

## บทที่ 5

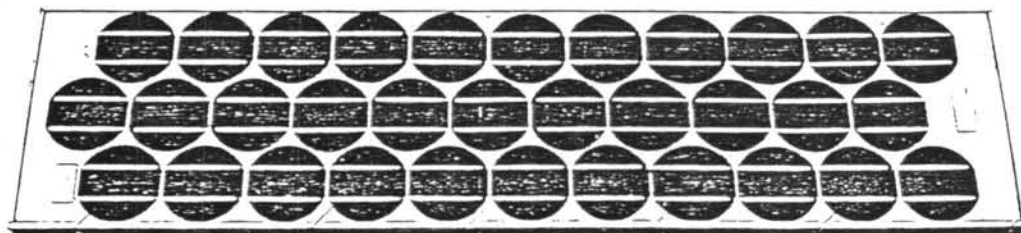
### การทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กที่ใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

#### อุปกรณ์ที่ใช้เป็นชุดทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็ก

##### แถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แถวแผงประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 30 วัตต์ จำนวน 3 แผง  
ต่อขนานกัน รายละเอียดของแผง ดูจากภาพที่ 5.1 มีดังนี้คือ

1. มีเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Single-crystal silicon solar cell) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ซม. ต่ออนุกรมกัน 33 เซลล์
2. ความกว้างของแผง 30.2 ซม. ยาว 121.7 ซม.หนา 3.8 ซม.
3. น้ำหนัก 4.9 กก.



ภาพที่ 5.1 แถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 30 วัตต์

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณลักษณะการทำงานของแผงที่ภาวะทดสอบต่าง ๆ  
(จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต)

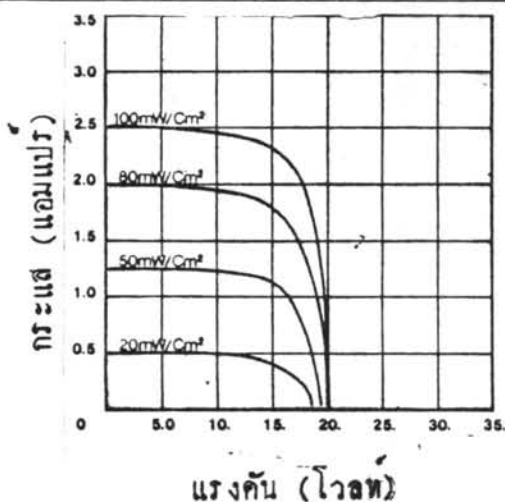
	1000 วัตต์/ม <sup>2</sup> 28° ซ	1000 วัตต์/ม <sup>2</sup> 45° ซ
แรงดันเปิดวงจร (โวลต์)	20.0	18.0
กระแสเปิดวงจร (แอมแปร์)	2.5	2.5
แรงดันที่จุดกำลังงานสูงสุด (โวลต์)	16.0	14.6
กระแสที่จุดกำลังงานสูงสุด (แอมแปร์)	2.05	2.05
กำลังงานสูงสุด (วัตต์)	33	30

แผงแต่ละแผงที่ผลิตขึ้นมาอาจให้คุณลักษณะที่ต่างจากในตารางไป  $\pm 10\%$

ที่ 45° ซ ถือเป็นอุณหภูมิทำงาน (Nominal operating cell temperature)  
ซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะดังนี้ คือ

1. ค่าการรับรังสี 800 วัตต์/ม<sup>2</sup>
2. อุณหภูมิอากาศ 20° ซ
3. ความเร็วลม 1 เมตร/วินาที
4. วางเอียงทำมุมกับผิวโลก และด้านหลังแผงเปิดไว้

คุณลักษณะกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



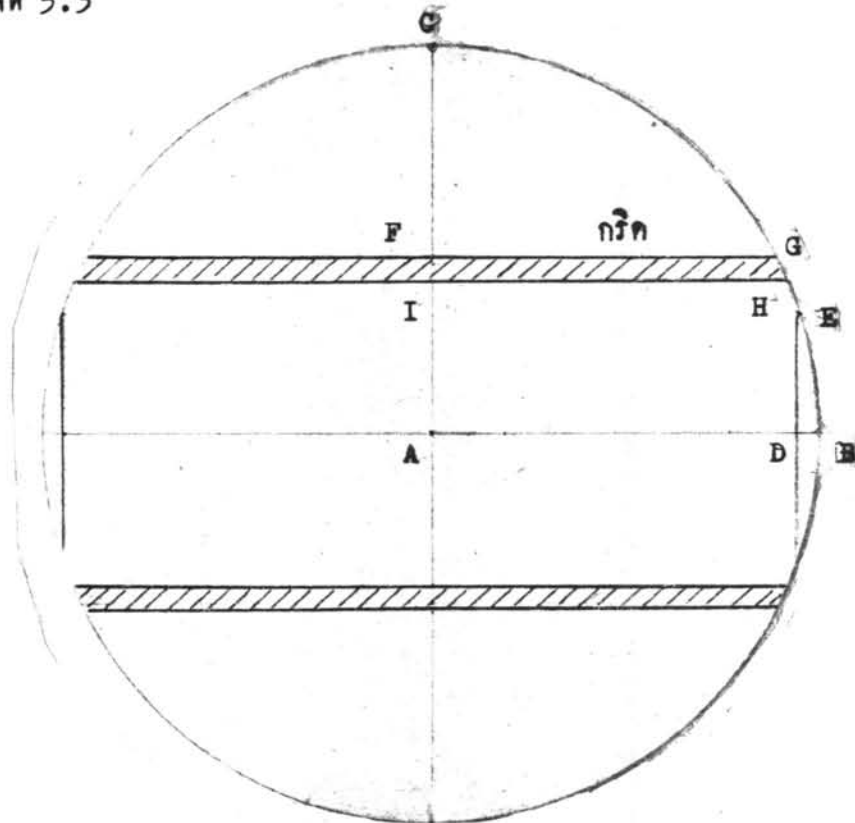
ภาพที่ 5.2 แสดงคุณลักษณะกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ ณ อุณหภูมิ 28° ซ

พื้นที่ของเซกเมนต์แสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

วิธีหา

1. วัดขนาดเซกเมนต์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ จากแผนของ ARCO
2. เขียนขนาดของกริด (แถบค้วนำบนเซลล์) โดยให้ใกล้เคียงกับของจริง

ตามภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 แสดงพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งเซลล์

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ sector ABC} &= \frac{1}{4} \pi r^2 = \frac{\pi}{4} \left( \frac{10.3}{2} \right)^2 = 20.83 \text{ ซม.}^2 \\ \text{พื้นที่สามเหลี่ยม BDE} &= \frac{1}{2} \times 0.25 \times 1.6 = 0.2 \text{ ซม.}^2 \\ \text{พื้นที่สี่เหลี่ยม FGHI} &= 4.6 \times 0.3 = 1.38 \text{ ซม.}^2 \end{aligned}$$

- ∴  $\frac{1}{4}$  ของพื้นที่รับแสง 1 เซลล์ =  $20.83 - 0.2 - 1.38 = 19.25 \text{ ซม.}^2$
- ∴ พื้นที่รับแสง 1 เซลล์ =  $19.25 \times 4 = 77.00 \text{ ซม.}^2$
- ∴ แผง 1 แผง มีเซลล์ 33 เซลล์ เพราะฉะนั้นพื้นที่รับแสงของแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3 แดวงขนานกัน จึงมีจำนวนเซลล์ 99 เซลล์

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น แดวงแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีพื้นที่รับแสง} & 77 \times 99 = 7623 \text{ ซม.}^2 \\ & = 0.7623 \text{ ม.}^2 \end{aligned}$$

### วิธีการวัดและคำนวณค่าต่าง ๆ

#### ค่าการรับรังสี (Irradiance)

วัดโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐาน ซึ่งได้ปรับเทียบแล้ว ค่าที่อ่านจากเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานเป็นค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ เซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานย่อมบ่งบอกค่าแรงดันที่ได้จากเซลล์ เมื่อค่าการรับรังสีเป็น 1 sun (1 sun) หรือ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร นั่นเอง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐาน SOLAREX กำหนดค่า ที่ 25 °C AMT ค่าการรับรังสี 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าแรงดันของเซลล์ได้ 136 มิลลิโวลต์ แต่ถ้าวัดอุณหภูมิประมาณ 40 °C ค่าแรงดันของเซลล์ได้ 143 มิลลิโวลต์ และมีเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานอีกตัวหนึ่ง ที่ 25 °C ค่าการรับรังสี 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าแรงดันของเซลล์ได้ 218 มิลลิโวลต์ แต่ถ้าวัดอุณหภูมิประมาณ 40 °C ค่าแรงดันของเซลล์ได้ 243 มิลลิโวลต์ เซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานของ Solarex ใช้กับเครื่องบันทึกค่าการรับรังสี ส่วนอีกเซลล์หนึ่งใช้วัดค่าการรับรังสีในขณะหนึ่ง ๆ

การที่อุณหภูมิสูงขึ้นแล้วแรงดันของเซลล์มากขึ้นเพราะ จากภาพที่ 2.5 หน้า 9 ที่แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่าง 0 ถึง ประมาณ 300 มิลลิโวลต์ ถ้าอุณหภูมิของเซลล์สูง กระแสจากเซลล์แสงอาทิตย์ย่อมมากขึ้นด้วย เป็นเหตุให้แรงดันของเซลล์มีค่ามากขึ้น แรงดันเซลล์ควรวัดความต้านทานค่าน้อย ๆ

#### ค่าการรับรังสีเฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมง

ใช้เครื่องบันทึกค่าการรับรังสีทุก ๆ 30 วินาที แล้วเก็บข้อมูลไว้เมื่อครบหนึ่งชั่วโมงก็ทำการเฉลี่ยค่าการรับรังสี 120 ค่านี้ แล้วเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อเรียกออกมาภายหลัง [13] เครื่องนี้สามารถบันทึกได้เป็นเวลาแปดชั่วโมงเป็นอย่างสูง ดังนั้น ถ้าเริ่มบันทึกค่าการรับรังสีตั้งแต่ 8 โมงเช้า ก็จะบันทึกค่าสุดท้ายตรงเวลา 16.00 น. ก็จะได้ค่าเฉลี่ย 8 ค่า ในแปดชั่วโมงที่ผ่านไป

อัตราการไหลของน้ำ (flow rate of water), (Q)

ใช้มาตรวัดน้ำ (flow meter) แบบมีเข็มละเอียดถึง 1 ลิตรต่อหนึ่งช่อง รอบหนึ่งมี 10 ช่อง ดังนั้นเข็มหมุน 1 รอบ คือน้ำไหลผ่านมาตรวัดน้ำ 10 ลิตร สังเกตเห็นว่าเข็มหมุนก่อนข้างคงที่ กระแสและแรงดันที่มอเตอร์ก่อนข้างคงที่ จึงบันทึกเวลาที่ใช้ในการสูบน้ำได้ 10 ลิตร (เข็มหมุนหนึ่งรอบ) อัตราการไหลของน้ำก็หาได้ด้วยสมการที่ (5.1)

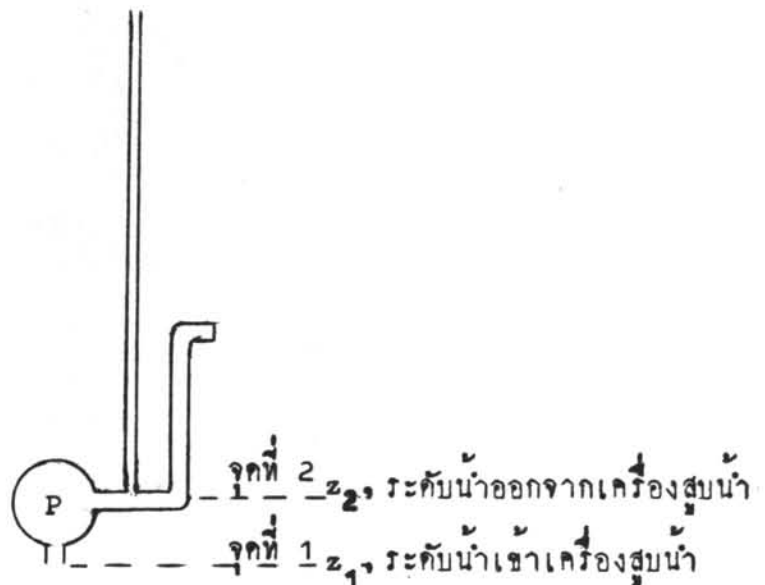
$$\text{อัตราการไหล} = \frac{10}{\text{เวลาที่บันทึก}} \times 10^{-3} \dots \text{ม}^3/\text{วินาที} \dots (5.1)$$

หัวจริง (actual head), (H)

จากสมการของเบอญลี (Bernoulli's equations) เขียนความสัมพันธ์ของค่าหัวระหว่างจุดที่ 1 กับจุดที่ 2 ในกรณีเครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ ดังภาพที่ 5.4 ได้ว่า

$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$H = \text{หัวจริงของเครื่องสูบน้ำ}$$



ภาพที่ 5.4 แสดงภาพการหาหัวจริงของระบบสูบน้ำ

$$H = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - \left( \frac{P_1}{\rho} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

ถ้าทอขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเดียวกัน  $\frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g}$

และกรณีเครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ  $\frac{P_1}{\rho} = 0$

$$H = \frac{P_2}{\rho} + (z_2 - z_1)$$

$\frac{P_2}{\rho}$  คือ ความสูงของน้ำในท่อไปโซมิเตอร์ ขณะเครื่องสูบน้ำออก (ม.)

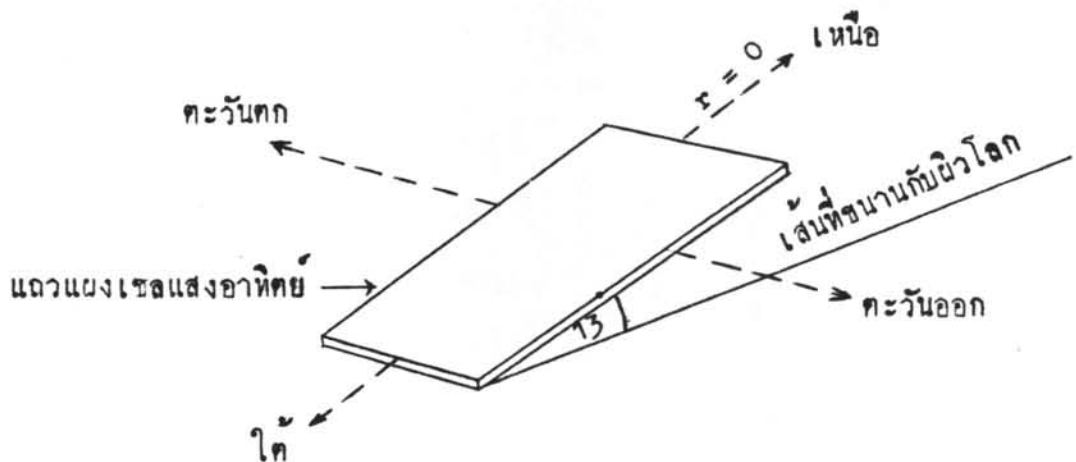
$z_2 - z_1 =$  ระยะทางของสองระดับ (ม.)

การคำนวณกำลังงานของน้ำ ( $P_w$ )

$$P_w = \rho Q H$$

มุมเอียงที่เหมาะสมตลอดปีสำหรับแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์

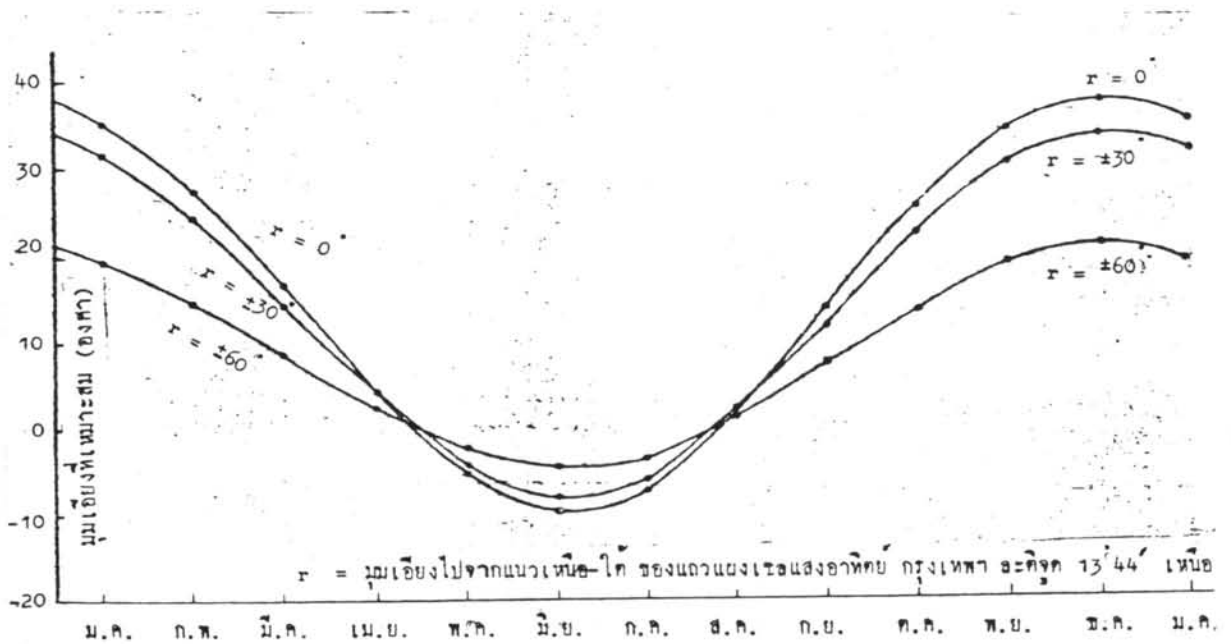
ถ้าแถวแผงอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มุมเอียงที่เหมาะสมตลอดปีมีค่าเท่ากับละติจูดที่แถวแผงนั้นตั้งอยู่ [14] เช่น ที่กรุงเทพฯ ละติจูด 13° 44' เหนือแถวแผงตั้งกล่าวก็ควรเอียงไปทางทิศใต้ ประมาณ 13° ทำมุมกับผิวโลก ดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 แสดงการติดตั้งแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม ณ กรุงเทพมหานคร

มุมเอียงที่เหมาะสมในแต่ละเดือนสำหรับแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ถ้ามีการปรับมุมเอียงประมาณเดือนละครั้ง ก็หาค่ามุมเอียงของแต่ละเดือนได้จาก ภาพที่ 5.6 ซึ่ง  $r$  คือ มุมที่แถวแผงเบนไปจากแนวเหนือ-ใต้ [15] ตัวอย่างเช่น  $r = 0$  เดือนกุมภาพันธ์ แถวแผงควรเอียงประมาณ 20 องศา เป็นต้น



ภาพที่ 5.6 มุมเอียงที่เหมาะสมในแต่ละเดือน เวลาเที่ยงวัน ณ กรุงเทพฯ

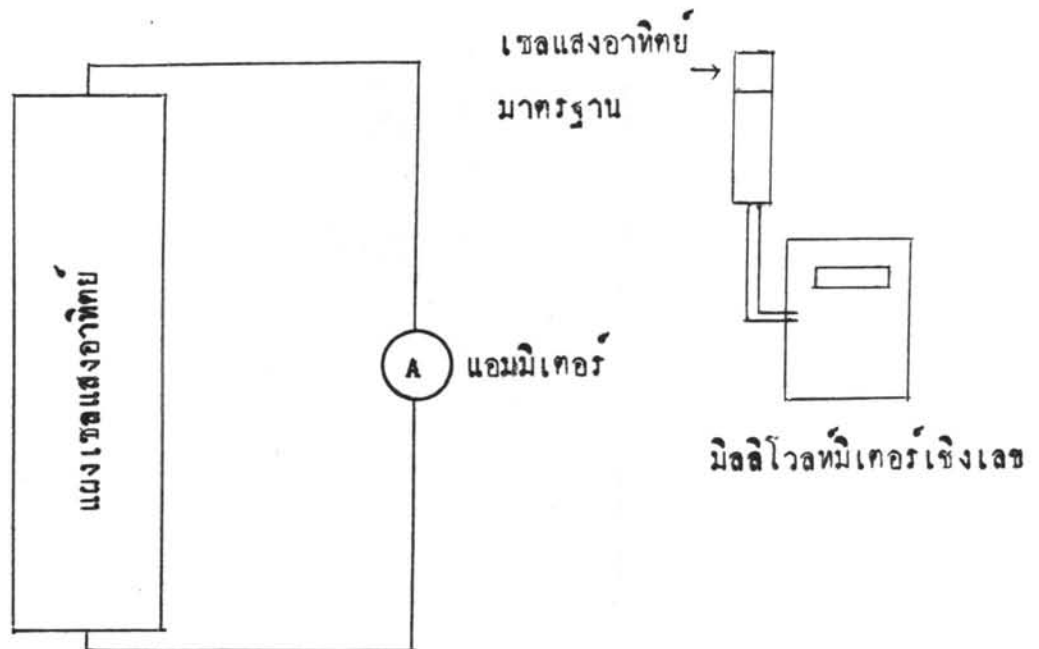
## การทดลองหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

### การทดลองหาคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อลัดวงจรแผง

วิธีการทดลอง

1. นำแผงไปวางกลางแสงอาทิตย์
2. ลัดวงจรตามภาพที่ 5.7 โดยการลัดวงจรแผง
3. บันทึกค่าแรงดันจากเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานพร้อม ๆ กับค่ากระแสลัดวงจร

ของแผง



ภาพที่ 5.7 การทดลองลัดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบอัตราจรรยา

แผงที่ 1		แผงที่ 2		แผงที่ 3		แผงที่ 4	
ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์
125	0.35	125	0.35	125	0.35	125	0.33
150	0.42	149	0.42	153	0.43	165	0.43
175	0.48	174	0.48	177	0.48	177	0.47
222	0.61	243	0.64	255	0.70	257	0.67
531	1.41	533	1.41	535	1.41	535	1.37
579	1.53	579	1.53	577	1.52	580	1.47
635	1.68	630	1.68	637	1.67	633	1.62
644	1.73	637	1.67	638	1.67	638	1.61
689	1.73	697	1.85	685	1.82	665	1.71
696	1.84	701	1.83	707	1.85	708	1.78
726	1.90	746	1.95	754	1.97	727	1.89
746	1.96	799	2.09	798	2.08	752	1.94
759	2.00	806	2.10	804	2.09	773	1.96

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

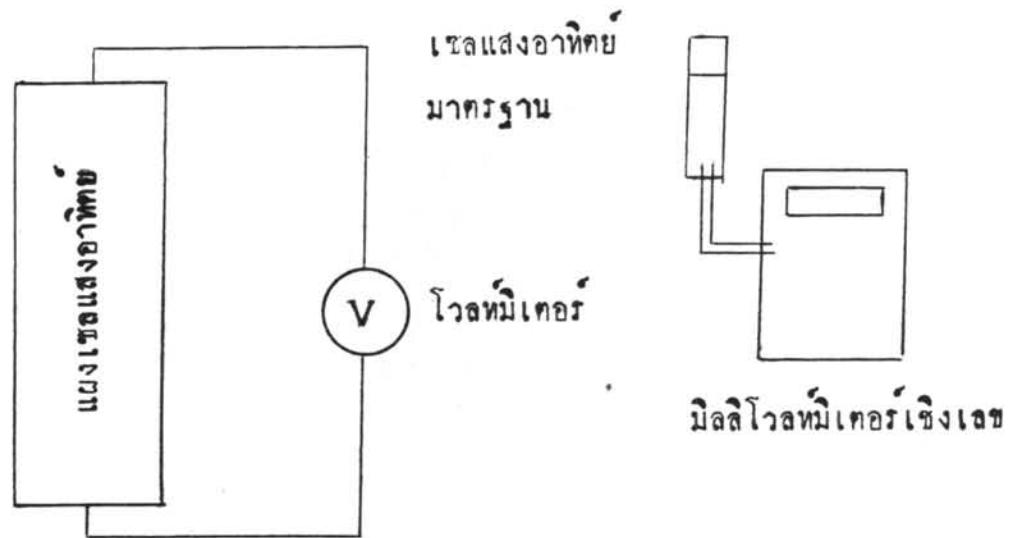
แผงที่ 1		แผงที่ 2		แผงที่ 3		แผงที่ 4	
ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์
799	2.09	816	2.14	817	2.15	784	1.99
810	2.11	830	2.20	820	2.17	810	2.02
825	2.18					823	2.06

การทดลองหาคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเปิดวงจรแผง

วิธีการทดลอง

1. นำแผงไปวางกลางแสงอาทิตย์
2. ท่อวงจรตามภาพที่ 5.8 โดยการเปิดวงจรแผง
3. บันทึกค่าแรงดันจากเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐาน พร้อม ๆ กับค่าแรงดัน

เปิดวงจรของแผง



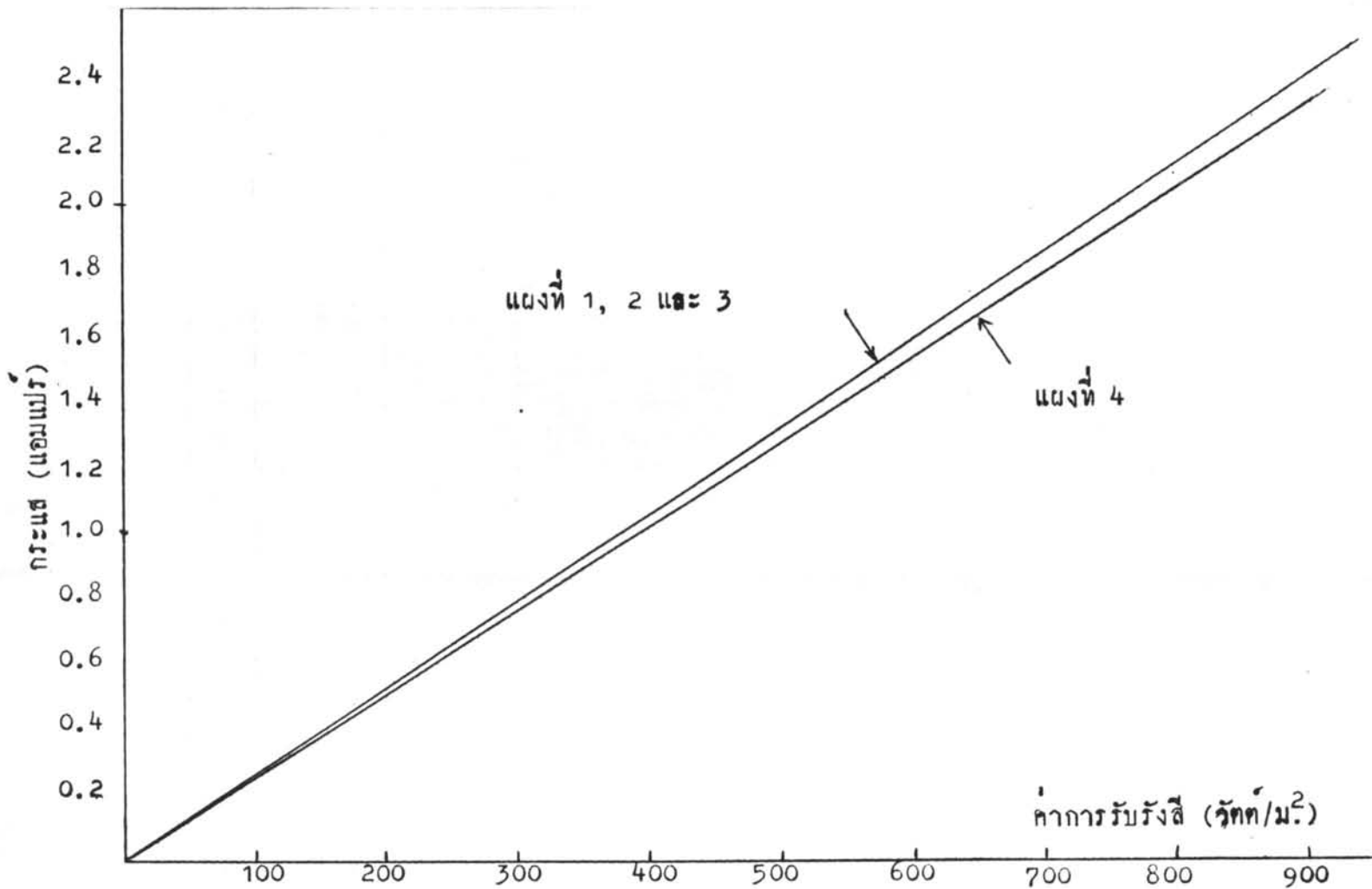
ภาพที่ 5.8 การทดลองเปิดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเปิดวงจรแผง

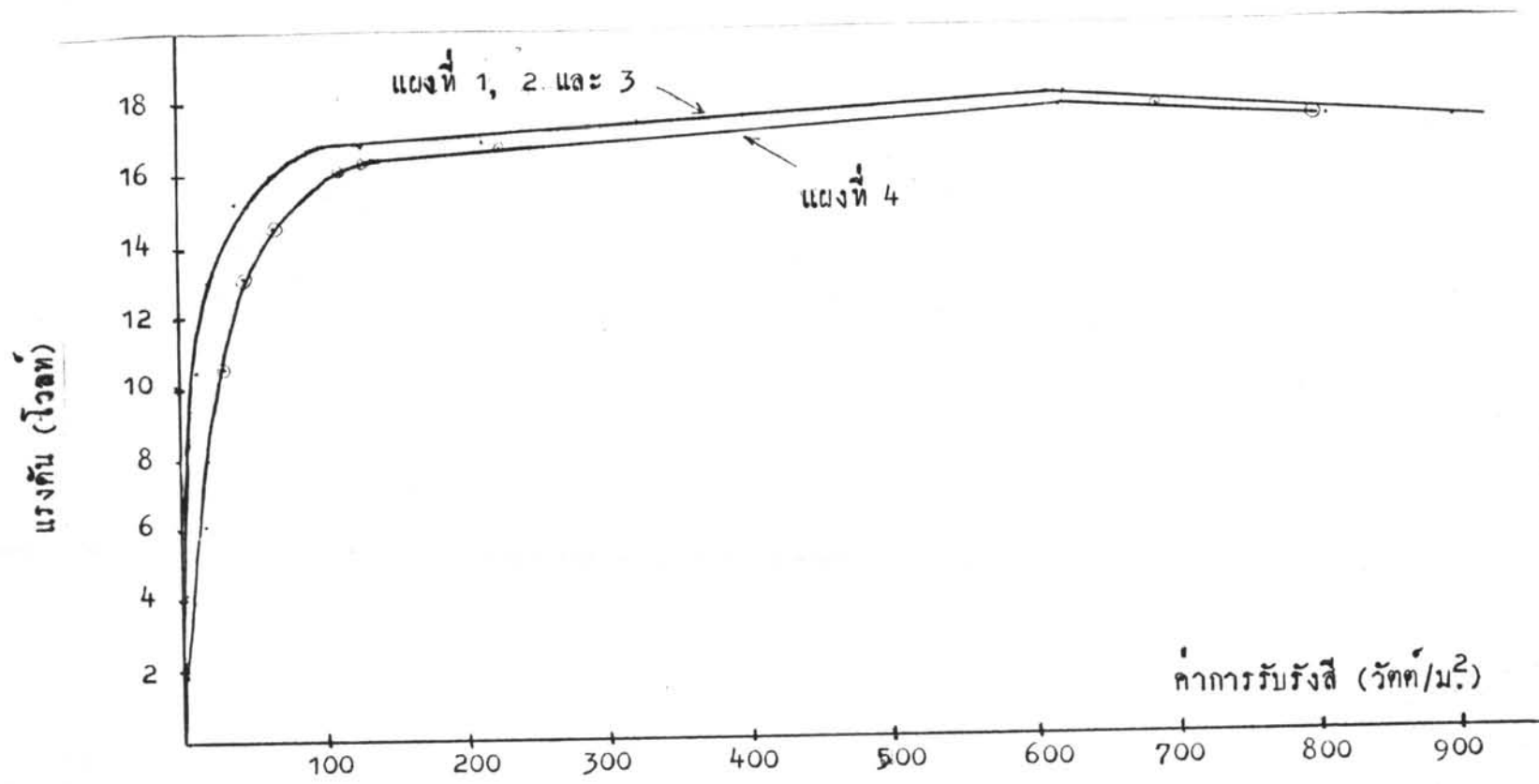
แผงที่ 1		แผงที่ 2		แผงที่ 3		แผงที่ 4	
ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์
3.74	4.2	3.9	5.6	3.4	4.5	3.2	1.8
7.0	7.2	6.8	8.5	7.3	8.0	7.5	4.0
8.9	8.6	11.9	11.3	9.2	9.3	12.7	6.1
12.2	10.5	15.5	12.4	12.5	10.9	15.9	7.1
15.6	11.8	17.7	13.0	15.8	12.0	18.8	8.0
18.1	12.6	19.7	13.3	18.4	12.7	20.7	8.5
20.1	13.0	22.9	13.8	20.4	13.1	24.2	9.4
23.2	13.6	26.4	14.2	23.6	13.7	26.7	9.9
26.5	14.1	28.1	14.3	26.7	14.1	28.9	10.3
33.1	14.7	29.6	14.5	30.1	14.5	30.8	10.6
40.0	15.2	32.7	14.7	33.7	14.8	34.3	11.3
47.7	15.5	39.5	15.2	40.5	15.3	41.3	12.4
64.7	16.0	46.9	15.4	48.5	15.5	43.8	12.7

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

แผงที่ 1		แผงที่ 2		แผงที่ 3		แผงที่ 4	
ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์	ค่าการรับรังสี วัตต์/ม <sup>2</sup>	แรงดัน โวลต์
114	16.7	63.6	15.9	65.3	16.1	49.4	13.1
131	16.75	116.5	16.6	113.8	16.7	62.7	14.2
167	16.80	128.3	16.6	130.7	16.8	67.4	14.5
232	16.92	173.0	16.86	180.8	17.1	114.0	16.1
283	17.4	236.7	16.71	214.7	16.9	130.4	16.3
302	17.3	285.6	17.37	304.1	17.4	190.3	16.9
624	18.1	323.9	17.35	621.8	18.1	227.1	16.7
618	17.75	619.0	17.93	695.8	17.7	324.3	17.4
801	17.64	690.0	17.64	789.9	17.7	621.8	17.7
892	17.32	793.3	17.51	836.8	17.4	690.0	17.6
						809.7	17.3



ภาพที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าของแผงที่ 1, 2, 3 และ 4 กับค่าการรับรังสี



ภาพที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแฉกเปิดวงจรมุมของแฉกที่ 1, 2, 3 และ 4 กับค่าการรับรังสี

เมื่อนำข้อมูลจากการทดลองมาเขียนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเปิดวงจร กับค่าการรับรังสีและความสัมพันธ์ระหว่างกระแสลัดวงจรกับค่าการรับรังสีตามภาพที่ 5.9 และ 5.10 แฉงที่ 1, 2 และ 3 มีคุณลักษณะคล้ายกันมาก ส่วนแฉงที่ 4 มีคุณลักษณะต่างจากแฉงทั้งสามไปเล็กน้อย จึงสามารถนำแฉงทั้ง 4 มาใช้งานต่อเป็นแฉงแผงโคโคโดยต้องมี ไคโอดค่ออยู่คว้ยคังโคอิบายในบพที่ 1

### การทดลองหาคุณลักษณะของแฉงแผง เซลแสงอาทิตย์ชนิดมีภาระไฟฟ้า

#### วัตถุประสงค์ในการทดลอง

เพื่อหาเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงคัน ที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ

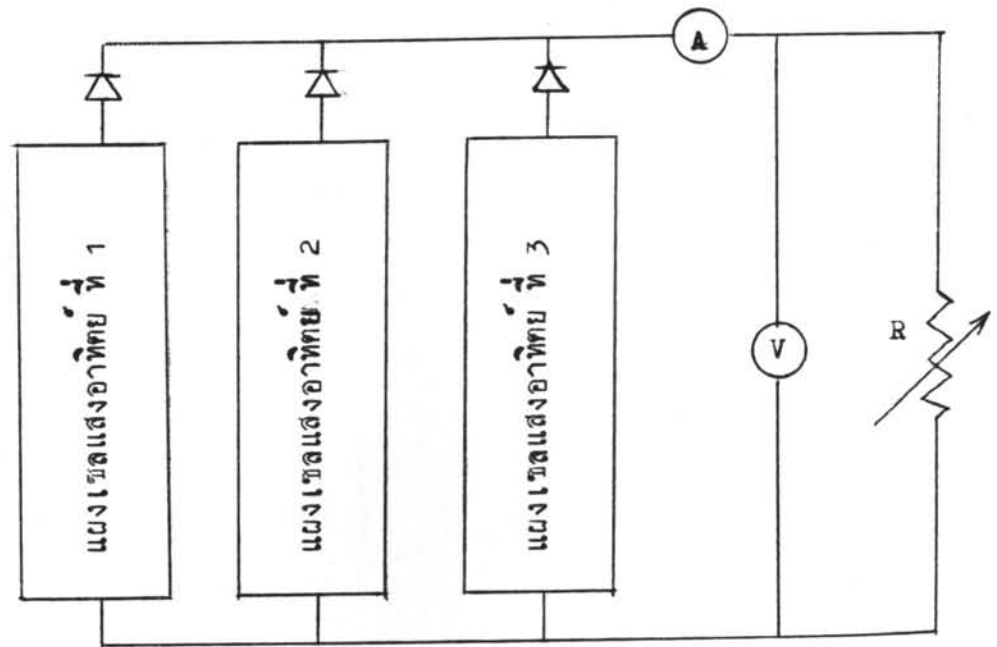
#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แฉงแผงเซลแสงอาทิตย์ 3 แฉงขนานกัน และโคโคค แฉงนี้เอียง 14° ทำมุมกับพื้นโลก และอยู่ในแนวเหนือ-ใต้
2. เซลแสงอาทิตย์มาตรฐานกับมิลลิโวลท์มิเตอร์เชิงเลข
3. ความค่านานที่ปรับค่าโค
4. แอมมิเตอร์
5. โวลท์มิเตอร์

#### วิธีทดลอง

1. ค่อวงจร ตามภาพที่ 5.11 โดยให้แฉงทั้งสามค่อวงจรขนานกันและมีโคโคคบ้องกันสำหรับทุก ๆ แฉงเพื่อบ้องกันกระแสจากแฉงอื่นไหลย้อนเข้าไปอีกแฉงหนึ่ง แฉงนี้เอียง 14° ทำมุมกับเส้นขนานพื้นโลก และอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ดังภาพที่ 5.5





ภาพที่ 5.11 การทดลองแถวแผง เซลแสงอาทิตย์ขณะมีภาระไฟฟ้าค้ำอยู่

2. เมื่อค่าการรับรังสีค่อนข้างคงที่ (ไม่มีเมฆบังแสงอาทิตย์ขณะนั้นเลย) คือสังเกตว่าแรงดันเป็นมิลลิโวลต์จากเซตแสงอาทิตย์มาตรฐานค่อนข้างคงที่ ก็ทำการปรับค่าความต้านทาน (R) แล้วอ่านค่ากระแสและแรงดันที่ R ค่าต่าง ๆ ประมาณ 6 - 8 ค่า พยายามทำให้รวดเร็วเพื่อมิให้ค่าการรับรังสีเปลี่ยนแปลงจากตอนแรกมากเกินไป บันทึกค่ามิลลิโวลต์จากเซตแสงอาทิตย์มาตรฐานด้วย

ตารางที่ 5.4

ผลจากการทดลองหาคุณลักษณะของแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะมีภาระไฟฟ้า (10 มี.ค. 25)

ค่าการรับรังสี (วัตต์/ม <sup>2</sup> )											
794	กระแส	6.5	6.4	6.2	5.6	5.2	4.0	3.0	2.0	0	
	แรงดัน	0.1	5.5	9.4	11.8	12.8	14.2	15.0	15.7	17.3	
757	กระแส	6.2	6.1	6.0	5.7	5.2	4.5	4.0	3.0	2.0	0
	แรงดัน	0.3	6.0	8.8	11.3	12.4	13.4	13.9	14.8	15.5	17.2
621	กระแส	4.95	4.9	4.8	4.3	4.2	4.0	3.0	2.0	0.0	
	แรงดัน	0.2	4.0	8.2	12.3	12.8	13.1	14.5	15.4	17.2	
502	กระแส	4.1	4.0	3.9	3.7	3.2	2.5	0.0			
	แรงดัน	0.2	8.2	10.5	12.0	13.5	14.7	17.3			
379	กระแส	3.3	3.2	3.1	3.0	2.5	2.0	0			
	แรงดัน	0.0	8.3	10.6	12.0	14.0	15.0	17.4			
321	กระแส	2.8	2.7	2.5	2.0	2.9	0.0				
	แรงดัน	6.5	9.9	12.7	14.5	0.2	17.3				
251	กระแส	2.3	2.25	2.2	2.1	2.0	1.5	0.0			
	แรงดัน	0.2	6.5	9.8	11.8	12.8	14.8	17.2			

## ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ค่าการรับรังสี (วัตต์/ม <sup>2</sup> )								
202	กระแส	2.0	1.95	1.9	1.8	1.7	1.2	0.0
	แรงดัน	0.1	6.0	8.5	11.5	13.5	15.0	17.2
185	กระแส	1.85	1.8	1.7	1.6	1.2	0	
	แรงดัน	0.1	5.5	9.8	12.0	14.6	17.1	

หมายเหตุ กระแสมีหน่วยเป็นแอมแปร์ แรงดันมีหน่วยเป็นโวลต์

จากข้อมูลของการทดลองนี้ นำไปเขียนเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของแถวแสงเซสตรงอาทิตย์ ดังภาพที่ 5.14 สามารถคำนวณหาจุดกำลังงานสูงสุดของแถวแสงที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ ได้โดยค่ากำลังงานเท่ากับผลคูณของกระแสและแรงดันที่จุดนั้น ๆ

ค่ากำลังงานจาก Array ที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ ( $\phi$ )

1.  $\phi = 794$  วัตต์/ม<sup>2</sup>

จุดกำลังงานสูงสุด

I	5.6	5.25	5.75	5.65	5.55	5.5	I	5.55
V	11.9	12.65	11.45	11.75	12.05	12.15	V	12.05
P	66.64	66.4	65.83	66.38	66.88	66.82	P	66.88

2.  $\phi = 757$  วัตต์/ม<sup>2</sup>

I	5.3	5.5	5.0	5.2	5.4	5.45	5.35	I	5.35
V	12.1	11.5	12.2	12.25	11.85	11.7	12	V	12.00
P	64.13	63.25	61.0	63.7	63.99	63.76	64.2	P	64.20

3.  $\phi = 621$  วัตต์/ม.<sup>2</sup>

I	4.5	4.25	4.1	4.3	4.2
V	11.5	12.4	12.8	12.3	12.55
P	51.75	52.7	52.48	52.89	52.71

จุดกำลังงานสูงสุด

I	4.30
V	12.30
P	52.89

4.  $\phi = 502$  วัตต์/ม.<sup>2</sup>

I	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65
V	12.85	12.70	12.55	12.35	12.15
P	44.33	44.45	44.55	44.46	43.34

I	3.55
V	12.55
P	44.55

5.  $\phi = 379$  วัตต์/ม.<sup>2</sup>

I	2.50	2.80	2.85	2.90	2.95
V	14.00	13.00	12.65	12.60	12.00
P	35.00	36.40	36.00	36.54	35.40

I	2.90
V	12.60
P	36.54

6.  $\phi = 321$  วัตต์/ม.<sup>2</sup>

I	2.3	2.5	2.45	2.55
V	13.5	12.55	12.8	12.25
P	31.05	31.375	31.36	31.24

I	2.50
V	12.55
P	31.375

7.  $\phi = 202$  วัตต์/ม.<sup>2</sup>

I	1.7	1.65	1.725	1.75
V	12.65	13.0	12.5	12.2
P	21.5	21.45	21.56	21.35

I	1.725
V	12.50
P	21.56

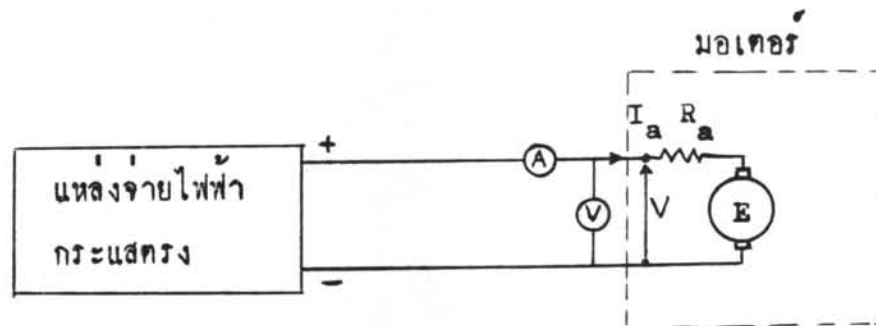
หมายเหตุ กระแส คือ I มีหน่วยเป็น แอมแปร์  
แรงดัน คือ V มีหน่วยเป็น โวลต์  
กำลังงาน คือ P มีหน่วยเป็น วัตต์

การหาค่าคงที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรที่ใช้ทดลอง

1. หาค่าความต้านทานอาร์มาเจอร์ ( $R_a$ ) โดยใช้โอมมิเตอร์เชิงเลข วิกค่า  
ได้  $R_a = 1.20 \ \Omega$
2. หาค่าคงที่เนื่องจากการพันขลวดอาร์มาเจอร์และเนื่องจากสนามแม่เหล็ก  
( $k\phi$ ) ได้ชื่อว่า  $k\phi = 0.00283$  โวลต์/รอบก่อนาที

วิธีทดลอง

1. ท่องจรตามภาพที่ 5.12



ภาพที่ 5.12 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าคงที่ของมอเตอร์

2. ปรับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามอเตอร์
3. วิกค่า กระแส แรงดัน และความเร็วของมอเตอร์
4. เปลี่ยนค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ แล้วทำตามข้อ 3

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองหาค่าคงที่ของมอเตอร์

แรงดัน (V) (โวลต์)	กระแส ( $I_a$ ) (แอมแปร์)	ความเร็ว (N) (รอบต่อนาที)	แรงดันต้านกลับ (E) (โวลต์)	$K\phi$ (โวลต์/รอบต่อนาที)
3.20	1.460	502	1.448	0.00288
4.90	1.360	1169	3.268	0.00279
7.00	1.525	1797	5.170	0.00288
9.08	1.491	2622	7.290	0.00278

แสดงตัวอย่างการคำนวณ

จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันของมอเตอร์

$$V = I_a R_a + E$$

$$E = V - I_a R_a$$

$$E = K\phi N$$

$$K\phi = \frac{E}{N}$$

หาข้อมูลที่ 1  $E = 3.20 - (1.460 \times 1.2) = 1.448$  โวลต์

$$K\phi = \frac{E}{N} = \frac{1.448}{502} = 0.00288 \text{ โวลต์/รอบต่อนาที}$$

หาค่าเฉลี่ยของ  $K\phi$  ได้  $K\phi = 0.00283$  โวลต์/รอบต่อนาที

การทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กโดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์

- สังเกตพฤติกรรมของระบบในแง่ของหัวจิ้งและอัตราการไหลที่มีต่อค่าการรับรังสี

2. หาประสิทธิภาพในการใช้กำลังงานจากแถวแสงที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ
3. หาประสิทธิภาพในการสูบน้ำของระบบที่ค่าการรับรังสีต่าง ๆ
4. หาเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของมอเตอร์

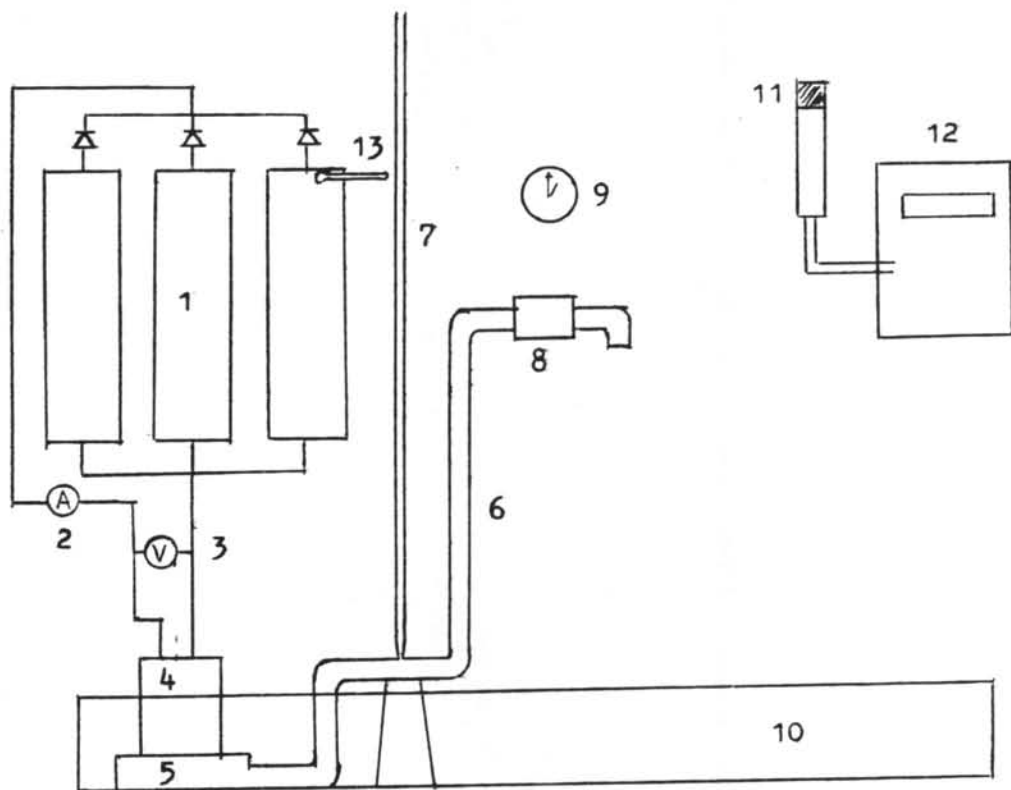
### เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แถวแสงเซลแสงอาทิตย์ 3 แถง ขนาดกัน พร้อมโคโอดป้องกัน
2. แอมมิเตอร์
3. โวลท์มิเตอร์
4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร
5. เครื่องสูบน้ำแบบหยดไข่ง
6. ท่อเอสลอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $3/4$  นิ้ว
7. ไบโอมิเตอร์
8. มาตรวัดน้ำ
9. นาฬิกาจับเวลา
10. อ่างน้ำ
11. เซลแสงอาทิตย์มาตรฐาน
12. มิลลิโวลท์มิเตอร์เชิงเลข
13. เทอร์โมมิเตอร์ปรอท

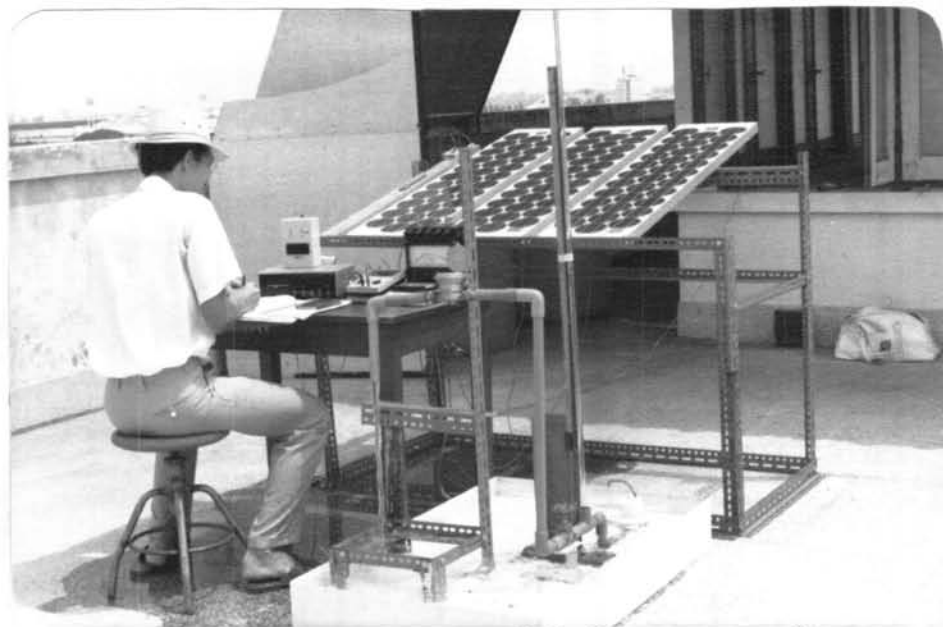


### วิธีการทดลอง

1. วางแถวแสงเซลแสงอาทิตย์ให้เอียง ประมาณ  $14^{\circ}$  กับพื้นโลก และหันไปแนวเหนือ-ใต้
2. ตั้งชุดทดลองตั้งในภาพที่ 5.13 ก) และ ข)
3. เมื่อค่ามิลลิโวลท์ที่วัดแรงดันจากเซลแสงอาทิตย์มาตรฐานค่อนข้างคงที่ หากใช้อัตราการไหลโดยวิธีใช้มาตรวัดน้ำและนาฬิกาจับเวลาตั้งได้กล่าวแล้ว พร้อมนี้อ่านค่าหัวจริง กระแส แรงดันของมอเตอร์ และอุณหภูมิบนผิวหน้าของแถวแสง



ภาพที่ 5.13 ก) แสดงชุดทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็ก  
เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้กำกับหมายเลขไว้ดังรายละเอียดในหน้า 131



ภาพที่ 5.13 ข) แสดงระบบสูบน้ำที่โซลาร์เซลล์ ณ ศาลาศึกษา  
วิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็ก โดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (9 มี.ค. 2525)

เวลา	อุณหภูมิ	ค่าการรับรังสี	กระแส	แรงดัน	แรงดันตามกลับ	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	หัวจeting	กำลังงานของน้ำ	กำลังงานเข้ามอเตอร์	กำลังงานแสงบนแถวแผง	$\eta_1$	$\eta_{รวม}$
นาฬิกา	°ซ	วัตต์/ม <sup>2</sup>	แอมแปร์	โวลต์	โวลต์	รอบต่อนาที	$\times 10^{-3} \text{ม}^3/\text{วินาที}$	ม.	วัตต์	วัตต์	วัตต์	%	%
8.10	30.0	218	1.80	5.90	3.74	1321	เริ่มสูบน้ำ	-	-	10.62	166	-	
9.03	35.0	436	3.20	9.00	5.16	1823	0.229	1.42	3.17	30.40	332	10.4	0.95
9.15	37.0	457	3.30	9.40	5.44	1922	0.239	1.77	4.13	32.01	348	12.9	1.19
10.10	38.0	704	5.00	12.40	6.40	2261	0.347	2.10	7.12	62.01	537	11.5	1.33
11.40	38.2	794	5.20	12.60	6.36	2247	0.355	2.35	8.15	65.52	605	12.4	1.35
12.00	40.5	819	5.15	12.80	6.62	2339	0.360	2.44	8.58	65.92	624	13.0	1.37
13.18	40.5	827	5.40	12.40	5.92	2092	0.323	2.05	6.47	66.96	630	9.7	1.03
13.42	40.0	794	5.30	12.40	6.16	2177	0.329	2.25	7.23	65.72	605	11.0	1.19
14.15	40.0	757	5.20	12.20	5.96	2106	0.320	2.05	6.41	63.44	577	10.1	1.11
14.45	38.0	691	5.00	11.70	5.70	2014	0.314	2.00	6.13	58.50	527	10.5	1.16
15.00	40.5	658	4.90	11.30	5.42	1915	0.286	1.79	5.00	55.37	501	9.0	1.00
15.14	40.0	629	4.70	11.20	5.56	1965	0.294	1.80	5.17	52.64	479	9.8	1.00
15.16	39.2	621	4.65	11.10	5.52	1950	0.287	1.78	4.99	51.61	473	9.7	1.05

$\eta_1$  คือ (กำลังงานของน้ำ/กำลังงานเข้ามอเตอร์)  $\times 100$

$\eta_{รวม}$  คือ (กำลังงานของน้ำ/กำลังงานแสงบนแถวแผง)  $\times 100$

ตารางที่ 5.6 (ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ	ค่าการรับรังสี	กระแส	แรงดัน	แรงดัน	ความเร็วรวม	อัตราการไหล	หัวจิ้ง	กำลังงานของน้ำ	กำลังงานเข้ามอเตอร์	กำลังงานแสงบนแถวแสง	$\eta$	$\eta$ รวม
นาฬิกา	°ซ	วัตต์/ม <sup>2</sup>	แอมแปร์	โวลท์	โวลท์	รอบต่อนาที	$\times 10^{-3} \text{ม}^3/\text{วินาที}$	ม.	วัตต์	วัตต์	วัตต์	%	%
15.25	38.5	588	4.50	10.80	5.40	1908	0.273	1.68	4.48	48.60	448	9.2	1.00
15.32	40.0	564	4.40	10.50	5.22	1844	0.269	1.66	4.37	46.20	430	9.5	1.01
15.40	36.5	543	4.25	10.30	5.20	1837	0.260	1.55	3.97	43.77	414	9.1	0.96
15.42	36.5	531	4.20	10.20	5.16	1823	0.256	1.52	3.80	42.84	405	8.9	0.94
15.43	37.0	502	4.00	9.80	5.00	1767	0.249	1.47	3.57	39.20	383	9.1	0.93
15.58	37.5	473	3.80	9.50	4.94	1745	0.239	1.40	3.27	36.10	360	9.0	0.90
16.11	37.0	424	3.50	8.80	4.60	1625	0.197	1.25	2.40	30.80	323	7.8	0.74
16.21	35.5	379	3.20	8.40	4.56	1611	0.182	1.21	2.15	26.88	289	8.0	0.74
16.28	35.5	350	3.00	8.00	4.40	1555	0.160	1.05	1.64	24.00	267	6.8	0.61
16.32	35.5	337	2.90	7.80	4.32	1526	0.149	1.07	1.55	22.62	257	6.9	0.60
16.35	35.0	321	2.80	7.40	4.04	1427	0.142	1.00	1.39	20.72	245	6.7	0.57
16.43	34.0	288	2.60	6.80	3.68	1300	0.113	0.85	0.94	17.68	219	5.3	0.43
17.02	33.0	202	1.95	6.0	3.60	1293	0.069	0.75	0.51	11.70	154	4.4	0.33
17.07	33.0	190	1.80	5.6	3.44	1215	หยุดสูบน้ำ	-	-	10.10	145	-	-

$\eta_1$  คือ (กำลังงานของน้ำ/กำลังงานเข้ามอเตอร์)  $\times 100$   
 $\eta$  รวม คือ (กำลังงานของน้ำ/กำลังงานแสงบนแถวแสง)  $\times 100$

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองระบบสูบน้ำขนาดเล็กโดยใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่าการรับรังสีใกล้เคียงกับค่าการรับรังสีของเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันที่มีอยู่แล้ว

ค่าการรับรังสี วัตต/ม <sup>2</sup>	กระแส แอมแปร์	แรงดัน โวลต์	ความเร็ว รอบ รขทอนาที	อัตราการไหล		หัว เมตร	กำลังงาน ของน้ำ วัตต	กำลังงาน ของมอเตอร์ วัตต	กำลังงาน สูงสุด วัตต	$\eta_1$ %	$\eta_2$ %
				$\times 10^{-3}$ ม <sup>3</sup> /วินาที	ลิตร/นาที						
794	5.20	12.6	2247	0.355	21.30	2.35	8.15	65.52	66.88	12.44	97.97
757	5.20	12.2	2106	0.320	19.20	2.05	6.41	63.44	64.20	10.10	98.88
621	4.65	11.1	1950	0.287	17.22	1.78	4.99	51.61	52.89	9.67	97.58
502	4.00	9.8	1767	0.249	14.94	1.47	3.57	39.20	44.55	9.11	87.99
379	3.20	8.4	1611	0.182	10.92	1.21	2.15	26.88	36.54	8.00	73.56
321	2.80	7.4	1427	0.142	8.52	1.00	1.39	20.72	31.37	6.71	66.05
202	1.95	6.0	1293	0.069	4.14	0.75	0.51	11.70	21.56	4.36	54.27

$\eta_1$  คือ (กำลังงานของน้ำ/กำลังงานของมอเตอร์)  $\times 100$

$\eta_2$  คือ (กำลังงานของมอเตอร์/กำลังงานสูงสุด)  $\times 100$

ผลการทดลอง

แสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 5.6 และ 5.7 แสดงค่าจากการคำนวณไว้  
 ควบ

ตัวอย่างการคำนวณ

ใช้ตัวอย่างตรงค่าการรับรังสีเป็น 794 วัตต์/ม<sup>2</sup> บันทึกค่าต่าง ๆ ได้

กระแสเข้ามอเตอร์  $I = 5.2$  แอมแปร์

แรงดันเข้ามอเตอร์  $V = 12.6$  โวลต์

อัตราการไหล  $Q = 0.355 \times 10^{-3}$  ม<sup>3</sup>/วินาที

หัวจริง  $H = 2.35$  ม.

ความเร็วรอบ 
$$N = \frac{V - IR_a}{K\phi}$$

$$= [12.6 - (5.2 \times 1.2)] / 0.00283$$

$$N = 2247.3 \text{ รอบต่อนาที}$$

กำลังงานของน้ำ  $P_w = rQH$

$r$  คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ 29°ซ (84.2°ฟ) จากคุณสมบัติ  
 ของน้ำ

ที่อุณหภูมิ 80° ฟ  $r = 62.22$  ปอนด์/ฟุต<sup>3</sup>

ที่อุณหภูมิ 90° ฟ  $r = 62.12$  ปอนด์/ฟุต<sup>3</sup>

ดังนั้น ที่อุณหภูมิ 84.2° ฟ  $r = 62.22 - \frac{0.10}{10} \times 4.2 = 62.178$  ปอนด์/ฟุต<sup>3</sup>

ที่อุณหภูมิ 29° ฟ (84.2° ฟ)  $r = 62.178$  ปอนด์/ฟุต<sup>3</sup>

$$r = 157.108 \times 62.178 = 9768.66 \text{ นิวตัน/ม}^3$$

กำลังงานของน้ำ  $P_w = 9768.66 \times 0.355 \times 10^{-3} \times 2.35 = 8.15$  วัตต์

กำลังงานเข้ามอเตอร์  $P = VI = 12.6 \times 5.2 = 65.52$  วัตต์

กำลังงานสูงสุดของแฉวง  $P_{\max} = 66.88$  วัตต์

ประสิทธิภาพในการสูบน้ำ  $\eta_1 = \frac{P_w}{P} = \frac{8.15}{65.52} = 12.44 \%$

ประสิทธิภาพในการใช้กำลังงานจากแฉวงเซลล์แสงอาทิตย์

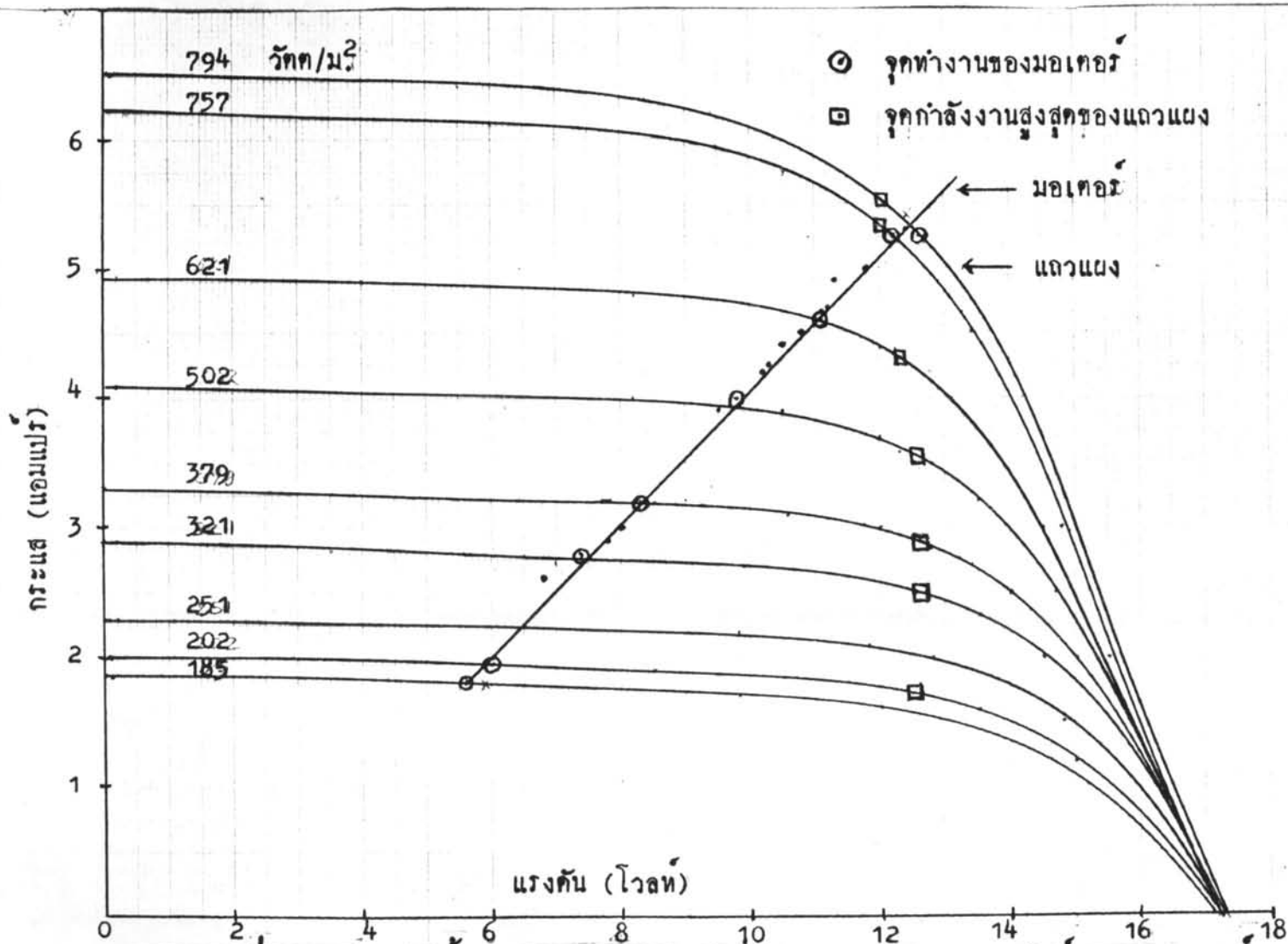
$$\eta_2 = \frac{P}{P_{\max}} = \frac{65.52}{66.88} = 97.97 \%$$

กำลังงานแสงบนแฉวง  $= 794 \times \text{พื้นที่ของเซลล์ } 99 \text{ เซลล์}$   
 $= 794 \times 0.7623$   
 $= 605.27$  วัตต์

ประสิทธิภาพรวมของระบบ  $\eta = \frac{\text{กำลังงานของน้ำ}}{\text{รวม กำลังงานของแสงบนแฉวง}}$   
 $= \frac{8.15}{605.27} = 1.35\%$

### เส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของมอเตอร์

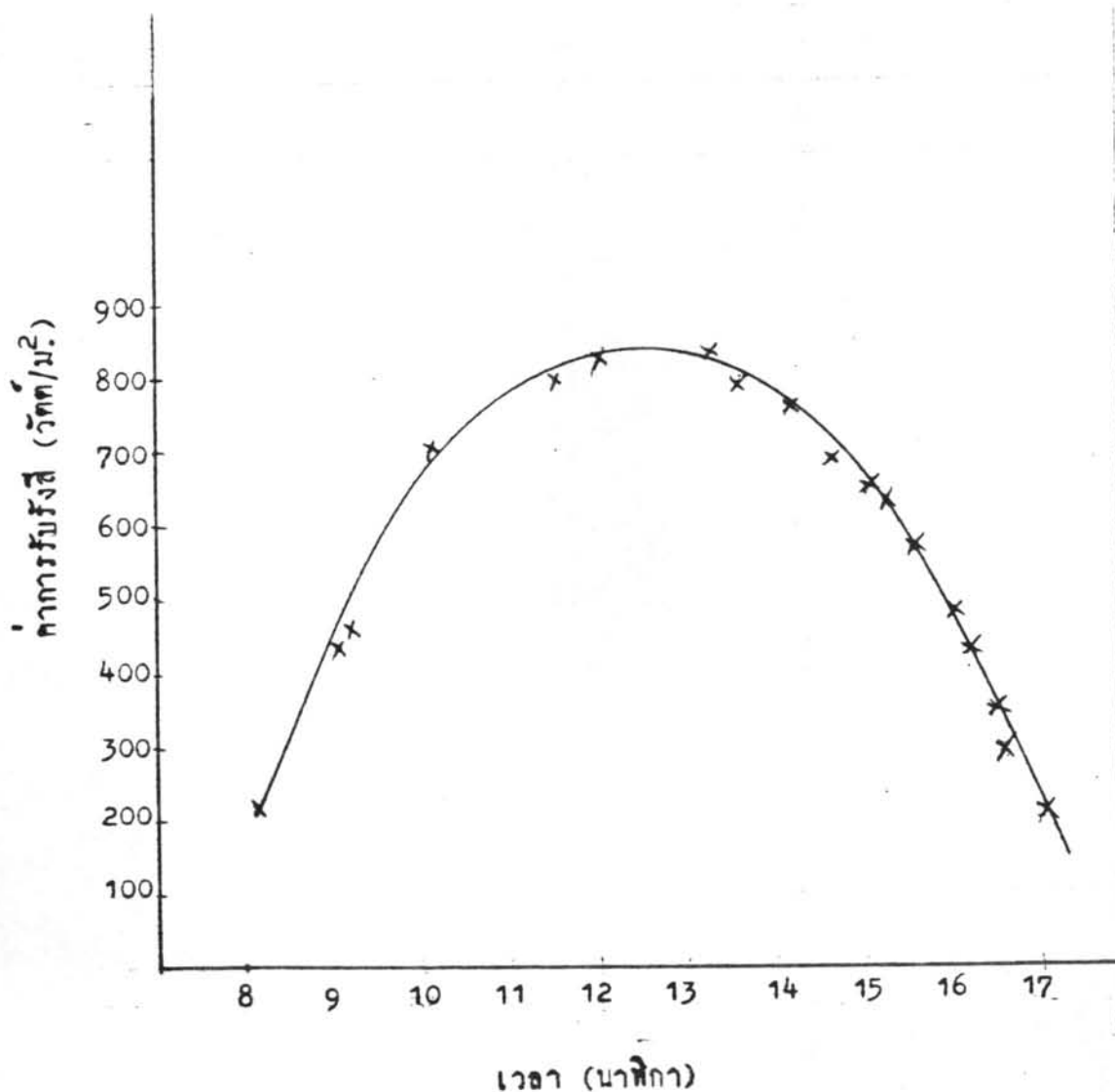
เขียนขึ้นจากข้อมูลในตารางที่ 5.6 ดังแสดงในภาพที่ 5.14 โดยที่จุดการทำงานของมอเตอร์บางจุดไม่อยู่ในแนวเดียวกัน ก็เขียนเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของมอเตอร์โดยการประมาณ ภาพที่ 5.14 ได้แสดงจุดการทำงานของมอเตอร์บนเส้นค่าการรับรังสีที่เคยหาเอาไว้ด้วย เพื่อเปรียบเทียบ จุดการทำงานนี้กับจุดกำลังงานสูงสุดที่แฉวงสามารถให้ออกมาได้ค่าการรับรังสีนั้น ๆ



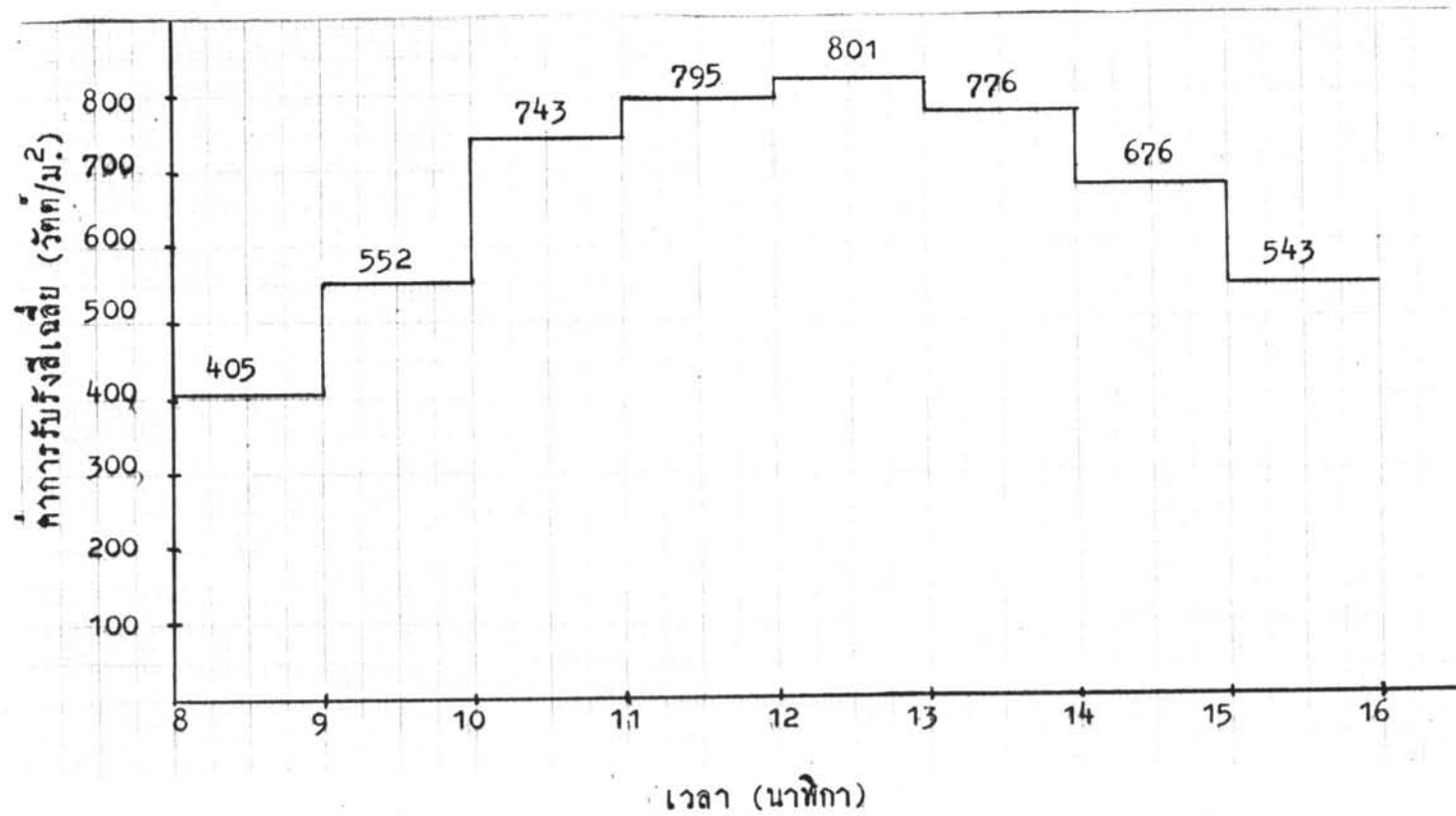
ภาพที่ 5.14 แสดงเส้นคุณลักษณะกระแสและแรงดันของแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์และของมอเตอร์

### ค่าการรับรังสีในวันที่ทำดาวทดลอง

จากข้อมูลในตารางที่ 5.6 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการรับรังสีกับเวลาในวันที่ทำการวัด ค่าการรับรังสีจะมากขึ้นเรื่อยจนถึงสูงสุดแล้วลดลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เป็นการเขียนเส้นโดยประมาณและไม่ได้คำนึงถึงกรณีที่เมฆมาบังแสงอาทิตย์ เส้นแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในภาพที่ 5.15 ค่าการรับรังสีเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมง บันทึกค่าไว้โดยเครื่องบันทึกค่าการรับรังสี นำมาเขียนดังในภาพที่ 5.16



ภาพที่ 5.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงโดยประมาณของค่าการรับรังสี จากเวลา 8.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. วันที่ 9 มีนาคม 2525 (เวลาท้องถิ่น)

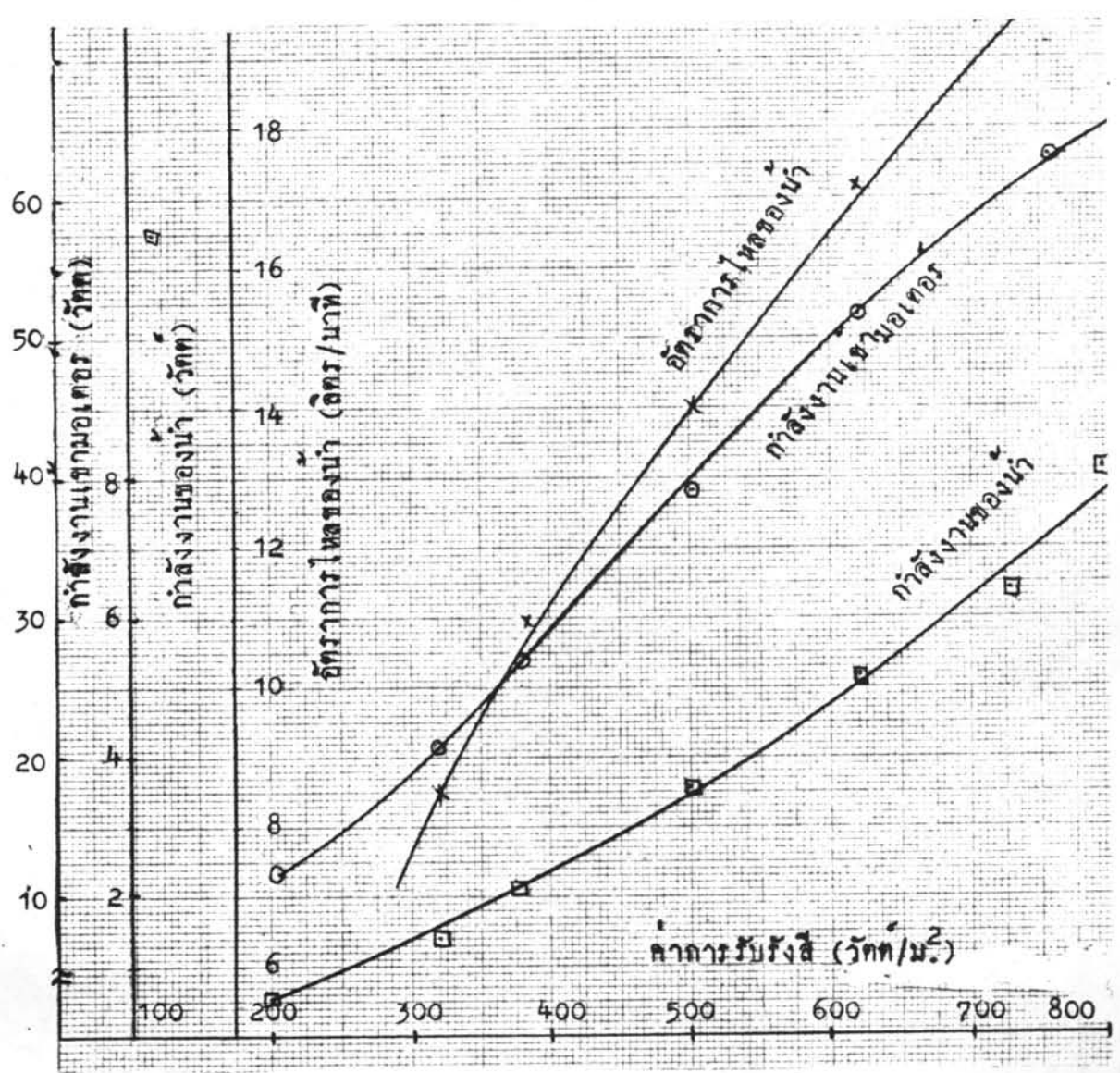


ภาพที่ 5.16 แสดงค่าการรับรังสีเฉลี่ยของแต่ละชั่วโมงในวันที่ 9 มีนาคม 2525



ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการรับรังสีกับอัตราการไหลของน้ำ, กำลังงานของน้ำและกำลังงาน  
เขื่อนคอนกรีต

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.7 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  
ค่าการรับรังสีกับอัตราการไหลของน้ำ, กำลังงานของน้ำ และกำลังงานเขื่อนคอนกรีต ดังภาพ  
ที่ 5.17



ภาพที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการรับรังสีกับกำลังงานเขื่อนคอนกรีต  
กำลังงานของน้ำ และอัตราการไหลของน้ำ

### วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ค่าการรับรังสีที่บันทึกในตารางที่ 5.6 เป็นค่าการรับรังสีที่ประมาณว่าค่อนข้างคงที่ ในช่วงเวลาที่บันทึกอัตราการไหลของน้ำ ในการวัดค่าต่าง ๆ เช่น อัตราการไหล หัวจริง กระแส แรงดัน และค่าการรับรังสี หากการวัดพร้อม ๆ กัน โดยถือว่าค่าการรับรังสีเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ค่ากระแสและแรงดันสามารถอ่านค่าได้ทันที แต่อัตราการไหลนั้นต้องอาศัยเวลาประมาณ 20 ถึง 30 วินาที ช่วงเวลานี้ ค่าการรับรังสีมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นความคลาดเคลื่อนในการบันทึกค่าต่าง ๆ ย่อมเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามผลการทดลองได้สอดคล้องกับทฤษฎีเป็นที่น่าพอใจ
2. เนื่องจากไม่สามารถวัดความเร็วรอบของใบพัดได้โดยตรง จึงใช้คำนวณจากแรงดันต้านกลับของมอเตอร์ ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับทฤษฎี
3. อุณหภูมิของแถวแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากค่าการรับรังสีและอุณหภูมิรอบนอก

### สรุปผลที่ได้จากการทดลอง

พิจารณาจากตารางที่ 5.6 และภาพที่ 5.14 และ 5.15

1. เมื่อค่าการรับรังสีมากขึ้น กำลังงานที่เข้ามอเตอร์ก็มีค่ามากขึ้นด้วย
2. เมื่อค่าการรับรังสีมากขึ้น อัตราการไหลของน้ำก็มีค่ามากขึ้นด้วย
3. เมื่อความเร็วรอบของใบพัดมากขึ้น อัตราการไหลของน้ำก็มีแนวโน้มที่จะมีค่ามากขึ้นด้วย
4. กำลังงานของน้ำขึ้นอยู่กับผลคูณของอัตราการไหลของน้ำและหัวจริง
5. กำลังงานของน้ำที่ค่าการรับรังสีค่าหนึ่งในคอนเซ็ปต์ มีแนวโน้มว่าจะมีค่ามากกว่ากำลังงานของน้ำที่ค่าการรับรังสีค่านั้นในคอนเซ็ปต์ เช่น  
เวลา 11.40 น. ค่าการรับรังสี 794 วัตต์/ม<sup>2</sup> กำลังงานของน้ำ 8.15 วัตต์  
เวลา 13.42 น. ค่าการรับรังสี 794 วัตต์/ม<sup>2</sup> กำลังงานของน้ำ 7.23 วัตต์

ทั้งนี้ เพราะในคอนเซ็ปต์เซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำกว่าในคอนเซ็ปต์ ในคอนเซ็ปต์เซลล์แสงอาทิตย์สะสมความร้อนไว้ตั้งแต่คอนเซ็ปต์ทำให้กำลังงานไฟฟ้าที่ได้ออกมาจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าน้อยลง แม้ว่าจะมีค่าการรับรังสีเท่ากับในคอนเซ็ปต์ก็ตาม