	94.217	350	94.547	400	95.646	450	95.902	500	95.687
50	91.893	100	92.817	150	93.337	200	93.891	250	94.302	300	94.217	350	94.526	400	95.687	450	95.892	500	95.656
50	91.749	100	92.869	150	93.327	200	93.881	250	94.302	300	94.217	350	94.547	400	95.892	450	95.892	500	95.605
50	91.769	100	92.869	150	93.337	200	93.881	250	94.323	300	94.187	350	94.516	400	95.881	450	95.871	500	95.594
50	91.945	100	92.889	150	93.327	200	93.912	250	94.323	300	94.259	350	94.752	400	95.892	450	95.871	500	95.646
50	91.842	100	92.879	150	93.337	200	93.891	250	94.302	300	94.279	350	94.783	400	95.861	450	95.871	500	95.625
50	91.78	100	92.869	150	93.337	200	93.902	250	94.312	300	94.094	350	94.845	400	94.845	450	95.851	500	95.697
50	91.78	100	92.859	150	93.347	200	93.902	250	94.323	300	94.187	350	94.866	400	95.646	450	95.861	500	95.748
50	91.842	100	92.879	150	93.347	200	93.881	250	94.323	300	94.063	350	94.896	400	95.646	450	95.84	500	95.779
50	91.904	100	92.869	150	93.347	200	93.881	250	94.292	300	94.248	350	94.876	400	95.687	450	95.83	500	95.758
50	91.873	100	92.869	150	93.368	200	93.871	250	94.333	300	94.063	350	94.896	400	95.892	450	95.84	500	95.83
50	91.966	100	92.869	150	93.347	200	93.871	250	94.312	300	94.176	350	94.896	400	95.881	450	95.82	500	95.851

ตารางที่ ค 14 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	93.49	100	94.508	150	95.029	200	95.63	250	96.055	300	96.937	350	96.526	400	96.876	450	98.025	500	97.389
50	93.345	100	94.488	150	94.987	200	95.569	250	96.076	300	96.979	350	96.547	400	96.917	450	98.076	500	97.543
50	93.552	100	94.508	150	95.039	200	95.671	250	96.096	300	96.979	350	96.588	400	96.886	450	98.178	500	97.769
50	93.583	100	94.529	150	95.029	200	95.681	250	96.096	300	96.979	350	96.598	400	96.876	450	98.127	500	97.912
50	93.542	100	94.519	150	95.039	200	95.692	250	96.117	300	96.937	350	96.639	400	96.907	450	98.107	500	98.994
50	93.625	100	94.539	150	95.049	200	95.723	250	96.137	300	96.968	350	96.67	400	96.886	450	98.137	500	98.127
50	93.501	100	94.539	150	95.059	200	95.723	250	96.158	300	96.948	350	96.66	400	96.896	450	98.137	500	98.168
50	93.583	100	94.56	150	94.936	200	95.712	250	96.168	300	96.989	350	96.681	400	96.876	450	98.168	500	98.229
50	93.656	100	94.426	150	95.07	200	95.753	250	96.148	300	96.968	350	96.691	400	96.907	450	98.117	500	98.291
50	93.625	100	94.56	150	95.08	200	95.784	250	96.158	300	96.968	350	96.722	400	96.876	450	98.148	500	98.321
50	93.542	100	94.591	150	95.07	200	95.794	250	96.179	300	96.958	350	96.711	400	96.886	450	98.148	500	98.321
50	93.594	100	94.488	150	95.039	200	95.753	250	96.189	300	96.979	350	96.732	400	96.886	450	98.096	500	98.414
50	93.718	100	94.57	150	95.101	200	95.784	250	96.199	300	96.999	350	96.783	400	96.907	450	98.137	500	98.414
50	93.573	100	94.58	150	95.09	200	95.774	250	96.199	300	96.979	350	96.783	400	96.907	450	98.076	500	98.414
50	93.625	100	94.58	150	95.008	200	95.774	250	96.251	300	96.989	350	96.794	400	96.886	450	98.055	500	98.454
50	93.656	100	94.611	150	95.08	200	95.794	250	96.251	300	96.989	350	96.794	400	96.907	450	97.984	500	98.465
50	93.707	100	94.611	150	95.08	200	95.794	250	96.251	300	96.989	350	96.814	400	96.927	450	98.035	500	98.465
50	93.718	100	94.601	150	95.131	200	95.794	250	96.261	300	97.009	350	96.814	400	96.927	450	97.933	500	98.495
50	93.666	100	94.611	150	95.101	200	95.798	250	96.271	300	96.999	350	96.804	400	96.886	450	97.902	500	98.506
50	93.656	100	94.601	150	95.111	200	95.794	250	96.292	300	96.979	350	96.824	400	96.896	450	97.851	500	98.495

ตารางที่ ค 14 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	93.697	100	94.653	150	95.121	200	95.84	250	96.374	300	97.009	350	96.866	400	96.835	450	97.656	500	98.444
50	93.542	100	94.683	150	95.142	200	95.743	250	96.384	300	97.02	350	96.886	400	96.835	450	97.728	500	98.424
50	93.676	100	94.673	150	95.142	200	95.85	250	96.384	300	97.03	350	96.886	400	96.855	450	97.748	500	98.424
50	93.48	100	94.663	150	95.162	200	95.86	250	96.395	300	97.03	350	96.866	400	96.845	450	97.717	500	98.403
50	93.563	100	94.653	150	95.059	200	95.85	250	96.405	300	97.02	350	96.876	400	96.835	450	97.697	500	98.485
50	93.697	100	94.653	150	95.08	200	95.86	250	96.395	300	97.02	350	96.876	400	96.866	450	97.82	500	98.352
50	93.594	100	94.663	150	95.07	200	95.86	250	96.405	300	97.009	350	96.876	400	97.697	450	97.881	500	98.383
50	93.645	100	94.663	150	95.203	200	95.891	250	96.374	300	96.979	350	96.876	400	97.697	450	97.943	500	98.342
50	93.728	100	94.673	150	95.121	200	95.891	250	96.374	300	97.009	350	96.886	400	97.646	450	97.994	500	98.301
50	93.635	100	94.704	150	95.162	200	95.932	250	96.395	300	96.999	350	96.876	400	97.646	450	97.922	500	98.178
50	93.501	100	94.683	150	95.142	200	95.974	250	96.395	300	97.02	350	96.866	400	97.687	450	97.973	500	98.014
50	93.604	100	94.694	150	95.193	200	95.953	250	96.395	300	97.009	350	96.876	400	97.625	450	97.984	500	97.994
50	93.552	100	94.673	150	95.162	200	95.922	250	96.405	300	96.999	350	96.886	400	97.789	450	97.943	500	98.004
50	93.552	100	94.704	150	95.049	200	95.881	250	96.415	300	97.02	350	96.886	400	97.789	450	97.953	500	98.025
50	93.501	100	94.498	150	95.173	200	95.84	250	96.426	300	96.989	350	96.876	400	97.748	450	98.014	500	98.066
50	93.573	100	94.653	150	95.131	200	95.829	250	96.426	300	96.989	350	96.886	400	97.758	450	97.933	500	98.117
50	93.511	100	94.632	150	95.162	200	95.829	250	96.436	300	96.999	350	96.876	400	97.697	450	97.984	500	98.127
50	93.625	100	94.653	150	95.183	200	95.84	250	96.426	300	96.999	350	96.886	400	97.717	450	97.922	500	98.178
50	93.521	100	94.498	150	95.183	200	95.819	250	96.415	300	97.02	350	96.886	400	97.984	450	97.912	500	98.219
50	93.511	100	94.714	150	95.183	200	95.829	250	96.436	300	97.009	350	96.886	400	97.922	450	97.892	500	98.229

ตารางที่ ค 14 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	93.459	100	94.683	150	95.245	200	95.819	250	96.426	300	96.392	350	96.876	400	97.881	450	97.83	500	98.424
50	93.511	100	94.58	150	95.245	200	95.829	250	96.415	300	96.362	350	96.907	400	97.892	450	97.82	500	98.444
50	93.656	100	94.663	150	95.245	200	95.829	250	96.384	300	96.403	350	96.876	400	97.861	450	97.892	500	98.434
50	93.573	100	94.704	150	95.245	200	95.829	250	96.343	300	96.382	350	96.886	400	96.845	450	97.81	500	98.434
50	93.47	100	94.756	150	95.275	200	95.809	250	96.343	300	96.392	350	96.886	400	97.646	450	97.83	500	98.424
50	93.604	100	94.611	150	95.265	200	95.829	250	96.354	300	96.372	350	96.907	400	97.646	450	97.861	500	98.414
50	93.511	100	94.745	150	95.255	200	95.819	250	96.323	300	96.392	350	96.907	400	97.687	450	97.851	500	98.393
50	93.635	100	94.611	150	95.245	200	95.84	250	96.343	300	96.413	350	96.886	400	97.892	450	97.84	500	98.383
50	93.532	100	94.776	150	95.255	200	95.819	250	96.343	300	96.413	350	96.907	400	97.881	450	97.861	500	98.393
50	93.697	100	94.776	150	95.275	200	95.84	250	96.343	300	96.382	350	96.927	400	97.697	450	97.902	500	98.362
50	93.728	100	94.539	150	95.265	200	95.829	250	96.343	300	96.351	350	96.927	400	97.697	450	97.892	500	98.373
50	93.718	100	94.756	150	95.265	200	95.84	250	96.323	300	96.372	350	96.886	400	97.646	450	97.84	500	98.342
50	93.573	100	94.745	150	95.265	200	95.84	250	96.333	300	96.351	350	96.896	400	97.646	450	97.851	500	98.362
50	93.718	100	94.58	150	95.265	200	95.84	250	96.354	300	96.3	350	96.907	400	97.687	450	97.84	500	98.342
50	93.573	100	94.766	150	95.286	200	95.84	250	96.323	300	96.341	350	96.907	400	97.625	450	97.881	500	98.373
50	93.583	100	94.797	150	95.265	200	95.84	250	96.312	300	96.331	350	96.927	400	97.789	450	97.892	500	98.321
50	93.604	100	94.766	150	95.275	200	95.932	250	96.333	300	96.29	350	96.937	400	97.789	450	97.902	500	98.311
50	93.728	100	94.776	150	95.296	200	95.829	250	96.312	300	96.279	350	96.937	400	97.748	450	97.912	500	98.311
50	93.728	100	94.797	150	95.275	200	95.84	250	96.302	300	96.351	350	96.968	400	97.758	450	97.892	500	98.301
50	93.78	100	94.776	150	95.286	200	95.86	250	96.312	300	96.392	350	96.948	400	97.697	450	97.912	500	98.321

ตารางที่ ค 14 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไฮโดรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	93.707	100	94.859	150	95.327	200	95.902	250	96.312	300	96.217	350	96.547	400	97.646	450	97.902	500	97.687
50	93.893	100	94.817	150	95.337	200	95.891	250	96.302	300	96.217	350	96.526	400	97.687	450	97.892	500	98.656
50	93.749	100	94.869	150	95.327	200	95.881	250	96.302	300	96.217	350	96.547	400	97.892	450	97.892	500	97.605
50	93.769	100	94.869	150	95.337	200	95.881	250	96.323	300	96.187	350	96.516	400	97.881	450	97.871	500	97.594
50	93.945	100	94.889	150	95.327	200	95.912	250	96.323	300	96.259	350	96.752	400	97.892	450	97.871	500	98.846
50	93.842	100	94.879	150	95.337	200	95.891	250	96.302	300	96.279	350	96.783	400	97.861	450	97.871	500	98.625
50	93.78	100	94.869	150	95.337	200	95.902	250	96.312	300	96.094	350	96.845	400	96.845	450	97.851	500	97.697
50	93.78	100	94.859	150	95.347	200	95.902	250	96.323	300	96.187	350	96.866	400	97.646	450	97.861	500	98.948
50	93.842	100	94.879	150	95.347	200	95.881	250	96.323	300	96.063	350	96.896	400	97.646	450	97.84	500	98.779
50	93.904	100	94.869	150	95.347	200	95.881	250	96.292	300	96.248	350	96.876	400	97.687	450	97.83	500	98.758
50	93.873	100	94.869	150	95.368	200	95.871	250	96.333	300	96.063	350	96.896	400	97.892	450	97.84	500	99.83
50	93.966	100	94.869	150	95.347	200	95.871	250	96.312	300	96.176	350	96.896	400	97.881	450	97.82	500	97.651
50	93.935	100	94.879	150	95.368	200	95.881	250	96.323	300	96.248	350	96.927	400	97.697	450	97.871	500	100.912
50	93.893	100	94.9	150	95.337	200	95.881	250	96.333	300	96.207	350	96.917	400	97.697	450	97.82	500	98.881
50	94.027	100	94.869	150	95.368	200	95.912	250	96.312	300	96.011	350	96.917	400	96.835	450	97.851	500	99.799
50	93.738	100	94.879	150	95.347	200	95.891	250	96.333	300	96.084	350	96.948	400	96.866	450	97.83	500	98.625
50	93.966	100	94.869	150	95.368	200	95.902	250	96.312	300	96.156	350	96.948	400	97.697	450	97.789	500	97.633
50	93.811	100	94.879	150	95.368	200	95.891	250	96.323	300	96.011	350	96.927	400	97.697	450	97.799	500	100.512
50	93.831	100	94.889	150	95.368	200	95.881	250	96.333	300	96.042	350	96.896	400	97.646	450	97.789	500	99.461
50	94.017	100	94.859	150	95.409	200	95.912	250	96.323	300	96.063	350	96.927	400	97.646	450	97.799	500	98.379

ตารางที่ ค 15 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	72.023	100	72.984	150	73.49	200	73.972	250	74.992	300	74.794	350	75.766	400	75.91	450	76.047	500	76.73
50	72.012	100	73.038	150	73.522	200	74.004	250	74.982	300	74.783	350	75.766	400	75.932	450	76.102	500	76.752
50	72.023	100	73.069	150	73.532	200	73.993	250	75.003	300	74.826	350	75.766	400	75.91	450	76.123	500	76.741
50	72.033	100	73.059	150	73.543	200	74.004	250	74.992	300	74.836	350	75.777	400	75.921	450	76.123	500	76.773
50	72.012	100	73.069	150	73.543	200	74.004	250	74.992	300	74.826	350	75.798	400	75.91	450	76.134	500	76.752
50	72.033	100	73.091	150	73.543	200	73.919	250	74.992	300	74.826	350	75.766	400	75.953	450	76.113	500	76.73
50	72.033	100	73.091	150	73.553	200	73.983	250	74.982	300	74.868	350	75.819	400	75.974	450	76.123	500	76.762
50	72.023	100	73.091	150	73.575	200	73.983	250	75.003	300	74.868	350	75.83	400	75.984	450	76.123	500	76.762
50	72.033	100	73.133	150	73.575	200	73.951	250	74.982	300	74.868	350	75.84	400	75.974	450	76.144	500	76.73
50	72.033	100	73.133	150	73.596	200	73.972	250	74.982	300	74.889	350	75.819	400	75.963	450	76.113	500	76.752
50	72.033	100	73.144	150	73.596	200	73.983	250	74.992	300	74.9	350	75.819	400	75.984	450	76.165	500	76.752
50	72.023	100	73.133	150	73.607	200	73.972	250	74.992	300	74.932	350	75.84	400	75.953	450	76.123	500	76.762
50	72.044	100	73.144	150	73.607	200	73.972	250	74.992	300	74.932	350	75.84	400	75.984	450	76.186	500	76.72
50	72.033	100	73.133	150	73.628	200	73.983	250	74.961	300	74.942	350	75.862	400	75.995	450	76.155	500	76.752
50	72.033	100	73.176	150	73.628	200	73.961	250	74.992	300	74.942	350	75.84	400	76.006	450	76.165	500	76.762
50	72.055	100	73.154	150	73.628	200	73.972	250	74.982	300	74.932	350	75.851	400	75.995	450	76.155	500	76.72
50	72.033	100	73.165	150	73.67	200	73.961	250	74.971	300	74.942	350	75.862	400	76.027	450	76.113	500	76.73
50	72.023	100	73.205	150	73.649	200	73.993	250	74.992	300	74.974	350	75.851	400	76.016	450	76.165	500	76.741
50	72.033	100	73.205	150	73.649	200	73.983	250	74.992	300	74.974	350	75.851	400	76.016	450	76.113	500	76.72
50	72.055	100	73.226	150	73.681	200	73.983	250	75.003	300	74.985	350	75.946	400	76.048	450	76.155	500	76.699

ตารางที่ ค 15 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	72.055	100	73.311	150	73.776	200	74.004	250	74.971	300	75.112	350	75.978	400	76.164	450	76.229	500	76.741
50	72.055	100	73.268	150	73.755	200	74.014	250	74.971	300	75.154	350	75.978	400	76.185	450	76.25	500	76.72
50	72.033	100	73.268	150	73.776	200	73.94	250	74.971	300	75.154	350	75.988	400	76.175	450	76.26	500	76.72
50	72.033	100	73.289	150	73.766	200	73.993	250	74.992	300	75.144	350	75.978	400	76.196	450	76.282	500	76.709
50	72.055	100	73.268	150	73.776	200	74.004	250	74.971	300	75.154	350	75.978	400	76.228	450	76.282	500	76.752
50	72.076	100	73.325	150	73.755	200	73.983	250	74.971	300	75.176	350	75.967	400	76.228	450	76.271	500	76.73
50	72.044	100	73.335	150	73.766	200	73.93	250	74.982	300	75.176	350	75.988	400	76.206	450	76.282	500	76.709
50	72.055	100	73.356	150	73.787	200	73.983	250	74.982	300	75.176	350	76.01	400	76.228	450	76.292	500	76.773
50	72.055	100	73.335	150	73.797	200	73.993	250	75.003	300	75.197	350	76.052	400	76.238	450	76.303	500	76.752
50	72.076	100	73.356	150	73.808	200	74.004	250	74.961	300	75.207	350	76.105	400	76.238	450	76.303	500	76.73
50	72.076	100	73.367	150	73.819	200	73.96	250	74.982	300	75.218	350	76.136	400	76.238	450	76.292	500	76.72
50	72.076	100	73.367	150	73.787	200	74.004	250	74.95	300	75.218	350	76.073	400	76.228	450	76.313	500	76.72
50	72.076	100	73.378	150	73.787	200	73.993	250	74.961	300	75.207	350	76.094	400	76.249	450	76.313	500	76.72
50	72.076	100	73.378	150	73.829	200	74.036	250	74.971	300	75.229	350	76.073	400	76.238	450	76.303	500	76.783
50	72.055	100	73.367	150	73.819	200	74.004	250	74.971	300	75.229	350	76.073	400	76.238	450	76.313	500	76.73
50	72.076	100	73.378	150	73.808	200	73.972	250	74.982	300	75.229	350	76.073	400	76.249	450	76.398	500	76.73
50	72.076	100	73.388	150	73.829	200	73.961	250	74.992	300	75.26	350	76.084	400	76.291	450	76.377	500	76.709
50	72.076	100	73.367	150	73.819	200	73.972	250	74.982	300	75.239	350	76.073	400	76.27	450	76.377	500	76.741
50	72.065	100	73.399	150	73.808	200	73.993	250	74.961	300	75.25	350	76.094	400	76.259	450	76.366	500	76.752
50	72.076	100	73.388	150	73.829	200	73.98	250	74.971	300	75.26	350	76.115	400	76.333	450	76.398	500	76.709

ตารางที่ ค 15 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	72.108	100	73.446	150	73.829	200	74.004	250	74.93	300	75.366	350	76.158	400	76.354	450	76.514	500	76.857
50	72.108	100	73.425	150	73.893	200	73.94	250	74.982	300	75.324	350	76.147	400	76.376	450	76.546	500	76.857
50	72.129	100	73.468	150	73.85	200	73.993	250	75.003	300	75.366	350	76.136	400	76.365	450	76.503	500	76.868
50	72.129	100	73.457	150	73.871	200	73.983	250	74.982	300	75.356	350	76.168	400	76.376	450	76.472	500	76.857
50	72.108	100	73.468	150	73.893	200	73.993	250	74.93	300	75.377	350	76.147	400	76.386	450	76.493	500	76.868
50	72.161	100	73.468	150	73.871	200	74.014	250	74.982	300	75.377	350	76.158	400	76.365	450	76.514	500	76.868
50	72.108	100	73.478	150	73.882	200	73.98	250	74.971	300	75.387	350	76.158	400	76.386	450	76.514	500	76.868
50	72.119	100	73.489	150	73.903	200	73.97	250	74.93	300	75.366	350	76.147	400	76.365	450	76.482	500	76.857
50	72.14	100	73.499	150	73.903	200	73.951	250	74.971	300	75.356	350	76.147	400	76.386	450	76.524	500	76.878
50	72.119	100	73.489	150	73.903	200	73.993	250	74.95	300	75.366	350	76.147	400	76.407	450	76.514	500	76.868
50	72.129	100	73.51	150	73.914	200	73.961	250	74.971	300	75.419	350	76.147	400	76.407	450	76.503	500	76.889
50	72.14	100	73.489	150	73.924	200	73.961	250	74.95	300	75.419	350	76.147	400	76.397	450	76.514	500	76.899
50	72.14	100	73.489	150	73.914	200	74.036	250	74.971	300	75.377	350	76.115	400	76.386	450	76.503	500	76.899
50	72.14	100	73.499	150	73.924	200	73.972	250	74.939	300	75.387	350	76.179	400	76.397	450	76.514	500	76.878
50	72.129	100	73.521	150	73.903	200	73.961	250	74.92	300	75.356	350	76.2	400	76.418	450	76.524	500	76.889
50	72.14	100	73.521	150	73.903	200	74.046	250	74.92	300	75.356	350	76.158	400	76.407	450	76.514	500	76.91
50	72.172	100	73.521	150	73.914	200	73.983	250	74.95	300	75.366	350	76.189	400	76.407	450	76.535	500	76.868
50	72.161	100	73.531	150	73.893	200	74.025	250	74.961	300	75.334	350	76.189	400	76.418	450	76.524	500	76.889
50	72.182	100	73.521	150	73.914	200	74.014	250	74.961	300	75.324	350	76.158	400	76.407	450	76.556	500	76.899
50	72.108	100	73.531	150	73.924	200	73.951	250	74.971	300	75.398	350	76.158	400	76.418	450	76.556	500	76.91

ตารางที่ ค 15 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 40 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	72.246	100	73.613	150	73.924	200	73.983	250	74.971	300	75.334	350	76.094	400	76.407	450	76.546	500	76.889
50	72.257	100	73.613	150	73.935	200	74.004	250	74.93	300	75.303	350	76.115	400	76.418	450	76.546	500	76.91
50	72.268	100	73.613	150	73.956	200	73.97	250	74.94	300	75.334	350	76.094	400	76.407	450	76.546	500	76.91
50	72.278	100	73.613	150	73.967	200	73.96	250	74.961	300	75.356	350	76.105	400	76.439	450	76.588	500	76.878
50	72.278	100	73.624	150	73.956	200	73.983	250	74.95	300	75.366	350	76.105	400	76.418	450	76.609	500	76.889
50	72.278	100	73.602	150	73.946	200	74.025	250	74.94	300	75.356	350	76.115	400	76.439	450	76.567	500	76.899
50	72.289	100	73.624	150	73.914	200	73.97	250	74.95	300	75.324	350	76.126	400	76.428	450	76.619	500	76.92
50	72.268	100	73.592	150	73.946	200	73.97	250	74.971	300	75.292	350	76.115	400	76.397	450	76.577	500	76.92
50	72.321	100	73.624	150	73.956	200	73.98	250	74.971	300	75.356	350	76.126	400	76.439	450	76.641	500	76.92
50	72.321	100	73.624	150	73.956	200	74.014	250	74.93	300	75.377	350	76.126	400	76.428	450	76.651	500	76.91
50	72.321	100	73.624	150	73.967	200	73.983	250	74.961	300	75.356	350	76.147	400	76.428	450	76.662	500	76.889
50	72.342	100	73.645	150	73.946	200	73.94	250	74.93	300	75.282	350	76.136	400	76.418	450	76.641	500	76.91
50	72.342	100	73.634	150	73.946	200	73.97	250	74.93	300	75.345	350	76.126	400	76.439	450	76.641	500	76.91
50	72.342	100	73.624	150	73.924	200	73.97	250	74.94	300	75.366	350	76.115	400	76.428	450	76.63	500	76.899
50	72.353	100	73.645	150	73.924	200	73.97	250	74.93	300	75.324	350	76.147	400	76.449	450	76.609	500	76.91
50	72.363	100	73.645	150	73.914	200	73.983	250	74.93	300	75.387	350	76.126	400	76.439	450	76.619	500	76.899
50	72.363	100	73.634	150	73.903	200	74.025	250	74.971	300	75.356	350	76.094	400	76.407	450	76.609	500	76.91
50	72.374	100	73.645	150	73.935	200	74.014	250	74.93	300	75.345	350	76.115	400	76.428	450	76.63	500	76.899
50	72.385	100	73.634	150	73.893	200	73.951	250	74.93	300	75.334	350	76.094	400	76.428	450	76.641	500	76.899
50	72.395	100	73.677	150	73.924	200	74.025	250	74.95	300	75.366	350	76.105	400	76.439	450	76.651	500	76.889

ตารางที่ ค 16 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Temp	Flow rate	%RH
50	73.087	100	74.586	150	74.619	200	74.992	250	75.194	300	74.794	350	75.766	400	76.091	450	76.013	32.5	500	76.154
50	73.077	100	74.597	150	74.673	200	74.982	250	75.163	300	74.783	350	75.766	400	76.091	450	75.96	32.5	500	76.112
50	73.055	100	74.586	150	74.641	200	75.003	250	75.194	300	74.826	350	75.766	400	76.081	450	75.981	32.5	500	76.122
50	73.066	100	74.597	150	74.63	200	74.992	250	75.194	300	74.836	350	75.777	400	76.081	450	76.002	32.5	500	76.143
50	73.066	100	74.586	150	74.63	200	74.992	250	75.184	300	74.826	350	75.798	400	76.06	450	75.981	32.5	500	76.112
50	73.087	100	74.586	150	74.673	200	74.992	250	75.205	300	74.826	350	75.766	400	76.06	450	75.949	32.5	500	76.122
50	73.077	100	74.607	150	74.673	200	74.982	250	75.173	300	74.868	350	75.819	400	76.06	450	76.002	32.5	500	76.133
50	73.077	100	74.597	150	74.673	200	75.003	250	75.194	300	74.868	350	75.83	400	76.07	450	76.023	32.5	500	76.122
50	73.077	100	74.586	150	74.651	200	74.982	250	75.184	300	74.868	350	75.84	400	76.039	450	76.027	32.5	500	76.133
50	73.066	100	74.586	150	74.609	200	74.982	250	75.184	300	74.889	350	75.819	400	76.06	450	76.016	32.5	500	76.122
50	73.077	100	74.576	150	74.609	200	74.992	250	75.184	300	74.9	350	75.819	400	76.07	450	76.038	32.5	500	76.165
50	73.055	100	74.554	150	74.651	200	74.992	250	75.173	300	74.932	350	75.84	400	76.039	450	76.048	32.6	500	76.186
50	73.055	100	74.565	150	74.662	200	74.992	250	75.152	300	74.932	350	75.84	400	76.049	450	76.059	32.6	500	76.186
50	73.045	100	74.576	150	74.641	200	74.961	250	75.152	300	74.942	350	75.862	400	76.081	450	76.038	32.6	500	76.143
50	73.066	100	74.576	150	74.651	200	74.992	250	75.163	300	74.942	350	75.84	400	76.049	450	76.059	32.5	500	76.154
50	73.066	100	74.576	150	74.673	200	74.982	250	75.131	300	74.932	350	75.851	400	76.039	450	76.027	32.5	500	76.165
50	73.045	100	74.554	150	74.662	200	74.971	250	75.173	300	74.942	350	75.862	400	76.049	450	76.059	32.5	500	76.175
50	73.055	100	74.565	150	74.662	200	74.992	250	75.152	300	74.974	350	75.851	400	76.039	450	76.048	32.6	500	76.165
50	73.066	100	74.533	150	74.673	200	74.992	250	75.152	300	74.974	350	75.851	400	76.028	450	76.069	32.5	500	76.165
50	73.055	100	74.544	150	74.641	200	75.003	250	75.163	300	74.985	350	75.946	400	76.028	450	76.069	32.5	500	76.154

ตารางที่ ค 16 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Temp	Flow rate	%RH
50	73.098	100	74.512	150	74.671	200	75.003	250	75.12	300	75.144	350	75.999	400	76.017	450	76.122	32.6	500	76.133
50	73.077	100	74.501	150	74.661	200	74.971	250	75.141	300	75.112	350	75.978	400	76.069	450	76.112	32.6	500	76.154
50	73.087	100	74.501	150	74.65	200	74.971	250	75.11	300	75.154	350	75.978	400	76.08	450	76.112	32.6	500	76.154
50	73.098	100	74.491	150	74.692	200	74.971	250	75.11	300	75.154	350	75.988	400	76.059	450	76.069	32.6	500	76.122
50	73.087	100	74.469	150	74.682	200	74.992	250	75.11	300	75.144	350	75.978	400	76.08	450	76.112	32.6	500	76.143
50	73.098	100	74.501	150	74.661	200	74.971	250	75.099	300	75.154	350	75.978	400	76.101	450	76.112	32.7	500	76.133
50	73.098	100	74.491	150	74.629	200	74.971	250	75.078	300	75.176	350	75.967	400	76.08	450	76.112	32.7	500	76.122
50	73.119	100	74.501	150	74.671	200	74.982	250	75.088	300	75.176	350	75.988	400	76.091	450	76.122	32.7	500	76.143
50	73.108	100	74.469	150	74.671	200	74.982	250	75.088	300	75.176	350	76.01	400	76.069	450	76.122	32.7	500	76.154
50	73.098	100	74.469	150	74.682	200	75.003	250	75.125	300	75.197	350	76.052	400	76.091	450	76.154	32.7	500	76.122
50	73.13	100	74.48	150	74.692	200	74.961	250	75.114	300	75.207	350	76.105	400	76.101	450	76.112	32.7	500	76.143
50	73.098	100	74.469	150	74.671	200	74.982	250	75.114	300	75.218	350	76.136	400	76.101	450	76.122	32.7	500	76.154
50	73.119	100	74.469	150	74.682	200	74.95	250	75.103	300	75.218	350	76.073	400	76.08	450	76.143	32.7	500	76.154
50	73.151	100	74.48	150	74.724	200	74.961	250	75.114	300	75.207	350	76.094	400	76.122	450	76.112	32.7	500	76.154
50	73.13	100	74.448	150	74.671	200	74.971	250	75.103	300	75.229	350	76.073	400	76.122	450	76.122	32.7	500	76.122
50	73.119	100	74.459	150	74.682	200	74.971	250	75.082	300	75.229	350	76.073	400	76.112	450	76.133	32.7	500	76.112
50	73.119	100	74.438	150	74.671	200	74.982	250	75.093	300	75.229	350	76.073	400	76.112	450	76.122	32.7	500	76.122
50	73.13	100	74.438	150	74.682	200	74.992	250	75.093	300	75.26	350	76.084	400	76.069	450	76.133	32.6	500	76.122
50	73.14	100	74.438	150	74.692	200	74.982	250	75.103	300	75.239	350	76.073	400	76.112	450	76.122	32.7	500	76.112
50	73.119	100	74.427	150	74.671	200	74.961	250	75.082	300	75.25	350	76.094	400	76.112	450	76.165	32.7	500	76.133
50	73.14	100	74.427	150	74.671	200	74.971	250	75.103	300	75.26	350	76.115	400	76.112	450	76.186	32.7	500	76.112

ตารางที่ ค 16 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Temp	Flow rate	%RH
50	73.151	100	74.384	150	74.724	200	74.961	250	75.04	300	75.345	350	76.147	400	76.165	450	76.165	32.7	500	76.101
50	73.151	100	74.362	150	74.724	200	74.971	250	75.04	300	75.366	350	76.126	400	76.186	450	76.143	32.7	500	76.112
50	73.161	100	74.374	150	74.692	200	74.93	250	75.061	300	75.366	350	76.158	400	76.186	450	76.143	32.7	500	76.112
50	73.161	100	74.356	150	74.714	200	74.982	250	75.019	300	75.324	350	76.147	400	76.143	450	76.143	32.7	500	76.069
50	73.161	100	74.344	150	74.703	200	75.003	250	75.029	300	75.366	350	76.136	400	76.154	450	76.165	32.7	500	76.112
50	73.172	100	74.344	150	74.692	200	74.982	250	75.029	300	75.356	350	76.168	400	76.165	450	76.154	32.7	500	76.112
50	73.172	100	74.344	150	74.692	200	74.93	250	75.029	300	75.377	350	76.147	400	76.175	450	76.165	32.8	500	76.112
50	73.183	100	74.344	150	74.724	200	74.982	250	75.029	300	75.377	350	76.158	400	76.165	450	76.165	32.8	500	76.122
50	73.161	100	74.334	150	74.756	200	74.971	250	75.029	300	75.387	350	76.158	400	76.165	450	76.143	32.8	500	76.122
50	73.161	100	74.344	150	74.724	200	74.93	250	75.019	300	75.366	350	76.147	400	76.154	450	76.133	32.8	500	76.154
50	73.161	100	74.323	150	74.724	200	74.971	250	74.997	300	75.356	350	76.147	400	76.165	450	76.154	32.7	500	76.112
50	73.161	100	74.355	150	74.714	200	74.95	250	75.019	300	75.366	350	76.147	400	76.165	450	76.154	32.8	500	76.122
50	73.14	100	74.334	150	74.692	200	74.971	250	75.008	300	75.419	350	76.147	400	76.143	450	76.122	32.8	500	76.143
50	73.151	100	74.344	150	74.746	200	74.95	250	75.008	300	75.419	350	76.147	400	76.143	450	76.143	32.8	500	76.112
50	73.172	100	74.323	150	74.724	200	74.971	250	75.008	300	75.377	350	76.115	400	76.165	450	76.133	32.8	500	76.122
50	73.193	100	74.323	150	74.724	200	74.939	250	74.987	300	75.387	350	76.179	400	76.143	450	76.122	32.8	500	76.133
50	73.183	100	74.313	150	74.661	200	74.92	250	75.008	300	75.356	350	76.2	400	76.143	450	76.143	32.8	500	76.122
50	73.193	100	74.313	150	74.756	200	74.92	250	75.008	300	75.356	350	76.158	400	76.143	450	76.154	32.8	500	76.133
50	73.183	100	74.313	150	74.746	200	74.95	250	74.976	300	75.366	350	76.189	400	76.165	450	76.122	32.8	500	76.122

ตารางที่ ค 16 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 50 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Temp	Flow rate	%RH
50	73.161	100	74.26	150	74.735	200	74.939	250	74.944	300	75.324	350	76.274	400	76.143	450	76.101	32.8	500	76.165
50	73.183	100	74.26	150	74.746	200	74.939	250	74.966	300	75.398	350	76.263	400	76.154	450	76.133	32.8	500	76.143
50	73.204	100	74.27	150	74.714	200	74.961	250	74.966	300	75.313	350	76.242	400	76.154	450	76.122	32.8	500	76.143
50	73.172	100	74.249	150	74.746	200	74.971	250	74.944	300	75.334	350	76.094	400	76.154	450	76.112	32.8	500	76.143
50	73.172	100	74.27	150	74.735	200	74.93	250	74.923	300	75.303	350	76.115	400	76.122	450	76.101	32.8	500	76.165
50	73.172	100	74.249	150	74.746	200	74.94	250	74.944	300	75.334	350	76.094	400	76.112	450	76.122	32.8	500	76.154
50	73.172	100	74.249	150	74.777	200	74.961	250	74.913	300	75.356	350	76.105	400	76.122	450	76.101	32.8	500	76.165
50	73.183	100	74.228	150	74.756	200	74.95	250	74.87	300	75.366	350	76.105	400	76.122	450	76.091	32.8	500	76.165
50	73.172	100	74.238	150	74.767	200	74.94	250	74.936	300	75.356	350	76.115	400	76.112	450	76.122	32.8	500	76.143
50	73.161	100	74.249	150	74.777	200	74.95	250	74.957	300	75.324	350	76.126	400	76.133	450	76.101	32.8	500	76.133
50	73.172	100	74.238	150	74.724	200	74.971	250	74.989	300	75.292	350	76.115	400	76.112	450	76.122	32.8	500	76.154
50	73.161	100	74.238	150	74.746	200	74.971	250	74.947	300	75.356	350	76.126	400	76.122	450	76.143	32.8	500	76.154
50	73.193	100	74.207	150	74.788	200	74.93	250	74.957	300	75.377	350	76.126	400	76.112	450	76.154	32.8	500	76.122
50	73.183	100	74.238	150	74.756	200	74.961	250	74.947	300	75.356	350	76.147	400	76.133	450	76.154	32.9	500	76.143
50	73.183	100	74.228	150	74.735	200	74.93	250	74.894	300	75.282	350	76.136	400	76.101	450	76.154	32.8	500	76.133
50	73.183	100	74.249	150	74.767	200	74.93	250	74.936	300	75.345	350	76.126	400	76.133	450	76.122	32.8	500	76.122
50	73.183	100	74.217	150	74.788	200	74.94	250	74.926	300	75.366	350	76.115	400	76.122	450	76.112	32.8	500	76.143
50	73.161	100	74.228	150	74.735	200	74.93	250	74.957	300	75.324	350	76.147	400	76.112	450	76.122	32.8	500	76.154
50	73.183	100	74.238	150	74.767	200	74.93	250	74.979	300	75.387	350	76.126	400	76.101	450	76.122	32.8	500	76.122
50	73.183	100	74.207	150	74.746	200	74.971	250	74.957	300	75.356	350	76.094	400	76.122	450	76.112	32.9	500	76.143
50	73.183	100	74.217	150	74.767	200	74.93	250	74.957	300	75.345	350	76.115	400	76.101	450	76.133	32.8	500	76.154
50	73.183	100	74.228	150	74.714	200	74.93	250	74.915	300	75.334	350	76.094	400	76.091	450	76.112	32.8	500	76.154
50	73.161	100	74.217	150	74.714	200	74.95	250	74.957	300	75.366	350	76.105	400	76.122	450	76.122	32.8	500	76.154

ตารางที่ ค 17 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	74.703	100	74.931	150	75.435	200	75.504	250	75.574	300	75.623	350	75.928	400	75.91	450	76.047	500	76.73
50	74.692	100	74.931	150	75.445	200	75.504	250	75.596	300	75.623	350	75.939	400	75.932	450	76.102	500	76.752
50	74.682	100	74.952	150	75.456	200	75.504	250	75.585	300	75.676	350	75.928	400	75.91	450	76.123	500	76.741
50	74.692	100	74.92	150	75.435	200	75.515	250	75.564	300	75.654	350	75.897	400	75.921	450	76.123	500	76.773
50	74.66	100	74.931	150	75.435	200	75.494	250	75.596	300	75.676	350	75.939	400	75.91	450	76.134	500	76.752
50	74.65	100	74.942	150	75.435	200	75.515	250	75.596	300	75.644	350	75.939	400	75.953	450	76.113	500	76.73
50	74.671	100	74.942	150	75.456	200	75.525	250	75.574	300	75.654	350	75.939	400	75.974	450	76.123	500	76.762
50	74.65	100	74.952	150	75.424	200	75.483	250	75.606	300	75.697	350	75.939	400	75.984	450	76.123	500	76.762
50	74.66	100	74.952	150	75.456	200	75.515	250	75.585	300	75.686	350	75.949	400	75.974	450	76.144	500	76.73
50	74.682	100	74.963	150	75.435	200	75.515	250	75.585	300	75.686	350	75.939	400	75.963	450	76.113	500	76.752
50	74.66	100	74.986	150	75.435	200	75.504	250	75.596	300	75.676	350	75.939	400	75.984	450	76.165	500	76.752
50	74.703	100	74.975	150	75.456	200	75.483	250	75.574	300	75.697	350	75.96	400	75.953	450	76.123	500	76.762
50	74.692	100	74.986	150	75.456	200	75.504	250	75.617	300	75.676	350	75.949	400	75.984	450	76.186	500	76.72
50	74.682	100	75.018	150	75.456	200	75.494	250	75.574	300	75.707	350	75.971	400	75.995	450	76.155	500	76.752
50	74.65	100	75.007	150	75.456	200	75.504	250	75.606	300	75.707	350	75.928	400	76.006	450	76.165	500	76.762
50	74.66	100	74.975	150	75.445	200	75.525	250	75.585	300	75.707	350	75.981	400	75.995	450	76.155	500	76.72
50	74.66	100	75.018	150	75.445	200	75.515	250	75.574	300	75.707	350	75.981	400	76.027	450	76.113	500	76.73
50	74.639	100	75.007	150	75.456	200	75.504	250	75.585	300	75.697	350	75.981	400	76.016	450	76.165	500	76.741
50	74.618	100	75.018	150	75.466	200	75.494	250	75.606	300	75.676	350	75.96	400	76.016	450	76.113	500	76.72
50	74.628	100	75.007	150	75.466	200	75.515	250	75.574	300	75.718	350	75.981	400	76.048	450	76.155	500	76.699

ตารางที่ ค 17 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	74.637	100	75.049	150	75.466	200	75.525	250	75.585	300	75.791	350	76.023	400	76.164	450	76.229	500	76.762
50	74.658	100	74.986	150	75.466	200	75.515	250	75.627	300	75.812	350	76.027	400	76.164	450	76.229	500	76.741
50	74.658	100	75.018	150	75.488	200	75.525	250	75.627	300	75.812	350	76.016	400	76.185	450	76.25	500	76.72
50	74.658	100	75.018	150	75.477	200	75.536	250	75.627	300	75.812	350	76.038	400	76.175	450	76.26	500	76.72
50	74.648	100	74.954	150	75.466	200	75.536	250	75.627	300	75.822	350	76.048	400	76.196	450	76.282	500	76.709
50	74.648	100	75.018	150	75.456	200	75.525	250	75.638	300	75.78	350	76.059	400	76.228	450	76.282	500	76.752
50	74.637	100	74.965	150	75.466	200	75.504	250	75.627	300	75.812	350	76.038	400	76.228	450	76.271	500	76.73
50	74.658	100	75.007	150	75.488	200	75.525	250	75.638	300	75.801	350	76.059	400	76.206	450	76.282	500	76.709
50	74.68	100	74.996	150	75.477	200	75.494	250	75.627	300	75.812	350	76.027	400	76.228	450	76.292	500	76.773
50	74.68	100	75.049	150	75.488	200	75.525	250	75.617	300	75.812	350	76.059	400	76.238	450	76.303	500	76.752
50	74.605	100	74.996	150	75.477	200	75.547	250	75.606	300	75.812	350	76.048	400	76.238	450	76.303	500	76.73
50	74.648	100	75.018	150	75.466	200	75.547	250	75.617	300	75.822	350	76.069	400	76.238	450	76.292	500	76.72
50	74.627	100	75.028	150	75.466	200	75.525	250	75.627	300	75.801	350	76.069	400	76.228	450	76.313	500	76.72
50	74.648	100	75.007	150	75.477	200	75.557	250	75.648	300	75.833	350	76.069	400	76.249	450	76.313	500	76.72
50	74.605	100	75.007	150	75.498	200	75.525	250	75.606	300	75.791	350	76.08	400	76.238	450	76.303	500	76.783
50	74.616	100	75.028	150	75.498	200	75.525	250	75.617	300	75.791	350	76.059	400	76.238	450	76.313	500	76.73
50	74.616	100	75.039	150	75.466	200	75.557	250	75.659	300	75.801	350	76.08	400	76.249	450	76.398	500	76.73
50	74.605	100	74.996	150	75.488	200	75.515	250	75.627	300	75.822	350	76.101	400	76.291	450	76.377	500	76.709
50	74.595	100	74.996	150	75.498	200	75.525	250	75.627	300	75.843	350	76.08	400	76.27	450	76.377	500	76.741
50	74.627	100	75.049	150	75.532	200	75.536	250	75.617	300	75.822	350	76.091	400	76.259	450	76.366	500	76.752

ตารางที่ ค 17 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	74.563	100	75.071	150	75.521	200	75.525	250	75.627	300	75.854	350	76.122	400	76.365	450	76.429	500	76.825
50	74.605	100	75.071	150	75.543	200	75.536	250	75.617	300	75.875	350	76.122	400	76.365	450	76.44	500	76.825
50	74.552	100	74.996	150	75.553	200	75.515	250	75.627	300	75.865	350	76.154	400	76.354	450	76.514	500	76.857
50	74.531	100	75.071	150	75.521	200	75.536	250	75.627	300	75.875	350	76.112	400	76.376	450	76.546	500	76.857
50	74.563	100	75.071	150	75.532	200	75.525	250	75.638	300	75.843	350	76.122	400	76.365	450	76.503	500	76.868
50	74.542	100	75.071	150	75.532	200	75.547	250	75.648	300	75.854	350	76.143	400	76.376	450	76.472	500	76.857
50	74.552	100	75.092	150	75.532	200	75.515	250	75.617	300	75.854	350	76.112	400	76.386	450	76.493	500	76.868
50	74.584	100	75.081	150	75.521	200	75.536	250	75.627	300	75.875	350	76.122	400	76.365	450	76.514	500	76.868
50	74.605	100	75.081	150	75.521	200	75.525	250	75.638	300	75.854	350	76.133	400	76.386	450	76.514	500	76.868
50	74.542	100	75.081	150	75.543	200	75.536	250	75.627	300	75.918	350	76.122	400	76.365	450	76.482	500	76.857
50	74.542	100	75.124	150	75.553	200	75.525	250	75.648	300	75.907	350	76.133	400	76.386	450	76.524	500	76.878
50	74.563	100	75.081	150	75.521	200	75.525	250	75.627	300	75.939	350	76.122	400	76.407	450	76.514	500	76.868
50	74.574	100	75.081	150	75.553	200	75.525	250	75.638	300	75.897	350	76.165	400	76.407	450	76.503	500	76.889
50	74.563	100	75.102	150	75.543	200	75.515	250	75.638	300	75.907	350	76.186	400	76.397	450	76.514	500	76.899
50	74.574	100	75.081	150	75.543	200	75.504	250	75.627	300	75.928	350	76.186	400	76.386	450	76.503	500	76.899
50	74.595	100	75.081	150	75.543	200	75.504	250	75.627	300	75.886	350	76.143	400	76.397	450	76.514	500	76.878
50	74.542	100	75.102	150	75.532	200	75.525	250	75.627	300	75.939	350	76.154	400	76.418	450	76.524	500	76.889
50	74.563	100	75.102	150	75.532	200	75.515	250	75.627	300	75.939	350	76.165	400	76.407	450	76.514	500	76.91
50	74.531	100	75.081	150	75.532	200	75.504	250	75.648	300	75.928	350	76.175	400	76.407	450	76.535	500	76.868
50	74.563	100	75.081	150	75.532	200	75.525	250	75.638	300	75.939	350	76.165	400	76.418	450	76.524	500	76.889

ตารางที่ ค 17 ผลการทดสอบการหาค่าความชื้นของก๊าซไนโตรเจน ณ อุณหภูมิเครื่องทำความชื้น 60 องศาเซลเซียส (ต่อ)

Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH	Flow rate	%RH
50	74.52	100	75.124	150	75.564	200	75.494	250	75.638	300	75.981	350	76.165	400	76.407	450	76.556	500	76.92
50	74.531	100	75.134	150	75.543	200	75.494	250	75.638	300	75.981	350	76.143	400	76.428	450	76.556	500	76.899
50	74.52	100	75.134	150	75.543	200	75.494	250	75.638	300	75.981	350	76.133	400	76.428	450	76.556	500	76.889
50	74.542	100	75.113	150	75.564	200	75.472	250	75.638	300	75.96	350	76.154	400	76.407	450	76.546	500	76.889
50	74.552	100	75.145	150	75.553	200	75.472	250	75.67	300	75.981	350	76.154	400	76.418	450	76.546	500	76.91
50	74.542	100	75.124	150	75.553	200	75.504	250	75.67	300	75.992	350	76.122	400	76.407	450	76.546	500	76.91
50	74.542	100	75.113	150	75.543	200	75.483	250	75.627	300	75.949	350	76.143	400	76.439	450	76.588	500	76.878
50	74.542	100	75.124	150	75.564	200	75.483	250	75.648	300	75.992	350	76.133	400	76.418	450	76.609	500	76.889
50	74.531	100	75.145	150	75.543	200	75.494	250	75.617	300	75.971	350	76.122	400	76.439	450	76.567	500	76.899
50	74.542	100	75.124	150	75.553	200	75.494	250	75.627	300	75.981	350	76.143	400	76.428	450	76.619	500	76.92
50	74.478	100	75.145	150	75.564	200	75.472	250	75.606	300	75.939	350	76.154	400	76.397	450	76.577	500	76.92
50	74.552	100	75.134	150	75.553	200	75.504	250	75.638	300	75.939	350	76.122	400	76.439	450	76.641	500	76.92
50	74.51	100	75.134	150	75.564	200	75.483	250	75.627	300	75.939	350	76.143	400	76.428	450	76.651	500	76.91
50	74.51	100	75.155	150	75.585	200	75.494	250	75.617	300	75.928	350	76.154	400	76.428	450	76.662	500	76.889
50	74.531	100	75.145	150	75.564	200	75.483	250	75.638	300	75.939	350	76.154	400	76.418	450	76.641	500	76.91
50	74.563	100	75.145	150	75.553	200	75.504	250	75.627	300	75.928	350	76.154	400	76.439	450	76.641	500	76.91
50	74.499	100	75.145	150	75.574	200	75.483	250	75.617	300	75.897	350	76.122	400	76.428	450	76.63	500	76.899
50	74.52	100	75.188	150	75.564	200	75.483	250	75.606	300	75.939	350	76.112	400	76.449	450	76.609	500	76.91
50	74.531	100	75.167	150	75.564	200	75.483	250	75.596	300	75.939	350	76.122	400	76.439	450	76.619	500	76.899
50	74.478	100	75.177	150	75.574	200	75.472	250	75.627	300	75.939	350	76.122	400	76.407	450	76.609	500	76.91
50	74.52	100	75.199	150	75.596	200	75.472	250	75.638	300	75.939	350	76.112	400	76.428	450	76.63	500	76.899
50	74.489	100	75.167	150	75.553	200	75.472	250	75.627	300	75.949	350	76.133	400	76.428	450	76.641	500	76.899
50	74.552	100	75.188	150	75.564	200	75.472	250	75.617	300	75.939	350	76.112	400	76.439	450	76.651	500	76.889

ภาคผนวก ง
ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 50 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	0.98	0.99	1.00	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	0.83	0.81	0.82	16.53	16.13	16.33
1.0	40.00	0.73	0.73	0.75	29.33	29.20	30.13
1.5	60.00	0.66	0.68	0.70	39.80	40.80	41.80
2.0	80.00	0.60	0.62	0.65	48.00	49.60	51.73
2.5	100.00	0.53	0.57	0.60	52.67	57.00	59.67
3.0	120.00	0.47	0.52	0.54	56.80	62.40	64.40
3.5	140.00	0.40	0.46	0.48	56.47	63.93	66.73
4.0	160.00	0.36	0.41	0.44	58.13	65.60	70.40
4.5	180.00	0.30	0.30	0.37	53.40	54.00	67.20
5.0	200.00	-	-	0.35	0.00	0.00	70.00
5.5	220.00	-	-	-	0.00	0.00	0.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 100 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	1.00	0.99	0.99	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	0.82	0.83	0.85	16.40	16.53	17.07
1.0	40.00	0.75	0.75	0.80	30.00	30.13	32.00
1.5	60.00	0.68	0.70	0.75	40.80	41.80	44.80
2.0	80.00	0.62	0.63	0.70	49.60	50.40	55.73
2.5	100.00	0.56	0.58	0.66	55.67	57.67	65.67
3.0	120.00	0.50	0.54	0.62	60.40	64.40	74.00
3.5	140.00	0.42	0.45	0.57	59.27	63.00	79.80
4.0	160.00	0.37	0.42	0.51	58.67	66.67	82.13
4.5	180.00	0.31	0.30	0.53	55.80	54.60	95.40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 150 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	1.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	0.80	0.83	0.84	16.07	16.53	16.80
1.0	40.00	0.73	0.77	0.78	29.20	30.67	31.07
1.5	60.00	0.67	0.70	0.73	40.20	42.20	43.60
2.0	80.00	0.62	0.65	0.67	49.33	52.27	53.60
2.5	100.00	0.57	0.60	0.62	56.67	59.67	62.00
3.0	120.00	0.51	0.55	0.57	61.20	66.00	68.00
3.5	140.00	0.43	0.50	0.51	60.20	69.53	71.87
4.0	160.00	0.38	0.45	0.46	60.80	72.00	74.13
4.5	180.00	0.31	0.39	0.38	56.40	69.60	68.40
5.0	200.00	-	0.34	0.34	0.00	68.67	68.67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 200 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	1.01	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	0.80	0.83	0.83	15.93	16.53	16.53
1.0	40.00	0.73	0.76	0.75	29.20	30.27	30.13
1.5	60.00	0.67	0.70	0.70	40.40	42.00	41.80
2.0	80.00	0.61	0.65	0.64	49.07	52.27	51.20
2.5	100.00	0.56	0.61	0.64	56.33	60.67	64.00
3.0	120.00	0.51	0.55	0.54	60.80	66.40	64.80
3.5	140.00	0.43	0.50	0.51	59.73	70.00	70.93
4.0	160.00	0.38	0.45	0.47	60.80	72.53	74.67
4.5	180.00	0.31	0.35	0.41	56.40	63.00	73.20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 250 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	1.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	0.81	0.81	0.82	16.20	16.27	16.40
1.0	40.00	0.74	0.74	0.75	29.73	29.73	30.13
1.5	60.00	0.70	0.70	0.68	42.00	42.20	40.80
2.0	80.00	0.66	0.64	0.62	52.53	51.47	49.33
2.5	100.00	0.61	0.61	0.57	61.00	61.33	57.00
3.0	120.00	0.50	0.56	0.54	60.40	67.20	64.40
3.5	140.00	0.43	0.51	0.48	59.73	70.93	67.20
4.0	160.00	0.38	0.46	0.44	60.27	74.13	70.40
4.5	180.00	0.32	0.42	0.36	57.00	75.00	65.40
5.0	200.00	-	0.42	0.32	0.00	83.33	64.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 300 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	1.00	1.01	1.02	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	0.82	0.81	0.81	16.40	16.27	16.20
1.0	40.00	0.74	0.75	0.75	29.73	30.00	30.00
1.5	60.00	0.72	0.70	0.67	43.00	42.20	40.00
2.0	80.00	0.67	0.64	0.61	53.33	51.47	48.53
2.5	100.00	0.62	0.60	0.51	62.00	60.33	51.33
3.0	120.00	0.52	0.56	0.40	62.40	66.80	48.40
3.5	140.00	0.45	0.50	0.34	62.53	69.53	48.07
4.0	160.00	0.38	0.44	-	60.80	69.87	0.00
4.5	180.00	0.32	0.41	-	57.00	73.20	0.00
5.0	200.00	-	0.35	-	0.00	70.00	0.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 1 ชั้น ณ อัตราการไหล 350 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-50 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)		Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)	
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C
0.0	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00
0.5	20.00	0.81	0.80	16.27	16.07
1.0	40.00	0.74	0.73	29.47	29.33
1.5	60.00	0.70	0.70	42.00	41.80
2.0	80.00	0.64	0.65	51.47	52.00
2.5	100.00	0.61	0.61	60.67	60.67
3.0	120.00	0.50	0.57	60.40	68.00
3.5	140.00	0.43	0.52	60.20	72.33
4.0	160.00	0.37	0.45	59.73	72.53
4.5	180.00	0.31	0.41	55.80	73.20
5.0	200.00	-	0.35	0.00	70.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 5 ชั้น ณ อัตราการไหล 250 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.00	0.00	4.30	4.28	4.34	0.00	0.00	0.00
0.50	20.00	4.01	4.01	4.01	80.20	80.20	80.20
1.00	40.00	3.79	3.80	3.82	151.60	152.00	152.80
1.50	60.00	3.51	3.58	3.60	210.60	214.80	216.00
2.00	80.00	3.33	3.42	3.46	266.40	273.60	276.80
2.50	100.00	3.25	3.36	3.40	325.00	336.00	340.00
3.00	120.00	3.07	3.12	3.19	368.40	374.40	382.80
3.50	140.00	2.97	3.00	3.14	415.80	420.00	439.60
4.00	160.00	2.74	2.69	2.77	438.40	430.40	443.20
4.50	180.00	2.53	2.51	2.62	455.40	451.80	471.60
5.00	200.00	2.42	2.53	2.55	484.00	506.00	510.00
5.50	220.00	2.34	2.36	2.37	514.80	519.20	521.40
6.00	240.00	2.02	2.12	2.15	484.80	508.80	516.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง 9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง 5 ชั้น ณ อัตราการไหล 500 sccm และอุณหภูมิเครื่องทำความชื้นที่ 40-60 ^{0}C

Current (A)	Current Density (mA/cm^2)	Voltage at each Humidifier Temperature (V)			Power Density at each Humidifier Temperature (mW/cm^2)		
		40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C
0.0	0.00	4.23	4.25	4.28	0.00	0.00	0.00
0.5	20.00	4.02	4.14	4.17	80.40	82.80	83.40
1.0	40.00	3.83	3.85	3.88	153.20	154.00	155.20
1.5	60.00	3.44	3.42	3.46	206.40	205.20	207.60
2.0	80.00	3.15	3.18	3.21	252.00	254.40	256.80
2.5	100.00	2.98	3.02	3.12	298.00	302.00	312.00
3.0	120.00	2.75	2.93	3.04	330.00	351.60	364.80
3.5	140.00	2.83	2.87	2.96	396.20	401.80	414.40
4.0	160.00	2.74	2.73	2.82	438.40	436.80	451.20
4.5	180.00	2.62	2.65	2.75	471.60	477.00	495.00
5.0	200.00	2.51	2.56	2.62	502.00	512.00	524.00
5.5	220.00	2.38	2.39	2.41	523.60	525.80	530.20
6.0	240.00	2.01	2.05	2.07	482.40	492.00	496.80

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบการใช้ระบบ By Pass System

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
0	0.53	0.53	0.53
1	0.53	0.53	0.53
2	0.53	0.53	0.53
3	0.53	0.53	0.53
4	0.53	0.53	0.53
5	0.53	0.53	0.53
6	0.53	0.53	0.53
7	0.53	0.53	0.53
8	0.53	0.53	0.53
9	0.53	0.53	0.53
10	0.53	0.53	0.53
11	0.53	0.53	0.53
12	0.53	0.53	0.53
13	0.53	0.53	0.53
14	0.53	0.53	0.53
15	0.53	0.53	0.53
16	0.53	0.53	0.53
17	0.53	0.53	0.53
18	0.53	0.53	0.53
19	0.53	0.53	0.53
20	0.53	0.53	0.53

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
84	0.49	0.49	0.48
85	0.49	0.49	0.48
86	0.53	0.51	0.48
87	0.53	0.51	0.48
88	0.53	0.51	0.48
89	0.53	0.51	0.48
90	0.53	0.51	0.48
91	0.53	0.51	0.48
92	0.53	0.51	0.48
93	0.53	0.51	0.48
94	0.53	0.51	0.48
95	0.53	0.51	0.48
96	0.53	0.51	0.48
97	0.53	0.51	0.48
98	0.53	0.51	0.48
99	0.53	0.51	0.48
100	0.53	0.51	0.48
101	0.53	0.53	0.53
102	0.53	0.53	0.53
103	0.53	0.53	0.53
104	0.53	0.53	0.53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
105	0.53	0.53	0.53
106	0.53	0.53	0.53
107	0.53	0.53	0.53
108	0.53	0.53	0.53
109	0.53	0.53	0.53
110	0.53	0.53	0.53
111	0.53	0.53	0.53
112	0.53	0.53	0.53
113	0.53	0.53	0.53
114	0.53	0.53	0.53
115	0.53	0.53	0.53
116	0.53	0.53	0.53
117	0.53	0.53	0.53
118	0.53	0.53	0.53
119	0.53	0.53	0.53
120	0.53	0.53	0.53
121	0.53	0.53	0.53
122	0.53	0.53	0.53
123	0.53	0.53	0.53
124	0.53	0.53	0.53
125	0.53	0.53	0.53

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
126	0.53	0.53	0.53
127	0.53	0.53	0.53
128	0.53	0.53	0.53
129	0.53	0.53	0.53
130	0.53	0.53	0.53
131	0.53	0.53	0.53
132	0.53	0.53	0.53
133	0.53	0.53	0.53
134	0.53	0.53	0.53
135	0.53	0.53	0.53
136	0.53	0.53	0.53
137	0.53	0.53	0.53
138	0.53	0.53	0.53
139	0.53	0.53	0.53
140	0.53	0.53	0.53
141	0.53	0.53	0.53
142	0.53	0.53	0.53
143	0.53	0.53	0.53
144	0.53	0.53	0.53
145	0.53	0.53	0.53
146	0.53	0.53	0.53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
147	0.53	0.53	0.53
148	0.53	0.53	0.53
149	0.53	0.53	0.53
150	0.53	0.53	0.53
151	0.53	0.53	0.53
152	0.53	0.53	0.53
153	0.53	0.53	0.53
154	0.53	0.53	0.53
155	0.53	0.53	0.53
156	0.53	0.53	0.53
157	0.53	0.53	0.53
158	0.53	0.53	0.53
159	0.53	0.53	0.53
160	0.53	0.53	0.53
161	0.53	0.53	0.53
162	0.53	0.53	0.53
163	0.53	0.53	0.53
164	0.53	0.53	0.53
165	0.53	0.53	0.53
166	0.53	0.53	0.53
167	0.53	0.53	0.53

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
168	0.53	0.53	0.53
169	0.53	0.53	0.53
170	0.53	0.53	0.53
171	0.53	0.53	0.53
172	0.53	0.53	0.53
173	0.53	0.53	0.53
174	0.53	0.53	0.53
175	0.53	0.53	0.53
176	0.53	0.53	0.53
177	0.53	0.53	0.53
178	0.53	0.53	0.53
179	0.53	0.53	0.53
180	0.53	0.53	0.53
181	0.53	0.53	0.53
182	0.53	0.53	0.53
183	0.53	0.53	0.53
184	0.53	0.53	0.53
185	0.53	0.53	0.53
165	0.53	0.53	0.53
187	0.53	0.53	0.53
188	0.53	0.53	0.53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 1 ผลของการจ่ายก๊าซไฮโดนเจนและออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิง ขนาดเซลล์ 1 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage		
	ป้อนก๊าซไฮโดรเจนแห้งที่ด้านแอโนด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm	ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:100 sccm
189	0.53	0.53	0.53
190	0.53	0.53	0.53
191	0.53	0.53	0.53
192	0.53	0.53	0.53
193	0.53	0.53	0.53
194	0.53	0.53	0.53
195	0.53	0.53	0.53
196	0.53	0.53	0.53
197	0.53	0.53	0.53
198	0.53	0.53	0.53
199	0.53	0.53	0.53
200	0.53	0.53	0.53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 2 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงขนาดเซลล์ 5 ชั้น

Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm	Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm
0	2.37	30	2.37
1	2.37	31	2.37
2	2.37	32	2.37
3	2.37	33	2.37
4	2.37	34	2.37
5	2.37	35	2.37
6	2.37	36	2.37
7	2.37	37	2.37
8	2.37	38	2.37
9	2.37	39	2.37
10	2.37	40	2.37
11	2.37	41	2.37
12	2.37	42	2.37
13	2.37	43	2.37
14	2.37	44	2.37
15	2.37	45	2.37
16	2.37	46	2.37
17	2.37	47	2.37
18	2.37	48	2.37
19	2.37	49	2.37
20	2.37	50	2.37
21	2.37	51	2.34
22	2.37	52	2.34
23	2.37	53	2.34
24	2.37	54	2.34
25	2.37	55	2.34
26	2.37	56	2.34
27	2.37	57	2.34
28	2.37	58	2.34
29	2.37	59	2.34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 2 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงขนาดเซลล์ 5 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm	Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm
60	2.34	90	2.37
61	2.36	91	2.37
62	2.36	92	2.37
63	2.36	93	2.37
64	2.36	94	2.37
65	2.36	95	2.37
66	2.36	96	2.37
67	2.36	97	2.37
68	2.36	98	2.37
69	2.36	99	2.37
70	2.36	100	2.37
71	2.36	101	2.37
72	2.36	102	2.37
73	2.36	103	2.37
74	2.36	104	2.37
75	2.36	105	2.37
76	2.36	106	2.37
77	2.36	107	2.37
78	2.36	108	2.37
79	2.36	109	2.37
80	2.36	110	2.37
81	2.37	111	2.37
82	2.37	112	2.37
83	2.37	113	2.37
84	2.37	114	2.37
85	2.37	115	2.37
86	2.37	116	2.37
87	2.37	117	2.37
88	2.37	118	2.37
89	2.37	119	2.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 2 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงขนาดเซลล์ 5 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm	Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm
120	2.37	150	2.37
121	2.37	151	2.37
122	2.37	152	2.37
123	2.37	153	2.37
124	2.37	154	2.37
125	2.37	155	2.37
126	2.35	156	2.37
127	2.35	157	2.37
128	2.35	158	2.37
129	2.35	159	2.37
130	2.35	160	2.37
131	2.35	161	2.37
132	2.35	162	2.37
133	2.35	163	2.37
134	2.35	164	2.37
135	2.35	165	2.37
136	2.35	166	2.37
137	2.35	167	2.37
138	2.35	168	2.37
139	2.35	169	2.37
140	2.35	170	2.37
141	2.35	171	2.37
142	2.35	172	2.37
143	2.35	173	2.37
144	2.35	174	2.37
145	2.35	175	2.37
146	2.37	176	2.37
147	2.37	177	2.37
148	2.37	178	2.37
149	2.37	179	2.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 2 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงขนาดเซลล์ 5 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm	Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm
180	2.37	210	2.35
181	2.37	211	2.35
182	2.37	212	2.35
183	2.37	213	2.35
184	2.37	214	2.35
185	2.37	215	2.35
186	2.37	216	2.35
187	2.37	217	2.35
188	2.37	218	2.35
189	2.37	219	2.35
190	2.37	220	2.35
191	2.37	221	2.37
192	2.37	222	2.37
193	2.37	223	2.37
194	2.37	224	2.37
195	2.37	225	2.37
196	2.37	226	2.37
197	2.37	227	2.37
198	2.37	228	2.37
199	2.37	229	2.37
200	2.37	230	2.37
201	2.37	231	2.37
202	2.37	232	2.37
203	2.37	233	2.37
204	2.37	234	2.37
205	2.37	235	2.37
206	2.35	236	2.37
207	2.35	237	2.37
208	2.35	238	2.37
209	2.35	239	2.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 2 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงขนาดเซลล์ 5 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm	Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm
240	2.37	270	2.36
241	2.37	271	2.36
242	2.37	272	2.36
243	2.37	273	2.36
244	2.37	274	2.36
245	2.37	275	2.37
246	2.37	276	2.37
247	2.37	277	2.37
248	2.37	278	2.37
249	2.37	279	2.37
250	2.37	280	2.37
251	2.37	281	2.37
252	2.37	282	2.37
253	2.37	283	2.37
254	2.37	284	2.37
255	2.37	285	2.37
256	2.37	286	2.37
257	2.37	287	2.37
258	2.37	288	2.37
259	2.37	289	2.37
260	2.37	290	2.37
261	2.37	291	2.37
262	2.37	292	2.37
263	2.37	293	2.37
264	2.37	294	2.37
265	2.36	295	2.37
266	2.36	296	2.37
267	2.36	297	2.37
268	2.36	298	2.37
269	2.36	299	2.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 2 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงขนาดเซลล์ 5 ชั้น (ต่อ)

Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm	Time (min)	Voltage ป้อนก๊าซออกซิเจนเจนแห้งแคโทด H_2:O_2 คือ 100:200 sccm
300	2.37	330	2.37
301	2.37	331	2.37
302	2.37	332	2.37
303	2.37	333	2.37
304	2.37	334	2.37
305	2.37	335	2.37
306	2.37	336	2.37
307	2.37	337	2.37
308	2.37	338	2.37
309	2.37	339	2.37
310	2.37	340	2.37
311	2.37	341	2.37
312	2.37	342	2.37
313	2.37	343	2.37
314	2.37	344	2.37
315	2.37	345	2.37
316	2.37	346	2.37
317	2.37	347	2.37
318	2.37	348	2.37
319	2.37	349	2.37
320	2.37	350	2.37
321	2.37	351	2.37
322	2.37	352	2.37
323	2.37	353	2.37
324	2.37	354	2.37
325	2.37	355	2.37
326	2.37	356	2.37
327	2.37	357	2.37
328	2.37	358	2.37
329	2.37	359	2.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 3 ผลของการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิงและผลอุณหภูมิภายในเซลล์ขนาด 1 ชั้น เวลา 5 ชั่วโมง

Time(min)	Temp(°C)	volt	Time(min)	Temp(°C)	volt
5	25.74	0.674	155	32.66	0.5469
10	25.81	0.664	160	32.87	0.5469
15	25.95	0.664	165	32.87	0.545
20	25.95	0.664	170	33.01	0.545
25	26.09	0.654	175	33.19	0.545
30	26.20	0.654	180	33.26	0.545
35	27.77	0.654	185	33.29	0.545
40	27.77	0.654	190	33.33	0.545
45	28.02	0.654	195	33.36	0.545
50	28.16	0.644	200	33.36	0.545
55	28.44	0.643	205	33.50	0.545
60	28.51	0.636	210	33.57	0.545
65	28.58	0.630	215	33.61	0.545
70	28.79	0.624	220	33.68	0.545
75	29.07	0.621	225	33.78	0.545
80	29.35	0.613	230	35.29	0.545
85	29.73	0.597	235	35.29	0.545
90	29.91	0.576	240	35.43	0.5371
95	30.11	0.554	245	35.43	0.5371
100	30.25	0.554	250	35.53	0.523
105	30.35	0.554	255	35.53	0.523
110	30.53	0.554	260	35.53	0.519
115	31.33	0.554	265	35.57	0.511
120	31.44	0.5469	270	35.57	0.501
125	31.86	0.5469	270	35.57	0.497
130	32.24	0.5469	275	35.57	0.497
135	32.24	0.5469	280	35.60	0.485
140	32.42	0.5469	285	35.60	0.478
145	32.42	0.5469	290	35.60	0.475
150	32.66	0.5469	295	35.64	0.468

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ 4 ผลของการจ่ายก๊าซออกซิเจนโดยตรงให้แก่เซลล์เชื้อเพลิงและผลอุณหภูมิภายในเซลล์ขนาด 1 ชั้น เวลา 5 ชั่วโมง

Time(min)	Temp(^{o}C)	volt	Time(min)	Temp(^{o}C)	volt
5	25.74	0.674	150	32.66	0.648
10	25.81	0.664	155	32.66	0.649
15	25.95	0.664	160	32.87	0.649
20	25.95	0.664	165	32.87	0.636
25	26.09	0.654	170	33.01	0.645
30	26.20	0.654	175	33.19	0.645
35	27.77	0.654	180	33.26	0.646
40	27.77	0.654	185	33.29	0.648
45	28.02	0.654	190	33.33	0.649
50	28.16	0.654	195	33.36	0.649
55	28.44	0.654	200	33.36	0.649
60	28.51	0.648	205	33.50	0.645
65	28.58	0.648	210	33.57	0.645
70	28.79	0.608	215	33.61	0.646
75	29.07	0.603	220	33.68	0.646
80	29.35	0.601	225	33.78	0.646
85	29.73	0.601	230	35.29	0.649
90	29.91	0.631	235	35.29	0.636
95	30.11	0.629	240	35.43	0.59
100	30.25	0.627	245	35.43	0.546
105	30.35	0.620	250	35.53	0.546
110	30.53	0.6243	255	35.53	0.545
115	31.33	0.624	260	35.53	0.621
120	31.44	0.633	265	35.57	0.621
125	31.86	0.634	270	35.57	0.621
130	32.24	0.634	270	35.57	0.621
135	32.24	0.645	275	35.57	0.648
140	32.42	0.645	280	35.60	0.654
145	32.42	0.646	285	35.60	0.654

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ฉ
บทความตีพิมพ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน (ครั้งที่ 5)
วันที่ 6-7 เมษายน 2549 โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ระบบจัดการน้ำในสแต็กของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

WATER MANAGEMENT SYSTEM IN STACK OF PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL

พรพิมล เพ็ชรวัฒนา
วาสนา คำโอภาส
วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์
ยศธนา คุณาธร
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 053-944146
โทรสาร 053-944145
E-mail; Wipawadee@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนกำลังเป็นที่สนใจเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ แทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล หนึ่งในวิธีที่เพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงต้องอาศัยการจัดการน้ำที่ดี เพื่อการรักษาความชื้นภายในเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนให้เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงผลของความชื้นในก๊าซเชื้อเพลิงของเซลล์เชื้อเพลิง โดยควบคุมอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนให้คงที่ สภาวะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ความดันไม่เกิน 1 บาร์ และอุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าการให้ก๊าซไนโตรเจนสำหรับที่มีการปรับความชื้นในช่วงก่อนการจ่ายกระแส และการปรับความชื้นก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิง

ABSTRACT

The developments of polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC) are growing interest for renewable energy source which use in automotive industry instead of energy from fossil fuels. One method to improve efficiency of fuel depend on water management system. To maintain humidity inside proton exchange membrane in appropriate range. A study effect of humidity in fuel gas of fuel cell. And control flow rate of hydrogen gas and oxygen gas was constant. An experiment was performed in pressure at 1 bar and temperature 40 – 80 ^{0}C condition. It has found that the high efficiency of the cell is achieved when the addition humidity of nitrogen, hydrogen and oxygen gas at inlet gas.

1. บทนำ

เซลล์เชื้อเพลิงอาศัยก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสะอาดกำลังได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นพลังงานในอนาคต และเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนต้องการระบบการจัดการน้ำที่ดี งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการจ่ายความชื้นให้กับก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน และระยะเวลาการจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อกำจัดน้ำพลอยได้ในเซลล์เชื้อเพลิงที่มีผลต่อความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และกำลังการผลิตที่ได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ส่วนประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนแบบเซลล์เดี่ยว มีส่วนประกอบสำคัญ ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย

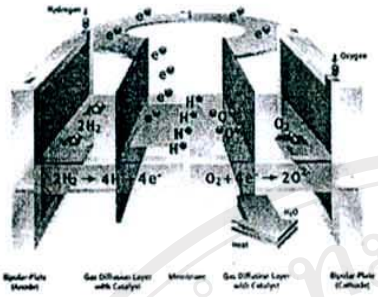
ชั้นเมมเบรน (Membrance) เป็นโพลิเมอร์ซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งเป็นอิเล็คโตรไลท์ มีคุณสมบัติในการเป็นตัวนำที่ดีของโปรตอน แต่เป็นฉนวนของอิเล็กตรอน

ชั้นการแพร่ของก๊าซ (Diffusion Layer) ลักษณะของชั้นการแพร่ของก๊าซเป็นแผ่นที่มีรูพรุน ซึ่งปิดทับแผ่นชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาอีกทีหนึ่ง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าชั้นของการแพร่ ทำมาจากวัสดุที่มีความนำไฟฟ้าสูงและมีความเสถียรในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้น

ขั้วไฟฟ้า (Electrode) เป็นชั้นที่ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า เป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีโดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ประกอบด้วย Pt ที่เกาะอยู่บนคาร์บอน

สนามการไหลของก๊าซ (Gas Collector) ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของอิเล็กตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรเจนออกซิเดชั่น (hydrogen oxidation) ทางด้านอาโนดมายังโหลดและจากโหลดไปยังบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเจนรีดักชั่น (oxygen reduction) เพื่อให้ครบวงจร นอกจากนี้ ขั้วไฟฟ้ายังทำหน้าที่เป็นทางเดินก๊าซ ทั้งก๊าซไฮโดรเจน และออกซิเจน

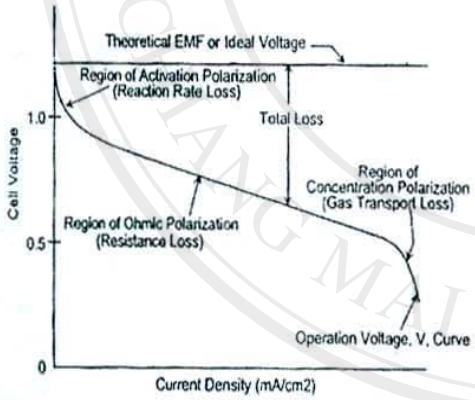
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1 โครงสร้างทั่วไปของเซลล์เดี่ยว [11]

2.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนจะมีการวัดค่าออกมาอยู่ในรูปของความหนาแน่นกระแส คือ ปริมาณกระแสที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ที่เกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์เชื้อเพลิง (ในหน่วย mA/cm^2) จากการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความหนาแน่นกระแส (I-V Characteristic Curve) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับความหนาแน่นกระแส

ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงคือการเกิดน้ำภายในเซลล์เชื้อเพลิงซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาภายในจะมีอิทธิพลในช่วงความต้านทานชั้นการแพร่ (Gas Transport Losses) และจากอัตราการแพร่ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่สวนทางของก๊าซออกซิเจนที่จะไหลผ่านชั้นการแพร่เข้าไปสู่ชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยา (Diffusion Limiting) ส่งผลให้มีพื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาน้อยลง

2.3 ความชื้นหรือน้ำในเซลล์เชื้อเพลิง

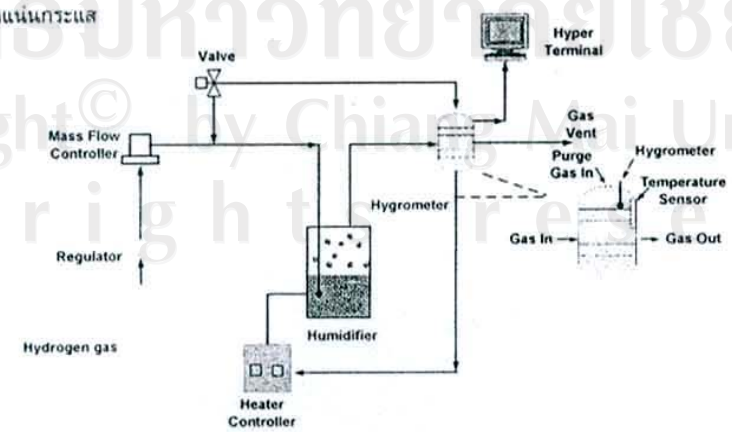
ความชื้นหรือน้ำในเซลล์เชื้อเพลิงเกิดขึ้นมาจาก 2 สาเหตุ คือ น้ำหรือความชื้นที่ได้รับจากอุปกรณ์กำเนิดความชื้น เนื่องจากก๊าซได้รับความชื้นจากอุปกรณ์กำเนิดความชื้น (Humidifier) ทำให้ก๊าซแห้งจากถังจ่ายกลายเป็นก๊าซเปียก โดยปริมาณความชื้นหรือน้ำก่อนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลของก๊าซ และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาที่ขั้วคาโทด โดยปริมาณน้ำจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นกระแส (Current Density) ที่เซลล์เชื้อเพลิงผลิตออกมา น้ำจะเคลื่อนที่ไปตามช่องทางเดินก๊าซ จึงทำให้เกิดการขัดขวางการทำปฏิกิริยาของก๊าซ น้ำจะเคลื่อนที่ไปตามช่องทางเดินก๊าซ จึงทำให้เกิดการขัดขวางการทำปฏิกิริยาของก๊าซ

การจัดการน้ำและการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงมีความเกี่ยวข้องกันในขณะที่เปลี่ยนเงื่อนไขตัวแปร อุณหภูมิ, อัตราการไหล, ความชื้น และปริมาณการดึงกระแสจะมีผลต่อปริมาณการผลิตน้ำและการกำจัดน้ำด้วยโดยที่การจัดการน้ำภายในชั้นเซลล์เชื้อเพลิง (Stack Cell) จะซับซ้อนกว่าเซลล์เดี่ยว (Single Cell) เนื่องจากจะทำให้เกิดการสะสมของน้ำในเซลล์ลำดับต้นๆ ซึ่งมีผลให้เกิดการขาดแคลนก๊าซในเซลล์ถัดๆ ไป [1]

3. การดำเนินงานและการวิจัย

3.1 การศึกษาและการออกแบบระบบจัดการน้ำ

ศึกษาและวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า การไหลของก๊าซเชื้อเพลิง อุณหภูมิของเซลล์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดปฏิกิริยา การสะสมตัวของน้ำภายในแผ่นสะสมกระแสชนิด Serpentine จะได้แนวทางระบบการจัดการน้ำภายในเซลล์เชื้อเพลิง



รูปที่ 3 ระบบควบคุมความชื้นภายนอกของเซลล์เชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 3 แสดงระบบควบคุมชื้นภายนอกเซลล์เชื้อเพลิง โดยการทำงานเริ่มจากการตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องทำความชื้นด้วยระบบความคุมความร้อน (Heater Controller) เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการจึงปล่อยก๊าซเข้าสู่เครื่องทำความชื้น (Humidifier) โดยควบคุมอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบ Mass Flow Controller จากนั้นก๊าซจะเข้าไปยังเครื่องวัดความชื้น (Hygrometer) ซึ่งทำหน้าที่วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของก๊าซก่อนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งแสดงค่าการวัดผ่านจอมอนิเตอร์

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง

นำระบบความคุมความชื้นมาประกอบเข้ากับชุดทดสอบการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง และทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงที่มีการติดตั้งระบบควบคุมความชื้น และไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมความชื้น ซึ่งดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพคือ ค่าความต่างศักย์กระแสไฟฟ้า และกำลังการผลิตที่เซลล์เชื้อเพลิงสามารถผลิตได้

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การควบคุมสภาวะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

การทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงต้นแบบขนาด 300 วัตต์ ซึ่งผลิตโดย บริษัท BSC Fuel Cell จำกัด ได้รับการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานที่สภาวะ (อุณหภูมิและความชื้น) ของก๊าซเชื้อเพลิงและก๊าซไนโตรเจนที่ทางเข้าแตกต่างกันโดยใช้กราฟ Polarization เพื่อหาสภาวการณ์ทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยทุกกรณีมีการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจนที่อาโนดและก๊าซออกซิเจนที่คาโทดเท่ากัน คือ 500 sccm และปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทดลอง 5 กรณี ดังนี้

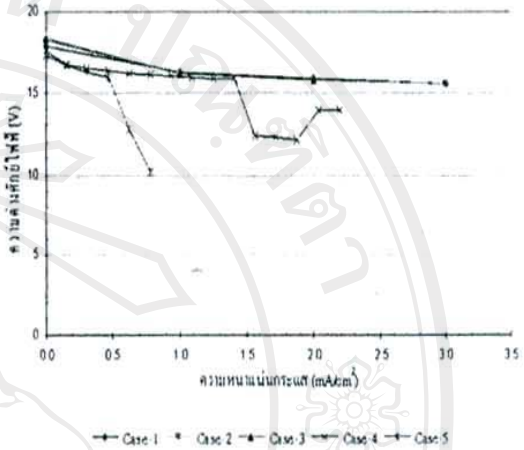
กรณีที่ 1: ขั้นแรกจ่ายก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยควบคุมความชื้นและปรับอุณหภูมิไว้ที่ 45 °C ทั้งคู่ จากนั้นจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่น้ำจากระบบและทำความสะอาดเมมเบรนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามด้วยการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิของก๊าซที่ 45 °C อีกครั้งและ Open circuit เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สุดท้ายจึงเริ่มดึงกระแสจากหอเซลล์เชื้อเพลิง

กรณีที่ 2: ขั้นแรกจ่ายก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่น้ำจากระบบและทำความสะอาดเมมเบรนเป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยการควบคุมความชื้นโดยไม่ควบคุมอุณหภูมิอีกครั้งและ Open circuit เป็นเวลา 30นาที สุดท้ายจึงเริ่มดึงกระแสจากหอเซลล์เชื้อเพลิง

กรณีที่ 3: ขั้นแรกจ่ายก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่น้ำจากระบบและทำความสะอาดเมมเบรนเป็นเวลา 15 นาที ตามด้วยการควบคุมความชื้นโดยไม่ควบคุมอุณหภูมิอีกครั้งและ Open circuit เป็นเวลา 20นาที สุดท้ายจึงเริ่มดึงกระแสจากหอเซลล์เชื้อเพลิง

กรณีที่ 4: ขั้นแรกจ่ายก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่น้ำจากระบบและทำความสะอาดเมมเบรนเป็นเวลา 10 นาที จากนั้น Open circuit โดยไม่จ่ายก๊าซผ่าน Humidifier เป็นเวลา 5 นาที สุดท้ายจึงเริ่มดึงกระแสจากหอเซลล์เชื้อเพลิง

กรณีที่ 5: ขั้นแรกจ่ายก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยไม่ควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมอุณหภูมิ และไม่จ่ายก๊าซไนโตรเจน จากนั้น Open circuit โดยไม่จ่ายก๊าซผ่าน Humidifier เป็นเวลา 5 นาที สุดท้ายจึงเริ่มดึงกระแสจากหอเซลล์เชื้อเพลิง



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความหนาแน่นกระแส ที่สภาวะควบคุมต่างกัน

จากผลการทดลองควบคุมความชื้น, อุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิง, ระยะเวลาการจ่ายไนโตรเจน, และระยะเวลาการ Open circuit ที่แตกต่างกัน 5 กรณี พบว่า

(1) การให้ความชื้นแก่ก๊าซไนโตรเจน ไฮโดรเจนและออกซิเจนก่อนเข้าเซลล์ จะให้ประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่าสภาวะที่ไม่ให้ความชื้น

(2) อุณหภูมิก๊าซเชื้อเพลิงและระยะเวลาการจ่ายไนโตรเจน และระยะเวลาช่วง Open circuit ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพมากนัก

(3) การหยุดควบคุมความชื้นในช่วงเวลา Open circuit พบว่าเมื่อจ่ายไฟฟ้าสู่ภาระงาน(load) ดังกรณีที่ 4 แรงดันจะตกลงจนกระทั่งระดับกระแสที่ดึงไปใช้ถึง 1.80 mA/cm^2 จึงได้เพิ่มขึ้นภายหลัง เนื่องจากการเพิ่มภาระโหลดมากขึ้นทำให้ความสามารถในการนำโปรตอนของอิเล็กโทรดลดลง และอุณหภูมิของระบบต่ำจนความชื้นภายในช่องการเดินก๊าซกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ และน้ำที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เชื้อเพลิงไปขวางการนำโปรตอนของอิเล็กโทรด แต่เมื่อเพิ่มโหลดให้มากขึ้นจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในเซลล์สูงขึ้น จนสามารถขับของเหลวน้ำออกจากเซลล์มากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการนำโปรตอนของอิเล็กโทรดกลับมาดีขึ้นอีกครั้ง จึงพบว่าแรงดันเพิ่มขึ้นในที่สุด

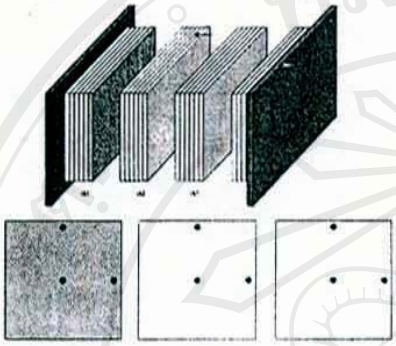
(4) สำหรับผลของไม่จ่ายไนโตรเจนและไม่ให้ความชื้นแก่ก๊าซเชื้อเพลิงช่วงการ Open circuit ดังกรณีที่ 5 จะเห็นว่าประสิทธิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพต่ำสุด เพราะความชื้นของเซลล์ต่ำกว่าระดับที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

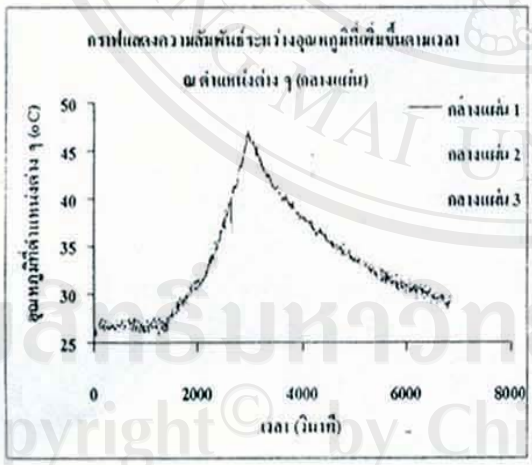
4.2 การแสดงผลของอุณหภูมิ

พิจารณาอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเซลล์เชื้อเพลิงซึ่งแสดงดังรูปที่ 5 ได้แก่ กลางด้านบนแผ่น กลางแผ่น และด้านซ้ายแผ่นแกรไฟต์ ทั้งหมด 3 แผ่น

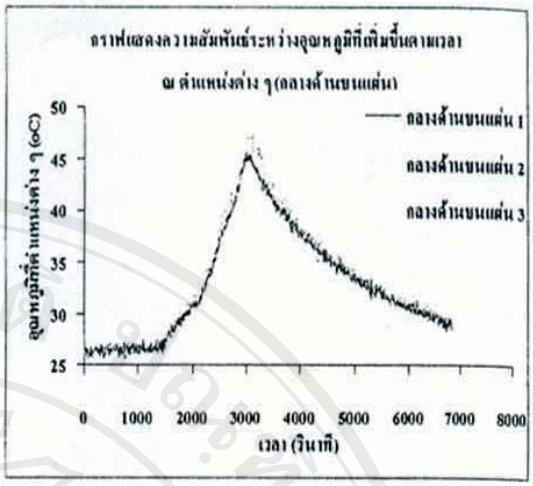


รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายในเซลล์เชื้อเพลิง

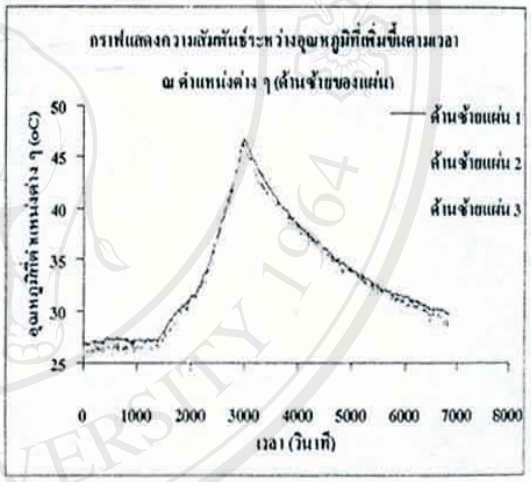
จากการดึงกระแสจากเซลล์และความต่างศักย์ที่ได้ พบว่าที่อุณหภูมิสูงสุดที่ประมาณ 50 °C ความต่างศักย์สูงสุดที่ได้ประมาณ 16 V เมื่อเวลาผ่านไปได้ ประมาณ 25 นาทีหลังจากการดึงภาระงาน และกระแสสูงสุดที่ดึงได้คือ 2.344 mA/cm^2 ในช่วงสุดท้ายของการทำงาน



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามเวลา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (กลางแผ่น)



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามเวลา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (กลางด้านบนแผ่น)



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามเวลา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (ด้านซ้ายแผ่น)

จากกราฟรูปที่ 6 – 8 เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเซลล์เชื้อเพลิง จะเห็นว่าอุณหภูมิสูงขึ้นตามเวลาและภาระ (load) ที่เพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิในแต่ละแผ่น และแต่ละตำแหน่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยเมื่อทำการเดินไนโตรเจน และช่วง open circuit เซลล์เชื้อเพลิงจะมีอุณหภูมิคงที่ที่ประมาณ 24-25 °C และเมื่อเริ่มทำการเพิ่มภาระ (load) ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและความร้อนเกิดขึ้นภายเซลล์ ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น ในการทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงจะทำการควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 60 °C ดังนั้นในการศึกษาเบื้องต้น เมื่อทำการทดสอบระบบจนอุณหภูมิภายในอยู่ในช่วงประมาณ 45-48 °C ผู้ทดสอบจะทำการ Shut down ระบบ (โดยการเดินก๊าซไนโตรเจน) เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับเซลล์เชื้อเพลิง ก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบระบายความร้อนเข้ากับเซลล์เชื้อเพลิงอีกครั้งต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 การควบคุมสภาวะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

จากการทดสอบ 5 กรณีศึกษา ได้เปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิ ควบคุม การให้ความชื้นแก่เซลล์ ระยะเวลาการจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่สิ่งเจือปนและทำความสะอาดเซลล์ ระยะเวลาการ Open circuit เพื่อหาสภาวะที่เซลล์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สรุปว่าการควบคุมการทำงานของเซลล์ ให้ความชื้นแก่ก๊าซไนโตรเจน, ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยไม่ต้องควบคุมอุณหภูมิแก่ก๊าซ ที่อัตราการไหลของก๊าซ H_2:O_2 เท่ากับ 500:500 sccm มีการจ่ายไนโตรเจนเป็นระยะเวลา 30 นาที และทำการจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงในช่วง Open circuit 30 นาที จะได้ความหนาแน่นการจ่ายกระแสสูงสุด 2.344 mA/cm^2 ความต่างศักย์ไฟฟ้า 15.56 V และกำลังไฟฟ้าสูงสุด 36.469 mWatt/cm^2

5.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิง

อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเซลล์เชื้อเพลิงสูงขึ้นตามเวลาและภาระ (load) ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มภาระ (load) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและความร้อนเกิดขึ้นภายเซลล์ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิในแต่ละแผ่นเซลล์ที่ตำแหน่งต่างกันจะใกล้เคียงกัน เมื่อทำการจ่ายไนโตรเจนแล้วในช่วง Open circuit เซลล์เชื้อเพลิงจะมีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 24-25 $^{\circ}$C

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ทรงวุฒิ นิรัญศิลป์, (2545) "การสร้างชั้นเซลล์เชื้อเพลิงชนิดพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์เมมเบรน" ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] Badrinarayanan, P., Eggert, A.R. and Moore, R.M., (2001) "Minimizing the Water and Thermal Management Parasitic Loads in Fuel Cell Vehicles" International Journal of transport Phenomena Monterey, Calif, 3(3) : 213-229.

[3] Choi, K.H., Peck, D.H., Kim, C.S. and Shin, D.R., (1999) "Water transport in polymer membranes for PEMFC" Journal of Power Sources, 86:197-201

[4] Duksu Hyun, Junbom Kim (2003) "Study of external humidification method in proton exchange membrance fuel cell" Journal of Power Sources, 126 (2004) 98-103.

[5] Djilali, N. and Lu, D., (2001) "Influence of heat transfer on gas and water transport in fuel cells" International Journal of Thermal Science, 41:29-40

[6] Friedman, D.J., Eggert, A.R., Badrinarayanan, P. and Cunningham, J.M., (2001) "Balancing stack, air supply, and water/thermal management demands for an indirect methanol PEM fuel cell system" Society of Automobile Engineers, Inc.

[7] Janssen, G.J.M. and Overvelde, M.L.J., (2001) "water transport in the proton-exchange-membrane fuel cell : measurements of the effective drag coefficient" Journal of Power Sources, 117-125.

[8] Mallant, R.K.A.M., (2003) "PEMFC sytems: the need for high temperature polymers as a consequence of PEMFC water and heat management" Journal of Power Sources, 118 : 424-429

[9] Nguyen, T.V. and Knobbe, M.W., (2002) "A liquid water management strategy for PEM fuel cell stacks" Journal of Power Sources, 1-10.

[10] Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott., (1993) "Unit Operation of Chemical Engineering"

[11] Available:http://www.princeton.edu/Hydrogen/fuelcell.html(online)[2006. Mar 10]

[12] Availabel:http://www.rpi.edu/polymers/research_fuel_ cells.html (online) [2006, Mar 10].

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

EFFECT OF FUEL GAS FLOW RATES AND HUMIDIFICATION TEMPERATURES ON PEM FUEL CELL PERFORMANCE

Pornpimon Phetwattana
Graduate Student
Mechanical Engineering Department
Faculty of Engineering,
Chiang Mai University, Thailand

Wipawadee Wongsuwan
Assistant Professor
Mechanical Engineering Department
Faculty of Engineering,
Chiang Mai University, Thailand

ABSTRACT The water management system has a significant role to enhance the Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) performance. The efficiency of proton conductivity inside membrane depends on the appropriate quantity of water and internal humidity. This study investigated the operating conditions of PEMFC: anode and cathode humidification, flow rates of fuel gases, and temperatures of humidifier. Humidification at anode and cathode enhance performance of fuel cell significantly. The best experimental fuel cell performance, having productive power 91.72 mW/cm^2, was found in case of hydrogen and oxygen flow rates about 100 sccm and humidification temperature 10-15% lower than oxygen [8].This study focused on the experiments on humidification using external humidity control approach. Moisture content inlet with fuel gases and inside fuel cell was varied to obtain appropriate power output.

In this paper the effect of varied fuel gas flow rates and humidification temperatures on single cell, as well as humidification as appropriate electrodes is described.

1. INTRODUCTION

Fuel cell is one alternative of clean technology. Fuel cell development has been carried out intensively during the past decade. Among two major types of fuel cell, SOCFC and PEMFC, the Proton Exchange Membrane Fuel Cell has lighter weight and provides high energy density [1]. For perfluorination membrane, a hydrophilic type, water is absorbed inside electrolytes. Proton conductivity inside membrane is much influenced by moisture content [2-3]. Therefore, suitable water management system of PEMFC is essential. Low water quantity leads to increasing of the resistance of proton exchange, and also decreasing fuel cell capability. In contrary, high moisture content in membrane causes flooding inside the cell and hence blocking the gas flow channel which reduced the reactive area [4].

Water management methods are, for example, internal humidifier, external humidifier and humidity preservation in membrane itself. Balancing the amount of water (inlet, inside and outlet) of PEMFC results in appropriate humidity level of membrane. Humidity preservation of polymer electrolyte could be done by using platinum catalyst. Two important factors on water spreading are water absorption capacity of polymer electrolyte in PEMFC and membrane thickness.

Water spreading is identified by cathode and anode dryness [5-7]. Principle of humidifier design was based on the control of flow rate and temperature of hydrogen and oxygen. The relative humidity of hydrogen was normally controlled at the magnitude

2. THEORY AND PRINCIPLE

The experimental results obtained from four operational conditions were compared with IV curves. The effect of temperature and gas flow rate was illustrated by the series plot of relations among current density, voltage and power density.

The PEMFC performance can be measured as the relation between voltage and current density produced from fuel cell as shown in figure.

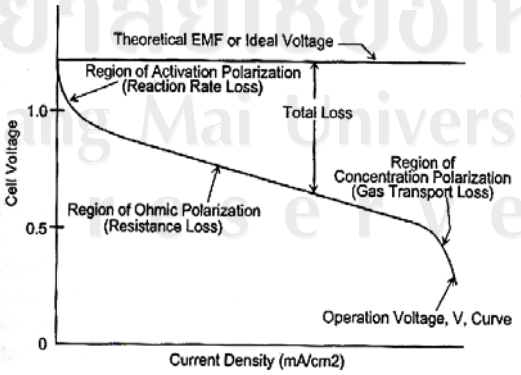


Fig1. The relation of electric potential and current density [9].

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

According to the theory of polarization (IV) curve, the best relation of ideal voltage and current density should be parallel with current density line. But in the real performance condition, the voltage would be decreased when the current density was higher which reduced reactive performance.

In the first period, called reaction rate losses, the voltage is sharply decreased because the catalyst capacity is not enough during the reaction. The second period, called resistance loss, the voltage is gradually decreased while the current density was increasing due to the resistance of electrolyte or membrane is limited in transferring hydrogen-ion. Such reaction causes the decreasing in proton conductivity. In the third period, called Gas Transport Losses, voltage was sharply decreased again because the reactive area inside the gas channel was reduced by productive water which is called Diffusion Limiting.

3. EXPERIMENTAL

3.1 Experimental Station

(a) Single cell set-up

The experimental PEMFC was constructed from a Nafion 117 membrane, 12.5-mm thickness graphite polar plates, with serpentine flow field having 1-mm width gas channel, and an electrode from E – tek having 0.5 mg Pt/cm^2. The cell reactive area was 25 cm^2. Fuel cell assembly was done manually at the department of mechanical engineering, CMU.

(b) Humidifier system set-up

The humidification system was composed of hydrogen and oxygen feed system, a mass flow controller (MFC), a humidifier chamber, an electric heater controller with thermostat, few manual on/off valves, an electronic load from Acer, and a data acquisition system. The humidifier chamber was made of stainless steel, and had cylindrical shape with 500 cm^3 capacity. When the fuel cell was operating, productive electricity was drawn to the electronic load. Measurement was done for current density (in milli Ampere per square centimeters) and voltage (in Voltz) under various operating conditions. The measured data was monitored on computer screen and recorded automatically. Temperature, current and voltage control were easily performed using our data acquisition written by Lab View program.

3.2 Experimental Procedure

(a) Humidification at electrodes

The major factor in consideration was to identify which electrodes should be under humidification: anode or cathode. The experiment was operated under four conditions; humidification at anode only, humidification at cathode only, humidification at both anode and cathode, and without humidification at anode and cathode. Gas flow rate at cathode and anode was maintained at 250 sccm, and humidification temperature was controlled at 50 ^{o}C. The humidified fuel gas flow by-pass to the fuel cell directly. When the desired voltage was about 0.9 to 1.0 V, the current was drawn to the electronic load. The current density (mA/cm^2) and voltage (V) produced from fuel cell was measured and recorded. These results were plotted to obtain the polarization (IV) curve of the cell so that the best conditions could be identified.

(b) Gas flow rates and humidifier temperatures

Distilled and degasses water was filled into the chamber about 3/4 of full capacity. The 500 W electric heater was located at the center of cylinder and wrapped by the inlet gas tube to prolong gas heating period. The end of inlet gas tube was covered by an air distribution plug to increase contact area of the fuel gas with stream.

Humidifier temperature was controlled at 40, 50 and 60 °C. The humidifier was heated until the designed water vapor temperature was reached. Then, dry fuel gases (H_2 or O_2) flowed through the humidifier and carried evaporated water vapor away. The humidified gas would then flow into the fuel cell. The hydrogen and oxygen flow rates was controlled at 50, 100, 150, 200 and 250 sccm. The current density (mA/cm^2) and voltage (V) produced from fuel cell was measured and recorded. The results were plotted to obtain the polarization (IV) curve of the cell in order to identify the most appropriate gas flow rate and humidifier temperature.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Results in Electrode Humidification

Figure 2 showed the relation of electric potential and current density at different controlled conditions. It implied that condition no. 3 (humidification at both anode and cathode) gave the most effective fuel cell performance, because humidity inside the membrane was maintained in the appropriate level for all reaction processes. In case of without humidification (condition no. 4) at both electrodes, the poorest performance was found because the lack of humidity or moisture

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

content led to lower reaction kinetics. Humidification only at anode (condition no. 1) gave better performance efficiency than at cathode only (condition no. 2). The proton conductivity depends mainly on humidity at H_2-side or anode. During electric current consuming, heat was generated inside the cell causing reduction of cell humidity. At the end of fuel cell operation, membrane humidity was not sufficient to maintain proton conductivity. Therefore, fuel cell has lower performance. In case of humidification only at cathode or O_2-side, adding moisture for a period of time decreased cell performance. The water content in cell might block the gas passage and reduce reactive area. Consequently the reaction rate was terminated.

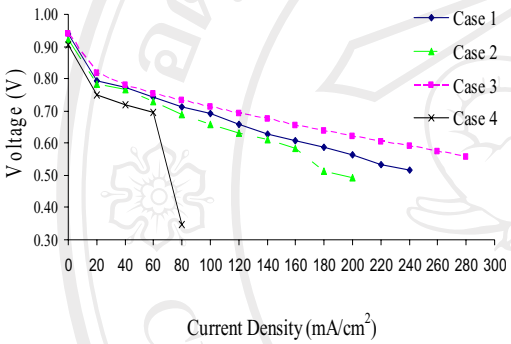
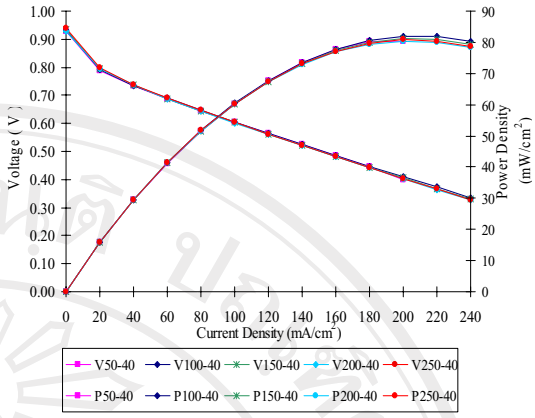


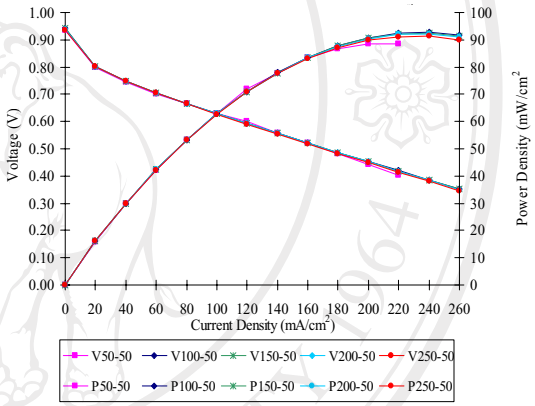
Fig 2. The relation of electric potential and current density at different controlled conditions.

4.2 Results in gas flow rates and humidifier temperatures

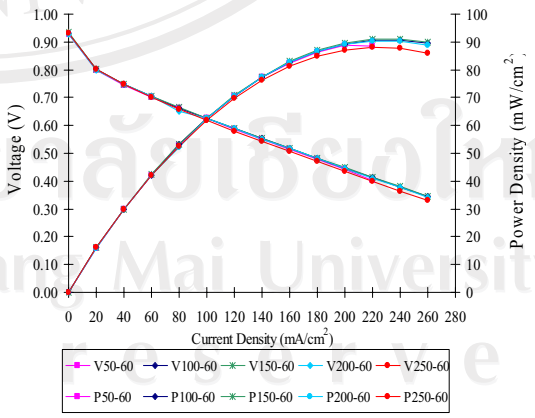
The flow rate of hydrogen and oxygen was controlled at 50, 100, 150, 200 and 250 sccm, and the temperatures of humidifier was controlled at 40, 50 and 60 °C. The results in Figure 3(a), (b) and (c) showed the relation of voltage and power density with current density when the humidification temperature were at 40 °C, 50 °C and 60 °C, respectively. Generally, the difference of voltage and power density from various temperatures and flow rates was small. The difference was obviously seen when the current density larger than 150 mA/cm^2. The highest power densities obtained in case 40 °C and 50 °C were 80.40 mW/cm^2 and 91.72 mW/cm^2. However, at higher humidity temperature (60 °C), gas flow rate of 150 sccm was required to produce maximum power density about 89.90 mW/cm^2. Moderate flow rate about 100 – 150 sccm, with humidification at both cathode and anode sides, could provide similar power density to that of larger flow rate case. Also, this single cell could provide highest power density although it was operated at moderate humidification temperature of 50 °C.



(a) Humidification Temperature 40 °C



(b) Humidification Temperature 50 °C



(c) Humidification Temperature 60 °C

Fig 4. The relation of voltage and power density with current density under various flow rates and humidification temperatures.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

The best fuel cell performance efficiency was found under condition of 100-sccm gas flow rate and 50 °C humidifier temperature. Maximum power density from this case is higher than 40 ^{o}C and 60 ^{o}C cases approximately 12.34 % and 1.98 %, respectively.

5. CONCLUSION

A single PEMFC was experimented by conducting external humidification either anode or cathode, or both, or without. Humidification at both electrodes could provide best performance efficiency indicated by IV curve comparison. The fuel cell with humidification at cathode and anode was operated at different temperature and H_2/O_2 gas flow rates. The highest power density, 91.72 mW/cm^2, was obtained at 50 ^{o}C and 100 sccm operating condition. Therefore, the external water management using humidifier resulted in better performance. In the next stage, stack cells with humidification will be investigated under other operating conditions, such as installing hygrometer at the experimental station to measure relative humidity of fuel gas, or studying appropriate time in humidification at oxygen.

6. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the National Metal and Materials Technology Center, Thailand (MTEC) and the Energy Policy and Planning Office, Thailand (EPPO) for their financial support. The authors also thank Dr. Yottana Kunathorn for his useful advice throughout this work.

7. REFERENCES

[1] L.J. Blomen, M.N. Mugerwa, Fuel Cell System, Plenum press, New York, 1993.

[2] Choi, K.H., Peck, D.H., Kim, C.S. and Shin, D.R., "Water transport in polymer membranes for PEMFC" Journal of Power Sources, 86, 1999,pp:197-201

[3] Costamagna, P., "Transport phenomena in polymeric membrane fuel cells" Chemical Engineering Science, 56, 2001, pp: 323-332.

[4] Djilali, N. and Lu, D., "Influence of heat transfer on gas and water transport in fuel cells" International Journal of Thermal Science, 41, 2001, pp:29-40.

[5] Kwak, S.H., Yang, T.H., Kim, C.S. and Yoon, K.H., "The effect of platinum liading in the self humidifying polymer electrolyte membrane on water uptake" Journal of Power Sources, 2003, pp: 1-5.

[6] Janssen, G.J.M. and Overvelde, M.L.J., "Water transport in the proton-exchange-membrane fuel cell : measurements of the effective drag coefficient" Journal of Power Sources, 2001, pp:117-125.

[7] Costamagna,P., "Transport phenomena in polymeric membrane fuel cells" Chemical Engineering Science , 56, 2001, pp : 323-332

[8] Duksu Hyun, Junbom Kim, "Study of external humidification method in proton exchange membrance fuel cell" Journal of Power Sources, 126, 2004, pp: 98-103.

[9] http://www.princetonappliedresearch.com/products/markets/fuel_cell.cfm

Wipawadee Wongsuwan

Asst. Prof. in Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Dept. of Mechanical Engineering
Chiang Mai University, Thailand.
wipawadee@dome.eng.ac.th

Pornpimon Phetwattana

Faculty of Engineering
Dpt. of Mechanical Engineering
Chiang Mai University
Thailand
pun_ph@hotmail.com

"Enjoy with your life"

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพรพิมล เพ็ชรวัฒนา
วัน เดือน ปี เกิด	12 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม ปีการศึกษา 2541
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ (อิเล็คทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2546
ทุนการศึกษา	ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ (สนพ.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved