

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
สารบัญตารางประกอบ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.3 แนวทางในการแก้ปัญหา	2
1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.5 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
1.6 ขอบเขตของการทำวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 แบบจำลองระบบไฟโตโวลตาอิก	7
2.1 บทนำ	7
2.2 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก	7
2.3 หลักการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบ	8
2.4 หลักการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง	10
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างรังสีอาทิตย์กับข้อมูลชั่วโมงความยาวนานแสงแดด	14
2.6 แบบจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์	15
2.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด	18
2.8 การประจุแบตเตอรี่	23
2.9 การจำลองโหลดระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สาธารณะ	24
2.10 การจำลองอุณหภูมิแวดล้อม	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การแก้ปัญหาด้วยวิธีตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น	28
3.1 บทนำ	28
3.2 สมมุติฐานของตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น	28
3.3 ขั้นตอนพื้นฐานของรูปแบบการโปรแกรมเชิงเส้น	28
3.4 รูปแบบมาตรฐานของตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น	29
3.5 อัลกอริทึมของวิธีซิมเพล็กซ์	31
บทที่ 4 โปรแกรมการวิเคราะห์ขนาดระบบไฟโตโวลตาอิก	37
4.1 บทนำ	37
4.2 แผนผังของโปรแกรมการวิเคราะห์ขนาดระบบไฟโตโวลตาอิก	37
4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของโปรแกรม	38
4.4 โปรแกรมการคำนวณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์	40
4.5 โปรแกรมการจำลองการทำงานของระบบไฟโตโวลตาอิก	42
4.6 การวิเคราะห์ขนาดของระบบ	46
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม	51
5.1 บทนำ	51
5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ของโปรแกรม	51
5.3 ผลการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียงของโปรแกรม	62
5.4 ผลการวิเคราะห์ขนาดของระบบไฟโตโวลตาอิกที่โหลดต่าง ๆ (ก่อนการทดลอง)	67
5.5 ผลการวิเคราะห์ระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบ (ก่อนการทดลอง)	71
บทที่ 6 ผลการทดลอง	75
6.1 บทนำ	75
6.2 ชุดทดลองเพื่อใช้เก็บข้อมูล	75
6.3 การเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง	79

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
6.4 ผลการทดลอง	82
6.5 ผลการวิเคราะห์หลังการปรับปรุงโปรแกรม	90
6.6 ผลการทดลองหลังการปรับปรุงโปรแกรม	94
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย	98
7.1 สรุป	98
7.2 ปัญหาและอุปสรรค	99
7.3 ข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม	100
ภาคผนวก	102
ก. ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การคำนวณหาความเข้มรังสีอาทิตย์	103
ข. โปรแกรมการวิเคราะห์ขนาดระบบไฟโตโวลตาอิก	106
ค. โปรแกรมควบคุมเครื่องวัดและโหลด	133
ง. ข้อมูลเทคนิคอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	167
ประวัติผู้เขียน	174

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง	10
2-2	ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับตลอดวัน	14
2-3	แบบจำลองเซลล์แสงอาทิตย์	15
2-4	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่	19
2-5	กราฟแสดงคุณสมบัติของแบตเตอรี่ขณะประจุ	24
2-6	ไหลระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สาธารณะ	25
2-7	การประมาณค่าอุณหภูมิตลอดวัน	26
3-1	กราฟแสดงขอบเขตคำตอบที่เป็นไปได้	31
4-1	ระบบไฟโตโวลตาอิก	37
4-2	แผนผังการวิเคราะห์ของโปรแกรม (โปรแกรมรวม)	39
4-3	แผนผังการปรับขนาดของระบบ	44
4-4	แผนผังการวิเคราะห์ของโปรแกรม (การเปรียบเทียบพลังงานในระบบ)	47
5-1	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบรายชั่วโมงตลอดปี	62
5-2	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบที่ละติจูด 18 องศาเหนือ	63
5-3	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียงรายชั่วโมงตลอดปี	65
5-4	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 18°	65
5-5	กราฟเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบกับพื้นเอียง 18°	67
5-6	กราฟแสดงระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบ	71
6-1	แสดงจุดที่บันทึกข้อมูลในระบบไฟโตโวลตาอิก	75
6-2	วงจรการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	76
6-3	กราฟแสดงคุณสมบัติของเครื่องวัดแรงดัน	77
6-4	กราฟแสดงคุณสมบัติของเครื่องวัดกระแส	77

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
6-5	แผนผังการควบคุมโหลดจำลอง	78
6-6	แสดงการเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 18°	80
6-7	การเปรียบเทียบแรงดันที่โหลดระหว่างการวิเคราะห์ของโปรแกรมกับการทดลอง	83
6-8	กราฟแสดงช่วงเวลาที่ระบบสามารถจ่ายพลังงานได้	86
6-9	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าและขนาดความจุของแบตเตอรี่	93
6-10	การเปรียบเทียบแรงดันที่โหลดระหว่างการวิเคราะห์ของโปรแกรมกับการทดลอง	94

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2-1	ตารางค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นดิน	12
3-1	ตารางซิมเพล็กซ์ 1	32
3-2	ตารางซิมเพล็กซ์ 2	33
3-3	ตารางซิมเพล็กซ์ 3	33
3-4	ตารางซิมเพล็กซ์ 4	35
3-5	ตารางซิมเพล็กซ์ 5	36
4-1	รูปแบบไฟล์ข้อมูลโหลด	45
4-2	ช่วงระยะเวลาการวิเคราะห์ของโปรแกรม	46
5-1	ข้อมูลอุณหภูมิมหาวิทยาลัย	51
5-2	ข้อมูลทางเทคนิคของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	52
5-3	ข้อมูลของแบตเตอรี่	52
5-4	ข้อมูลชุดควบคุม	53
5-5	ขนาดระบบโฟโตโวลตาอิกของโหลด แบบที่ 1	68
5-6	ขนาดระบบโฟโตโวลตาอิกของโหลด แบบที่ 2	69
5-7	ผลการวิเคราะห์ระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบของ โหลด แบบที่ 1	73
5-8	ผลการวิเคราะห์ระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบของ โหลด แบบที่ 2	74
6-1	การเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง	82
6-2	ขนาดของระบบโฟโตโวลตาอิกที่ใช้ทำการทดลองเก็บข้อมูล	83
6-3	แสดงค่าระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบ	89
6-4	ขนาดของระบบโฟโตโวลตาอิกที่โหลดต่าง ๆ (หลังการทดลอง)	90
6-5	ผลการวิเคราะห์ระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบที่ โหลดต่าง ๆ	91
6-6	ขนาดของระบบโฟโตโวลตาอิกที่ใช้ในการทดลอง	93
6-7	แสดงค่าระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบ	97

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ตัวย่อ	ความหมาย	หน่วย
A	ค่าคงที่ของภาวะรูปสัณนิหีค่าระหว่าง 1 - 5	-
Ah ^G	กระแสต่อชั่วโมงที่ประจุให้กับแบตเตอรี่	แอมแปร์-ชั่วโมง
Ah ^C	กระแสต่อชั่วโมงที่แบตเตอรี่คายประจุ	แอมแปร์-ชั่วโมง
C ₁₀	ความจุของแบตเตอรี่ที่ 10 ชั่วโมง	แอมแปร์-ชั่วโมง
C _{ef}	ความจุของแบตเตอรี่ที่ปัจจุบัน	แอมแปร์-ชั่วโมง
D	วันที่ในรอบปี (1 ม.ค. = 1, 31 ธ.ค. = 365)	วัน
D(β)	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยอ้อมที่ตกกระทบบนพื้นเอียง	วัตต์/ต.ร.ม.
D _c	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยตรงที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส	วัตต์/ต.ร.ม.
D _D	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยอ้อมที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ	วัตต์/ต.ร.ม.
EOT	สมการเวลา	-
e	ประจุอิเล็กตรอนิกส์ (1.6×10^{-19})	คูลอมบ์
FC	ตัวประกอบค่าแก้	-
f _d	ตัวประกอบสัมบูรณ์ของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์	-
G	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบ	วัตต์-ชั่วโมง/ต.ร.ม.
G _o	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบนอกชั้นบรรยากาศโลก	วัตต์-ชั่วโมง/ต.ร.ม.
G _s	ความเข้มรังสีอาทิตย์มาตรฐาน (1387 วัตต์/ต.ร.ม.)	วัตต์/ต.ร.ม.
G _c	ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส	วัตต์/ต.ร.ม.

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

ตัวย่อ	ความหมาย	หน่วย
G_D	ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ	วัตต์/ต.ร.ม.
G_β	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง β องศา	วัตต์-ชั่วโมง /ต.ร.ม.
$G(\beta)$	ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบ	วัตต์/ต.ร.ม.
h	มุมชั่วโมงดวงอาทิตย์	เรเดียน
I_b	กระแสแบตเตอรี่	แอมแปร์
I_{10}	กระแสคายประจุต่อชั่วโมง (ที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง)	แอมแปร์
I_c	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยตรงที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส	วัตต์/ต.ร.ม.
I_D	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยตรงที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ	วัตต์/ต.ร.ม.
I	กระแสด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์	แอมแปร์
I_O	กระแสอิ่มตัวของไดโอด	แอมแปร์
I_{PV}	กระแสจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แอมแปร์
I_L	กระแสที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้	แอมแปร์
I_{mp}	กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังงานสูงสุด	แอมแปร์
I_{ref}	กระแสอ้างอิงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แอมแปร์
I_{sc}	กระแสลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์	แอมแปร์
k	ค่าคงที่ของ Boltzmann's (1.38×10^{-23})	จูล/เคลวิน
k_d	ค่าตัวประกอบความกระจ่าย	-

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

ตัวย่อ	ความหมาย	หน่วย
L	ละติจูด	เรเดียน
L_o	ลองจิจูด	เรเดียน
LST	เวลามาตราฐานท้องถิ่น	ชั่วโมง
m	ค่ามวลอากาศ	-
N_c	จำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่	-
R_s	ความต้านทานอนุกรมของเซลล์แสงอาทิตย์	โอห์ม
R_{sh}	ความต้านทานขนานของเซลล์แสงอาทิตย์	โอห์ม
R_B	ค่าตัวประกอบความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยตรง	-
r_d	อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์แบบโดยอ้อมกับรังสีอาทิตย์แบบโดยตรงในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ	-
SOC	สถานะการประจุแบตเตอรี่	-
s	ชั่วโมงความยาวนานแสงแดด	ชั่วโมง
s_d	ชั่วโมงความยาวนานแสงแดดที่ได้จากการคำนวณ	ชั่วโมง
s_m	ค่าเฉลี่ยชั่วโมงความยาวนานแสงแดด	ชั่วโมง
T	อุณหภูมิแวดล้อม	องศาเซลเซียส
T_B	อุณหภูมิของแบตเตอรี่	องศาเซลเซียส
T_c	อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์	องศาเซลเซียส
T_{ref}	อุณหภูมิอ้างอิงของเซลล์แสงอาทิตย์	องศาเซลเซียส

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

ตัวย่อ	ความหมาย	หน่วย
V_{mp}	แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังงานสูงสุด	โวลต์
V_{bch}	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ	โวลต์
V_{bdis}	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ	โวลต์
V_{oc}	แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปิดวงจร	โวลต์
V_{PV}	แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	โวลต์
V_{ref}	แรงดันอ้างอิงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	โวลต์
W_{bch}	พลังงานที่ประจุให้กับแบตเตอรี่	วัตต์
W_{bdis}	พลังงานที่แบตเตอรี่คายประจุ	วัตต์
z	มุมเซนนิธ	เรเดียน
α	ค่าสัมประสิทธิ์ของกระแสเนื่องจากอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แอมแปร์/ องศาเซลเซียส
β	มุมระหว่างพื้นราบกับพื้นเอียง	เรเดียน
δ	มุมเดคลิเนชัน	เรเดียน
ψ	มุมของแนวลำแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบกับพื้นเอียง	เรเดียน
P_g	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีของพื้นดิน	
η_{ch}	ประสิทธิภาพการประจุแบตเตอรี่	-
v	ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันเนื่องจากอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	โวลต์/องศาเซลเซียส