

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	XI
สารบัญตาราง.....	XVII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎี หรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	4
บทที่ 2 ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์.....	6
2.1 กล่าวนำ.....	6
2.1.1 การใช้ประโยชน์เชิงความร้อน (Thermal Application).....	7
2.1.2 การใช้ประโยชน์เชิงไฟฟ้าโดยตรง (Direct Electric Conversion).....	7
2.1.3 การใช้ประโยชน์เชิงเคมี (Photochemical Conversion).....	7
2.2 สรุปสถานการณ์ของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน และแนวโน้มการใช้งาน ในอนาคต.....	10
2.2.1 สาระสำคัญของนโยบาย แผน และแนวทางการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ พ.ศ. 2540-2544.....	10
2.2.2 นโยบาย แผน และสถานภาพของการวิจัยพัฒนาและการใช้เซลล์แสงอาทิตย์.....	11
2.2.3 สถานภาพและแนวโน้ม.....	12
2.2.3.1 สถานภาพของการวิจัย พัฒนา และการใช้เซลล์แสงอาทิตย์.....	12
2.2.3.2 แนวโน้มของการวิจัย พัฒนา และการใช้เซลล์แสงอาทิตย์.....	13
2.2.4 แนวโน้มที่ควรจะเป็นในประเทศไทย.....	15
2.2.5 ปัญหาในการพัฒนา และแนวทางแก้ไข.....	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 การวิเคราะห์รังสีแสงอาทิตย์.....	19
2.3.1 การศึกษาข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์.....	19
2.3.2 การวัดและการเก็บข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์.....	22
2.3.2.1 เครื่องมือวัดความเข้มและพลังงานแสงอาทิตย์.....	25
2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้งาน.....	26
2.4.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับแสงอาทิตย์.....	30
2.4.2 การพิจารณาตำแหน่ง และมุมในการติดตั้งที่เหมาะสม.....	38
2.4.2.1 มุมเอียง และ ปริมาณแสงที่ตกลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	38
2.4.2.2 การพิจารณามุมเอียงที่เหมาะสม.....	42
2.4.3 ทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์.....	43
2.4.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน.....	43
2.4.3.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน.....	44
2.4.3.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน.....	44
2.4.3.4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบกึ่งตัวนำ.....	45
2.4.4 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์.....	47
2.4.4.1 คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์....	48
2.4.4.2 ผลของความต้านทานอนุกรมและความต้านทานขนานในเซลล์แสงอาทิตย์..	52
2.4.4.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์.....	54
2.4.4.4 คุณสมบัติและรูปแบบการกำเนิดไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	54
2.5 การศึกษาผลการต่อรวมเซลล์แสงอาทิตย์.....	55
2.5.1 การจัดสมมูลพลังงานของระบบ.....	55
2.5.2 ความสิ้นเปลืองกำลังสูงสุดของเซลล์หนึ่งตัวในแผงเซลล์.....	58
2.5.3 รูปแบบการต่อเซลล์อย่างอนุกรม และขนาน.....	62
2.6 แบตเตอรี่.....	67
2.6.1 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	67
2.6.2 การใช้งานของแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	67
2.6.3 การป้องกันผลกระทบของแบตเตอรี่ที่เกิดจากการปล่อยประจุเกิน.....	71
2.6.4 การพิจารณานาฬิกาของแบตเตอรี่ ในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	73

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.5 การพิจารณาลักษณะของโหลดภาระ.....	74
2.6.5.1 คาบเวลาของโหลดภาระ.....	75
2.6.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบของโหลดภาระ.....	76
2.6.6 การพิจารณาความจุของแบตเตอรี่.....	76
2.6.6.1 การหาจำนวนแบตเตอรี่ที่จะต่ออนุกรมกัน.....	77
2.7 อุปกรณ์ประกอบสำหรับระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	80
2.7.1 BOS (Balance of system).....	80
2.7.2 Power Conditioning System (PCS).....	82
2.7.3 ชุดควบคุมจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด.....	83
2.7.4 อินเวอร์เตอร์.....	84
2.7.5 อุปกรณ์ควบคุม.....	86
2.8 บทสรุป.....	87
บทที่ 3 การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข.....	88
3.1 กล่าวนำ.....	88
3.2 การหาค่าแทรกแบบไพลน์ (Spline Interpolation).....	88
3.2.1 สไพล์เชิงเส้น (Linear Splines).....	89
3.2.2 สไพล์กำลังสอง (Quadratic Splines).....	90
3.2.3 สไพล์กำลังสาม (Cubic Splines).....	93
3.3 การปรับโค้ง (Curve Fitting).....	96
3.3.1 การศึกษาปัญหาทั่วไป.....	96
3.3.2 ความผิดพลาดต่ำสุด.....	97
3.3.3 วิธีของ Least Square.....	98
3.4 อินทิเกรชันเชิงตัวเลข.....	105
3.4.1 กฎ Trapezoidal.....	106
3.4.2 กฎของ Simpson.....	108
3.4.3 กฎของ Simpson สามส่วนแปด (three-eight).....	110
3.4.4 กฎของ Weddle.....	110

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.5 ความผิดพลาดในสูตรการหาอินทิเกรตแบบ Trapezoidal และ Simpson.....	112
3.4.5.1 ความผิดพลาดในสูตรของ Trapezoidal.....	112
3.4.5.2 ความผิดพลาดจากการใช้สูตร Simpson.....	115
3.4.6 รอมเบอร์กอินทิเกรชัน (Romberg integration).....	119
3.4.7 สูตรของ Newton-Cotes.....	120
3.5 บทสรุป.....	122
บทที่ 4 ระเบียบวิธีการวิจัย.....	123
4.1 กล่าวนำ.....	123
4.2 การวิเคราะห์การจ่ายพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ด้วยกราฟคุณลักษณะ.....	123
4.2.1 ความคู่ควรกันระหว่างสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับเบตเตอร์.....	123
4.2.2 ระบบซึ่งประกอบด้วยเบตเตอร์และตัวเปลี่ยนไฟดิซี-ดีซี.....	127
4.2.3 ระบบประกอบด้วยตัวคุมค่าแรงดันบนโหลด.....	133
4.3 การสร้าง และทดสอบโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	133
4.3.1 การทำงานของโปรแกรม.....	133
4.3.2 การวิเคราะห์เชิงตัวเลข.....	139
4.3.3 การทดสอบอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์.....	144
4.3.3.1 การประมาณค่าระหว่าง และการแทนกลุ่มข้อมูลด้วยเส้นที่เหมาะสม.....	144
4.3.3.2 การอินทิเกรตเชิงตัวเลข.....	146
4.3.3.3 การทดสอบการประมาณค่าด้วยเส้นที่เหมาะสม.....	147
4.3.3.4 การทดสอบอัลกอริทึมกับระบบจริง.....	149
4.4 กรณีศึกษา การจ่ายพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับระบบป้องกัน	
การสุกร่อนของท่อโลหะ (ส่วนที่ 1 : หลักการ และเงื่อนไขการออกแบบใช้งาน).....	153
4.4.1 การวิเคราะห์ระบบป้องกันการสุกร่อนของท่อโลหะ.....	154
4.4.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำหรับป้องกันการสุกร่อนของท่อโลหะ.....	157
4.4.3 รูปแบบการใช้งานของระบบป้องกันการสุกร่อนโดยวิธี Cathodic Protection.....	160
4.4.3.1 การป้องกันการสุกร่อนแบบ Sacrificial Anode.....	160
4.4.3.2 การป้องกันการสุกร่อนแบบ Impressed Current.....	162
4.5 บทสรุป.....	167

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การทดลองประยุกต์ใช้งานและผลการทดลอง.....	173
5.1 กล่าวนำ.....	173
5.2 การพิจารณาขนาดของระบบสะสมพลังงาน (แบตเตอรี่).....	173
5.2.1 หลักการและเหตุผล.....	173
5.2.2 ทฤษฎีอ้างอิงและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	173
5.2.3 การเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ.....	174
5.2.4 วิธีทดสอบ.....	176
5.2.4.1 หัวข้อการทดสอบ.....	176
5.2.4.2 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ.....	176
5.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	177
5.2.6 ผลการทดลอง.....	180
5.2.7 บทวิเคราะห์การทดลอง.....	182
5.3 การพิจารณาผลของมุมเอียง และรูปแบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	183
5.3.1 หลักการและเหตุผล.....	183
5.3.2 ทฤษฎีอ้างอิงและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	185
5.3.3 การเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ.....	188
5.3.4 วิธีทดสอบ.....	189
5.3.4.1 หัวข้อการทดสอบ.....	189
5.3.4.2 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ.....	190
5.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	191
5.3.6 ผลการทดลอง.....	191
5.3.7 บทวิเคราะห์การทดลอง.....	193
5.4 การพิจารณาผลการต่อรวมแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	194
5.4.1 หลักการและเหตุผล.....	194
5.4.2 ทฤษฎีอ้างอิงและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	194
5.4.3 การเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ.....	195
5.4.4 วิธีทดสอบ.....	196

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4.4.1 หัวข้อการทดสอบ.....	196
5.4.4.2 ลำดับขั้นการทดสอบ.....	196
5.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	197
5.4.6 ผลการทดลอง.....	198
5.4.7 บทวิเคราะห์การทดลอง.....	201
5.5 ศึกษาการดึงกำลังสูงสุดด้วยโปรแกรมจำลองระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	202
5.5.1 หลักการและเหตุผล.....	202
5.5.2 ทฤษฎีอ้างอิงและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	202
5.5.3 การเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ.....	202
5.5.4 วิธีทดสอบ.....	203
5.5.4.1 หัวข้อการทดสอบ.....	203
5.5.4.2 ลำดับขั้นการทดสอบ.....	203
5.5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	204
5.5.6 ผลการทดลอง.....	204
5.5.7 บทวิเคราะห์การทดลอง.....	206
5.6 กรณีศึกษาการจ่ายพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์เพื่อใช้งานกับระบบป้องกัน การผูกרוןของท่อโลหะ (ส่วนที่ 2 : การทดสอบระบบจริง).....	208
5.6.1 หลักการและเหตุผล.....	208
5.6.2 ทฤษฎีอ้างอิงและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	208
5.6.3 การเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ.....	209
5.6.4 วิธีทดสอบ.....	212
5.6.4.1 หัวข้อการทดสอบ.....	212
5.6.4.2 ลำดับขั้นการทดสอบ.....	212
5.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	215
5.6.6 ผลการทดลอง.....	215
5.6.7 บทวิเคราะห์การทดลอง.....	220

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	222
6.1 การทดสอบวิธีการเชิงเลข และอัลกิริทึมที่ใช้วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	222
6.2 การทดสอบโปรแกรมจำลองการทำงาน และวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์	222
6.3 การนำโปรแกรมจำลองการทำงาน และวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ไปใช้วิเคราะห์ กับระบบทดสอบตัวอย่าง.....	223
6.4 ข้อเสนอแนะ.....	224
6.5 งานวิจัยที่พัฒนาต่อไป.....	226
เอกสารอ้างอิง.....	228
ภาคผนวก.....	231
ภาคผนวก ก. รายละเอียดของข้อมูลประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	231
ภาคผนวก ข. เครื่องมือ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย.....	244
ภาคผนวก ค. ข้อมูลสรุปสถิติภูมิอากาศ และความยาวนานแสงแดดที่กรุงเทพฯ ระหว่างปี 1969 - 2000.....	250
ภาคผนวก ง. ข้อมูลการทดสอบชุดจำลองรังสีแสงอาทิตย์.....	253
ภาคผนวก จ. ฐานข้อมูลการทดสอบชุดป้องกันการสุกร่อนของท่อโลหะ.....	257
ภาคผนวก ฉ. ฐานข้อมูลการทดสอบชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด.....	273
ภาคผนวก ช. คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	292
ภาคผนวก ซ. รายละเอียดคำสั่งที่สำคัญของโปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ สำหรับโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	307
ภาคผนวก ฌ. ผลงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ที่ได้รับการตีพิมพ์.....	316
ประวัติผู้เขียน.....	339