

การศึกษาอิทธิพลของฝุ่นต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางและระนาบต่างๆกัน

นาย สิทธิพงษ์ เหมพิทักษ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-513-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF DUST ON SOLAR CELL PERFORMANCE FOR DIFFERENCE PLANE
AND ORIENTATION

Mr. Sittipong Permpituck

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Department of Architecture

Graduate school

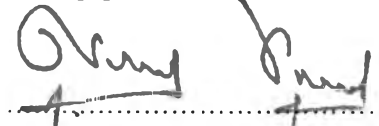
Chulalongkorn University

Academic Year 1998


ISBN 974-332-513-1


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาอิทธิพลของฝุ่นต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางและระนาบต่างๆกัน
โดย นายสิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์
ภาควิชา สถาปัตยกรรม
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ พิรัช เหล่าไพศาลศักดิ์


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ สุภวัณณ์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ พิรัช เหล่าไพศาลศักดิ์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ บัณฑูร เวียงมูล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เขียนภาษาไทย

สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์ : การศึกษาอิทธิพลของฝุ่นต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางและระนาบต่างๆกัน (THE EFFECT OF DUST ON SOLAR CELL PERFORMANCE FOR DIFFERENCE PLANE AND ORIENTATION) อ. ที่ปรึกษา: รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, อ. พิรัช เหล่าไพศาลศักดิ์, 95 หน้า. ISBN 974-332-513-1

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และปริมาณฝุ่นละอองบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เจียงในระนาบและทิศทางต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการกำหนดทิศทางและระนาบที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขบวนการวิจัยอาศัยการจำลองการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เจียงในระนาบที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ 15 องศา 20 องศา และ 25 องศา แต่ละระนาบจะประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง โดยแผงเซลล์ทั้งหมดจะหันหน้าไปทางทิศใต้ทำการศึกษาโดยการดูฝุ่นละอองจากแผงเซลล์ 1 แผงในแต่ละระนาบเพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองบนแผงเซลล์ การศึกษาประสิทธิภาพของแผงเซลล์ทำโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและสกปรก

ผลของการวิจัยพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระนาบเจียงแตกต่างกันจะมีปริมาณแตกต่างกันโดย ฝุ่นละอองบนระนาบเจียง 15 องศาจะมีปริมาณมากกว่าฝุ่นละอองบนระนาบเจียง 20 องศา 6.04 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฝุ่นละอองบนระนาบเจียง 20 องศาจะมีปริมาณมากกว่าฝุ่นละอองบนระนาบเจียง 25 องศา 6.12 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดจะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกโดยพบว่าในชุดการทดลองที่ 1 ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดสูงกว่าค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์ที่สกปรก 17.62 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดสูงกว่าค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์ที่สกปรก 12.24 เปอร์เซ็นต์และในชุดการทดลองที่ 3 ค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดสูงกว่าค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์ที่สกปรก 4.28 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฝุ่นละอองสะสมอยู่มากจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฝุ่นละอองสะสมอยู่น้อยกว่า

ผลของการวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบ คือสามารถใช้เป็นข้อเสนอแนะในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนอาคารภายใต้เงื่อนไขที่ได้ทำการศึกษา

สถาบันวิทยกรรมศาสตร์
ภาควิชาเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์.....
สาขาวิชา2541.....
ปีการศึกษา

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ZAN KAN KAN CHIC

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

: MAJOR
KSTWONG PERMPITUCK : THE EFFECT OF DUST ON SOLAR CELL PERFORMANCE IN
DIFFERENCE PLANE AND ORIENTATION. THESIS ADVISER : ASSO. PROF SOMSIT NITAYA,
THESIS CO ADVISER LECTURER PIRAST LAOPAISALSAK ; 95 pp. ISBN 974-332-513-1

This research has a purpose to study about the effect of dust on efficiency of solar cell panel and about the amount of it on solar cell panels which incline in difference degree and direction. This information will be used to determine the appropriate degree and direction for setting the solar cell panels.

The study process is based on a virtual settlement of a series of solar cell panels which incline in 3 different degrees; 15° , 20° , and 25° . Each one consists of two panels and the whole panels turn to the south. Consequently, we get dust out of a panel of each degree and compare its amount. The study of the efficiency of panels is base on the comparison between clean and dirty panels.

From this research, it's found that the amount of dust on each panel inclining in different degrees has a difference from each other: 15-degree panel has more dust than 20-degree panel, 6.04 percent; and 20 degree panel has more dust than 25-degree panel, 6.12 percent. Moreover, it's found that the clean panel is efficient than the dirty panel. In the first series of panels (15 degree), the electric power of clean panels is higher than the dirty panels, 17.62 percent. In the second series of panels (20 degree), the electric power of clean panels is higher than the dirty panels, 12.24 percent. And in the third series of panel (25 degree), the electric power of clean panels is higher than the dirty panels, 4.28 percent.

According to this research, it's found that the panels which have a thicker layer of dust are less efficient than the panels which have a thinner layer of dust.

The result of this research will be useful in determining the suitable degree for setting solar cell panels on building.

ภาควิชา..... สถาบันวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา..... เทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิติ..... สิวทอง พิรมพิทักษ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของ รองศาสตราจารย์สมสิทธิ์ นิตยะ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์สังวาล เพ็งพิต, อาจารย์พิริส เหล่าไพศาลศักดิ์, อาจารย์บัณฑิต เวียงมูล, ติ่ง, ต้ว, ตี๋ยาว, ไก่และน้อย ซึ่งท่านเหล่านั้นได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในงานวิจัยมาด้วยดีตลอด

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฉ
สารบัญแผนภูมิ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 คำนำ.....	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.4 วิธีการศึกษาวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา.....	7
1.6 ขอบเขตการศึกษา.....	8
1.7 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2 การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 โลกและดวงอาทิตย์.....	14
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์.....	17
2.3 องค์ประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	22
2.4 รูปแบบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	25
2.5 โครงสร้างการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	28
2.6 การประยุกต์ใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับอาคาร.....	29
2.7 ข้อควรคำนึงในการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	31
2.8 ฝุ่นละอองในอากาศ.....	31
2.9 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง.....	34
2.10ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อม.....	34
2.11ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง.....	36

3	วิธีการทดลอง.....	41
3.1	ขั้นตอนที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการ ทดลอง.....	41
3.2	ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดระนาบและทิศทางของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการ ทดลอง.....	43
3.3	ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของฝุ่นต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสง อาทิตย์.....	51
4	ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย.....	56
4.1	การศึกษาการก่อตัวของฝุ่นละอองในระนาบต่างๆกัน.....	56
4.2	การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	64
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	90
5.1	บทสรุป.....	90
5.2	ปริมาณฝุ่นละอองบนชุดการทดลอง.....	90
5.3	ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	91
5.4	ประโยชน์และการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ.....	92
5.5	ข้อจำกัดในการวิจัย.....	93
5.6	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	94
	รายการอ้างอิง.....	95
	ประวัติผู้วิจัย.....	98

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1.1	เปรียบเทียบคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ.....	3
ตารางที่ 2.1	ขนาดทั่วไปของอนุภาคมวลสาร.....	32
ตารางที่ 2.2	ความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างความเข้มข้นของละอองลอยในอากาศกับระดับ รังสีสัมพัทธ์ของแสงอาทิตย์.....	36
ตารางที่ 2.3	แสดงการแพร่กระจายของฝุ่นละออง.....	40
ตารางที่ 3.1	ค่าการแผ่รังสีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง(เก็บข้อมูลในวันที่ 21 ของแต่ละเดือน ของปี1964).....	48
ตารางที่ 3.2	ค่าองค์ประกอบรังสีดวงอาทิตย์สำหรับเส้นละติจูดที่ 16 องศาเหนือ.....	49
ตารางที่ 3.3	ค่าการสะท้อนรังสีของวัสดุต่างๆ.....	50
ตารางที่ 4.1	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของปริมาณฝุ่นละอองในแต่ละชุดการ ทดลอง (Excel 5.0).....	57
ตารางที่ 4.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของปริมาณฝุ่นละอองในเวลากลางวันและ เวลากลางคืน (Excel 5.0).....	59
ตารางที่ 4.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสง อาทิตย์ที่สะอาดทั้งสามชุดการทดลอง (Excel 5.0).....	65
ตารางที่ 4.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสง อาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 1 ระบายเอียง 15 องศา (Excel 5.0).....	68
ตารางที่ 4.5	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสง อาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 2 ระบายเอียง 20 องศา (Excel 5.0).....	72
ตารางที่ 4.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสง อาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 3 ระบายเอียง 25 องศา (Excel 5.0).....	74
ตารางที่ 4.7	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสง อาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกซึ่งเอียงในระนาบที่ต่างๆกัน (Excel 5.0).....	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของแรงดันไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 1 ระยะเวลาเพียง 15 องศา (Excel 5.0).....	77
ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของแรงดันไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 2 ระยะเวลาเพียง 20 องศา (Excel 5.0).....	79
ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของแรงดันไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 3 ระยะเวลาเพียง 25 องศา (Excel 5.0).....	81
ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกซึ่งเอียงในระนาบที่ต่างกัน (Excel 5.0).....	82
ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกระแสไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 1 ระยะเวลาเพียง 15 องศา (Excel 5.0).....	84
ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกระแสไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 2 ระยะเวลาเพียง 20 องศา (Excel 5.0).....	86
ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกระแสไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกชุดการทดลองที่ 3 ระยะเวลาเพียง 25 องศา (Excel 5.0).....	88
ตารางที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกซึ่งเอียงในระนาบที่ต่างกัน (Excel 5.0).....	89
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	92

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นแสงในช่วงต่างๆ.....	13
รูปที่ 2.2 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์.....	14
รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนและการเคลื่อนที่ของพาหะ.....	19
รูปที่ 2.4 รายละเอียดเกี่ยวกับขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์.....	19
รูปที่ 2.5 ภาพแสดงการสะท้อนและดูดกลืนรังสีในชั้นบรรยากาศ.....	20
รูปที่ 2.6 ระบบแบตเตอรี่ประกอบกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	23
รูปที่ 2.7 ระบบเซลล์ที่มีระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์.....	24
รูปที่ 2.8 เครื่องปรับกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการใช้งาน.....	25
รูปที่ 2.9 รายละเอียดของระบบฟลัดเพลท.....	26
รูปที่ 2.10 การทำงานของระบบฟลัดเพลท.....	27
รูปที่ 2.11 ระบบคอนเซ็นเทรเตอร์.....	28
รูปที่ 2.12 ระบบโครงสร้างสำหรับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์.....	29
รูปที่ 2.13 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับอาคาร.....	30
รูปที่ 2.14 ลักษณะการทำงานของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	30
รูปที่ 2.15 อิทธิพลของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศต่อรังสีดวงอาทิตย์.....	35
รูปที่ 2.16 ลักษณะของพื้นที่ซึ่งมีผลกระทบต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลม.....	37
รูปที่ 2.17 สัมประสิทธิ์แรงดันลมต่อความลาดเอียงของหลังคาลักษณะต่างๆ.....	38
รูปที่ 2.18 ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงกระทำต่อส่วนต่างๆของอาคาร.....	39
รูปที่ 3.1 เครื่องบันทึกผลการทดลองอัตโนมัติ (ผลิตภัณฑ์ ของบริษัท Scicmetric Instrument Inc. รุ่น System 200).....	42
รูปที่ 3.2 เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์(ไพรานอร์มิเตอร์).....	43
รูปที่ 3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	43
รูปที่ 3.4 ค่ามุมต่างๆของดวงอาทิตย์.....	48
รูปที่ 3.5 การติดตั้งชุดเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการทดลอง.....	51
รูปที่ 3.6 เครื่องวัดความเร็วลมและเครื่องวัดทิศทางลม.....	52
รูปที่ 3.7 ผังการติดตั้งเครื่องเก็บข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์.....	53
รูปที่ 3.8 การติดตั้งกระดาศกรองเพื่อดูฝุ่น.....	54

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งน้ำหนักกระตาสกรอง.....	54
รูปที่ 3.10 เครื่องอบกระตาสกรอง.....	55
รูปที่ 3.11 เครื่องดูความชื้น.....	55

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1.1	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเซลล์ต่อกระแสลัดวงจรและอุณหภูมิเซลล์ต่อกำลังไฟฟ้า.....	10
แผนภูมิที่ 1.2	ความสัมพันธ์ของการลดลงของประสิทธิภาพกับระยะเวลา.....	11
แผนภูมิที่ 1.3	การก่อตัวของฝุ่นบนชุดการทดลอง.....	12
แผนภูมิที่ 2.1	การดูดซับรังสีของบรรยากาศชั้นต่างๆของโลก.....	15
แผนภูมิที่ 2.2	สมการเวลา(ET)ในหน่วยนาที.....	16
แผนภูมิที่ 2.3	ลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาขนาดต่างๆจากแหล่งที่มาต่างๆกัน.....	33
แผนภูมิที่ 3.1	ผังแสดงขั้นตอนการคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนระนาบต่างๆ.....	47
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงปริมาณฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระนาบเอียงต่างๆกัน.....	56
แผนภูมิที่ 4.2	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองบนชุดการทดลอง.....	57
แผนภูมิที่ 4.3	เปรียบเทียบปริมาณฝุ่นในเวลากลางวันและกลางคืน.....	58
แผนภูมิที่ 4.4	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองในเวลากลางวันและเวลากลางคืน.....	59
แผนภูมิที่ 4.5	ความเร็วลมระหว่างการทดลอง.....	60
แผนภูมิที่ 4.6	ทิศทางลมในบริเวณที่ทำการทดลอง.....	61
แผนภูมิที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำของลมซึ่งกระทำต่อแผงเซลล์ที่เอียงในระนาบต่างๆกัน.....	62
แผนภูมิที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณฝุ่นบนชุดการทดลอง.....	63
แผนภูมิที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และกำลังไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	64
แผนภูมิที่ 4.10	ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าระหว่างทั้งสามชุดการทดลอง.....	65
แผนภูมิที่ 4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่แผงเซลล์กับอุณหภูมิอากาศ.....	66
แผนภูมิที่ 4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่อากาศอุณหภูมิเซลล์กับค่ารังสีดวงอาทิตย์...	67
แผนภูมิที่ 4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่แผงเซลล์กับกำลังไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	68
แผนภูมิที่ 4.14	เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของชุดการทดลองที่ 1 ระนาบเอียง 15 องศา.....	69
แผนภูมิที่ 4.15	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกสำหรับชุดการทดลองที่ 1 ระนาบเอียง 15 องศา...	70
แผนภูมิที่ 4.16	เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของชุดการทดลองที่ 2 ระนาบเอียง 20 องศา.....	71

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ 4.34 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและ
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกปรกซึ่งเอียงในระนาบต่างๆกัน.....77