สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (1)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญตาราง ..... (9)

สารบัญภาพประกอบ..... (10)

บทที่

1. บทนำ..... 1

    1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1
    1.2 วัตถุประสงค์ 3
    1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
    1.4 สมมติฐานการวิจัย 4
    1.5 ระเบียบวิธีวิจัย. 4
    1.6 ตัวแปรในการศึกษา 5
    1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

2. ผลงานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง 9

    2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์..... 10
    2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับแสง 13
    2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับแสงอาทิตย์..... 18
    2.4 ปริทัศน์งานวิจัย..... 19

3. วิธีการวิจัย 28

3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 29
3.2 การทดลองที่ 1 33
3.3 การทดลองที่ 2 35
3.4 การทดลองที่ 3 38

4. ผลการศึกษา 42

4.1 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 14 องศา และที่มุม 90 องศากับแนวระนาบ 42
4.2 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 14 องศา มุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งที่มุม 90 องศากับแนวระนาบพร้อมอุปกรณ์สะท้อนแสงติดตั้งที่มุม 38 องศา 7 องศา และ 14 องศา 45
4.3 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 14 องศา มุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศากับแนวระนาบและเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศากับแนวระนาบพร้อมอุปกรณ์สะท้อนแสงติดตั้งที่มุม 28 องศา และ14 องศา สำหรับแต่ละเดือนในหนึ่งปี 49
4.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 14 องศา มุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศากับแนวระนาบพร้อมอุปกรณ์สะท้อนแสงติดตั้งที่มุม 38 องศา และ14 องศาสำหรับแต่ละเดือนในหนึ่งปี 59

5. สรุปผลการศึกษา 65

5.1 สรุปผลด้านพลังงานไฟฟ้า 66
5.2 สรุปผลด้านการนำไปใช้ 81

6. อภิปรายผลการศึกษา 91

6.1 แนวทางการเลือกใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์..... 91
6.2 อุปกรณ์สะท้อนแสงและตัวแปรที่ส่งผลต่อการออกแบบ..... 95
6.3 สัดส่วนพื้นที่ที่ติดตั้งให้ได้กำลังไฟฟ้าเท่ากัน..... 96
6.4 ข้อจำกัดในการทดลอง 96
6.6 เสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 97

บรรณานุกรม 98

ประวัติการศึกษา..... 101

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ตารางแสดงการใช้พลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2547 – 2551	1
1.2	ตัวแปรในการทดลองที่ 1	5
1.3	ตัวแปรในการทดลองที่ 2	6
1.4	ตัวแปรในการทดลองที่ 3	7
2.1	ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป	11
2.2	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ	15
4.1	ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 7.00 น. – 18.00 น. ของวันที่ 1 มีนาคม 2553	44
4.2	ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 7.00 น. – 18.00 น. ของวันที่ 1 มีนาคม 2553	45
5.1	ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และค่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	66
5.2	ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และค่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	71
5.3	ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และสัดส่วนกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก PV 14° PV 90° และ PV 90° Ref 38°	80
5.4	ค่ากำลังไฟฟ้า ที่ผลิตได้จาก PV 14° PV 90° และ PV 90° Ref 38° จากค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	87
5.5	หน่วยไฟฟ้า (P_x) และจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้น (บาทต่อปี) เมื่อติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียงมุม 38 องศา ให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ	90

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	แนวมุมระดับที่ตกกระทบกับแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์	2
1.2	หลักการทำงานของอุปกรณ์สะท้อนแสง	3
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงไป	10
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป	10
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงคลื่นของแสงอาทิตย์ กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.4	แนวของแสงที่ตกกระทบพื้นผิว	13
2.5	หลักการสะท้อนแสงของอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่เอียงทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ	14
2.6	ภาพแสดงลักษณะของอุปกรณ์สะท้อนแสงที่มีลักษณะเป็น Specula Reflector	15
2.7	พฤติกรรมการสะท้อนแสง การดูดซับ และ ส่งผ่านของแสงที่ผ่านกระจก	16
2.8	ค่าการส่องผ่านของกระจกแต่ละสเปกตรัม	17
2.9	การโคจรดวงอาทิตย์ที่ละติจูด 14 องศาเหนือ	18
2.10	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุมชันกว่า 90 องศา กับแนวระนาบ	19
2.11	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 90 องศา กับแนวระนาบ ณ อาคาร ท.102 บางกรวย จ. นนทบุรี	20
2.12	การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 90 องศากับแนวระนาบ	20
2.13	ผนังเซลล์แสงอาทิตย์เปล่งแสง	21
2.14	Photovoltaic Thermal cell	22
2.15	Photovoltaic cell Thin Film	22
2.16	Solar Concentrator	23
2.17	Ridge Reflector	24
2.18	รายละเอียดของ Ridge Reflector	24

2.19 Parabolic Reflector 25
2.20 การเปรียบเทียบพลังงาน ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงแบบต่าง ๆ 25
2.21 การพัฒนาโมดูลโฟโตโวลทาอิกร่วม กับ รางรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลา 26
2.22 เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้รางรวมแสงแบบ รูปประกอบพาราโบลา (CPC) กับแบบทั่วไป..... 27
3.1 แผนผังวงจรแปลงค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และตำแหน่งที่ทำการวัด..... 29
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองบนพื้นที่ดาดฟ้าอาคารปฏิบัติการ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิยาลัยธรรมศาสตร์ 30
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 30
3.4 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 1..... 33
3.5 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 2..... 36
3.6 การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในการทดลองที่ 2 37
3.7 ตำแหน่งระนาบอ้างอิงในชุดทดลอง 39
3.8 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 3 สำหรับ เดือน สิงหาคม..... 41
4.1 ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 7.00 น.–18.00 น. ของวันที่ 1 มีนาคม 2553..... 43
4.2 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° และ PV 90° ref 38°..... 46
4.3 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° และ PV 90° ref 7°..... 46
4.4 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° และ PV 90° ref 14°..... 47
4.5 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนมกราคมและพฤศจิกายน..... 50
4.6 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนกุมภาพันธ์และตุลาคม 50
4.7 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนมีนาคมและกันยายน..... 51
4.8 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนเมษายนและสิงหาคม..... 51
4.9 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม..... 52
4.10 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนมิถุนายน..... 52
4.11 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเดือนธันวาคม..... 53

4.12 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมกราคม และพฤศจิกายน. 53
4.13 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และตุลาคม 54
4.14 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมีนาคม และตุลาคม 54
4.15 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนเมษายน และสิงหาคม 55
4.16 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม 55
4.17 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมิถุนายน 56
4.18 กระแสไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนธันวาคม 56
4.19 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมกราคมและพฤศจิกายน. 60
4.20 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และตุลาคม 60
4.21 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมีนาคม และตุลาคม 61
4.22 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนเมษายน และสิงหาคม 61
4.23 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม 62
4.24 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมิถุนายน 62
4.25 อุณหภูมิผิว PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนธันวาคม 63
4.26 อุณหภูมิผิวใต้ร่มเงาแผงเซลล์แสงอาทิตย์อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกร่มเงา..... 63

5.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการสรุปผลการศึกษา..... 65
5.2 กำลังไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศา และมุม 90 องศากับแนวระนาบทางด้านทิศใต้ 66
5.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศา และมุม 90 องศากับแนวระนาบทางด้านทิศใต้..... 67
5.4 กำลังไฟฟ้า PV 14 PV 90° และ PV 90° ref 38° 68
5.5 กำลังไฟฟ้า PV 14 PV 90° และ PV 90° ref 7° 69
5.6 กำลังไฟฟ้า PV 14 PV 90° และ PV 90° ref 14° 69
5.7 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° และPV 90° Ref 38°..... 70
5.8 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° และPV 90° Ref 7°..... 70
5.9 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° และPV 90° Ref 14°..... 71
5.10 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนมกราคม และพฤศจิกายน. 72
5.11 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และตุลาคม 73
5.12 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนมีนาคม และตุลาคม 73
5.13 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนเมษายน และสิงหาคม 74
5.14 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม..... 74
5.15 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนมิถุนายน..... 75
5.16 กำลังไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 38° ในช่วงเดือนธันวาคม 75
5.17 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมกราคม และพฤศจิกายน..... 76
5.18 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และตุลาคม..... 76

5.19 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมีนาคม และตุลาคม 77
5.20 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนเมษายน และสิงหาคม 77
5.21 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม 78
5.22 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนมิถุนายน 79
5.23 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า PV 14° PV 90° PV 90° Ref 38° และ PV 90° Ref 14° ในช่วงเดือนธันวาคม..... 79
5.24 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 90 องศา กับแนวระนาบ ณ อาคาร ท.102 บางกรวย จ. นนทบุรี 82
5.25 รูปด้านอาคาร ท.102..... 83
5.26 Perspective อาคาร ท.102..... 84
5.27 Perspective อาคาร ท.102 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงที่มุม 38 องศา 85
5.28 รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงที่มุม 38 องศา 86
5.29 การใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียงทำมุม 38 องศา เป็นแผงบังแดด..... 92
5.27 การโคจรของดวงอาทิตย์แสดงช่วงเวลาที่อุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียงทำมุม 38 องศา สามารถบังแดดเข้าสู่อาคารได้ทั้งหมด (ส่วนที่แรเงา) 92