

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฏ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก	4
2.2 ทิศทางของรังสีตรง	5
2.3 หลักการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก	6
2.4 ประเภทของเซลล์โฟโตโวลตาอิก	8
2.5 สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก	9
2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก	11
2.7 ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์	12
2.8 สมการที่ใช้ในการคำนวณหามุมที่เหมาะสมของตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์	13
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	21
3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เงื่อนไขในการทดลอง	26
3.3 วิธีการทดลอง	26
3.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	27
4 ผลการทดลอง	30
4.1 มุมที่เหมาะสมของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์	30
4.2 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงโฟโตโวลตาอิก ร่วมกับโหลดทางไฟฟ้า	31
4.3 เปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกทดสอบที่มีแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และแผงโฟโตโวลตาอิกควบคุม	33
4.4 เปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่	38
4.5 เปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่	43
4.6 เปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่	48
4.7 เปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่	53
4.8 เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิกทดสอบที่มีชุดการทดลองทั้ง 5 แบบ และแผงโฟโตโวลตาอิกควบคุม	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.9 เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด กระแสไฟฟ้าลัดวงจร กำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพ ของแผงทดสอบที่มีชุดการทดลองทั้ง 5 แบบ และแผงโฟโตโวลตาอิกควบคุม	60
4.10 จำนวนแผงโฟโตโวลตาอิกที่สอดคล้องกับกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อปรับเปลี่ยนชนิดของเครื่องปั้มน้ำ	65
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	67
5.2 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	73
ประวัติผู้วิจัย	98

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของวัสดุ	12
3.1 สมบัติของเซลล์โฟโตโวลตาอิกชนิดอะมอร์ฟัสที่ใช้ในการทดลอง	22
4.1 สมบัติเครื่องปั้มน้ำรุ่นต่างๆ	65
4.2 กำลังไฟฟ้าที่ได้รับเพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้เครื่องปั้มน้ำขนาด 150 วัตต์	65

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า	
2.1	สเปกตรัมของแสงอาทิตย์	4
2.2	สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก เมื่อไม่มีแสงตกกระทบและเมื่อมีแสงตกกระทบ	9
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก	10
2.4	แผงทดสอบที่ติดตั้งสะท้อนรังสีอาทิตย์ และเอียงทำมุม 13.65 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้	13
3.1	ชุดทดลองการเพิ่มกำลังไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิกโดยใช้ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ และใช้เทคนิคการลดอุณหภูมิโดยการพ่นน้ำ	21
3.2	ชั้นวางรองรับแผงโฟโตโวลตาอิก	23
3.3	ถังน้ำขนาด 100 ลิตร และชั้นวางถัง	23
3.4	หัวพ่นน้ำประเภทหัวพ่น 180 องศาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ½ นิ้วจำนวน 3 หัว	24
3.5	ภาชนะรองน้ำที่รองรับน้ำที่ไหลผ่านแผงโฟโตโวลตาอิกแล้วผ่านไปยังถังน้ำที่อยู่ด้านล่างของแผง	24
3.6	เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ CEDA รุ่น QDN 1.5-4.5-150 W ขนาด 150 วัตต์	25
3.7	แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์สำหรับสะท้อนให้รังสีอาทิตย์ตกกระทบลงบนแผงโฟโตโวลตาอิก	25
3.8	มัลติมิเตอร์ UNIT-T UT33A	27
3.9	ไพแรนอมิเตอร์สำหรับวัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์	27
3.10	สายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K	28
3.11	ดาต้าล็อกเกอร์	28
3.12	แคลมป์มิเตอร์	29
4.1	มุมที่เหมาะสมของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ตลอด 1 ปี	30
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่ากระแสไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิก	31
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิก	31

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิก	32
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิก	32
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ของแผงทดสอบที่มีเฉพาะตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 9 กันยายน 2557)	33
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผงทดสอบที่มีเฉพาะตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 9 กันยายน 2557)	34
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของแผงทดสอบที่มีเฉพาะตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 9 กันยายน 2557)	35
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของแผงทดสอบที่มีเฉพาะตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 9 กันยายน 2557)	36
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 10 กันยายน 2557)	38
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 10 กันยายน 2557)	39
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกกับเวลาทำการทดลอง (ผลการทดลองวันที่ 10 กันยายน 2557)	39
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 10 กันยายน 2557)	40

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 10 กันยายน 2557)	41
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 18 ตุลาคม 2557)	43
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 18 ตุลาคม 2557)	44
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกกับเวลาที่ทำกรทดลอง (ผลการทดลองวันที่ 18 ตุลาคม 2557)	44
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 18 ตุลาคม 2557)	45
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของแผงทดสอบที่มีเฉพาะระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 18 ตุลาคม 2557)	46
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 12 สิงหาคม 2557)	48
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 12 สิงหาคม 2557)	49
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกกับเวลาที่ทำกรทดลอง (ผลการทดลองวันที่ 12 สิงหาคม 2557)	49

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 12 สิงหาคม 2557)	50
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 12 สิงหาคม 2557)	51
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 4 กรกฎาคม 2557)	53
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและเวลา (ผลการทดลองวันที่ 4 กรกฎาคม 2557)	54
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกกับเวลาที่ทำกรทดลอง (ผลการทดลองวันที่ 4 กรกฎาคม 2557)	54
4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 4 กรกฎาคม 2557)	55
4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของแผงทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่และแผงควบคุม (ผลการทดลองวันที่ 4 กรกฎาคม 2557)	56
4.30 เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้รับของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีชุดการทดลองทั้ง 5 แบบ และแผงโฟโตโวลตาอิกควบคุม	58
4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของแผงทดสอบทั้ง 5 แบบกับแผงควบคุม	60
4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของแผงทดสอบทั้ง 5 แบบกับแผงควบคุม	62

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของแผงทดสอบทั้ง 5 แบบกับแผงควบคุม	63
4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของแผงทดสอบทั้ง 5 แบบกับแผงควบคุม	63
4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแผงโฟโตโวลตาอิกและกำลังไฟฟ้าที่ได้รับเมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปั้มน้ำ	66

รายการสัญลักษณ์

E_g	=	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ
h	=	ค่าคงที่ของพลังค์ ($6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)
ν	=	ความถี่ของแสง (เฮิรตซ์)
λ_c	=	ความยาวคลื่นตัด (เมตร)
I_{sc}	=	กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (แอมแปร์)
V_{oc}	=	แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (โวลต์)
P_m	=	กำลังไฟฟ้าสูงสุด (วัตต์)
A	=	พื้นที่แผงโฟโตโวลตาอิก (ตารางเมตร)
G_T	=	ปริมาณรังสีรวมที่ตกกระทบบนช่องรับรังสี (วัตต์/ตารางเมตร)
G_{tot_ref}	=	ปริมาณรังสีอาทิตย์รวม (วัตต์/ตารางเมตร)
G_{dir}	=	รังสีตรงที่ตกกระทบบนผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก (วัตต์/ตารางเมตร)
G_{dif}	=	รังสีกระจาย (วัตต์/ตารางเมตร)
G_{ref_g}	=	รังสีที่เกิดการสะท้อนจากพื้นดิน (วัตต์/ตารางเมตร)
G_{ref1}	=	รังสีสะท้อนจากตัวสะท้อนที่ติดอยู่ด้านล่างของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มาตกกระทบผิวหน้าของเซลล์ (วัตต์/ตารางเมตร)
α_1	=	มุมเอียงของตัวสะท้อนที่ติดอยู่ด้านล่างของเซลล์ (องศา)
G_{in}	=	รังสีตกกระทบรวม (วัตต์/ตารางเมตร)
G_{difh}	=	รังสีกระจายที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวในแนวนอน (วัตต์/ตารางเมตร)
G_h	=	รังสีตกกระทบรวมที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวในแนวนอน (วัตต์/ตารางเมตร)
α	=	มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (องศา)
β	=	มุมเอียงของแผงเซลล์โฟโตโวลตาอิก (องศา)
ρ_g	=	ค่าการสะท้อนจากพื้นดิน
ρ_{Al}	=	ค่าการสะท้อนของแผ่นอลูมิเนียมที่เป็นตัวสะท้อน
δ	=	มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ (องศา)
φ	=	ละติจูดของสถานที่ทดลอง (องศา)
ω	=	มุมชั่วโมง (องศา)