การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนบนรถคุ้มครอง
ของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2

อนุกูล ตันติมาสน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวะกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2557

The Vehicles Operation of Second Stage Expressway Systems Project by Solar Energy

Anukool Tuntimas

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering

Department of Engineering Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2014

หัวข้อวิทยานิพธ์	การใช้พลังแสงอาทิตย์ทดแทนบนรถคุ้มครองของโครงการระบบทางด่วน ขั้นที่ 2
ชื่อผู้เขียน	อนุกูล ตันติมาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
สาขาวิชา	จัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างการใช้ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิมกับระบบโซล่าเซลล์ โดยทำการวิจัยกับรถคุ้มครองของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 (ทางพิเศษศรีรัช) ของบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ มีความคุ้มค่ามากกว่า ไม่ว่าจะเป็นการทำให้ระบบไฟฟ้าที่จ่ายใช้งานมีความเสถียรมากกว่า การช่วยให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงลดให้น้อยลง การใช้ระยะเวลาในการบำรุงรักษาระบบลดลง เพราะมีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนการใช้เครื่องยนต์ในการผลิตไฟฟ้าแบบเดิม ทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน จากการไม่ต้องใช้น้ำมันเบนซินคิดเป็นเงิน 91,728 บาทต่อปี หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายประหยัดได้สุทธิหลังภาษีตามมูลค่าเงินปัจจุบันจากระยะเวลา 20 ปี เป็นเงิน 680,236.50 บาท อีกทั้งทำให้สามารถลดระยะเวลาในการที่ต้องทำงานซ่อมบำรุงลง รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการจัดเตรียมอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อม ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานได้มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพนักงานที่ต้องใช้รถยนต์กู้ภัย ช่างซ่อมบำรุง เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซล่าเซลล์สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเครื่องยนต์แบบเดิม รวมถึงการใช้เวลาในการตรวจสอบก่อนการใช้งานน้อยลง เพราะเป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อนในการทำงานเหมือนระบบเครื่องยนต์ นอกจากนี้ ระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรที่เปลี่ยนมาใช้หลอด LED นั้นกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า ระบบไฟเดิมที่ใช้ไส้หลอด โดยลดจากการที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า 50-75 แอมป์/DC เหลือ 8-10 แอมป์/DC

Thesis Topic	The Vehicles Operation of Second Stage Expressway Systems Project by Solar Energy
Author	Anukool Tuntimas
Thesis Advisor	Asst.Prof. Suparatchai Vorarat, Ph.D
Department	Engineering Management
Academic Year	2014

ABSTRACT

The objective of this research is to compare the worthiness between old model of the energy generator and solar cell system by testing with the road side assistance of the second-stage expressway system (Si Rat Expressway) of Bangkok Expressway Public Company Limited.

The result of this research shows that the solar cell system is more worthy than the normal electric generator after compared with four factors such as the steadiness of the power distribution system,time and cost saving of maintenance due to uncomplicated system, higher potential of manpower, and less time inspection before usage respectively. For the operating cost has decreased at 91,728 baht per annum due to non-utilization of gasoline, or called as the net saving expenses after VAT from the present value time 20 years at 680,236.50 baht.Moreover, the flash light and the arrow light have been changed from the filamentto LED light bulb, which uses less electrical power from 50-75 Amp to 8-10 Amp.

กิตติกรรมประกาศ

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

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (BECL) ที่ได้ให้การสนับสนุนส่งเสริมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มิเช่นนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ก็อาจจะสำเร็จมิได้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน รวมถึงผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ด้วย

อนุกูล ตันติมาสน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2. แนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แนวความคิดเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ 4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพ 37
2.3 แนวความคิดเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร 41
2.4 แนวคิดเกี่ยวกับวงจร PDCA 44
2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจ 46
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการต้นทุน 47
2.7 แนวความคิดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุน 49
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3.	วิธีการดำเนินการวิจัย	31
	3.1 ขอบเขตที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	31
	3.2 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา	60
	3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	61
	3.4 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางการเงินของการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเดิม	61
	3.5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	61
4.	วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	62
	4.1 แผนการดำเนินงาน	62
	4.2 การตัดสินใจคัดเลือกปัญหา	63
	4.3 หลักการทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการฯ เพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟ	69
	4.4 การดำเนินการเปรียบเทียบการออกแบบระบบ	75
	4.5 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน	87
	4.6 การเปรียบเทียบโครงการที่มีอายุแตกต่างกัน โดยวิธีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	87
	4.7 ระยะเวลาคืนทุน	90
	4.8 ผลตอบแทนการลงทุน	92
	4.9 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ	92
	4.10 อัตราผลตอบแทนภายใน	94
5.	สรุปผลการศึกษา	96
	5.1 บทสรุปของการศึกษาวิจัย	96
	5.2 ข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม		100
ภาคผนวก		104
ประวัติผู้เขียน		114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ	14
2.2	ประเภทและสัดส่วนของการใช้งาน	18
2.3	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งต่างๆ	21
2.4	เทคนิค 5W 1H	39
4.1	แผนการดำเนินงาน	62
4.2	การตัดสินใจคัดเลือกปัญหา	63
4.3	มูลเหตุจูงใจ	64
4.4	การวิเคราะห์หาสาเหตุ	67
4.5	การประเมินสาเหตุของปัญหา	68
4.6	ตารางเก็บข้อมูล (ข้อเท็จจริง)	68
4.7	ตารางเก็บข้อมูล (ก่อนการแก้ไข)	69
4.8	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบต่างๆ	75
4.9	เก็บข้อมูลภายหลังการทดลอง Pilot Project	81
4.10	เปรียบเทียบระหว่างระบบไฟลูกศรของบมจ.ทางด่วนกรุงเทพและระบบไฟลูกศรของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย	84
4.11	ระบบเดิม โดยการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	87
4.12	ระบบใหม่ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์	87
4.13	ค่า NPV ระบบเดิม โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	89
4.14	ค่า NPV ระบบใหม่ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์	90
4.15	เงินค่าใช้จ่ายประหยัดได้ที่ 7%	93

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แผนผังแสดงแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนประเภทต่าง ๆ (หน่วยที่ใช้เป็นเทอราวัตต์ (1012 W))	4
2.2	การกระจายสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ	9
2.3	การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.4	การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า	15
2.5	ความเป็นมาและแนวโน้มของเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.6	ปริมาณใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ทั่วโลก)	17
2.7	สัดส่วนของการใช้งานในประเทศไทย	18
2.8	ซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน	25
2.9	ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	25
2.10	ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว	27
2.11	ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกรวม	28
2.12	หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	30
2.13	การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	32
2.14	การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย	33
2.15	แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	34
2.16	แสดงเทคนิค 5W 1H	37

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2	57
3.2	รถยนต์ที่ใช้ในการกู้ภัยและการจัดการจราจร	58
3.3	การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	60
4.1	การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังก้างปลา	65
4.2	การแก้ปัญหาโดยเทคนิค 5W 1 H	66
4.3	โครงสร้างพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการคุ้มครองบนทางด่วนกรุงเทพเพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟ	69
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา	70
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา	70
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา	71
4.7	รถยนต์ก่อนติดตั้งแผงโซล่าเซลล์	78
4.8	ระบบหลักการของอุปกรณ์เดิม	79
4.9	ระบบหลักการออกแบบอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์	79
4.10	รถยนต์ที่ทดลองติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์ (Pilot Project)	80
4.11	ระบบไฟบนรถยนต์คุ้มครอง	83
4.12	ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครอง ของ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	84
4.13	ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครองของบริษัททางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (BECL) เป็นบริษัทฯ ที่ได้รับสิทธิให้ดำเนินการบริหารกิจการระบบโครงการทางด่วนขั้นที่ 2 (ทางพิเศษศรีรัช) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทางด่วนส่วน A ช่วงรัชดาภิเษก-พระราม 9 (12.4 กิโลเมตร) ส่วน B ช่วงทางต่างระดับพญาไท-บางโคล่ (9.4 กิโลเมตร) และส่วน C ช่วงรัชดาภิเษก-แจ้งวัฒนะ (8 กิโลเมตร) รวมระยะทาง 38.4 กิโลเมตร ดังนั้น ในยุคปัจจุบันทุกองค์กรต้องมีการจัดการต้นทุนในทุกกระบวนการทำงานอย่างมีระบบ และมีการจัดการต้นทุนที่ดี เพื่อให้องค์กรพัฒนาไปในทิศทางที่ดีขึ้น เพื่อการแข่งขันองค์การสามารถพัฒนาได้เหนือคู่แข่ง ซึ่งการบริการบนทางพิเศษนับว่าเป็นหัวใจของการบริหารงานของบริษัท ดังนั้นตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา บริษัทจึงได้มุ่งมั่นพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการเพื่อสร้างความประทับใจแก่ผู้ใช้ทางโดยคำนึงถึงความสะดวก รวดเร็ว คุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย สำหรับการบริการที่เป็นหนึ่งของบริษัท บริษัทจัดให้มีการบริการด้านต่างๆ ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้ทางประสบอุบัติเหตุหรือเครื่องยนต์ขัดข้องบนทางพิเศษพนักงานกู้ภัยจะให้ความช่วยเหลือและแก้ไขเครื่องยนต์จนสามารถวิ่งต่อไปได้ หรือหากไม่สามารถแก้ไขได้ก็จะช่วยลากจูงรถจากบนทางพิเศษลงไปยังบริเวณที่ใกล้ที่สุดโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ

โดยการดำเนินการด้านการกู้ภัยและจัดการจราจรบนทางด่วนดังกล่าวนั้น ทางบริษัทฯ ต้องมีรถยนต์คุ้มครองที่ติดตั้งสัญญานไฟวับวาบและไฟลูกศร เพื่อพนักงานกู้ภัยจะขึ้นไปให้ความช่วยเหลือ และคุ้มครองรถยนต์ที่ขัดข้องหรือประสบอุบัติเหตุอยู่บนทางพิเศษ ดังจะเห็นได้จากรถยนต์คุ้มครองที่ติดตั้งไฟวับวาบและไฟลูกศรดังกล่าว ซึ่งมีจำนวน 17 คัน ที่ต้องใช้ในการดำเนินงานของบริษัทฯ ทุกวันตลอด 24 ชั่วโมง โดยรถยนต์ดังกล่าวจะต้องใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 ในการผลิตไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า และเปลี่ยนระบบวงจรไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟยังระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร เมื่อมีการขึ้นไปทำงานบนทางด่วนทุกครั้ง ซึ่งในการทำงานจากรถยนต์ที่ติดตั้งไฟวับวาบและไฟลูกศพบว่ามีปัญหา คือ ระบบการจ่ายไฟรวมถึงไฟวับวาบ ไฟลูกศรและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการชำรุดเสียหายบ่อย เช่าน ความถี่ของเครื่องยนต์ไม่คงที่ จึงทำให้ต้องปรับจูนเครื่องยนต์ก่อนใช้งานทุกครั้ง อีกทั้งเครื่องยนต์มีเสียงดังมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อการสูญเสียเวลาในการตรวจเช็ค การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องยนต์กำเนิด

ไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงระบบการจ่ายไฟของไฟวับวาบและไฟลูกศรที่มีการชำรุดบ่อย นอกจากจะสูญเสียเวลาแล้วยังมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เช่าน เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง กรองน้ำมันเครื่อง และหัวเทียน เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ปริมาณงานและระยะเวลาของการซ่อมบำรุงที่มากขึ้น โดยปัญหาดังกล่าวจะมีผลต่อต้นทุนด้านค่าใช้จ่าย ระยะเวลาและปริมาณงานของการซ่อมบำรุง อีกทั้งยังอาจส่งผลต่อคุณภาพของการให้บริการกับผู้ใช้ทางพิเศษ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก

จึงเห็นควรศึกษาถึงการนำระบบโซล่าเซลล์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อช่วยให้ไฟฟ้าให้แก่ระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน ซึ่งการศึกษาการนำระบบ โซล่าเซลล์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าแทนเครื่องกำเนินไฟฟ้านั้น เพื่อระบบโซล่าเซลล์มีจุดเด่นในหลายๆ เรื่องที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าใช้ทดแทนแบบเก่า คือ ระบบโซล่าเซลล์ถือเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมด เพราะดวงอาทิตย์เป็นส่วนหนึ่งของจักรวาล และระบบโซล่าเซลล์ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาด ซึ่งจะเห็นได้ว่าไฟฟ้าที่ได้จากระบบโซล่าเซลล์ เกิดจากการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง ต่างจากการผลิตไฟฟ้าอื่นๆ ที่ต้องเผาน้ำมัน เผาถ่านหิน แล้วปั่นเทอร์ไบน์ด้วยไอน้ำซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งมลภาวะทางเสียง นอกจากนั้นระบบโซล่าเซลล์สามารถสร้างไฟฟ้าได้ทุกขนาด ตั้งแต่เล็กๆ เพื่อใช้กับเครื่องคิดเลข จนถึงโรงงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ระดับ 100 kW ขึ้นไป ซึ่งไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่ ก็ใช้ระบบโซล่าเซลล์ลักษณะพื้นฐานได้เหมือนกัน ประสิทธิภาพเท่ากัน ต่างจากโรงงานผลิตไฟฟ้าทั้งพลังน้ำ การเผาเชื้อเพลิงพลังงานปรมาณู ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานจะขึ้นกับขนาดของระบบ ที่สำคัญนั้นระบบโซ่ล่าเซลล์ผลิตที่ไหนใช้ที่นั่น โดยระบบไฟฟ้าปกตินั้นแหล่งผลิตไฟฟ้ากับจุดใช้งานมักอยู่คนละที่ตั้งกัน และจะต้องมีระบบทำการส่ง แต่ระบบโซล่าเซลล์จะต่างจากระบบไฟฟ้าปกติ คือ สามารถผลิตไฟฟ้าในบริเวณที่จะใช้งานได้ หรือจะติดบนหลังคาบ้าน เพื่อสร้างไฟฟ้าใช้เองในบ้านเลย ซึ่งสามารถติดตั้งบนหลังคารถยนต์และนำกระแสไฟมาใช้บนรถยนต์ได้ ส่วนข้อจำกัดของไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์ คือ ความเข้มของพลังงานขาเข้าต่ำ และปริมาณไฟฟ้าที่ได้จะแปรผันตามสภาพอากาศ แต่เนื่องจากบนรถยนต์ที่ติดตั้งไฟวับวาบและไฟลูกศรดังกล่าว ไม่ต้องการกระแสไฟฟ้าที่สูงมาก เพราะกระแสไฟฟ้าใช้เพียงสำหรับไฟวับวาบและไฟลูกศรเท่านั้น ดังนั้นจากการศึกษาเบื้องต้นเมื่อเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยของการใช้ระบบโซ่ล่าเซลล์นั้น ทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบโซล่าเซลล์เป็นพลังงานทดแทน ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อช่วยให้ไฟฟ้าให้แก่ระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างการใช้ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิมกับระบบโซล่าเซลล์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาวิธีการทำงานของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเบนซินและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบโซล่าเซลล์ที่ใช้จ่ายไฟฟ้าให้กับไฟวับวาบและไฟลูกศรของรถยนต์ที่ใช้กู้ภัยบนโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 ของบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีและผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้และการซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรของรถยนต์กู้ภัย

3) วิเคราะห์และเปรียบเทียบระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเบนซินและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบโซล่าเซลล์

4) ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเบนซินกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยระบบโซล่าเซลล์

5) เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินการ

6) สรุปผลการดำเนินการและเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพิ่มคุณภาพงาน จากการคิดค้นระบบใหม่ๆ โดยการใช้พลังงานทดแทนมาพัฒนาใช้งาน

2) ต้นทุนการดำเนินงานลดลง เนื่องจากงานซ่อมลดลง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การจ่ายกระแสไฟที่คงที่เป็นการถนอมเครื่องจักร และทำให้บำรุงรักษาง่าย

3) เพิ่มสามารถการทำงาน เพื่อให้ได้ปริมาณงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) ลดระยะเวลาในการทำงาน เพื่อให้เป็นไปตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้

บทที่ 2
แนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิดเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ดูจะได้รับการกล่าวขวัญถึงมากที่สุดว่า จะเป็นความหวังอันสูงส่งของมนุษย์ที่จะช่วยแก้ปัญหาพลังงานขาดแคลนได้อย่างแท้จริง ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุดของธรรมชาติ โดยความเป็นจริงแล้วแหล่งพลังงานทุกชนิดที่กล่าวไปแล้วยกเว้นชนิดเดียวก็คือ พลังงานจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงล้วนเกี่ยวกันไม่โดยตรงก็โดยทางอ้อมกับพลังงานดวงอาทิตย์ทั้งสิ้น พลังงานดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดจากกระบวนการนิวเคลียร์แบบที่เรียกกันว่านิวเคลียร์ฟิวชั่น กระบวนการเกิดพลังงานบนดวงอาทิตย์เป็นผลจากการรวมตัวของอะตอมไฮโดรเจนเป็นอะตอมฮีเลี่ยม แล้วมีมวลส่วนหนึ่งของอะตอมไฮโดรเจนหายไป มวลส่วนที่หายไปนี้เองที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกไปรอบดวงอาทิตย์ แล้วก็มีส่วนหนึ่งส่วนน้อยเท่านั้นที่เดินทางมาถึงโลก

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวดวงอาทิตย์ พื้นที่ 1 ตารางหลา มีค่าถึงประมาณ 65,000 แรงม้า แต่ที่ผิวโลกบนพื้นที่ 1 ตารางหลา เท่ากันนั้นมีพลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเพียงประมาณ 1 1/3 แรงม้า หรือ 1 กิโลวัตต์เท่านั้น แต่ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์บนผิวโลกที่ดูมีค่าเพียงน้อยนิดนี้เมื่อคิดเป็นปริมาณของพลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงที่เรามีอยู่แล้ว และความจำเป็นของมนุษย์เราในการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ แล้วไม่น้อยเลย เพราะพลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงโลกในช่วงเวลา 1 เดือน นั้นคิดเป็นปริมาณพลังงานก็เท่ากับถ่านหินถึง 18 คูณ 1012 ตันหรือแปดล้านล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณของถ่านหินที่คาดกันว่ามีเหลืออยู่ในโลกทั้งหมดขณะนี้

ดังนั้น โลกเราถึงแม้จะอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นระยะทางถึงประมาณ 93 ล้านไมล์ และดูเสมือนกับจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยความเป็นจริงในแง่ของความต้องการใช้พลังงานของมนุษย์โลกแล้ว โลกเราก็ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นปริมาณมหาศาลอยู่ทุกขณะ แต่ในขณะนี้เป็นที่น่าเสียดายว่า โลกเราใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นประโยชน์ได้จริงๆ เพียงน้อยนิด คือประมาณ 1% เท่านั้น อีกประมาณ 99% นั้นสูญหายไปเปล่าอย่างน่าเสียดาย[1]

---

[1] กองวิจัยและพัฒนา กรมการพลังงานทหาร, ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. *พลังงานแสงอาทิตย์.* สืบค้น 10 มกราคม 2554.จาก http://www.thaienv.com/content/view/799/47/.

2.1.1 พลังงานหมุนเวียน

พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy)[2] หมายถึง พลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไป สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่จะนำมาใช้ทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลส่วนหนึ่ง เนื่องจากอัตราการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน อยู่ในอัตราที่สูงมากและเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี เนื่องจากมีมูลเหตุหลายประการสรุปได้ดังนี้

1) ประชากรบนโลกมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

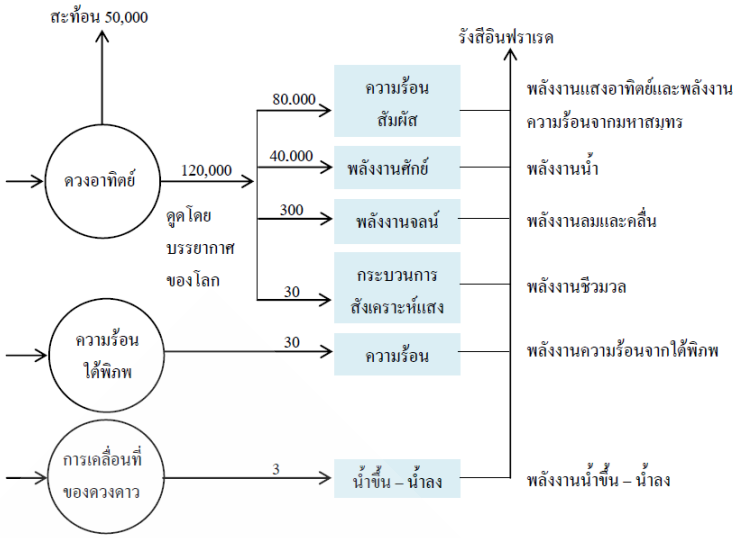
2) การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศกำลังพัฒนาสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อัตราการบริโภคพลังงานต่อคนมีค่าสูงขึ้น

3) ประชากรมีการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำรงชีวิตหันมาใช้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ ที่ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

แหล่งพลังงานหมุนเวียนโดยส่วนใหญ่มีกำเนิดมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจจะเป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง เช่น พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทางอ้อม เช่น พลังงานลม พลังงานคลื่น พลังงานน้ำ และพลังงานจากชีวมวล สำหรับพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นพลังงานที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และพลังงานความร้อนใต้พิภพกำเนิดมาจากพลังงานความร้อนที่สะสมใต้ผิวโลก พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ในโลกนี้ มีแหล่งกำเนิดมาจากแหล่งต่าง ๆ 5 แหล่ง ได้แก่ ดวงอาทิตย์ ผลจากการเคลื่อนที่และแรงดึงดูดระหว่างดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก พลังงานความร้อนใต้พิภพ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากแหล่งแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ว่าพลังงานหมุนเวียนมีแหล่งพลังงานต้นกำเนิดมาจาก 3 แหล่งคือ ดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ และการเคลื่อนที่ของดวงดาว แสดงได้ดังภาพที่ 2.1

---

[2] จาก *พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy).* (น 3-5) โดย วรนุช แจ้งสว่าง. (2553). กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาพที่ 2.1 แผนผังแสดงแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนประเภทต่างๆ (หน่วยที่ใช้เป็นเทอราวัตต์ (1012 W))

ที่มา: Twidell and Weir (1985, p.5)

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีปริมาณจำกัด และเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยส่วนใหญ่การใช้พลังงานหมุนเวียนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก จะไม่มีการปล่อยก๊าซหรือของเหลวที่มีอันตรายในระหว่างกระบวนการผลิต

2.1.2 ความเป็นมาของพลังงานแสงอาทิตย์

“แสงอาทิตย์” เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เป็นพลังงานสะอาดและมีอยู่ทั่วไป แต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวัน ตลอดจนมีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอน เพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนไป

แสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงนอกชั้นบรรยากาศของโลก จะมีความเข้มของแสงโดยเฉลี่ยประมาณ 1,350 วัตต์/ตารางเมตร แต่กว่าจะลงมาถึงพื้นโลก พลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ที่ห่อหุ้มโลก เช่น ชั้นโอโซน ชั้นไอน้ำ ชั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มของแสงลดลงเหลือประมาณ 1,000 วัตต์/ตารางเมตร (หรือประมาณร้อยละ 70)

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ใดรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้นๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศ

ตะวันตกเสมอ นอกจากนั้น จากการที่โลกเอียง ทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และเอียงซีกโลกใต้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ดังนั้นเราจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสงนั้นๆ ในแนวเหนือใต้ (มุมก้มและมุมเงย) ให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วย เพื่อให้พื้นที่นั้นๆ รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-10 องศาเหนือ จะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตามแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้ว คาดว่าจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า

ซึ่งการประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง และการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานดังกล่าวโดยเฉพาะ การนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง ได้มีการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมในเชิงพาณิชย์ เช่น การทำน้ำร้อน การอบแห้ง เป็นต้น ส่วนสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์นั้นก็มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็น เพื่อให้ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

2.1.3 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศของโลก[3]

เนื่องจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์มิได้เป็นวงกลม ดังนั้นระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จึงมีค่าไม่เท่ากันตลอด ความแตกต่างระหว่างระยะใกล้สุดกับไกลสุดประมาณร้อยละ 1.7 โดยระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีค่าประมาณ 1.495 x 1011 เมตร เป็นผลทำให้รังสีอาทิตย์ที่ตกเหนือชั้นบรรยากาศของโลกมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงกำหนดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกเหนือชั้นบรรยากาศของโลกที่ระยะเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ เรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constants; Gsc) จากการทดลองโดยเทแคคาราและดรัมมอน (Thekaekara, and Drummond, 1971 : 22-30) ได้สรุปว่าค่าคงที่สุริยะมีค่าเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าคงที่สุริยะเป็นค่าที่วัดที่ระยะห่างเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์

ค่าคงที่สุริยะเป็นค่าตัวเลขที่สำคัญ ในการนำมาใช้ประมาณค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับบนโลก จากการคิดผลของตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับบนโลกมีค่าลดลง ทำให้ประมาณได้ว่าที่ระดับน้ำทะเลความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร เนื่องจากพื้นที่ต่าง ๆ บนโลกได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่เท่ากันทุกบริเวณขึ้นอยู่กับ

---

[3] *พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy)*. (น. 29-51). โดย วรนุช แจ้งสว่า. (2553). กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ละติจูด ฤดูกาล และช่วงเวลา จากค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นโลกที่บริเวณต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถจัดแบ่งบริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์บนโลกเป็น 4 บริเวณ คือ บริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุด (most favorable belt) ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 15-35 องศาเหนือ-ใต้ บริเวณนี้จะได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์สูงที่สุด เนื่องจากรังสีที่ตกกระทบบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นรังสีตรง บริเวณนี้จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงถึง 3,000 ชั่วโมงต่อปี บริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ปานกลาง (moderately favorable belt) ตั้งอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตร และละติจูดที่ 15 องศาเหนือ-ใต้ บริเวณนี้จะมีความชื้นสูงและเมฆมาก รังสีได้รับส่วนใหญ่เป็นรังสีกระจาย บริเวณนี้จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 2,500 ชั่วโมงต่อปี บริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ (less favorable belt) ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 35-45 องศาเหนือ-ใต้ สภาพภูมิอากาศแต่ละฤดูในบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก และบริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำสุด (least favorable belt) ตั้งอยู่เหนือละติจูดที่ 45 องศาเหนือ-ใต้ไปจนถึงขั้วโลก รังสีอาทิตย์ที่ได้รับในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีกระจาย และมีฤดูหนาวเกือบตลอดปี

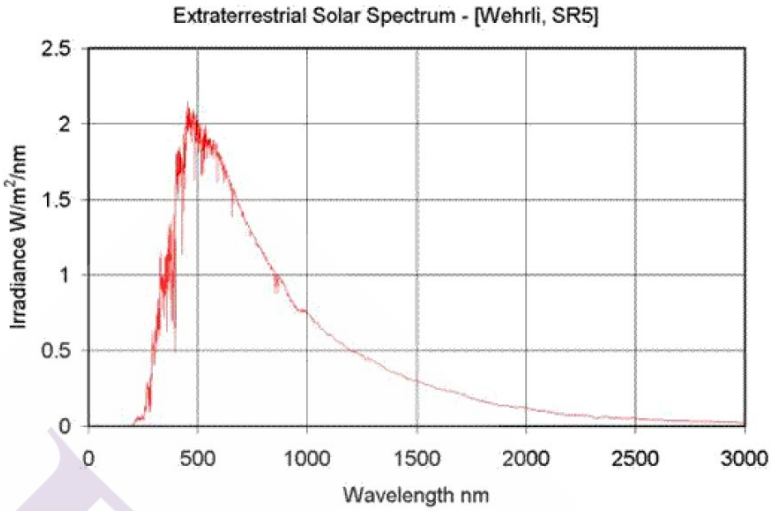
พลังงานที่ปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเรียกว่ารังสีอาทิตย์ (solar radiation) การกระจายรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศของโลก (extraterrestrial radiation) มีค่าไม่คงที่เนื่องจากระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีค่าไม่คงที่ และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบนอกบรรยากาศของโลก (Gon) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลา แสดงดังสมการที่ 2.1

$$Gon = GSC\,[1 + 0.033\,\mathrm{Cos}(360n/365)] \qquad (2.1)$$

เมื่อ Gon = ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบนอกบรรยากาศของโลก

GSC = ค่าคงที่สุริยะ

n = จานวนวันของปี (1 ม.ค. n)



ภาพที่ 2.2 การกระจายสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ
ที่มา: http://solardat.uoregon.edu/SolarRadiationBasics.html (9 พฤศจิกายน 2556)

2.1.4 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก [4]

รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ รังสีตรง และรังสีกระจาย

1) *รังสีตรง* (direct radiation) เป็นรังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง เป็นรังสีขนานมีทิศทางที่แน่นอน สามารถนำมารวมรังสีเพื่อให้มีความเข้มสูงได้ บางครั้งเรียกรังสีตรงว่า รังสีคลื่นสั้น

2) *รังสีกระจาย* (diffuse radiation) เป็นรังสีอาทิตย์ที่มีการกระจาย เนื่องจากผ่านตัวกลางอื่นที่แสงอาทิตย์ส่งไปกระทบ เช่น อะตอมของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ ฝุ่นละออง และไอน้ำ เป็นต้น รังสีประเภทนี้ไม่อาจนำมารวมแสงเพื่อเพิ่มความเข้มได้ บางครั้งเรียกรังสีกระจายว่า รังสีคลื่นยาว ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า รังสีรวม (global radiation)

[4] แหล่งเดิม.

2.1.5 เครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์ [5]

เครื่องมือที่ใช้วัดรังสีอาทิตย์ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก ๆ 3 ประเภท ได้แก่

1) *ไพราโนมิเตอร์* (Pyranometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่ารังสีรวม ปกติจะใช้วัดบนพื้นราบ แต่อาจประยุกต์วัดรังสีกระจายได้โดยติดแหวนหรือจานบังเงา

2) *ไพเฮลิโอมิเตอร์* (Pyrheliometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีตรง มีหลักการทำงานคล้ายกับไพราโนมิเตอร์ แตกต่างกันตรงที่ไพเฮลิโอมิเตอร์มีชุดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้ผิวรับแสงตั้งฉากกับลำแสงตลอดเวลา

3) *เครื่องวัดความยาวนานแสงแดด* (Sunshine recorder) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกช่วงระยะเวลาที่มีแดดในหนึ่งวัน โดยวัดช่วงเวลาที่รังสีตรงมีความเข้มสูงพอที่จะกระตุ้นเครื่องบันทึก โดยช่วงเวลาที่วัดได้สั้นที่สุด คือ 0.1 ชั่วโมง

2.1.6 เวลาสุริยะ (Solar Time) [6]

เป็นเวลาที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า ที่เวลาเที่ยงสุริยะ คือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมอริเดียนของท้องถิ่น เวลาสุริยะเป็นเวลาซึ่งใช้ในความสัมพันธ์ของมุมต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์ เวลาสุริยะจะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่น การปรับเวลามาตรฐานท้องถิ่น (Standard Time) ให้เป็นเวลาสุริยะต้องมีการปรับค่าสองส่วน หรืออาจกล่าวได้ว่าสาเหตุสำคัญสองประการที่มีผลให้เวลาสุริยะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่น คือ

1) *ความแตกต่างของเส้นแวง* (Longitude) หรือเมอริเดียนที่ใช้กำหนดเวลามาตรฐานท้องถิ่น และเมอริเดียนของผู้สังเกตดวงอาทิตย์ใช้เวลา 4 นาทีในการเปลี่ยนตำแหน่ง 1 องศาลองจิจูด

2) *สมการเวลา* (Equation of Time) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่คำนึงถึงการรบกวนของอัตราการหมุนของโลก ซึ่งส่งผลต่อเวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเมอริเดียนของผู้สังเกตความแตกต่างระหว่างเวลาสุริยะและเวลามาตรฐานท้องถิ่นเป็นไปตามสมการที่ 2.2

$$\text{Solar time} = \text{Standard time} + 4\,(\text{Lst} - \text{Lloc}) + \text{E} \qquad (2.2)$$

เมื่อ Lst คือ เมอริเดียนมาตรฐานที่ใช้กำหนดเวลามาตรฐานท้องถิ่น

Lloc คือ ลองจิจูดของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะ มีหน่วยเป็นองศาตะวันตก

E คือ สมการเวลา มีหน่วยเป็นนาที

---

[5] แหล่งเดิม

[6] แหล่งเดิม

2.1.7 หลักการผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์ [7]

"เซลล์แสงอาทิตย์" เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลก นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบ ที่เรียกว่า Photon จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อ Electron มีการเคลื่อนที่ครบวงจร ก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญ แตกต่างจากวิธีอื่นหลายประการดังต่อไปนี้

1) ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะใช้งาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง
2) ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
3) มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
4) ประสิทธิภาพคงที่ไม่ขึ้นกับขนาด
5) สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่างๆ ได้ง่าย ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก
6) ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ
7) เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด
8) ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็กๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ
9) ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

ดังนั้น ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นความหวังของคนทั่วโลก ในศตวรรษที่ 21 ที่จะมาถึงในอีกไม่นาน [8]

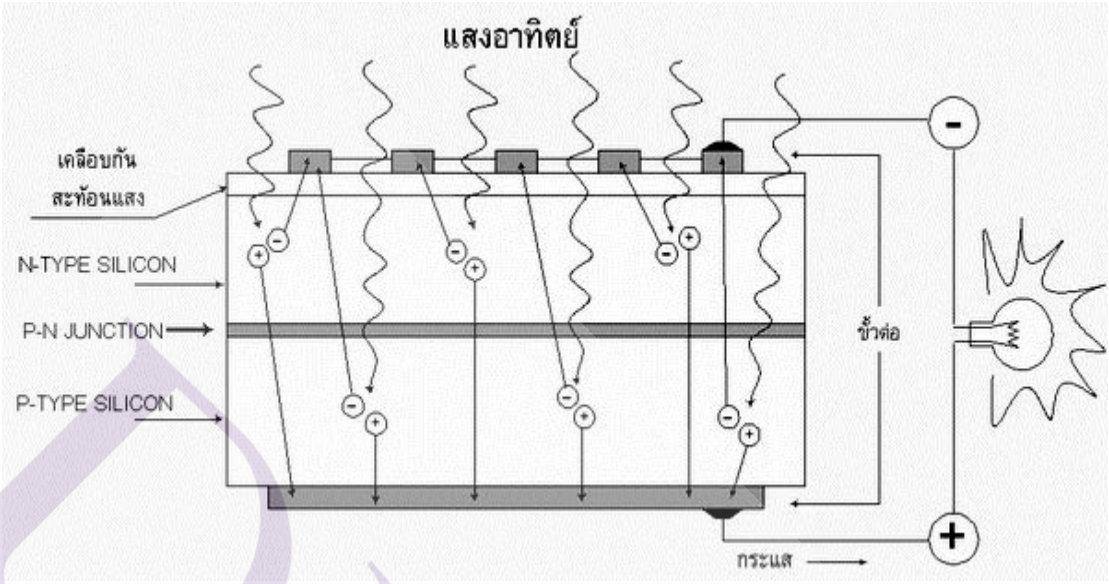
องค์ประกอบหลักของ "เซลล์แสงอาทิตย์" คือ สารกึ่งตัวนำ (Semi Conductors) 2 ชนิดมาต่อกัน ซึ่งเรียกว่า P-N Junction เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ ก็จะถ่ายพลังงานให้อะตอมของสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดอีเลคตรอนส์และโฮลส์อิสระ ไปรออยู่ที่ขั้วต่อ ดังนั้น เมื่อมีการเชื่อมกับวงจรภายนอก เช่น เอาหลอดไฟฟ้ามาต่อคร่อมขั้วต่อ ก็จะเกิดการไหลของอีเลคตรอนส์/โฮลส์ ที่ให้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงกับวงจรภายนอกได้ และจะให้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง

---

[7] แหล่งเดิม.

[8] กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) *เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)* สืบค้น 15 มกราคม 2554, จาก http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm.

ตราบเท่าที่ยังมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที หรือนำไปกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้งานภายหลังได้



อีเลคตรอนส์อิสระ ไปรอที่ขั้ว - และ + โฮลส์อิสระ ไปรอที่ขั้ว +
โฟตอนจากแสงอาทิตย์ถ่ายพลังงาน ให้อะตอมของซิลิกอน ทำให้เกิดอีเลคตรอน และโฮลส์อิสระ

ภาพที่ 2.3 การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm.

2.1.8 เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

แม้ว่าเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่เชื่อถือได้ โดยใช้สารกึ่งตัวนำแบบผลึกของซิลิกอน (Crystalline Silicon) ที่มีความบริสุทธิ์สูง และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้าได้ประมาณ 12-17% แต่ราคาเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกของซิลิกอน ไม่สามารถจะลดลงได้อีกมากนัก เนื่องจาก Crystalline Silicon เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุตสาหกรรมอีเลคทรอนิคส์ จึงมีคุณค่าเพิ่ม (Value Added) ที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนั้นกรรมวิธีในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จาก Crystalline Silicon ที่จะต้องนำมาเลื่อยให้เป็นแผ่น (Wafer) บาง ๆ จึงทำให้เกิดการสูญเสีย ในลักษณะขี้เลื่อยไปไม่น้อยกว่าครึ่ง

อย่างไรก็ตามบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ แห่ง ได้พยายามที่จะพัฒนาเพื่อลดราคาการผลิต ฯ โดยการดึงเป็นแผ่นฟิล์ม (Ribbon) และการใช้ Silicon แบบไม่เป็นผลึก คือ Amorphous Silicon ในลักษณะฟิล์มบางเคลือบลงบนแผ่นกระจกหรือแผ่น Stainless Steel ที่งอโค้งได้ โดยวิธีดังกล่าวแล้วนี้ จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงไปได้มาก

แต่เนื่องจาก Amorphous Silicon มีประสิทธิภาพต่ำกว่า และจะเสื่อมสภาพอายุการใช้งานเร็วกว่าแบบ Crystalline Silicon ดังนั้น จึงได้มีการพยายามพัฒนาสารประกอบตัวอื่นๆ เช่น Copper Indium Diselenide (CIS) และ Cadmium Telluride (CdTe) เพื่อผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางขึ้น ซึ่งคาดว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าและอายุการใช้งานนานกว่า Amorphous Silicon ด้วย โดยคาดว่าจะนำออกสู่ตลาดเซลล์แสงอาทิตย์ได้ในอีก 5-10 ปี ข้างหน้า ด้วยราคาซึ่งคาดว่าจะถูกกว่าแบบ Crystalline Silicon ประมาณครึ่งหนึ่ง นอกจากนั้นยังได้มีงานพัฒนาอุปกรณ์ส่วนควบที่คู่ขนานไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย คือ การพัฒนาอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Inverter) ให้มีราคาถูกลงอีก

2.1.9 การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง เป็นแหล่งพลังงานปฐมภูมิ (primary source) ถ้าพิจารณาจากผลสุดท้ายที่นำไปใช้ประโยชน์ สามารถจำแนกการประยุกต์ได้เป็น 2 แนวทาง คือ การประยุกต์ในทางความร้อน และการประยุกต์ในทางไฟฟ้า กระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ ที่นำไปใช้ประโยชน์นั้นเป็นกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 8 กระบวนการดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ

กระบวนการ	พลังงานในรูปต่างๆ
1.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน (solar thermal conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน
2.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจลน์ (solar thermomechanical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานจลน์
3..เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (solar thermal electric conversion; STEC)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานจลน์ -->พลังงานไฟฟ้า
4.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (STEC + electrolysis)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานจลน์ -->พลังงานไฟฟ้า-->พลังงานเคมี
5.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar thermochemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานเคมี
6.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (solar electric conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานไฟฟ้า
7.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar chemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานเคมี
8.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar electrochemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานไฟฟ้า --> พลังงานเคมี

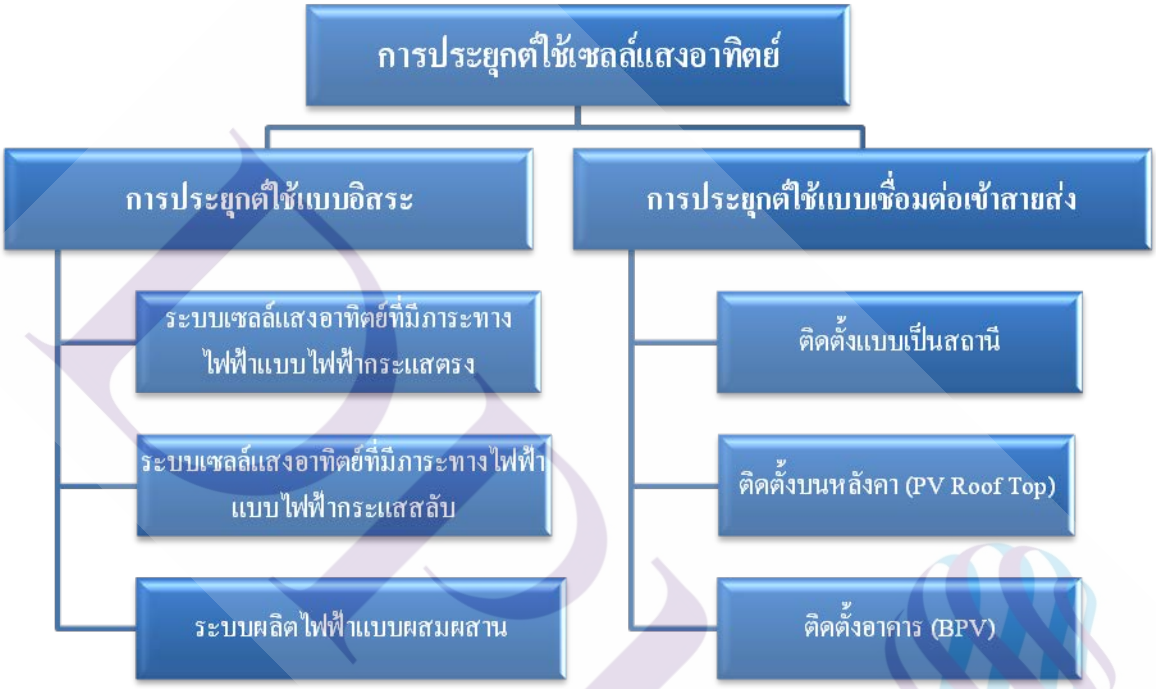
ที่มา: Boyle (1996, p.87)

2.1.10 รูปแบบของระบบการประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า

การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า จำแนกได้เป็น 2 วิธี คือ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงเรียกว่า กระบวนการโฟโตวอลเทอิก (photo-voltaic conversion) โดยแสงตกกระทบผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เพราะการติดตั้งและการดูแลรักษาค่อนข้างสะดวก อีกทั้งอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนาน คือ ประมาณ 25 ปี และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนแล้วเปลี่ยน

ต่อเป็นไฟฟ้า โดยผ่านกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ เรียกว่า กระบวนการความร้อน (solarthermodynamic conversion system)

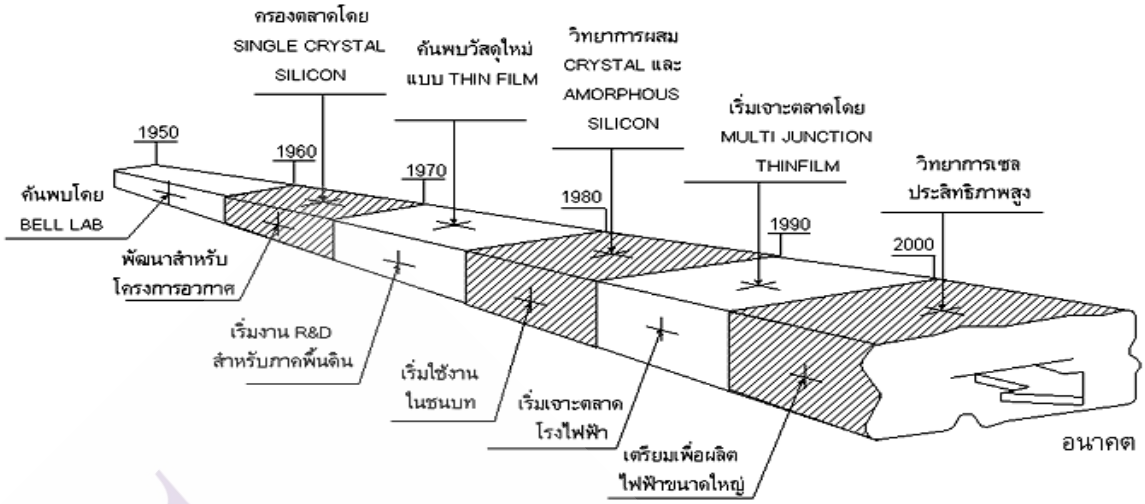
รูปแบบของระบบการประยุกต์นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) และระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (PV grid connected system) ตามภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.4 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า

2.1.11 สถานะภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก

จนถึงปัจจุบันนี้ กำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทั่วโลก มีปริมาณสะสมรวมประมาณ 1 ล้านกิโลวัตต์แล้ว ในจำนวนนี้ 6.31 แสนกิโลวัตต์ เป็นตัวเลขสะสมระหว่าง ค.ศ.1992-1998 โดยเป็นของสหรัฐอเมริกา 39% ญี่ปุ่น 28% ยุโรป 25% และประเทศอื่น ๆ เช่น จีน อินเดีย ออสเตรเลีย อีก 9%



ภาพที่ 2.5 แสดงความเป็นมาและแนวโน้มของเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

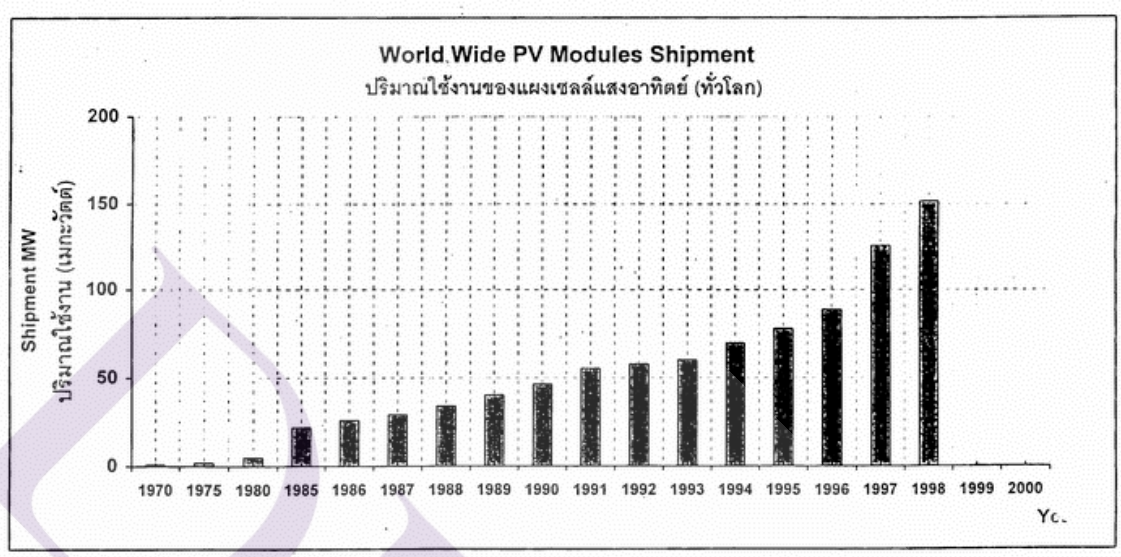
ที่มา : ชาย ชีวะเกตุ และ ชนานัญ บัวเขียว. “การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์.” วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 49 กรกฎาคม-กันยายน 2543.

ในปี ค.ศ.1998 ทั่วโลกผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้รวมประมาณ 1.52 แสนกิโลวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 1997 ที่ผ่านมา ประมาณ 20% หรือ 1.26 แสนกิโลวัตต์ ซึ่งปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่า ความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยส่วนหนึ่งก็เพื่อสำรองความต้องการใช้งานแบบหลังคาบ้านต่อเข้าระบบ (Roof-top Grid Connected) ซึ่งในประเทศญี่ปุ่นมีโครงการจะติดตั้งให้ได้ถึง 7 หมื่นหลังคาบ้าน ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2002 แต่เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มความต้องการในปี ค.ศ.1997 จำนวน 9,400 หลัง และในปี ค.ศ.1998 ได้เพิ่มปริมาณเป็น 14,000 หลัง จึงเป็นที่คาดว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นไป การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นที่นิยมในประเทศญี่ปุ่นจนรัฐอาจไม่จำเป็นต้องให้เงินอุดหนุน ในการติดตั้งอีกต่อไป

ความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่น ก็เนื่องมาจากรัฐบาล ให้การสนับสนุนอย่างเป็นรูปธรรม และมีนโยบายเกี่ยวกับพลังงานในอนาคตอย่างชัดเจน โดยต้องการลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานนำเข้า ลงให้ได้มากที่สุด และในขณะเดียวกัน ก็มีเป้าหมายลดมลภาวะ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงลงให้เหลือน้อยที่สุดด้วย

ประเทศในยุโรป ก็มีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในปี ค.ศ.1997 ประมาณ 60% คือเพิ่มจาก 1.9 หมื่นกิโลวัตต์ เป็น 3.1 หมื่นกิโลวัตต์ ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกัน ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้เพิ่มการผลิตขึ้น 32% หรือจาก 3.9 หมื่นกิโลวัตต์ เป็น 5.1 หมื่นกิโลวัตต์ โดยปัจจุบัน ประมาณ 42% ของเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก เป็นเซลล์ที่ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

สำหรับประเทศอื่น ๆ เช่น จีน อินเดีย ออสเตรเลีย ในช่วงปี ค.ศ. 1997-1998 เพิ่มการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น 13% คือจาก 1.92 - 2.18 หมื่นกิโลวัตต์ โดยส่วนหนึ่งเป็นการลงทุนในประเทศอุตสาหกรรม เพื่อเตรียมเป็นฐานการผลิตสำหรับตลาด ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา



ภาพที่ 2.6 แสดงปริมาณใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ทั่วโลก)

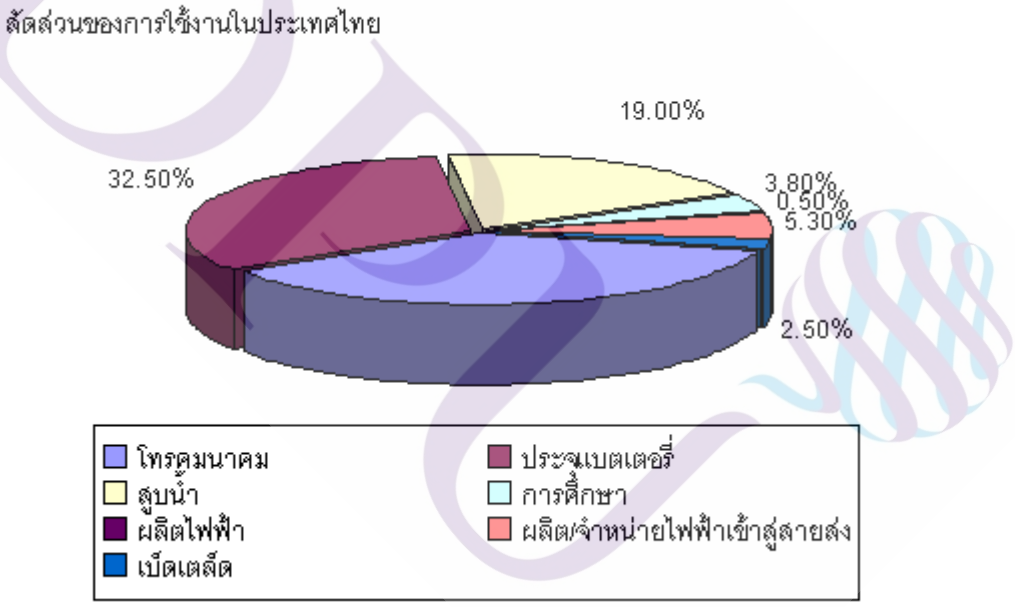
ที่มา : PV News Paul D. Maycock Editor

2.1.12 สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2543 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 5,217 kWp ลักษณะการใช้งาน จะเป็นการติดตั้งใช้งานในพื้นที่ที่ห่างไกล เช่น สถานีเติมประจุแบตเตอรี ระบบสื่อสารหรือสถานีทวนสัญญาณ ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล และสัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งในโรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และไฟสัญญาณไฟกระพริบ นอกจากนั้นยังมีงานสาธิตการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ผสมผสานร่วมกับพลังงานรูปแบบอื่น เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซล ด้วย

ตารางที่ 2.2 ประเภทและสัดส่วนของการใช้งาน แบ่งออกตามลักษณะโดยย่อ ดังนี้

ระบบโทรคมนาคม	1,900 kWp	36.5 %
ระบบประจุแบตเตอรี่ให้หมู่บ้านห่างไกล	1,693 kWp	32.5 %
ระบบสูบน้ำในหมู่บ้านห่างไกล	994 kWp	19.0 %
ระบบสอนหนังสือทางไกล	124 kWp	2.4 %
ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานในพื้นที่ห่างไกล	25 kWp	0.5 %
ระบบผลิต/จำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่สายส่ง	25 kWp	5.3 %
เบ็ดเตล็ด เช่น ไฟสัญญาน สถานีอนามัยฯ	200 kWp	3.8 %



ภาพที่ 2.7 แสดงสัดส่วนของการใช้งานในประเทศไทย

โดยส่วนหนึ่งของโครงการเหล่านี้ ได้การสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยผ่านทางสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการสนับสนุน และร่วมมือกับหน่วยงานของรัฐและเอกชน ที่จะให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการนำพลังงานหมุนเวียน ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย มาใช้อย่างแพร่หลาย

สพช. ได้มีการจัดประชุมสัมมนา เพื่อกำหนดแนวทางหลักเกณฑ์ และนโยบายเพื่อสนับสนุน การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่างปี 2540-2542 ที่จังหวัดภูเก็ต เมื่อเดือนพฤษภาคม 2540 ซึ่งมีนักวิชาการจากหลายสถาบัน ได้มาประชุมร่วมกัน และได้เสนอให้มีการดำเนินโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงาน โดย สพช. ได้รวบรวมความต้องการของหน่วยงานต่าง ๆ และจัดทำเป็นนโยบายในการสนับสนุนด้านการเงิน จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

จากวันนั้น หน่วยงานต่าง ๆ ได้ดำเนินโครงการที่ตนได้เสนอไว้อย่างต่อเนื่อง และสำเร็จลงอย่างครบถ้วน จนถึงปัจจุบันนี้กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ได้ให้การสนับสนุนโครงการต่าง ๆ ไปแล้ว ไม่น้อยกว่า 20 โครงการ ในวงเงินกว่า 1,000 ล้านบาท อาทิเช่น

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

ระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาบ้าน และบนหลังคาอาคารส่วนราชการ โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านในชนบทขององค์การบริหารส่วนตำบล โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สวนพลังงานแสงอาทิตย์ จ.พิษณุโลก โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การสาธิตการใช้พลังงานทดแทนในโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยหน่วยงานต่าง ๆ ประกอบด้วย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรมชลประทาน กรมโยธาธิการ กรมทรัพยากรธรณี และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดสำหรับอุทยานแห่งชาติ โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การขยายเขตติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนให้เกาะต่างๆ โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

โครงการประเมินผลระบบผลิตไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระบบเดิมที่ติดตั้งไปแล้ว และวางแผนขยายโครงการต่อไป เพื่อให้การใช้งานมีความมั่นคงยั่งยืน

โครงการฟื้นฟูระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์ที่ชำรุดแล้วให้สามารถใช้งานได้แบบยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อศึกษาความเหมาะสมเพื่อทำการฟื้นฟู ซ่อมแซม ปรับปรุงหรือดัดแปลงแก้ไขใหม่ ให้ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ระบบชำรุดเสียหาย ให้สามารถใช้งานได้ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมต่อสภาพการใช้งาน

โครงการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

โครงการจัดทำร่างมาตรฐานระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

โครงการวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะกับภูมิอากาศร้อนชื้น โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

โครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งโครงการนี้เพิ่งจะได้รับการอนุมัติ จากคณะกรรมการกองทุนฯ ที่จะให้การสนับสนุน เงินกว่า 750 ล้านบาท ให้ กฟผ. จัดทำโครงการสาธิตระบบผลิต และจำหน่ายไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ให้เพียงพอต่อความต้องการ ที่เพิ่มขึ้น โดยให้ กฟผ. เริ่มโครงการฯ ที่ขนาด 500 kW ก่อน เพื่อดูผลการทำงานจริงในสภาพจริงของระบบ แล้วจึงจะขออนุมัติดำเนินโครงการฯ เต็มทั้งระบบขนาด 4 MW

ตารางที่ 2.3 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งต่างๆ (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

ประเภทโรงไฟฟ้า	ต้นทุนฯ (บาท/kw-hr)	หมายเหตุ
1. พลังน้ำ ขนาดเล็ก (<1MW)	13.60	ผาบ่อง จ.แม่ฮ่องสอน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
2. พลังน้ำ ขนาดกลาง-ใหญ่ (5-180 MW)	1.16	กฟผ.
3. พลังความร้อน (25-600MW)	1.52	กฟผ.
4. พลังความร้อนร่วม (60-250 MW)	1.54	กฟผ.
5. กังหันก๊าซ (14-122 MW)	2.82	กฟผ.
6. ดีเซล (1 MW)	13.51	กฟผ. แม่ฮ่องสอน
7.พลังงานทดแทน (8-300 KW)	2.07	กฟผ. ความร้อนใต้พิภพ; ลม แสงอาทิตย์ (รวม @ 750 KW)
8. ซื้อ	1.78	จาก ลาว มาเลเซีย, IPP SPP
9. เฉลี่ยทุกประเภทของ กฟผ.	1.58	ที่มา “กฟผ. ข้อมูลสำคัญ 40-42”
10. PV ROOF top ของ SMUD คศ. 1993 (พ.ศ.2536)	6.0	อัตราแลกเปลี่ยน US $ 1 = 26 บาท ต้นทุนติดตั้ง US $ 8.78 (230 บาท/W)
คศ. 2000 (พ.ศ.2543)	4.8	อัตราแลกเปลี่ยน US $ 1 = 40 บาท ต้นทุนติดตั้ง US $ 3.90 (156 บาท/W) ที่มา SMUD : SACRAMENTO MUNICIPAL UTILITY DISTRICT สหรัฐอเมริกา
11. โครงการบ้าน 10 หลัง (โครงการนำร่อง)	4.5	ต้นทุน 5.2 แสนบาท/ หลัง (216 บาท/ W) สพช. อุดหนุน 45% มีผู้สนใจรอเข้าร่วมโครงการ > 100 ราย
12. มาตรการการจัดการ ด้านการใช้ไฟฟ้า (DSM)	0.5	โดยสำนักงาน DSM ของ กฟผ.

หมายเหตุ ราคาน้ำมันดีเซล : พ.ศ. 2541 = 8.45บาท/ลิตร, ปัจจุบัน (ก.ค.43) = 15 บาท/ลิตร

2.1.13 แนวโน้มการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต

ด้านเทคโนโลยี คงจะมุ่งเน้นไปทางฟิล์มบางมากขึ้น เนื่องจากต้นทุนวัสดุจะถูกกว่า และไม่ต้องแย่งตลาดกับอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์อื่นๆ โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องใช้ Crystalline Silicon เป็นหลัก

ด้านการผลิต คาดว่าจากปี ค.ศ. 1998-2000 กำลังผลิตทั่วทั้งโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวต่อปี ซึ่งแยกตามเทคโนโลยีต่าง ได้ ดังนี้

Crystalline Silicon 150% จาก 215 เมกะวัตต์ เป็น 340 เมกะวัตต์

Amorphous Silicon จะเพิ่มปริมาณขึ้นประมาณ 180% จาก 50 เมกะวัตต์ เป็น 90 เมกะวัตต์

สารประกอบอื่นๆ เช่น Copper Indium Diselenide และ Cadmium Telluride จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 320% จาก 20 เมกะวัตต์ เป็น 65 เมกะวัตต์

ด้านการตลาด ตลาดใหม่สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปน่าจะเป็นในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา เพราะยังมีระบบไฟฟ้าชนบทที่ต้องพัฒนาอีกจำนวนมาก แต่มีข้อจำกัดที่ต้องอาศัยการลงทุนจากต่างประเทศเป็นหลัก ดังนั้นหากรัฐยังคงเป็นเจ้าของกิจการไฟฟ้า และยังต้องรับผิดชอบระบบไฟฟ้าในชนบทในหลายกรณี การเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อขยายระบบจำหน่ายไปสู่ชนบท จะเป็นทางเลือกที่ดีกว่าระบบสายส่ง แต่หากมีการเปลี่ยนโครงสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้า ซึ่งถ้ากิจการไฟฟ้าถูกแปรรูปให้เอกชนไปแล้ว โอกาสของการขยายตลาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะลดน้อยลง เนื่องจากเอกชนส่วนใหญ่ มักจะมุ่งค้าทำกำไรในระยะสั้นๆ เป็นหลัก

สำหรับตลาดของการจ่ายเข้าระบบ (Grid Connected) เป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก เพราะการลงทุนต่อกิโลวัตต์ จะต่ำกว่าระบบอิสระ (Stand Alone) ซึ่งต้องใช้แบตเตอรี่และต้องเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 7-10 ปี และหากมีการ “ร่วมลงทุน” ระหว่างภาครัฐกับผู้ใช้งาน ก็จะเป็นส่วนเสริมให้ตลาดของระบบฯ ขยายตัวรวดเร็วขึ้น

ในช่วง 6-7 ปี ที่ผ่านมา ในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และยุโรป ประสบความสำเร็จของโครงการประเภท Rooftop Grid Connected เป็นอย่างมาก และกำลังนำไปสู่การเตรียมขยายผล เช่น โครงการ 1 ล้านหลัง ของสหรัฐอเมริกา และ 1 แสนหลัง ของกลุ่มประเทศยุโรป และ 7 หมื่นหลัง ของประเทศญี่ปุ่น นอกจากนั้นไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงกลางวัน ก็จะสอดคล้องกับความต้องการไฟฟ้าช่วงสูงสุด ดังนั้น Grid Connected ก็จะช่วยชะลอการลงทุนการสร้างโรงไฟฟ้า ประเภท “Peak Shaving” ได้ส่วนหนึ่งด้วย

สิ่งเหล่านี้ย่อมเป็นเครื่องบ่งชี้ว่า ตลาดของ “การต่อเข้าระบบ-Grid Connected” จะมีอนาคตที่ดี มีทางที่จะขยายผลเป็นรูปธรรม และทำให้เกิดการผลิตขนาดใหญ่ (Mass Production) ส่งผลทำให้ราคาการลงทุน ลดลงสู่ระดับ ที่น่าพอใจในอนาคตอันใกล้

สำหรับตลาดเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทยในอนาคต มีความได้เปรียบที่จะเติบโตมากขึ้น ทั้งในด้านผู้ใช้และผู้ประกอบการ เพราะนโยบายจากภาครัฐได้ให้การสนับสนุนอย่างชัดเจน ซึ่งจากผลสำเร็จของโครงการต่างๆ ที่ผ่านมา นักวิชาการไทยได้มีโอกาสเพิ่มประสบการณ์มากขึ้น ทั้งในเรื่องการติดตั้งใช้งานและการพัฒนาระบบฯ ด้วยตนเอง ตลอดจนความร่วมมือที่เข้มแข็ง ของกลุ่มนักวิชาการพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงทำให้เชื่อมั่นได้ว่าหากนโยบาย จากภาครัฐยังคงมีความชัดเจน และให้การสนับสนุนอย่างจริงจังดังเช่นที่ผ่านมา และตลาดเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะกรณีไฟฟ้าชนบท (Off Grid) ซึ่งเป็นพื้นที่ทุรกันดาร และไม่มีสายไฟฟ้าเข้าถึง ยังมีอยู่เป็นจำนวนมากในทุกภูมิภาค ของประเทศไทย จึงเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ไม่ยาก ในการก้าวไปสู่การดำเนินธุรกิจเซลล์แสงอาทิตย์ ในระดับอุตสาหกรรม ทำให้ประเทศไทยเป็นที่สนใจ ของนักลงทุนต่างประเทศ ที่จะเข้ามาทำตลาดของไทยให้เติบโตขึ้น เมื่อประกอบกับประสบการณ์ด้านเทคโนโลยี ด้วยพื้นฐานที่มั่นคงและกลไก / ความสัมพันธ์ด้านการตลาดที่ดีอยู่แล้วในภูมิภาคนี้ โอกาสที่นักลงทุน จะขยายผลไปยังตลาดของประเทศเพื่อนบ้าน จึงไม่น่าจะเป็นเรื่องยากเช่นกัน

ข้อสรุปดังกล่าวข้างต้นแสดงว่า จากอัตราการเพิ่มต่อปีที่สูงมาก กล่าวคือ 1 เมกะวัตต์ในปี ค.ศ.1970 เป็น 45 เมกะวัตต์ ในปี ค.ศ.1990 และ 152 เมกะวัตต์ในปี ค.ศ.1998 และในปัจจุบันมีผลผลิตสะสมประมาณ 1,000 เมกะวัตต์ ประกอบกับอัตราความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรม บวกกับนโยบายการสนับสนุนที่เป็นรูปธรรมของภาครัฐในสหรัฐอเมริกา ยุโรป และประเทศญี่ปุ่น จึงมีการคาดคะเนว่าจะสามารถลดราคาของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ลงให้เหลือเท่าๆ กับหรือถูกกว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ที่ราคาลงทุนประมาณ 3,000 เหรียญสหรัฐต่อกิโลวัตต์ ในช่วงปี ค.ศ.2005-2010 ได้ และจากมุมมองของปัญหาการใช้พลังงานของโลกในอนาคต ที่คาดว่าแนวโน้มราคาเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์จะสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณสำรองเชื้อเพลิงกำลังจะหมดลงไป และสภาพแวดล้อมได้รับผลกระทบ ที่นับวันจะทวีปริมาณ ที่มากขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า

จึงมีเหตุผลดีพอที่จะสรุปได้ว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ซึ่งสะอาดมีปริมาณมากและได้เปล่า และกรรมวิธีในการเปลี่ยนเป็นไฟฟ้าไม่ก่อมลภาวะฯ น่าจะเป็นทางเลือกที่สมเหตุผล อีกทางหนึ่งสำหรับอนาคตของมนุษย์ชาติได้[9]

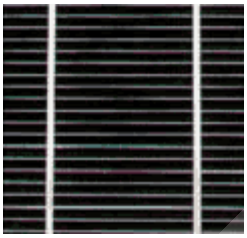
2.1.14 ประเภทของ " เซลล์แสงอาทิตย์ "

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. กลุ่ม เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

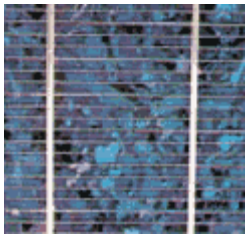
2. กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

[9] ชาย ชีวะเกตุ, และ ชนานัญ บัวเขียว. (2543, กรกฎาคม-กันยายน). *วารสารนโยบายพลังงาน, 49.* สืบค้น http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html.



แบบผลึกเดี่ยว

(Single Crystal)

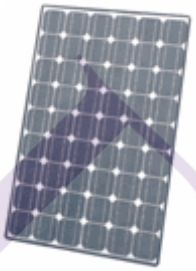


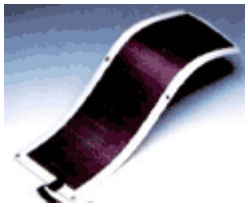
แบบผลึกรวม

(Poly Crystal)

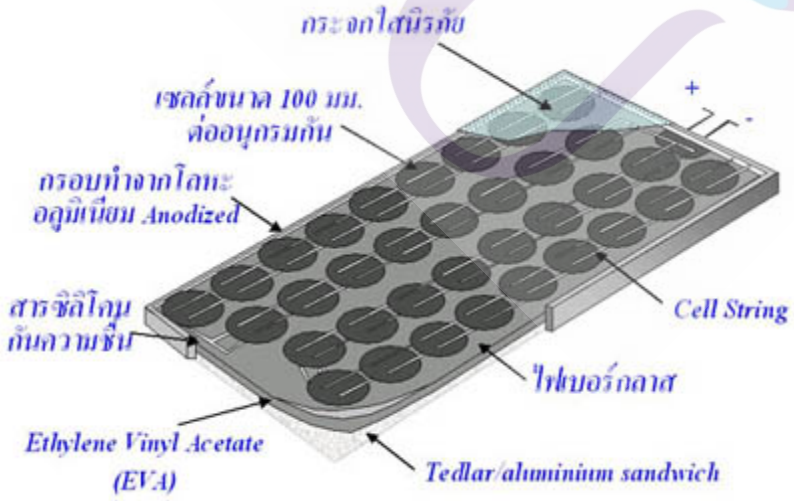
แบบอะมอร์ฟัส

(Amorphous)





ภาพที่ 2.8 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน



ภาพที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสง อาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่ มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้อง กันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

2.1.15 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ CIS และ แคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน

ข้อเสียของ Si : การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และ แตกหักง่ายในขบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิตสารซิลิคอนบริสุทธิ์

1) การผลิต MG-Si จากหินควอทไซต์หรือทราย

SiO_2+ 2C ----> Si + 2CO (ปฏิกิริยาภายในเตาหลอม)

ความบริสุทธิของ Si 98 - 99%

2) การผลิต SeG-Si จาก MG-Si

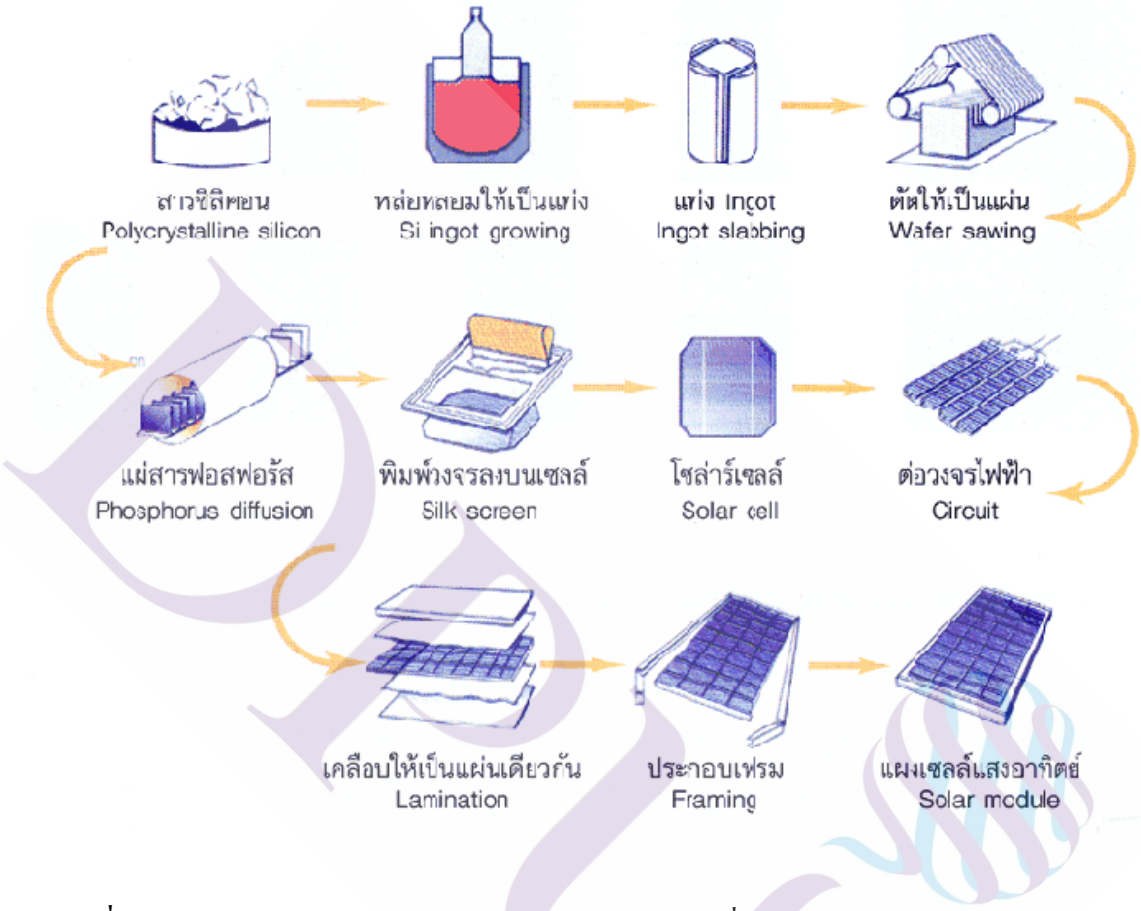
2.1) เปลี่ยนสถานะ Si เป็นแก๊ส โดยวิธี Fractional Distillation

Si + 3 HCl -------> $SiHCl_3$+ H_2

2.2) SiHCl3 ทำปฏิกริยากับ H2 ได้ Si บริสุทธิ์ 99.999%

$SiHCl_3 + H_2$ -------> Si + HCl

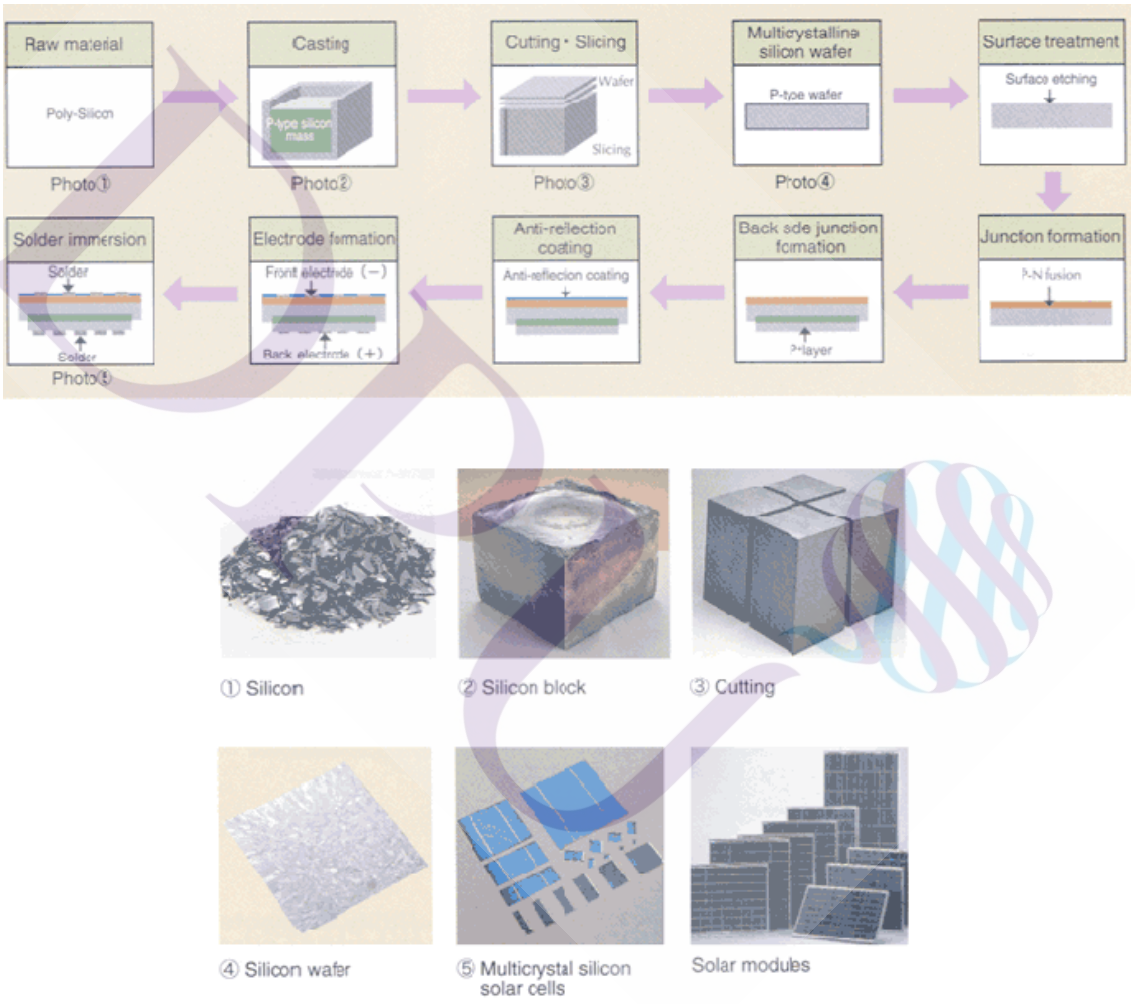
เป็นการทำ Si ให้บริสุทธิ์ ขั้นตอนนี้ได้ Polycrystal



ภาพที่ 2.10 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline)

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono-Crystalline การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) มาหลอมละลายในเตา Induction Furnace ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) พร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วทำให้เกิดการเย็นตัวจับตัวกันเป็นผลึกด้วย Seed ซึ่งจะตกผลึกมีขนาดหน้าตัดใหญ่ แล้วค่อยๆ ดึงแท่งผลึกนี้ขึ้นจากเตาหลอม ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก จะได้แท่งผลึกยาวเป็นรูปทรงกระบอก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยลวดตัดเพชร (Wire Cut) เรียกว่า เวเฟอร์ ซึ่งจะได้แผ่นผลึกมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จาก นั้น

ก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ ที่ผิวบนจะเป็นขั้วลบ ส่วนผิวล่างเป็นขั้วบวก ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเคลือบฟิลม์ผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น ในการใช้งานจริง เราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ

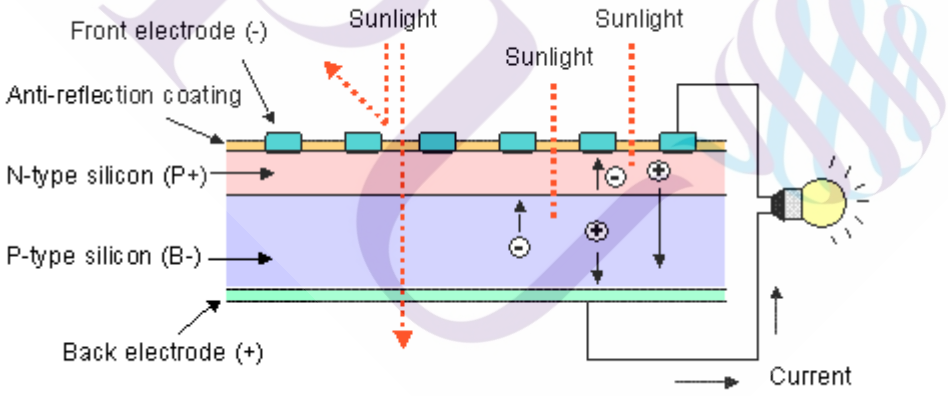


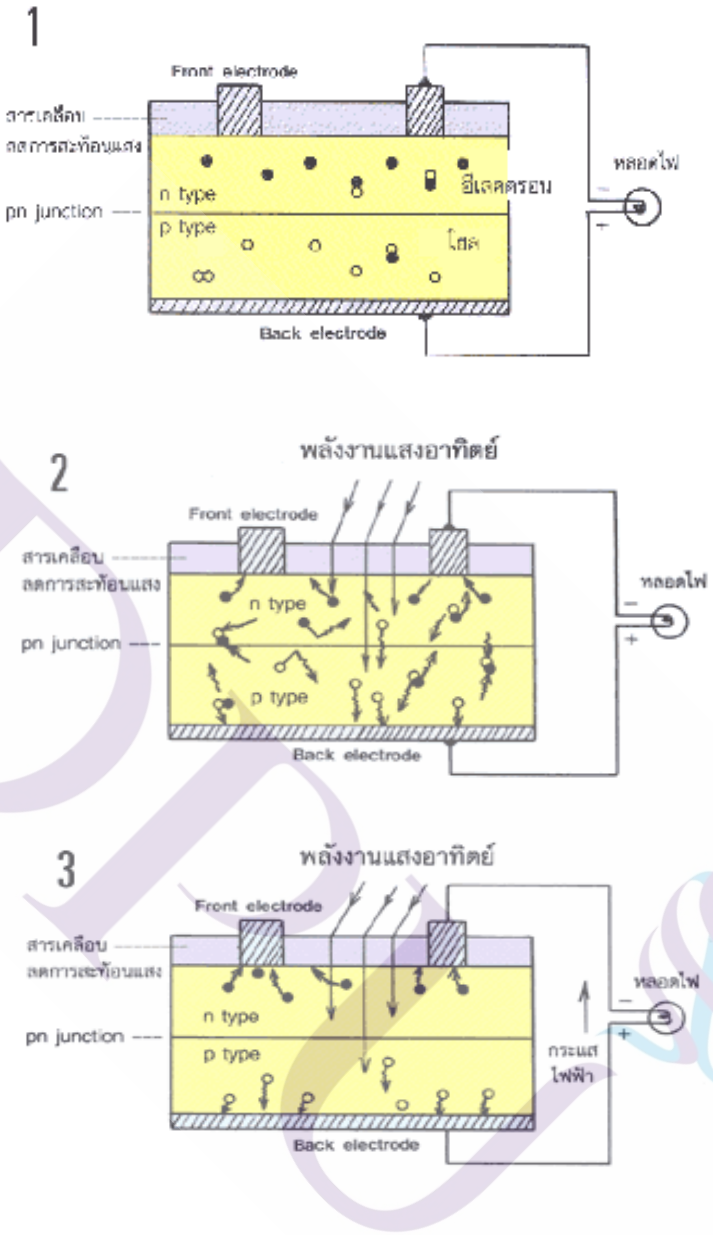
ภาพที่ 2.11 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกรวม (Poly Crystalline)

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีนี้ จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีแรก คือการทำแผ่นเซลล์ จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม (ตกผลึกไม่พร้อมกัน) จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโทนสีที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็ก q หลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกรวม ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียว คือ มีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตเซลล์ที่เหลือจะเหมือนกัน เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2-3 % อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในการผลิต คือ แตกหักง่ายเช่นกัน

2.1.16 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ (ตามรูป)





ภาพที่ 2.12 แสดงหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

1) n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์

p - type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ " ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบ

ส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล

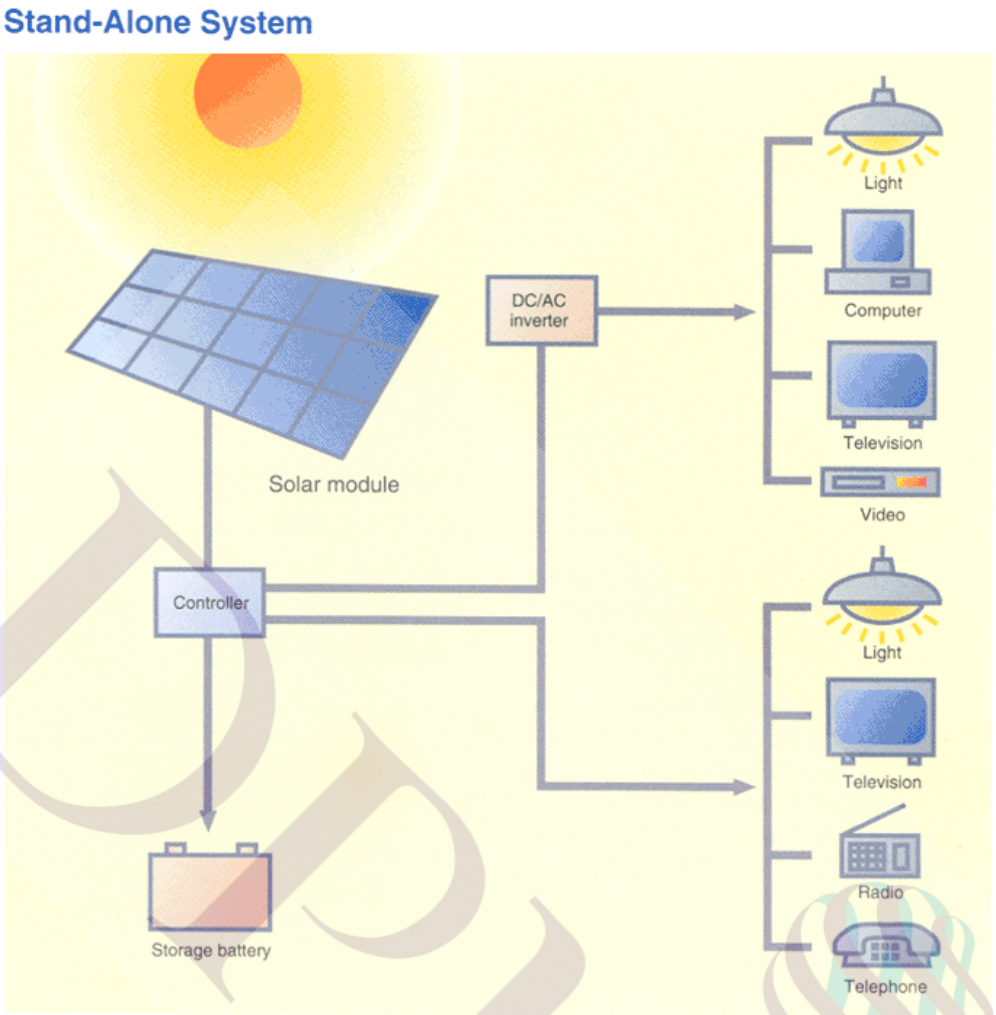
2) เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type

3) อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Elec trode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

2.1.17 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

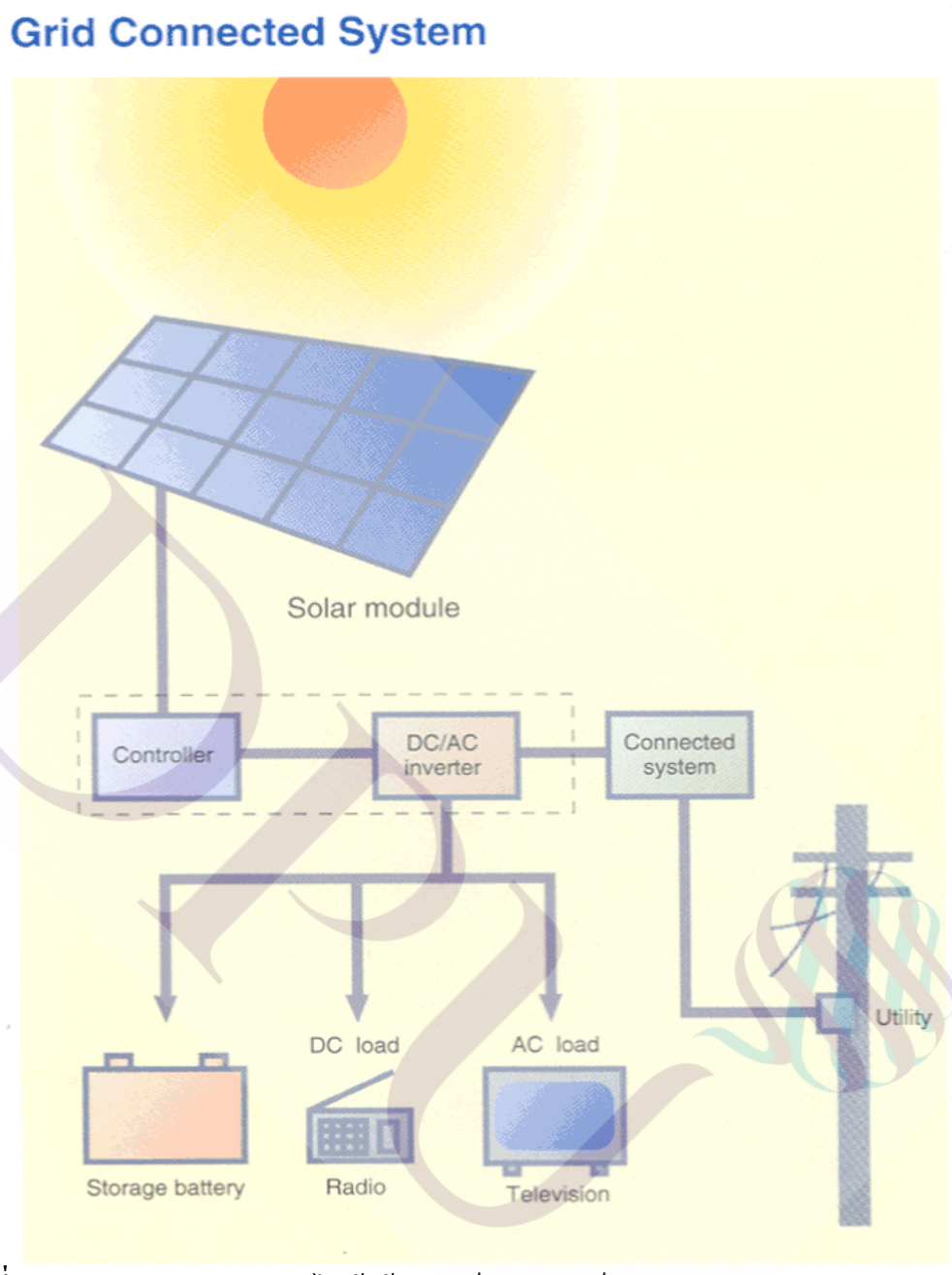
การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

1) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



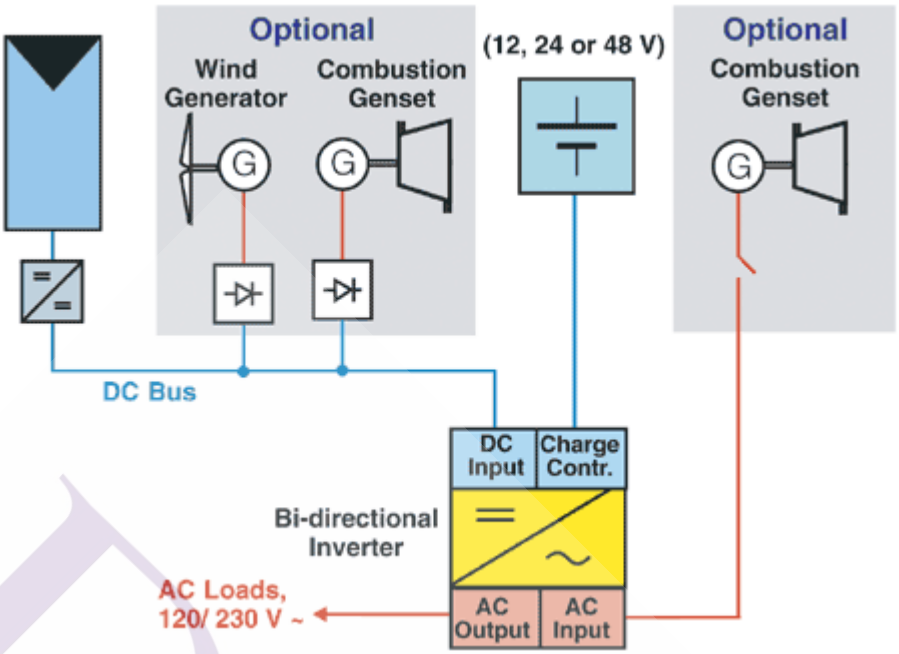
ภาพที่ 2.13 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

2) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 2.14 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

3) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ



ภาพที่ 2.15 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

2.1.18 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V oc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ V oc จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V – 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,200 W ต่อ ตร.เมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศา C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000 W ต่อ ตร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศา C แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย[10]

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน และแสงสว่างที่ใหญ่ที่สุด ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร หรือเส้นแบ่งครึ่งโลก จึงได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์รวมเฉลี่ยของประเทศประมาณ 4.7 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน

หากเราสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่สอดส่องลงมาบนพื้นที่ของประเทศไทยเพียงหนึ่งในร้อยส่วนของพื้นที่ทั้งหมด เราจะได้รับพลังงานเทียบเท่าการใช้น้ำมันดิบประมาณ 7,000,000 ตันต่อปี การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทำได้สองลักษณะคือ[11]

---

[10] กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). *เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).* สืบค้น 15 มกราคม 2554 จาก http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm.

[11] *"พลังงานทดแทน คืออะไร?".*สืบค้น http://dekrakban.igetweb.com/index.php?mo=3&art=415938.

1) กระบวนการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบลงมาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

2) กระบวนการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน โดยให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นรับแสงมาตกกระทบยังพื้นสีดำ ทำให้เกิดความร้อนเพิ่มมากขึ้นเหนือบริเวณพื้น เราสามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ อาทิ นำไปใช้ผลิตน้ำร้อน กลั่นน้ำ อบแห้งพืชผลทางการเกษตร

2.1.19 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

การกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอกับความต้องการจะต้องคานวณจากกาลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในแต่ละวันผลที่ได้จะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวัน ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยปกติกำหนดค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.8 ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.85 ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องผ่านเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้า โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องแปรงแรงดันไฟฟ้ามีประสิทธิภาพประมาณ 0.85-0.9 ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังสมการที่ 2.3

$$P = \frac{P_L \times D}{Q \times A \times B \times C} \qquad (2.3)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง (วัตต์)

PL คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

Q คือ พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวัน (สำหรับประเทศไทยมีค่า 4,000 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

A คือ ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์

B คือ ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน

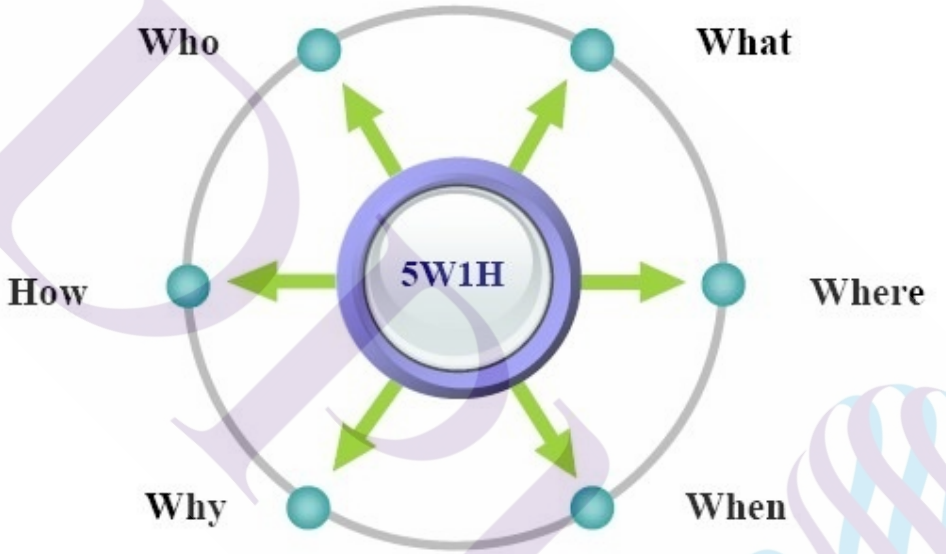
C คือ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดัน

D คือ ค่าความเข้มแสงปกติมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพ

2.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับเทคนิค 5W 1H

สุวิทย์ มูลคำ[12] อธิบายว่า การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดโดยใช้สมองซีกซ้ายเป็นหลัก เป็นการคิดลึก คิดอย่างละเอียด จากเหตุไปผล ตลอดจนการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผล ความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง ถือเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเพื่อรวบรวมและนำเสนอข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งวิธีนี้จะใช้ในช่วงของกระบวนการนักวิเคราะห์วิศวกรที่มีคุณภาพที่จะเข้าใจและอธิบายความจริงปัญหาใด ๆ หรือปัญหา



ภาพที่ 2.16 แสดงเทคนิค 5W 1H

เทคนิคการคิดวิเคราะห์อย่างง่ายที่นิยมใช้ เพราะวิธีการนี้พยายามที่จะตอบคำถามพื้นฐานในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใด ๆ คือ 5W 1H ซึ่งประกอบด้วย

What (อะไร) คือเรื่องหลักของการรวบรวมข้อมูลเหตุผล ปัญหาที่เกิดขึ้น

เกิดอะไรขึ้นบ้าง

มีอะรเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นี้

หลักฐานที่สำคัญที่สุด คืออะไร

สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นี้ คืออะไร

[12] จาก *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์* (น.21-22), สุวิทย์ มูลคำ, (2550). กรุงเทพฯ : หจก.ภาพพิมพ์.

Where (ที่ไหน) เหตุการณ์หรือกระบวนการนั้น เกิดขึ้นที่ไหนเมื่อไหร่ ระบุสถานที่หรือตำแหน่งที่เกิดเหตุ

เรื่องนี้เกิดขึ้นที่ไหน

เหตุการณ์นี้น่าจะเกิดขึ้นที่ใดมากที่สุด

When (เมื่อไร) หมายถึง เมื่อไหร่ในเวลาใดที่เกี่ยวข้อง เวลาที่เหตุการณ์นั้นได้เกิดขึ้นหรือจะเกิดขึ้น มันอาจจะเป็นส่วนหนึ่งกับจุดที่เหมาะสมที่จะต้องดำเนินการ บางครั้งมันอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของสถานการณ์ของการกระทำตามเงื่อนไข

เหตุการณ์นั้นน่าจะเกิดขึ้นเมื่อไร

เวลาใดบางที่เหตุการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นได้

Why (ทำไม) สาเหตุหรือมูลเหตุที่ทำให้เกิดขึ้น เหตุใดถึงทำสิ่งนั้นหรือ เพราะเหตุใดถึงเกิดเหตุการณ์นั้นๆ อาจมีการพิจารณาที่ไม่เกี่ยวข้องอาจจะเกิดจากนโยบายหรือขั้นตอน

เหตุใดต้องเป็นคนนี้ เป็นเวลานี้ เป็นสถานที่นี้

เพราะเหตุใดเหตุการณ์นี้จึงเกิดขึ้น

ทำไมจึงเกิดเรื่องนี้

Who (ใคร) บุคคลสำคัญเป็นตัวประกอบหรือเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องรวมไปถึงสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบ

ใครอยู่ในเหตุการณ์บ้าง

ใครน่าจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นี้บ้าง

ใครน่าจะเป็นคนที่ทำให้สถานการณ์นี้เกิดขึ้นมากที่สุด

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นใครได้ประโยชน์ ใครเสียประโยชน์

How (อย่างไร) รายละเอียดของสิ่งที่เกิดขึ้นแล้ว หรือกำลังจะเกิดขึ้นว่ามีความเป็นไปได้ในลักษณะใด อีกทั้งเหตุการณ์หรือสิ่งที่ทำนั้นเป็นอย่างไรบ้าง เมื่ออธิบายนโยบายกระบวนการหรือขั้นตอนอาจเป็นส่วนสำคัญที่สุด

เขาทำสิ่งนี้ได้อย่างไร

ลำดับเหตุการณ์นี้ดูว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง

เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

มีหลักในการพิจารณาคนดีอย่างไร

ตารางที่ 2.4 ตารางเทคนิค 5W 1H

5W1H	ประเภท	ความหมาย(Why)	ประเด็นพิจารณา	นโยบาย
What	หัวเรื่อง (วัตถุประสงค์)	ทำอะไรอยู่ ทำไมทำอยู่อย่างนั้น ทำไมสิ่งนั้นจึงจำเป็น	เลิกเสียได้หรือไม่ สามารถที่จะบรรลุเป้าหมายด้วยวิธีอื่นได้หรือไม่	กำจัดส่วนที่ไม่จำเป็นทิ้ง (E-Eliminate)
When	ลำดับขั้นตอน	ทำเมื่อไร ทำไมต้องตอนนั้น	เวลาอื่นไม่ได้หรือ	การผสมผสานองค์ประกอบของ
Where	สถานที่	ทำที่ไหน ทำไมต้องทำที่นั่น	ที่อื่นไม่ได้หรือ	งาน(C) หรือโยกย้ายสับเปลี่ยน
Who	คน(เครื่องจักร)	ใคร(เครื่องไหน) ทำงานนั้นอยู่ ทำไมต้องคน -เครื่องจักรนั้น)	คนอื่นหรือเครื่องอื่นไม่ได้หรือ	องค์ประกอบงาน(R)
How	วิธีปฏิบัติงาน	ใช้วิธีการอะไรทำงาน ทำไมต้องวิธีการนั้น	จะลดแรงงานหรือเวลางานลงได้หรือไม่	ดัดแปลงให้งานง่ายขึ้น

การคิดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค 5W 1H จะสามารถไล่เลียงความชัดเจนในแต่ละเรื่องที่เรากำลังคิดเป็นอย่างดี ทำให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์ ดังนั้น ในบางครั้งการเริ่มคิดวิเคราะห์ของท่านถ้าคิดอะไรไม่ออกก็ขอแนะนำให้เริ่มต้นถามตัวท่านเอง โดยใช้คภถามจาก 5W 1H ถามตัวท่านเอง

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์[13] อธิบายว่าการคิดเชิงวิเคราะห์แท้จริงคือ การตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับ “ความสงสัยใคร่รู้” ของผู้ถาม เมื่อเห็นสิ่งหนึ่งสิ่งใดแล้วอยากรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้นมากขึ้นในแง่มุมต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงใหม่ๆ ความเข้าใจใหม่ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการอธิบาย การประเมิน การแก้ปัญหาและการตัดสินใจที่รอบคอบมากขึ้น ขอบเขตของคำถามที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงวิเคราะห์ จึงเกี่ยวข้องกับการจำแนกแจกแจงองค์ประกอบ และการหาความสัมพันธ์เชิง

[13]จาก *การคิดเชิงวิเคราะห์.* (น. 95-97). เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2548). กรุงเทพฯ : ซัคเซส มีเดีย.

เหตุผล ระหว่างเรื่องที่วิเคราะห์กับเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแนวคำถามจะอยู่ในขอบข่าย 5W's 1H เพื่อนำไปสู่การค้นหาความจริงเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ ในแง่มุมต่างๆ นอกเหนือจากสิ่งที่ปรากฏ

ใคร (Who)

ทำอะไร (What)

ที่ไหน (Where)

เมื่อไร (When)

อย่างไร (How)

เพราะเหตุใด, ทำไม (Why)

คำถามเหล่านี้อาจไม่จำเป็นต้องใช้ทุกข้อ เพราะการตั้งคำถามมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความชัดเจน ครอบคลุมและตรงประเด็นที่เราต้องการสืบค้น การตั้งคำถามจึงแตกต่างไปตามวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์

ขอบเขตของการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ จะต้องตั้งให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทราบข้อเท็จจริงโดยเราสามารถตั้งคำถามครอบคลุมหลัก 5W's 1H ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไร เพราะเหตุใด ในประเด็นต่างๆ เช่น

ใคร (Who)

ใครอยู่ในเหตุการณ์บ้าง

ใครน่าจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นี้บ้าง

ใครน่าจะเป็นคนทำให้สถานการณ์นี้เกิดขึ้นมากที่สุด เพราะเหตุใด

เหตุการณ์นี้เกิดขึ้น ใครได้ประโยชน์ ใครเสียประโยชน์

อะไร (What)

มีอะไรเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นี้บ้าง เกี่ยวข้องกันอย่างไร

ที่ไหน (Where)

เหตุการณ์นี้น่าจะเกิดที่ใดมากที่สุด เพราะเหตุใด

เมื่อไร (When)

เหตุการณ์นี้น่าจะเกิดขึ้นเมื่อไร เพราะเหตุใด

เวลาใดบ้างที่สถานการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นได้

เพราะเหตุใด (Why)

เหตุใดต้องเป็นคนนี้

เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น

อย่างไร (How)

เขาทำสิ่งนี้ได้อย่างไร

สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เกิดขึ้นอย่างไร

สรุปได้ว่า แนวคิดเกี่ยวกับเทคนิคการคิดวิเคราะห์อย่างง่ายคือ การฝึกใช้คำถามให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่ต้องการทราบ ข้อเท็จจริงด้วยการใช้คำภามให้ครอบคลุมหลัก 5W 1H ได้แก่ What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไร) Why (ทำไม) Who (ใคร) และ How (อย่างไร) ในประเด็นต่างๆ

2.3 แนวความคิดเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร

การบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นกิจกรรมอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในการรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้ตามหน้าที่เครื่องจักรนั้นได้อย่างน่าเชื่อถือ แต่เดิมนั้นการบำรุงเครื่องจักรจะกระทำต่อเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง ซึ่งเรียกว่าบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown Maintenance) ซึ่งวิธีการบำรุงรักษานี้ กระทำโดยหาสาเหตุของการขัดข้อง มีการจัดซื้อชิ้นส่วนอะไหล่ และซ่อมแซมตลอดจนทดสอบการเดินเครื่องหลังจากการบำรุงรักษา ทำให้สายการผลิตต้องหยุดชะงัก และเสียเวลามาก จะเห็นว่าการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้องนั้นก่อให้เกิดการสูญเสียต้นทุนและเวลาเป็นอย่างมาก

จนกระทั่งปี พ.ศ. 2494 ได้มีการนำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) มาใช้เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในการปฏิบัติงานของเครื่องจักร เพื่อป้องกันเหตุขัดข้องที่เกิดอย่างฉุกเฉิน ซึ่งทำให้เกิดต้นทุนและเวลาในการผลิตลดต่ำลงในระดับหนึ่ง โดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกันนี้คือ การบำรุงรักษาที่ดำเนินการเพื่อป้องกันการหลุดของเครื่องจักรที่เกิดเหตุฉุกเฉิน สามารถกระทำโดยการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร ทำความสะอาด การหล่อลื่นที่ถูกวิธี การปรับแต่งเครื่องจักรให้ทำงานที่จุดทำงานตามคำแนะนำของคู่มือ รวมทั้งการทำนุบำรุงรักษาและเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ตามกำหนดเวลา

จากนั้นได้มีวิวัฒนาการด้านการบำรุงรักษาเป็นอย่างมาก โดยได้มาจากความคิดและทัศนคติที่ว่า งานบำรุงรักษานั้นไม่สามารถแบ่งแยกออกจากงานการผลิต ซึ่งงานทั้ง 2 ประเภทดังกล่าวจะต้องรวมกันกระทำอย่างสอดคล้องและเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นแนวความคิดแบบญี่ปุ่น และแนวความคิดนี้ทำให้ในปี พ.ศ.2497 การบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรได้พัฒนามาเป็น การบำรุงรักษาแบบทวีผล (Productive Maintenance) ซึ่งคือการบำรุงรักษาที่อาศัยวิธีการหลายวิธีการประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการทวีผล และประสิทธิภาพสูงสุด

ต่อมาประมาณปี พ.ศ. 2500 การบำรุงรักษาแบบทวีผล ได้เปลี่ยนไปเป็นการบำรุงรักษาแบบแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) ซึ่งเป็นการดำเนินการเพื่อดัดแปลง ปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักร หรือส่วนของเครื่องจักร เพื่อขจัดเหตุขัดข้องเรื้อรังของเครื่องจักรให้หมดไปโดนสิ้นเชิง เพื่อปรับปรุงสมรรถภาพของเครื่องจักรให้สามารถผลิตได้ด้วยคุณภาพหรือปริมาณสูงขึ้น และต่อมาในปี พ.ศ.2506 ได้เริ่มวิธีการหลีกเลี่ยงการบำรุงรักษาคือ การดำเนินการใดๆ ก็ตามที่ให้ได้มาซึ่งเครื่องจักรที่ไม่ต้องบำรุงรักษา หรือต้องการแต่น้อยที่สุด จึงทำให้เกิดเป็นการป้องกันการบำรุงรักษา (Maintenance Prevention) ซึ่งการดำเนินการใช้ 3 ขั้นตอนคือ

1) การออกแบบเครื่องจักรให้มีความแข็งแรงทนทาน

2) ใช้เทคนิคและวัสดุซึ่งทำให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือสูง

3) รู้จักเลือกซื้อเครื่องจักรที่ดี ทนทาน ซ่อมง่าย และราคาที่เหมาะสม

จากการป้องกันการบำรุงรักษาทำให้เกิดแนวความคิดใหม่ในงานบำรุงรักษา โดยการนำวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) มาประยุกต์ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งต่อมาได้วิวัฒนาการมาเป็นการบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance)

ซึ่งการบำรุงรักษานี้ถือได้ว่า เป็นระบบการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก และยังเสริมสร้างความสัมพันธ์ของพนักงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีวิวัฒนาการต่างๆ เกิดขึ้นมาอีกในปี พ.ศ.2518 ได้มีวิธีการที่เกิดขึ้นจากการอาศัยประสบการณ์ข้อมูลหรือการตรวจสอบที่ผ่านมา เพื่อกำหนดและเตรียมการบำรุงรักษาไว้ล่วงหน้า ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) และต่อมาในปี พ.ศ.2525 ได้เกิดวิธีการใหม่ที่พัฒนาขึ้นมาอีกคือ การบำรุงรักษาอย่างมีระบบ (Systematic Maintenance) ซึ่งวิธีการบำรุงรักษาในรูปแบบต่างๆ ประกอบขึ้นเป็นระบบ เพื่อใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรกล โดยระบบในที่นี้หมายถึง กลุ่มรวมซึ่งนำองค์ประกอบ (Factor) ที่เกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กันตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไปมาจัดรวมเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อจัดการเกี่ยวกับการไหล (Flow) ของข้อมูลพนักงาน วัสดุ และบุคลากร เพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.3.1 การบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ (Systematic Maintenance)

มีการบำรุงรักษาด้วยวิธีการต่างๆ เป็นองค์ประกอบ มีจุดมุ่งหมายเพื่อระวังรักษาเครื่องจักรกล การบำรุงรักษาแบบเป็นระบบมีจุดเด่น 5 ประการคือ

1) เป็นระบบ โดยรวมของการระวังรักษาอุปกรณ์ ซึ่งพัฒนาจากพื้นฐานประสบการณ์ในระยะเวลา 35 ปีที่ผ่านมา

2) เป็นวิธีการคิดวางแผนการบำรุงรักษาและการนำมาใช้

3) เป็นวิธีการรวมเอาการบำรุงรักษาฉุกเฉินเข้าไว้ด้วยกัน

4) เน้นในเรื่องที่ว่า การเตรียมการบำรุงรักษาที่กระทำต่อไปนี้ จะต้องอาศัยการคาดคะเนบำรุงรักษา

5) เน้นการใช้บำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) โดยคิดว่าการซ่อมบำรุงรักษาไม่เพียงแต่จะทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลับสู่สภาพเดิมเท่านั้น

2.3.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นแนวความคิดที่ต้องการ “ป้องกัน” การหยุดของเครื่องจักรเนื่องจากเหตุเสีย (Breakdown) ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ การที่ต้องหยุดเครื่องจักร โดยเหตุฉุกเฉินสร้างความเสียหายให้แก่วงการอุตสาหกรรมอย่างร้ายแรง จากการสูญเสียเปล่าทางด้านกำลังผลิตวัสดุ พลังงาน และการสูญเสียโอกาสทางการตลาด

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การซ่อมบำรุงที่ดำเนินการเพื่อป้องกันการหยุดของเครื่องจักรโดยฉุกเฉิน การหยุดฉุกเฉินคือ การหยุดโดยไม่รู้ตัว ไม่สามารถรู้ได้ล่วงหน้า

การปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ประกอบด้วย

1) การทำความสะอาดเครื่องจักร และบริเวณใกล้เคียง

2) การตรวจสภาพ

3) การปรับแต่ง และการเปลี่ยนชิ้นส่วน

2.3.3 การวางแผนการบำรุงรักษา

แผนการบำรุงรักษา เป็นความพยายามที่จะให้ได้มาซึ่งกระบวนการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการบริหารงาน หรือดำเนินการให้เสร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย และนโยบายที่ได้วางไว้โดยการติดตามสภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์อยู่เป็นประจำ โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา บุคลากร และวัสดุเข้ากับเครื่องจักรอุปกรณ์และทำการวางแผนกิจกรรมการบำรุงรักษา วางมาตรฐาน และเพิ่มประสิทธิภาพ ดังนั้นการปฏิบัติงานหรือการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1) ขั้นตอนการวางแผน (Plan)

2) ขั้นการลงมือทำ หรือปฏิบัติตามแผน (Do)

3) ขั้นการตรวจสอบ (Check)

4) ขั้นการปรับปรุงแก้ไข (Action)[14]

---

[14] จาก *การประยุกต์ใช้ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเครื่อง MULTIMETER ในกระบวนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของกองทัพเรือ.* (น. 32-35). พูนเพิ่ม วารีรัตน์. (2552). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับวงจร PDCA

เริ่มขึ้นเป็นครั้งแรกโดยนักสถิติ Walter Shewhart ซึ่งได้พัฒนาจากการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่ Bell Laboratories ในสหรัฐอเมริกาเมื่อทศวรรษ 1930 ในระยะเริ่มแรกวงจรดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อ "วงจร Shewhart" จนกระทั่งราวทศวรรษที่ 1950 ได้มีการเผยแพร่อย่าง กว้างขวางโดย W.Edwards Deming ปรมาจารย์ทางด้านการบริหารคุณภาพ หลายคนจึงเรียกวงจรนี้ว่า " วงจร Deming "

2.4.1 โครงสร้างของวงจร PDCA[15]

ขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอนของวงจร PDCA ประกอบด้วย "การวางแผน" อย่างรอบคอบ เพื่อ " การปฏิบัติ " อย่างค่อยเป็นค่อยไป แล้วจึง "ตรวจสอบ" ผลที่เกิดขึ้น วิธีการปฏิบัติใดมีประสิทธิผลที่สุด ก็จะจัดให้เป็นมาตรฐาน หากไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ ก็ต้องมองหาวิธีการปฏิบัติใหม่หรือใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม

1) ขั้นตอนการวางแผน (Plan)

ขั้นตอนการวางแผนครอบคลุมถึงการกำหนดกรอบหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ฯลฯ พร้อมกับพิจารณาว่ามีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลใดบ้างเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงนั้น โดยระบุวิธีการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน นอกจากนี้ จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

การวางแผนยังช่วยให้เราสามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต และช่วยลดความสูญเสียต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ทั้งในด้านแรงงาน วัตถุดิบ ชั่วโมงการทำงาน เงิน เวลา ฯลฯ โดยสรุปแล้ว การวางแผนช่วยให้รับรู้สภาพปัจจุบัน พร้อมกับกำหนดสภาพที่ต้องการให้เกิดขึ้นในอนาคตด้วยการผสานประสบการณ์ ความรู้ และทักษะอย่างลงตัว โดยทั่วไปการวางแผนมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

ประเภทที่ 1 การวางแผนเพื่ออนาคต เป็นการวางแผนสำหรับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหรือกำลังจะเกิดขึ้น บางอย่างเราไม่สามารถควบคุมสิ่งนั้นได้เลย แต่เป็นการเตรียมความพร้อมของเราสำหรับสิ่งนั้น

ประเภทที่ 2 การวางแผนเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เป็นการวางแผนเพื่อเปลี่ยนแปลงสภาพที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเพื่อสภาพที่ดีขึ้น ซึ่งเราสามารถควบคุมผลที่เกิดในอนาคตได้ด้วยการเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปัจจุบัน

---

[15] นางพัชรี อินทร์อำนวย. (2555). *วงจร PDCA คืออะไร. การจัดการความรู้ สำนักวิทยบริการ มก.ฉกส.* สืบค้น 1 ตุลาคม 2557, จาก http://misweb.csc.ku.ac.th/OASKM/?p=195

2) ขั้นตอนการปฏิบัติ (DO)

ขั้นตอนการปฏิบัติ คือ การลงมือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตามทางเลือกที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผน ในขั้นนี้ต้องตรวจสอบระหว่างการปฏิบัติด้วยว่าได้ดำเนินไปในทิศทางที่ตั้งใจหรือไม่ พร้อมกับสื่อสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบด้วย เราไม่ควรปล่อยให้ถึงวินาทีสุดท้ายเพื่อดูความคืบหน้าที่เกิดขึ้น หากเป็นการปรับปรุงในหน่วยงานผู้บริหารย่อมต้องการทราบความคืบหน้าอย่างแน่นอน เพื่อจะได้มั่นใจว่าโครงการปรับปรุงเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

3) ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check)

ขั้นตอนการตรวจสอบ คือ การประเมินผลที่ได้รับจากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แต่ขั้นตอนนี้มักจะถูกมองข้ามเสมอการตรวจสอบทำให้เราทราบว่าการปฏิบัติในขั้นที่สองสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ สิ่งสำคัญก็คือ เราต้องรู้ว่าจะตรวจสอบอะไรบ้างและบ่อยครั้งแค่ไหน ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะเป็นประโยชน์สำหรับขั้นตอนถัดไป

4) ขั้นตอนการดำเนินงานให้เหมาะสม (Act)

ขั้นตอนการดำเนินงานให้เหมาะสมจะพิจารณาผลที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมีอยู่ 2 กรณี คือ ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามแผนที่วางไว้ หรือไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้

กรณีแรก ให้นำแนวทางหรือกระบวนการปฏิบัตินั้นมาจัดทำให้เป็นมาตรฐาน พร้อมทั้งหาวิธีการที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นไปอีก ซึ่งอาจหมายถึงสามารถบรรลุเป้าหมายได้เร็วกว่าเดิม หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเดิม หรือทำให้คุณภาพดียิ่งขึ้นก็ได้

กรณีที่สอง ซึ่งก็คือผลที่ได้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามแผนที่วางไว้ เราควรนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ และพิจารณาว่าควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไปนี้ เช่น

มองหาทางเลือกใหม่ที่น่าจะเป็นไปได้

ใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม

ขอความช่วยเหลือจากผู้รู้

เปลี่ยนเป้าหมายใหม่

การวางแผนการดำเนินงานเราต้องกำหนดเป้าหมายที่ต้องการบรรลุผลสำเร็จ อาจจะเป็นเป้าหมายระยะสั้น หรือเป้าหมายระยะยาวก็ได้แต่เป้าหมายที่ดีจะต้องSMARTER ซึ่งประกอบไปด้วย

Specific - เฉพาะเจาะจง มีความชัดเจน

Measurable - สามารถวัดและประเมินผลได้

Acceptable - เป็นที่ยอมรับได้ของผู้ปฏิบัติ

Realistic - ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง

Time Frame - มีกรอบเวลากำหนด

Extending - ท้าทาย และเพิ่มศักยภาพของผู้ปฏิบัติ

Rewarding – คุ้มค่ากับการปฏิบัติ

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจ

ได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจไว้มากมาย พอสรุปได้ดังนี้

ลิชฟิลด์ (Litchfield) ให้คำนิยามไว้ว่า การตัดสินใจ เป็นวัฏจักร์ของเหตุการณ์ทั้งหลายต่างๆ (cycles of events) นับตั้งแต่การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา จนถึงการวางแผนในการแก้ปัญหา และการประเมินผล เมื่อมีการตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างหนึ่งแล้วมักจะมีปัญหาอีกอย่างหนึ่งติดตามมา ปัญหาที่ตามมานี้อาจเกิดในช่วงใดช่วงหนึ่งก็ได้[16]

บลาว และสก๊อต (Blau and Scott) ได้ชี้ให้เห็นว่า ประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาหนึ่งจะมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาครั้งต่อๆ ไป ดังนั้นแม่ว่ากระบวนการแก้ปัญหาครั้งแรกมีแนวโน้มให้เห็นว่าจะก่อให้เกิดปัญหาอย่างอื่นแทรกซ้อนขึ้นมาดังกล่าวแล้ว แต่ประสบการณ์หรือการเรียนรู้ที่ได้รับจากการแก้ปัญหาครั้งแรกนั้นนับได้ว่ามีส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาใหม่ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหาใหม่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายคลึงกับปัญหาเดิม[17]

เทเลอร์ (Tayler) กล่าวว่า การแก้ปัญหา การตัดสินใจ และความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการเดียวกัน ซึ่งเทเลอร์ได้คิดกระบวนการทางปัญญาที่แตกต่างออกไปจากแนวคิดดั้งเดิมที่ใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เป็นความคิดที่ออกมา การตัดสินใจเป็นการเลือกที่จะปฏิบัติและแก้ปัญหา เป็นการแก้ไขความยากทั้งสองประการ[18]

ผู้วิจัยสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจ ได้ว่า การตัดสินใจจะใช้ประสบการณ์ที่ได้จากการแก้ไขปัญหา เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่เกิดตามมาในช่วงใดช่วงหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหาใหม่ที่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายคลึงกับปัญหาเดิม

---

[16] *Notes on a General Theory of Administration,* 5. Edward H. Litchfield, (1956). Administrative Science Quarterly1, 1, June.

[17] *Formal Organization : A Comparative Approach.* (53-55). Peter M. Blau and W. Richard Scott. (1962) (San Francisco: Chandler.

[18] *Decision Making and Problem Solving.* (48-86). W. Tayler, (1965) in Handbook of Organizations ed. J.G. March. Chicago: Rand McNally

2.5.1 กระบวนการตัดสินใจ

กระบวนการตัดสินใจ เป็นขั้นตอนของการสร้างทางเลือก เพื่อตัดสินใจเลือกทำกิจกรรมต่างๆอย่างมีเหตุมีผล และเหมาะสมที่สุดโดย ได้เสนอกระบวนการตัดสินใจที่มีลักษณะร่วมกันของนักการศึกษา และสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดประเด็นที่สนใจ หมายถึง การตระหนักรู้ว่า ตนเองจะต้องมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในประเด็นปัญหาหรือประเด็นที่สนใจเรื่องใด

2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ จำเป็นและมากเพียงพอสำหรับการตัดสินใจเรื่องนั้นๆ

3) เสนอทางเลือก หมายถึง การใช้ข้อมูลที่มีอยู่มาช่วยสร้างทางเลือก ที่สามารถแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์ในประเด็นที่สนใจ โดยแต่ละทางเลือกก็จะมีทั้งข้อดี และข้อเสีย แตกต่างกัน๔) ประเมินทางเลือก หมายถึง การเปรียบเทียบ โต้แย้งและประเมินข้อดี และข้อเสียใน แต่ละทางเลือกที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์ในประเด็นที่สนใจ

5) เลือกทางเลือก หมายถึง การเลือกทางเลือกที่ดีและเหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์ในประเด็นที่สนใจ

6) นำทางเลือกที่เลือกไปปฏิบัติ หมายถึง การนำทางเลือกที่ดีและเหมาะสมที่สุดที่ได้ตัดสินใจเลือกแล้ว ไปลงมือปฏิบัติ

ผู้วิจัยสรุป กระบวนการตัดสินใจ คือ กำหนดประเด็นที่สนใจ คือการตระหนักรู้ รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ที่รวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เพื่อเสนอทางเลือกที่ช่วยสร้างให้เราสามารถแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์ในประเด็นที่สนใจ และตัดสินใจเลือกทำกิจกรรมต่าง ๆ นำทางเลือกที่เลือกไปปฏิบัติ ได้อย่างเหมาะสมที่สุด อย่างมีเหตุมีผล

2.6 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการต้นทุน

โดยทั่วไป ทุกองค์กรต้องมีการจัดการต้นทุนในทุกกระบวนการทางานอย่างเป็นระบบ และนอกจากนั้น ทุก ๆ ฝ่ายต้องมีการจัดการต้นทุนที่ดี เพื่อให้องค์กรพัฒนาไปในทิศทางที่ดีขึ้นและเมื่อมี การแข่งขันองค์กรสามารถพัฒนาได้เหนือคู่แข่งและบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการต้นทุน เพื่อนาไปใช้ได้กับทุกองค์กร โดยในหัวข้อจะกล่าวถึงความหมายและประเภทของต้นทุน กลยุทธ์การจัดการต้นทุน และการประมาณการต้นทุน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.6.1 ความหมายและประเภทของต้นทุน

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการต้นทุน มีผู้ให้ความหมายและอธิบายประเภทของต้นทุนไว้หลายความหมายและแยกตามลักษณะของต้นทุนที่แต่ละองค์กรนาไปใช้งาน ซึ่งได้อธิบายไว้ดังต่อไปนี้

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์[19] ได้อธิบายความหมายของต้นทุนและได้จาแนกประเภทของต้นทุนในลักษณะต่าง ๆ ไว้ ดังนี้

ต้นทุน หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ธุรกิจต้องสูญเสียไปเพื่อให้ได้สินค้าหรือบริการกลับมา โดยมูลค่าของทรัพยากรนั้นจะต้องสามารถวัดได้เป็นหน่วยเงินตราซึ่งเป็นลักษณะของการลดลงในสินทรัพย์หรือเพิ่มขึ้นในหนี้สิน ต้นทุนที่เกิดขึ้นอาจจะได้ประโยชน์ในปัจจุบันหรือในอนาคตก็ได้ เมื่อต้นทุนใดที่เกิดขึ้นแล้วและธุรกิจได้ใช้ประโยชน์ไปทั้งสิ้นแล้ว ต้นทุนนั้นก็จะถือเป็น “ค่าใช้จ่าย” ดังนั้นค่าใช้จ่ายจึงหมายถึงต้นทุนที่ได้ให้ประโยชน์และธุรกิจได้ใช้ประโยชน์ทั้งสิ้นในขณะนั้นหรืองวดบัญชีนั้นและสาหรับต้นทุนที่ธุรกิจสูญเสียไปแต่จะให้ประโยชน์แก่ธุรกิจอนาคตเรียกว่า“สินทรัพย์” เมื่อค่าใช้จ่าย คือต้นทุนที่ก่อให้เกิดรายได้ โดยปกติแล้วก็จะนาไปเปรียบเทียบกับรายได้ที่เกิดขึ้นในงวดเดียวกันเพื่อคานวณหากาไร หรือขาดทุน นอกจากนี้โดยปกติเราจะพบว่า คาว่า “ค่าใช้จ่าย” มักจะหมายถึง รายจ่ายที่สามารถให้ผลประโยชน์ทางภาษีได้ แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้ว การใช้คาว่า “ต้นทุน” และ “ค่าใช้จ่าย” ก็มักจะมีการใช้ทดแทนกันอยู่เสมอ

2.6.2 กลยุทธ์การจัดการต้นทุน

เปรมจิตต์ พฤกษ์พัฒนรักษ์[20] กล่าวถึง กลยุทธ์ในการลดต้นทุนไว้ว่า กลยุทธ์การลดต้นทุนเพื่อประคองธุรกิจให้อยู่รอดปลอดภัยจนถึงขั้นสามารถทากาไรให้ได้ในอนาคตนั้นแบ่งได้เป็น 2 แนวคิด แนวคิดแรกเป็นแนวคิดที่เห็นผลในระยะสั้นมุ่งเน้นในการลดต้นทุน โดยการลดจานวนพนักงานและเปลี่ยนระบบการทางานใหม่ แนวคิดที่สองเป็นแนวคิดที่หวังผลในระยะยาวมุ่งเน้นการลดต้นทุนเพื่อการแข่งขันในระยะยาวและจะกระทาอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา กลยุทธ์การลดต้นทุน

---

[19]จาก *การบัญชีเพื่อการจัดการและการบริหารต้นทุน*. (น. 30-41). โดย สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์, 2546, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พิมพลักษณ์.

[20].เปรมจิตต์ พฤกษ์พัฒนรักษ์. (2545). “กลยุทธ์การลดต้นทุนในภาวะวิกฤตเศรษฐกิจ” (มกราคม-มิถุนายน 2545) *วารสารวิทยา การจัดการ*, 39-42.

2.7 แนวความคิดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุน

การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจจะเน้นถึงผลตอบแทนที่มีต่อเศรษฐกิจโดยรวม ทั้งนี้เพื่อบรรลุถึงประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ผลการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของผลตอบแทนที่ได้ จะสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป หลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบค่าของโครงการเหล่านี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนแบบไม่ต้องปรับค่าของเวลา เป็นเกณฑ์การตัดสินใจแบบเก่า ถ้าโครงการลงทุนไม่มาก และระยะเวลาของโครงการสั้น เช่น 1 ปี หรือต้องการตรวจสอบอย่างคร่าวๆ ก็สามารถใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบนี้ได้ ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้จะไม่ใช่เกณฑ์การตัดสินใจแบบไม่ปรับเวลา แต่จะเลือกใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา

2) เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา โดยทั่วไปโครงการส่วนใหญ่ที่มีอายุมากกว่า 1 ปี ผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการจะเกิดขึ้นในระยะเวลาต่างๆ กัน ตลอดอายุของโครงการจึงยากที่จะนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรง จะต้องมีการปรับค่าของเวลาการได้มาซึ่งผลประโยชน์และต้นทุนที่จะต้องเสียไปให้เป็นมูลค่าในอนาคตโดยการคิดแบบทบต้น (Compounding) โดยใช้อายุของโครงการเป็นเวลาในอนาคตนั้น หรือการปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value) โดยการคำนวณหักส่วนลด (Discounting) จึงจะสามารถทำการวินิจฉัยได้ว่าโครงการนั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่

เกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนแบบปรับค่าของเวลาในการวิเคราะห์โดยทั่วๆ ไปที่ใช้กันแพร่หลายมี 3 ประการ คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ซึ่งแต่ละประการมีการคำนวณหลักเกณฑ์การตัดสินใจ ดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คือจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้ว ซึ่งอาจมีค่าเป็นลบ เป็นบวกหรือเป็นศูนย์ก็ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (Present Value Benefit : PVB) หักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present Value Cost : PVC) ของโครงการนั้น สมการที่ 2.4

$$NPV = PVB - PVC$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \qquad (2.4)$$

หลักการตัดสินใจ (Decision Rule) ที่จะยอมรับโครงการ ว่ามีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและการเงินหรือไม่นั้นให้ดูที่ NPV คือเมื่อ NPV มีค่ามากกว่าศูนย์แสดงว่าจำนวนผลประโยชน์สุทธิมีค่าเป็นบวก จึงจะถือว่าโครงการนั้นคุ้มค่าเหมาะสมที่จะลงทุนได้

2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit – Cost Ratio : BCR) คือมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ตลอดอายุของโครงการ หารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมตลอดอายุของโครงการนั้น สมการที่ 2.5

$$BCR = PVB / PVC$$

$$BCR = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t /(1+i)^t}{C_t /(1+i)^t} \qquad (2.5)$$

หลักเกณฑ์การตัดสินใจที่จะยอมรับโครงการคือ BCR มีค่ามากกว่าหนึ่ง จึงจะถือว่าโครงการนั้นคุ้มค่า แต่ข้อเสียสำหรับเกณฑ์การตัดสินใจชนิดนี้ก็คือ โครงการใหญ่ๆ มีผลตอบแทนสูงและในขณะเดียวกันก็มีค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย ดังนั้นแม้ BCR จะมากกว่าหนึ่ง แต่อาจจะเกินไม่มาก ทั้งๆ ที่โครงการนี้อาจทำให้มีรายได้ทั้งหมดมากกว่าโครงการอื่นที่เล็กกว่า แต่มีค่า BCR สูงกว่าก็เป็นได้ ในกรณีเช่นนี้มีผลทำให้การตัดสินใจเลือกโครงการเกิดความผิดพลาดได้ ควรมีการใช้เกณฑ์การตัดสินใจชนิดอื่นประกอบด้วย

3) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate Of Return : IRR) คือผลตอบแทนของเงินลงทุนตลอดอายุโครงการเป็นร้อยละ หรืออัตราดอกเบี้ยในกระบวนการคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่าศูนย์ เกณฑ์การตัดสินใจนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับการหาค่า NPV แตกต่างกันตรงที่เปลี่ยนจาก i ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยมาเป็น r หรืออัตราคิดลดเท่านั้น

สำหรับผลตอบแทนภายในของโครงการจะทำการศึกษา ดังนี้

1) Financial Internal Rate Of Return (FIRR) ใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงินเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทุน หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมซึ่งถ้า FIRR มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยของเงินกู้ยืม ถือได้ว่าโครงการนั้นคุ้มค่าต่อการลงทุนทางด้านการเงิน

2) Economic Internal Rate Of Return (EIRR) ใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทรัพยากรที่นำมาใช้ในโครงการหรืออัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงของสังคม ซึ่งถ้าค่า EIRR มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงของสังคม ถือได้ว่าโครงการมีความเหมาะสมคุ้มค่าน่าลงทุน

สูตรของการคำนวณค่า IRR จะเขียนได้ จากสมการที่ 2.6

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0 \qquad (2.6)$$

หลักเกณฑ์การตัดสินใจที่จะยอมรับโครงการมีความคุ้มค่าน่าลงทุนทางด้านเศรษฐกิจและการเงิน คือ r มีค่ามากกว่าค่าเสียโอกาสของทุนหรืออัตราดอกเบี้ยเฉพาะ และค่า r ในที่นี้ก็คือค่า IRR นั้นเอง

กำหนดให้

n = อายุของโครงการ (ปี)

t = ระยะเวลาของโครงการ (ปี) เมื่อ t = 1,2,……,n

B = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

r = อัตราคิดลด

i = อัตราดอกเบี้ย

PVB = ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์

PVC = ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

2.7.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ คือการพิจารณาว่าข้อมูลหรือปัจจัยสำคัญๆ บางตัวในโครงการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยน โดยใช้วิธี Cost – Benefit Analysis ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยการวัดความคุ้มค่าของโครงการโดยการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์ (Benefit) และ / หรือผลตอบแทน (Return) กับต้นทุน (Cost) ของโครงการเป็นหลักเกณฑ์ตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ซึ่งประกอบด้วย NPV BCR และ IRR นั้นตัวแปรที่ใช้ในการวัดมูลค่าผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการได้มาโดยกำหนดล่วงหน้าว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต และกำหนดให้ตัวแปรเหล่านั้นมีค่าที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงการคาดการณ์เกี่ยวกับอนาคตนั้นจะต้องพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น และจะทำให้การวิเคราะห์มีโอกาสผิดพลาดได้ถ้าหากโครงการต้องเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่กำหนดขึ้นล่วงหน้า ดังนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อดูว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้าหากเหตุการณ์ต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ได้เปลี่ยนแปลงไป มีปัจจัยหลายชนิดที่จะทำให้โครงการมีความเสี่ยงเกิดขึ้น ปัจจัยที่ควรให้ความสนใจได้แก่

1) ผลผลิตของโครงการ ซึ่งเป็นที่มาของผลประโยชน์ของโครงการ อาจจะมีการคาดการณ์ของผลผลิตในปริมาณที่สูง ในกรณีเช่นนี้จะต้องมีการพิจารณาว่า หากผลผลิตเปลี่ยนแปลงไปจากที่คาดการณ์ไว้ จะมีผลต่อมูลค่าผลผลิตที่ได้จากโครงการอย่างไรบ้าง

2) ต้นทุนของโครงการ อาจมีการเปลี่ยนแปลงต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ

3) ราคาเนื่องจากราคาที่นำมาใช้ประเมินต้นทุนของโครงการจะใช้ราคาปัจจุบันคงที่ อาจจะทำให้ผลประเมินผิดพลาดได้ ซึ่งในความเป็นจริงราคาของปัจจัยการผลิตที่ใช้ประเมินย่อมจะไม่คงที่ตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ

4) ความล่าช้าในการดำเนินโครงการ ทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงการได้ เช่น โครงการที่ก่อสร้างไม่เสร็จทันกำหนดตามระยะเวลา ต้องถูกปรับเป็นจำนวนเงินตามระยะเวลาที่ล่าช้า

2.7.2 การวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคของโครงการ

การวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรคของโครงการจะใช้ SWOTs analysis เป็นตัวที่ใช้ในการวิเคราะห์ กล่าวคือ เป็นการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในเพื่อระบุจุดแข็ง (Strengths) และจุดอ่อน (Weaknesses) และอุปสรรค (Threats) โดยจะทำการวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกว่าปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อผลการดำเนินโครงการเพื่อนำไปใช้เป็นผลสรุปว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่เป็นจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค เพื่อจะได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและจัดทำแผนการดำเนินโครงการต่อไป

1) โอกาส (Opportunities) คือปัจจัยต่างๆ จากสภาพแวดล้อมภายนอกที่อาจช่วยให้โครงการสามารถบรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการได้

2) อุปสรรค (Threats)คือปัจจัยต่างๆ จากสภาพแวดล้อมภายนอกที่อาจเป็นข้อจำกัดหรือขัดขวางมิให้โครงการสามารถบรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการได้

3) จุดแข็ง (Strengths) คือคุณลักษณะหรือปัจจัยภายในที่ทำให้โครงการสามารถดำเนินการได้บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการ

4) จุดอ่อน (Weaknesses)คือ คุณลักษณะหรือปัจจัยภายในที่อาจเป็นข้อจำกัดหรือขัดขวางมิให้โครงการสามารถบรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการได้[21]

---

[21] *การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน.* หน้า 18-23. เอกประพันธ์ อักษรพันธ์. (2543). กรุงเทพฯ : เกษตรศาสตร์.

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุไรวรรณ พูลสิน (2545)[22] ศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารนอกข่ายอาคารควบคุม สองแห่ง คืออาคารประเภทสำนักงานและอาคารประเภทสถานศึกษา วัตถุประสงค์เพื่อหามาตรการในการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารทั้งสองแห่ง

จากการศึกษาและประเมินผล พบว่าจากการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคารนั้น มาตราการในการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมได้แก่ การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด การปรับปรุงค่าประกอบกำลังไฟฟ้า การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ การใช้อุปกรณ์ในการส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง อาทิ การใช้หลอด คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ โคมสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง การใช้บัลลาสต์ชนิดความสูญเสียต่ำ การปรับปรุงทางด้านกรอบอาคาร เป็นต้น ซึ่งอาคารทั้งสองแห่งมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ 13.90% และ 27.03%

วรวุฒิ โชติญาโน (2548)[23] สัญญาณไฟจราจรพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องสัญญาณไฟจราจรพลังงานแสงอาทิตย์เป็นสัญญาณไฟเตือนการใช้รถบนท้องถนน และแจ้งเตือนเพื่อลดความเร็วของการขับขี่ในเวลากลางคืน วงจรที่ออกแบบขึ้นมาในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและประจุลงในแบตเตอรี่ ส่วนที่สองควบคุมการเปิด-ปิด หลอดอีแอล และชุดหลอด ส่วนที่สามเป็นส่วนเอาท์พุตจะประกอบไปด้วยชุดจอแสดงผลหลอดอีแอลและชุดหลอดแอลอีดี ซึ่งจะกระพริบแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ยานพาหนะทราบ

จากผลการวิจัยพบว่าสัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถแจ้งเตือนผู้ที่ใช้ยวดยานพาหนะบนท้องถนนให้ทราบถภาพถนนและช่วยลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นได้ และสามารถนำไปใช้ในสถานที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึงเป็นการช่วยในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการรับพลังงานแสงอาทิตย์

ศราวุธ เหมือนเผ่าพงษ์ (2549)[24] ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหลอดไฟยอดเสาโทรคมนาคม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบ วงจรจุดหลอด LED โดยใช้ไฟจาก Solar cell มาชาร์จแบตเตอรี่สำหรับใช้กับเสาโทรคมนาคมที่มีความสูงไม่เกิน 45 เมตร และเพื่อ

---

[22] (อุไรวรรณ พูลสิน. อ้างถึงใน นายสุวเดช แก้วช่วย, 2545, น. 12)

[23] *สัญญาณไฟจราจรพลังงานแสงอาทิตย์.* น. 1. วรวุฒิ โชติญาโน. (2545, กรุงเทพฯ : เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[24] *ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหลอดไฟยอดเสาโทรคมนาคม.* หน้า 1. ศราวุธ เหมือนเป่าพงษ์. (2549). กรุงเทพฯ : เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พัฒนาวงจรแบบใหม่ที่มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าวงจรแบบเดิม 50% โดยมีค่าความเข้มแสงตามมาตรฐานของ ICAO

จากผลการทดลองปรากฏว่า วงจรที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ค่าความเข้มแสงสูงถึง 2530 LUX โดยใช้กำลังงานโดยใช้กำลังงาน 4.8 W ซึ่งประหยัดกำลังงานลงจากเดิมได้ถึง 95.2% ที่ค่า Duty 37.50% เป็นค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน เนื่องจากมีค่าความเข้มแสง ไม่น้อยกว่าวงจรแบบเดิมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์

ชะกาแก้ว สุดสีชัง (2550)[25] การทำนายการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาพฤติกรรมของบ้านจำลองโดยโปรแกรม TRNSYS (2) กำหนดรูปแบบการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และทำนายการใช้พลังงานของบ้านที่ติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (3) ศึกษาความคุ้มค่าต่อการลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทำนายระบบพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดปีทำให้ทราบว่าระบบทำน้ำร้อนจากรังสีอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติและแบบไหลเวียนตามแรงดัน สามารถตอบสนองความต้องการใช้น้ำร้อนของผู้อยู่อาศัยได้ โดยระบบทั้งสองทำอุณหภูมิน้ำร้อนตลอดปีได้สูงสุด 59 oC และ 62.0 oC คิดเป็นพลังงานความร้อน 1441.4 kJ/hr และ 1546.1 kJ/hr ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนของทั้งสองระบบคิดเป็น 51.8% และ 55.6% ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แสดงว่าระบบผลิตน้ำร้อนนี้คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยระยะเวลาคืนทุนต่ำกว่า 6.2 ปี และค่า IRR สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากแสดงว่าโครงการน่าลงทุน

บุญเลิศ สงวนวัฒนา (2551)[26] การศึกษาตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างตู้เย็นไฟฟ้ากับตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และเพื่อหาปริมาณการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อันทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาจากการคำนวณพบว่า สามารถใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 120 W 12 V ได้จำนวน 3 แผง ใช้อีก 1 แผงเพื่อใช้สำหรับแบตเตอรี่ สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้เต็มภายใน 30 นาที แล้วทำการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามจุดต่างๆ 4 จุด ด้วยมัลติมิเตอร์ ได้แก่ แผงโซล่าเซลล์วัดได้ 12 โวล์ท(DC) แบตเตอรี่วัดได้ 12 V(DC) เครื่องประจุไฟฟ้าวัดได้ 14 V(DC) และ จุดไฟเอซีที่ได้

---

[25] *การทำนายการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย.* (หน้า 1). ชะกาแก้ว สุดสีชัง. (2550). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[26] บุญเลิศ สงวนวัฒนา (2551). การศึกษาตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์. (กรกฎาคม-ธันวาคม 2551). *วารสารสักทอง, 14 (2),* 59-68.

จากอินเวอร์เตอร์วัดได้ 220 V(AC) จากนั้นทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของตู้เย็นไฟฟ้ากับตู้เย็นใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ด้านการลงทุนตู้เย็นไฟฟ้าลงทุน 3,500 บาท ตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ลงทุน 68,500 บาท ทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ ตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ แต่ตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ 178.85 หน่วยต่อปี และเสียค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้า 894.25 บาทต่อปี การใช้ตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ยังลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งผลการคำนวณพบว่าสามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับโลกได้ 107.31 กิโลกรัม/ปี และช่วยลดภาวะโลกร้อนได้

พิชยดา จิรวรรยวงศ์ (2555)[27] การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย ทั้งนี้เพื่อประหยัดพลังงานและเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้อยู่อาศัย โดยการศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

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 ตามลาดับ ผลสรุปที่ได้คือโครงการไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุก ๆ 5 ปี โดยต้นทุนด้านแบตเตอรี่เป็นร้อยละ 44 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด แต่ถ้าหากต้นทุนและรายได้ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ดังแนวทางที่ได้ทาการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โครงการจะน่าลงทุนในแนวทางที่ 3 คือ มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10% พบว่าทุกทางเลือกของทั้งกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคา และกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นบวก โดยมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย 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 ตามลาดับ

---

[27]จาก *การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย.* (หน้า 1). พิชยดา จิรวรรยวงศ์. (2556). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทน บนรถคุ้มครองของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 เพื่อเป็นการศึกษาวิธีการทำงานของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเบนซิน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบโซล่าเซล์ที่ใช้จ่ายไฟฟ้าให้กับไฟวับวาบและไฟลูกศรของรถกู้ภัยและรถคุ้มครองบนโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 ของบรษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เพื่อทำขึ้นไปใช้ในการกู้ภัยและจัดการจราจร กล่าวคือ ใช้ในการกู้ภัยและคุ้มครองรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุหรือเสียอยู่บนทางด่วนบนโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 (ทางพิเศษศรีรัช) ซึ่งบริหารจัดการโดย บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) หรือ BECL โดยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เทคโนโลยี และการให้ความสำคัญกับประเด็นต่างๆ อาทิเช่น คุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ การลดความเสี่ยงจากการซ่อมบำรุง ความเสถียรของระบบพลังงาน งบประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุน จุดคุ้มทุนของการลงทุน ค่าใช้จ่ายที่จะประหยัดได้จากการตัดสินใจลงทุน เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้กำหนดวิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.1 ขอบเขตที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากน้ำมันเบนซิน ซึ่งจะใช้บนรถยนต์ที่ใช้ในการกู้ภัยและคุ้มครอง สำหรับการกู้ภัยและคุ้มครองบนระบบโครงการทางด่วนขั้นที่ 2 ซึ่งบริหารจัดการโดย บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่เลขที่ 238/7 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพ 10310

ขอบเขตของพื้นที่โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ต้องใช้รถยนต์ในการบริการกู้ภัยและจัดการจราจร

ภาพที่ 3.1 โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2

รถยนต์คุ้มครองที่ติดตั้งไฟวับวาบและไฟสัญญาณลูกศร ซึ่งใช้ในการให้บริการกู้ภัยและจัดการจราจรบนโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีรถยนต์ที่ใช้งานกู้ภัยและจัดการจราจรจำนวน 17 คัน

ภาพที่ 3.2 ภาพรถยนต์ที่ใช้ในการกู้ภัยและการจัดการจราจร

การติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากน้ำมันเบนซิน เพื่อใช้กับไฟวับวาบและไฟสัญญาณลูกศร

ภาพที่ 3.3 ภาพการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภาพที่ 3.3 (ต่อ)

3.2 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นรถยนต์ที่ใช้ในการคุ้มครองงานกู้ภัยและจัดการจราจรของโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 ซึ่งบริหารจัดการโดย บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เพราะเป็นรถยนต์ที่ติดตั้งไฟวับวาบและไฟสัญญาณลูกศรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน ซึ่งมีรถยนต์อยู่จำนวน 17 คัน

3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

การเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยการทำระบบ ของไฟฟ้า จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้แทนการใช้การพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน จะเป็นการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อตรวจสอบระบบการชำรุดเสียหาย การซ่อมบำรุง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ สภาวะและเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้า การจัดเก็บไฟฟ้า สมรรถนะการทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์ และอะไหล่ต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาประกอบการปรับปรุงพัฒนาทำระบบพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทน รวมถึงการทำข้อมูลที่เก็บระบบไปใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อประกอบการศึกษาวิจัยครั้งนี้

3.4 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางการเงินของการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเดิม

โดยจะทำการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านการเงินของการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แทน ซึ่งมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

1. เปรียบเทียบต้นทุนที่ประหยัดได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบพลังงานแสงอาทิตย์

2. เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการลงทุนใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าแทนระบบเดิม

3. เปรียบเทียบจุดคุ้มทุนโครงการ ของการใช้ระบบพลังงานแสงผลิตไฟฟ้าแทนระบบเดิม

3.5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาวิเคราะห์ ประเมิน สาเหตุของปัญหา

ศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ศึกษาเปรียบเทียบตามความเหมาะสมทางการเงิน

ดำเนินการวิเคราะห์และประเมินค่า

ดำเนินการสรุปและจัดทำข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาการใช้ระบบโซล่าเซลล์จากพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนจากใช้พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากน้ำมันเบนซิน โดยมีการศึกษาดังนี้

4.1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 4.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	กิจกรรม	ปี 2553										ปี 2554		
		มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค
PLAN	คัดเลือกปัญหา	→												
	วางแผนงาน		→											
	รวบรวมข้อมูลก่อนการแก้ไข			→	→									
	วิเคราะห์ข้อมูลก่อนการแก้ไข				→	→								
	คัดเลือกสาเหตุหาวิธีแก้ไข กำหนดเป้าหมาย					→	→	→	→					
DO	ดำเนินการแก้ไข + รวบรวมข้อมูล							→	→	→				
CHECK	ทดสอบผลการแก้ไข								→	→				
	วิเคราะห์ข้อมูลหลังการแก้ไข									→	→			
ACT	จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน										→	→		
	นำเสนอข้อมูลขออนุมัติ										→	→		
	ดำเนินการปฏิบัติ										→	→	→	→

จากกรณีศึกษาการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องมือไฟฟ้ามาใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้นได้มีการวางแผนการดำเนินงานตามหลักการของ Plan do Check Action ปรากฏรายละเอียดตามตารางที่ 4.1

4.2 การตัดสินใจคัดเลือกปัญหา

ในการตัดสินใจคัดเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขปัญหาของระบบไฟฟ้าที่เกิดกับเครื่องมือไฟฟ้าที่ใช้นั้น ได้มีการวิเคราะห์และตัดสินใจคัดเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข ปรากฏรายละเอียดตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การตัดสินใจคัดเลือกปัญหา

ปัญหา	ความสำคัญ				เร่งด่วน				ความถี่				คุ้มค่าทางการเงิน				รวม
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. ระบบการจ่ายไฟ ไฟวับวาบและไฟลูกศรชำรุดบ่อย				x				x			x					x	15
2. สูญเสียเวลาในการเช็คไฟท้ายรถ		x					x			x				x			9
3. ค่าบำรุงรักษาไดชาร์จ			x				x				x				x		12

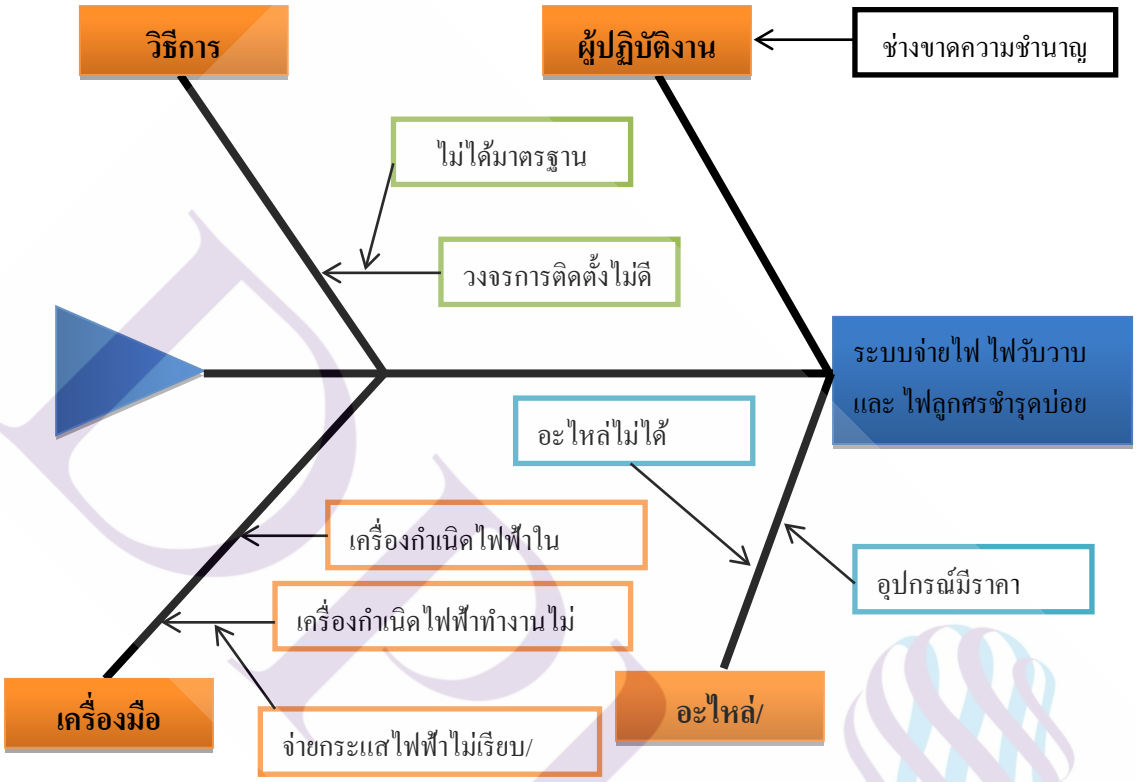
จากการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว พบว่าปัญหา “ระบบการจ่ายไฟ ไฟวับวาบและไฟลูกศรชำรุดบ่อย” เป็นปัญหาที่มีความรุนแรงลำดับที่ 1 ในการศึกษาเรื่อง ปัญหาระบบไฟฟ้าของรถปฏิบัติการคุ้มครองนั้น ได้มีการวิเคราะห์ถึงมูลเหตุจูงใจในการที่จะต้องดำเนินการแก้ไข ปรากฏรายละเอียดตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 มูลเหตุจูงใจ

	ผลกระทบ	ผู้รับประโยชน์
คุณภาพงาน Quality	1. นวัตกรรมใหม่ๆ มาพัฒนาใช้งาน	1. BECL 2. ช่าง 3. ผู้ใช้รถ
ต้นทุนดำเนินการ Cost	1. ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	1. BECL 2. ช่าง 3. ผู้ใช้รถ
ปริมาณงาน Output	1. ทำให้งานซ่อมลดลง	1. BECL 2. ช่าง 3. ผู้ใช้รถ
ระยะเวลา Speed	1. ลดเวลาในการซ่อมรถ	1. BECL 2. ช่าง 3. ผู้ใช้รถ

การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังก้างปลา

จากกรณีศึกษาเรื่องปัญหาระบบไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ได้มีการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาด้วยวิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังก้างปลา โดยปรากฏรายละเอียดของปัญหาตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังก้างปลา

การแก้ปัญหาโดยเทคนิค 5W 1 H

ตามที่ได้มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาระบบไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของรถปฏิบัติการคุ้มครอง เพื่อลดการซ่อมระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรนั้น ได้ทำการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิค 5W 1H โดยปรากฏรายละเอียดตามภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 แสดงการแก้ปัญหาโดยเทคนิค 5W 1 H

การวิเคราะห์หาสาเหตุ ด้วยเทคนิค 5W 1H

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรของรถปฏิบัติการคุ้มครอง ด้วยเทคนิค 5 W 1H ปรากฏรายละเอียดตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

สาเหตุของปัญหา	การวิเคราะห์สาเหตุ					
	อะไร	ที่ไหน	เมื่อไหร่	ทำไม	ใคร	อย่างไร
1. อุปกรณ์	1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1.2 หม้อแปลง	1.1 บนรถ 1.2 บนรถ	1.1 ทุกครั้งที่ใช้งาน 1.2 ทุกครั้งที่ใช้งาน	1.1 ใช้งานทุกวัน 1.2 ใช้งานทุกวัน	1.1 ตัวอุปกรณ์ 1.2 ตัวอุปกรณ์	1.1 เสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ 1.2 เสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ
2. อะไหล่ไม่ได้ประสิทธิภาพ	2.1 วัสดุที่ใช้ทำอะไหล่	2.1 ชิ้นส่วน	2.1 ทุกครั้งที่ใช้งาน	2.1 เพื่อบำรุงรักษา	2.1 ชิ้นส่วนอะไหล่	2.1 ให้พร้อมใช้งาน
3. วงจรไฟลูกศรไม่ได้มาตรฐาน	3.1 การออกแบบวงจร	3.1วงจรไฟลูกศร	3.1 ทุกครั้งที่ใช้งาน	3.1 การใช้งานรถ	3.1 ตัววงจร	3.1 ให้อุปกรณ์ทำงาน

จากการประเมินสาเหตุของปัญหาระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรนั้น ปรากฏรายละเอียดตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางประเมินสาเหตุของปัญหา

สาเหตุ	ความจำเป็น				สอดคล้องกับงาน				ความถี่				ค่าใช้จ่าย				รวม
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. อุปกรณ์ของระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร				x				x				x			x		15
2. อะไหล่ไม่ได้ประสิทธิภาพ			x			x			x					x			8
3. วงจรระบบไฟฟ้าวับวาบและไฟลูกศร		x					x		x					x			8

จากการประเมินสาเหตุของปัญหาพบว่าสาเหตุ “อุปกรณ์ของระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร” มีความรุนแรงลำดับที่ 1

จากการศึกษาปัญหาของระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรของรถปฏิบัติการคุ้มครองนั้น ได้มีการวัดระดับข้อมูลที่เป็นสาเหตุของปัญหา ปรากฏตามรายละเอียดตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางเก็บข้อมูล (ข้อเท็จจริง)

ครั้ง / เดือน	สาเหตุที่ 1 อุปกรณ์ของระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร	สาเหตุที่ 2 อะไหล่ไม่ได้ประสิทธิภาพ	สาเหตุที่ 3 วงจรระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร
เดือนเมษายน	6	2	1
เดือนพฤษภาคม	7	1	0
เดือนมิถุนายน	6	1	0
เฉลี่ย - ก่อนแก้ไข	6.3	1.3	0.3

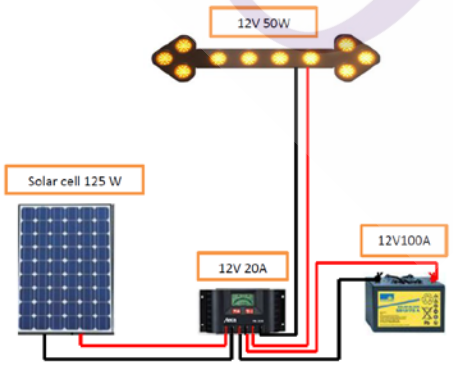
ข้อมูลอันเป็นสาเหตุของปัญหาไฟวับวาบและไฟลูกศรของรถปฏิบัติการคุ้มครอง ได้มีการจัดเก็บข้อมูลและความถี่ของปัญหาต่างๆ ปรากฏรายละเอียดตามตารางที่ 4.7 และสามารถแสดงให้เห็นถึงสาเหตุโดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ปรากฏรายละเอียดตามภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.7 ตารางเก็บข้อมูล (ก่อนการแก้ไข)

ข้อมูล	ความถี่				เฉลี่ย	สะสม	%	% สะสม
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	รวม				
1. สาเหตุที่ 1	6	7	6	19	6.3	6.3	80	80
2. สาเหตุที่ 2	2	1	1	4	1.3	7.6	16	96
3. สาเหตุที่ 3	1	0	0	1	0.3	7.9	4	100
				24				
					รวม		100%	

4.3 หลักการทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการฯ เพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟ

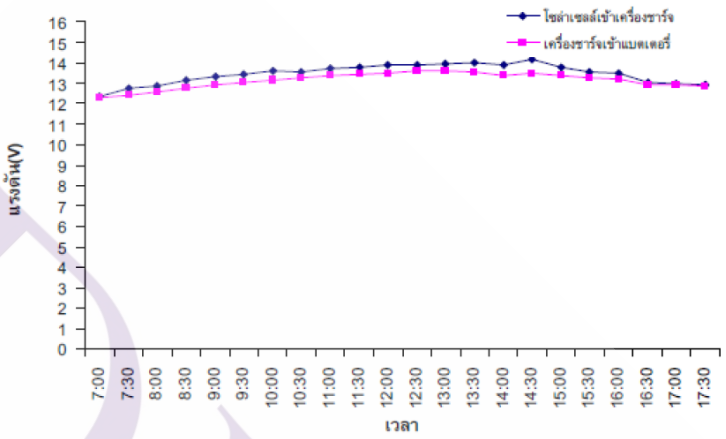
การทำงานของพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการคุ้มครองบนทางด่วนเพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟฟ้าสามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 4.2 ซึ่งโครงสร้างของระบบประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 125 วัตต์ 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ เป็นอุปกรณ์แปลงรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าและกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้โดยผ่านเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์ เพื่อทำการชาร์จประจุให้แก่ แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ประมาณ 100 แอมแปร์ / ชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน สำหรับควบคุมการทำงานของไฟลูกศร, ไฟวับวาบหัวเก๋งและไฟวับวาบท้ายรถที่ออกแบบสร้างโดยใช้หลอด LED ใช้ไฟทั้งขนาดประมาณ 100 วัตต์ โดยการออกแบบของอุปกรณ์แต่ละส่วนสามารถพิจารณาได้ดังนี้



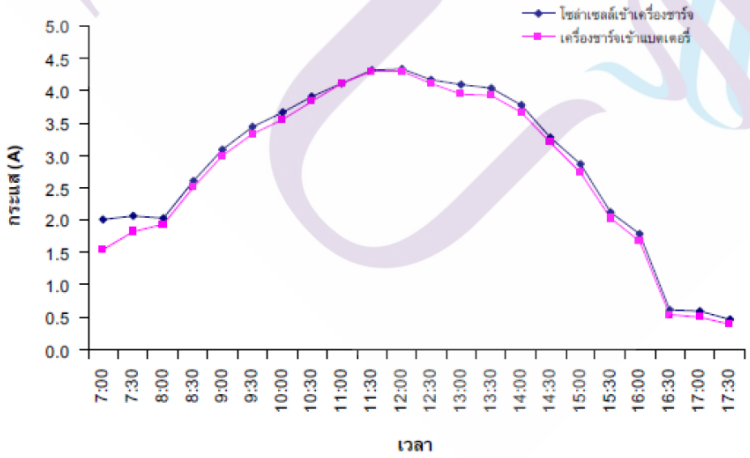
ภาพที่ 4.3 โครงสร้างพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการคุ้มครองบนทางด่วนกรุงเทพเพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟ

กราฟแสดงผลการทดสอบการทำงานของพลังงานแสงอาทิตย์

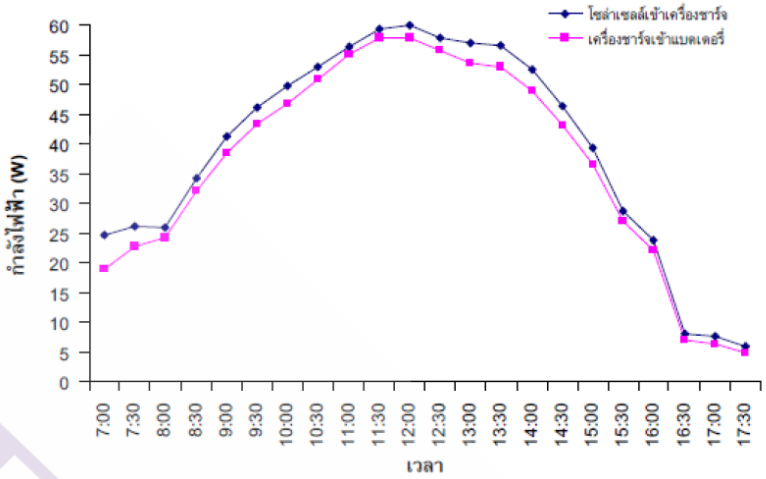
การทดสอบการทำงานของพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการทดสอบที่ออกแบบการสร้างนั้น ประกอบด้วยการทดสอบการทำงานของการชาร์จประจุแก่แบตเตอรี่ช่วงเวลา 7.00 -17.30 น และการทดสอบการทำงานของโคมไฟถนน ผลการทดสอบสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 4.4-4.6



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา

การคำนวณการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับออกแบบจะใช้ หลอด LED จำนวน 45-50 วัตต์กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอด LED โดยพิจารณาได้จากสมการที่ 4.1

$$R = \frac{V_{Battery} - (V_{LED_1} + V_{LED_2} + V_{LED_3})}{45 \times 10^{-3}} \quad (4.1)$$

เมื่อ $V_{Battery}$: แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V)

V_{LED} : แรงดันไฟฟ้าของหลอด LED (V)

$$R = \frac{12\text{V} - (1.2 + 2 + 1.2)}{1.28\ \text{A}}$$

$R = 5.9$ K

ความต้านทานที่ควบคุมการทำงาน LED 1, 2, 3 กระแสไฟฟ้าไฟลูกศรสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 4.2

$$I_{Lamp} = 45 \times 10^{-3} \times \text{วัตต์ของ LED} \quad (4.2)$$

I_{Lamp} = 1.28A

กำลังไฟฟ้าของโคมไฟถนนสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 4.3

$$P_{Lamp} = V_{Battery} \times I_{Lamp} \quad (4.3)$$

$$P_{\text{Lamp}} = 12\text{V} \times 1.28$$

$$= 15.36\ \text{W}$$

ไฟลูกศรออกแบบจะมีการใช้งาน 12 ชั่วโมง/วัน ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 วัน สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 4.4

$$W_{Lamp} = P_{Lamp} \times \text{จำนวนชั่วโมงการใช้งาน} \quad (4.4)$$

$$W_{Lamp} = 15.36 \times 8$$

$$= 122.88\ \text{Watt}$$

การคำนวณขนาดแบตเตอรี่

สำหรับการคำนวณขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้งานร่วมกับโคมไฟถนนนั้น (1,4) สามารถคำนวณจากพลังงานของไฟลูกที่ใช้ใน 1 วัน โดยกำหนดการใช้งานตอนกลางวัน 12 ชั่วโมง/วัน ได้จากสมการที่ 4.5 โดยแบตเตอรี่ที่คำนวณมีขนาด พิกัด 72 Ah เลือกใช้งานแบตเตอรี่ขนาด 100 Ah

$$B = \frac{L \times C_L}{DOD} \quad (4.5)$$

เมื่อ B : Battery Capacity, (kWh) ความจุแบตเตอรี่

C_L : พลังงานไฟฟ้าของโคมไฟถนน (Wh)

DOD : การคายประจุของแบตเตอร์รี่ (%)

L : ภาระทางไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (kWh/day)

(ภาระทางไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน คือ 920 W หรือ 0.92 kW)

$$B = \frac{0.92 \times 1}{0.8}$$

$= 1.15$ kWh (1150 Wh / 12V)

$= 95.83$ Ah

สรุป ขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องการ คือ ไม่ต่ำกว่า 95.83 Ah

การคำนวณขนาดแผงโซล่าเซลล์

สำหรับใช้นั้นเนื่องจากในแต่ละวันความเข้มแสงจะไม่สม่ำเสมอขึ้น อยู่กับสภาพภูมิอากาศของบริเวณที่ติดตั้งใช้งาน ดังนั้น ใน 1 วัน แผงโซล่าเซลล์จะรับแสงได้ประมาณ 8 ชั่วโมง ขนาดพิกัดของแผง โซล่าเซลล์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.6

$$P_{solar-cell} = \frac{W_{Lamp}}{8h} \tag{4.6}$$

โดยขนาดพิกัดของแผงโซล่าเซลล์ที่คำนวณมีขนาด 75 วัตต์ เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 125 วัตต์ 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ และใช้ชุดชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์ เพื่อควบคุมการชาร์จประจุให้แก่แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ – ชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

การคำนวณอัตราการกินไฟของหลอด LED

ไฟวับวาบ จำนวนหลอด LED 6 บอร์ด 2 ชุด โดย 1 ชุดมี 12 หลอด ทั้งหมด 6 บอร์ด รวมจำนวนหลอด LED ทั้งหมด 144 หลอด

ดังนั้น 144 หลอด $\times$ 0.20 mA

$= 0.0288$ A

$= 0.3075$A + 0.0288 mA

$= 0.3363$ A

กระแสรวมทั้งวงจร = จำนวนหลอดที่กินกระแสไฟทั้งหมด $\times$ ไฟที่จ่ายให้กับระบบ (4.7)

$= 0.3363$ A $\times$ 12 VDC

$= 4.035$ Wh

เมื่อใช้งานเปิดไฟลูกศรประมาณ 8 ช.ม. ดังนั้น การคำนวณระบบโซล่าเซลล์ 4.035 Wh / 8 ช.ม. จึงเท่ากับแผงโซล่าเซลล์ใช้ในการผลิตกระแสไฟขนาด 32.28 W (แต่เราใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 120W) จึงทำให้กระแสไฟจากการผลิตจากแผงโซล่าเซลล์ดังกล่าวมีเสถียรภาพในการจ่ายไฟมากกว่า เพราะใช้แผงโซล่าเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการใช้จริง ประมาณ 3.71 เท่า (120W/32.28W) อีกทั้งเพื่อสามารถเพิ่มอุปกรณ์ได้ในอนาคต

การคำนวณแบตเตอรี่

แบตเตอรี่มี Depth of Discharge (DOD) ซึ่งใช้ได้เพียง 25% ของค่าจริง และกระแสรวมทั้งวงจร คือ 4.035 Wh จากสมการที่ 4.8

$$\text{พลังงานที่ได้รับ} = \frac{\text{กระแสรวมทั้งหมด} \times \text{แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้}}{\text{แบตเตอรี่ที่ใช้ได้}} \qquad (4.8)$$

$$= \frac{4.04\ \text{Wh} \times 120\ \text{W}}{25\%}$$

$$\text{พลังงานที่ได้รับ} = 19.39\ \text{Wh}$$

หาค่า Wh เป็นค่า Ah จากสมการที่ 4.9

$$P = V \times I \quad \text{หรือ} \quad I = \frac{P}{V} \qquad (4.9)$$

เมื่อ P : กำลังไฟฟ้า

V : แรงดันไฟฟ้า

I : กระแสไฟฟ้า

$$I = \frac{19.39\ \text{Wh}}{12\ \text{VDC}}$$

$$= 1.61\ \text{Ah}$$

ดังนั้น แบตเตอรี่ที่ใช้ในงานที่คำนวณได้ 1.61 Ah จากการคำนวณอัตราการกินกระแสไฟของไฟลูกศรน้อยมาก แต่เราใช้แบตเตอรี่ที่สามารถผลิตกระแสไฟได้ถึง 120 Ah ซึ่งมากกว่าที่คำนวณไว้ถึง ประมาณ 74.53 เท่า (120 Ah /1.61 Ah) เพื่อเป็นการป้องกันเวลาไม่มีแสงแดดที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในระบบโซล่าเซลล์ อีกทั้งไว้สำหรับใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืนที่มีระยะเวลามากกว่า 8 ช.ม.

4.3 การดำเนินการเปรียบเทียบการออกแบบระบบ

1. ระบบการติดตั้งแต่แบบเดิม
2. ระบบการติดตั้งแบบใหม่
3. การเปรียบระหว่างระบบพลังแสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4. สรุป

เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบต่างๆ

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบต่างๆ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ข้อดี	ข้อเสีย	หมายเหตุ
ระบบโซล่าเซลล์ 120 W 12 VDC	เป็นพลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	ใช้งานได้ต้องมีพลังงานจากแสงอาทิตย์ในการจัดเก็บพลังงาน	
	อุปกรณ์ที่ใช้งานเป็นระบบ 12VDC สามารถต่อใช้งานได้ลย	กระจกแผงโซล่าเซลล์ต้องดูแลป้องการแตกของแผงโซล่าเซลล์	
	เสถียรภาพในการจ่ายไฟฟ้าคงที่ตลอดการใช้งานของระบบ		
	การบำรุงรักษาทำความสะอาดแผงโซล่าเซลล์มีอายุการใช้งาน 25 ปี		เกิดสกปรกที่แผงกระจบต้องทำความสะอาด
	สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้		แผงโซล่าเซลล์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ข้อดี	ข้อเสีย	หมายเหตุ
ระบบน้ำมันเบนซิน 2.2 KW 220 VAC	ไม่ต้องรอพลังงานแสงอาทิตย์ในการทำงานใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลักในการทำงาน	มีค่าบำรุงรักษา เช่น เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง	น้ำมัน E10 มีอัตราการสิ้นเปลืองอัตราการเติม 25 ลิตร การใช้งานได้ 7 ช.ม. การปฏิบัติได้ประมาณ 4-5 ช.ม. และเมื่อเติมน้ำมัน E10 มีอาการสั่นที่รอบเดินเบาทำให้ต้องมีการปรับทุกครั้งในการใช้งาน
		ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ได้โดยตรงต้องสร้างอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น ระบบ 12 VDC	
		ค่าบำรุงรักษาสูงและเรื่องความสิ้นเปลืองอัตราน้ำมันไม่สามารถควบคุมราคาค่าเชื้อเพลิงได้ในอนาคต	
		ไม่สามารถรักษาระดับ (ความถี่50Hz)ได้คงที่	
ระบบน้ำมันดีเซล 3.0 KW 220 VAC	ไม่ต้องรอพลังงานแสงอาทิตย์ในการทำงานใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลักในการทำงาน	มีค่าบำรุงรักษา เช่น เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง	เครื่องยนต์ 3KW มีขนาดใหญ่ ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันมากกว่าระบบน้ำมันเบนซิน
		ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ได้โดยตรงต้องสร้างอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น ระบบ 12 VDC	
		ค่าบำรุงรักษาสูงและเรื่องความสิ้นเปลืองอัตราน้ำมันไม่สามารถควบคุมราคาค่าเชื้อเพลิงได้ในอนาคต	
		ไม่สามารถรักษาระดับ (ความถี่50Hz)ได้คงที่	

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ข้อดี	ข้อเสีย	หมายเหตุ
ต่อตรงจากแบตเตอรี่ 120 Ah 12 VDC		อุปกรณ์ได้รับความเสียหายในการชาร์จ	ไม่เป็นที่นิยม เพราะศักยภาพในการทำงานได้ไม่เต็มที่ และยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานรถปฏิบัติการคุ้มครองที่ต้องพร้อมใช้งานตลอดเวลา 24 ช.ม. ในการใช้บริการบนทางด่วน
		ไม่สามารถรักษาระดับ (ความถี่50Hz)ได้คงที่ในการจ่ายไฟ	
		ใช้ไฟได้ไม่เกิน 8 ช.ม.	
		แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่สั้นของระบุการใช้จริง	
ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์		การเคลื่อนย้ายลำบากในการทำงาน	ปัจจุบันเป็นระบบไดนาโมเพลาลอยออกแบบติดตั้งในตัวมอเตอร์ซึ่งไม่เกิดเสียงดังเกิน 53 dB
		สายพานเพลาทดไม่นิยมในเครื่องยนต์ขนาดเล็กในการใช้งาน เพราะเสียงดัง	

จากตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียเครื่องกำเนิดไฟในระบบต่างๆ นั้น ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบโซล่าเซลล์เป็นพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้บนรถปฏิบัติการคุ้มครอง โดยแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้บนรถปฏิบัติการคุ้มครองนั้น มีขนาด 120 W Monocrystal line Solar Panel (มาตราฐานยุโรป IEC) และนอกเหนือจากตารางข้างต้นนั้น ระบบโซล่าเซลล์ที่เกิดจากการประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ มีสารกึ่งตัวนำ เพื่อเป็นตัวดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนมาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง พลังงานไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จึงเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและไม่มีมลพิษใดๆ นอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานได้นานถึง 25 ปี นอกจากนั้นเครื่องควบคุมการชาร์จไฟแบตเตอรี่สำหรับ ระบบโซล่าเซลล์ขนาด 12V/24V 20A เป็นระบบสามารถเลือกแรงดันไฟอัตโนมัติ 12V/24V ระบบวงจรควบคุมด้วย MCU (Micro Controller Unit) มีไฟแสดงสถานะการชาร์จ,บอกระดับพลังงาน-เต็ม-ปานกลาง-ต่ำ ตัดการทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อแบตเตอรี่เต็ม/แบตแรงดันต่ำกว่าที่กำหนดทีอาจเกิดจาก การโหลดใช้งาน และรุ่นนี้ตัวเครื่องยังสามารถตั้งเวลาเปิดปิดการโหลดไฟ (DC) ซึ่งสามารถสรุปหลักการและเหตุผลการออกแบบทางเลือกในการใช้พลังงานทดแทนระบบโซล่าเซลล์มาใช้แทนระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ดังนี้

1. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เนื่องการแผงโซล่าเซลล์ในการผลิตไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ผลิตพลังงานที่ 120 W 7- 10 A 12-17 VDC ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์พบกับการใช้ของการรับโหลด 3- 4 A ซึ่งพอเพียงกับกับการใช้งาน

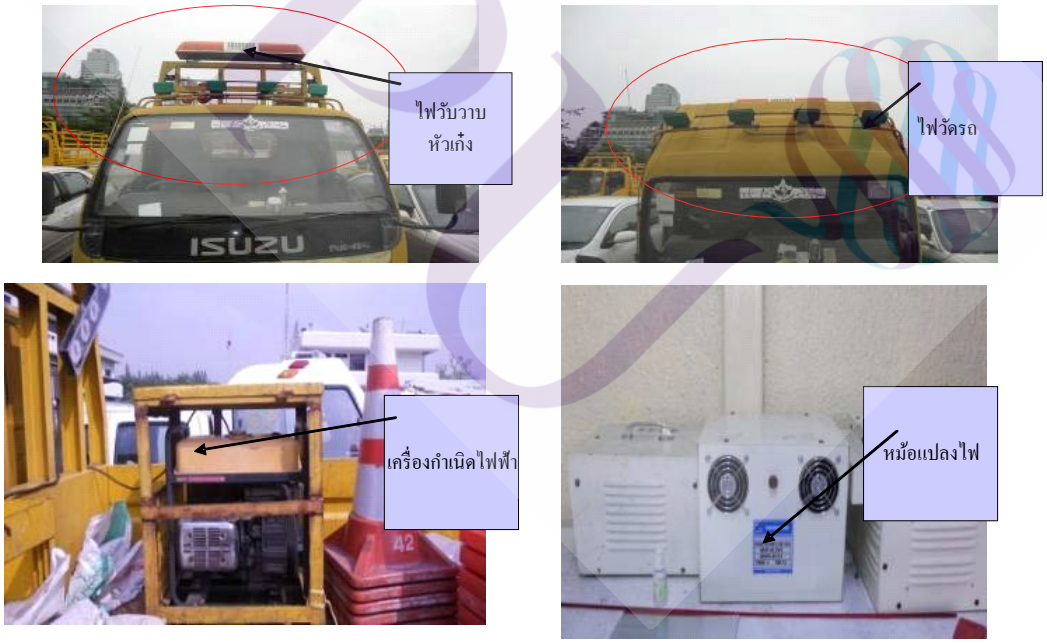
2. คอนโทรลชาร์จ (Charging Control) สำหรับควบคุมระบบการชาร์จของแผ่นโซล่าเซลล์แบตเตอรี่ใช้กับระบบ 12V/24V ขนาด 20Aซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์พบกับการใช้ของการรับโหลด 3- 4 A ซึ่งรับโหลดได้ไม่มีปัญหาของระบบการทำงาน

3. แบตเตอรี่(Battery) ชนิดเติมน้ำกลั่น 120 Ah รับการรับโหลดมากกว่า 3- 4A ใช้งานได้ประมาณ6- 7 ชั่วโมง

4. ปัจจุบันระบบไฟลูกศรใช้ไฟ 12 VDCกินกระแสไฟที่ 3-4 A

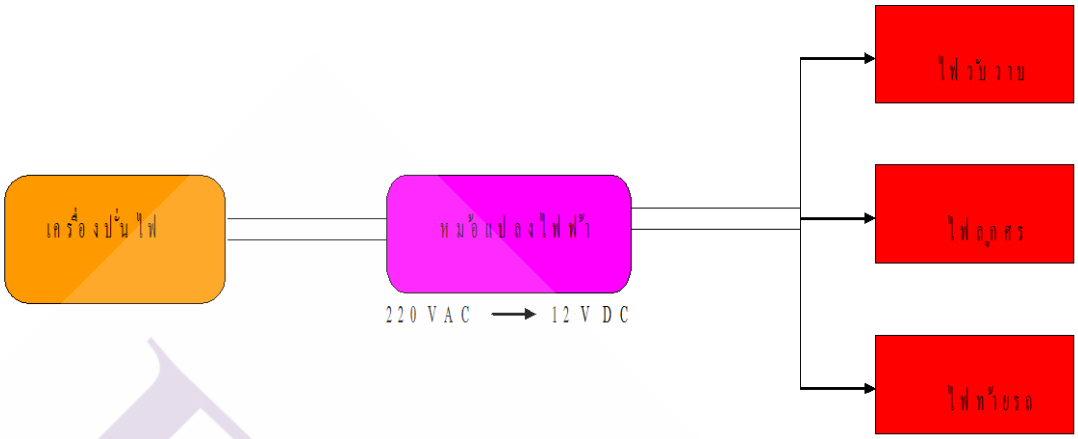
1. ระบบการติดตั้งแบบเดิม

ก่อนติดตั้งแผงโซล่าเซลล์



ภาพที่ 4.7 ภาพรถยนต์ก่อนติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

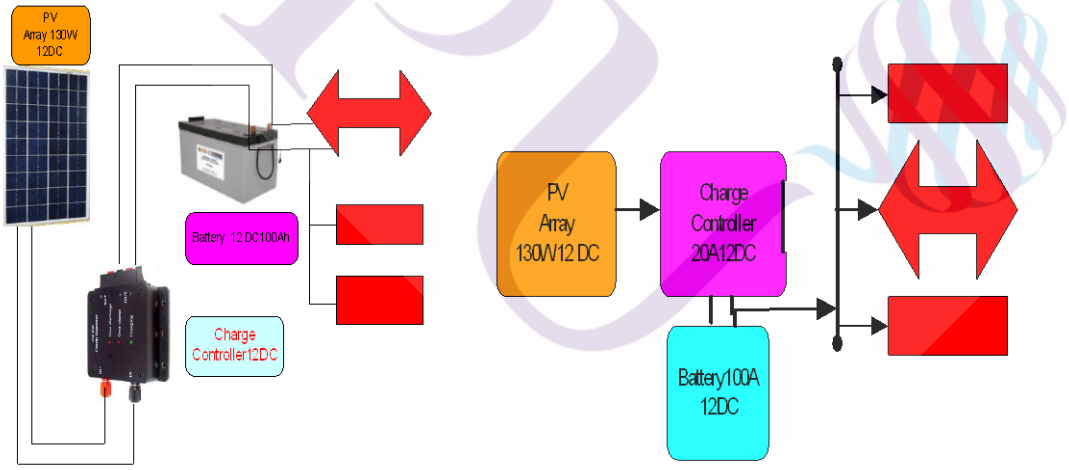
ระบบหลักการของอุปกรณ์เดิม



ภาพที่ 4.8 ภาพระบบหลักการของอุปกรณ์เดิม

2. ระบบการติดตั้งแบบใหม่

ระบบหลักการออกแบบอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.9 ภาพระบบหลักการออกแบบอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์

การทดลองติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์ (Pilot Project)

ภาพที่ 4.10 ภาพรถยนต์ที่ทดลองติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์ (Pilot Project)

ทดลองติดตั้งระบบใหม่

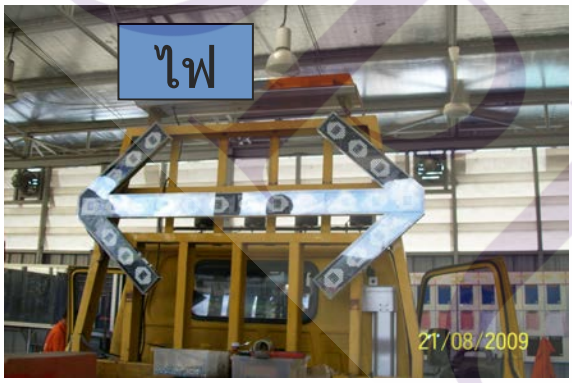
1. ระบบที่ออกแบบไว้มีความสมบูรณ์
2. ระบบการจ่ายกระไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์การทำงานปกติ

ภายหลังจากการติดตั้งระบบที่ออกแบบใหม่ได้มีการเก็บข้อมูลที่แสดงถึงสาเหตุของปัญหาอีกครั้ง ปรากฏตามรายละเอียดตามตารางที่ 4.8

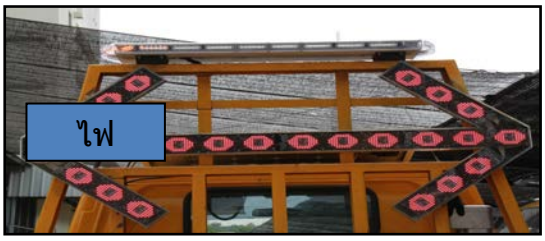
ตารางที่ 4.9 ตารางเก็บข้อมูลภายหลังการทดลอง Pilot Project

ครั้ง / เดือน	สาเหตุที่ 1 อุปกรณ์ของระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร		สาเหตุที่ 2 อะไหล่ไม่ได้ประสิทธิภาพ		สาเหตุที่ 3 วงจรระบบไฟวับวาบและไฟลูกศร	
	ก่อนแก้	หลังแก้	ก่อนแก้	หลังแก้	ก่อนแก้	หลังแก้
เดือนกรกฎาคม	6	0	2	0	1	0
เดือนสิงหาคม	7	0	1	0	0	0
เดือนกันยายน	6	0	1	0	0	0
เฉลี่ย	6.3	0	1.3	0	0.3	0

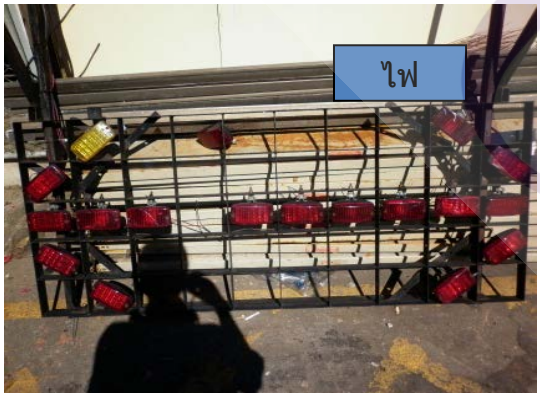
รูปไฟแบบเดิม



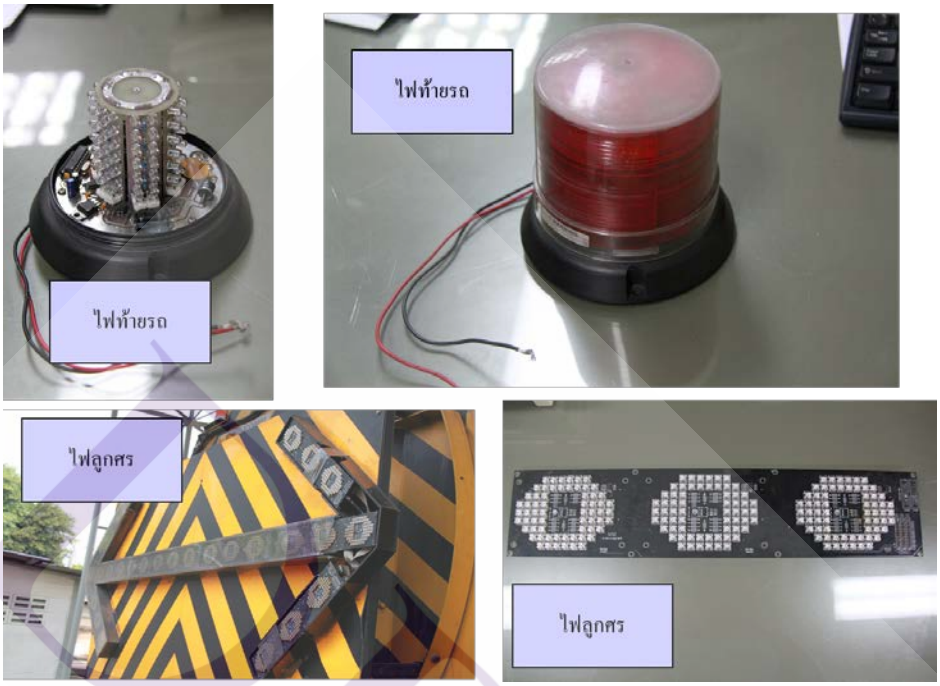
รูปไฟแบบใหม่



ระบบไฟแบบเดิม



ระบบไฟแบบใหม่ที่ออกแบบเอง



ระบบไฟแบบใหม่สำเร็จรูป

ภาพที่ 4.11 ภาพระบบไฟบนรถยนต์คุ้มครอง

การทดสอบ

การเปรียบเทียบระหวางระบบไฟลูกศรที่ผลิตขึ้นเองกับไฟลูกศรที่ซื้อสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.10 ตารางเปรียบเทียบระหว่างระบบไฟลูกศรของบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) และระบบไฟลูกศรของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

หน่วยงาน	ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า	หลอดที่ใช้งาน	ราคา
บมจ.ทางด่วน กรุงเทพ	15.36W/12DC =1.128A	หลอด LED ทั้งหมด 1,536 หลอด	ออกแบบและผลิตในประเทศไทย Arrow Bars and Controller **22,400 บาท**
การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	23W/12 =368W/12DC = 30.6A	หลอด Halogen ทั้งหมด 16 หลอด	Arrow Bars and Controller ยี่ห้อ WHELEN USA ราคา **150,000 บาท**

ซึ่งสามารถสรุปจากตารางเปรียบเทียบความแตกต่าง รวมถึงข้อดีและข้อเสียระหว่างไฟลูกศรที่ซื้อสำเร็จรูป กับไฟลูกศรที่บริษัทฯ ผลิตขึ้นเอง ได้ดังต่อไปนี้

ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครอง ของ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่เป็นแบบสำเร็จรูป

ภาพที่ 4.12 ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครอง ของ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

Arrow bars and Controller สำเร็จรูป ยี่ห้อ Whelen USA ราคา 150,000 บาท

คำนวณค่ากระแสทั้งหมด

ใช้หลอด Halogen ขนาด 12VDC 23 W

ใช้จำนวนทั้งหมด 16 หลอด ดังนั้นกินกระแสไฟ เท่ากับ 368 w

กำลังไฟฟ้า Electrical Power

Power = Voltage × Current

P = กำลังไฟฟ้า

V = แรงดันไฟฟ้า

I = กระแสไฟฟ้า

จากสูตร

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{368W}{12\ DC}$$

$$= 30.6\ A$$

ดังนั้น สามารถสรุปว่า ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครองของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย โดยซื้อสำเร็จรูปของ ยี่ห้อ Whelen USA ในราคา 150,000 บาท มีอัตราการกินกระแสไฟทั้งหมด 30.6 A

ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครอง ของ บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ผลิตขึ้นเอง

ภาพที่ 4.13 ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครอง ของ บริษัททางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

Arrow bars and Controller ผลิตเอง ในราคา 22,400 บาท

ในการผลิต Arrow bars and Controller เองนั้น สามารถแยกรายการการผลิตได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

- ส่วนของ Hardware รวมถึง ตัว **Controller** 13,400 บาท
- ส่วนของโครงพลาสติก 9,000 บาท

คำนวณค่ากระแสทั้งหมด

ใช้หลอด LED ขนาด 2 มม./ตัว (1หลอดกินกระแส Reverse Current 0.01 W)

ใช้จำนวนทั้งหมด 24 จุด ต่อ 1 ชุดลูกศร (1 จุดใช้หลอด LED ทั้งหมด 64 หลอด) ดังนั้น 1 ชุดลูกศรใช้หลอด LED ทั้งหมด 1,536 หลอด ซึ่งกินกระแสไฟเท่ากับ $1{,}536 \times 0.01\text{W} = 15.36\text{W}$

กำลังไฟฟ้า Electrical Power

Power = Voltage × Current

P = กำลังไฟฟ้า

V = แรงดันไฟฟ้า

I = กระแสไฟฟ้า

จากสูตร

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{15.36\text{W}}{12\text{ DC}}$$

$$= 1.28\text{ A}$$

ดังนั้น สามารถสรุปว่า ไฟลูกศรบนรถยนต์คุ้มครอง ของ บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) โดยผลิตขึ้นเอง ในราคา 22,400 บาท มีอัตราการกินกระแสไฟทั้งหมด 1.28 A

ซึ่งจะเห็นได้ว่าไฟลูกศร และไฟกระพริบ ที่ทางบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ผลิตเอง ได้เลือกใช้หลอด LED เนื่องจากหลอด LED กินกระแสต่ำ ซึ่งเหมาะกับระบบใหม่ ระบบโซล่าเซลล์ ส่วนหลอด Halogen เป็นหลอดไฟที่กินกระแสสูงกว่า ดังจะเห็นได้จากผลการคำนวณข้างต้น อีกทั้งไฟลูกศรที่ซื้อแบบสำเร็จรูปจะมีราคาที่สูง อาจจะเนื่องมาจากเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศ นอกจากนั้นไฟลูกศรที่ผลิตเองนั้นจะมีราคาที่ต่ำกว่าถึงประมาณ 6 เท่า เป็นการประกอบจากอุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศจึงมีราคาที่ต่ำกว่าอย่างชัดเจน

4.5 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการเป็นตัวประเมินว่า โครงการนั้นมีความเหมาะสมในการลงทุนหรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงินนั้นมีความสำคัญมากในการตัดสินใจลงทุนโครงการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นควรเลือกการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ระบบเดิม โดยการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	หมายเหตุ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	40,000	อายุการใช้งาน 5 ปี
หม้อแปลง	5,100	เปลี่ยนปีละ 1 ครั้ง
ค่าเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง และหัวเทียน	1,800 / ปี	เปลี่ยน 2 เดือนต่อครั้ง ครั้งละ 300 บาท
ค่าน้ำมัน 7 ลิตร * 42 * 312	91,728 / ปี	ราคาเบนซิน 91 ประมาณ 42 / ลิตร ใช้วิ่งประมาณ 6 วันต่อสัปดาห์ / คัน
อายุโครงการ	5 ปี	

ตารางที่ 4.12 ระบบใหม่ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์

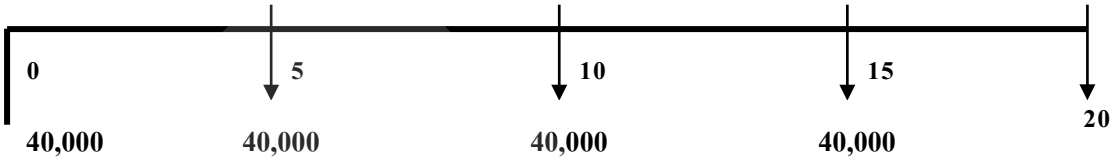
รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	หมายเหตุ
แผงโซล่าเซลล์	15,600	อายุการใช้งาน 20 ปี ราคาปี 54 (ในงบปี 55 ราคาประมาณ 9,000 บาท)
เครื่องคอนโทรล	1,450	อายุการใช้งาน 5 ปี
แบตเตอร์รี่	3,380	อายุการใช้งาน 2 ปี
อายุโครงการ	20 ปี	

4.6 การเปรียบเทียบโครงการที่มีอายุแตกต่างกัน โดยวิธีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน

ในการคำนวณเปรียบเทียบโครงการที่มีอายุแตกต่างกันโดยวิธีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันนั้น จะคำนวณเปรียบเทียบโครงการทำให้อายุโครงการเท่ากันเสียก่อนถึงจะทำการเปรียบเทียบกันได้ โดยนำอายุโครงการมาหาวิธีคูณร่วมน้อย โดยแสดงว่าจะสมมุติค่าลงทุนใหม่กับโครงการเดิม 4

ครั้ง กับโครงการใหม่ 1 ครั้ง โดยถือว่าการลงทุนใหม่คือการซื้อเครื่องใหม่เมื่อหมดอายุ โดยสมมติว่าค่าใช้จ่าย และราคาเครื่องจักรไม่เปลี่ยนแปลงในช่วง 20 ปี และใช้อัตราดอกเบี้ยที่ 7 % โดยอิงจากประมาณการดอกเบี้ยเงินกู้

คำนวณโดยแปลงเป็นเงินช่วงเวลาต่างๆ เป็นมูลค่าปัจจุบัน

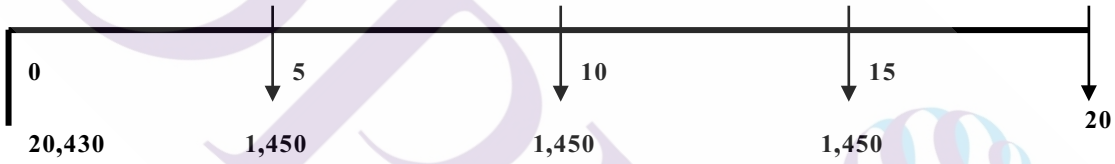


ค่าใช้จ่าย 1 ปี

ค่าหม้อแปลง = 5,100 บาท

ค่าเปลี่ยนน้ำมันเครื่องและหัวเทียน = 1,800 บาท

ค่าน้ำมัน = 91,728 บาท



ค่าใช้จ่ายทุก 2 ปี ค่าแบตเตอรี่ = 3,380 บาท

ค่าใช้จ่ายทุก 5 ปี ค่าเครื่องคอนโทรล = 1,450 บาท

PW_A = -45,100 – 40,000 (P/F,7%,5) – 40,000 (P/F,7%,10) – 40,000 (P/F,7%,15) –
(5,100 + 1,800 + 91,728) (P/A,7%,20)

PW_B = -20,430 – 1,450 (P/F,7%,5) – 1,450 (P/F,7%,10) – 1,450 (P/F,7%,15) -
3,380 (P/F,7%,2) – 3,380 (P/F,7%,4) – 3,380 (P/F,7%,6) – 3,380 (P/F,7%,8) -
3,380 (P/F,7%,10) – 3,380 (P/F,7%,12) – 3,380 (P/F,7%,14) – 3,380 (P/F,7%,16) -
3,380 (P/F,7%,18)

PW_A = -45,100 – 40,000 (0.7130) – 40,00 (0.5083) – 40,000 (0.3624) – (98,628 * 10.594)
= -1,153,313.03

PW_B = -20,430 – 1,450 (0.7130) – 1,450 (0.5083) – 1,450 (0.3624) - 3,380 (0.8734) -
3,380 (0.7629) – 3,380 (0.6663) – 3,380 (0.5820) - 3,380 (0.5083) –
3,380 (0.4440) – 3,380 (0.3878) – 3,380 (0.3387) - 3,380 (0.2959)
= -39,150.80

ตารางที่ 4.13 ค่า NPV ระบบเดิม โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ปีที่	เงินลงทุน	อัตรามูลค่าเงินปัจจุบัน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
1	(45,100.00)	1.00000	(45,100.00)
2	-	0.87340	-
3	-	0.81630	-
4	-	0.76290	-
5	(40,000.00)	0.71300	(28,520.00)
6	-	0.66630	-
7	-	0.62270	-
8	-	0.58200	-
9	-	0.54390	-
10	(40,000.00)	0.50830	(20,332.00)
11	-	0.47510	-
12	-	0.44400	-
13	-	0.41500	-
14	-	0.38780	-
15	(40,000.00)	0.36240	(14,496.00)
16	-	0.33870	-
17	-	0.31660	-
18	-	0.29590	-
19	-	0.27650	-
20	(135,792.00)	10.59400	(1,438,580.45)
		PW(A)	(1,547,028.45)

ตารางที่ 4.14 ค่า NPV ระบบใหม่ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์

ปีที่	เงินลงทุน	อัตรามูลค่าเงินปัจจุบัน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
1	(20,430.00)	1.00000	(20,430.00)
2	(3,380.00)	0.87340	(2,952.09)
3	-	0.81630	-
4	(3,380.00)	0.76290	(2,578.60)
5	(1,450.00)	0.71300	(1,033.85)
6	(3,380.00)	0.66630	(2,252.09)
7	-	0.62270	-
8	(3,380.00)	0.58200	(1,967,16)
9	-	0.54390	-
10	(4,830.00)	0.50830	(2,455.09)
11	-	0.47510	-
12	(3,380.00)	0.44400	(1,500.72)
13	-	0.41500	-
14	(3,380.00)	0.38780	(1,310.76)
15	(1,450.00)	0.36240	(525.48)
16	(3,380.00)	0.33870	(1,144.81)
17	-	0.31660	-
18	(3,380.00)	0.29590	(1,000.14)
19	-	0.27650	-
20	-	0.25840	-
		PW(B)	(39,150.80)

4.7 ระยะเวลาคืนทุน (Simple Pay Back)

คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแส เงินสด รับจากโครงการ สามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่าย ลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการ พอดี เนื่องจาก โครงการที่ขอ รับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุน เพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทน ที่เท่ากันทุกปี การหาค่า PB สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

Static method

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}} \quad (4.10)$$

Dynamic method

งวดเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

ค่า PB ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static method จะให้งวดเวลาคืนทุน เร็วกว่า Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่า แบบสะสม จากมูลค่าปัจจุบัน ของ ต้นทุน พลังงานที่ประหยัดได้ ซึ่งคิดอัตราลดค่า (discount rate) ในการเลือกโครงการ ค่า PB จะแสดงให้เห็นว่า ต้องใช้เวลานาน เพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็ว

ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

ระยะเวลาที่โครงการใช้ในการจ่ายคืนเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการ

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = เงินลงทุนเริ่มต้น / ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี

เงินลงทุนเริ่มต้น = 15,600 + 1,450 + 3,380

= 20,430

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ = 91,728

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = $\frac{20,430}{91,728}$ = 0.223 ปี

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ = 91,728

หัก ภาษีเงินได้นิติบุคล 30% = 27,518.4

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิหลังภาษี 64,209.6

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = $\frac{20,430}{64,209.6}$ = 0.318 ปี

4.8 ผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment)

ร้อยละของประหยัดสุทธิที่ได้รับตลอดอายุการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับเงินลงทุน

ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) = [(ผลประหยัดตลอดอายุการใช้งาน – เงินลงทุน) / เงินลงทุน] × 100

$$= \left[\frac{(64{,}209.6\ (P/A,\ 7\%,\ 20) - 20{,}430)}{20{,}430}\right] \times 100$$

$$= \left[\frac{((64{,}209.6 \times 10.594) - 20{,}430)}{20{,}430}\right] \times 100$$

$$= 680{,}236.5 - 20{,}430$$

$$= \frac{659{,}806.5}{20{,}430} \times 100$$

$$= 3{,}229.60\ \%$$

4.9 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)

คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไปภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) จากสมการที่ 4.11

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \qquad (4.11)$$

ในที่นี้

n = อายุของโครงการ (ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ

i = อัตราลดค่า

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับ อัตราดอกเบี้ยของตลาด ที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุนเป็น มูลค่า เท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่จะได้รับแต่ละปีตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินทุนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปี

ตารางที่ 4.15 เงินค่าใช้จ่ายประหยัดได้ที่ 7%

ปีที่	เงินรายปี (ประหยัดได้หลังภาษี)	PVIF (7%)	มูลค่ากำไรสุทธิ PV
1	64,209.60	0.93460	60,010.29
2	64,209.60	0.87340	56,080.66
3	64,209.60	0.81630	52,414.30
4	64,209.60	0.76290	48,985.50
5	64,209.60	0.71300	45,781.44
6	64,209.60	0.66630	42,782.86
7	64,209.60	0.62270	39,983.32
8	64,209.60	0.58200	37,369.99
9	64,209.60	0.54390	34,923.60
10	64,209.60	0.50830	32,637.74
11	64,209.60	0.47510	30,505.98
12	64,209.60	0.44400	28,509.06
13	64,209.60	0.41500	26,646.98
14	64,209.60	0.38780	24,900.48
15	64,209.60	0.36240	23,269.56
16	64,209.60	0.33870	21,747.79
17	64,209.60	0.31660	20,328.76
18	64,209.60	0.29590	18,999.62
19	64,209.60	0.27650	17,753.95
20	64,209.60	0.25840	16,591.76

โดยประมาณ NVP		NPV	680,223.66
	58,095.00	10.59400	615,458.43

NPV = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ประหยัดได้ – เงินลงทุนเริ่มต้น

= 680,223.66 – 20,430

= 659,793.66

4.10 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal of Return : IRR)

หมายถึง อัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแส เงินสด ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ ประหยัดพลังงาน ตลอดอายุ โครงการ จากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหา อัตราผลตอบแทนลดค่า

จากสูตรภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี จากสมการที่ 4.12

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \qquad (4.12)$$

ในที่นี้

n = อายุของโครงการ(ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่ม โครงการ(total investment)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return)

$$\boldsymbol{IRR} = \frac{(680{,}236.5 - 20{,}430)}{(1+7\%)^{20}}$$

$$= 314\%$$

การคำนวณหาค่า *IRR* ก็คือการหาค่า discount rate ที่ทำให้ *NPV* มีค่าเท่ากับศูนย์นั่นเอง ถ้าค่า *IRR* มากกว่า หรือ เท่ากับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า IRR มีค่า 314% จึงสามารถสรุปได้ว่าค่า

ของทุน discount rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ ก็ถือได้ว่า โครงการ ดังกล่าว เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยทั่วไปแล้ว ทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับโครงการ หรือปฏิเสธโครงการ เป็นไปในทำนองเดียวกัน

IRR = i ที่ทำให้ $NPV = 0$

$IRR >$ i จึงจะคุ้มค่าต่อการลงทุน

ส่วนต่างคือกำไรจากการลงทุน

$IRR = 314$ %

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เสนอการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน เพื่อใช้สำหรับไฟวับวาบ ไฟลูกศร ไฟท้ายรถ ที่ติดตั้งบนรถปฏิบัติการคุ้มครองซึ่งใช้ในการกู้ภัยและจัดการจราจรบนโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 โดยส่วนหนึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงระบบไฟลูกศรและไฟวับวาบท้ายรถจากระบบไฟหลอดมาเป็นระบบไฟหลอด LED

5.1 บทสรุปของการศึกษาวิจัย

อุปสรรคและปัญหา

1. ปัญหาและอุปสรรคในการออกแบบและการนำรถยนต์คุ้มครองมาใช้งาน

เบื้องต้นของการออกแบบ เริ่มจากการนำรถยนต์คุ้มครองที่จะใช้งานจริงมาสำรวจพื้นที่สำหรับติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ที่มีความกว้างยาวของพื้นที่ประมาณ 2 เมตรและยาว1.5 เมตร และรถยนต์คุ้มครองเป็นรถยนต์ขนาดใหญ่ 4 ล้อ จึงสามารถติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคารถยนต์ตรงส่วนของคนขับรถ ซึ่งพื้นที่จะมีขนาดพอสำหรับการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

อีกทั้งปัญหาที่พบจากการทำงานเพื่อเปลี่ยนจากระบบเดิมที่ต้องใช้เครื่องปั่นไฟมาเป็นระบบโซล่าเซลล์นั้น พบจากการออกแบบแผงโซล่าเซลล์ เนื่องจากมีการกำหนดขนาดของแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งจะต้องมีขนาดกว้าง 2 เมตร และยาว 1.5 เมตร เพราะด้วยพื้นที่มีจำกัดตามขนาดของหลังคารถยนต์คุ้มครอง ดังนั้นทำให้มีข้อจำกัดในการออกแบบแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งส่งผลให้ได้แผงโซล่าเซลล์มีขนาดกว้างไม่เกิน 2 เมตร และยาวไม่เกิน 1.5 เมตร แผงโซล่าเซลล์ขนาดดังกล่าวใช้งานได้จริงไม่เกิน 120 W จึงทำให้การออกแบบแผงโซล่าเซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่านั้นไม่ได้ ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดอย่างมาก

ซึ่งอุปสรรคในการทำงานเพื่อเปลี่ยนระบบใหม่ที่พบนับตั้งแต่เริ่มติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนรถยนต์คุ้มครองนั้น เริ่มจากต้องมีการรื้ออุปกรณ์ไฟส่องสว่างระบบเดิมบนหลังคารถยนต์คุ้มครองออกก่อน เนื่องจากอุปกรณ์ไฟส่องสว่างระบบเดิมจะกินกระแสไฟสูง ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้กับระบบโซล่าเซลล์ได้ จึงทำให้ต้องออกแบบใหม่เพื่อให้อุปกรณ์ไฟส่องสว่างระบบใหม่และคำนวณอัตราการกินกระแสไฟของอุปกรณ์ไฟที่มีเหมาะสมจะใช้กับกระแสไฟของระบบโซล่าเซลล์มากที่สุดซึ่งต้องไม่เกิน 120 W ตามข้อจำกัดของขนาดของแผงโซล่าเซลล์ อีกทั้งยังต้อง

ออกแบบโคมไฟใหม่เพื่อให้สามารถนำติดตั้งกับโครงสร้างแผงโซล่าเซลล์ได้อย่างลงตัวที่สุด ซึ่งทำให้เสียเวลาในการทำงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นด้วยข้อจำกัดทางด้านเวลานั้น เหตุดังกล่าวจึงถือว่าเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการทำงาน

2. การทดสอบการใช้งานของระบบโซล่าเซลล์

จากการทดสอบข้อกำหนดต่างๆ ในการงานจริงบนทางพิเศษตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งหมดประมาณ 3 เดือน ซึ่งเป็นการทดสอบจากการทำงานจริงบนทางพิเศษ จึงทำให้พบอุปสรรคจากการทดสอบนั้น โดยการทดสอบมุมแสงสว่างเพื่อแผงโซล่าเซลล์จะได้รับแสงอาทิตย์เพียงพอที่จะนำเข้ามาในระบบแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟเพียงพอหรือไม่ในช่วงชาร์จพลังงานด้วยแสงอาทิตย์ว่าจะสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ ซึ่งในบางจุดที่ทดสอบนั้นมีการจราจรหนาแน่นไม่สามารถทำต่อเนื่องได้ จึงทำให้ต้องมีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการจอดรถยนต์คุ้มครองที่ติดแผงโซล่าเซลล์ไว้กลางแจ้งตลอด เพื่อที่จะสามารถชาร์จพลังงานไว้ตลอดเวลา นอกจากนั้นการออกแบบระบบชาร์จไฟ อุปกรณ์ระบบชาร์จไฟที่ซื้อในท้องตลาดทั่วไปนั้นจะมีความไม่คงทน จึงระบบชาร์จไฟเสียบ่อย จึงได้มีการมีการแก้ไขในวงจรใหม่เพื่อปรับระบบแผงวงจรให้เหมาะกับอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ตามท้องตลาดเพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าบนรถปฏิบัติการคุ้มครองบนทางด่วน ใน 2 ลักษณะด้วยกัน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในด้านการบริหารจัดการโครงการ กล่าวคือ

1. การเปลี่ยนระบบไฟฟ้าจากการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซินมาเป็นระบบไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์ เพื่อใช้สำหรับไฟวับวาบ ไฟลูกศร และไฟท้ายรถปฏิบัติการคุ้มครอง ซึ่งจากการศึกษาวิจัยนั้น พบว่า จากผลการวิเคราะห์ในการคำนวณเปรียบเทียบโครงการที่มีอายุแตกกัน โดยวิธีวิเคราะห์มูลค่าปีปัจจุบัน (NPV) จากผลการคำนวณดังนี้ $PW_{ระบบน้ำมันเบนซิน}$ เป็น -1,153,313.03 บาท และ $PW_{ระบบโซล่าเซลล์}$ เป็น -39,150.80 บาท ซึ่งสรุปผลได้ว่าควรลงทุนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบโซล่าเซลล์ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการลงทุนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบน้ำมันเบนซิน (ระบบเดิม) และจะเห็นได้จากค่า NPV 659,793.66 บาท สรุปได้ว่าการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าจากการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซินมาเป็นระบบไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบโซล่าเซลล์ได้ผลตอบแทนเป็นบวก หรือมีเงินเหลือ 689,793.66 บาท ส่วนอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น 314 % สรุปได้ว่าการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าจากการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซินมาเป็นระบบไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบโซล่าเซลล์คุ้มค่าต่อการลงทุน และส่วนต่างคือกำไรจาการลงทุน 314 % นอกจากนั้นยังได้มีการคำนวณระยะเวลาคืนทุน (PB) เป็น 0.318 ปี ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนจึงเท่ากับ 3 ปี 9 เดือน

ดังนั้นการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ มีความคุ้มค่ามากกว่า ไม่ว่าจะเป็นการทำให้ระบบไฟฟ้าที่จ่ายใช้งานมีความเสถียรมากกว่า จึงสามารถช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงลดให้น้อยลง การใช้ระยะเวลาในการบำรุงรักษาระบบลดน้อยลง เพราะมีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนกับการใช้เครื่องยนต์ในการผลิตไฟฟ้าแบบเดิมทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัดเจน นอกจากนั้นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการไม่ต้องใช้น้ำมันเบนซิน ซึ่งคิดเป็นเงินได้จำนวน 91,728 บาทต่อปี หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิหลังภาษีตามมูลค่าเงินปัจจุบันจากระยะเวลา 20 ปี เป็นเงิน 680,236.50 บาท นอกจากทำให้สามารถลดระยะเวลาในการที่ต้องทำงานซ่อมบำรุงลงแล้วนั้น ยังรวมถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการจัดเตรียมอะไหล่ อะไหล่ที่ต้องใช้ในการซ่อม และเวลาของช่างที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงลดน้อยลงกว่า การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์แบบเดิมมาก ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานได้มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพนักงานที่ต้องใช้รถยนต์กู้ภัย ช่างซ่อมบำรุง เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซล่าเซลล์ สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเครื่องยนต์แบบเดิม เนื่องจากมีการทำงานจ่ายไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ มีการซ่อมบำรุงที่น้อยมาก รวมถึงการใช้เวลาในการตรวจสอบก่อนการใช้งานน้อยลง เพราะเป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อนในการทำงานเหมือนระบบเครื่องยนต์

2. การเปลี่ยนแปลงระบบไฟฟ้าของไฟวับวาบ และไฟลูกศรที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ใช้เป็นระบบไฟฟ้า หลอดไฟที่ใช้ไส้หลอดมาเป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้หลอด LED ทดแทน ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงทางนวัตกรรมของระบบไฟฟ้าที่ใช้เดิม โดยที่เป็นการคิดค้นวิธีการทำแผงไฟลูกศรที่ใช้ระบบหลอด LED ขึ้นมาใช้เอง ซึ่งแผงไฟลูกศรแผงหนึ่งจะใช้ต้นทุนในการผลิตขึ้นเองเพียง 22,400 บาท แต่เป็นระบบไฟฟ้าที่สามารถให้แสงสว่างได้มากกว่าและมีรูปลักษณ์ของลูกศรที่ใหญ่กว่า และไฟลูกศรสำเร็จรูปที่มีขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมีราคาสูงกว่าประมาณ 150,000 – 200,000 บาท

ดังนั้น จึงเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงระบบไฟลูกศรนี้ นับได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง เพราะนอกจากจะเป็นระบบที่กินกระแสไฟฟ้าน้อยแล้ว ยังมีความทนทานไม่เสียง่ายเหมือนกับการใช้ไส้หลอด (Halogen) และมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า คุ้มค่ากับการลงทุนเป็นอย่างมาก ซึ่งนอกจากจะเป็นนวัตกรรมใหม่ที่พนักงานได้สามารถคิดค้นเอง แล้วยังมีราคาถูกกว่าที่มีขายสำเร็จรูป และยังมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้ดีกว่าอีกด้วย ซึ่งเป็นความคุ้มค่าในการบริหารจัดการอีกส่วนหนึ่งด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาต่อโดยการใช้เครื่องแปลงไฟ (Inverter) จากไฟฟ้า 12 V DC เป็น 220 V AC เพื่อใช้กับเครื่องมืออื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการจราจรและงานกู้ภัยบนทางด่วนต่อไป

2. ควรมีการศึกษาการเพิ่มศักยภาพของแบตเตอรี่ที่จะช่วยให้มีการใช้งานได้นานและทนทานต่อการใช้งานกลางแจ้งหรือวิธีการถนอมการใช้งานแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งาน

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อยอดงานวิจัยนี้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการพัฒนาระบบการนำพลังงานจากเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่ต้องใช้งานอยู่แล้วมาช่วย เสริม/เพิ่มประสิทธิภาพผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาไม่สามารถใช้แผงโซลาร์เซลได้

4. การพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเป็นโครงไฟลูกศรจากการใช้วัสดุที่เป็นแผ่นพลาสติกอะคริลิคซึ่งไม่ทนต่อการถูกแสงแดด/ฝน ซึ่งหากแตกจะมีผลต่อแผงวงจรของหลอด LED เป็นวัสดุชนิดอื่นที่มีความทนทานและสามารถกันน้ำได้ เช่น แผ่นสังกะสีเคลือบ เหล็กแผ่นสเตนเลส หรือเหล็กแผ่นเคลือบ เป็นต้น

5. ควรมีการศึกษาพัฒนาอุปกรณ์เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ไม่ว่าจะเป็นหลอด LED ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า แผงวงจรตัวคอนโทรลเลอร์ให้มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่ดียิ่งขึ้น วงจรควบคุมหลอด LED ที่มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

6. การศึกษาเพิ่มเติมต่อยอดงานวิจัย ในการนำระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์นี้ไปใช้เพิ่มเติมกับรถยนต์ชนิดอื่นๆ ที่ต้องใช้ไฟฟ้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากไฟปกติที่มีของรถยนต์ เพื่อช่วยลดการสึกหรอรวมถึงพลังงานของเครื่องยนต์ เพื่อให้เกิดการช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมประเทศลง ซึ่งจะประโยชน์ต่อประชาชนส่วนรวมแล้วยังเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อมลภาวะจากการใช้พลังงานและเป็นการส่งเสริมการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศและของโลกให้ดีขึ้นอีกด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). *เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).* สืบค้น 15 มกราคม 2554, จาก http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm

กองวิจัยและพัฒนา กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. *พลังงานแสงอาทิตย์.* สืบค้น 10 มกราคม 2554 จาก http://www.thaienv.com/content/view/799/47/

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2548). *การคิดเชิงวิเคราะห์.* กรุงเทพมหานคร : ซัคเซส มีเดีย จำกัด.

ศักดิ์อนันต์ อนันตสุข. (2552) *ทฤษฎีการตัดสินใจ.* สืบค้น 2 ตุลาคม 2557, จาก http://krusmart.wordpress.com/2010/07/10/theorydecision/#more-155.

ชะกาแก้ว สุดสีชัง. (2550). *การทำนายการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาย ชีวะเกตุ, และ ชนานัญ บัวเขียว. (2543, กรกฎาคม-กันยายน). การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, *วารสารนโยบายพลังงาน, (49).* สืบค้น 12 มกราคม 2554, จาก http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html

บุญเลิศ สงวนวัฒนา. (2551, กรกฎาคม-ธันวาคม). “การศึกษาตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์.” *วารสารสักทอง, 114 (2),* 59-68.

พลังงานทดแทน คืออะไร?. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2554, จาก http://dekrakban.igetweb.com/index.php?mo=3&art=415938.

พิชยดา จิรวรรยวงศ์. (2556). *การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย* (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พูนเพิ่ม วารีรัตน์. (2552). *การประยุกต์ใช้ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเครื่อง MULTIMETER ในกระบวนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของกองทัพเรือ (*วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. *เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) ใน การจัดทำระบบการจัดการคุณภาพร่วมกับกระบวนการผลิตที่ดีเพื่อความปลอดภัยของอาหารในอุตสาหกรรมอาหาร*. สืบค้น 15 มกราคม 2554, จาก http://www.nubi.nu.ac.th/webie/7qctool.html.

วรนุช แจ้งสว่าง. (2553). *พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy).* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรวุฒิ โชติญาโน. (2545). *สัญญาณไฟจราจรพลังงานแสงอาทิตย์* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศราวุธ เหมือนเป่าพงษ์. (2549). *ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหลอดไฟยอดเสาโทรคมนาคม* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิริวรรณ ฉายศิริ. (2553). *ศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา :* สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สหัสา นิลกำแหง. (2552). *การลดขั้นตอนกระบวนการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องยนต์โดยใช้วิธีการศึกษาการทำงานบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2550). กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: หจก.ภาพพิมพ์.

อุไรวรรณ พูลสิน. (2545). *การอนุรักษ์พลังงานในอาคารนอกข่ายอาคารควบคุมสองแห่ง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกประพันธ์ อักษรพันธ์. (2543). *การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้า* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาต่างประเทศ

D.W. Tayler. (1965). *"Decision Making and Problem Solving,"* in Handbook of Organizations ed. J.G. March. Chicago: Rand McNally,

Edward H. Litchfield, (1956). *"Notes on a General Theory of Administration,"* Administrative Science Quarterly1, 1, June

Mizuno S. (1988). *Management for Quality Improvement Productivity.* Cambridge, MA.

Peter M. Blau and W. Richard Scott, (1962). *Formal Organization : A Comparative Approach.* San Francisco: Chandler.

ภาคผนวก

1. เปรียบเทียบหลักการออกแบบระบบโซล่าเซลล์ 120 W และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KW และระบบการใช้แบตเตอรี่รวมถึงคุณสมบัติลักษณะอุปกรณ์แต่ละชนิดมีดังนี้

1.1 ระบบโซล่าเซลล์ที่ออกแบบใช้งานทดแทนระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.1.1. ระบบโซล่าเซลล์ (Solar cell)120W 12- 17.5 VDC ระบบชาร์ต 20 A(240 W)12-24 VDC แบตเตอรี่ 120 Ah 12VDCแสดงดังภาพที่ 4.3

1) แผงโซล่าเซลล์ แผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 W Monocrystal line Solar Panel (มาตราฐานยุโรป IEC) โซล่าเซลล์ (Solar Cell) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากการประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นตัวดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนมาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง พลังงานไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและไม่มีมลพิษใดๆ นอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานได้นาน 25 ปี

คุณสมบัติลักษณะ (Characteristic features)

- Peak Power: 120w
- Open Circuit Voltage: 21.5V
- Short Circuit Current: 7.65A
- Power Allowance Range: 5%
- Max Power Voltage: 17.5V
- Max Power Current: 6.86A
- Max System Voltage: 700VDC
- Number of Cells: 36
- 25 year life expectancy

ภาพที่ 1 แผงโซล่าเซลล์ แผงโซล่าเซลล์ขนาด120W Monocrystal line Solar Panel (มาตราฐานยุโรป IEC)

2) คอนโทรลชาร์จ(Charging Control)สำหรับควบคุมระบบการชาร์จของแผ่นโซล่าเซลล์แบตเตอรี่ใช้กับระบบ 12V/24V ขนาด 20Aแสดงดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 2 คอนโทรลชาร์จใช้กับระบบ 12V/24V ขนาด 20A

คุณสมบัติลักษณะ (Characteristic features)

Specification:

Model no	SCL-20A
Rated charge current	20A
Rated load current	20A
Work voltage	12/24V Auto
Over load, short circuit protection	1.25 rated load current 60sec, 1.5 rated loads current 5sec, over load protection action. ≥3 Rated load current short circuit protection action.
No load current	≤6mA
Charging circuit voltage drop	≤0.26 V
Load circuit voltage drop	≤0.15 V
Over voltage protection	17V; ×2/24V
Work temperature	Industry stage:-35 C to +55C;
Boost charge voltage	14.6V;×2/24V; (keep 10min)
Direct charge voltage	14.4V; ×2/24V; (keep 10min)
Float charge voltage	13.6V; ×2/24V;
charge return voltage	13.2v;×2/24V;
Temperature compensation	-5mv/?/cell (Boost charge, Direct charge, Float charge, charge return voltage);
Lower voltage indicate	12.0V; ×2/24V;
Over discharge voltage	11.1V(no load)- real-time modified voltage by the discharge rate; ×2/24V;
Over discharge return voltage	12.6V; ×2/24V
Control mode	PWM charge mode; modified discharge voltage by the discharge rate

เครื่องควบคุมการชาร์จไฟแบตเตอรี่สำหรับ ระบบโซล่าเซลล์ขนาด 12V/24V 20A ระบบสามารถเลือกแรงดันไฟอัตโนมัติ 12V/24V ระบบวงจรควบคุมด้วย MCU (microcontroller unit) มีไฟแสดงสถานะการชาร์จ,บอกระดับพลังงาน-เต็ม-ปานกลาง-ต่ำ ตัดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อแบตเตอรี่เต็ม/แบตแรงดันต่ำกว่าที่กำหนดทีอาจเกิดจาก การโหลดใช้งาน และรุ่นนี้ตัวเครื่องยังสามารถตั้งเวลาเปิดปิดการโหลดไฟ(DC)

1.1.2 แบตเตอรี่(Battery) ชนิดเติมน้ำกลั่น 120 Ah แสดงดังภาพที่ 4.5

ภาพที่ 3 แบตเตอรี่(Battery) ชนิดเติมน้ำกลั่น 120 Ah

คุณสมบัติลักษณะ(Characteristic features)

- มาตรฐานJIS
- หมายเลขรุ่น120
- ความจุ120Ah
- ขนาด 502x180x210x255มม
- สำหรับการประยุกต์ใช้ เก็บพลังงาน
- แรงดันไฟฟ้า 12VDC

ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)ยี่ห้อฮอนด้า Honda Generator EP2500CX ที่ใช้งานในปัจจุบันในระบบกำเนิดไฟฟ้าให้กับระบบไฟลูกศร

1.1.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยี่ห้อฮอนด้า Honda Generator EP2500CX แสดงดังภาพที่ 4

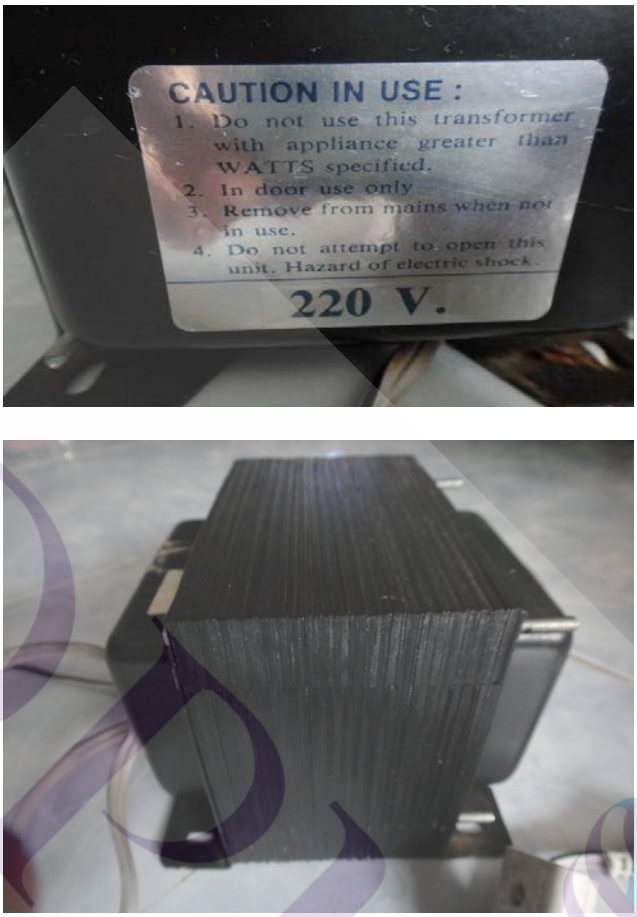
1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน

ภาพที่ 4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยี้ห้อฮอนด้า Honda Generator EP2500CX

คุณสมบัติลักษณะ(Characteristic features)

- AC Frequency:50Hz
- AC Output Voltage:220V
- Rated AC Output:2kVA
- Maximum AC Output:2.2kVA
- Engine Model"GX160K1
- Engine Type:Air-cooled, 4-stroke, OHV single cylinder
- Displacement:163cm
- Ignition System:Transistorised Magneto
- Starting System:Recoil
- Fuel Tank Capacity (litres) 25
- Maximum Power Output:@ 3600 rpm = 5.5ps (4.1kw)
- Continuous Operating Hours:7hr
- Operating Noise Level @ 7m:67dB
- Dimensions (L x W x H):590 x 430 x 435mm

1.1.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) จากไฟฟ้า 220 VAC ขนาด 2 K W แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) จากไฟฟ้า 220 VAC ขนาด 2 K W

คุณสมบัติลักษณะ(Characteristic features)

- หม้อแปลงไฟฟ้า 220 VAC 50Hz
- แรงดันไฟขาเข้า 220VAC
- แรงดันไฟขาออก 12 VAC
- กระแสไฟออกขนาด 2 KW

1.1.5. ระบบแปลงไฟ (switching Adapter Power Supply) แสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ระบบแปลงไฟ (S witching Adapter Power Supply)

คุณสมบัติลักษณะ(Characteristic features)

- แรงดันไฟขาเข้า 220VAC 50Hz
- แรงดันไฟขาออก 12 VAC
- กระแสไฟออกขนาด 30 A

1.2. การใช้งานปัจจุบันใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KWและคุณสมบัติลักษณะอุปกรณ์แต่ละชนิดดังนี้

หลักการและเหตุผลจากคุณสมบัติข้างต้นที่แสดงมาสรุปได้ดังนี้

เนื่องจากปัจจุบันมีการออกแบบการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KWในการผลิตไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์รถปฏิบัติการรถคุ้มครอบบนทางพิเศษในการปฏิบัติงานของการทำงานในรถปฏิบัติการจะมีอุปกรณ์ที่อยู่ท้ายรถปฏิบัติการเป็นประเภทไฟลูกศรเพื่อเตือนผู้ใช้ทางพิเศษในสังเกตในระยะ 100-150 เมตรรับทราบเพื่อความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทางพิเศษในการเปลี่ยนช่องทางจราจร

1. หลักการและเหตุผลการเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KWปัจจุบันใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ 91 และไม่ใช้น้ำมัน E10 (กำหนดต่ำสุดที่ E10ในการใช้งาน)

1.1 อัตรา เรื่องความสิ้นเปลืองอัตราการบริโภคน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KW, มีอัตราการเติม 25 ลิตร ระบุการใช้งาน ได้ 7 ชั่วโมง การปฏิบัติได้ประมาณ 6.5 ชั่วโมง

1.2 อัตรา เรื่องความสิ้นเปลืองอัตราการบริโภคน้ำมัน E 10มีอัตราการเติม 25 ลิตรระบุการใช้งาน ได้ 7 ชั่วโมง การปฏิบัติได้ประมาณ 4-5 ชั่วโมง

1.3 เติมน้ำมัน E 10 มีอาการสั่นที่รอบเดินเบาของเครื่องยนต์ต้องมีการปรับทุกครั้งใช้การใช้งาน

2. หลักการและเหตุผลการเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าระหว่างเครื่องเบนซินและดีเซล

2.1 เนื่องจากปัจจุบันการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KWใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเนื่องจากกับการใช้ของการรับโหลด 3- 4A เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2.2 KWจ่ายโหลดที่ 10A

2.2 เหตุผลที่ไม่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลมีตั้งแต่ เครื่องยนต์ 3KW ขึ้นจึงไม่ได้นำมาใช้งาน รับโหลด 13A ระบบที่ใช้งานกินกระแสไม่มากจะทำเกิดความสิ้นเปลืองอัตราน้ำมัน เพราะเป็นเครื่องที่มีขนาดใหญ่เท่าเครื่องยนต์เบนซิน

3. หลักการและเหตุผลการเลือกใช้ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.1 เนื่องระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าปัจจุบันเป็นระบบไดนาโมเพลาลอยออกแบบติดตั้งในตัวมอเตอร์ซึ่งไม่เกิดเสียงดังเกิน 53 dB

3.2 ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสายพานเพลาทดไม่นิยมในเครื่องยนต์ขนาดเล็กในการใช้งานเนื่องจากเสียงดังและการเคลื่อนย้ายลำบากในการทำงาน

4. หลักการและเหตุผลใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการใช้ชาร์ตแบตเตอรี่

4.1 เนื่องต้องสร้างอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น ระบบ 12VDC เพื่อใช้ชาร์จแบตเตอรี่แต่เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถรักษาระดับ(ความถี่50Hz)ได้คงที่ในการจ่ายไฟทำให้ทั้งอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าเพื่อใช้ชาร์จแบตเตอรี่และแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่สั้นของระบุการใช้จริง

4.2 อุปกรณ์ที่ได้รับความเสียหายเมื่อนำมาใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่คือสร้างอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น ระบบ 12 VDC

1.3. หลักการและเหตุผลการออกแบบทางเลือกในการใช้พลังงานทดแทนระบบโซล่าเซลล์มาใช้แทนระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หลักการและเหตุผลจากคุณสมบัติข้างต้นที่แสดงมาสรุปได้ดังนี้

1. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เนื่องการแผงโซล่าเซลล์ในการผลิตไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ผลิตพลังงานที่ 120 W 7- 10 A 12-17 VDC ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์พบกับการใช้ของการรับโหลด 3- 4 A ซึ่งพอเพียงกับกับการใช้งาน

2. คอนโทรลชาร์จ(Charging Control)สำหรับควบคุมระบบการชาร์จของแผ่นโซล่าเซลล์แบตเตอรี่ใช้กับระบบ 12V/24V ขนาด 20Aซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์พบกับการใช้ของการรับโหลด 3- 4 A ซึ่งรับโหลดได้ไม่มีปัญหาของระบบการทำงาน

3. แบตเตอรี่(Battery) ชนิดเติมน้ำกลั่น 120 Ah รับการรับโหลดมากกว่า 3- 4A ใช้งาน ได้ประมาณ6- 7 ชั่วโมง

4. ปัจจุบันระบบไฟลูกศรใช้ไฟ 12 VDCกินกระแสไฟที่ 3-4 A

1.4 หลักการและเหตุผลการเปรียบการใช้งานระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์แผงโซล่าเซลล์

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข้อดี คือ ไม่ต้องรอพลังงานแสงอาทิตย์ในการทำงานใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลักในการทำงาน

ข้อเสีย คือ

- มีค่าบำรุงรักษา เช่น เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง
- ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ได้โดยตรงต้องสร้างอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น ระบบ 12 VDC
- กำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถรักษาระดับ(ความถี่50Hz)ได้คงที่ในการจ่ายไฟให้อุปกรณ์แปลงไฟฟ้า
- ค่าบำรุงรักษาสูงและเรื่องความสิ้นเปลืองอัตราน้ำมันไม่สามารถควบคุมราคาค่าเชื้อเพลิงได้ในอนาคต

2. พลังงานแสงอาทิตย์แผงโซล่าเซลล์

ข้อดี คือ

- เป็นพลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- เนื่องอุปกรณ์ทีใช้งานเป็นระบบ 12 VDC สามารถต่อใช้งานได้เลย
- เสถียรภาพการจ่ายไฟฟ้าคงถี่ตลอดการใช้งานของระบบ
- บำรุงรักษาทำความสะอาดแผงโซล่าเซลล์มีอายุการใช้งาน 25 ปี
- สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้
- การใช้งานแบตเตอรี่โดยตรงอย่างเดียว

ข้อเสีย คือ

- ใช้งานได้ต้องมีพลังงานจากแสงอาทิตย์ในการจัดเก็บพลังงาน
- กระจกแผงโซล่าเซลล์ต้องดูแลป้องการแตกของแผงโซล่าเซลล์

การใช้งานโดยตรงจากแบตเตอรี่ที่ต้องมีการชาร์ตแล้วนำแบตเตอรี่ขึ้นไปใช้งานบนรถคุ้มครองบนทางพิเศษไม่เน้นใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งจะไม่นิยมในการใช้ระบบดังกล่าว สำหรับงาน

ไฟฟ้าบนรถคุ้มครองที่ใช้กันเป็นสากลทั่วไป เพราะเป็นความยุ่งยากที่ต้องมีการนำแบตเตอรี่ขึ้นลงไปชาร์ตทุกครั้งก่อนที่จะมีการใช้งานและรถคุ้มครองบนทางพิเศษทุกคันต้องมีความพร้อมตลอดเวลาในการที่จะขึ้นไปให้บริการ นอกจากนั้นเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ดังนั้นการใช้แบตเตอรี่โดยตรงอย่างเดียว ซึ่งเป็นการไม่สะดวกและไม่เป็นระบบที่ใช้การทั่วไป ยิ่งไปกว่านั้นยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานรถคุ้มครองที่ต้องพร้อมใช้งานตลอดเวลา 24 ช.ม. ในการใช้บริการบนทางพิเศษ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	ดร.อนุกูล ตันติมาสน์	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2533	เนติบัณฑิตไทย เนติบัณฑิตยสภา
	พ.ศ.2541 – 2543	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต โครงการปริญญาโทสำหรับผู้บริหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	พ.ศ. 2545 – 2549	นิติศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	พ.ศ. 2547 – 2550	Doctoral of Business Administration University of South Australia
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรรมการและผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ สายงานทรัพยากรมนุษย์และบริหารทั่วไป บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน)	
รางวัลที่ได้รับ	พ.ศ.2554	รางวัลนิสิตเก่าดีเด่น โดยสมาคมปริญญาโทสำหรับผู้บริหาร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ประจำปี 2554 ประเภทนักบริหารภาคเอกชน
	พ.ศ.2553	รางวัลศิษย์เก่าดีเด่น โดยสมาคมศิษย์เก่าเศรษฐศาสตร์และ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2553 ประเภทนักบริหารภาคเอกชน
	พ.ศ.2553	รางวัลบุคคลตัวอย่างในภาคธุรกิจพัฒนาสังหาริมทรัพย์ โครงการบุคคลคุณภาพแห่งปี 2010 โดยมูลนิธิสภาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย (มสวท.)
	พ.ศ.2556	รางวัลบุคคลตัวอย่าง ในภาคธุรกิจพัฒนาสังหาริมทรัพย์ โครงการบุคคลคุณภาพ แห่งปี 2013 โดยมูลนิธิสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย (มสวท.)
	พ.ศ.2557	รางวัลนิสิตเก่าดีเด่น โดยสมาคมนิสิตเก่า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ประจำปี 2557 ประเภทนักบริหารภาคเอกชน