



## ผลการทดลองและอภิปราย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองเพื่อหาสมการประสิทธิภาพ ผลต่างของความดันและ เวลาคงที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ การหาอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูด การอภิปราย การเปรียบเทียบ ผลการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

## 4.1 ผลการทดลอง

ผลการทดลองเพื่อหาสมการประสิทธิภาพ ผลต่างของความดันและ เวลาคงที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ ได้แสดงไว้เป็นกราฟในรูปที่ 4-1, 4-2, 4-4 และ 4-5 ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ข. และตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ค. ซึ่งรายละเอียดผลการทดลองมีดังนี้

ในรูปที่ 4-1 เป็นผลการทดลองหาสมการประสิทธิภาพที่ได้ภายในหนึ่งวันและเขียนเป็นสมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียลได้เป็น

$$\frac{\eta}{\gamma} = 0.6927 - 0.0071534 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q} - 0.0000238 \frac{\overline{\Delta T}^2}{\gamma Q} \quad (4-1)$$

$$R^2 = 0.9995 \quad (4-2)$$

สมการประสิทธิภาพแบบเอกโพเนนเชียลเขียนได้เป็น

$$\frac{\eta}{\gamma} = 0.6857 - 0.0049958 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q}^{1.127} \quad (4-3)$$

$$R^2 = 0.9972 \quad (4-4)$$

และสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรงเขียนได้เป็น

$$\frac{\eta}{Y} = 0.7044 - 0.0084122 \frac{\overline{\Delta T}}{YQ} \quad (4-5)$$

$$R^2 = 0.09961 \quad (4-6)$$

เมื่อ  $N = 16$

ในรูปที่ 4-2 เป็นผลการทดลองหาสมการประสิทธิภาพที่ได้จากหลาย ๆ วัน และเขียนเป็นสมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียลได้เป็น

$$\frac{\eta}{Y} = 0.6824 - 0.0065354 \frac{\overline{\Delta T}}{YQ} - 0.0000356 \frac{\overline{\Delta T}^2}{YQ} \quad (4-7)$$

$$R^2 = 0.9909 \quad (4-8)$$

สมการประสิทธิภาพแบบเอกโพเนนต์เขียนได้เป็น

$$\frac{\eta}{Y} = 0.6772 - 0.0042957 \frac{\overline{\Delta T}^{1.165}}{YQ} \quad (4-9)$$

$$R^2 = 0.9905 \quad (4-10)$$

และสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรง เขียนได้เป็น

$$\frac{\eta}{Y} = 0.6973 - 0.0082465 \frac{\overline{\Delta T}}{YQ} \quad (4-11)$$

$$R^2 = 0.9865 \quad (4-12)$$

เมื่อ  $N = 64$

ในรูปที่ 4-4 เป็นผลการทดลองระหว่างผลต่างของความดันกับอัตราการไหลของของไหล ส่วนรูปที่ 4-5 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เพื่อหาเวลาคงที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะได้เท่ากับ 6.5 นาที

จากผลการทดลองในรูปที่ 4-1 และ 4-2 เมื่อตรวจสอบค่าผิดพลาดแล้วจะอยู่ในเงื่อนไข 1 % ของการใช้อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหลแทนอุณหภูมิที่แท้จริงของของไหลได้อย่างเช่นจากรูป 4-1 เมื่อค่า  $a = 0.6927$ ,  $b_0 = 0.0071534$ ,  $b_1 = 0.0000238$  และ  $\gamma_Q = 0.8823$  จะได้ค่า  $Z_i = -0.0699$ ,  $Z_1 = 0.2455$ ,  $Z_2 = 0.4734$ ,  $Z_3 = 0.6402$  และ  $Z_4 = 0.7552$  ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าผิดพลาดไม่เกินเงื่อนไข 1 % ได้จากรูปที่ 2-3 เมื่อกำหนดค่า  $Z_i = -0.0699$  ก็จะได้ค่าสูงสุดของ  $Z_1 = 0.250 > 0.2455$  เมื่อกำหนดค่า  $Z_1 = 0.2455$  ก็จะได้ค่าสูงสุดของ  $Z_2 = 0.475 > 0.4734$  เมื่อกำหนดค่า  $Z_2 = 0.4734$  ก็จะได้ค่าสูงสุดของ  $Z_3 = 0.641 > 0.6402$  และเมื่อกำหนดค่า  $Z_3 = 0.6402$  ก็จะได้ค่าสูงสุดของ  $Z_4 = 0.756 > 0.7552$  ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ค. และเมื่อตรวจสอบค่าผิดพลาดที่ไม่เกินเงื่อนไข 1 % จากข้อมูลการทดลองทั้งหมดแล้วปรากฏว่ายังอยู่ในเงื่อนไขที่สามารถใช้อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหลแทนอุณหภูมิที่แท้จริงของของไหลได้

การหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดโดยการคำนวณจากอุณหภูมิเฉลี่ยของของไหลที่ได้จากการทดลองจะได้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดเท่ากับ  $65.78^{\circ}\text{C}$ . (แสดงไว้ในภาคผนวก ค.) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดที่วัดได้จากแผงรับแสงอาทิตย์โดยตรงจะมีค่าเท่ากับ  $65.65^{\circ}\text{C}$ . และถือได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งตามความเป็นจริงค่าแตกต่างระหว่างการคำนวณกับการทดลองอาจจะมีค่ามากกว่านี้ เนื่องจากการวัดอุณหภูมิจะวัดได้ค่าละเอียดถูกต้อง  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . และเนื่องจากการไหลของน้ำในแผงรับแสงอาทิตย์เป็นการไหลแบบธรรมชาติ (natural circulation) จึงให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างท่อ กับน้ำที่ใช้ในการคำนวณประมาณ  $300 \text{ วัตต์}/(\text{m}^2\text{-}^{\circ}\text{C})$  ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดที่วัดได้โดยตรงเป็นค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดเพียงสามจุดเท่านั้น และเป็นค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต (arithmetic mean) ด้วย

#### 4.2 การอธิบายผลการวิจัย

การทดสอบเพื่อหาสมการประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ เป็นการทดสอบด้วยการใช้แผงรับแสงอาทิตย์จำนวน 4 แผงต่อกัน โดยแต่ละแผงต้องมีลักษณะเหมือนกัน (ผลิตจากบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบด้วยวิธีนี้กับวิธีทั่ว ๆ ไป ที่ทดสอบด้วยการใช้แผงรับ

$$\dot{m} = 0.008583 - 0.008593 \text{ kg/s.}$$

$$T_a = 28.8 - 30.0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 23.9 - 24.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.8826 - 0.8967 \text{ kW/m}^2$$

$$V = 1.0 - 1.5 \text{ m/s.}$$

$$\text{--- } \frac{\eta}{\gamma} = 0.6927 - 0.0071534 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q} - 0.0000238 \frac{\overline{\Delta T}^2}{\gamma Q}$$

$$R^2 = 0.9995$$

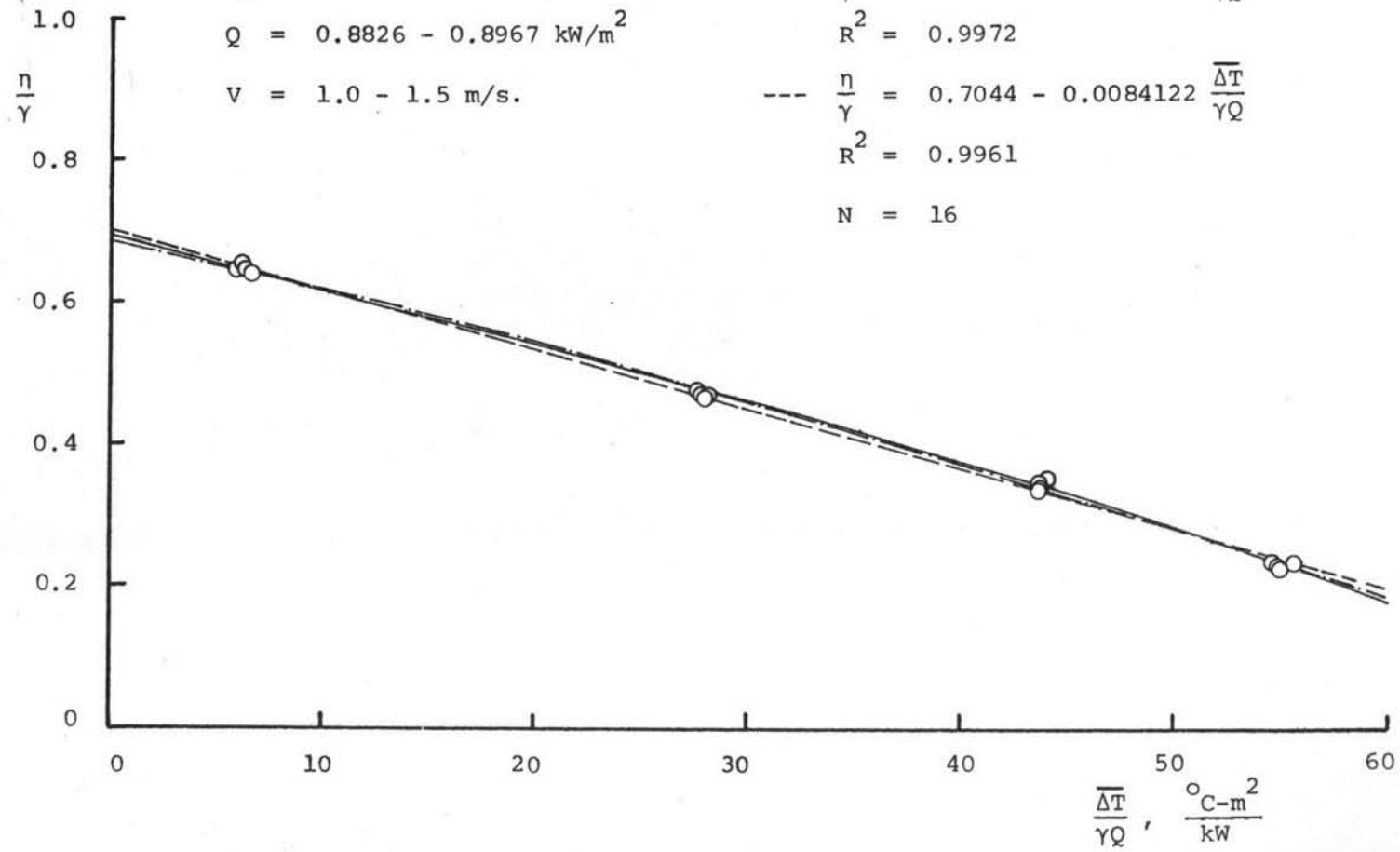
$$\text{--- } \frac{\eta}{\gamma} = 0.6857 - 0.0049958 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q} \quad 1.127$$

$$R^2 = 0.9972$$

$$\text{--- } \frac{\eta}{\gamma} = 0.7044 - 0.0084122 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q}$$

$$R^2 = 0.9961$$

$$N = 16$$



รูปที่ 4-1 แสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ในวันที่ 16 มกราคม 2524

$$\dot{m} = 0.007556 - 0.0215 \text{ kg/s.}$$

$$T_a = 28.8 - 32.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 23.9 - 27.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.7140 - 0.9116 \text{ kW/m}^2$$

$$v = 1.0 - 1.5 \text{ m/s.}$$

$$\text{---} \frac{\eta}{\gamma} = 0.6824 - 0.0065354 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q} - 0.0000356 \frac{\overline{\Delta T}^2}{\gamma Q}$$

$$R^2 = 0.9909$$

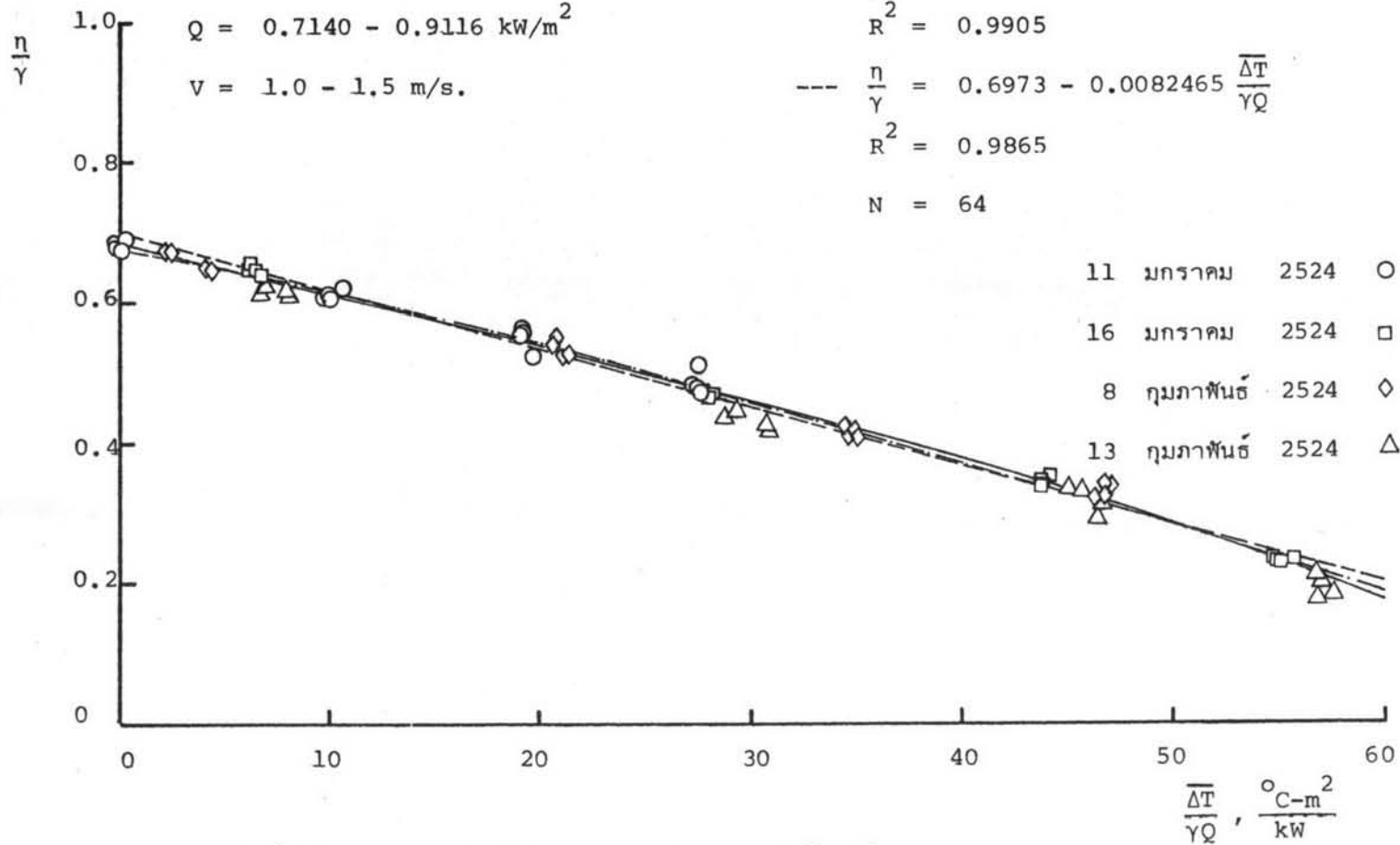
$$\text{---} \frac{\eta}{\gamma} = 0.6774 - 0.0042957 \frac{\overline{\Delta T}^{1.165}}{\gamma Q}$$

$$R^2 = 0.9905$$

$$\text{---} \frac{\eta}{\gamma} = 0.6973 - 0.0082465 \frac{\overline{\Delta T}}{\gamma Q}$$

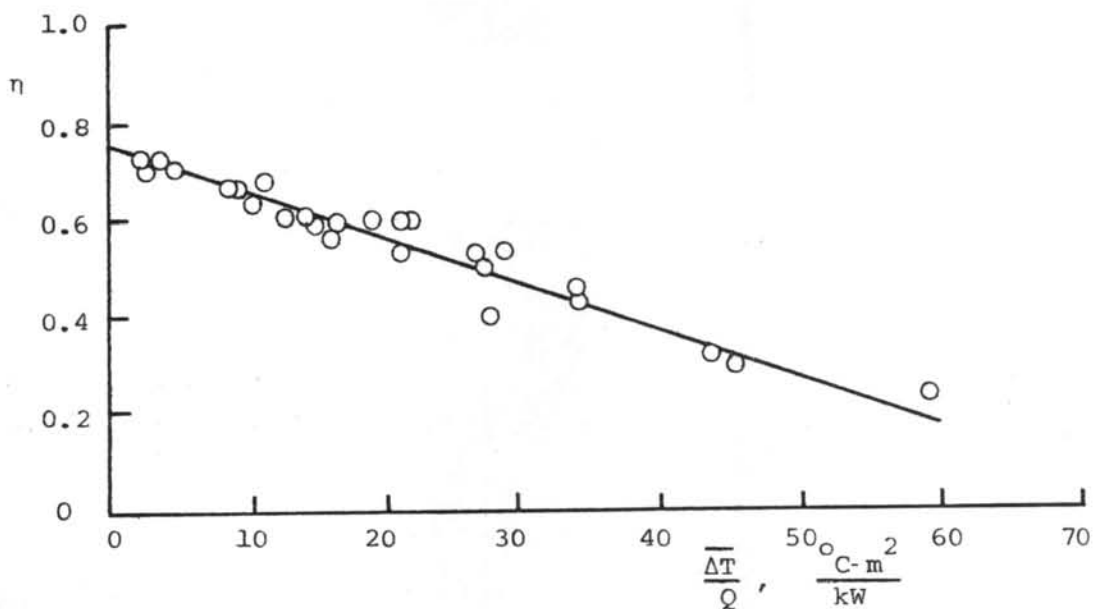
$$R^2 = 0.9865$$

$$N = 64$$



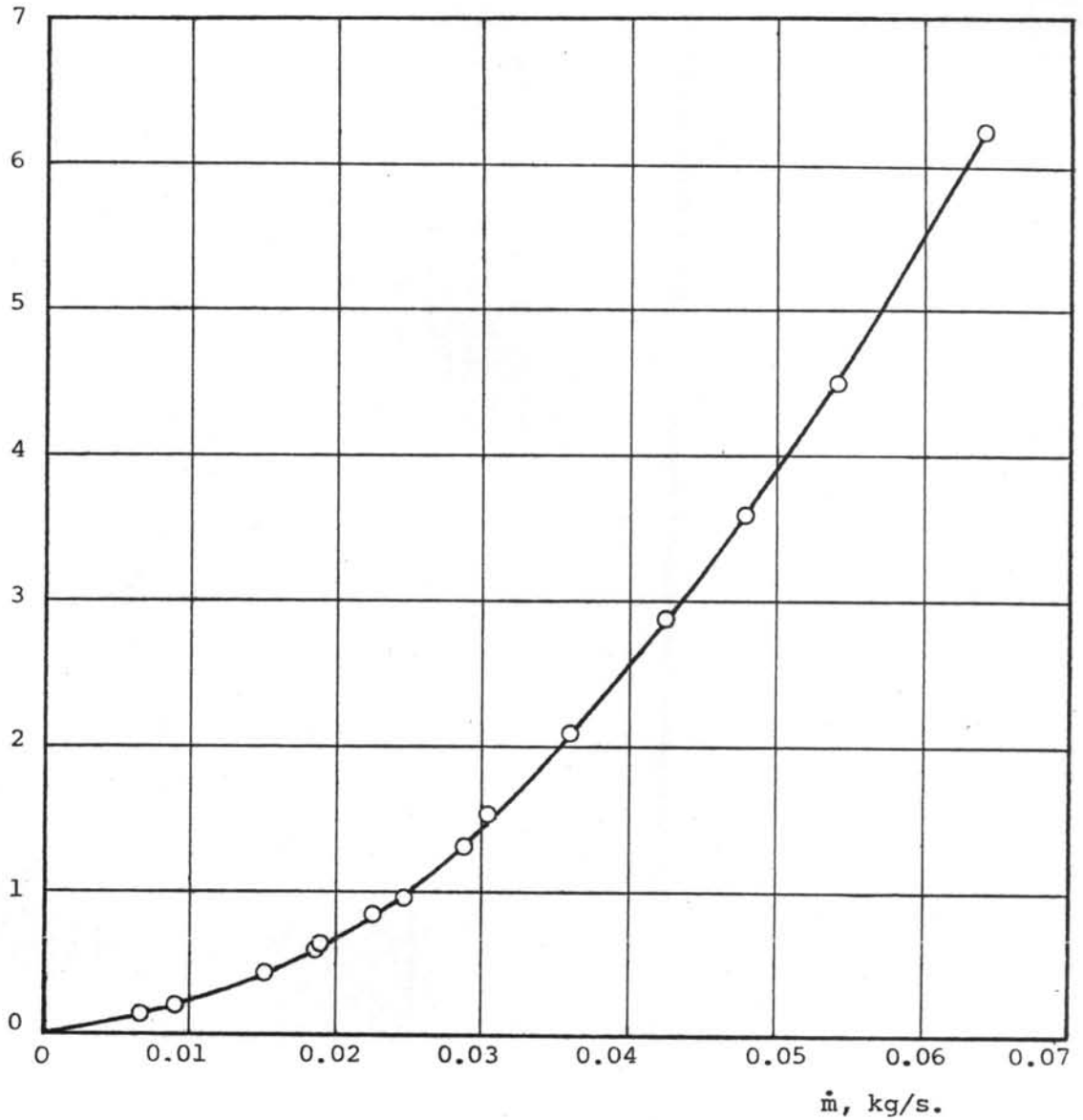
รูปที่ 4-2 แสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์รวมสัวัน

0.3 m by 0.3 m Flat-Plate Collector single glass cover  
 plate .15 m styrofoam edge insulation  
 .15 m styrofoam back insulation  
 copper tube on copper plate absorber surface, carbon  
 black-silicon dioxide paint.

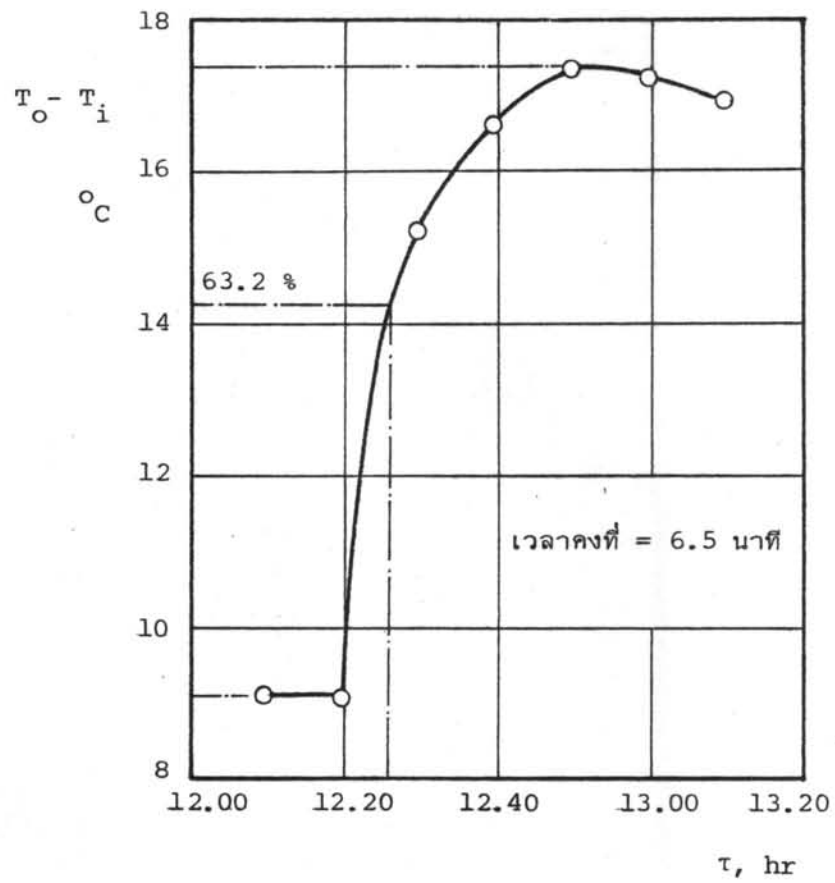


รูปที่ 4-3<sup>(10)</sup> แสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งใช้จำนวนแผงรับแสงอาทิตย์ทดสอบ  
 เพียงหนึ่งแผง (instantaneous condition)

$\Delta P$ , cm. of  $H_2O$

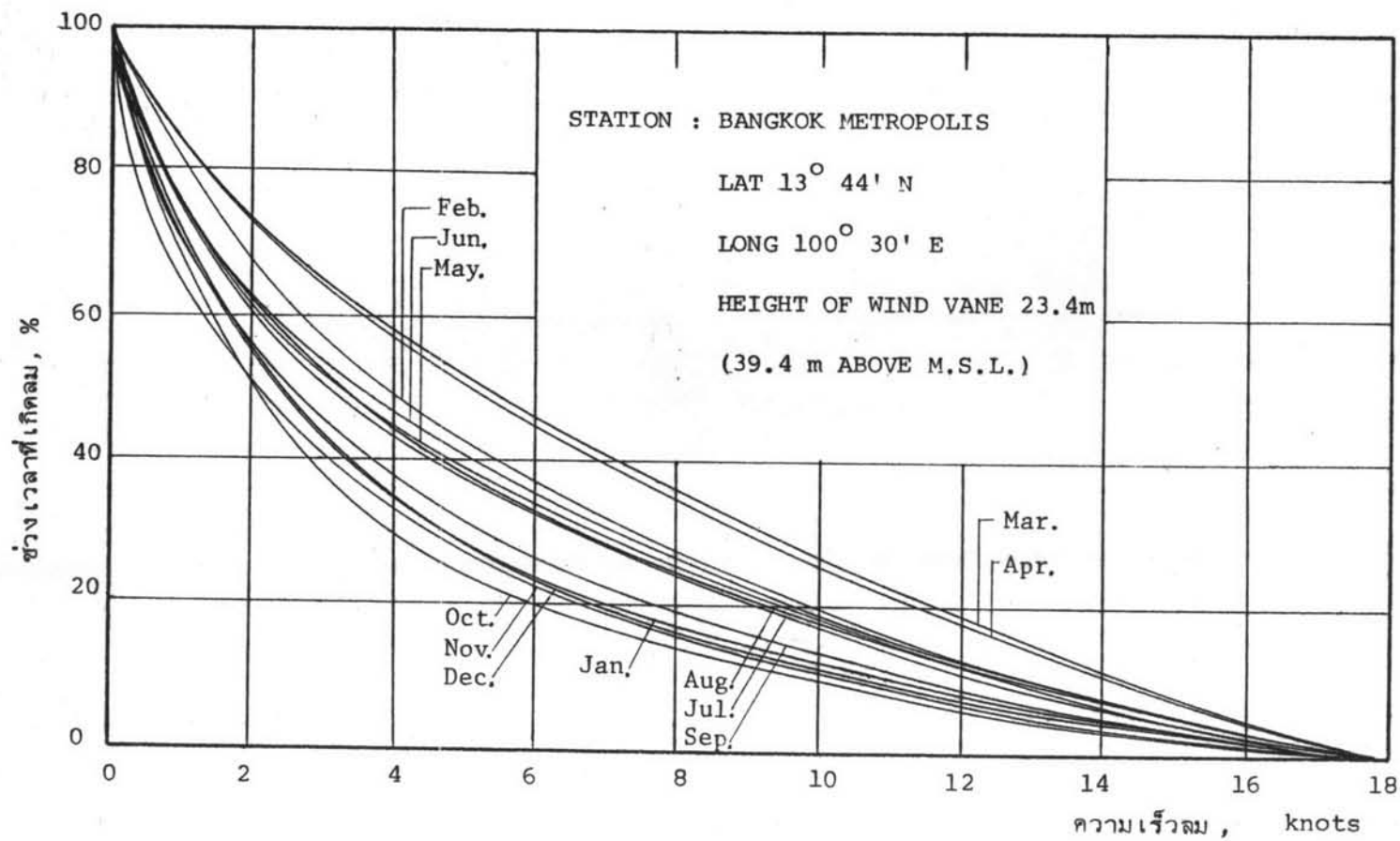


รูปที่ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของความดันกับอัตราการไหลของของไหลของแผงรับแสงอาทิตย์หนึ่งแผง



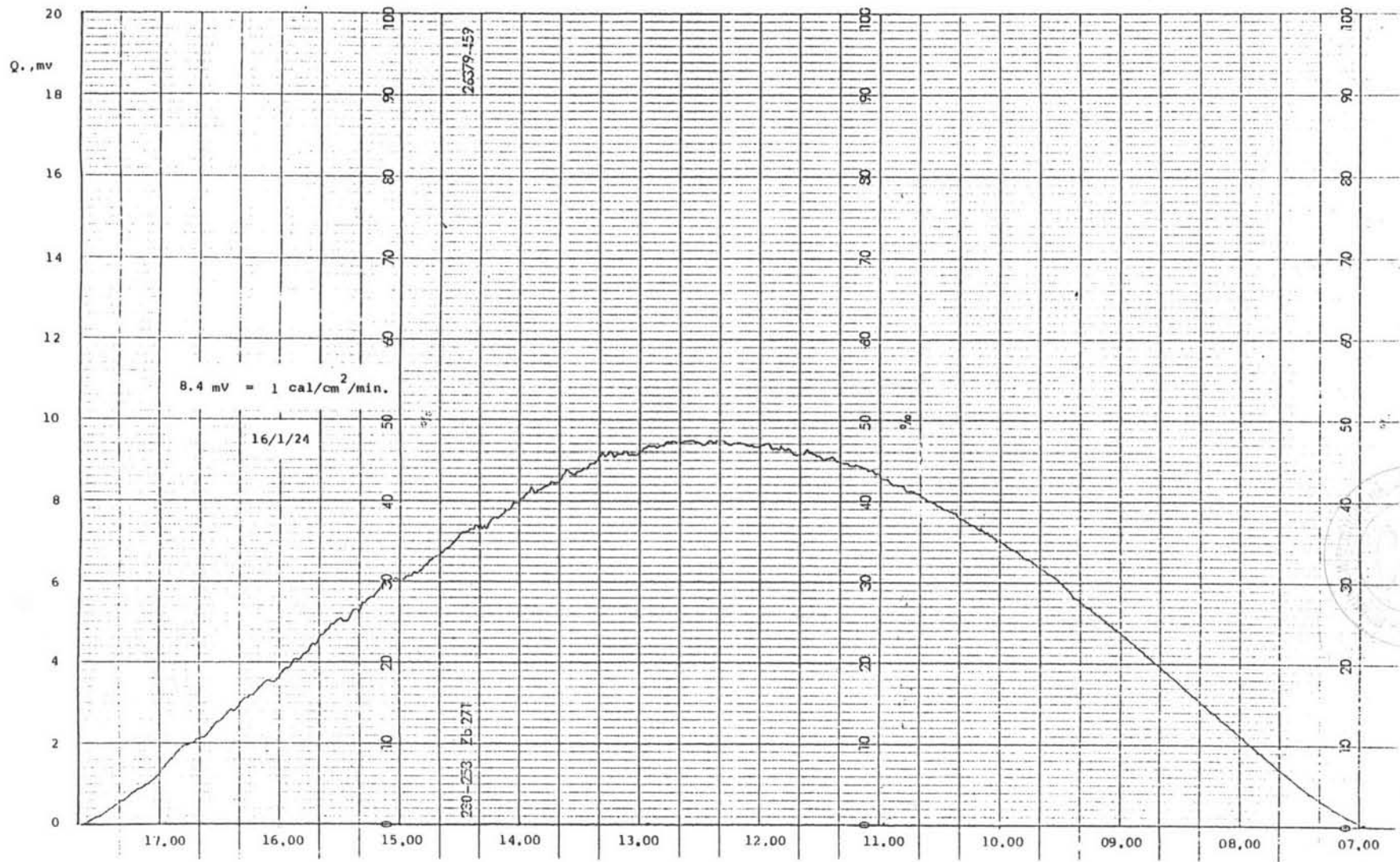
รูปที่ 4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาเพื่อหา  
เวลาคงที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ในวันที่ 16  
กุมภาพันธ์ 2524





รูปที่ 4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับช่วงเวลาที่เกิดลม (แหล่งจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

1 knot = 1.853 km/h.



รูปที่ 4-7 ตัวอย่างแผ่นกราฟบันทึกอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่มีสภาวะอากาศท้องฟ้าแจ่มใสตลอดวัน ซึ่งวัดในแนวพื้นระดับ

แสงอาทิตย์จำนวนหนึ่งแผง (ดูรูปที่ 4-3) จะเห็นได้ว่าการทดสอบด้วยวิธีนี้สามารถทำให้ช่วง อุณหภูมิของของไหลที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์สูงตามความต้องการได้โดยไม่ต้องมีฮีทเตอร์ (heater) ช่วยและข้อมูลที่ได้ในการบินทุกแต่ละครั้งก็จะมากกว่าวิธีทั่ว ๆ ไปที่ใช้แผงรับแสงอาทิตย์หนึ่งแผงประมาณ 4 เท่า ทำให้ใช้ระยะเวลาในการทดสอบน้อยกว่า ซึ่งในวันที่มีสภาวะอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส (ดูรูปที่ 4-7) จะได้ผลการทดลองอย่างรวดเร็วที่สุดภายในหนึ่งวัน เมื่อเปรียบเทียบผล การทดลองจากรูปที่ 4-1 กับวิธีทั่ว ๆ ไปในรูปที่ 4-3 ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทดสอบ หลายวัน จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองด้วยวิธีนี้จะรวมกลุ่มกันดีกว่าข้อมูลที่ได้จากการ ทดสอบหลายวัน ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาวะอากาศในแต่ละวันที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น อุณหภูมิของ บรรยากาศล้อมรอบ ความเร็วลมและอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเป็นต้น นอกจากนี้ยังมี ผลทำให้ค่าคงที่  $a$ ,  $b_0$ ,  $b_1$  ของสมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียลหรือค่าคงที่  $a$ ,  $b$ ,  $p$  ของสมการประสิทธิภาพแบบเอกโพเนนท์ ที่ได้จากการทดลองในแต่ละวันแตกต่างกันไปบ้าง จาก การทดลองด้วยวิธีนี้ได้จัดรูปสมการประสิทธิภาพโดยให้ค่าคงที่  $a$  ไม่ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ แต่ให้ ค่า  $\gamma$  เป็นตัวประกอบขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ ฉะนั้น ทำให้สามารถเปรียบเทียบสมการประสิทธิภาพ ระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์ต่างชนิดกันได้

การเปรียบเทียบผลการทดลองของสมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียล กับสมการประสิทธิ ภาพแบบเอกโพเนนท์ และกับสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรง ดูได้จากรูปที่ 4-1, 4-2 และภาค ผนวก ข. จะเห็นได้ว่า  $R^2$  (determination coefficient) ในรูปที่ 4-1 ของสมการ ประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียลจะมีค่าเท่ากับ 0.9995 ซึ่งเข้าใกล้หนึ่งมากที่สุด ซึ่งสมการประสิทธิ ภาพแบบเอกโพเนนท์มีค่าเท่ากับ 0.9972 และของสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรงมีค่าเท่ากับ 0.9961 จากการ เปรียบ เทียบด้วยข้อมูลเดียวกันนี้ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับ สมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียลจะมีความสัมพันธ์กันดีกว่าสมการประสิทธิภาพแบบ เอกโพเนนท์ และสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรงตามลำดับ ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้ชัดในตารางที่ 4-1 จาก ตารางที่ 4-1 นี้แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของสมการที่ (4-1) กับ สมการที่ (4-3) และกับสมการที่ (4-5) จะแตกต่างกันน้อยซึ่งถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความ

ตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างสมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียลกับสมการประสิทธิภาพแบบ เอกโพ เนนท์และกับสมการประสิทธิภาพแบบ เส้นตรง

จากสมการที่ 4-1, 4-3 และ 4-5 (ดูในรูปที่ 4-1) เมื่อ  $\gamma_Q = 0.8823 \text{ kW/m}^2$

$^{\circ}\text{C} - \text{m}^2/\text{kW}, \frac{\Delta T}{\gamma_Q} =$	0	10	20	30	40	50	60
สมการที่ (4-1), $\%, \frac{\eta}{\gamma}$	= 69.27	61.91	54.12	45.92	37.30	28.25	18.79
สมการที่ (4-2), $\%, \frac{\eta}{\gamma}$	= 68.57	61.98	54.18	45.85	37.15	28.16	18.95
สมการที่ (4-3), $\%, \frac{\eta}{\gamma}$	= 70.44	62.02	53.62	45.20	36.79	28.38	19.97
ผลต่างของ (4-1) กับ (4-2), %	= +1.01	-0.11	-0.11	+0.15	+0.40	+0.32	-0.85
ผลต่างของ (4-1) กับ (4-3), %	= -1.69	-0.18	+0.92	+1.57	+1.37	-0.44	-6.28

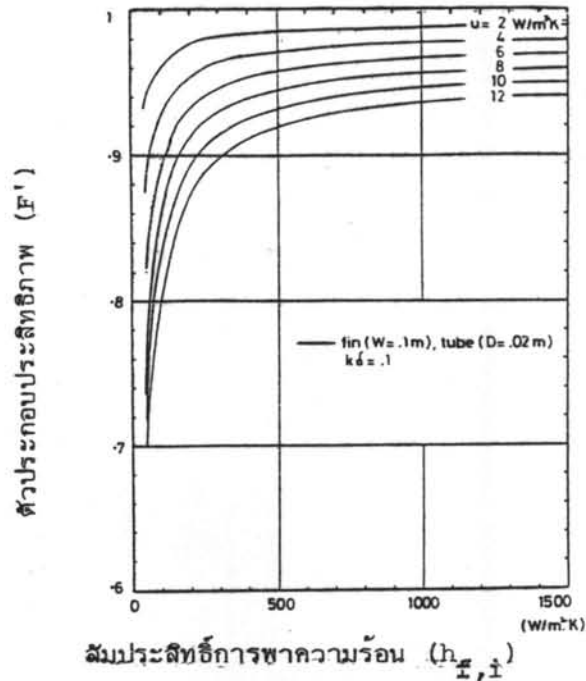
ร้อน ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เมื่ออยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำ ๆ ประมาณ  $\frac{\Delta T}{\gamma_Q} < 50$  และจะแตกต่างกันมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถือได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องมาจากการสูญเสียความร้อนจะมากขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ในการทดสอบเพื่อหาค่าคงที่  $a, b_0, b_1$  ของสมการประสิทธิภาพแบบโพลีโนเมียล สามารถคำนวณได้ด้วย เครื่องคำนวณธรรมดา ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแผงรับแสงอาทิตย์สามารถที่จะทำการทดสอบและคำนวณหาค่าคงที่ได้ง่าย ส่วนสมการประสิทธิภาพแบบ เอกโพ เนนท์จะหาค่าคงที่  $a, b, P$  ของสมการประสิทธิภาพต้องใช้วิธีอินทิเกรชันด้วยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาสำหรับบริษัทผู้ผลิตแผงรับแสงอาทิตย์ เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ในประเทศไทยยังมีใช้กันน้อย และยังมีข้อจำกัดที่ว่า ถ้าค่า  $\Delta T < 0$  ก็ไม่สามารถหาค่าคงที่  $a, b, P$  ได้ เนื่องจากการแก้สมการ เอกโพ เนนท์จะต้องทำให้  $\Delta T$  อยู่ในรูปของ  $\log_e$  และไม่สามารถที่จะหาค่าของ  $\log_e \Delta T$  เมื่อ  $\Delta T < 0$  ได้ สาเหตุที่ทำให้ค่าของ  $\Delta T < 0$  เพราะว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของของไหลที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าน้อยและอุณหภูมิขาเข้า

ของของไหลต่ำกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศล้อมรอบด้วย ส่วนสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรง การหาค่าคงที่ทำได้ง่ายตามวิธีลีเนียร์เกรสชันทั่ว ๆ ไป แต่ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับสมการประสิทธิภาพจะน้อยกว่าสมการสองแบบแรก ดังที่กล่าวมาแล้ว ฉะนั้น จากผลการวิจัยนี้สามารถระบุได้ว่าสมการประสิทธิภาพแบบโพสิโนเมียลเป็นสมการที่เหมาะสมมากที่สุด

ในการทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อหาสมการประสิทธิภาพที่อัตราการไหลต่าง ๆ กัน (อยู่ในภาคผนวก ข.) จากผลการทดลองของอัตราการไหลของของไหลที่ต่ำสุดจะอยู่ในช่วง 0.007556 - 0.008039 กก./ว. จะมีค่า  $a$  เท่ากับ 0.6634 เมื่ออัตราการไหลอยู่ในช่วง 0.008583 - 0.008593 จะมีค่า  $a$  เท่ากับ 0.6927 เมื่ออัตราการไหลอยู่ในช่วง 0.011513-0.011560 กก./ว. จะมีค่า  $a$  เท่ากับ 0.6905 และ เมื่ออัตราการไหลอยู่ในช่วง 0.02126-0.02150 กก./ว. จะมีค่า  $a$  เท่ากับ 0.6817 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่า  $a$  ที่อัตราการไหลต่าง ๆ กันแล้ว จะแตกต่างกันประมาณ 4.2 % และสามารถที่จะระบุได้ว่าที่อัตราการไหลต่าง ๆ ในช่วงที่ทำการทดลองจะมีผลต่อค่า  $a$  น้อย จากการคำนวณ ถ้าอัตราการไหลของของไหลเป็นการไหลแบบธรรมชาติ (natural circulation) แล้วจะมีอัตราการไหลประมาณไม่เกิน 0.180 กก./ว. ดังนั้น แสดงว่า อัตราการไหลของของไหลในช่วงที่ทำการทดลองยังอยู่ในช่วงการไหลแบบธรรมชาติ แต่ถ้าเป็นการไหลแบบมีแรงภายนอก (force turbulent circulation) แล้วค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากท่อสู่ของไหลภายในท่อจะมีค่ามากกว่าการไหลแบบธรรมชาติ ประมาณ 5 เท่า แต่ก็จะมีผลต่อค่า  $F'$  ไม่มากนัก ซึ่งค่า  $F'$  กับค่า  $a$  จะมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (2-8) และกิลเลตต์ (Gillett)<sup>(9)</sup> ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีผลต่อค่า  $F'$  ไว้ดังในรูปที่ 4-8 อย่างไรก็ตามดัฟฟีและเบคแมน (Duffie and Beckman)<sup>(8)</sup> ได้กล่าวไว้ว่าค่า  $F'$  นี้จะลดลงเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างท่อและจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นดูด การเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทั้งหมดจะทำให้  $F'$  ลดลง ในขณะที่เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลกับท่อจะทำให้ค่า  $F'$  เพิ่มขึ้น

สมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรงซึ่งใช้อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหล (สมการที่ 2-2) สามารถ



รูปที่ 4-8<sup>(9)</sup> แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบประสิทธิภาพ ( $F'$ )  
กับสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ( $h_{f,i}$ )

ที่จะ เปลี่ยนเป็นสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรง ซึ่งใช้อุณหภูมิจำกัดของของไหลได้ (สมการที่ 2-3) ดังนั้น สมการที่ (4-11) คือ  $\frac{\eta}{\gamma} = 0.6973 - 0.0082465 \frac{\Delta T}{\gamma Q}$  จะได้ค่า  $F'(\tau\alpha)_n = 0.6973$ ,  $F'U_L = 0.0082465$  และเมื่อเปลี่ยนเป็นสมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรงซึ่งใช้อุณหภูมิจำกัดของของไหลจะได้ค่า  $F_R(\tau\alpha)_n = 0.6524$ ,  $F_R U_L = 0.007715$  และเขียนเป็นสมการประสิทธิภาพได้  $\frac{\eta}{\gamma} = 0.6524 - 0.007715 \left( \frac{T_i - T_a}{\gamma Q} \right)$  (ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.) ซึ่งวิธีการทดสอบของ ASHRAE ก็ได้ใช้สมการประสิทธิภาพแบบเส้นตรงที่ใช้อุณหภูมิจำกัดของของไหล

การทดลองเพื่อหาผลต่างของความดันได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-4 จะเห็นได้ว่าช่วงการใช้ งานจริง ๆ ของอัตราการไหลจะอยู่ประมาณ  $0.02 \text{ กก./}(ว.-ม.^2)$  ซึ่งมีผลต่างของความดันวัดเป็นความสูงของน้ำจะมีค่าประมาณ 1.5 ซม. และถือได้ว่ามีผลต่อน้อย ทั้งนี้ เนื่องมาจากท่อของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดใหญ่ ( $\phi \frac{1}{2}$  นิ้ว) ฉะนั้น การสูญเสียความดันในท่อจึงมีน้อย

การทดลองเพื่อหาเวลาคงที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ หาได้จากรูปที่ 4-5 จะได้อ่านค่าของ เวลาคงที่ประมาณ 6.5 นาที ซึ่งในขณะที่ทดลองต้องสมมุติให้  $(\tau\alpha)_e$ ,  $U_L$ ,  $T_i$ ,  $Q$ ,  $C_p$  และ  $T_a$  คงที่ในช่วงการทดลองนั้น การหาเวลาคงที่นี้สามารถหาได้จากสมการซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ก. เมื่อรู้ค่าลักษณะ (characteristic) ของแผงรับแสงอาทิตย์เสียก่อน ซึ่งเวลาคงที่จะขึ้นอยู่กับ ตัวแปรหลายตัว คือ  $\tau = f(C, V_w, \dot{m})$

โดยที่  $\tau =$  เวลาคงที่

$V_w =$  ปริมาตรของน้ำที่บรรจุในแผงรับแสงอาทิตย์

$C =$  ความจุความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์

และเป็นการยากที่จะหาค่าของความจุความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ได้ในทางปฏิบัติ ฉะนั้น จะ เห็นได้ว่า การหาเวลาคงที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่หาจากกราฟ สามารถทำได้ง่ายกว่า

ในขณะที่ทำการทดลอง ความเร็วลมเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 1-1.5 ม./ว. ซึ่งผลของความเร็วมใน ช่วงนี้จะมีผลต่อประสิทธิภาพน้อย เมื่ออยู่ในช่วงอุณหภูมิค่า ๆ โดยทาเบอร์<sup>(20)</sup> ได้ทำการทดลองไว้เมื่อความเร็วลมที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์มีความเร็ว 2 ม./ว. ค่า  $\frac{\eta}{\gamma}$  จะแตกต่างจากการที่ไม่มีความเร็วลมที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เลยมีค่าเท่ากับ 0.2 % ที่  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ . 3.6 % ที่  $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ . และ 12.8 % ที่  $\Delta T = 60^\circ\text{C}$ . ตามลำดับ แต่ถ้าขณะทดสอบความเร็วลมเกินกว่า 2 ม./ว. ควรที่จะพิจารณาผลของความเร็วมที่มีต่อประสิทธิภาพ ด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับช่วงระยะเวลาที่เกิดลมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยทำการวัดที่กรุงเทพฯ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-6\*

ในการวัดอัตราการไหลของของไหลที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ เป็นการวัดด้วยการชั่งน้ำหนักของของไหลแล้วจับเวลา ฉะนั้น ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของไหลจึงไม่มีผลต่อการวัดอัตราการไหล ส่วนค่าความร้อนจำเพาะของของไหลซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิจะเปลี่ยน

\* แหล่งจากกรมอุตุนิยมวิทยา

แปลงน้อยกว่า 0.5 % ซึ่งดูได้จากตารางในภาคผนวก ก. ดังนั้น ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ในการวิจัยครั้งนี้ จึงให้ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำคงที่ที่ 4.19 กิโลจูลย์/ (กก. - °ค.)

ส่วนค่า  $\gamma$  ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อมุม  $\theta$  เปลี่ยนไปนั้นจะมีผลน้อยเมื่อมุม  $\theta < 40^\circ$  ฉะนั้นประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากวิธีนี้สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่คำนึงถึงค่า  $\gamma$  (ให้ค่า  $\gamma = 1$ ) เมื่อค่า  $\theta < 40^\circ$  ซึ่งประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จะผิดพลาดน้อยกว่า 5 % เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่คำนวณได้โดยคิดค่า  $\gamma$  ด้วย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้มีค่าถูกต้องมากที่สุด ก็จำเป็นจะต้องใช้ค่า  $\gamma$  จากรูปที่ 2-5 ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ด้วย