สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญรูปประกอบ

รายการสัญลักษณ์

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 4

1.4 สมมุติฐาน 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ผลการวิจัยที่ผ่านมา 6

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ 6

2.3 การประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในด้านต่างๆ 7

2.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 8

2.5 ตัวแปรทางธรรมชาติที่ส่งผลต่อสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 10

2.6 การลดลงของสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 14

2.7 ทฤษฎีการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบ 17

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง 33

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 33

3.2 ขั้นตอนการทดลอง 34

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล 35

บทที่ 4 ผลการทดลอง 39

4.1 ผลการศึกษาแนวโน้มการลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H ในระยะยาวภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย 39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการศึกษาผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์จากการลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่	43
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการวิจัย	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก ก. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	51

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ช่องว่างพลังงานของซิลิกอนกับอุณหภูมิ	11
ตารางที่ 2.2	เปรียบเทียบฟังก์ชั่นการใช้งานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	20
ตารางที่ 2.3	ตัวคูณปรับค่าเข้าสู่มูลค่าปัจจุบัน	25
ตารางที่ 3.1	คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	33
ตารางที่ 3.2	ตัวแปรที่ทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อใช้ศึกษาสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	34
ตารางที่ 3.3	ข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการทำนายค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ทำการศึกษา	36

สารบัญรูปประกอบ

		หน้า
รูปที่ 1.1	การขยายตัวของตลาดผลิตเซลล์แสงอาทิตย์	1
รูปที่ 1.2	สัดส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Crystalline Silicon และ Thin Films (หน่วย MW)	1
รูปที่ 1.3	ปริมาณการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2526 – 2553	2
รูปที่ 1.4	ศักยภาพและเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี	3
รูปที่ 1.5	ปริมาณของกำลังไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) และขนาดเล็กมาก (VSPP) ยื่นขอขายเข้าระบบจำหน่าย	3
รูปที่ 2.1	ลักษณะทั่วไปและการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	7
รูปที่ 2.2	คุณสมบัติกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	8
รูปที่ 2.3	IV-Curve กรณีเมื่อค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่และอุณหภูมิเซลล์เพิ่มขึ้น	10
รูปที่ 2.4	วงจรของความต้านทานอนุกรมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	15
รูปที่ 2.5	วงจรของความต้านทานชันต์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	16
รูปที่ 2.6	เข้าสู่การใช้งานคอมพิวเตอร์โปรแกรม PVSYST 5.21	21
รูปที่ 2.7	การเลือกระบบที่จะทำการออกแบบ	21
รูปที่ 2.8	เริ่มต้นการใช้โปรแกรม PVSYST 5.21 เพื่อทำนายปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	22
รูปที่ 2.9	เมนูหลักของโปรแกรม PVSYST 5.21 หลังจากทำเลือกการออกแบบเป็นแบบ Project Design และเลือกระบบเป็น Grid connected	22
รูปที่ 2.10	การเลือกสถานที่ออกแบบและข้อมูลสภาพอากาศ	23
รูปที่ 2.11	การกำหนดลักษณะเฉพาะของระบบ	23
รูปที่ 2.12	การระบุอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบ	24
รูปที่ 2.13	ผลลัพธ์จากโปรแกรม PVSYST 5.21	24
รูปที่ 3.1	แผนผังบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	34
รูปที่ 3.2	กระบวนการทำการศึกษาทางด้านเทคนิค	35
รูปที่ 3.3	ผลการเปลี่ยนแนวโน้มการลดลงสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปของแนวโน้มการลดลงของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	36
รูปที่ 3.4	กระบวนการทำการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์	38
รูปที่ 4.1	พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เฉลี่ยรายวันในแต่ละชนิด	39
รูปที่ 4.2	ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด	40
รูปที่ 4.3	ลักษณะโครงสร้างอะตอมของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนและซิลิกอนอสัณฐาน	40
รูปที่ 4.4	สมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด	41
รูปที่ 4.5	พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ตลอดอายุของโรงไฟฟ้า	42
รูปที่ 4.6	พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้รายปีในแต่ละชนิด	42

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.7	ต้นทุนการติดตั้งโรงไฟฟ้าโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด	43
รูปที่ 4.8	ผลประโยชน์สุทธิตลอดอายุของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด	44
รูปที่ 4.9	ระยะเวลาคืนทุนของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด	44
รูปที่ 4.10	อัตราผลตอบแทนภายในของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด	45

รายการสัญลักษณ์

I_m	คือ	ค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับภาระทางไฟฟ้า (A)
V_m	คือ	ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับภาระทางไฟฟ้า (V)
I_{sc}	คือ	ค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดการลัดวงจร (A)
V_{oc}	คือ	ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้า (V)
P_m	คือ	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมาในขณะที่มีภาระทางไฟฟ้า (W)
F.F	คือ	ค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด
η_m	คือ	ประสิทธิภาพสูงสุด (%)
A_m	คือ	พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)
G_t	คือ	ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)
η_e	คือ	ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนคู่อิเล็กตรอน – โฮลให้เป็นกระแสไฟฟ้า
r	คือ	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ผิวด้านรับแสงของเซลล์
α	คือ	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนของเซลล์แสงอาทิตย์ (cm^{-1})
I	คือ	ระยะทางที่โฟตอนในแสงอาทิตย์ที่สารกึ่งตัวนำซึ่งมีช่องว่างพลังงานสามารถดูดกลืนได้ photon/cm^2.sec
$e^{-\alpha}$	คือ	สัดส่วนของโฟตอนที่ทะลุผ่านเซลล์ต่อโฟตอนที่ตกกระทบทั้งหมด
E_g	คือ	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ (eV)
E_{go}	คือ	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 1.16 eV
$E_g(T)$	คือ	ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิใดๆ (eV)
γ	คือ	ค่าคงที่เฉพาะสารกึ่งตัวนำใดๆ สำหรับซิลิกอน = 7.02×10^{-4} eV/K
β	คือ	ค่าคงที่เฉพาะของสารกึ่งตัวนำใดๆ สำหรับซิลิกอน = 1,108 K
N_c	คือ	ความหนาแน่นประสิทธิผลของอิเล็กตรอนสเตทในแถบตัวนำ (cm^{-3})
N_v	คือ	ความหนาแน่นประสิทธิผลของโฮลสเตทในแถบวาเลนซ์ (cm^{-3})
D_n	คือ	ค่าคงที่ของการแพร่ของอิเล็กตรอน (cm^2/sec)
D_p	คือ	ค่าคงที่ของการแพร่ของโฮล (cm^2/sec)
L_n	คือ	ระยะแพร่ของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี (cm)
N_D	คือ	ความหนาแน่นของคอนเนอร์ (cm^3)
N_A	คือ	ความหนาแน่นของแอกเซปเตอร์ (cm^3)
A_p	คือ	พื้นที่หน้าตัดของรอยต่อ (m^2)

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

m_e	คือ	มวลประสิทธิภาพของอิเล็กตรอน (kg)
m_h	คือ	มวลประสิทธิภาพของโฮล (kg)
h	คือ	ค่าคงที่ของแพลงค์ (J-sec)
P_m (STC)	คือ	กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐาน (W)
T_{cell}	คือ	อุณหภูมิของเซลล์ ($^{\circ}$C)
$T_{amb}(t)$	คือ	อุณหภูมิแวดล้อม ณ เวลาที่พิจารณา (°C)
$T_{\max}$	คือ	อุณหภูมิแวดล้อมสูงสุดของวัน (°C)
$T_{\min}$	คือ	อุณหภูมิแวดล้อมต่ำสุดของวัน (°C)
t	คือ	$h-9$
h	คือ	เวลาที่พิจารณา (ชั่วโมง)
Y_A	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)
E_A	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)
P_o	คือ	กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)
Y_r	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)
H_i	คือ	พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m^2)
G_{STC}	คือ	ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ STC = 1 kW/m^2
Y_f	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)
E_{PV}	คือ	พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)
P_O	คือ	กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)
E_L	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงโดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)
E_{BU}	คือ	พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานเสริม ในกรณีนี้คือ 0 (kWh)
L_C	คือ	พลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)
L_S	คือ	พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)
T_A	คือ	อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ($^{\circ}$C)
PR	คือ	สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์
η_A	คือ	ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)
A_A	คือ	พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)
η_{PV}	คือ	ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (%)