

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในบ้านที่อยู่อาศัย
ชื่อผู้เขียน	พิชยดา จิรวรรณวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ศุภรัชชัย วรรณัน
สาขาวิชา	จัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย ทั้งนี้เพื่อประหยัดพลังงานและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้อยู่อาศัย โดยการศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาทางสถิติในประเทศไทยพบว่า ขนาดครัวเรือนโดยมากคือ 4 คน จึงใช้บ้านขนาดมาตรฐานของบ้านเดี่ยวทั่วไปนี้เป็นกรณีศึกษา คือ บ้านเดี่ยวโดยมีพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร ทั้งนี้การศึกษาถูกแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเต็มพื้นที่หลังคา กับกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการใช้ภายในบ้าน ซึ่งแต่ละกรณีก็จะมีแนวทางในการเลือกติดตั้งอุปกรณ์แบบต่างๆ ต่างกัน 4 ทางเลือก เช่นการเลือกแผงเซลล์ขนาดต่างกันคือ 130W และ 240W การเลือกเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าขนาดพิกัด 24V/20A, 24V/40A, 24V/60A และ 48V/40A การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ และการเลือกอินเวอร์เตอร์ ซึ่งแต่ละทางเลือกมีต้นทุนในการติดตั้งต่างกัน และรายได้ของโครงการคือ ค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไข อายุโครงการ 25 ปี อัตราดอกเบี้ย 5% และค่าไฟเพิ่มขึ้นปีละ 3% พบว่าทางเลือกที่ 4 ของทั้งกรณี มีค่าติดลบน้อยที่สุด คือ NPV เป็น -553,470 บาท IRR เป็น -1.96 % และ BCR เป็น 0.83 และ NPV เป็น -356,027 บาท IRR เป็น -3.05 % และ BCR เป็น 0.75 ตามลำดับ ผลสรุปที่ได้คือโครงการไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุกๆ 5 ปี โดยต้นทุนด้านแบตเตอรี่เป็นร้อยละ 44 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด แต่ถ้าหากต้นทุนและรายได้ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ดังแนวทางที่ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โครงการจะนำลงทุนในแนวทางที่ 3 คือ มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10% พบว่าทุกทางเลือก

ของทั้งกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคา และกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ
พอดีความต้องการ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นบวก โดย
มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย ส่วน BCR ก็มีค่ามากกว่า 1 ของทางเลือกที่ 4 จะเป็น NPV เป็น 816,173
บาท IRR เป็น 13.36 % และ BCR เป็น 4.35 และ NPV เป็น 390,700 บาท IRR เป็น 12.16 % และ
BCR เป็น 3.86 ตามลำดับ

Thesis Title	A Study of Using Electricity Cost from Solar System for Household Appliances
Author	Pichayada Jiravusvong
Thesis Advisor	Asst.Prof Dr.Suparatchai Vorarat (Ph.D)
Department	Engineering Management
Academic Year	2012

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze cost of solar power system for interior household appliances. This is for studying the energy saving and possibility of installation as others alternative for homeowners which the project studied time frame is 25 years onward.

Referring to Thailand statistics found that the maximum family size of Thai family is at four persons, which the study considers to bring the single house using as a case study. This research has studied the saving energy house module with utilized area at 125 square meters. The study is divided into two cases; case of the fully covered roof with solar cell, and the moderate covered roof with solar cell for supplying the household appliance. Of each case has been consisted of four optional installations; the differentiated solar size between 130W and 240W, the electrical controller at 24V/20A, 24V/40A, 24V/60A, and 48V/40A, the differentiated size of battery, and the inverter differentiation which those costs of installation are quite vary. Pertain to the beneficial project is the producing electricity from the solar power system only.

The financial returning after analyzed against the project period throughout 25 years shows that the interest is at 5 percents while the electricity charge is increasing approximately 3 percents per annum. Regarding to the fourth option of these two mentioned cases found at least negative value of NPV at -553,470 baht, IRR value at -1.96 percent, BCR at 0.83, NPV at -356,027 baht, IRR value at -3.05 percent, and BCR at 0.75 respectively. Therefore, the result of this study shows the negative investment to produce the electricity solar power because of high expenditure in part of battery changing cost at 44 percents of the overall expenses which the battery must to be changed in every five year. But if there should be any fluctuation on project cost and benefit referring to the analyzed sensitivities of the research, the most recommended

alternative would be invested in the third option; to get any support on installed equipment cost at 50 percents, and the electricity cost increasing should be increasing at 10 percent per year. For both cases of the fully covered roof with solar cell and the moderate covered roof with solar cell for supplying the household appliance present the NPV and IRR value with the positive more than the interest rate as following; BCR value is higher than one of the fourth option, NPV value is at 816,173 baht, IRR value is at 13.36 percent, BCR value is at 4.35, NPV value is at 390,700 baht, IRR value is at 12.16 percent, and BCR value is at 3.86 by ranking.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะสำเร็จลุล่วงมิได้ หากมิได้รับความกรุณาของ ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง ในการอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา และข้อชี้แนะเกี่ยวกับการวิจัย ตลอดจนแก้ไขตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ ให้วิทยานิพนธ์สำเร็จเสร็จสมบูรณ์ ที่สำคัญยังให้กำลังใจในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ตลอดมา ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง เพื่อนๆ และพี่ เพื่อน น้องทุกคนที่ทำงาน และที่ขาดมิได้คือ เพื่อน และพี่ทุกคนที่เรียนปริญญาโท การจัดการวิศวกรรมมาด้วยกัน สำหรับคำปรึกษา และกำลังใจดีๆ ที่คอยมอบให้ตลอดมา มิเช่นนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ก็อาจจะสำเร็จมิได้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน รวมถึงผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

ประโยชน์อันใดที่จะก่อเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิชชดา จิรวรรณวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
ประมวลศัพท์และคำย่อ.....	๗
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 พลังงานหมุนเวียน.....	5
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์.....	6
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ.....	33
2.4 การประเมินโครงการลงทุน.....	34
2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis).....	38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	41
3.1 รายละเอียดของบ้าน และแบบบ้าน.....	41
3.2 การประมาณค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า.....	43
3.3 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์.....	44
3.4 การวิเคราะห์ด้านการเงิน.....	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการศึกษา.....	47
4.1 การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	47
4.2 ผลประโยชน์ที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	62
4.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน.....	65
4.4 ผล การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis).....	68
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	74
5.1 บทสรุปของการศึกษา.....	74
5.2 วิเคราะห์ปัญหาของโครงการ.....	75
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	76
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ.....	11
2.2 ข้อมูลทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบ CPV.....	32
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน.....	33
2.4 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน.....	34
2.5 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU).....	34
3.1 รายการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหนึ่งวันของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์.....	43
4.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา.....	53
4.2 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 1.....	53
4.3 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 2.....	54
4.4 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 3.....	54
4.5 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 4.....	55
4.6 รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน.....	60
4.7 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 1.....	60
4.8 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 2.....	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 3.....	61
4.10 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 4.....	62
4.11 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเติมพื้นที่หลังคา.....	66
4.12 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน.....	67
4.13 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเติมพื้นที่หลังคา.....	68
4.14 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน.....	69
4.15 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเติมพื้นที่หลังคา แต่จะขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยไม่ได้รับส่วนเพิ่ม.....	73
4.16 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเติมพื้นที่หลังคา แต่จะขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยได้รับส่วนเพิ่ม.....	73

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี 2553.....	1
1.2 สัดส่วนของประเภทพลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต.....	2
1.3 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเชื้อเพลิงตามแผนกำลังผลิตไฟฟ้า.....	2
2.1 แผนผังแสดงแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนประเภทต่าง ๆ.....	6
2.2 การกระจายสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ.....	9
2.3 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า.....	12
2.4 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง.....	13
2.5 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง 500 kW จังหวัดแม่ฮ่องสอน.....	14
2.6 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา.....	14
2.7 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร.....	15
2.8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง.....	16
2.9 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสลับ.....	17
2.10 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม.....	18
2.11 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ.....	19
2.12 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน.....	20
2.13 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	21
2.14 กราฟคุณสมบัติกระแส – แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์.....	22
2.15 I-V Curve กรณีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ และอุณหภูมิเซลล์เปลี่ยนแปลง.....	24
2.16 I-V Curve กรณีอุณหภูมิเซลล์คงที่ และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลง.....	24
2.17 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน.....	25
2.18 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากสารประกอบ.....	26
2.19 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....	26
2.20 การรวมแสงของ CPV.....	27
2.21 Fresnel lens refractors.....	28
2.22 ตัวอย่างการติดตั้ง CPV แบบ Fresnellens refractors.....	28
2.23 CPV แบบ Parabolic Refractor.....	29
2.24 ตัวอย่าง CPV แบบ Parabolic Refractor.....	29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 ประสิทธิภาพของ PV ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละปี.....	30
2.26 สารที่นำมาทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์.....	30
2.27 เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Multifunction Solar cells	31
3.1 แบบจำลองบ้านเดี่ยว แสดงภาพด้านหน้า ด้านบน และมุมบนข้าง 45 องศา.....	41
3.2 รูปจำลองหลังคาและรูปหลังคาด้านที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	42
4.1 วงจรของทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW.....	49
4.2 วงจรของทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW.....	50
4.3 วงจรของทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.28 kW.....	51
4.4 วงจรของทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.64 kW.....	52
4.5 ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW.....	56
4.6 วงจรของทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.45 kW.....	57
4.7 วงจรของทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW.....	58
4.8 วงจรของทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.80 kW.....	59
4.9 กระแสเงินสดรายปี ทางเลือก 1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่ หลังคา.....	66
4.10 กระแสเงินสดรายปี ทางเลือก 1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้พอดีกับ ความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน.....	66
4.11 แผนผังพาเรโต้แสดงมูลค่าการลงทุน.....	71
5.1 แผนผังพาเรโต้แสดงมูลค่าการลงทุน.....	75

ประมวลศัพท์และคำย่อ

P	กำลังไฟฟ้า	W
I	กระแสไฟฟ้า	A
V	แรงดันไฟฟ้า	V
Pac	กำลังไฟฟ้าด้านกระแสสลับ	kWac
Pdc	กำลังไฟฟ้าติดตั้ง	kWp
Unit	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	kWh
NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	บาท
IRR	อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ	%
PB	ระยะเวลาคืนทุน	ปี
BCR	อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน	-
PEA	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	-
MEA	การไฟฟ้านครหลวง	-
EGAT	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต	-