

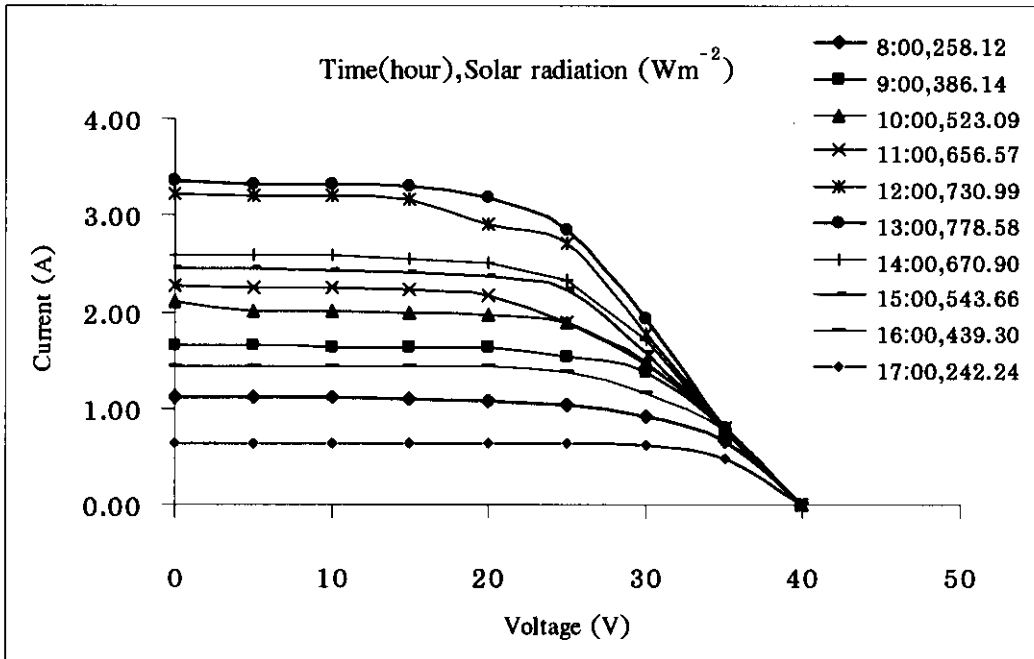
บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปราย

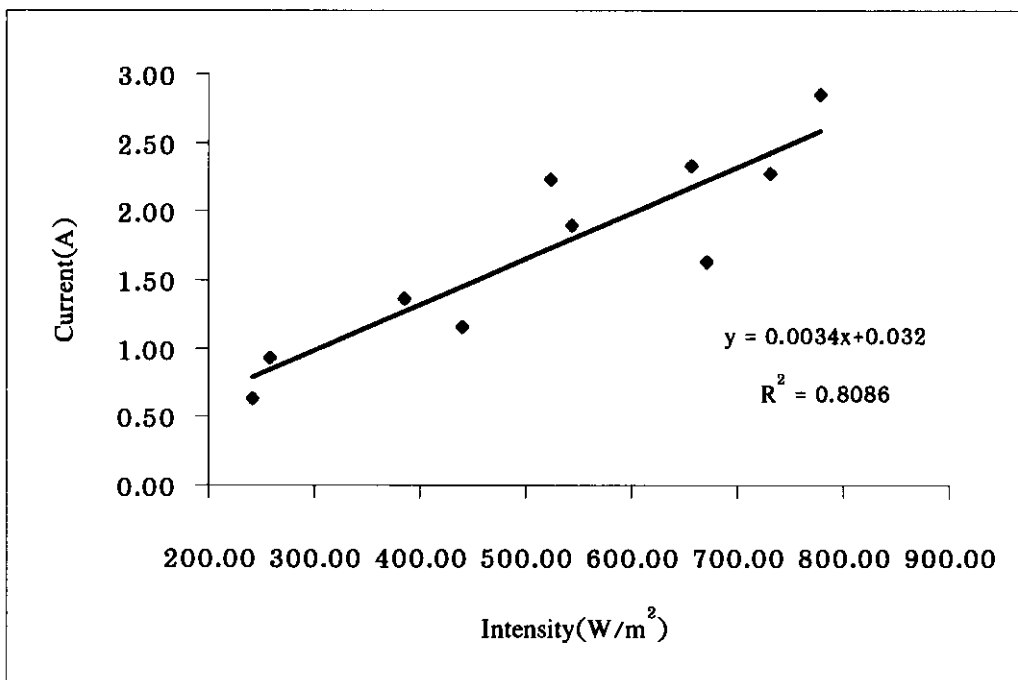
ในบทนี้เป็นข้อมูลและกราฟของผลการทดลองหาลักษณะสมบัติของกระแส-แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนดาดฟ้าอาคารฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 7.00 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 100.50 องศาตะวันออก และการประยุกต์ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการสูบน้ำซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรงด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงและแบตเตอรี่ที่ประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบกับการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากไฟฟ้าบ้าน (กระแสสลับ) ที่แปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบระบบสูบน้ำเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการเกษตร

4.1 กราฟลักษณะสมบัติของกระแส - แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ได้ทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยวิธีการในหัวข้อ 3.2.1 ระหว่างวันที่ 11 มกราคม- 3 มีนาคม 2548 และระหว่างวันที่ 22-24 มีนาคม 2548 ตั้งแต่เวลา 8:00-17:00 น. ทุก ๆ ชั่วโมง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณทั้งสองที่เวลาเดียวกัน แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองเป็นดังภาพประกอบ 4.1 จะได้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 40.0 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร 1.3 แอมแปร์ที่เวลา 8:00น. มีค่าเพิ่มเป็น 3.8 แอมแปร์ ที่เวลา 13:00 น. หลังจากนั้นลดลงมาและมีค่าเป็น 0.6 แอมแปร์ที่เวลา 17:00 น. และเมื่อนำค่ากระแสลัดวงจรมาเขียนกราฟกับความเข้มของแสงอาทิตย์จะได้ดังภาพประกอบที่ 4.2 ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มแสงอาทิตย์ ค่าฟิลล์แฟกเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเวลามีค่าเท่ากับ 0.6 เป็นส่วนใหญ่

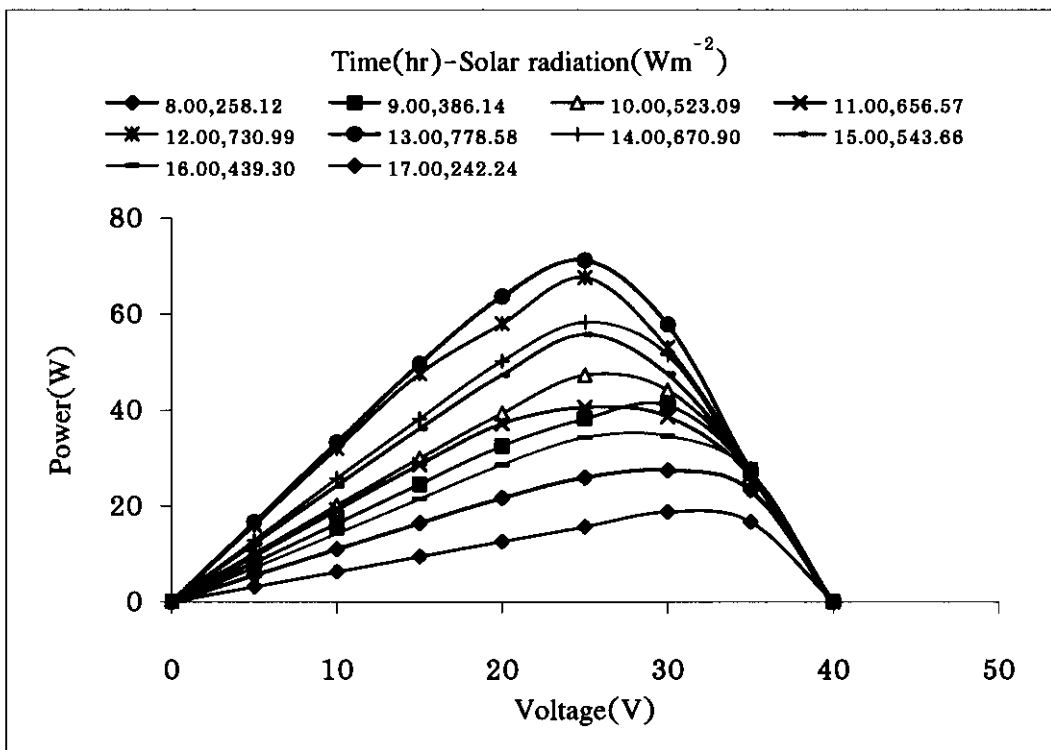


ภาพประกอบ 4.1 กราฟลักษณะสมบัติกระแส - แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพประกอบ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับกระแสไฟฟ้า

จากข้อมูลในภาพประกอบ 4.1 นำค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรเฉลี่ยและความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ซึ่งได้เป็นกราฟเส้นตรงมีสมการ $y=0.034x+0.032$ โดย y คือกระแสไฟฟ้าลัดวงจรเฉลี่ย และ x คือ ความเข้มเฉลี่ยของแสงอาทิตย์ แสดงว่า กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง เพราะเมื่อความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ก็จะทำให้เกิดพาหะอิสระเพิ่มขึ้นในสัดส่วนเดียวกัน ดังนั้น กระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพาหะอิสระจึงแปรผันโดยตรงกับความเข้มของแสง



ภาพประกอบ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่างเวลา 8:00 น.-17:00 น.

จากข้อมูลในภาพประกอบ 4.1 เมื่อนำเอาผลคูณระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้า) มาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่เวลาต่าง ๆ จะได้ผลดังภาพประกอบ 4.3 ซึ่งกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าอยู่ระหว่าง 18.80 - 71.17 วัตต์ โดยที่ค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่เวลา 13:00 น. ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงสุด เพราะแรงดันไฟฟ้ามีค่าคงที่ ดังนั้นกำลังไฟฟ้าจึงขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าอย่างเดียว

ตาราง 4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

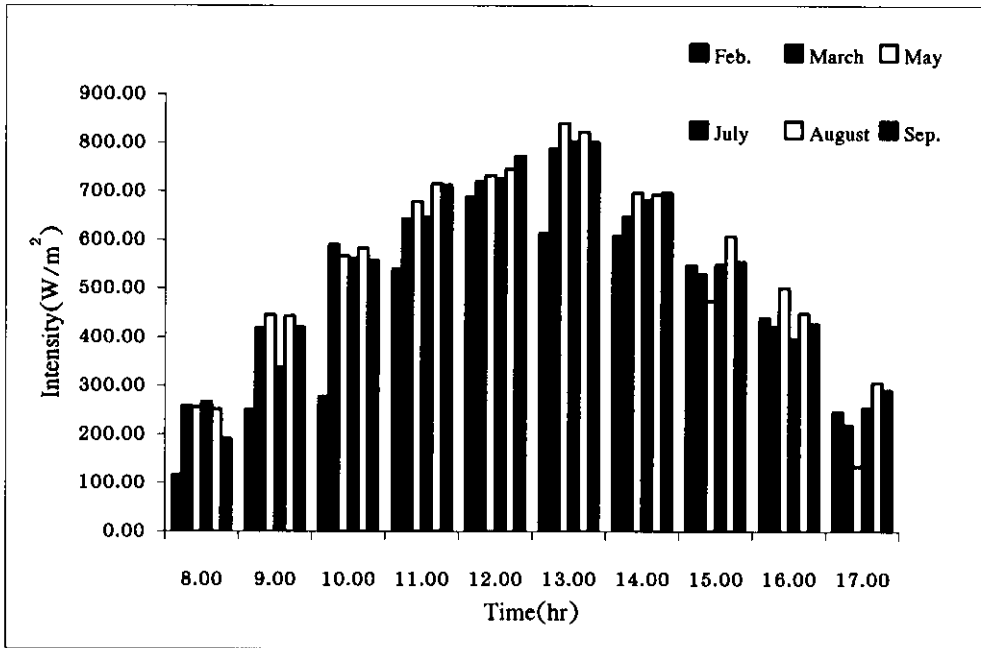
Time(hr)	I (W/m ²)	P _{in} (W)	I _{sc} (A)	V _{oc} (V)	V _{max} (V)	I _{max} (A)	P _{max} (W)	FF	η _s (%)
8:00	258.12	365.6	1.3	37.0	30.0	0.9	27.8	0.6	7.6
9:00	386.14	547.0	1.6	37.0	30.0	1.4	41.0	0.7	7.5
10:00	523.09	741.0	2.1	37.0	25.0	1.9	47.2	0.6	6.4
11:00	656.57	930.1	1.9	37.0	25.0	1.9	47.3	0.7	5.1
12:00	730.99	1035.5	3.2	37.0	25.0	2.7	68.3	0.7	6.6
13:00	778.58	1102.9	3.4	37.0	25.0	2.9	71.2	0.6	6.5
14:00	670.90	950.3	2.6	37.0	25.0	2.3	58.3	0.6	6.1
15:00	543.66	770.1	2.5	37.0	25.0	2.2	55.7	0.6	7.2
16:00	439.30	622.3	1.4	37.0	30.0	1.2	34.6	0.6	5.6
17:00	242.24	343.1	0.6	37.0	30.0	0.6	18.8	0.8	5.5

จากตาราง 4.1 กำลังงานของแสงอาทิตย์ (P_{in}) หาได้จาก $P_{in} = IA$ เมื่อ I คือ ความเข้มแสง (W/m²) A คือ พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ (=1.416 m²) และ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (η_s) หาได้จาก $\eta_s = \left(\frac{P_s}{P_{in}} \right) \times 100\%$ เมื่อ P_s คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่าย ซึ่ง $P_s = P_{max} = I_{max} V_{max}$ ซึ่งประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่า 5.5-7.6% เป็นส่วนใหญ่

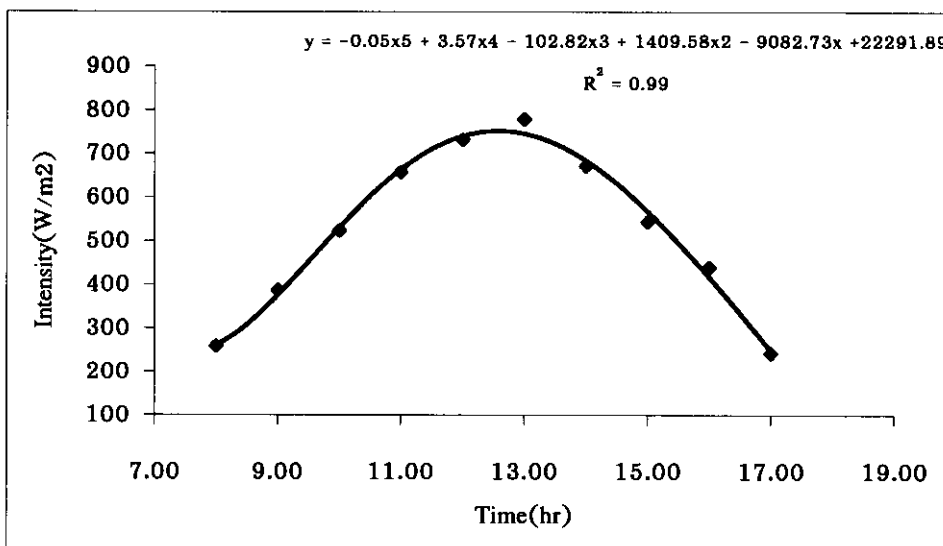
4.2 ความเข้มแสงอาทิตย์

ได้วัดความเข้มของแสงอาทิตย์ของวันที่ท้องฟ้าโปร่งในช่วงเดือนที่มีแสงอาทิตย์ ตลอดทั้งวัน และมีความเข้มสูง (กุมภาพันธ์- กันยายน) โดยวัดตั้งแต่เวลา 8:00-17:00 น. ทุกๆชั่วโมง และได้เลือกข้อมูลนำเสนอเฉพาะของวันที่มีการทดสอบสมบัติอื่น ๆ ด้วย เพื่อจะได้มี ข้อมูลของความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัน-เวลาเดียวกัน อันได้แก่ ระหว่าง วันที่ 21-28 กุมภาพันธ์ 1-6 มีนาคม 22-24 มีนาคม 3-12 พฤษภาคม 13- 27 กรกฎาคม 22-27 สิงหาคม และ 10-22 กันยายน 2548 นำความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยในแต่ละเวลาของเดือนมาเขียนกราฟ ดัง ภาพประกอบ 4.4

เมื่อนำข้อมูลของความเข้มแสงจากวัน-เวลาดังข้างต้นมาหาค่าเฉลี่ยที่เวลาเดียวกันก็จะได้กราฟความเข้มแสงดังภาพประกอบ 4.5 ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 778.58 วัตต์ต่อตารางเมตรที่เวลา 13:00 น.



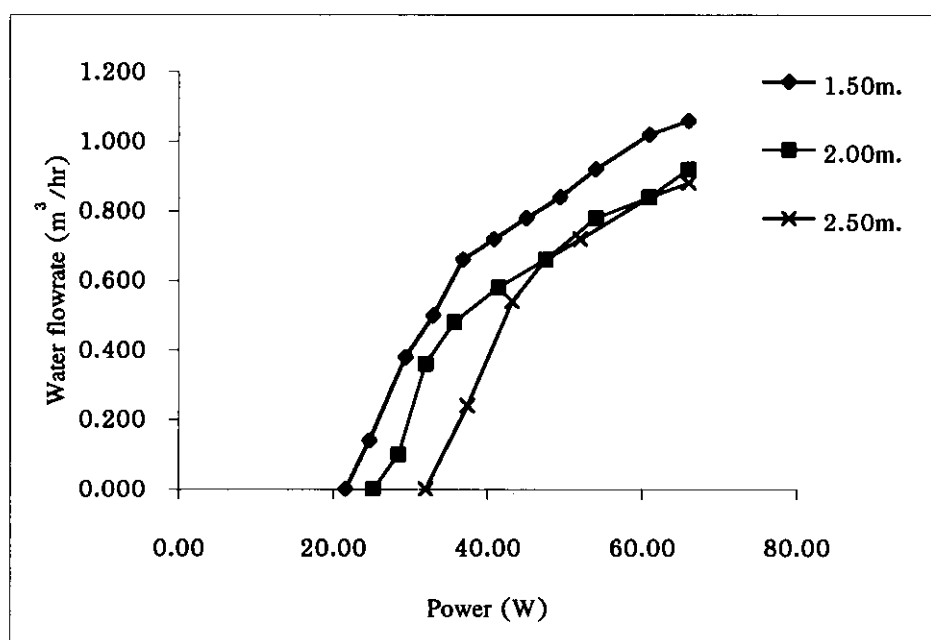
ภาพประกอบ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงเฉลี่ย กับเวลา สำหรับเดือนต่าง ๆ



ภาพประกอบ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงเฉลี่ยกับเวลา

4.3 ทดสอบการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

ได้ทดสอบการทำงานของปั๊มสูบน้ำโดยต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ โดยที่ความสูงปลายท่อ 1.50 เมตร ปั๊มเริ่มสูบน้ำเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเป็น 13.0 โวลต์ โดยมีกำลังไฟฟ้า 24.7 วัตต์ สามารถสูบน้ำได้ด้วยอัตรา 1.060 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ความสูงปลายท่อ 2.00 เมตร ปั๊มเริ่มสูบน้ำเมื่อแรงดันไฟฟ้า 15.0 โวลต์ โดยมีกำลังไฟฟ้า 28.5 วัตต์ สามารถสูบน้ำได้ด้วยอัตรา 0.920 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และ ที่ความสูงปลายท่อ 2.50 เมตร ปั๊มเริ่มสูบน้ำเมื่อแรงดันไฟฟ้า 17.0 โวลต์ โดยมีกำลังไฟฟ้า 37.4 วัตต์ สามารถสูบน้ำได้ด้วยอัตรา 0.880 ลูกบาศก์เมตรต่ออนาที และอัตราการสูบน้ำจะเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่จ่าย จะเห็นว่าที่ความสูงปลายท่อมากขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำสูงขึ้นด้วย เนื่องจากพลังงานศักย์ของน้ำที่ปลายท่อมียค่าสูงขึ้น



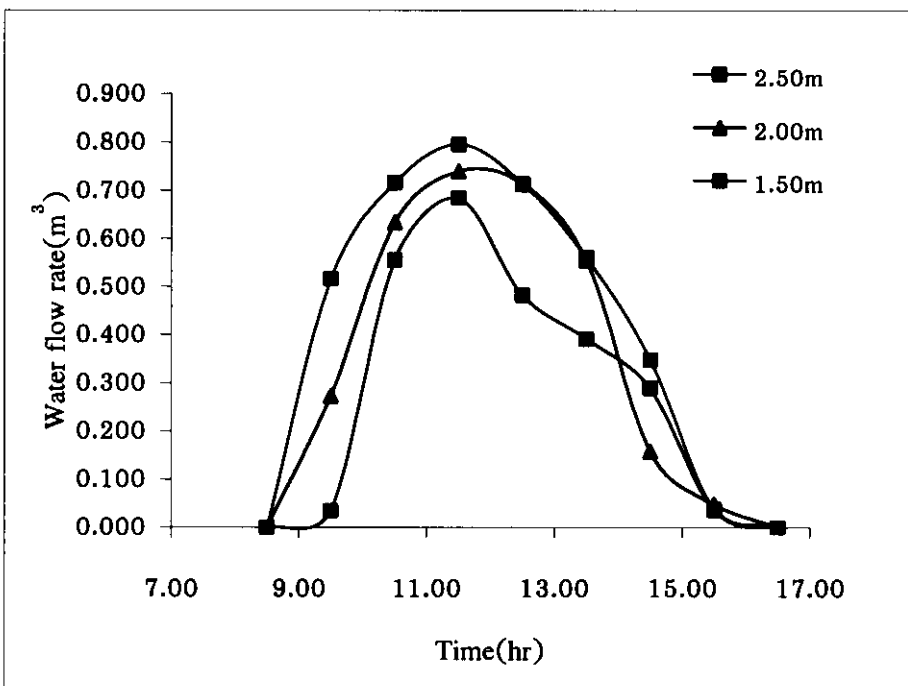
ภาพประกอบ 4.6 กราฟระหว่างอัตราการสูบน้ำกับกำลังไฟฟ้า ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร

4.4 การสูบน้ำจากกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

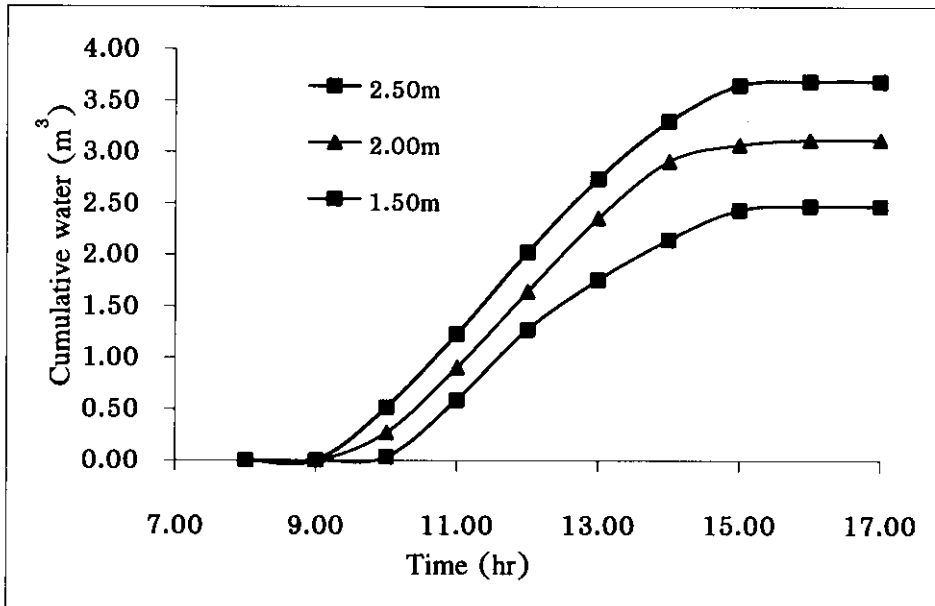
4.4.1 การสูบน้ำจากกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง

ได้สูบน้ำโดยกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร ระหว่างวันที่ 12 กรกฎาคม-22 กันยายน 2548 ในช่วงเวลา 8:00-

17:00 น. ได้กราฟอัตราการไหลของน้ำดังภาพประกอบ 4.7 และได้กราฟปริมาณน้ำสะสมดังภาพประกอบ 4.8 ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 เมตร ป้อนเริ่มสูบน้ำในช่วงเวลา 9:00-16:00 น. โดยมีอัตราการสูบน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.796 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา 11:00-12:00 น. ที่ความสูงปลายท่อ 2.00 เมตร ป้อนเริ่มสูบน้ำในช่วงเวลา 9:00-16:00 น. โดยมีอัตราการสูบน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.740 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา 11:00-12:00 น. ที่ความสูงปลายท่อ 2.50 เมตร ป้อนเริ่มสูบน้ำในช่วงเวลา 9:00-16:00 น. โดยมีอัตราการสูบน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.684 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา 11:00-12:00 น.



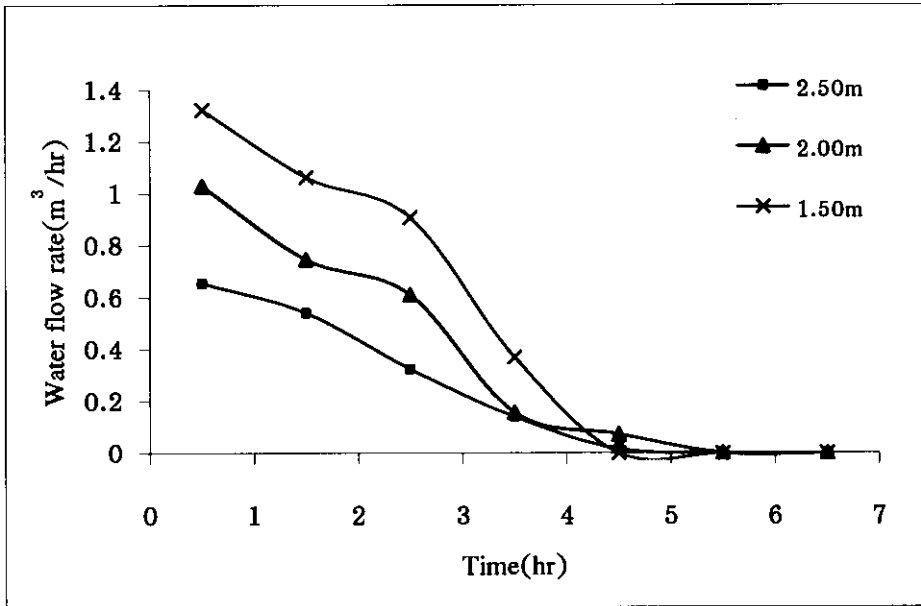
ภาพประกอบ 4.7 กราฟระหว่างอัตราการสูบน้ำกับเวลา ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร



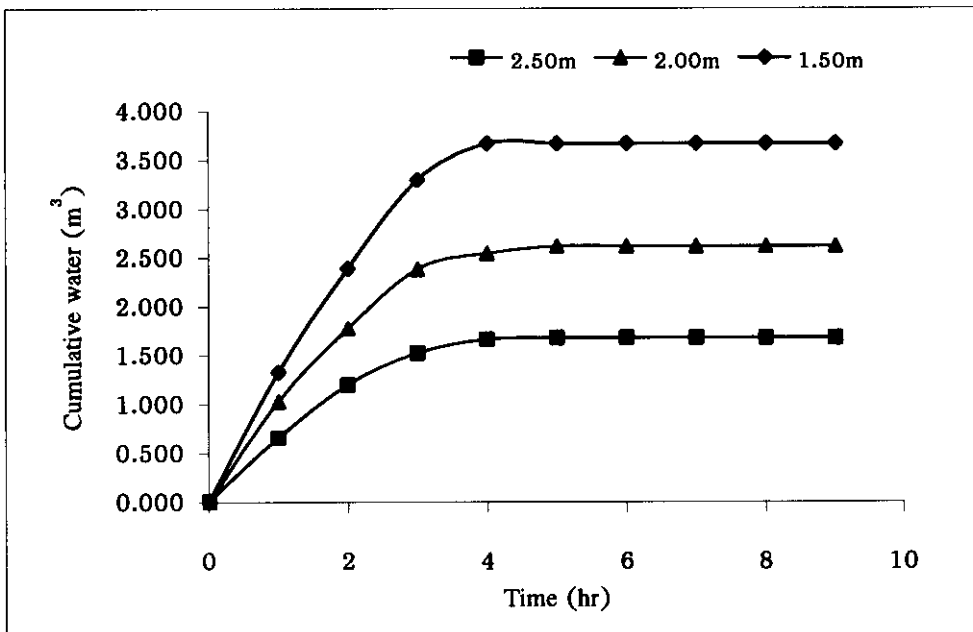
ภาพประกอบ 4.8 กราฟระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้สะสมกับเวลา ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร

4.4.2 การสูบน้ำจากกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ประจุจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ได้ประจุกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับแบตเตอรี่ที่ไม่มีประจุ ตั้งแต่เวลา 8:00-17:00 น. ใน 1 วัน แล้วนำไปต่อกับปั๊มสูบน้ำ ระหว่างวันที่ 20 กรกฎาคม - 1 ตุลาคม 2548 ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร ได้ความสัมพันธ์อัตราการไหลของน้ำและปริมาณน้ำสะสม ดังภาพประกอบที่ 4.9 และภาพประกอบที่ 4.10 ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร เท่ากับ 3.669 2.619 และ 1.667 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

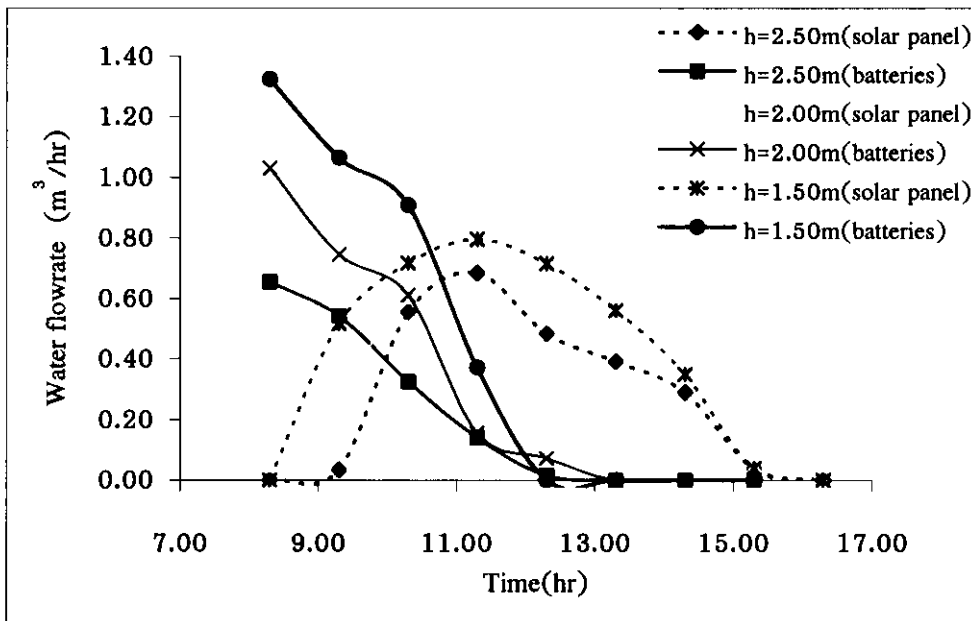


ภาพประกอบ 4.9 กราฟระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้ กับ เวลา ที่ความสูงปลายท่อ 1.50, 2.00 และ 2.50 เมตร

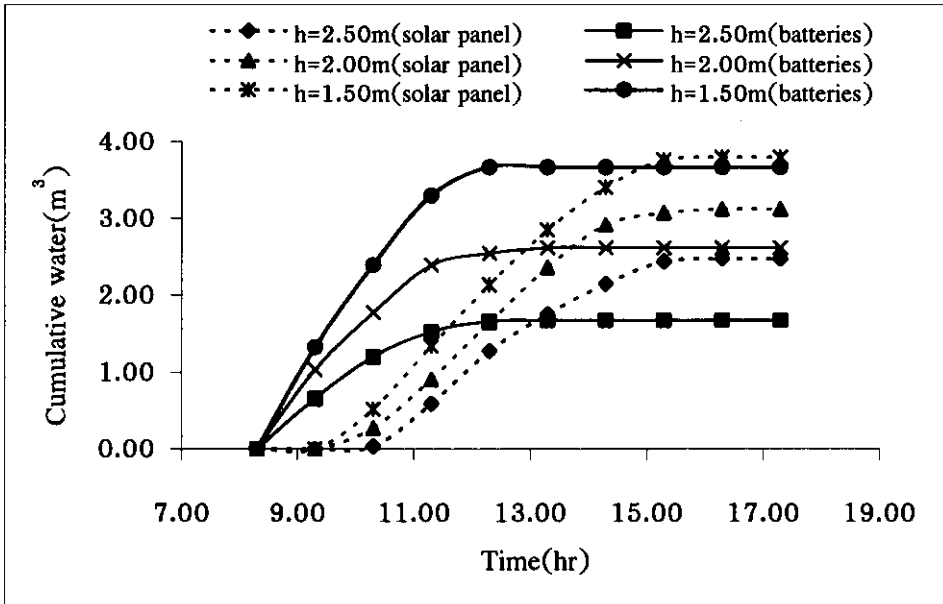


ภาพประกอบ 4.10 กราฟระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้สะสม กับ เวลา ที่ความสูงปลายท่อ 1.50, 2.00 และ 2.50 เมตร

การสูบน้ำโดยใช้กำลังไฟฟ้าทั้งจากแบตเตอรี่และจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกัน จากภาพประกอบ 4.11 และ 4.12 จะเห็นได้ทันทีว่ากำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ช่วยให้ปั๊มสามารถสูบน้ำได้อีก 4 ชั่วโมงใน 1 วัน นั้นหมายความว่าเราอาจใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาเสริมช่วงเช้าก่อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีกำลังไฟฟ้าพอที่จะสูบน้ำได้โดยลำพัง หรือในตอนเย็นหลังจากที่กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะสูบน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้



ภาพประกอบ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้ กับ เวลา ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่



ภาพประกอบ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบได้สะสม กับ เวลา ที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่

ตาราง 4.2 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าต่างๆ ใน 1 วัน

Time (hr)	I(W/m ²)	P _{in} (W)	P _s (W)	P _{ca} (W)	P _B (W)	P _{Qs} (W)			P _{Qb} (W)		
						1.50m	2.00m	2.50m	1.50m	2.00m	2.50m
8:00	258.12	365.6	27.8	13.1	62.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9:00	386.14	547.0	41.0	22.1	60.9	0.00	0.00	0.00	4.98	5.61	4.46
10:00	523.09	741.0	47.2	40.5	58.2	2.11	1.12	0.14	4.98	4.06	3.69
11:00	656.57	930.1	47.3	37.8	49.2	2.92	2.59	2.27	3.72	3.33	2.21
12:00	730.99	1035.5	68.3	36.0	30.5	3.25	3.02	2.79	2.97	0.86	0.95
13:00	778.58	1102.9	71.2	34.0	8.7	2.92	2.91	1.97	1.21	0.40	0.10
14:00	670.9	950.3	58.3	36.8	1.5	2.29	2.27	1.60	0.00	0.00	0.00
15:00	543.66	770.1	55.7	35.3	0.2	1.42	0.64	1.18	0.00	0.00	0.00
16:00	439.30	622.3	34.6	24.5	0.1	0.16	0.20	0.15	0.00	0.00	0.00
17:00	242.24	343.1	18.8	15.4	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avg/Day	522.66	729.2	47.0	29.5	27.2	1.51	1.27	1.01	1.83	1.43	1.14

จากตาราง 4.2

$P_{Ch}(W)$ คือ กำลังไฟฟ้าของการประจุแบตเตอรี่ หาได้จาก

$$P_{Ch} = I_{Ch} V_{Ch}$$

เมื่อ V_{Ch} คือ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของการประจุแบตเตอรี่ (V)

I_{Ch} คือ กระแสไฟฟ้าในวงจรขณะประจุแบตเตอรี่ (A)

ซึ่งได้ค่าอยู่ในช่วง 13.1 วัตต์ ถึง 40.5 วัตต์ โดยเฉลี่ยใน 1 วันมีค่า 29.5 วัตต์

$P_B(W)$ คือ กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ หาได้จาก

$$P_B = I_B V_B$$

เมื่อ V_B คือ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (V)

I_B คือ กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (A)

P_Q คือ กำลังจากสูบน้ำของปั๊ม หาได้จาก

$$P_Q = \rho g h Q$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ = 1000 kg/m^3

g คือ ความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก = 9.8 m/s^2

h คือ ความสูงปลายท่อ (m)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (m^3)

ส่วน P_{QS} , P_{QB} คือ กำลังจากสูบน้ำของปั๊มโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจากแบตเตอรี่ตามลำดับ

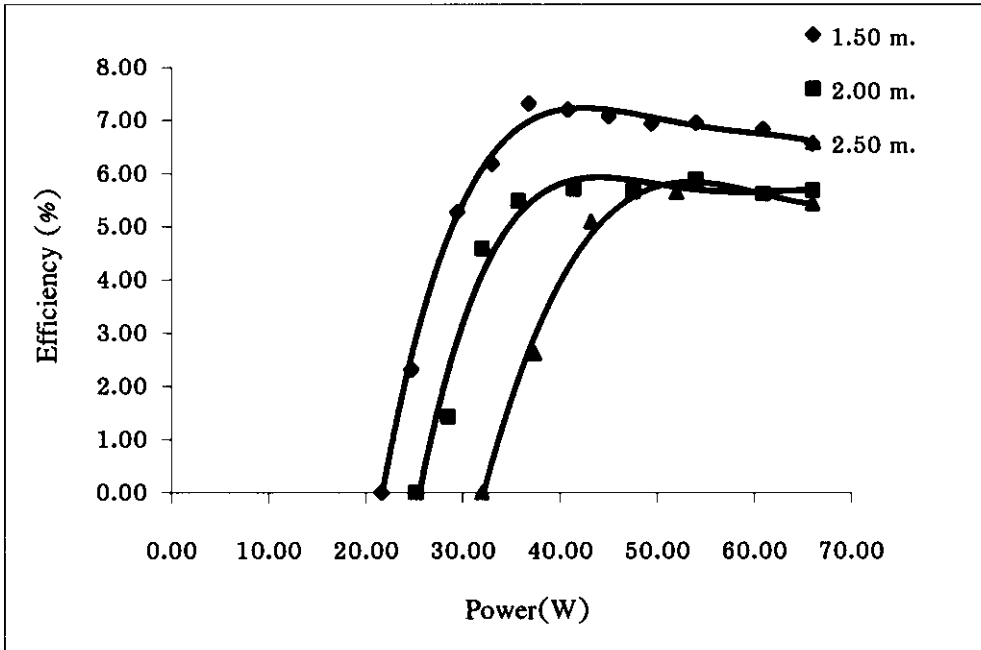
ตาราง 4.3 แสดงค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ

Time (hr)	$\eta_{TS}(\%)$			$\eta_{TB}(\%)$		
	1.50m	2.00m	2.50m	1.50m	2.00m	2.50m
8:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9:00	0.00	0.00	0.00	3.71	4.14	3.34
10:00	0.29	0.15	0.02	6.34	5.23	4.71
11:00	0.32	0.28	0.24	5.59	4.94	3.26
12:00	0.31	0.29	0.27	3.42	1.01	1.08
13:00	0.27	0.27	0.18	1.43	0.48	0.10
14:00	0.24	0.24	0.17	0.00	0.00	0.00
15:00	0.18	0.08	0.15	0.00	0.00	0.00
16:00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avg/Day	0.16	0.13	0.11	2.05	1.58	1.25

จากตารางแสดงค่าประสิทธิภาพรวมของระบบซึ่ง

เมื่อ η_{TS} คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

η_{TB} คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่



ภาพประกอบ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้ากับประสิทธิภาพของปั๊มสูบน้ำที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับประสิทธิภาพของปั๊มสูบน้ำพบว่าที่ความสูงปลายท่อ 1.50 2.00 และ 2.50 เมตร กำลังไฟฟ้าที่ทำให้ปั๊มเริ่มสูบน้ำเป็น 24.7 28.5 และ 37.4 วัตต์ และประสิทธิภาพสูงสุดของมอเตอร์เท่ากับ 7.2% 5.9% และ 5.6% ตามลำดับ