



การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
Design and development of solar cells in electric vehicle
prototype

อชิต อุยยามาฐิติ
Achita Uiyamathiti

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2560



การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
Design and development of solar cells in electric vehicle
prototype

อชิต อู๋ยามาฐิติ

Achita Uiyamathiti

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

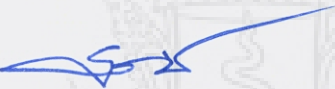
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
ชื่อ นามสกุล อชิต อูยามารูตี
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ปริญญา บุญกนิษฐ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มินคร)


..... กรรมการ
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล)


..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ปริญญา บุญกนิษฐ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้
การค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิทอง)

วันที่ 12 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560

ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
ชื่อ นามสกุล	อชิต อูยามาจิ
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2560



บทคัดย่อ

การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ กรณีศึกษา คือ รถยนต์ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยกระบวนการวิจัยเริ่มจากการทดลองนำเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ทิน ฟิล์ม (Solar Thin Film) แบบตัดโค้งได้ ขนาด 19.2 x 9.5 เซนติเมตร ที่มีการประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) มาทดสอบติดตั้งเพื่อให้สามารถเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าสะอาดจากแสงอาทิตย์ ด้วยการนำเซลล์แสงอาทิตย์ Solar Thin Film จำนวน 80 เซลล์ ควบคุมด้วยวงจร Arduino Mega ขนาด 101.52 x 53.3 มิลลิเมตร มาทำการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์ด้วย Arduino-1.6.9-Windows ให้แสดงผลที่ LCD Solar Monitor Charger จากแหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ขนาด 12V/28AH จำนวน 6 ก้อน ผลจากการทดลองพบว่า วงจรดังกล่าวสามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าได้ 5A ต่อ 1 ชั่วโมง และหากต้องการขยายจนสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบแทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติจะต้องใช้ Solar Thin Film ทั้งหมด 480 เซลล์ ในระยะเวลาสมมุติฐานการทดลอง 6 ชั่วโมง/วัน ผลจากการคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าระยะเวลาการคืนทุน (Simple Payback Period) โดยประมาณจะเท่ากับ 4 ปี และเมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุน (Sensitivity Analysis) พบว่าปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุนสูงที่สุดตามลำดับ คือ ค่าไฟฟ้า ค่า Solar Thin Film และค่าอุปกรณ์ Evlink Fast Charge Solution ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการออกแบบพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบในรุ่นต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ : แหล่งผลิตพลังงานสะอาด, อัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่, Solar Thin Film, การขอจดสิทธิบัตร

Independent Study	Design and development of solar cells in electric vehicle prototype
Author	Achita Uiyamathiti
Degree Degree	Master Degree of Engineering
Major program	Department of Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate Studies) Faculty of Engineering
Academic Year	2017

ABSTRACT

Design and development of solar cells in electric vehicle prototype intended to Design and development of solar cells in electric vehicle prototype Case study electric cars of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. The research process begins with the solar experiment model Solar Thin Film a bent size 19.2 x 9.5 cm technology has applications in Unmanned Aerial Vehicle install to a source of clean electricity generation using 80 Solar Thin Film Cells controlled by Arduino mega size 101.52x 53.3 mm Programming software by Arduino-1.6.9-Windows and Show the result at LCD Solar Monitor Charger from batteries store the electrical energy size 12V/28AH 6 pack for the results showed that such a circuit can charge electricity 5A to 1 hour and to expand the use of rechargeable battery electric prototype instead of using electric vehicle prototype from charging normally Requires 480 Solar Thin Film Cells in trial period hypothesis 6 hour/day. In term of investment evaluation, simple payback period is expected to be 4 years. Considering sensitivity analysis, it is found that the most sensitive factor is electricity cost, cost Solar Thin Film, and the cost of Evlink Fast Charge Solution respectively. The results of this study can be used to support decision making in design and development of electric vehicle prototype in the next generation more efficiently.

Keywords : Origin clean energy, Battery charger, Solar Thin Film, Patent.

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ, นางสาวประภาพร พลอยยอด, นายภิรมย์สุข สวยสม และนายระพีพัฒน์ สุวรรณภูมิ ที่กรุณาให้คำปรึกษารวมทั้งคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้รวมถึงการสละเวลาในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนตรวจแก้ไขงานวิจัยจนเรียบร้อยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ที่พึงได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูทเวทิตาให้แก่บิดามารดาตลอดจนบูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอน และประสิทธิประสาทวิชาให้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาการทำงานให้เป็นประโยชน์ทั้งแก่ตนเองและผู้อื่น

อชิต อุยยามาฐิติ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวความคิด	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม	5
2.1 การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แสงอาทิตย์	6
2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์	7
2.3 วิเคราะห์อุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย	9
2.4 วิเคราะห์สถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	9
2.5 วิเคราะห์การส่งเสริมการลงทุนด้านการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	13
2.6 พลังงานสะอาด	14
2.7 Charge controller	25
2.8 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)	26
2.9 แบตเตอรี่ (Battery)	27
2.10 แนวคิดเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์	30
2.11 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ	31
2.12 การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน	32
2.13 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)	33
2.14 เครื่องมือทดสอบ	34
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	37
3.1 ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	37
3.2 การออกแบบและหลักการทำงานที่สำคัญ	38
3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด	41
3.4 แบบร่างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	43
บทที่ 4 การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ	44
4.1 การออกแบบระบบโซล่าเซลล์	44
4.2 การพัฒนางจรโซล่าเซลล์	49
4.3 กระบวนการทดลองและทดสอบ	51
4.4 แนวทางการยื่นขอจดสิทธิบัตร	56
บทที่ 5 ผลการศึกษา	58
5.1 ผลการศึกษาด้านการออกแบบ และพัฒนางจรโซล่าเซลล์	58
5.2 ผลการทดสอบ	58
บทที่ 6 การอภิปรายผลการวิจัย	60
6.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนเชิงประสิทธิภาพ	60
6.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)	61
บทที่ 7 สรุปผล	63
บทที่ 8 แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์	64
8.1 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์	64
8.2 มลพิษทางอากาศ	67
8.3 ความมั่นคงทางพลังงาน	71
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก เอกสารตีพิมพ์ และการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	78
มทร. พระนครศรีอยุธยา ครั้งที่ 2 ในวันที่ 19 พฤษภาคม 2560	
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	88

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การส่งเสริมการลงทุนในกิจการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	13
2.2 อัตราการรับไฟฟ้าอัตราคงที่ Feed-in-Tariff (FIT)	14
2.3 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด	19
2.4 อุปกรณ์รับแสงอาทิตย์	22
2.5 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน	31
2.6 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน	32
2.7 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU)	32
3.1 ส่วนประกอบหลักของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	38
5.1 การทดสอบการใช้งานแผงวงจรโซลาร์เซลล์	59
6.1 แสดงมูลค่าที่เปลี่ยนแปลงหลังจาก เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับ	60
6.2 แสดงระยะเวลาในการคืนทุนหลังจาก เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับ	61
8.1 ต้นทุนสุทธิของการกำจัด GHGs จากการผลักต้นการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า	69
8.2 การเปลี่ยนแปลงสุทธิของมูลค่าการนำเข้าน้ำมัน จากการผลักต้นการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า	73

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	4
2.1 การเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่	6
2.2 การวิเคราะห์การแทนที่ของพลังงานทดแทน	7
2.3 สัดส่วนของเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	10
2.4 กำลังการผลิตติดตั้งสะสมและติดตั้งรายปีของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2545 – 2558	11
2.5 สัดส่วนแบ่งตามประเภทการใช้งานของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2545 – 2558	12
2.6 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system)	15
2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system)	15
2.8 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)	16
2.9 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (Silicon)	18
2.10 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ	19
2.11 แสดงการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	20
2.12 กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เดี่ยวที่ระดับรังสีอาทิตย์ต่างๆ	21
2.13 ตัวอย่างการต่อเซลล์แบบอนุกรม 3 เซลล์	24
2.14 กราฟ I-V ของการต่อเซลล์แบบอนุกรม 3 เซลล์	24
2.15 Charge controller	26
2.16 อินเวอร์เตอร์	26
2.17 แบตเตอรี่	28
2.18 แสดงการต่ออนุกรมของแบตเตอรี่	29
2.19 แสดงการต่อขนานของแบตเตอรี่	29
2.20 แสดงการต่ออนุกรมผสมกับแบบขนาน	29
2.21 เครื่องมือทดสอบ Solar PV150 PV Installation Test Kit	34
3.1 ระบบกันสะเทือน แบบแม็คเฟอร์สันตรัท	38
3.2 ระบบบังคับเลี้ยวแรคแอนด์พีนเนียน	39
3.3 ระบบหยุดรถแบบ 1 ลูกสูบ	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
3.4 ลักษณะของเส้นเลือดดำที่ลายนิ้วมือ	40
3.5 แบบโครงสร้างของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	41
3.6 มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ	42
3.7 แบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนฟอสเฟต	42
3.8 ลักษณะของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	43
4.1 ผังวงจรไดอะแกรม การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด	45
4.2 เซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ทิน ฟิล์ม (Solar Thin Film)	45
4.3 วงจร Arduino Mega 2560 - R3	46
4.4 วงจร Power DC	46
4.5 วงจร Charger Controller	47
4.6 จอ I2C LCD	47
4.7 โปรแกรม Arduino-1.6.9-windows	48
4.8 การเชื่อมต่ออนุกรมเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ทินฟิล์ม	49
4.9 การต่อแผงวงจร Charger Controller และ Arduino Mega 2560 - R3	49
4.10 ต่อแผงวงจรเข้ากับจอแสดงผล I2C LCD	50
4.11 การทำงานของอุปกรณ์หลังเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด	50
4.12 แบบการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บริเวณบนหลังคารถยนต์	51
4.13 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	52
4.14 การติดตั้งแผงวงจรของโซลาร์เซลล์บริเวณคอนโซลท้ายรถยนต์	53
4.15 ต่อแผงวงจรเข้ากับพิว	53
4.16 เชื่อมต่อแผงวงจรโซลาร์เซลล์เข้ากับแบตเตอรี่ของรถยนต์	54
4.17 ทดสอบการทำงานชิ้นงาน	55
4.18 ขั้นตอนการยื่นขอจดสิทธิบัตร และอนุสิทธิบัตร	56
5.1 แสดงผลโดยรวมการทดสอบใช้งานแผงวงจรโซลาร์เซลล์	62
6.1 เส้นปัจจัยที่มีความไวต่อการลงทุน	62
8.1 การคาดการณ์จำนวนรถยนต์และจักรยานยนต์ในกรณีต่างๆ	65
8.2 ต้นทุนการกำจัด GHGs ที่ลดลงจากการทดแทนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ ด้วยรถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	67

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า	
8.3	ต้นทุนการกำจัด GHGs ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่มากขึ้น	68
8.4	ต้นทุนมลพิษที่มีผลต่อสุขภาพ	71
8.5	มูลค่าการใช้น้ำมัน แยกตามกรณี	72
8.6	มูลค่าการใช้น้ำมันเพื่อผลิตไฟฟ้า แยกตามกรณี	72



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสถานการณ์วิกฤตเชื้อเพลิงฟอสซิล และปัญหาสิ่งแวดล้อมทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้น การใช้พลังงานที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง สัมพันธ์กับการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะการขยายตัวของความต้องการด้านพลังงานในภาคการขนส่ง ซึ่งมีการใช้พลังงานสูง เทียบเท่ากับภาคอุตสาหกรรมจากกระทรวงพลังงาน (2559) พบว่าในปี 2559 การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมอยู่ที่ 25,000 ตัน เทียบเท่ากับน้ำมันดิบ และในภาคการขนส่งอยู่ที่ 26,000 ตัน เทียบเท่ากับน้ำมันดิบ และยังพบว่าภาคการขนส่งทางบกเป็นภาคการขนส่งที่มีการใช้พลังงานสูงสุด เมื่อเทียบกับภาคการขนส่งด้านอื่นๆ โดยจะอยู่ที่ 21,100 ตัน เทียบเท่ากับน้ำมันดิบ หรือคิดเป็น 98% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในภาคการขนส่งด้วยตัวเอง โดยส่วนใหญ่แล้วจะมาจากภาคการขนส่งทางบก ที่ใช้เครื่องยนต์แบบเผาไหม้ภายใน (Internal Combustion Engine, ICE) และกระทรวงพลังงาน (2558) พบว่าใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานหลักในการขับเคลื่อน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานอยู่ในช่วง 30-40% และมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อวิกฤตโลกร้อน (Global warming crisis) ซึ่งการใช้พลังงานในประเทศ ทุกวันนี้ส่วนใหญ่ได้จากพลังงานสิ้นเปลือง โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันยังมีปริมาณการใช้ที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ประเทศของเราไม่มีแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างเพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ ดังนั้นในแต่ละปี รัฐจึงต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นจำนวนมหาศาล ข้างต้นจึงได้มีการพัฒนาและคิดค้นแหล่งผลิตพลังงานทดแทน หรือเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ทดแทนแหล่งพลังงานเดิม และมีการปลดปล่อยมลพิษต่ำมาใช้ทดแทนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า นับได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้แทนแหล่งพลังงานเดิมในภาคการขนส่งทางบกได้ดีที่สุด และมีแนวโน้มที่เทคโนโลยีจะมีขยายตัวในอนาคตอันใกล้ จากข้อได้เปรียบของประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน รวมไปถึงการปลดปล่อยมลพิษสู่ภายนอกที่ต่ำและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าแหล่งพลังงานเดิมที่ใช้กันอยู่ในทุกวันนี้

จากแนวคิดที่ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดมาขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งพลังงานสะอาดที่กล่าวถึงได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ ทำให้มีการปลดปล่อยสารมลพิษใกล้เคียงศูนย์ จากพลังงานทางเลือกทั้งหมดที่มีอยู่ทั่วโลก พลังงาน

แสงอาทิตย์นับได้ว่าเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงมากที่สุด และมีระบบการทำงานที่ไม่ซับซ้อน จึงทำให้เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานสะอาดให้กับเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า เพื่อเป็นแหล่งผลิตพลังงานสะอาดและลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานจากภายนอก

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางวิธีการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 1.2.2 เพื่อทดลองประสิทธิภาพการทำงานของชุดโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาเฉพาะแนวทางวิธีการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 1.3.2 ศึกษาเฉพาะประสิทธิภาพการทำงานของชุดโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้า

1.4 กรอบแนวความคิด

ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เป็นสำหรั้งานวิจัย เช่น อุปกรณ์ วิธีการคำนวณ ออกแบบระบบ สูตรการคำนวณ แบตเตอรี่ และพลังงานทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ในการชาร์จ แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าได้ โดยการออกแบบผังวงจรก่อนทำการประกอบจริง ประกอบอุปกรณ์ต่าง โดยอ้างอิงจากผังวงจรที่ได้ออกแบบไว้ โดยการนำแผงโซลาร์ทึนฟิล์ม 2V/1W มาต่อแบบอนุกรม ต่อเข้ากับ Charger Controller และต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง Arduino Mega โดยออกแบบ หน่วยประมวลผลกลาง ให้เก็บข้อมูลอุณหภูมิ แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า และทำการแสดงผล ไปยัง LCD Solar Monitor Charger ตามผังวงจรไดอะแกรม นำไปอัดประจุไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอรี่ เพื่อสร้างแหล่งผลิตพลังงานสะอาดและพลังงานทดแทนในการชาร์จแบตเตอรี่ให้กับยานยนต์ไฟฟ้า หลังจากนั้นคำนวณความคุ้มค่าต่อการลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมด้วยการหาค่า Simple Payback Period และวิเคราะห์ Sensitivity Analysis พร้อมกับสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เครื่องต้นแบบที่สามารถผลิตพลังงานสะอาดภายในยานยนต์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 1.5.2 ต่อยอดงานวิจัยเกี่ยวกับแหล่งพลังงานสะอาดที่สามารถนำมาใช้กับยานยนต์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.5.3 แนวทางในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นไปได้ และทราบถึงคําค่าต่อการลงทุน

1.5.4 เป็นอุปกรณ์ต้นแบบที่สามารถใช้เป็นตัวอย่างในการนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคตสำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

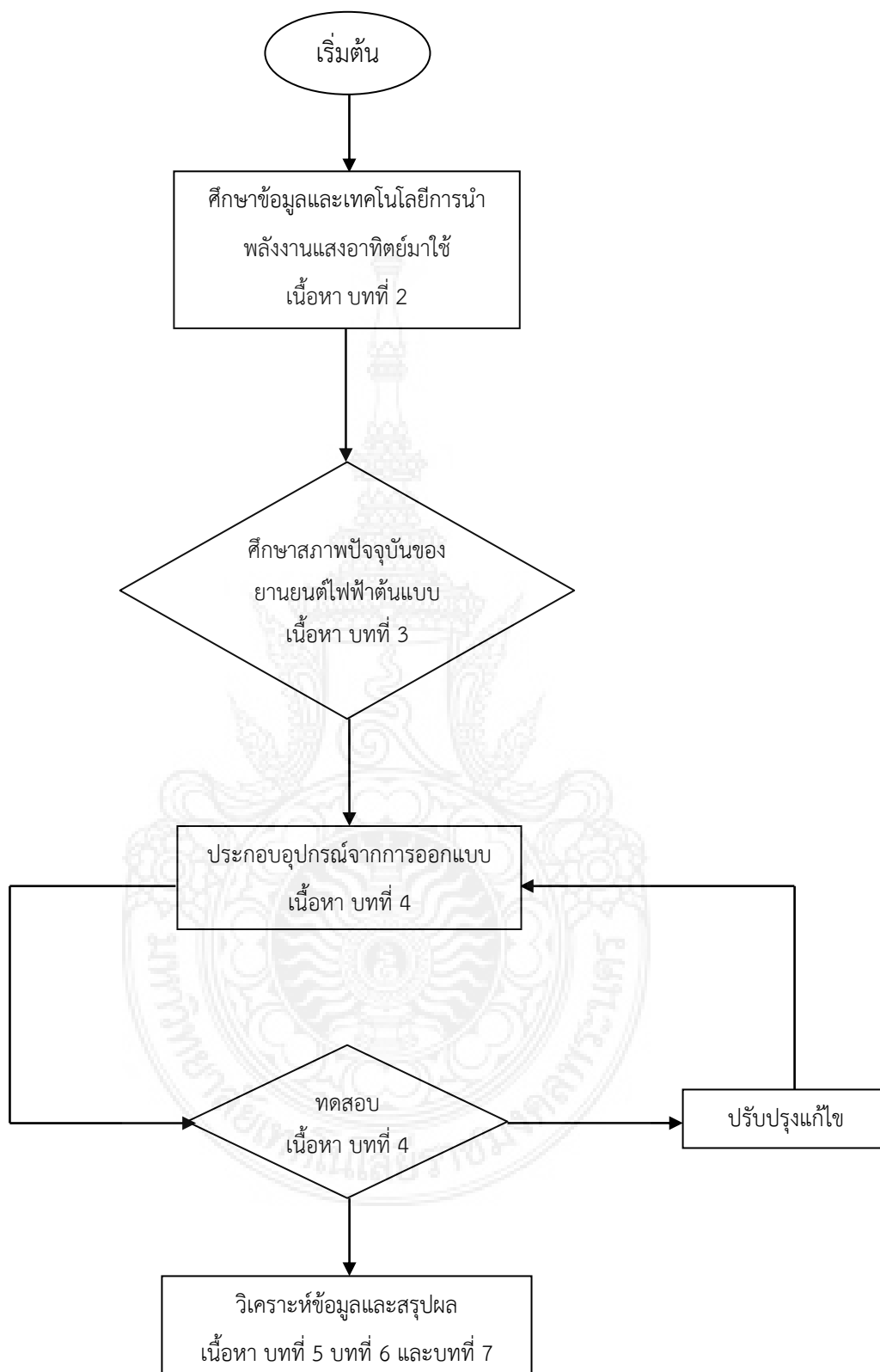
เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หมายถึง เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ขับเคลื่อนการทำงานต่างภายในยานยนต์ไฟฟ้า

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หมายถึง ผลลัพธ์กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัด

ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์สูง หมายถึง ภายในหนึ่งพื้นที่ทำการวัดค่าจะมีกำลังไฟฟ้ามากยิ่งขึ้นประสิทธิภาพสูงมากเท่าไรยิ่งมีความคุ้มค่ามากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้จะมีตัวแปรอยู่หลายตัวด้วยกัน ได้แก่ ชนิดของโซลาร์เซลล์ที่นำมาประกอบโครงสร้างของแผง วัสดุส่วนประกอบแผง

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) หมายถึง พลังงานที่ได้จากพลังงานศักย์หรือพลังงานจลน์ พลังงานนี้ถูกจ่ายออกมาโดยการผสมกันของกระแสไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าโดยส่งออกมาในกริด (ไฟฟ้า) ที่ถูกดูดซับหรือถูกนำส่งโดยวงจรไฟฟ้าจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ณ จุดที่พลังงานศักย์ไฟฟ้านี้ถูกเปลี่ยนให้เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของพลังงาน

กำลังไฟฟ้า หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 นาที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือจูลต่อวินาที เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า กำลังไฟฟ้า (วัตต์) = พลังงานไฟฟ้า (จูล)/เวลา (วินาที) เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งทราบได้จากตัวเลขที่กำกับไว้บนเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ระบุทั้งความต่างศักย์ (V) และกำลังไฟฟ้า (W)



ภาพ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 2

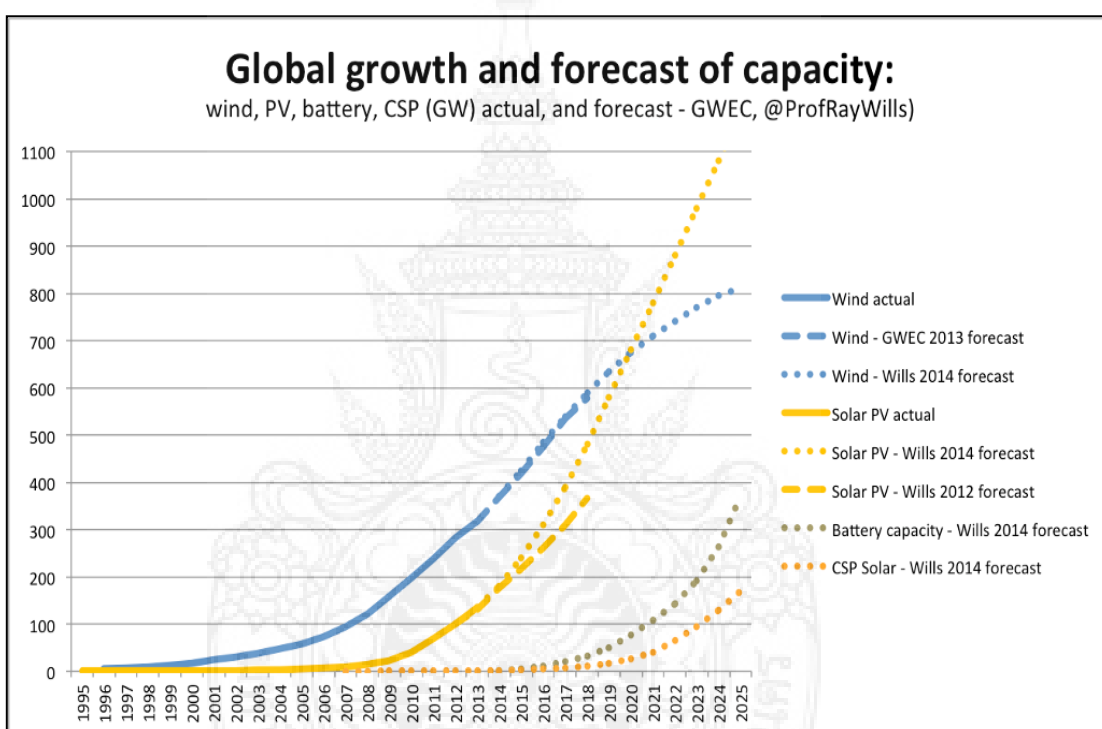
การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบเพื่อใช้ในการจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบโซลาร์เซลล์ที่จะนำไปติดตั้งบนรถยนต์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการศึกษาในครั้งนี้ โดยครอบคลุมเนื้อหาต่างๆ ดังนี้

- 2.1 การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แสงอาทิตย์
- 2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์
- 2.3 วิเคราะห์อุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย
- 2.4 วิเคราะห์สถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย
- 2.5 วิเคราะห์การส่งเสริมการลงทุนด้านการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
- 2.6 พลังงานสะอาด
- 2.7 Charge controller
- 2.8 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)
- 2.9 แบตเตอรี่ (Battery)
- 2.10 แนวคิดเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2.11 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ
- 2.12 การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน
- 2.13 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)
- 2.14 เครื่องมือทดสอบ
- 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

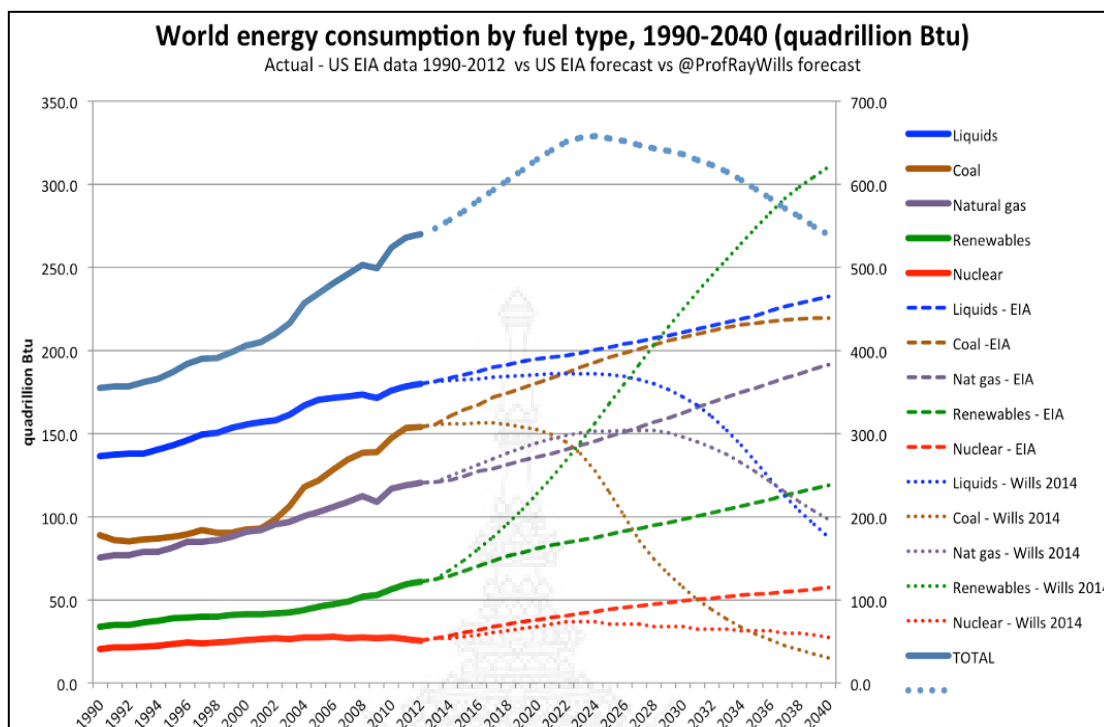
2.1 การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แสงอาทิตย์

Disruptive technology and technology transitions Going clean tech (2013) กล่าวว่า การพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตพลังงานทดแทนที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงในโลกยุคปัจจุบัน คือ การใช้เทคโนโลยีที่มีขนาดผลิตภายในบ้าน และธุรกิจแบบบูรณาการที่ดีขึ้น และการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาดในการใช้พลังงานการเชื่อมต่อสมาร์ทเมตรกับสมาร์ททกริด โดยผ่านสื่อสังคมออนไลน์ และสมาร์ทโฟนยังยืนมากยิ่งขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นี้เราจะบรรลุวิสัยทัศน์ของการอยู่ร่วมกับธรรมชาติ และเศรษฐกิจในอนาคตที่จะใช้เทคโนโลยีที่สะอาด ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่
ที่มา : Mensa (2013)

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานสะอาดที่ประสบความสำเร็จอย่างรวดเร็ว และโรเจอร์ได้อธิบาย การเปลี่ยนแปลงของการแพร่กระจายของนวัตกรรม การยอมรับเทคโนโลยีที่สะอาด และประสิทธิภาพด้านพลังงาน รวมไปถึงพลังงานทดแทน พิสูจน์ได้ว่าไม่แตกต่างกัน อัตราการยอมรับของแหล่งพลังงานหมุนเวียนกำลังเป็นไปตามเส้นทางที่สามารถคาดการณ์ได้ของเทคโนโลยีที่ในอนาคตทั้งหมด เมื่อมีการนำเข้าสู่ตลาดโลกแล้วการถอยหลังของพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะเป็นไปตามที่คาดการณ์ของการนำเทคโนโลยีทดแทนมาใช้ดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 การวิเคราะห์การแทนที่ของพลังงานทดแทน
ที่มา : Mensa (2013)

2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าความสำเร็จของการพัฒนาโครงการพลังงานในเชิงพาณิชย์จะเกิดขึ้นได้เมื่อการลงทุนพัฒนาโครงการนั้นๆ มีผลตอบแทนต่อการลงทุนในอัตราที่สูงเพียงพอที่จะสร้างแรงจูงใจแก่นักลงทุนตลอดจนสร้างความเชื่อมั่นแก่สถาบันการเงินในการให้การสนับสนุนด้านสินเชื่อ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงจะเป็นการนำประเด็นสำคัญต่างๆ ในด้านการเงินและการลงทุนมาสรุปเบื้องต้น เพื่อนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจการลงทุน

2.2.1 การวิเคราะห์ผลการตอบแทนการลงทุน

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าโดยทั่วไปผลตอบแทนการลงทุนมี 2 รูปแบบ คือ ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ และผลตอบแทนทางการเงิน ซึ่งโดยทั่วไปภาคเอกชนจะใช้เกณฑ์ผลตอบแทนด้านการเงินเป็นหลักในกาตัดสินใจการลงทุน โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ด้านหลัก คือการวิเคราะห์ด้านการเงินและการลงทุนโครงการพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดย

ทำการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับต้นทุนของเงินทุนที่นำไปใช้ในการติดตั้งระบบ หลักการที่นิยมใช้ในการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการลงทุน

2.2.1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบันซึ่งการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ หากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ≥ 0 แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่าย แต่ในทางตรงกันข้าม หากมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้น้อยกว่าศูนย์แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าจะลงทุนเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่าย

2.2.1.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าอัตราผลตอบแทนของโครงการคืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหากว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันสูงกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ก็ไม่สมควรที่จะลงทุนโครงการดังกล่าวในทางตรงกันข้ามหากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันยังต่ำกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้มากเท่าไรแสดงเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนมากขึ้นตามลำดับ

2.2.1.3 ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio, B/C)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนคืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนหรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนหรือต้นทุนรวมของโครงการได้แก่ ค่าเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุงรักษา ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน

2.2.1.4 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of Energy)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าการพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินและการลงทุนที่สำคัญอีกตัวชี้วัดหนึ่งคือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตไฟฟ้าซึ่งวิเคราะห์จากต้นทุนการผลิตตลอดอายุโครงการสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการที่ทำการผลิตไฟฟ้าแล้วคำนวณหา

ค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent annual costs, EAC) ซึ่งได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลา และการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้วและคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยโดยหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยสามารถใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าที่การไฟฟ้าภูมิภาครับซื้อ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และมีการวิเคราะห์ผลกระทบที่ปัจจัยด้านอัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

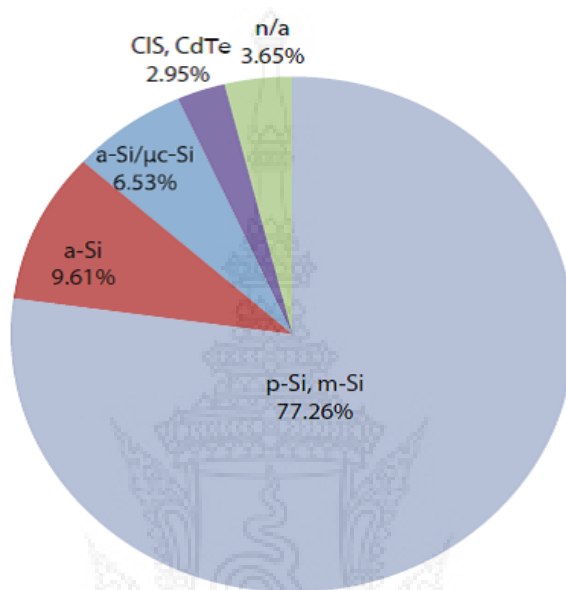
2.3 วิเคราะห์อุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ไพสิฐ (2557) กล่าวว่าใน พ.ศ.2557 ผู้ประกอบการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 5 ราย มีกำลังการผลิตติดตั้งรวมทั้งหมด 235 เมกะวัตต์ ประกอบด้วยบริษัท บางกอกโซลาร์ จำกัด บริษัท เอกรัฐโซลาร์ จำกัด บริษัท พูโซลาร์ จำกัด บริษัท โซลาร์ตรอนจำกัด (มหาชน) และบริษัท โซลาร์เพาเวอร์ เทคโนโลยี จำกัดใน พ.ศ. 2558 ผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์รายใหม่มีเพิ่มอีก 7 รายมีกำลังการผลิตติดตั้งรวมทั้งหมด 3,634 เมกะวัตต์ จึงมีผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีทั้งสิ้น 12 ราย รวมกำลังการผลิตติดตั้งทั้งสิ้น 3,869 เมกะวัตต์ และอนาคตจะเพิ่มขึ้นอีก

2.4 วิเคราะห์สถานการณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ไพสิฐ (2557) กล่าวว่าอุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยเริ่มเมื่อ พ.ศ. 2547 สอดคล้องไปกับโครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของภาครัฐ และเติบโตอย่างค่อยเป็นค่อยไป ต่อมาเกิดการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อขายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าโดยเริ่มต้นจาก พ.ศ. 2551 เป็นต้น ทำให้การประกอบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยโดยภาคเอกชนเติบโตอย่างก้าวกระโดดใน พ.ศ. 2551 การเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศจีนในตลาดโลกมีความชัดเจนและราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงอย่างมาก ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้รับผลกระทบไม่สามารถแข่งขันด้านราคาได้งานวิจัยและพัฒนา รวมถึงการสาธิตระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยได้ดำเนินไปควบคู่กับการเติบโตของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งบนพื้นดินและบนหลังคา ได้แก่การประเมินประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในระยะยาว เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาาระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เทคโนโลยีแตกต่างกันในกรณีของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระดับเมกะวัตต์ การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีกำลังการผลิตติดตั้ง 1,419 เมกะวัตต์สูงสุด (ข้อมูล ณ สิ้น พ.ศ. 2558) โดยส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าอุปกรณ์ในระบบงานวิจัยพัฒนาที่ควบคู่ไปกับการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคเอกชนให้ความสนใจการผลิตเซลล์และ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ทางหน่วยงานวิจัยและสถาบันการศึกษาของภาครัฐให้ความสนใจเทคโนโลยีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใหม่ และการติดตามประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างองค์ความรู้และถ่ายทอดความรู้ไปยังส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพ 2.3



ภาพ 2.3 สัดส่วนของเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย
ที่มา : ไพลีฐ (2557)

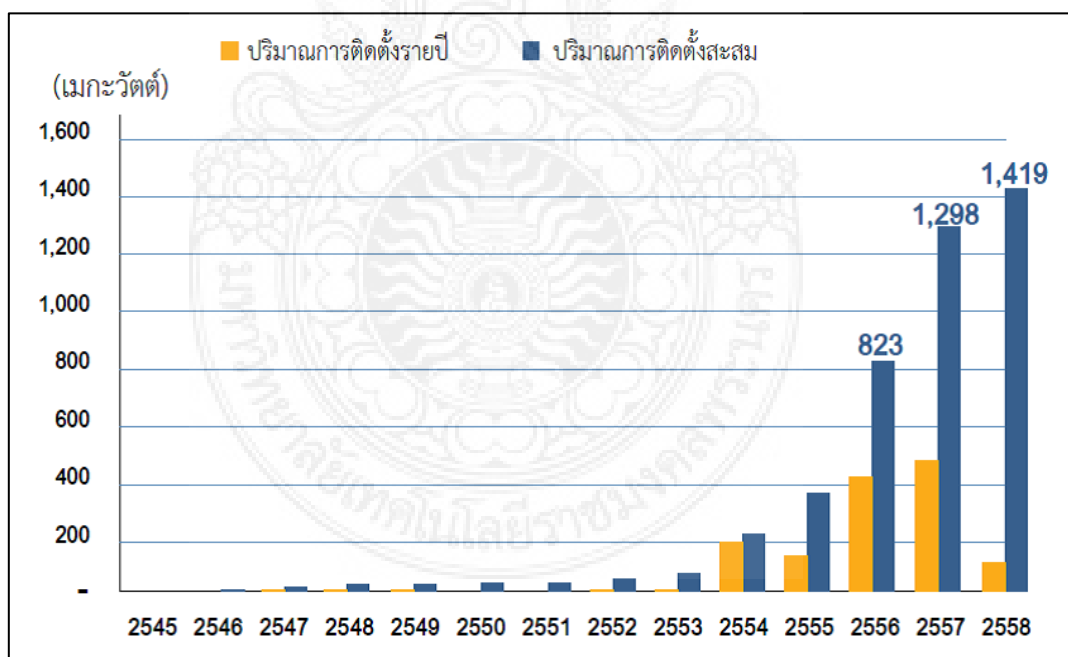
2.4.1 การใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ไพลีฐ (2557) กล่าวว่า การเติบโตอย่างรวดเร็วของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยที่เราเห็นในปัจจุบันนั้น มีจุดเริ่มต้นมานานกว่า 20 ปีเป็นการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เพื่อเป็นแหล่งไฟฟ้าให้แสงสว่างในครัวเรือน การสูบน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค และการเกษตร กิจกรรมในโรงเรียนเพื่อการศึกษา รวมถึงการประยุกต์เพื่อเป็นแหล่งสำรองพลังงาน โดยมีปริมาณการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ 30 เมกะวัตต์สูงสุดและแบบเชื่อมต่อบริการจำหน่าย 20 เมกะวัตต์สูงสุดตั้งแต่ พ.ศ. 2553 การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่รู้จักแพร่หลายและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วจากการผลิตไฟฟ้าขายให้แก่การไฟฟ้าทั้งการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดินหรือที่เรียกว่า โซลาร์ฟาร์ม และที่ติดตั้งบนหลังคาหรือที่เรียกว่า โซลาร์รูฟท็อป เนื่องจากราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงอย่างมากและราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่จูงใจ ซึ่งเป็นมาตรการ

ส่งเสริมของภาครัฐ พ.ศ. 2557 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งพื้นดินมีปริมาณสูงกว่าที่ติดตั้งบนหลังคา และมีแนวโน้มที่จะเติบโตเพิ่มขึ้นตามมติของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2557 ในการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.4.2 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์

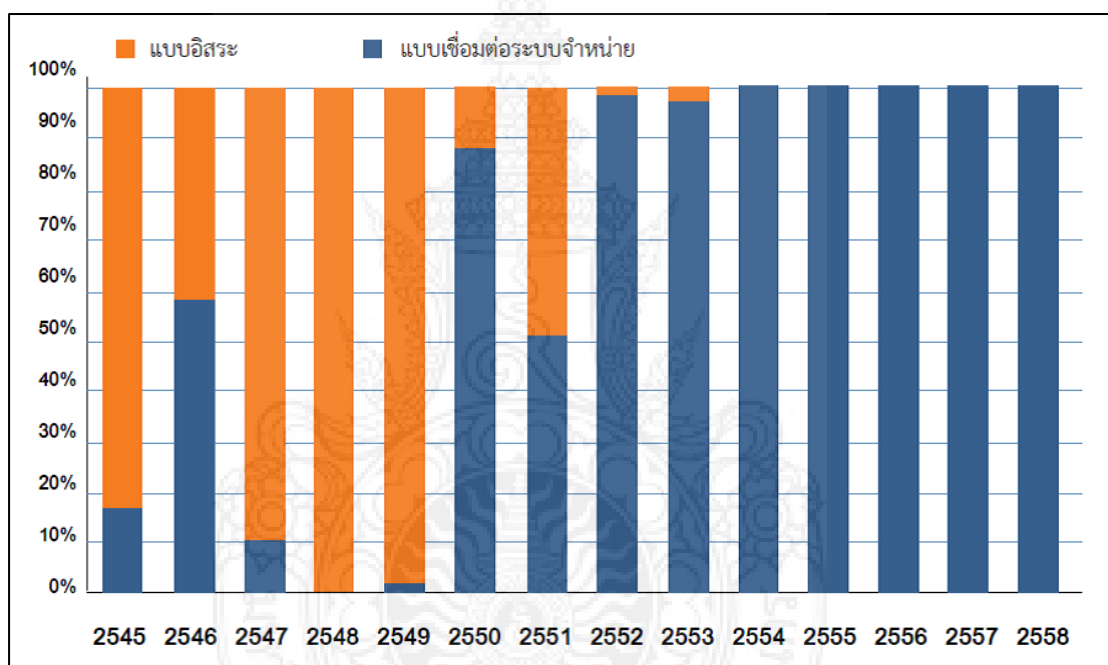
โพลีรัฐ (2557) กล่าวว่าใน พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 35,668 เมกะวัตต์ และมีกำลังการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สะสม 1,298 เมกะวัตต์สูงสุด ในปีเดียวกันมีปริมาณการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าของพลังงานทดแทน 706 เมกะวัตต์ คิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะมูลฝอยชุมชน โดยที่การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลมีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ พลังงานแสงอาทิตย์ และก๊าซชีวภาพ ตามลำดับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อบริษัทจำหน่ายมีปริมาณการติดตั้งสะสม 1,269 เมกะวัตต์สูงสุดโดยที่รวมการติดตั้งบนพื้นดินและที่ติดตั้งบนหลังคา ส่วนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระมีปริมาณติดตั้งสะสม 29 เมกะวัตต์สูงสุด ดังภาพ 2.4



ภาพ 2.4 กำลังการผลิตติดตั้งสะสมและติดตั้งรายปีของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2545 – 2558

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์รายพ.ศ. 2557 เป็น 475 เมกะวัตต์สูงสุด ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา ใน พ.ศ. 2558 ปริมาณการติดตั้งสะสมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อบรรณจําหนายเป็น 1,389 เมกะวัตต์สูงสุด และการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ 30 เมกะวัตต์ในปีเดียวกัน นโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยถูกกำหนดเป้าหมายใหม่สำหรับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเพิ่มจาก 3,000 เมกะวัตต์สูงสุดเป็น 3,800 เมกะวัตต์สูงสุด สอดคล้องกับการปริมาณข้อเสนอโครงการที่ยื่นไว้เดิมในมาตรการ ADDER ทั้งนี้การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใน พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 มีปริมาณเพิ่มขึ้นสนองตอบ12 ตามนโยบายส่งเสริมของภาครัฐ ดังภาพ 2.5



ภาพ 2.5 สัดส่วนแบ่งตามประเภทการใช้งานของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ. 2545 – 2558

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

2.5 วิเคราะห์การส่งเสริมการลงทุนด้านการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ไฟลื้อ (2557) กล่าวว่า การส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งประเภท Solar Farm และ Solar Rooftop สะสมถึงปี 2557 มีจำนวนโครงการที่ได้รับอนุมัติการส่งเสริมทั้งสิ้น 360 โครงการ กำลังผลิตรวม 1,379.9 เมกะวัตต์ เงินลงทุนรวมทั้งสิ้น 143,671 ล้านบาท ประกอบด้วย Solar Farm จำนวน 221 โครงการ กำลังผลิตรวม 1,302.9 MW เงินลงทุน 139,556 ล้านบาท Solar Rooftop จำนวน 138 โครงการ กำลังผลิตรวม 76.0 MW เงินลงทุน 4,115 ล้านบาท ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 การส่งเสริมการลงทุนในกิจการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ปี พ.ศ.	โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์			การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา		
	จำนวนโครงการ	กำลังการผลิต (MW)	เงินลงทุน (ล้านบาท)	จำนวนโครงการ	กำลังการผลิต (MW)	เงินลงทุน (ล้านบาท)
สะสมถึง 2554	107	541.4	63,742	-	-	-
2555	78	621.5	57,073	-	-	-
2556	35	139.0	18,661	10	6.2	62
2557	1	1.0	80	129	70.8	4,053
รวมทั้งสิ้น	221	1,302.9	139,556	139	77.0	4,115

โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของภาครัฐที่ยังดำเนินต่อเนื่องมีดังนี้

1. การรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา ระยะที่ 2 เพื่อให้ครบ 100 เมกะวัตต์สำหรับบ้านอยู่อาศัย (ขนาดระบบไม่เกิน 10 กิโลวัตต์)
2. การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดินสำหรับผู้ที่ยื่นความประสงค์ไว้เดิม มาตรการ ADDER (สิ้นสุดมาตรการ ADDER ใน พ.ศ. 2556)
3. การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหน่วยงาน

ไฟลื้อ (2557) กล่าวว่า ราชการและสหกรณ์การเกษตรเปลี่ยนจากโครงการพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อ ชุมชน 800 เมกะวัตต์ ดังตาราง 2.1 แสดงอัตราการรับซื้อไฟฟ้าอัตราคงที่ Feed-in-Tariff (FIT) นอกจากนี้มี โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง (self-consumption) สำหรับหน่วยงานการศึกษาและหน่วยงานเพื่อความมั่นคง รวมถึงโครงการส่งเสริมการติดตั้งโซลาร์ฟาร์มที่

เสรีซึ่งอยู่ระหว่างการกำหนดรายละเอียดของการปฏิบัติงาน ดังตาราง 2.2 แสดงวิวัฒนาการของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยใน พ.ศ. 2551 – 2558

ตาราง 2.2 อัตราการรับไฟฟ้าอัตราคงที่ Feed-in-Tariff (FiT)

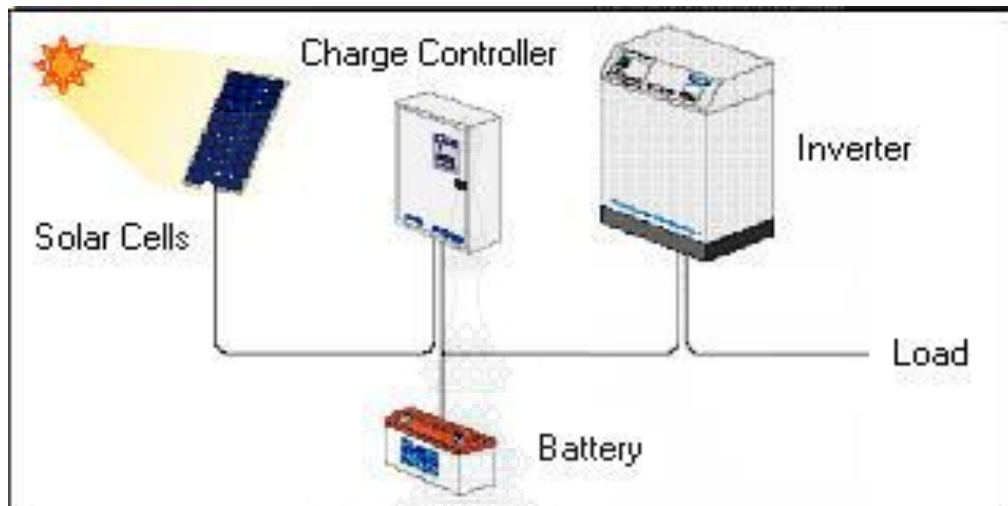
ลักษณะระบบ	กำลังผลิตติดตั้ง	อัตราการรับซื้อ (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)		เงื่อนไข	
		พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557-2558	Capacity Factor (%)	ระยะเวลา (ปี)
ติดตั้งบนพื้น	≤ 90 MWp	ยังไม่มี FiT	5.66	16	25
ติดตั้งบนหลังคา	≤ 10 kWp	6.96	6.85		
ธุรกิจ เล็ก-กลาง	> 10-250 kWp	6.55	6.40	14.84	25
ธุรกิจ	> 250-1000	6.16	6.01		
ใหญ่-โรงงาน	kWp				

2.6 พลังงานสะอาด

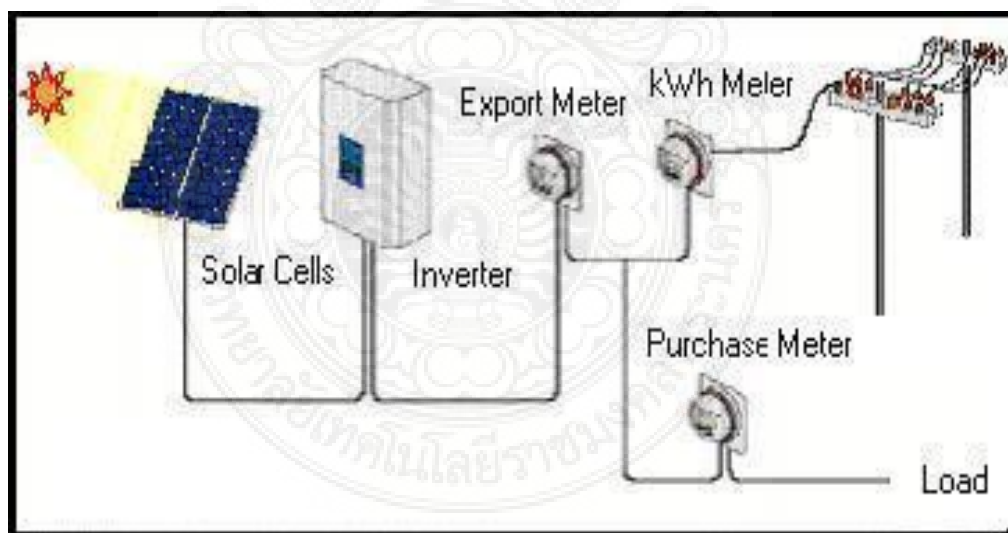
2.6.1 พลังงานแสงอาทิตย์

พิเชษฐ์ (2554) กล่าวว่าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะแบ่งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ, ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์

แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ ดังภาพ 2.6 ดังภาพ 2.7 และดังภาพ 2.8

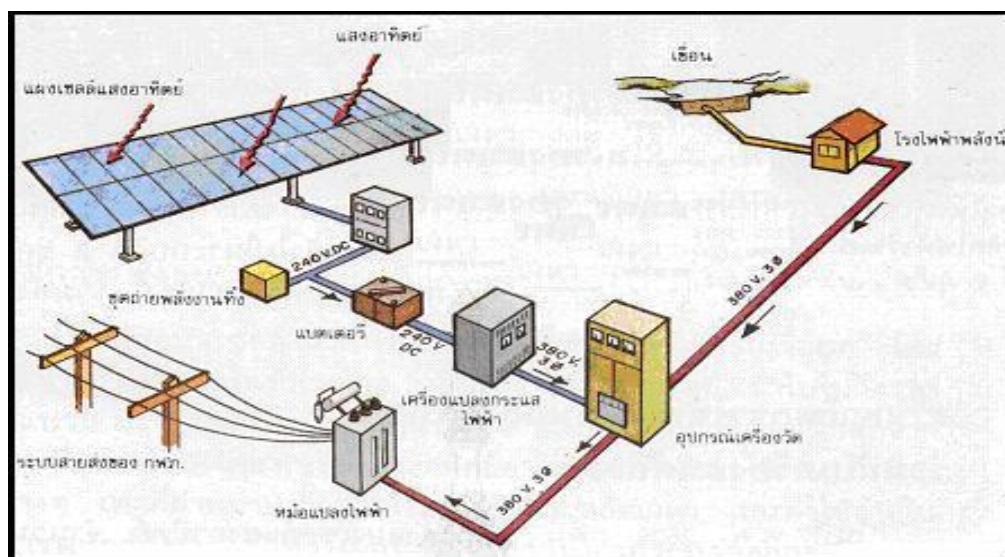


ภาพ 2.6 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system)
ที่มา : พิเชษฐ์ (2554)



ภาพ 2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย
(PV Grid connected system)

ที่มา : พิเชษฐ์ (2554)



ภาพ 2.8 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)
ที่มา : พิเชษฐ (2554)

2.6.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าประเทศไทยได้เริ่มมีการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อปี พ.ศ.2519 โดยหน่วยงานกระทรวงสาธารณสุขและมูลนิธิแพทย์อาสาฯ มีประมาณ 300 แผงแต่ละแผงมีขนาด 15/30 วัตต์ และได้มีนโยบายและแผนด้านเซลล์แสงอาทิตย์ บรรจุลงใน แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) ซึ่งการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ติดตั้ง ใช้งาน อย่างเป็นทางการในช่วงทำของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530 - 2534) โดยมีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน) กรมโยธาธิการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่เป็นหน่วยงานหลัก ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้งานในด้านแสงสว่าง ระบบโทรคมนาคม และเครื่องสูบน้ำ

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์โดยตรง จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ อาทิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เครื่องเปลี่ยนระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องมีการออกแบบเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานในบ้านพักอาศัย ซึ่งในการออกแบบระบบจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อสามารถใช้งานได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพที่สุดในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องใช้ส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

2.6.3 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นครั้งแรกใน ค.ศ. 1954 โดยแชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) ซึ่งได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอนจนได้เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นมาเป็นครั้งแรกในโลกซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% โดยในระยะเวลาต่อมาได้มีการวิจัยและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% โดยในระยะเริ่มต้น ได้นำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศดาวเทียมระบบสื่อสารต่างๆ จนในปัจจุบันมีการผลิตใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจากความต้องการการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีสะอาดที่เพิ่มสูงขึ้นและการพัฒนาเทคโนโลยีส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น

เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากซิลิคอนซึ่งเป็นวัสดุเช่นเดียวกับ Transistors และวงจรรวม (Integrated Circuit :IC) โดยผลึกซิลิคอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) โดยการเติมธาตุในกลุ่ม 3 และ 5 ของตารางธาตุซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอน (P- Type และ N-type) ตามลำดับที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน เมื่อนำ มาต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ระหว่างรอยต่อมีสถานะที่เป็นกลาง (Depletion Region) ผลึกซิลิคอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบาง (Layer) เมื่อมีแสงซึ่งมีอนุภาคโฟตอน (Photon) มาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิคอน อิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานจะเกิดการไหล ความไม่สมดุลของประจุระหว่างชั้นเซลล์เมื่อมีการต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าออกไปก็จะเกิดการความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้านั้นเมื่อนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้าก็จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างขั้วเกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาได้

2.6.4 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจำแนกตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 2 ประเภทคือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (Silicon) เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิงโดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบาง ไม่ใช่เวเฟอร์โดยจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่ใช้ในการผลิตมีหลายเทคนิค ที่นิยมใช้กันมากคือเทคนิคที่มีชื่อเรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมี ระบบนำก๊าซที่เป็นสารประกอบประเภทซิลิคอน เช่น ก๊าซซิลิเคน (SiH_4) ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ ก๊าซจะถูกทำการกระตุ้นด้วยวิธีต่างๆ เช่น โดยพลาสมาเพื่อส่งพลังงานให้ก๊าซสารประกอบซิลิคอนแยกตัวและซิลิคอนเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรองที่ถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 200-300 °C โดยแผ่นฐานรองส่วนใหญ่จะเป็นแก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน ซิลิคอนจะทับถมสะสมบน

แผ่น ด้วยอุณหภูมิการผลิตที่ไม่สูงมากซิลิคอนที่เกิดขึ้นเป็นแบบอะมอร์ฟัสซิลิคอนในชั้นตอนนี้หากเราใส่ก๊าซที่มี Boron เช่น B_2H_6 เข้าไปด้วยเราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี phosphorus เช่น PH_3 เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้จะสามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟัสซิลิคอนขึ้นได้อย่างง่าย หลังจากได้ โครงสร้าง pin แล้วก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้า ให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบผลึกรวมก็คือการนำเอา ซิลิคอนบริสุทธิ์รวมถึงซิลิคอนที่เหลือทิ้งจากการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวมาหลอมในเบ้าให้เป็นแท่งแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้าๆหลังจากนั้นนำมาตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตร แล้วนำไปทำ p-n junction ต่อไปโดยแบ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (Silicon) ได้ 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบผลึกผสม (Poly-Crystalline) และแบบอสัณฐาน (Amorphous) ดังภาพ 2.9 และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ดังภาพ 2.10 และสามารถแบ่งประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด ดังตาราง 2.3



ภาพ 2.9 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (Silicon)

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน

(พลังงานแสงอาทิตย์) (2559)



ภาพ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ
ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน
(พลังงานแสงอาทิตย์) (2559)

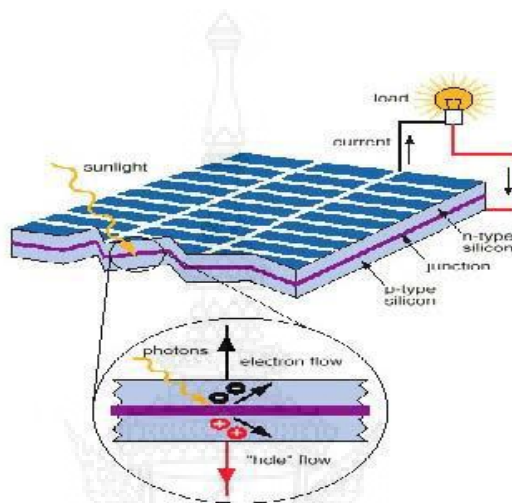
ตาราง 2.3 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

ชนิด	ประเภทวัสดุ	ประสิทธิภาพ (%)
Thin Film	Amorphous Silicon (a-Si)	4-9
	Cadmiumtelluride (CdTe)	6-9
	Copper indium gallium selenide (Cis or CIGS)	9-10.5
	Organic cells	3-4
Mono-crystalline Si	Sc-Si	10-16
Multi-crystalline Si	mc-Si	10-14.5

ที่มา : System integration for optimal production output of solar farms, Schneider Electric Thailand, (2553)

2.6.5 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

พิเชษฐ (2554) กล่าวว่า เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ดังภาพ 2.11



ภาพ 2.11 แสดงการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : พิเชษฐ (2554)

คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

2.6.5.1 ความเข้มของแสง

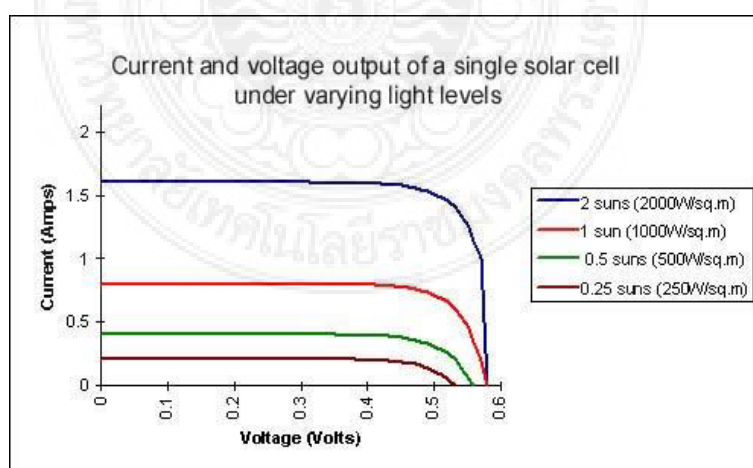
ไพสิฐ (2554) กล่าวว่ากระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงหมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอก และวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100mW ต่อ ตารางเซนติเมตร หรือ 1,000W ต่อ ตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75mW ต่อ

ตารางเซนติเมตร หรือ 750W ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2.6.5.2 อุณหภูมิ

โพลีลู (2557) กล่าวว่ากระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% ($0.5\% \times 5$ องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 ($21V \times 2.5\%$) เหลือเพียง 20.475V ($21V - 0.525V$) สรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

พิชยดา (2556) กล่าวว่าโดยลักษณะแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ตัว ที่ระดับรังสีดวงอาทิตย์ค่าต่างๆ ดังภาพ 2.12 จะเห็นได้ว่าค่ารังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ถ้าค่ารังสีมีค่าสูงกำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงด้วย นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่อสมรรถนะโดยเฉพาะเซลล์แบบ single-crystal silicon ซึ่งสมรรถนะจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากแรงดันไฟฟ้า (V) แปรผกผันกับอุณหภูมิ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจะมีค่าลดลง โดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5%



ภาพ 2.12 กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เดี่ยวที่ระดับรังสีอาทิตย์ต่างๆ

ที่มา : พิชยดา (2556)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก เซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจึงใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ฉะนั้นหากจะนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือต้องการเก็บพลังงานไว้ก็ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เพิ่มเติม ดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 อุปกรณ์รับแสงอาทิตย์

อุปกรณ์	หน้าที่ของอุปกรณ์
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module)	เปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง
เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)	จะใช้ในกรณีที่ต้องการเก็บไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำการประจุไฟฟ้าและควบคุมให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่
แบตเตอรี่ (Battery)	เพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้ต่อ
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)	แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตให้เป็นกระแสสลับ (AC)

2.6.6 การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

พิเชษฐ์ (2554) กล่าวว่าพลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สำคัญที่สุด มนุษย์ได้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมายตั้งแต่ยุคโบราณ ทั้งในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ โดยตรงเป็นพลังงานปฏิกิริยาในรูปของพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า และพลังงานแสงสว่าง และใช้ทางอ้อมในรูปของพลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น เป็นต้น การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรงเป็นพลังงานปฏิกิริยา (Primary source) ถ้าพิจารณาจากผลสุดท้ายที่นำมาใช้ประโยชน์สามารถจำแนกการประยุกต์ได้เป็น 2 แนวทาง คือ การประยุกต์ในทางความร้อน และการประยุกต์ในทางไฟฟ้า กระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์นั้นเป็นกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 8 อย่าง ดังนี้ เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน (Solar Thermal Conversion) เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจลน์ (Solar Thermo Mechanical Conversion) เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (Solar Thermal Electric Conversion; STEC) เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (STEC + Electrolysis) เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (Solar thermo Chemical Conversion) เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (Solar Electric Conversion), เปลี่ยน

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (Solar Chemical Conversion) และเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานเคมี (Solar Electrochemical Conversion) เป็นต้น

2.6.7 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

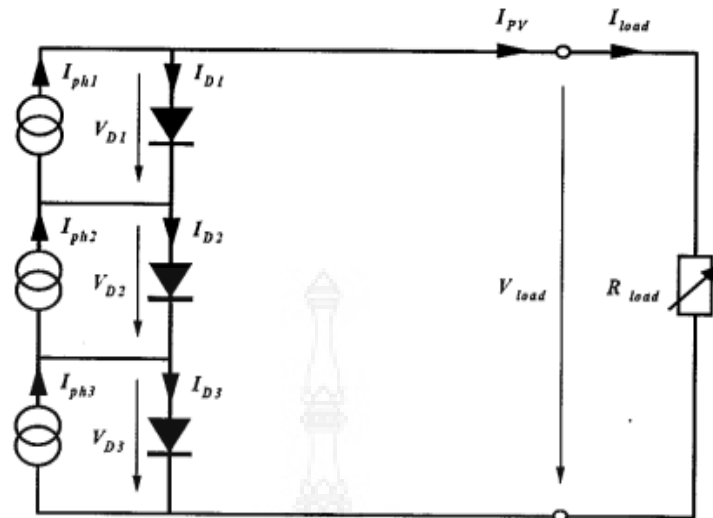
การกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอต่อความต้องการจะต้องคำนวณจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า และจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในแต่ละวันผลที่ได้จะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวัน ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยปกติกำหนดค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.8 ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.85 ในการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องผ่านเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้า โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้ามีประสิทธิภาพประมาณ 0.85-0.9 ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{P_L \times D}{Q \times A \times B \times C}$$

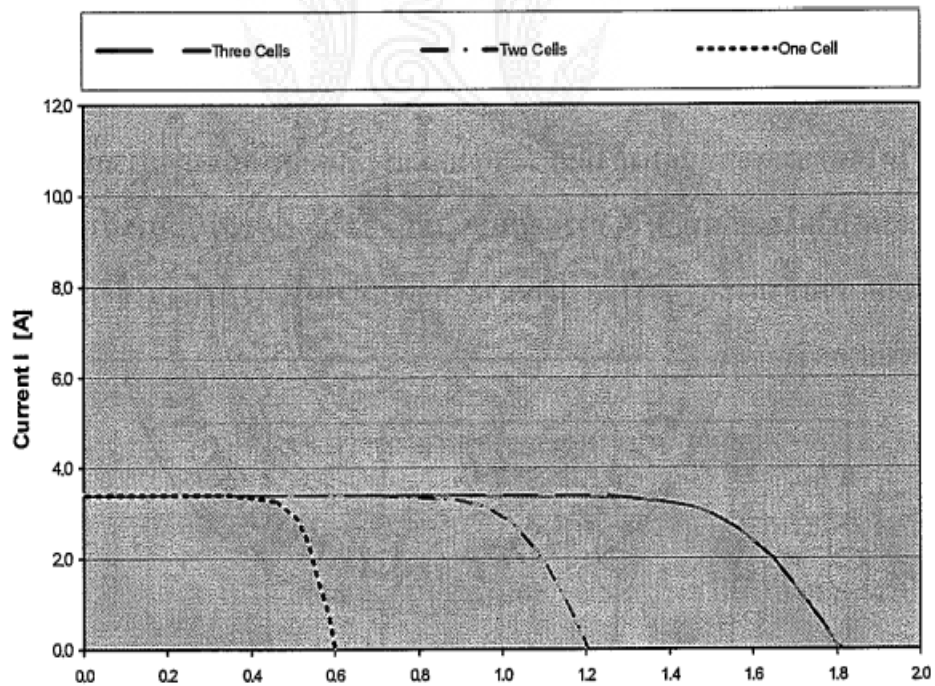
เมื่อ	P	คือ	กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง (วัตต์)
	PL	คือ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)
	Q	คือ	พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวัน (สำหรับประเทศไทยมีค่า 4,000 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)
	A	คือ	ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์
	B	คือ	ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน
	C	คือ	ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดัน
	D	คือ	ค่าความเข้มแสงปกติมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

2.6.8 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม (Series Connection)

ชาณูณรงค์ (2556) ในลักษณะของการเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรม ดังภาพ 2.13 กระแสไฟฟ้าที่ทำการไหลผ่านเซลล์แต่ละเซลล์ ขณะที่แรงดันไฟฟ้าทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ กราฟ I-V จะแสดง ดังภาพ 2.14



ภาพ 2.13 ตัวอย่างการต่อเซลล์แบบอนุกรม 3 เซลล์
ที่มา : ชาญณรงค์ (2556)



ภาพ 2.14 กราฟ I-V ของการต่อเซลล์แบบอนุกรม 3 เซลล์
ที่มา : ชาญณรงค์ (2556)

2.6.9 จุดเด่นของการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2555) พบว่าในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้านั้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะต้องมีการทำงานของเครื่องจักร เช่นระบบของเครื่องปั่นไฟฟ้า (Generator) ซึ่งจะมีการสั่นสะเทือน (Vibration) ของเครื่องจักรซึ่งก่อให้เกิดเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือน แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีข้อได้เปรียบเครื่องปั่นไฟ คือ จะไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ในขณะที่ทำงาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานหมุนเวียนด้วยกัน เช่น พลังงานลมจะมีเสียงดังที่เกิดเนื่องจากใบพัดจนกลายเป็นมลภาวะทางเสียง

ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจะมีกระบวนการเผาไหม้เพื่อให้ได้กำลังจากการเผาไหม้นั้น ที่จะก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าก็กลายเป็นมลพิษด้วยเช่นกัน ซึ่งต้องมีการบำบัดน้ำก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งธรรมชาติ แต่การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้าที่น้อยมาก

ในเครื่องจักรทั่วไปที่ใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมเพื่อการบำรุงรักษา และต้องมีขั้นตอนการดำเนินการที่ซับซ้อนหลากหลาย (Operations and Maintenances) ซึ่งจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติงาน หากมีการทำงานที่ไม่ถูกต้องแล้วก็จะส่งผลเสียต่อระบบการทำงานของเครื่องจักรได้ แต่ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์มีการบำรุงรักษาน้อยมาก และใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่ายจึงมีค่าใช้จ่าย Operation and Maintenance ที่ต่ำ และสะดวกต่อการใช้งาน

พลังงานแสงอาทิตย์ได้มาโดยไม่มีค่าใช้จ่ายและไม่สิ้นสุด แต่แหล่งพลังงานอื่นก็ได้มาจากธรรมชาติเช่นเดียวกัน เพียงแต่แสงอาทิตย์หาได้ง่ายกว่าและไม่มีค่าใช้จ่ายในการแสวงหา ซึ่งนั่นถือเป็นข้อได้เปรียบของพลังงานแสงอาทิตย์

2.7 Charge controller

จากการศึกษาคู่่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุให้กับแบตเตอรี่ซึ่งการประจุนี้จะต้องไม่ให้เกิดการประจุมากเกินไป (Over charge) ซึ่งจะมีผลทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัดทำให้เสื่อมสภาพเร็วและเมื่อแบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วก็ต้องตัดการชาร์จทันทีที่กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีรูปสัญญาณเป็นพัลส์ (Pulse) และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15-20% เนื่องจากมีค่าตัวแปรที่มาเกี่ยวข้องในกระบวนการชาร์จแบตเตอรี่ได้แก่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ความไม่คงที่ของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ป้อนให้โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากกังหันลมหรืออื่นๆ จึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผล (Microcontroller) มาทำการประมวลผลและควบคุมการทำงานวงจรชาร์จประจุและใช้วงจร PWM

(Pulse Width Modulation) มาสร้างรูปสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้การประจุแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังภาพ 2.15



ภาพ 2.15 Charge controller

ที่มา : www.epsolarpv.com

2.8 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ชาญณรงค์ (2556) กล่าวว่าปัจจุบันอินเวอร์เตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจาก แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง หรือแผงโซลาร์เซลล์ก็ได้ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้น จะเหมือนกับไฟฟ้าที่ได้จากปลั๊กไฟ ตามผนังบ้านทุกอย่าง โดย Inverter ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ พัดลม หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสตรง การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverters) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ ดังภาพ 2.16



ภาพ 2.16 อินเวอร์เตอร์

ที่มา : Pure sine wave 220 Vac 1,500W

2.8.1 การแบ่งชนิดของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ชาญณรงค์ (2556) กล่าวว่าอินเวอร์เตอร์สามารถแบ่งอินเวอร์เตอร์ออกตามคุณสมบัติหรือโครงสร้างของวงจรได้ 2 แบบดังนี้ แบ่งตามวิธีการป้อนพลังงานกลับเข้าซัพพลาย และแบ่งตามคุณสมบัติของเอาต์พุต เนื่องจากในปัจจุบันนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากยิ่งขึ้น และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ก็ได้จำกัดการใช้งานแต่เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถ เคลื่อนย้ายได้จึงเป็นสิ่งจำเป็น อินเวอร์เตอร์ทำให้ความต้องการเหล่านี้เกิดขึ้นได้ และเมื่อเราประยุกต์ เข้ากับการใช้งานอื่นๆ ก็สามารถนำอินเวอร์เตอร์ไปใช้ได้อีก เช่น การเก็บไฟฟ้าสำรองในระบบคอมพิวเตอร์

2.8.2 ประโยชน์ของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ชาญณรงค์ (2556) เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้นที่เรียกกันว่า Stand-by Power Supplies หรือ Uninterruptible Power Supplies โดยเรียกกย่อๆ ว่า UPS และสามารถใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ โดยการเปลี่ยนความถี่ เมื่อความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามสมการ $N = 120f/N$ โดยที่ $N =$ ความเร็วรอบต่อนาที $f =$ ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อวินาที และ $P =$ จำนวนขั้วของมอเตอร์ ในการควบคุมนี้ถ้า ต้องการแรงบิดคงที่ จะต้องรักษาให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์คงที่ด้วย โดยใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดกระแสตรงให้เป็น ชนิดกระแสสลับ เพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้

2.9 แบตเตอรี่ (Battery)

ชาญณรงค์ และถาวร (2556) กล่าวว่าแบตเตอรี่หมายถึง ระบบการทำงานชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยสารเคมี 3 ชนิด คือ สารเคมีจากแผ่นธาตุบวก สารเคมีจากแผ่นธาตุลบ และสารเคมีจากน้ำกรด สารเคมีทั้ง 3 นี้ เมื่อนามาทำงานร่วมกันแล้วจะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น และพลังงานนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อให้แสงสว่างในรถต่างๆ แสงสว่างในบ้านหรือ อื่นๆ ที่ต้องการพลังงานจากไฟฟ้า แบตเตอรี่แบ่งออกเป็นหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดมีวัตถุประสงค์ในการใช้งานไม่เหมือนกัน เช่น แบตเตอรี่ในเรือดำน้ำ แบตเตอรี่ในรถถัง เป็นต้น แบตเตอรี่ที่กำลังจะกล่าวถึงนี้เป็นแบตเตอรี่ในรถต่างๆ ไป ซึ่งเรียกว่า แบตเตอรี่ ส่วนประกอบสำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วน้ำกรด ประกอบด้วย เปลือกหม้อ (Container) แผ่นธาตุบวก (Positive plate) แผ่นธาตุลบ (Negative plate) แผ่นกั้น (Separator) และกรดกำมะถันชนิดเจือจาง (Sulburic acid dil) ดังภาพ 2.17



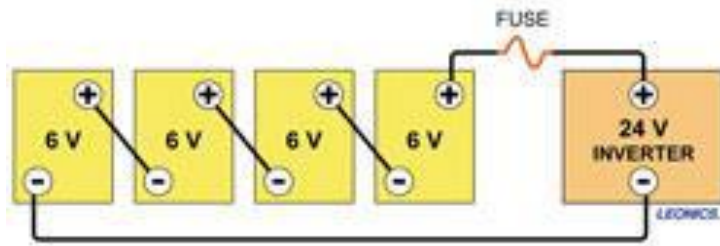
ภาพ 2.17 แบตเตอรี่

2.9.1 หลักการทำงานของแบตเตอรี่

ชาณูณรงค์ และถาวร (2556) กล่าวว่าการทำงานของชาร์จและหยุดชาร์จของวงจรนี้จะทำการตรวจวัดระดับแรงดันที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ ถ้าแรงดันไม่ถึงค่าประมาณ 11.8V หรือต่ำกว่า 11.8V ลงมา วงจรจะเริ่มทำการชาร์จประจุ แต่ถ้าแรงดันตกคร่อมถึง 12V วงจรก็จะหยุดชาร์จประจุอัตโนมัติ

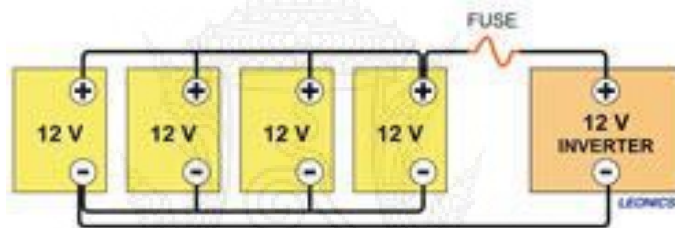
2.9.2 แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ชาณูณรงค์ และถาวร (2556) กล่าวว่าในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-Acid Battery) ด้วยเหตุผลราคาที่ถูกลงและหาซื้อได้ง่ายแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด มีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจมอยู่ในสารละลายกรดซัลฟูริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยอิเล็กตรอนออกมาจำนวนมาก เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2V แบตเตอรี่ 12V จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรมเซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ในกล่องเดียวหรือแยกกล่อง ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้นตามต้องการ ดังภาพ 2.18



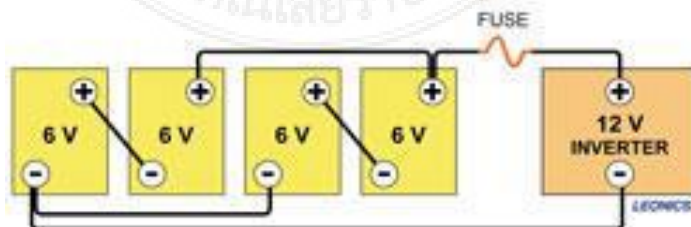
ภาพ 2.18 แสดงการต่ออนุกรมของแบตเตอรี่
ที่มา : ชาญณรงค์ และถาวร (2556)

ถ้าต้องการกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่ 2 ลูกหรือมากกว่านั้นต่อกันแบบขนานจนได้กระแสที่ต้องการ ดังภาพ 2.19



ภาพ 2.19 แสดงการต่อขนานของแบตเตอรี่
ที่มา : ชาญณรงค์ และถาวร (2556)

ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่ 2 ลูก หรือมากกว่านั้นต่อกันแบบอนุกรมจนได้แรงดันที่ต้องการ และถ้าต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน ดังภาพ 2.20



ภาพ 2.20 แสดงการต่ออนุกรมผสมกับแบบขนาน
ที่มา : ชาญณรงค์ และถาวร (2556)

2.10 แนวคิดเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.10.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

กิติพร (2553) กล่าวว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ IC (Integrated Circuit) ที่สามารถกำหนดโปรแกรมการทำงานที่ซับซ้อนได้ โดยสามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลมาทำการประมวลผลเพื่อส่งผลลัพธ์เป็นข้อมูลดิจิทัลสำหรับนำไปใช้งานได้ตามที่ต้องการ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ถือได้ว่าเป็นไมโครโพรเซสเซอร์ประเภทหนึ่งคล้ายคลึงกับหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกอยู่ในชิปที่มีหน่วยความจำเพื่อนำมาใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม แทนการใช้งานแบบต่อวงจรภายนอกเพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ โดยรวมวงจรที่จำเป็นทั้งหลายเข้าไปใน IC เดียวกันได้แก่ หน่วยความจำ อินพุตและเอาต์พุต และวงจรที่เหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรการตั้งเวลาวงจรการสื่อสาร วงจรการแปลงสัญญาณอะนาล็อกเนติจิตอล เป็นต้น

2.10.2 องค์ประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์

สุจิตร์ (2555) กล่าวว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายประเภท ซึ่งมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีทางเลือกในการนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปมี 5 องค์ประกอบพื้นฐาน ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละประเภทมีความสามารถบางอย่างที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.10.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU)

ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่งต่างๆ

2.10.2.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมหลัก ข้อมูลจะไม่สูญหายถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยง และหน่วยความจำข้อมูลที่ใช้พักข้อมูลชั่วคราวในขณะที่ทำงาน หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไป

2.10.2.3 หน่วยรับและแสดงผลข้อมูล (Input/ Output: I/O)

เป็นส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) ที่มี 2 ลักษณะ ได้แก่ พอร์ตอินพุต (Input port) ใช้รับสัญญาณ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งผลไปยังพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ที่ใช้ส่งสัญญาณ

2.10.2.4 ไทมเมอร์ (Timer)

เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ซึ่งจังหวะการทำงานที่กำหนดให้ถี่ขึ้นจะทำให้สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูงและไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลได้เร็วตาม

2.10.2.5 ช่องทางเดินของสัญญาณ (BUS)

เป็นสายสัญญาณภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้เป็นเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง CPU หน่วยความจำ และพอร์ตต่างๆ นอกจากนี้ ยังมีอาจมีตัวควบคุมการขัดขวาง (Interrupt Controller)

2.10.3 การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

กิติพร (2553) กล่าวว่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ชิป IC และระบบที่ได้มีขนาดเล็กแต่มีความซับซ้อนน้อยทำให้เกิดความผิดพลาดในการต่อวงจรลดลงและลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้ มากกว่าการใช้ชิปไมโครโพรเซสเซอร์ และใช้งานในงานควบคุมได้ง่าย จึงมักนิยมนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง

2.11 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ

2.11.1 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัย

จากการศึกษาข้อมูลการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2554) พบว่าสำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยรวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียวอัตราปกติ ดังตาราง 2.5 ดังตาราง 2.6 และดังตาราง 2.7

ตาราง 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0-15)	1.8632
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16-25)	2.5026
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35)	2.7549
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100)	3.1381
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150)	3.2315
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	3.7362
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361

ตาราง 2.6 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0-150)	2.7628
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	3.7362
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361

ตาราง 2.7 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate : TOU)

ระดับแรงดัน	Peak	Off Peak	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1) แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	4.5827	2.1495	312.24
2) แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	5.2674	2.1827	38.22

2.12 การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) พบว่าในการตัดสินใจว่าจะเลือกลงทุนในโครงการลงทุนใหม่หรือไม่นั้น เราจะเน้นที่กระแสเงินสดของโครงการลงทุน ซึ่งกระแสเงินสดของโครงการลงทุนนั้นจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนนั้น

2.12.1 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)

จากการศึกษาคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) (2559) กล่าวว่า ระยะเวลาการคืนทุน คือระยะเวลาที่บริษัทจะได้รับจำนวนเงินกลับคืนเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน เนื่องจากวิธีระยะเวลาคืนทุนนี้จะทำการวัดว่าโครงการทุนจะได้เงินกลับคืนมาเร็วมากน้อยอย่างไรในการตัดสินใจโครงการลงทุนนั้นพิจารณาว่าโครงการลงทุนนั้นใช้ระยะเวลาน้อยหรือเท่ากับระยะเวลาคืนทุนตามบริษัทต้องการหรือไม่สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังสมการ 2.1

ข้อดี

1. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนนั้นจะใช้กระแสเงินสด (Cash Flows) ไม่ใช่กำไรทางบัญชี ซึ่งจะเน้นให้เห็นถึงผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการลงทุนที่เกิดขึ้นในเวลาที่เหมาะสม
2. ระยะเวลาคืนทุนนี้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและง่ายต่อการคำนวณ
3. ระยะเวลาการคืนทุนใช้เป็นเครื่องมือในการคัดสรรโครงการลงทุนที่น่าสนใจเบื้องต้น

ข้อเสีย

1. วิธีระยะเวลาคืนทุนไม่ได้คำนึงถึงแนวคิดเกี่ยวกับมูลค่าเงินตามเวลา (Time Value Of Money)
2. วิธีระยะเวลาการคืนทุนไม่ได้สนใจว่ากระแสเงินสดที่ได้รับหลังจากคืนทุนแล้วจะเป็นอย่างไร

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน} + \text{Cost}}{\text{ผลประโยชน์รายปี} - \text{ค่าใช้จ่ายรายปี}} \quad (2.1)$$

2.13 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

ฐิติมา (2553) กล่าวว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ คือการพิจารณาว่าข้อมูลหรือปัจจัยสำคัญบางตัวในโครงการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยน โดยใช้วิธี Cost – benefit analysis ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยการวัดความคุ้มค่าของโครงการ โดยการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์ (benefit) และ/หรือผลตอบแทน (return) กับต้นทุน (cost) ของโครงการเป็นหลักเกณฑ์ตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ซึ่งประกอบด้วย NPV BCR และ IRR นั้น ตัวแปรที่ใช้ในการวัดมูลค่าผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการได้มาโดยกำหนดล่วงหน้าว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต และกำหนดให้ตัวแปรเหล่านั้นมีค่าที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงการคาดการณ์เกี่ยวกับอนาคตนั้นจะต้องพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้น และจะทำให้การวิเคราะห์มีโอกาสผิดพลาดได้ ถ้าหากโครงการต้องเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่กำหนดขึ้นล่วงหน้า ดังนั้น จะต้องมีการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อดูว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้าเหตุการณ์ต่างๆ ตามที่กำหนดไว้เปลี่ยนแปลงไป

2.14 เครื่องมือทดสอบ

Solar PV150 PV Installation Test Kit ชุดเครื่องมือตรวจสอบการติดตั้ง ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้งานง่าย มีความปลอดภัยสูง เพียงเชื่อมต่อ โดยตรงเข้ากับระบบก็สามารถตรวจสอบแรงดันวงจรเปิด, กระแสสูงสุดเมื่อลัดวงจร และความต้านทานฉนวน ได้ทันทีด้วยปุ่มกดเดียว ประกอบไปด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้ เครื่องทดสอบการติดตั้ง (PV150 Solar Installation Tester) โพรบวัดกระแส (AC/DC Current Clamp) เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Survey 200R) อุปกรณ์ประกอบ เช่น Probe & Cable connector with MC3 or MC4 ดังภาพ 2.21



ภาพ 2.21 เครื่องมือทดสอบ Solar PV150 PV Installation Test Kit
ที่มา : SEWARD

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

दनัย นิมนวลเกตุ และคณะ (2555) การสร้างและหาประสิทธิภาพพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผู้สูงอายุ เพื่อผู้สูงอายุ เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุเดินทางได้สะดวกโดยยังคงใช้รูปแบบของรถจักรยานสามล้อเติมพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผู้สูงอายุ มีลักษณะเป็นรถ 3 ล้อ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังในการ ขับเคลื่อน สามารถเพิ่มหรือลดความเร็วได้ ใช้เซลล์แสงอาทิตย์หรือไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ในการประจุ และมีการนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรถ สามารถทำความเร็ว 31.7 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง และ 30.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้ำหนัก 50 กิโลกรัม และ 80 กิโลกรัม ตามลำดับความเร็วต่ำสุดได้ 2.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถวิ่งได้ 11 กิโลเมตรต่อแบตเตอรี่ 1 ชุด ที่น้ำหนัก 65 กิโลกรัม ระยะเบรกเฉลี่ยที่ 6.65 เมตร ที่ความเร็ว 5 ถึง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ชุดประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ที่ความเข้มแสง 101,200 ลักซ์ และ 12 ชั่วโมงจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ มุมรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในช่วง 12 ถึง 22 องศา

ไพสิฐ ตันทุลพงษ์ (2554) จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,200W ต่อ ตารางเมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศา C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000W ต่อ ตารางเมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศา C แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วได้นำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์

วัฒน์พงษ์ รักษ์วิเชียร และคณะ (2536) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ จากสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ บ้านเด่นไม้ซุง อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก เพื่อศึกษารวบรวม ข้อมูลทางเทคนิคการผลิตพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บ้านเด่นไม้ซุง ซึ่งผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดในเดือนมีนาคม มีค่าประมาณ 233.93 kWh/day และผลิตได้ต่ำสุดประมาณ 129.30 kWh/day ในเดือนตุลาคม

มหาวิทยาลัยนเรศวร (2542) โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ ได้รับทุนวิจัยจากสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี 2539 – 2542 เพื่อดำเนินการวิจัยในโครงการประเมินความเหมาะสมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศ พบว่า ณ สิ้นปี 2542 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่ในประเทศมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งรวมอยู่ประมาณ 4.4 MWp ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสูบน้ำและระบบประจุแบตเตอรี่ พบว่ามีประสิทธิภาพของระบบเป็น 5.7% และ 1.3% ตามลำดับ การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาจากอายุการใช้งานของระบบ 20 ปี จะได้

ราคาน้ำต่อหน่วยของระบบ สูบน้ำด้วยตัวแทนเท่ากับ 18.97 บาท / ลูกบาศก์เมตร และราคาค่าไฟฟ้า ต่อหน่วยของระบบประจุแบตเตอรี่เท่ากับ 35.58 บาท / kWh ผลการศึกษา Sensitivity analysis แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนอัตราส่วน ลด จะมีผลต่อราคาต่อหน่วยของน้ำและราคาต่อหน่วยของไฟฟ้า มากกว่าการเปลี่ยนแปลงราคาแผงเซลล์

อนุชา หิรัญวัฒน์ และคณะ (2551) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ควบคุมโปรแกรมการทำงานของระบบที่มีความซับซ้อนได้อย่างลงตัว โดยสามารถ รับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปแล้วทำการประมวลผลเพื่อส่งผลลัพธ์ออกมาเป็นข้อมูลดิจิทัล สำหรับการนำไปใช้งานได้ตามที่ต้องการซึ่งมีขนาดเล็กและราคาถูกแต่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง จึงได้รับความนิยมใช้

สุจิตร์ สุราช (2555) ทำการศึกษาระบบควบคุมอุณหภูมิเตาอบแห้งข้าวหนึ่ง (ข้าวฮางอก) ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยพบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิเตาอบแห้งข้าวหนึ่ง (ข้าวฮางอก) ด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตข้าวหนึ่ง (ข้าวฮางอก) ได้จริงจาก ความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิที่ช่วยลดความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งถาดอบส่งผลทำให้ข้าว เติบโตมีคุณภาพดีไม่แตกข้าว

สุจิตร์ สุราช (2555) ได้ทำการศึกษาระบบควบคุมอุณหภูมิเตาอบแห้งข้าวหนึ่ง (ข้าวฮางอก) ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิเตาอบแห้ง ข้าวหนึ่งด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และสืบค้นประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบแห้ง ข้าวหนึ่งเพื่อให้ได้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง ผลการศึกษาพบว่าเมล็ด ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องที่ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ใช้ระยะเวลาสั้นกว่า และสามารถควบคุมอุณหภูมิสภาวะการลดความชื้นได้สม่ำเสมอทั่วทั้งถาดอบ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งโดยธรรมชาติ

กิติพร พาวังราช (2553) ทำการพัฒนาาระบบควบคุม PWM ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับวงจรดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์ โดยพบว่าระบบควบคุม PWM ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถ ควบคุมการทำงานวงจรได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับระบบควบคุมอนาล็อกแบบเดิม ที่มีความยุ่งยากในการออกแบบ

กระทรวงพลังงาน (2559) กล่าวถึงพลังงานสะอาดที่ได้จากดวงอาทิตย์ที่ไม่มีวันหมด การ ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ ชนิดของโซลาร์เซลล์ หลักการทำงานรวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับระบบโซ ลาร์เซลล์ และการคิดความคุ้มค่าต่อการลงทุน

จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า 9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความเกี่ยวข้องกับการทำงาน ของโซลาร์เซลล์และอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ และการวิเคราะห์ต่าง ที่สามารถนำ แนวทาง และผลการศึกษาอ้างอิงต่อยอดได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

การทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

การศึกษาค้นคว้ามุ่งเน้นการศึกษาการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ และแหล่งพลังงานที่ใช้เพื่อนำไปออกแบบแหล่งผลิตพลังงานสะอาดที่จะใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ โดยผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินวิจัยไว้ ดังนี้

- 3.1 ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
- 3.2 การออกแบบและหลักการทำงานที่สำคัญ
- 3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด
- 3.4 แบบร่างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

3.1 ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

3.1.1 การออกแบบ

ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ มุ่งเน้นการตอบสนองการใช้งานในเขตชุมชนเมือง ซึ่งมีปัญหาเรื่องการจราจร มลภาวะ และพื้นที่ของการจอดรถมีจำกัด โดยโครงสร้างมีขนาดเล็ก แข็งแรง รองรับน้ำหนักได้ดี

3.1.2 ระบบขับเคลื่อนและแหล่งพลังงาน

มีระบบการขับเคลื่อนและส่งกำลังที่มีกำลังขับเคลื่อน ซึ่งสามารถทำความเร็วได้ตามความต้องการที่ 50-70 กิโลเมตร/ชั่วโมง

3.1.3 การควบคุม

การสั่งงานและการควบคุม เป็นระบบที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้สะดวก

3.2 การออกแบบและหลักการทำงานที่สำคัญ

3.2.1 ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

มีส่วนประกอบสำคัญโดยแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้ โครงสร้าง มีส่วนประกอบย่อยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระบบช่วงล่าง ระบบบังคับเลี้ยว ระบบหยุดรถ โครงสร้าง และตัวถัง ระบบขับเคลื่อน และแหล่งพลังงาน มีส่วนประกอบย่อยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มอเตอร์ ระบบส่งกำลัง และแบตเตอรี่ ระบบควบคุม มีส่วนประกอบย่อยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ชุดควบคุมความเร็ว ชุดยืนยันตัวตน และชุดทำความเย็น ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ส่วนประกอบหลักของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

ส่วนโครงสร้าง	ส่วนระบบขับเคลื่อนและแหล่งพลังงาน	ส่วนควบคุม
ระบบช่วงล่าง	มอเตอร์	ชุดควบคุมความเร็ว
ระบบบังคับเลี้ยว	ระบบส่งกำลัง	ชุดยืนยันตัวตน
ระบบหยุดรถ	แบตเตอรี่	ชุดทำความเย็น
โครงสร้าง		
ตัวถัง		

3.2.1.1 ส่วนโครงสร้าง แบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

ระบบกันสะเทือน ช่วงล่าง เป็นระบบการรับน้ำหนักจากโครง โดยใช้แบบแม็คเฟอร์สันสตรัท อิสระ 4 ล้อ ที่มีพร้อมดุมล้อและเบรกติดตั้งในชุดเดียวกัน โดยมีลักษณะ ดังภาพ 3.1



ภาพ 3.1 ระบบกันสะเทือน แบบแม็คเฟอร์สันสตรัท

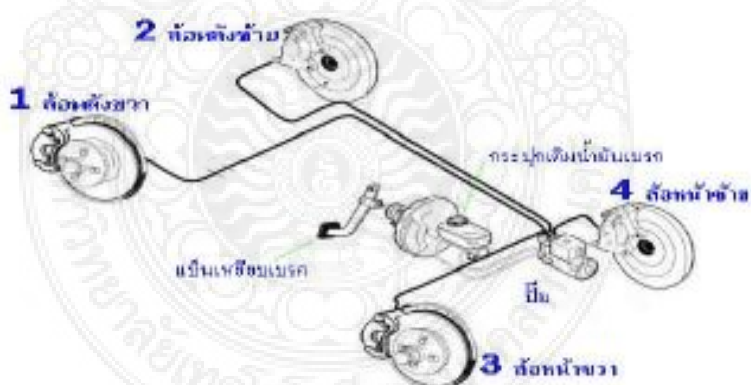
ที่มา : สมชาย (2560)

ระบบบังคับเลี้ยว เป็นระบบแรคแอนด์พีนเนียน บังคับตรงจากพวงมาลัย ต่อเชื่อมสู่คั่นชักคั่นส่ง โดยใช้ลูกหมากเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งมีข้อดีในเรื่องขนาดกะทัดรัด และใช้พื้นที่น้อยในการติดตั้ง ดังภาพ 3.2



ภาพ 3.2 ระบบบังคับเลี้ยวแรคแอนด์พีนเนียน
ที่มา : สมชาย (2560)

ระบบหยุดรถ เป็นระบบหยุดรถแบบ 1 ลูกสูบ ควบคุมการทำงานด้วยไฮดรอลิก พร้อมด้วยคาลิเปอร์ติดตั้งที่คุมล้อพร้อมชุดแม่คเฟอร์สันตรัท ดังภาพ 3.3



ภาพ 3.3 ระบบหยุดรถแบบ 1 ลูกสูบ
ที่มา : สมชาย (2560)

โครงรถ โครงยานยนต์ไฟฟ้า ทำจากเหล็กกลมเกรด SS400 ซึ่งหาซื้อได้ง่าย และมีคุณภาพที่แข็งแรง เหล็ก SS400 มีค่าแรงกระทำให้เสียรูปอยู่ที่ 235 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีค่าของการทนต่อแรงดึงอยู่ที่ 400-510 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

ตัวถัง ทำจากเหล็กแผ่นขึ้นรูปร่วมกับไฟเบอร์ มีน้ำหนักเบา

3.2.1.2 ส่วนระบบขับเคลื่อนและแหล่งพลังงาน

ระบบขับเคลื่อนและแหล่งพลังงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้
 มอเตอร์ ส่วนสำคัญหลักในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีการเลือกใช้
 งานมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ หรืออินดักชัน (AC Induction motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์ระบบไฟฟ้า
 กระแสสลับ

ระบบส่งกำลัง ใช้ระบบเกียร์อัตโนมัติ (Automatic transmission) ช่วยใน
 การผ่อนแรงการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน

แบตเตอรี่ ใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอรอนฟอสเฟต (Lithium Iron Phosphate)
 ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ

3.2.1.3 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้
 ชุดควบคุมความเร็ว ใช้ระบบควบคุมความเร็ว (Speed Controller) เป็น
 การควบคุมแบบ Vector Control โดยใช้ MOSFET ซึ่งมีการตรวจจับความเร็ว (Speed Sensor)

ชุดยืนยันตัวตน ใช้เทคโนโลยีของการพิสูจน์ตัวตนที่เป็นลักษณะเฉพาะของ
 แต่ละบุคคล (Biometric Technology) โดยเลือกเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยสูงและเสถียร ดังภาพ 3.4



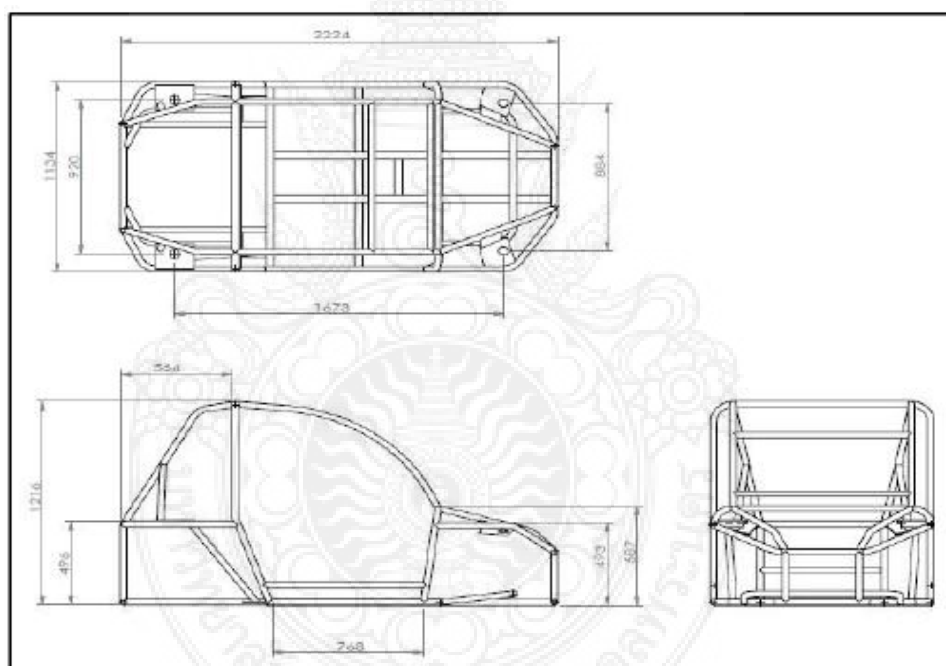
ภาพ 3.4 ลักษณะของเส้นเลือดดำที่ลายนิ้วมือ
 ที่มา : สมชาย (2560)

ชุดทำความเย็น ใช้อุปกรณ์ในการทำความเย็น โดยที่ไม่ต้องมีสารทำความเย็น และมีน้ำหนักเบาติดตั้งง่ายสะดวกในการใช้งานจริง ได้มีการเลือกใช้งานอุปกรณ์ประเภทเซมิคอนดักเตอร์ (Semi-Conductor) ที่เรียกว่า เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (Thermoelectric Cooler) มาใช้งาน

3.3 การออกแบบเพื่อกำหนดรายละเอียด

3.3.1 การกำหนดขนาดยานยนต์ไฟฟ้า

เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ เป็นยานยนต์ที่ตอบสนองการใช้งานในเขตชุมชนหรือเขตเมือง เพื่อเป็นการลดมลพิษทางอากาศจึงได้กำหนดให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด เหมาะสมสำหรับ 2 ที่นั่ง ดังภาพ 3.5



ภาพ 3.5 แบบโครงสร้างของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

ที่มา : สมชาย (2560)

3.3.2 การกำหนดขนาดระบบขับเคลื่อน

ยานยนต์ไฟฟ้าฟ้าใช้มอเตอร์ที่เป็นระบบเหนี่ยวนำ (Induction motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลัง 7.5 kW แรงดัน 72 V 116 Hz โดยมีความเร็วรอบปกติอยู่ที่ 3,400 รอบต่อนาที ดังภาพ 3.6



ภาพ 3.6 มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

ที่มา : สมชาย (2560)

3.3.3 การกำหนดแหล่งพลังงาน

แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ชนิด ลิเทียมไอร่อนฟอสเฟต (Lithium Iron Phosphate หรือ LiFePO_4) เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกคิดค้นขึ้นมาใหม่ ในตระกูลลิเทียม โดยการพัฒนาต่อยอดมาจาก ลิเทียมโคบอลออกไซด์ (LiCoO_2) ซึ่งจุดเด่นในเรื่องของการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้งานที่เสถียรกว่าแบตเตอรี่ลิเทียมชนิดอื่น และมีรอบการประจุไฟฟ้าซ้ำ (Life Cycle) ได้ ถึง 2,000 ครั้ง รวมถึงการทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้เป็นอย่างดี ไม่ทำให้ความร้อนมาก หรือเกิดการระเบิดได้ (แบตเตอรี่จำนวน 6 ก้อน) ดังภาพ 3.7

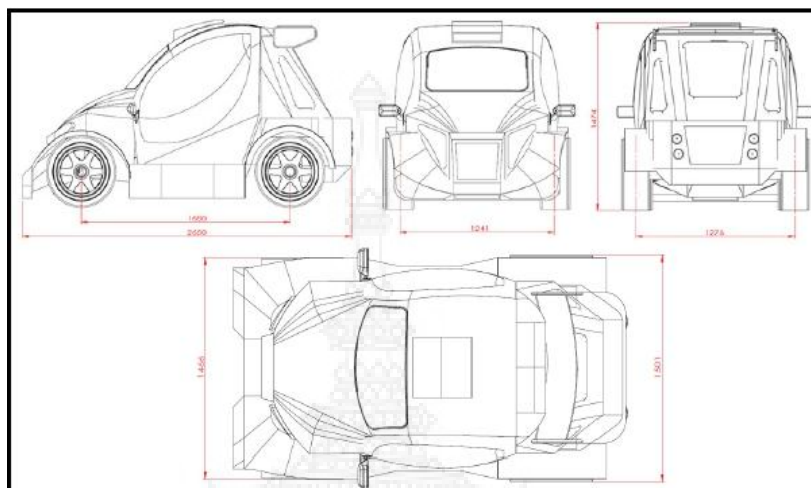


ภาพ 3.7 แบตเตอรี่แบบลิเทียมไอร่อนฟอสเฟต

ที่มา : สมชาย (2560)

3.4 แบบร่างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

เพื่อให้สามารถรองรับผู้โดยสารได้ 2 ท่านและตอบสนองการใช้งานในเขตเมืองหรือชุมชน โดยคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยจึงได้ลักษณะของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ดังภาพ 3.8



ภาพ 3.8 ลักษณะของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

ที่มา : สมชาย (2560)

จากการศึกษาการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พบว่ายานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบดังกล่าวยังต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอกอยู่ โดยที่ไม่มีแหล่งผลิตพลังงานเป็นของตนเอง ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ไปออกแบบระบบผลิตพลังงานภายในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ในที่นี้ผู้วิจัยเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตพลังงานทดแทนได้อย่างเพียงพอ ให้กับยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

บทที่ 4

การออกแบบวิศวกรรมและการสร้างต้นแบบ

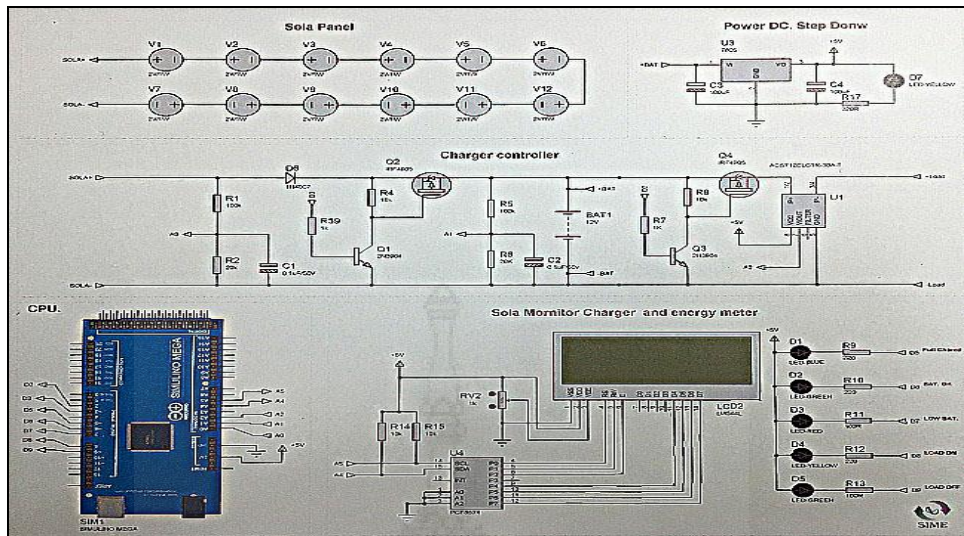
การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษา การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ การทดลองและทดสอบ และแนวทางการยื่นขอจดสิทธิบัตรโดยผู้วิจัยได้ดำเนินการกระบวนการทดลองไว้ ดังนี้

- 4.1 การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์
- 4.2 การพัฒนางจรโซลาร์เซลล์
- 4.3 กระบวนการทดลองและทดสอบ
- 4.4 แนวทางการยื่นขอจดสิทธิบัตร

4.1 การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์

4.1.1 การออกแบบ

การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ จำเป็นต้องมีการเตรียมการตามลำดับ และขั้นตอนในการออกแบบ เพื่อให้มีแนวทางในการดำเนินงานที่ชัดเจน และเป็นระบบ ดังนั้น จึงได้ออกแบบผังวงจรเชื่อมต่อที่จะนำไปติดตั้งก่อนทดลองประกอบจริง โดยใช้โปรแกรม Auto Cad ซึ่งได้ออกแบบการเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์แบบเชื่อมต่ออนุกรม และต่อเข้ากับวงจร Power DC เพื่อเพิ่มแรงดันพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ หลังจากนั้นนำไปต่อเข้ากับวงจร Charger Controller เพื่อควบคุมการชาร์จกระแสไฟฟ้า และนำไปต่อเข้ากับวงจร Arduino Mega 2560 - R3 ซึ่งเป็นวงจรควบคุมและสั่งการส่วนกลาง เพื่อการประมวลผลและสั่งการภายในวงจร สุดท้ายนำไปต่อเข้ากับจอแสดงผล I2C LCD เพื่อให้แสดงผลกลับที่ได้ ดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 ผังวงจรไดอะแกรม การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

4.1.2 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยที่ได้มาจากการทดลองออกแบบ โดยใช้โปรแกรม Auto Cad และการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

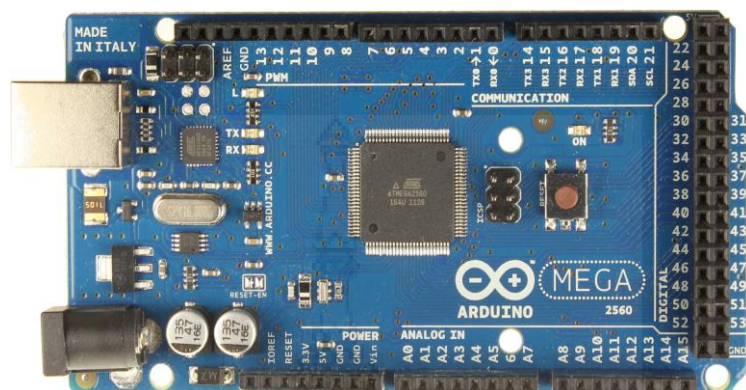
4.1.2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

1. เซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ทิน ฟิล์ม (Solar Thin Film) แบบตัดโค้งได้ ขนาด 19.2×9.5 เซนติเมตร $2V/1W$ จำนวน 80 เซลล์ เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้า ดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 เซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ทิน ฟิล์ม (Solar Thin Film)

2. วงจร Arduino Mega 2560 - R3 ขนาด 101.52 x 53.3 มิลลิเมตร
จำนวน 1 วงจร ทำหน้าที่ควบคุม และสั่งการในการทำงานของแผงวงจร ดังภาพ 4.3



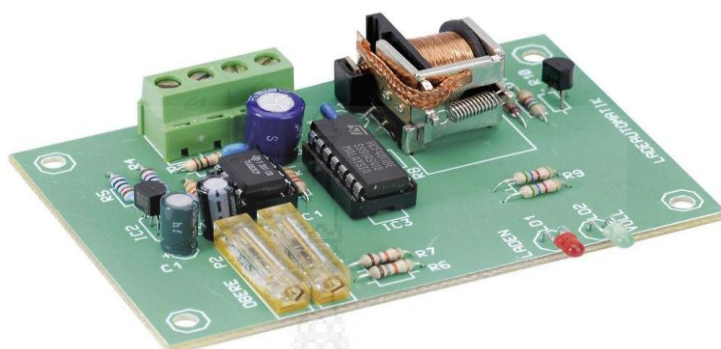
ภาพ 4.3 วงจร Arduino Mega 2560 - R3

3. วงจร Power DC จำนวน 1 วงจร เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มแรงดันไฟภายใน
แผงวงจร ดังภาพ 4.4



ภาพ 4.4 วงจร Power DC

4. วงจร Charger Controller จำนวน 1 วงจร เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จกระแสไฟฟ้าไม่ให้จ่ายกระแสไฟฟ้าไหลตเกิน ดังภาพ 4.5



ภาพ 4.5 วงจร Charger Controller

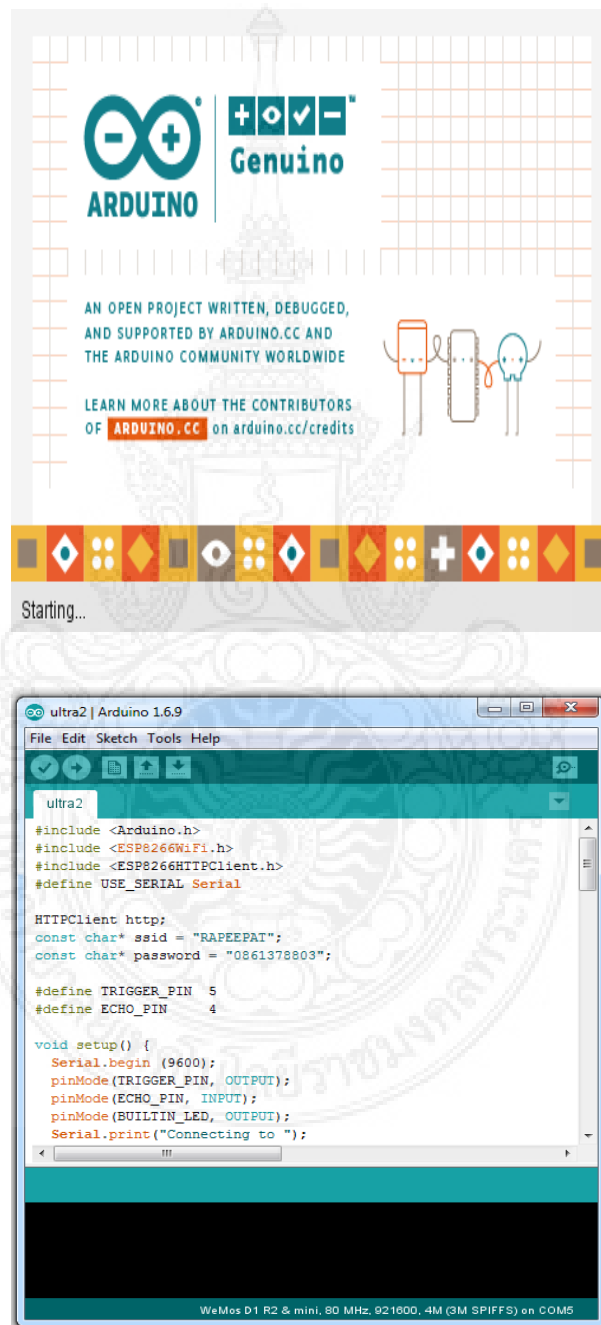
5. จอแสดงผล I2C LCD ขนาด 20 x 4 จำนวน 1 จอ ทำหน้าที่แสดงผลการทำงานของวงจร ดังภาพ 4.6



ภาพ 4.6 จอ I2C LCD

4.1.2.2 อุปกรณ์ซอฟต์แวร์

1. โปรแกรม Arduino-1.6.9-windows ใช้ทำหน้าที่เขียนและคอมไพล์โปรแกรมให้กับบอร์ด ESP8266 หรือบอร์ดอื่นๆ ผ่านทาง Arduino ใช้ภาษาหลักการของภาษา C++ ครอบด้วยภาษาของ Arduino ดังภาพ 4.7

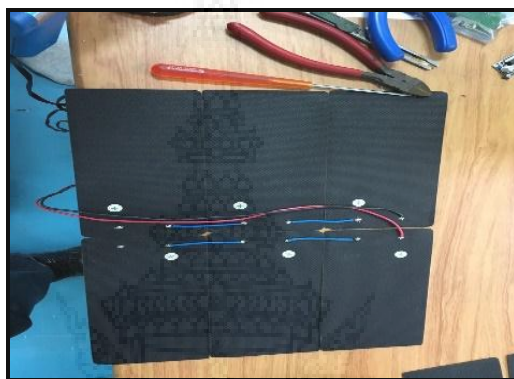


ภาพ 4.7 โปรแกรม Arduino-1.6.9-windows

4.2 การพัฒนางจรโซล่าเซลล์

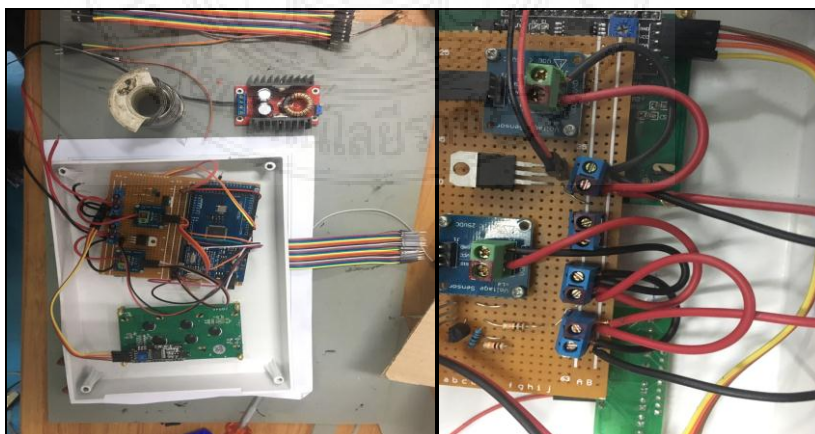
จากการออกแบบวงจรโซล่าเซลล์โดยใช้โปรแกรม Auto Cad จึงนำมาสู่ขั้นตอนต่อไปคือ การพัฒนางจรโซล่าเซลล์ เพื่อนำไปติดตั้งยังรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำแผงโซล่าเซลล์ทินฟิล์ม 2V/1W มาเชื่อมต่อแบบอนุกรม ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพ 4.8



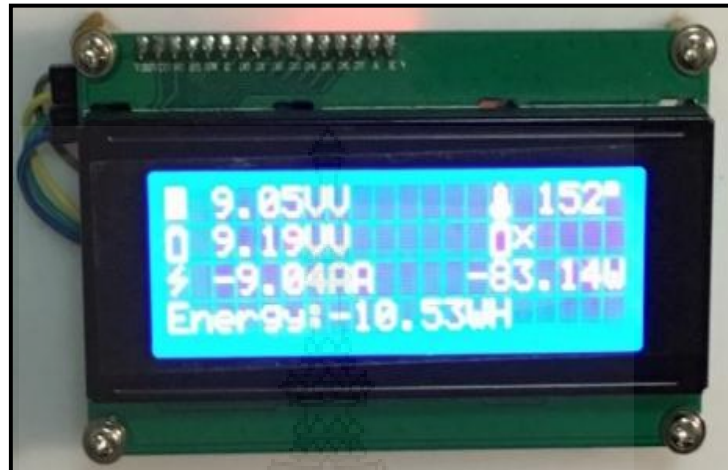
ภาพ 4.8 การเชื่อมต่ออนุกรมเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์ม

2. หลังจากเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์ทินฟิล์มเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาต่อเข้ากับวงจร Power DC และนำมาต่อเข้ากับวงจร Charger Controller และต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง Arduino Mega 2560 - R3 ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพ 4.9 โดยออกแบบหน่วยประมวลผลกลาง ให้เก็บข้อมูลอุณหภูมิ แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า และทำการแสดงผลต่อไป



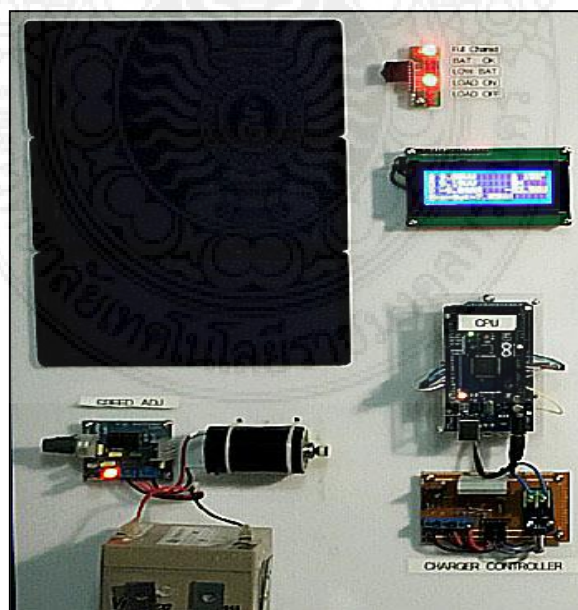
ภาพ 4.9 การต่อแผงวงจร Charger Controller และ Arduino Mega 2560 - R3

3. จากที่ได้ออกแบบวงจรเข้าด้วยกันแล้ว หลังจากนั้นนำแผงวงจรต่อเข้ากับจอแสดงผล I2C LCD ดังภาพ 4.10 เพื่อให้แสดงผลการทำงานของแผงวงจร ตามผังวงจรไดอะแกรมที่ได้ออกแบบไว้



ภาพ 4.10 ต่อแผงวงจรเข้ากับจอแสดงผล I2C LCD

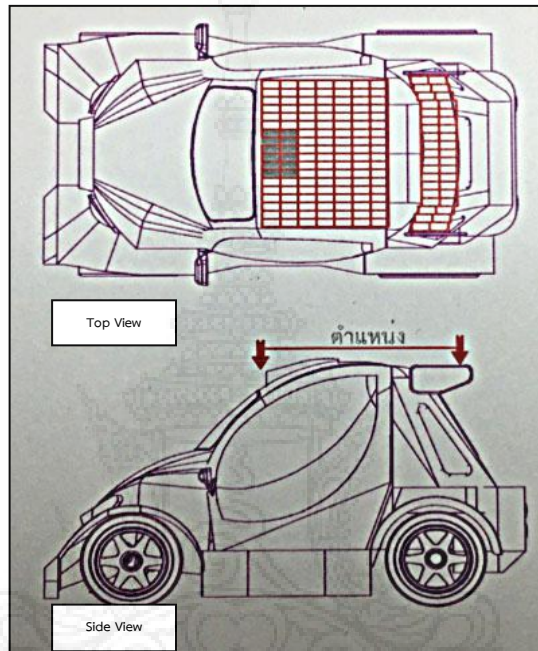
หลังจากออกแบบวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้วนำอุปกรณ์มาประกอบรวมกัน ดังภาพ 4.11 เบื้องต้นทดสอบการจ่ายไฟฟ้าแล้วสามารถทำงานได้ ดังภาพ 4.11 พร้อมทั้งจะนำไปติดตั้งบนรถยนต์กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ต่อไป



ภาพ 4.11 การทำงานของอุปกรณ์หลังเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

4.3 กระบวนการทดลองและทดสอบ

โดยนำแผงวงจรโซล่าเซลล์ที่ได้ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังภาพ 4.11 มาติดตั้งเข้ากับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยจะติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บริเวณบนหลังคารถยนต์ และเข้ารูปตามแบบของหลังคารถยนต์เพื่อให้เกิดความสวยงาม ตามที่ได้ออกแบบไว้ดังภาพ 4.12 ดังนี้



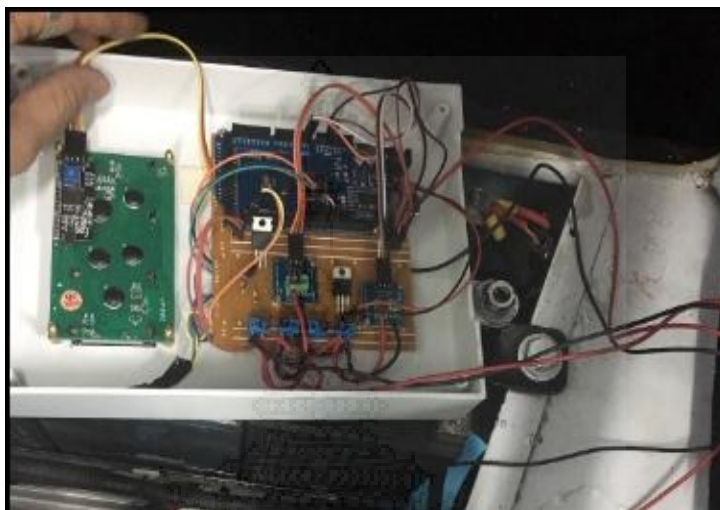
ภาพ 4.12 แบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บริเวณบนหลังคารถยนต์

1. การนำแผงวงจรโซล่าเซลล์มาติดตั้งบริเวณบนหลังคารถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และเข้ารูปตามแบบของหลังคารถยนต์ โดยใช้ซีรีโคนในการเข้ารูปเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกและน้ำเข้ามาทำความเสียหายให้กับแผงวงจรโซล่าเซลล์ ดังภาพ 4.13



ภาพ 4.13 การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

2. หลังจากที่ได้ติดตั้งโซล่าเซลล์บริเวณบนหลังคารถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปนำแผงวงจรที่ได้ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังภาพ 4.9 มาติดตั้งยังบริเวณคอนโซลท้ายของรถยนต์ ดังภาพ 4.14



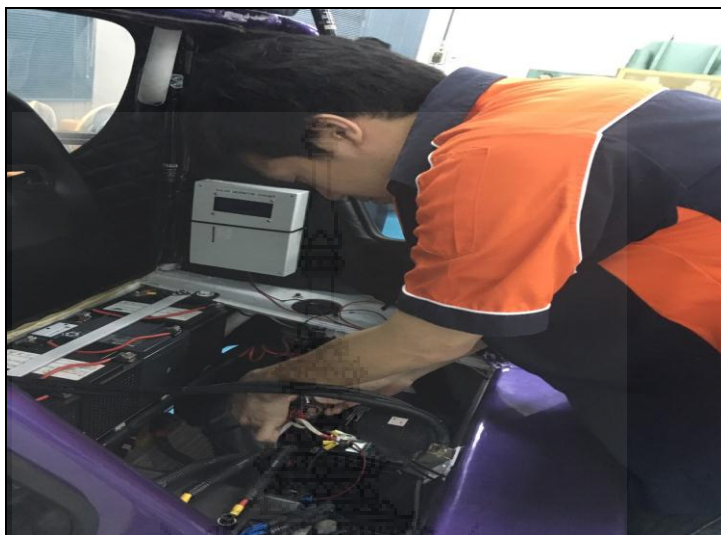
ภาพ 4.14 การติดตั้งแผงวงจรของโซล่าเซลล์บริเวณคอนโซลท้ายรถยนต์

3. หลังจากที่ได้ติดตั้งแผงวงจรโซล่าเซลล์บริเวณคอนโซลท้ายของรถยนต์ ดังภาพ 4.14 เสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาเชื่อมต่อเข้ากับฟิว ดังภาพ 4.15 เพื่อป้องกันเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นในกรณีไฟฟาลัดวงจรหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดแก่ชิ้นงานได้



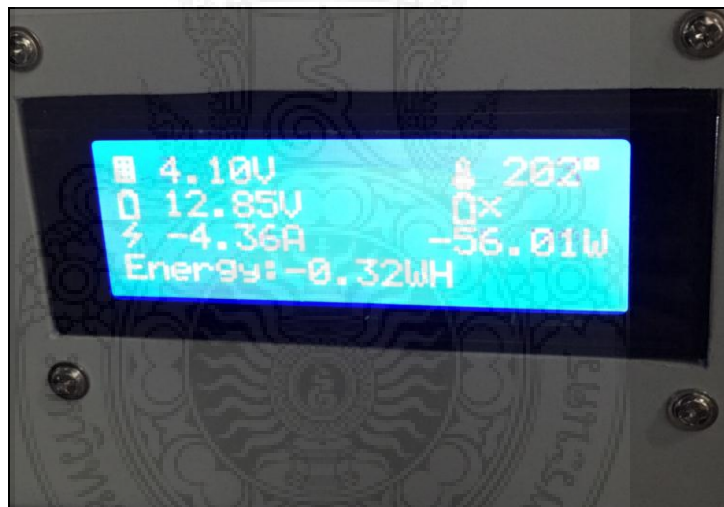
ภาพ 4.15 ต่อแผงวงจรเข้ากับฟิว

4. เมื่อเชื่อมต่อแผงวงจรโซล่าเซลล์เข้ากับฟิวส์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังภาพ 4.15 สามารถนำแผงวงจรโซล่าเซลล์เชื่อมต่อเข้ากับแบตเตอรี่ของรถยนต์ได้ทันที ดังภาพ 4.16



ภาพ 4.16 เชื่อมต่อแผงวงจรโซล่าเซลล์เข้ากับแบตเตอรี่ของรถยนต์

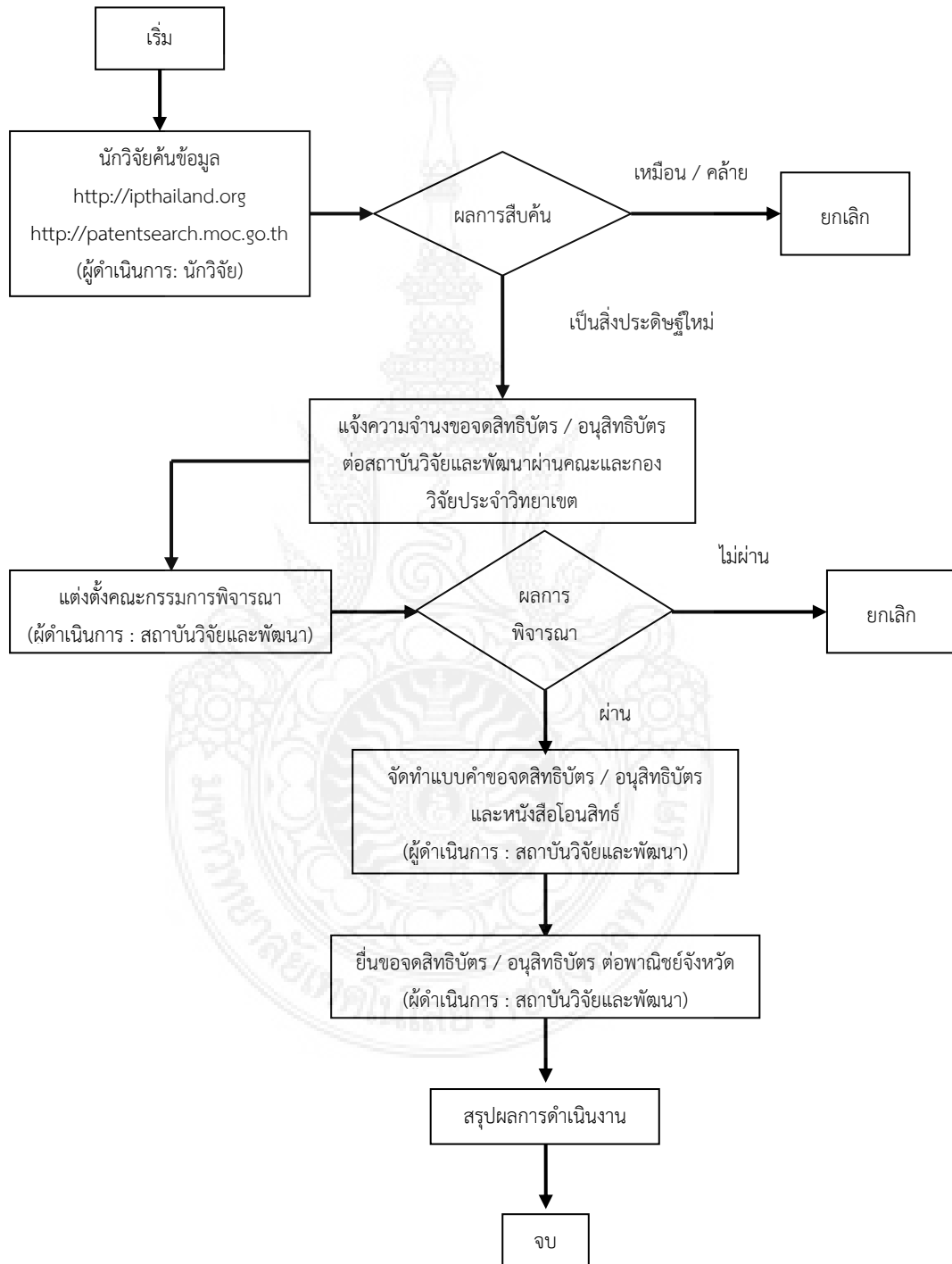
5. เมื่อเชื่อมต่อแผงวงจรโซล่าเซลล์เข้ากับแบตเตอรี่ของรถยนต์ ดังภาพ 4.16 เสร็จเรียบร้อยแล้ว และทดสอบการทำงานของแผงวงจรโซล่าเซลล์ ดังภาพ 4.17



ภาพ 4.17 ทดสอบการทำงานชิ้นงาน

4.4 แนวทางการยื่นขอจดสิทธิบัตร

จากการศึกษาแนวทางการยื่นขอจดสิทธิบัตรและวิธีการขอจดสิทธิบัตร จึงสามารถวางแผนทางการยื่นขอจดสิทธิบัตรได้ ดังภาพ 4.18



ภาพ 4.18 ขั้นตอนการยื่นขอจดสิทธิบัตร และอนุสิทธิบัตร

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการนำแผงวงจรโซล่าเซลล์ที่ได้ทดสอบแล้วมาติดตั้งยังรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตั้งแต่กระบวนการนำแผงโซล่าเซลล์มาติดตั้งบริเวณบนหลังคารถยนต์ การเชื่อมต่อระบบแผงวงจร และการทดสอบ รวมไปถึงอธิบายแนวทางการยื่นขอจดสิทธิบัตร ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนจบกระบวนการยื่นขอจดสิทธิบัตร



บทที่ 5

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนบนรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ผลการศึกษาด้านการออกแบบ และพัฒนางจรโซลาร์เซลล์

5.2 ผลการทดสอบ

5.1 ผลการศึกษาด้านการออกแบบ และพัฒนางจรโซลาร์เซลล์

การจากออกแบบ และการพัฒนางจรโซลาร์เซลล์ พบว่าแผงวงจรโซลาร์เซลล์ดังกล่าวสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ได้ 5A ต่อ 1 ชั่วโมง ในระยะเวลาสมมุติฐานการทดลอง 6 ชั่วโมง/วัน

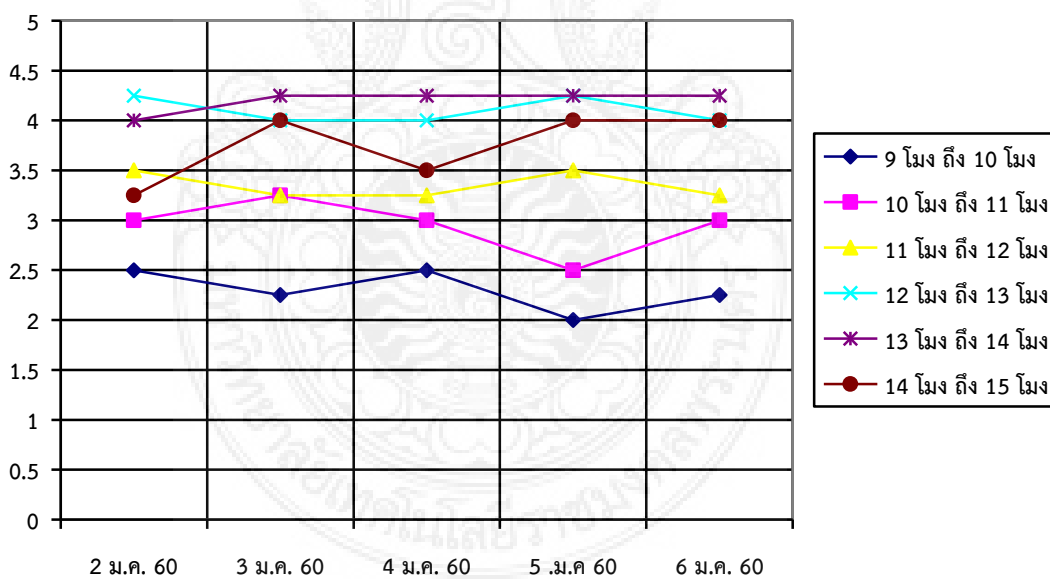
5.2 ผลการทดสอบ

จากที่ได้นำแผงวงจรโซลาร์เซลล์จากการออกแบบ และพัฒนาไปติดตั้งยังรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พบว่าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติ ได้ตามวัตถุประสงค์ โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 5 วัน ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2560 ถึงวันที่ 6 มกราคม 2560 ซึ่งในแต่ละวันจะใช้ 6 ชั่วโมงในการทดสอบ โดยค่าที่ได้จะแสดงหน่วยเป็น A (Amp) และแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้ใน 1 ชั่วโมง ดังตาราง 5.1 จากค่าที่ได้จึงสามารถสรุปได้ว่าจะต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม ทั้งหมด 480 เซลล์ ถึงจะสามารถชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตาราง 5.1 การทดสอบการใช้งานแผงวงจรโซล่าเซลล์

ว/ด/ป	ระยะเวลา					
	9.00 น.-	10.00 น.-	11.00 น.-	12.00 น.-	13.00 น.-	14.00 น.-
	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
2 ม.ค. 60	2.5A	3A	3.5A	4.25A	4A	3.25A
3 ม.ค. 60	2.25A	3.25A	3.25A	4A	4.25A	4A
4 ม.ค. 60	2.5A	3A	3.25A	4A	4.25A	3.5A
5 ม.ค. 60	2A	2.5A	3.5A	4.25A	4.25A	4A
6 ม.ค. 60	2.25A	3A	3.25A	4A	4.25A	4A

จากตาราง 5.1 แสดงการทดสอบใช้งานแผงวงจรโซล่าเซลล์ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2560 ถึงวันที่ 6 มกราคม 2560 ซึ่งในแต่ละวันจะใช้ 6 ชั่วโมง ในการทดสอบ โดยค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 2A ถึง 4.25A ตามแต่ช่วงเวลา โดยรายละเอียดการใช้งานแผงวงจรโซล่าเซลล์ในแต่ละวัน และโดยรวมได้แสดงเป็นกราฟไว้ ดังภาพ 5.1



ภาพ 5.1 การทดสอบใช้งานแผงวงจรโซล่าเซลล์

จากภาพ 5.1 พบว่าค่าเฉลี่ยที่แผงวงจรโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อยู่ที่ 4A ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80% ของความสามารถที่แผงวงจรโซล่าเซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จริง

บทที่ 6

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าการนำแผงวงจรโซลาร์เซลล์ต่อวงจรแบบอนุกรม จำนวน 80 เซลล์ ค่าเฉลี่ยที่แผงวงจรโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อยู่ที่ 4A ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80% ของความสามารถที่แผงวงจรโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ในระยะเวลาสมมุติฐานการทดลอง 6 ชั่วโมง/วัน และหากต้องการขยายจนสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครแทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติจะต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม ทั้งหมด 480 เซลล์ จึงจะสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบแทนการชาร์จแบบปกติ ดังนั้นเครื่องต้นแบบสามารถเป็นอุปกรณ์สร้างแหล่งผลิตพลังงานสะอาดตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริง

6.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนเชิงประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนเชิงประสิทธิภาพ โดยการ เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับ ดังตาราง 6.1 และนำมาค่าที่ได้จากการ เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับมาคำนวณหาระยะเวลาการคืนทุนโดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน ในบทที่ 2 ข้อที่ 2.12 สมการ 2.1 โดยผลที่ได้ ดังตาราง 6.2

ตาราง 6.1 แสดงมูลค่าที่เปลี่ยนแปลงหลังจาก เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับ

รายการ	-20%	-10%	0%	10%	20%
ค่าไฟฟ้า	51,392.00	57,816.00	64,240.00	70,664.00	77,088.00
Evlink Fast Charge Solution	56,000.00	63,000.00	70,000.00	77,000.00	84,000.00
Solar Thin Film	159,532.80	179,474.40	199,416.00	219,357.60	239,299.20
equipment	6,240.00	7,020.00	7,800.00	8,580.00	9,360.00
ค่าบำรุงรักษา	2,400.00	2,700.00	3,000.00	3,300.00	3,600.00
ค่าแรง	1,600.00	1,800.00	2,000.00	2,200.00	2,400.00

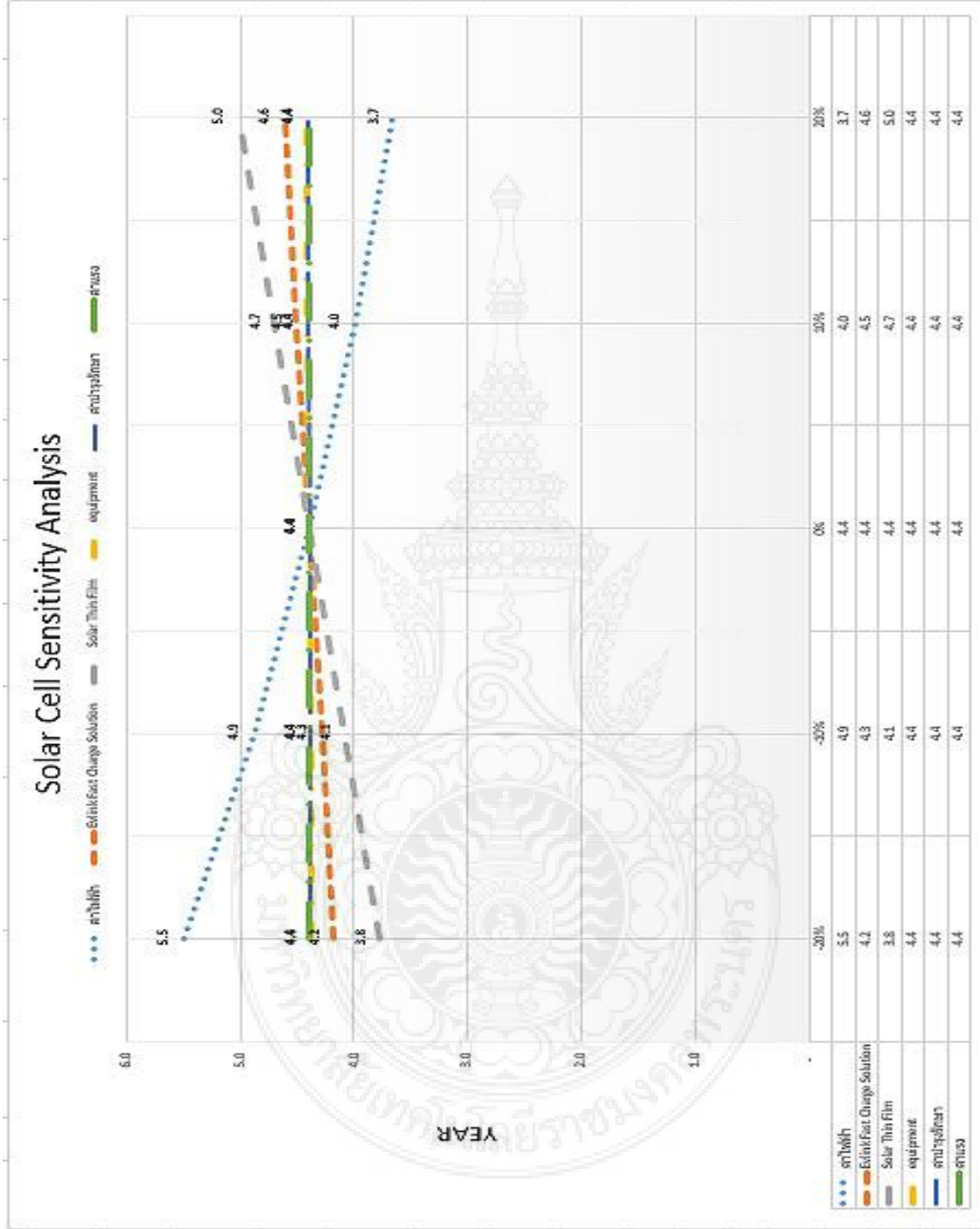
ตาราง 6.2 แสดงระยะเวลาในการคืนทุนหลังจาก เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับ

รายการ	-20%	-10%	0%	10%	20%
ค่าไฟฟ้า	5.5	4.9	4.4	4.0	3.7
Evlink Fast Charge Solution	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
Solar Thin Film	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0
equipment	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
ค่าบำรุงรักษา	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
ค่าแรง	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4

จากตาราง 6.2 จะเห็นได้ว่าการลงทุนติดตั้งแผงวงจรโซลาร์เซลล์ เพื่อใช้ชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบแทนการชาร์จแบบปกติระยะเวลาการคืนทุนจะอยู่ที่ 4 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาในการคืนทุนที่สามารถยอมรับได้

6.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

นำค่าที่ได้จากตาราง 6.2 มาวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โดยการพล็อตกราฟ ดังภาพ 6.1 โดยพบว่าปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุนสูงที่สุดตามลำดับ คือ ค่าไฟฟ้า ค่าเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม และค่าอุปกรณ์ Evlink Fast Charge Solution ดังนั้นหากดำเนินกิจกรรมควรให้ความสำคัญกับค่าของเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม มากที่สุดเนื่องจากเส้นที่แสดงดังภาพ 6.1 มีความชันมากที่สุด และสามารถทำให้ระยะเวลาการคืนทุนเปลี่ยนแปลงได้ง่ายที่สุด



ภาพ 6.1 เส้นปัจจัยที่มีความไวต่อการลงทุน

บทที่ 7

สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1.2.1 วิธีการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซล่าเซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าพบว่า การนำเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์มมาเชื่อมประกอบตามที่ได้ออกแบบ โดยเชื่อมต่อแผงโซล่าทินฟิล์มแบบเชื่อมต่ออนุกรม และต่อเข้ากับวงจร Power DC เพื่อเพิ่มแรงดันพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ หลังจากนั้นนำไปต่อเข้ากับวงจร Charger Controller เพื่อควบคุมการชาร์จกระแสไฟฟ้า และนำไปต่อเข้ากับวงจร Arduino Mega 2560 - R3 ซึ่งเป็นวงจรควบคุมและสั่งการส่วนกลาง เพื่อการประมวลผลและสั่งการภายในวงจร สุดท้ายนำไปต่อเข้ากับจอแสดงผล I2C LCD จากการทดสอบการทำงานเบื้องต้นวงจรโซล่าเซลล์สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ และจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1.2.2 การทดลองประสิทธิภาพการทำงานของชุดโซล่าเซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าพบว่า การนำแผงวงจรโซล่าเซลล์ มาติดตั้งบนยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 80 เซลล์ สามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าได้ 4A ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80% ของความสามารถที่แผงวงจรโซล่าเซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่อ 1 ชั่วโมง ในระยะเวลาสมมุติฐานการทดลอง 6 ชั่วโมง/วัน และหากต้องการขยายจนสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ แทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติจะต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์ม ทั้งหมด 480 เซลล์ ถึงจะสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบแทนการชาร์จแบบปกติ และจากที่ได้นำผลการศึกษามาคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าระยะเวลาการคืนทุน (Simple Payback Period) โดยประมาณจะเท่ากับ 4 ปี และพิจารณาปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุน (Sensitivity Analysis) โดยเพิ่ม และลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับ พบว่าปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุนสูงที่สุดตามลำดับ คือ ค่าไฟฟ้าค่าเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์ม และค่าอุปกรณ์ Evlink Fast Charge Solution หากดำเนินกิจกรรมควรให้ความสำคัญกับค่าของเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์ม มากที่สุดเนื่องจากสามารถทำให้ระยะเวลาการคืนทุนเปลี่ยนแปลงได้ง่ายที่สุดเพราะเส้นดังที่แสดงในกราฟขั้นที่สุด นอกจากนี้ ยังสามารถนำแนวทางและผลการศึกษาที่ได้ไปใช้อ้างอิงเพื่อต่อยอดการศึกษาต่างๆ ในอนาคตได้อีกด้วย

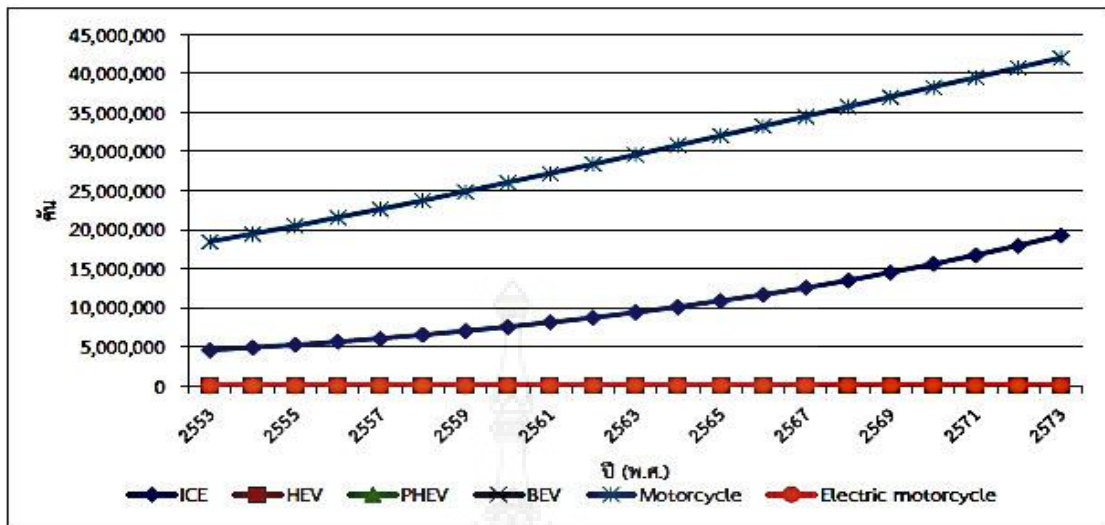
บทที่ 8

แผนการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

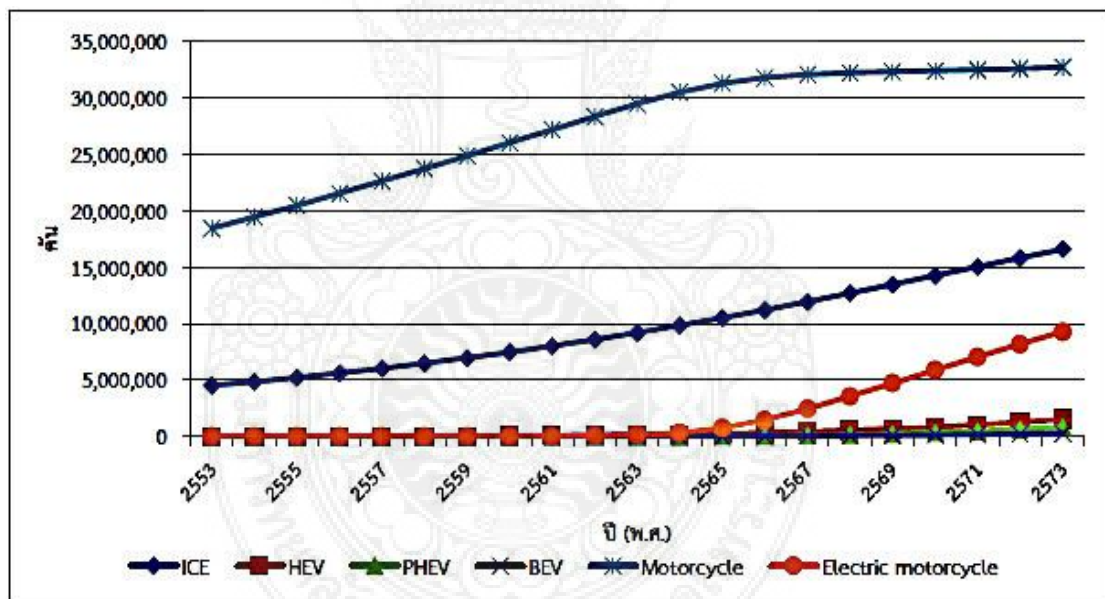
แผงวงจรโซลาร์เซลล์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมาในครั้งนี้ได้ผ่านการทดสอบการโดยการทดลองการใช้งานจริง เพื่อสร้างความมั่นใจว่าแผงวงจรโซลาร์เซลล์ที่สร้างขึ้นมาสามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับรถยนต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดสอบสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคตได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มหันมาเห็นความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยผลประเมินทางเศรษฐศาสตร์ด้านรถยนต์ไฟฟ้า

8.1 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์จะพิจารณาเพียง 3 กรณี ได้แก่ กรณีเป็นไปตามสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน (Business As Usual: BAU) ไม่มีการผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นพิเศษแต่อย่างใด กรณีที่เป็นไปได้ในระดับปานกลาง (Probable case) เป็นกรณีที่จะมีจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามที่ IEA คาดการณ์ในปี 2015 และมีจำนวนจักรยานยนต์ไฟฟ้า 35% ของจักรยานยนต์แบบธรรมดา และกรณีรถยนต์ไฟฟ้าได้รับการผลักดันอย่างจริงจัง (Extreme case) เป็นกรณีที่มีการผลักดันอย่างจริงจัง โดยจะมีจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามที่ IEA คาดการณ์ตั้งแต่ในปี 2010 และมีจำนวนจักรยานยนต์ไฟฟ้า 70% ของจักรยานยนต์แบบธรรมดา โดยจำนวนรถยนต์ประเภทต่างๆ ในแต่ละกรณีแสดง ดังภาพ 8.1

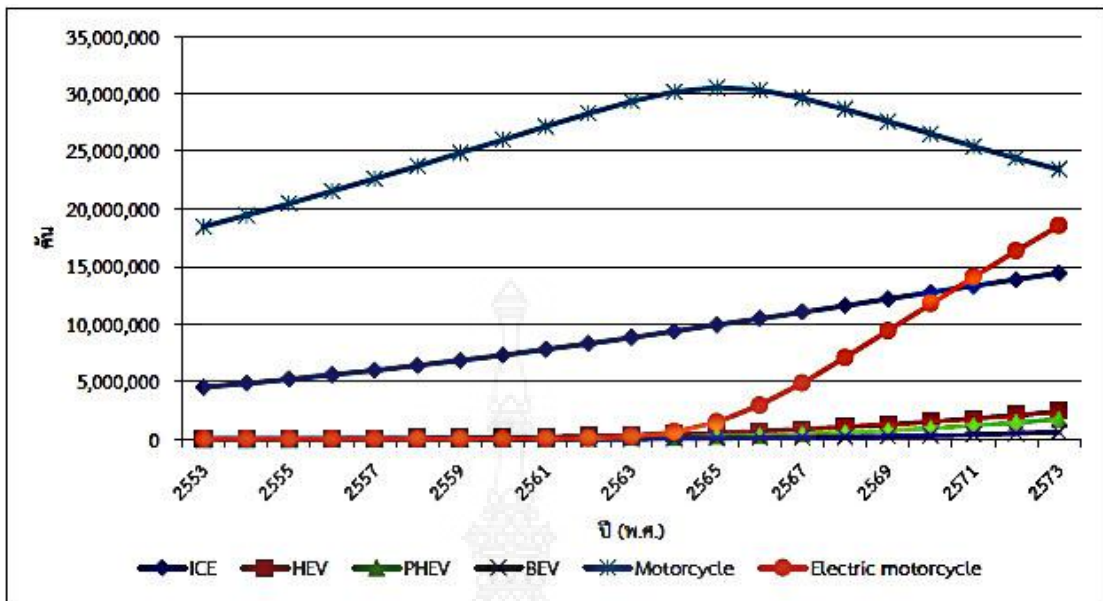


(ก) จำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ตามกรณี BAU



(ข) จำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ตามกรณี Probable case

ภาพ 8.1 การคาดการณ์จำนวนรถยนต์และจักรยานยนต์ในกรณีต่างๆ



(ค) จำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ตามกรณี Extreme Case

ภาพ 8.1 การคาดการณ์จำนวนรถยนต์และจักรยานยนต์ในกรณีต่างๆ (ต่อ)

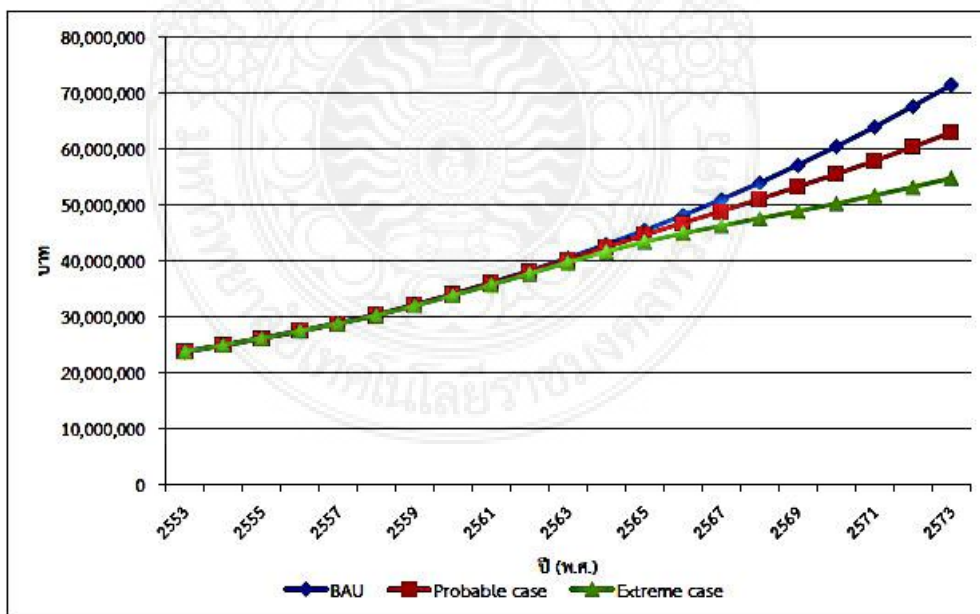
ในการศึกษาและประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์จะพิจารณากรณี BAU เป็นกรณีหลัก (แทนกรณีที่รัฐไม่มีการผลักดันใดๆ จริงจังเกี่ยวกับการใช้รถไฟฟ้า) ส่วนกรณี Probable และกรณี Extreme จะเป็นกรณีที่ใช้เปรียบเทียบกับ BAU เพื่อพิจารณาว่า ถ้ามีการผลักดันการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าตามกรณีทั้งสอง จะเกิดผลกระทบอย่างไรต่อประเทศไทยทั้งในประเด็นของมลพิษ และความมั่นคงทางพลังงาน และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรถแต่ละประเภทในอนาคตพบว่า การผลักดันการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีผลกระทบต่อรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์มากที่สุด โดยถ้าไม่มีการผลักดันใดๆ จำนวนรถจักรยานยนต์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อมีการผลักดัน ทั้งในกรณี Probable และ Extreme จำนวนรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว โดยดูได้จากเส้นกราฟของรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

8.2 มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศที่ทำการศึกษแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ มลพิษที่มีผลต่อสุขภาพของคนโดยตรง (Air Pollution) และมลพิษที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม (Green House Gases: GHGs) โดยผลกระทบของมลพิษทั้งสองกลุ่มจะมีความรุนแรงที่แตกต่างกัน โดยความรุนแรงของมลพิษกลุ่มแรกจะสะท้อนผ่านต้นทุนการรักษาพยาบาลของคนที่เป็นโรครที่เกิดจาก มลพิษในกลุ่มนี้ ส่วนความรุนแรงของมลพิษกลุ่มที่สองจะสะท้อนผ่านต้นทุนที่ใช้กำจัด GHGs

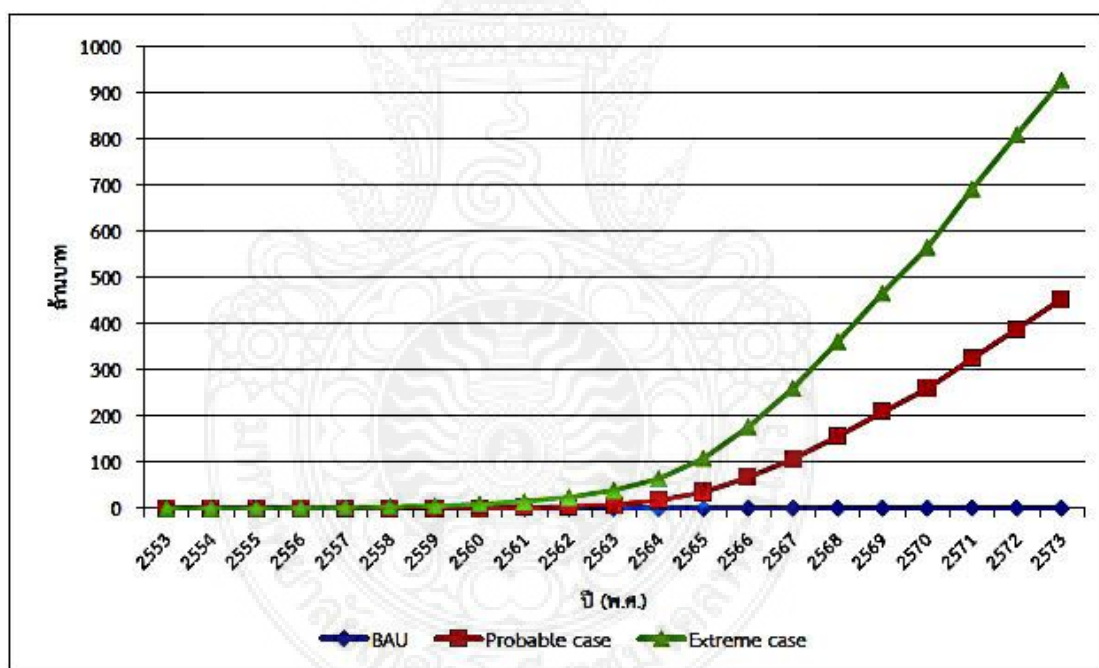
8.2.1 มลพิษที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม

เป็นก๊าซที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Green House Gases : GHGs) ประกอบด้วย CO₂, N₂O, และ CH₄ โดยการผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้เกิดผล 2 อย่างที่ตรงข้ามกัน ได้แก่ การใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อทดแทนรถยนต์และจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้ปริมาณ GHGs ในอากาศลดลง ในทางตรงกันข้าม การใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้ต้องผลิตไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ น้ำมันดีเซล และถ่านหิน โดยกระบวนการผลิตไฟฟ้าจะเป็นการเพิ่ม GHGs ในอากาศ ดังนั้น ประเทศไทยจะได้รับประโยชน์จากการผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า ถ้า GHGs ที่ลดลงจากการทดแทนยานยนต์ไฟฟ้า มากกว่า GHGs ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิตไฟฟ้า ต้นทุนการจัดการ GHGs ที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีแสดง ดังภาพ 8.2



ภาพ 8.2 ต้นทุนการกำจัด GHGs ที่ลดลงจากการทดแทนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ด้วยรถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

ต้นทุนการจัดการ GHGs ในช่วงแรก (2553-2555) ของการผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าของทั้งสองกรณีไม่มีความแตกต่างกับกรณี BAU เนื่องจากการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงแรกยังน้อยมาก ทำให้ผลของการทดแทนรถยนต์และจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ ที่สะท้อนผ่านทางต้นทุนการจัดการ GHGs ยังไม่มีผลที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามเมื่อการผลักดันอย่างจริงจังผ่านไปประมาณ 10 ปี จำนวนรถยนต์และจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เริ่มน้อยลงอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะจำนวนรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ที่เริ่มลดจำนวนลงอย่างชัดเจนในช่วงนี้ ขณะที่จำนวนรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ (ถ้าไม่มีที่ผลักดันการใช้รถยนต์ไฟฟ้า การเพิ่มขึ้นของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์จะเร็วมาก) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงตลาดรถจักรยานยนต์ของประเทศไทยมีการปรับตัวรับการเทคโนโลยีใหม่ได้ดีและเร็วกว่าตลาดรถยนต์ และในช่วงหลังนี้จะเห็นได้ว่า ต้นทุนการจัดการ GHGs ทั้งในกรณี Probable case และกรณี Extreme case มีค่าลดลงกว่ากรณี BAU อย่างชัดเจน ดังภาพ 8.3



ภาพ 8.3 ต้นทุนการกำจัด GHGs ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่มากขึ้น

การผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างจริงจังจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของรถชนิดดังกล่าวอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามไปด้วย ซึ่งปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ GHGs ในอากาศ ซึ่งทั้งหมดนี้สะท้อนผ่านทางต้นทุนการกำจัด GHGs ที่สูงขึ้น จากการผลักดันการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง

สองกรณี โดยต้นทุนการจัดการ GHGs จะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังปี 2563 โดยกรณี Extreme case จะก่อให้เกิดต้นทุนการจัดการ GHGs มากกว่ากรณี Probable case ประมาณหนึ่งเท่าตัว ดังตาราง 8.1

ตาราง 8.1 ต้นทุนสุทธิของการกำจัด GHGs จากการผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า

ปี พ.ศ.	การลดลงสุทธิของต้นทุนการจัดการ GHGs แยกตามกรณี (ล้านบาท)	
	Probable case	Extreme case
2553	0.00	0.00
2554	0.02	-0.01
2555	0.32	0.75
2556	1.94	6.84
2557	4.25	17.29
2558	7.04	31.76
2559	11.97	51.43
2560	19.99	79.02
2561	32.51	117.78
2562	52.19	173.18
2563	84.74	256.45
2564	143.21	393.80
2565	248.23	623.26
2566	413.90	970.50
2567	633.94	1,421.30
2568	892.21	1,942.82
2569	1,181.12	2,509.72
2570	1,497.18	3,111.76
2571	1,839.87	3,744.11
2572	2,210.09	4,404.26
2573	2,609.45	5,090.43

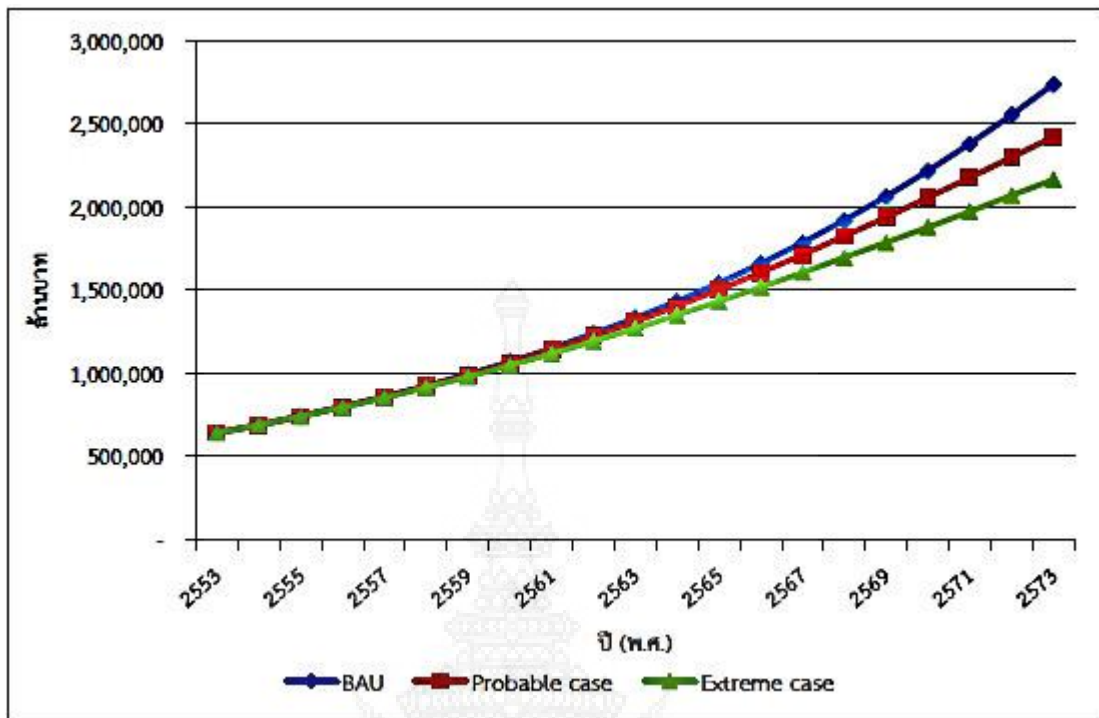
หมายเหตุ: ต้นทุนการกำจัด GHGs เท่ากับ 304.5 บาท/ตัน

จากทั้งผลการศึกษาที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาในประเด็น GHGs การปลักดันการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้สังคมได้รับทั้งผลดีและผลเสียกล่าวคือ การลดลงของจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์จะทำให้ GHGs ในบรรยากาศลดลง แต่ขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้ต้องมีการผลิตกระแสไฟฟ้าให้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ปริมาณ GHGs สูงขึ้นจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณ GHGs ที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด ผลปรากฏว่า GHGs ที่ลดลงจากจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ที่ลดลง มีปริมาณมากกว่า GHGs ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และสิ่งนี้สะท้อนผ่านทางต้นทุนการจัดการ GHGs สุทธิที่น้อยลง

8.2.2 มลพิษที่มีผลต่อสุขภาพ

กลุ่มนี้ประกอบด้วย VOC, NOX, และ PM ในการศึกษาจะพิจารณามลพิษส่วนนี้เกิดจากไอเสียของยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นการปลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งถือว่าไม่มีมลพิษที่มีผลต่อสุขภาพเพื่อทดแทนรถยนต์และจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จะทำให้มลพิษกลุ่มนี้มีปริมาณลดลง ทั้งนี้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการลด VOC, NOX, และ PM มีค่าเป็น 16, 32 และ 434 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลของต้นทุนมลพิษที่มีผลต่อสุขภาพเนื่องจากการปลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า ดังภาพ 8.4

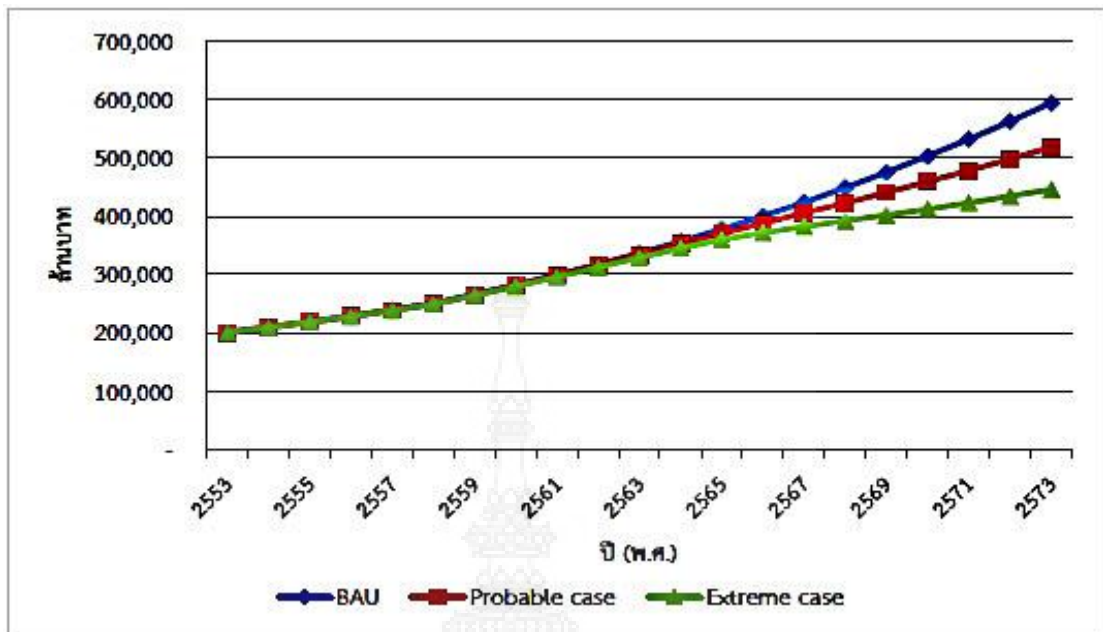
ผลกระทบของมลพิษจากภาคการขนส่งที่มีผลต่อสุขภาพของคนไทยจะลดลงเป็นอย่างมาก โดยการปลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งจะสามารถช่วยชาติประหยัดค่ารักษาพยาบาล และเพิ่มผลผลิตชาติ พร้อมทั้งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลประโยชน์เหล่านี้สะท้อนผ่านทางต้นทุนมลพิษที่ลดลง เมื่อเทียบกับกรณี BAU เป็นมูลค่าที่สูงมาก และมูลค่านี้อาจเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป



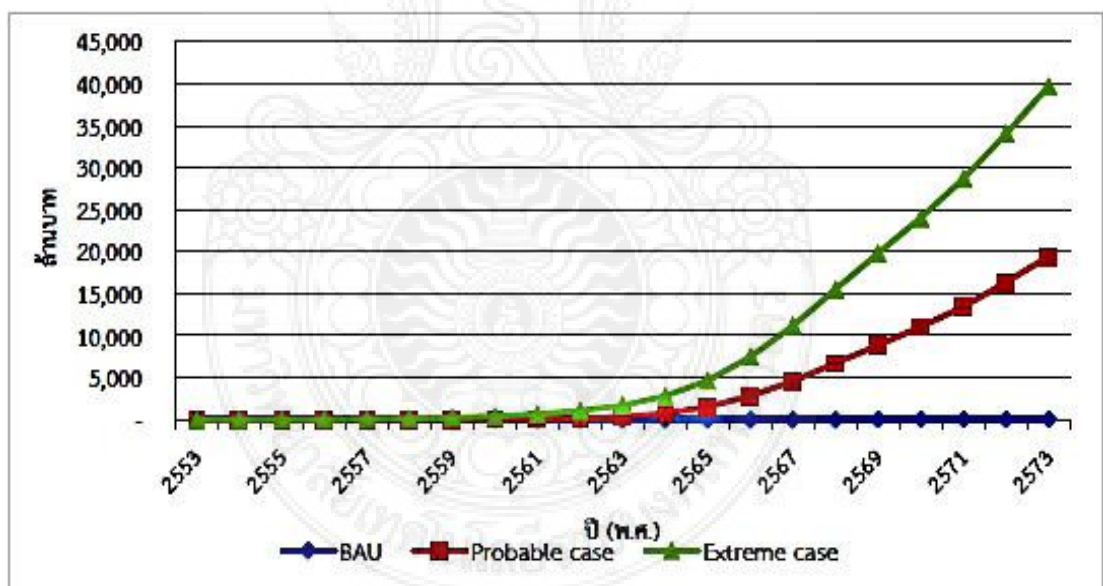
ภาพ 8.4 ต้นทุนมลพิษที่มีผลต่อสุขภาพ

8.3 ความมั่นคงทางพลังงาน

การผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะสามารถลดการนำเข้าน้ำมันได้โดยตรง เนื่องจากการที่รถยนต์และจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ถูกทดแทนด้วยยานยนต์แบบใหม่ อย่างไรก็ตาม จากความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นจะเป็นการเพิ่มการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ตัวอย่างของเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ผลิตไฟฟ้า เช่น น้ำมันดีเซล ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ จากการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจะเป็นผลให้วัตถุประสงค์ของการผลักดันการใช้รถยนต์และจักรยานยนต์ไฟฟ้าในส่วนของความมั่นคงทางพลังงาน อาจไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ผลของการใช้น้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปจากการผลักดันการใช้รถยนต์ไฟฟ้าแสดง ดังภาพ 8.5 และดังภาพ 8.6



ภาพ 8.5 มูลค่าการใช้น้ำมัน แยกตามกรณี



ภาพ 8.6 มูลค่าการใช้น้ำมันเพื่อผลิตไฟฟ้า แยกตามกรณี

ตาราง 8.2 การเปลี่ยนแปลงสุทธิของมูลค่าการนำเข้าน้ำมัน จากการผลักดันการใช้รถยนต์และ จักรยานยนต์ไฟฟ้า

ปี พ.ศ.	การลดลงสุทธิของมูลค่าการนำเข้าน้ำมัน แยกตามกรณี (ล้านบาท)	
	Probable medium	Extreme high
2553	0	0
2554	0	3
2555	10	10
2556	59	171
2557	129	449
2558	213	831
2559	358	1,328
2560	584	1,995
2561	920	2,903
2562	1,425	4,169
2563	2,225	6,043
2564	3,589	9,080
2565	5,955	14,107
2566	9,614	21,656
2567	14,444	31,463
2568	20,082	42,785
2569	26,574	55,451
2570	33,913	69,355
2571	41,752	83,645
2572	50,001	98,052
2573	58,910	113,011

หมายเหตุ ในการคำนวณคิดค่าเชื้อเพลิงหน้าโรงกลั่นที่ 22 บาท/ลิตร

พิจารณาในประเด็นมูลค่าการนำเข้าน้ำมัน การผลักดันการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้สังคมได้รับทั้งผลดีและผลเสีย กล่าวคือ การลดลงของจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์จะทำให้การใช้น้ำมันลดลง มูลค่าการนำเข้าน้ำมันลดลง แต่ขณะเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้ต้องมีการผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น

ซึ่งเป็นผลให้ต้องมีการใช้น้ำมันเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมดผลปรากฏว่า การใช้น้ำมันที่ลดลงจากจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ที่ลดลง มีปริมาณมากกว่า การใช้น้ำมันที่เพิ่มขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และสิ่งนี้สะท้อนผ่านทางมูลค่าการนำเข้าน้ำมันสุทธิที่น้อย

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ จึงเห็นได้ว่าการนำแผงวงจรโซลาร์เซลล์ที่มีการปล่อยมลพิษที่ต่ำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับยานยนต์ไฟฟ้า มีความคุ้มค่าและมีแนวโน้มขยายตัวและนำมาใช้มากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและต้นทุนที่ต่ำลง เพื่อตอบสนองการหาพลังงานทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ ราคาถูก และปล่อยมลพิษที่ต่ำหรือใกล้เคียงกับศูนย์ จากผลการทดลองข้างต้นจึงเห็นได้ว่าสามารถตอบโจทย์ในกลุ่มลูกค้าในอนาคตได้ เนื่องจากเทคโนโลยีต้นแบบสามารถทดแทนแหล่งพลังงานที่ใช้อยู่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2559). สถิติพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2559

จาก <http://www.dede.go.th>

กระทรวงพลังงาน, (2559). สำนักงานขนส่งได้ทำการเก็บข้อมูลการจดทะเบียนตามพระราชบัญญัติในปี 2544-2559 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2559

จาก http://www.thaienergydata.in.th/output_general2.php

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2559). จากการประชุมที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ และคู่มือกระทรวงพลังงาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2560

การไฟฟ้าผ่านผลิตแห่งประเทศไทย, (2554). การผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell: PV) สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559

จาก http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell_pg5.htm.

กระทรวงพลังงาน.(2559). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม – กรกฎาคม 2559 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2559

จาก http://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=43607&filename=.

กระทรวงพลังงาน, (2558). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย มกราคม – ธันวาคม 2558 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2559

จาก http://www.dede.go.th/download/state_59/Thailand%20alternative%20energy%202015.pdf.

กระทรวงพลังงาน, (2559). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์) 2559 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2560

เกรียงไกร ใจผาวัง, และนัตติพงษ์ อิกำเหน็ด. รถพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคนพิการทางขา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (2552). สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2560

ปิยสุดา บัณฑิตรัตน์, ศุภสิน สุริยะ และธีรเสฏฐ์ ศิริธนานนท์ การวิเคราะห์ระยะเวลาการลงทุน (2556) จากหนังสือการเงินธุรกิจ สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2560

จิราภรณ์ ชาวงษ์ การวิเคราะห์การลงทุน (2555). สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2560

จาก <https://www.scribd.com/presentation/159683144/การวิเคราะห์-โครงการ>

ธีรยุทธ์ เจนวิทยา. “โซลาร์เซลล์ และแผงโซลาร์เซลล์” (2545) [ระบบออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2559 จาก http://www.tkc.go.th/thesis/abstract.asp?item_id=6625.

บริษัท ลีโอนิคส์ จำกัด, (2546). โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559

จาก http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php
อังเดร-แมรีแอมแปร์ นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส (1777-1836) กระแสไฟ (Current) สืบค้นเมื่อวันที่ 17
ตุลาคม 2559 จาก http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/courses/scpy155_12.htm.
Solarcellthailand96 (2559). วิธีการคำนวณ และ ออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ สูตรคำนวณ
แบตเตอรี่ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2559
จาก <http://solarcellthailand96.com/>



ภาคผนวก





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารตีพิมพ์ และการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มทร.พระนคร ครั้งที่ 2 ในวันที่ 19 พฤษภาคม 2560



**2nd RMUTP
Conference
on Engineering
and Technology**

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 2
ในวันที่ 19 พฤษภาคม 2560
ณ ห้องประชุมเฟื่องเหนือ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การประชุวิชาการ
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

เกียรติบัตรฉบับนี้มอบไว้เพื่อแสดงว่า

**อชิต อู๋ยามาจิติ ปริญญ์ บุญกนิษฐ
และ ณิชวราพล รัชสิริวัชรบุล**

บทความเรื่อง
การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซล่าเซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความ สาขาวิศวกรรมการจัดการเพื่อความยั่งยืน
ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 2
(2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology)
ในวันที่ 19 พฤษภาคม 2560
ณ ห้องประชุมเฟื่องเหนือ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีโรจน์ ฤทธิ์ทอง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม
2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology

ภาคผนวก ก-1 2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology



2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 2
ในวันที่ 19 พฤษภาคม 2560
ณ ห้องประชุมเฟื่องเหนือ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การประชุมวิชาการ
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

เกียรติบัตรฉบับนี้มอบไว้เพื่อแสดงว่า

อชิต อูยามาจิติ ปริญญา บุญกนิษฐ
และ ภัฏวราพล รัชสิริวัชรบุล

บทความเรื่อง
การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

ได้รับการพิจารณาให้เป็นบทความชมเชย สาขาวิศวกรรมการจัดการเพื่อความยั่งยืน

ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 2
(2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology)
ในวันที่ 19 พฤษภาคม 2560
ณ ห้องประชุมเฟื่องเหนือ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

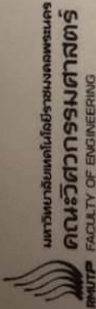


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรัตน์ ฤทธิ์ทอง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม
2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology

ภาคผนวก ก-2 ได้รับพิจารณาได้เป็นบทความชมเชย 2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology




ภาคผนวก ก-3 หน้าปกเอกสารตีพิมพ์ 2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
FACULTY OF ENGINEERING

กำหนดการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มห.พระนคร ครั้งที่ 2
The 2th RMUTP Conference on Engineering and Technology
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



วันศุกร์ที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ.2560									
08.00-09.00 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงานประชุมวิชาการ อาคารกิจการนักศึกษา ชั้น 7 คณะวิศวกรรมศาสตร์								
09.00-09.10 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการ โดยอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ห้องประชุมห้องเหนือ อาคารกิจการนักศึกษา ชั้น 7 คณะวิศวกรรมศาสตร์								
09.10-09.20 น.	ประกาศผลบทความต้นฉบับแต่ละสาขา และรับรางวัล								
09.20-09.40 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง การปรับวิศวกรรมในอุตสาหกรรม โพลีเมต 4.0								
09.40-10.00 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง A Design and Implementation Method of Automatic Tonsilits Monitoring and Detection System								
10.00-10.20 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง การพัฒนางานด้านวิศวกรรมศาสตร์ของประเทศไทย								
10.20-10.30 น.	รับประทานอาหารว่าง อาคารกิจการนักศึกษา ชั้น 7 คณะวิศวกรรมศาสตร์								
แบ่งกลุ่มนำเสนอบทความตามสาขา อาคารกิจการนักศึกษา ชั้น 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์									
ห้อง	1951	1952	1953	1954	1955	1957	1958		
สาขาบทความ	ME01	EE01	CE01	JM01	CP01	IM01	IE01		
10.45-12.00 น.	ME01-ME04	EE01-EE05	CE01-CE04	JM01-JM04	CP01-CP06	IM01-IM04	IE01-IE05		
ประธาน	ศ.ดร.สมใจ เพ็ชรประสิทธิ์	รศ.ดร.วิรัตน์ วัฒนกุล	อาจารย์คุณุญ ใจสุวรรณ	อาจารย์วิเชียร มหาวิน	ศ.ลลิตสิศักดิ์ วรดิษฐ์	ศ.ศ.สรรัตน์ วงศ์ศรีวงษ์	ดร.สิงหนุ ทองขาว		
รองประธาน	ดร.นพพร จินดาประเสริฐ	ศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒน์นันท์	ศ.ดร.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ	อาจารย์ธีระวัฒน์ แน่นดวง	อาจารย์วิไลดี นิลาศ	ศ.ดร.บวรยง ศรีสม	ดร.อิทธิพล นาคมานวิรักษ์		
12.00-13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน อาคารกิจการนักศึกษา ชั้น 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์								
ห้อง	1951	1952	1953	1954	1955	1957	1958		
สาขาบทความ	ME02	EE02	CE02	ET01	CP02	IM2	IE02		
13.00-14.30 น.	ME04-ME08	EE06-EE10	CE05-CE09	ET01-ET05	CP07-CP13	IM05-IM09	IE06-IE10		
ประธาน	ดร.นพพร จินดาประเสริฐ	รศ.ดร.สิงหนุทอง พันธ์เศรษฐานนท์	ดร.สุธรรม ใจงามเมธา	ศ.ศ.โคศล นิธิเสภา	ดร.พรทิว สิริธรรมกุล	ศ.ศ.ดร.สมศักดิ์ มีนศร	ดร.อิทธิพล นาคมานวิรักษ์		
รองประธาน	ศ.ศ.กฤษศ สุวัฒน์โรจน์	ศ.ศ.ทูนศรี วรรณภากร	ศ.ศ.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ	ศ.ศ.กัญญา ถ้อยอ่อนแก้วพร	อาจารย์ธีระยุษฐ คุณรัตนสิริ	ดร.อรรมพ ปิยะสินธ์จาดิ	ดร.พิชญ์ ทองขจร		
14.30-14.45 น.	รับประทานอาหารว่าง อาคารกิจการนักศึกษา ชั้น 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์								
ห้อง	1951	1952	1953	1954	1955				
สาขาบทความ	ME03	EE03	TD01	SC01	MT01				
14.45-16.30 น.	ME09-ME13	EE11-EE14	TD01-TD05	SC01-SC05	MT01-MT06				
ประธาน	ศ.ศ.ร.บุญถิ่น ภันพระบาท	รศ.ร.ณัฐพร อานนธาทอง	ดร.ณ.ณัฏฐ์ ชมสมพร	อาจารย์ศุภชัย พิธีบุญโชติ	ดร.สิงหนุแก้ว ปิอกแข็ง				
รองประธาน	ศ.ศ.กฤษศ สุวัฒน์โรจน์	ศ.ศ.ดร.สุกฤดี นนทรโพธิ์แก้ว	ศ.ศ.ณ.ชัย ฉายศิริ	อาจารย์สิริรัตน์ พาณิช	ดร.สุกัญญา เชิดชูงาม				

ภาคผนวก ก-4 เอกสารตีพิมพ์ 2nd RMUTP Conference on Engineering and Technology

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
CP11	ระบบจัดการและแสดงข้อมูลผ่านโปรโตคอลเอ็มคิวทีที ชยานันท์ สุภา วีระยุทธ คุณรัตนสิริ กฤตภาส มหศักดิ์เลิศพิทยา ณัฏฐ์ชยธร วัชรสิริกุล และ ประพันธ์ ชุนพะฉาย	231
CP12	ระบบเก็บข้อมูลและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเบื้องต้น ประพล คงอุสาหะ และ วณพันธ์ ้วยวุฒิ	235
CP13	ระบบตรวจวัดสภาพอากาศต้นทุนต่ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน วิทยาศาสตร์ จงหมายกลาง และ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์	239
สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์		
MT01 (บทความดีเด่น)	การออกแบบและพัฒนาระบบล็อกประตูอัจฉริยะสำหรับระบบความปลอดภัยในบ้าน ปองพล ทิมละมวด ธราพงษ์ กระจ่างแจ้ง เจษฎุชน ร่มแก้ว และ วัชร สงเสริม	242
MT02	ระบบตรวจวัดและติดตามปริมาณก๊าซในอากาศแบบเรียลไทม์โดยใช้เทคโนโลยี IoT กุลนันท์ ลาภกุล อธิสร เนย์โอชา สุภาวดี หุ่นส่วย และ คมพันธ์ ชมสมุท	245
MT03	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในระบบตรวจวัดและเฝ้าติดตามคุณภาพน้ำแบบ เรียลไทม์ ธนวัฒน์ ชุมพหัชชากุล รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลย์พันธ์ น้ำโชค ชมกระโทก และ สุกัญญา เชิดชูงาม	249
MT04	การพัฒนาาระบบตรวจวัดและแสดงปริมาณขยะแบบอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยี IoT ศตวรรษ สมเสนาะ ศิริประภา สุขเจริญ พงศกร ไตรโชค และ สิงห์แก้ว ปือกเพ็ง	252
MT05	การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธระหว่างความเค้นและความเครียดที่ได้จากการ ทดสอบแบบเป่าโป่งด้วยน้ำกับการทดสอบแบบแรงดึงแกนเดียวของสแตนเลส SS304 ชลิตา อุดมรักษาสกุล กชกร วิรัชกุล และ ชลากร อุดมรักษาสกุล	255
สาขาวิศวกรรมการจัดการเพื่อความยั่งยืน		
IM01 (บทความชมเชย)	การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีโซล่าเซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ อชิต อุยามาสุติ ปริญญ์ บุญกนิษฐ และ ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล	259
IM02	การศึกษาการสลายตัวด้วยความร้อนของผ้าฝ้ายปนเปื้อนน้ำมันจากโรงงาน อุตสาหกรรม ภาสันต์ วิชานงค์ ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล และ ประภาพร พลอยยอด	263
IM03	การออกแบบและพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำดีกับน้ำเสีย กรณีศึกษา สายการผลิตกุ้งแช่แข็ง อรุณ เทพพันธุ์ ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล และ ประภาพร พลอยยอด	267
IM04	การพัฒนาทุ๊กเกิลแอปพลิเคชันเพื่อใช้ฝึกอบรมเสริมสมรรถนะพนักงาน ในวิสาหกิจ ขนาดกลางและขนาดย่อมผ่านแนวคิดการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะส่วนตัวของ พนักงาน: กรณีศึกษาบริษัท อาซาฮี ไทยอัลลอย จำกัด พศุทธิพิชามณูษ์ เพชรจรัส ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล และ อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ	271
IM05	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูล สภาพแวดล้อมและระบบจ่ายไฟ อภิชาติ แป้นเกิด ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบูล และ ประภาพร พลอยยอด	275

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี นทท.พระนครศรีอยุธยา ครั้งที่ 2

Proceedings of the 2nd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การออกแบบโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
Design of solar cells in an electric vehicle prototype

นายอชิต อูยยามวิจิตร¹, ปริญญ์ บุญกนิษฐ¹ และณัฐวรรพ รัชฉิวิชัยบุณ¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาชื่นบุรี 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: achita.ui@gmail.com, prin.b@gmail.com and
nabvorapol@yahoo.com

บทคัดย่อ

การออกแบบโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโซลาร์เซลล์ในยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ กรณีศึกษาคือ รถยนต์ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยกระบวนการวิจัยเริ่มจากการทดลองนำเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ทีนฟิล์ม (Solar Thin Film) แบบตัดโค้งได้ ขนาด 19.2 x 9.5 เซนติเมตร ที่มีการประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) มาทดสอบติดตั้งเพื่อให้สามารถเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สะอาดจากแสงอาทิตย์ ด้วยการนำเซลล์แสงอาทิตย์ Solar Thin Film จำนวน 80 เซลล์ ควบคุมด้วยวงจร Arduino Mega ขนาด 101.52 x 53.3 มิลลิเมตร มาทำการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์ด้วย Arduino-1.6.9- Windows ให้แสดงผลที่ LCD Solar Monitor Charger จากแหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ขนาด 12V/28AH จำนวน 6 ก้อน ผลจากการทดลองพบว่า วงจรดังกล่าวสามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าได้ 5A ต่อ 1 ชั่วโมง และหากต้องการชาร์จจนสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบแทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติจะต้องใช้ Solar Thin Film ทั้งหมด 480 เซลล์ ในระยะเวลาสมมติฐานการทดลอง 6 ชั่วโมง/วัน ผลจากการคำนวณความคุ้มค่าการลงทุน พบว่าระยะเวลาการคืนทุน (Simple Payback Period) โดยประมาณจะเท่ากับ 4 ปี และเมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุน (Sensitivity Analysis) พบว่าปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุนสูงที่สุดตามลำดับ คือ ค่าไฟฟ้า ค่า Solar Thin Film และค่าอุปกรณ์ Evlink Fast Charge Solution ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการออกแบบพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบในรุ่นต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: แหล่งผลิตพลังงานสะอาด, อัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่,

Solar Thin Film, การขอจดสิทธิบัตร

Abstract

The purpose of this research is to design of solar cells in an electric vehicle prototype, which used the electric car case study of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. The research process begins with the solar experiment of Solar Thin Film that is the bent type of 19.2 x 9.5 cm., which is an applications of technology for an Unmanned Aerial Vehicle for this testing in order to be as a source of solar energy with clean technology. First, use 80 Solar Thin Film Cells that are controlled by Arduino mega, size 101.52 x 53.3 mm., which are programmed by Arduino-1.6.9- Windows to show a result at LCD Solar Monitor Charger, which is the source of 6 batteries, usage 12 V/28AH. The test result shows that this circuit could be able to charge the electricity of 5A per to 1 hour. If there is an extension use of battery charging for an electric vehicle prototype, then instead of the normal use for charging, the total of 480 Solar Thin Film Cells is required. For the 6 hour period of hypothesis 1 day, base on the Cost Benefit Analysis system shows the Simple Payback Period is, approximately, 4 years. And if it is considered to factors of the Sensitivity Analysis technicore, then it is found out that the lightest factors affecting the investment decision making, consecutively by electricity cost, Solar Thin Film cost, and the equipment of Evlink Fast Charge Solution cost. The results of this research. The result of this research could be used as a supporting for the decision making of further design of solar cells in an electric vehicle prototype more efficiently.

Keywords: Source of clean energy, Battery charger, Solar Thin Film,

Patent application

19 พฤษภาคม 2560 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 2

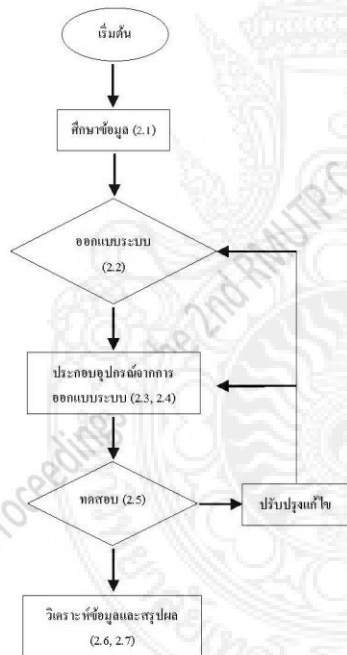
Proceedings of the 2nd RMUTP Conference of Engineering and Technology

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์วิกฤตเชื้อเพลิงฟอสซิลและปัญหาสิ่งแวดล้อมทวีความสำคัญมากขึ้น การใช้พลังงานมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง สัมพันธ์กับการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะการขยายตัวของความต้องการด้านพลังงานในภาคการขนส่งซึ่งมีการใช้พลังงานสูงเทียบเท่ากับภาคอุตสาหกรรม [1] ขณะที่ภาคการขนส่งทางบกนับเป็นภาคการขนส่งที่มีการใช้พลังงานสูงสุด เมื่อเทียบกับจำนวนรถยนต์ภายในประเทศปี 2558 เท่ากับ 35.8 ล้านคัน [2] และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากปัจจัยดังกล่าวจึงส่งผลให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีและเสาแสงนำพลังงานทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงและมีการปล่อยมลพิษต่ำซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ทดแทนอย่างต่อเนื่อง

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

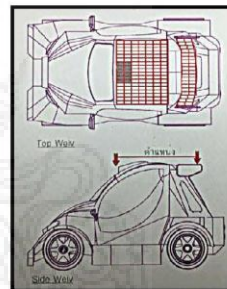
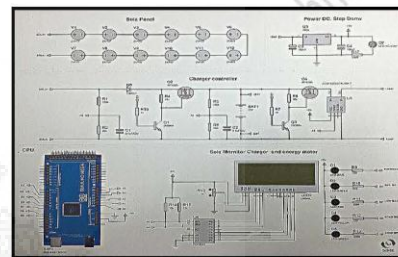
รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เป็นสำหรั้งานวิจัย เช่น อุปกรณ์, วิธีการคำนวณ, ออกแบบระบบ, สูตรคำนวณ, แบตเตอรี่ [6] และพลังงานทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าได้

2.2 นำแผงโซลาร์ฟิล์ม 2V/1W มาต่อแบบอนุกรม ต่อเข้ากับ Charger Controller และต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง Arduino Mega โดยออกแบบหน่วยประมวลผลกลาง ให้เก็บข้อมูลอุณหภูมิ แรงดัน กระแสกำลังไฟฟ้า และทำการแสดงผล ไปยัง LCD Solar Monitor Charger ตามผังวงจรไดอะแกรม ที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 2



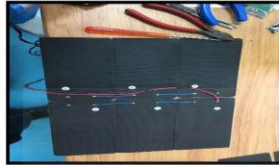
รูปที่ 2 ผังวงจรไดอะแกรม เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

2.3 นำอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ตามผังวงจรไดอะแกรม มาประกอบโดยนำเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม ดังรูปที่ 3 นำมาต่อกับวงจร Arduino Mega และ Charger Controller ดังรูปที่ 4 และเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์ด้วย Arduino -1.6.9- Windows ให้แสดงผลไปยัง LCD Solar Monitor Charger ดังรูปที่ 5 และนำไปอัดประจุไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอรี่เพื่อสร้างแหล่งผลิตพลังงานสะอาดและพลังงานทดแทนในการชาร์จแบตเตอรี่ให้กับรถยนต์ไฟฟ้า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี นทร.พระนคร ครั้งที่ 2

Proceedings of the 2nd RMUTP Conference of Engineering and Technology



รูปที่ 3 ต่ออนุกรมเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์ม



รูปที่ 4 ต่อแผงวงจร Charger Controller และ Arduino Mega ตามที่ออกแบบ

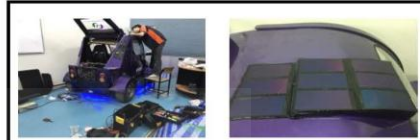


รูปที่ 5 การแสดงผล LCD Solar Monitor Charger

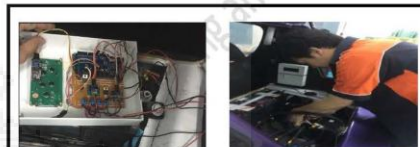
2.4 นำอุปกรณ์ไปติดตั้งเข้ากับระบบทิวเพื่อป้องกันเหตุในกรณีไฟฟ้าลัดวงจร และเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดแก่อุปกรณ์ก่อนนำไปเชื่อมต่อเข้ากับแบตเตอรี่บนยานยนต์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 9



รูปที่ 6 ระบบทิวคัลไฟ



รูปที่ 7 ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์โซล่าทินฟิล์ม บริเวณหลังคา ยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 8 ติดตั้งแผงวงจร Arduino Mega



รูปที่ 9 ติดตั้งแผงวงจร Arduino Mega เข้ากับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

รูปที่ 9 ติดตั้งแผงวงจร Arduino Mega เข้ากับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

2.5 ทดสอบอุปกรณ์หลังจากนำมาติดตั้ง และข้อมูลที่แสดงบน LCD Solar Monitor Charger ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ทดสอบการทำงาน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี นทร.พระนคร ครั้งที่ 2

Proceedings of the 2nd RMUTP Conference of Engineering and Technology



รูปที่ 10 การแสดงผลของอุปกรณ์ LCD Solar Monitor Charger

2.6 จำนวนความคุ้มค่าต่อการลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมด้วยการ
หาว่า Simple Payback Period [3] ดังสมการที่ (1)

Simple Payback Period [3] :

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน} + \text{Cost}}{\text{ผลประโยชน์รายปี} - \text{ค่าใช้จ่ายรายปี}} \quad (1)$$

แล้วจากนั้นวิเคราะห์ Sensitivity Analysis [4] : ปัจจัยที่มีความอ่อนไหว
ต่อการลงทุน

2.7 สรุปผลการวิจัย

3. สรุปผล

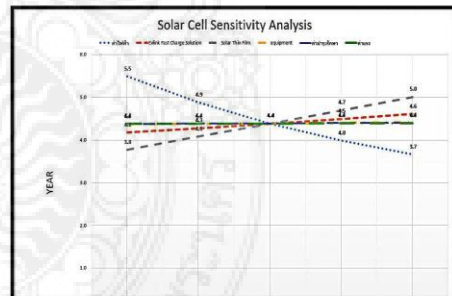
จากการทดลองพบว่ากรณีนำเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม
มาต่อวงจรแบบอนุกรม จำนวน 80 เซลล์ สามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าได้
5A ต่อ 1 ชั่วโมง ในระยะเวลาสมมุติฐานการทดลอง 6 ชั่วโมง และ
หากต้องการขายจนสามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า
คันแบบ แทนการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบบปกติจะต้องใช้
เซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม ทั้งหมด 480 เซลล์ ถึงจะสามารถชาร์จ
แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าคันแบบแทนการชาร์จแบบปกติ และจากที่ได้
ผลการศึกษากำหนดความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าระยะเวลาการ
ลงทุน (Simple Payback Period) โดยประมาณจะเท่ากับ 4 ปี และพิจารณา
ปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุน (Sensitivity Analysis) โดยเพิ่ม
และลด มูลค่าการลงทุนตามลำดับดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่า
ปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุนสูงที่สุดตามลำดับ คือ ค่าไฟฟ้า
ค่าเซลล์แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม และค่าอุปกรณ์ Evlink Fast Charge
Solution ดังนั้นหากดำเนินกิจกรรมควรให้ความสำคัญกับค่าของเซลล์
แสงอาทิตย์โซลาร์ฟิล์ม มากที่สุดเนื่องจากสามารถทำให้ระยะเวลาการ
คืนทุนเปลี่ยนแปลงได้งายที่สุดเพราะเส้นดิ่งที่แสดงในกราฟชั้นที่สุด
ตามทีแสดงในแผนภูมิที่ 1 และผังรูปที่ 11

ตารางที่ 1 มูลค่าที่เปลี่ยนแปลงหลังจาก เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุน
ตามลำดับ

รายการ	Percent				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
ค่าไฟฟ้า	51,392.00	57,816.00	64,240.00	70,664.00	77,088.00
Evlink Fast Charge Solution	56,000.00	63,000.00	70,000.00	77,000.00	84,000.00
Solar Thin Film	159,532.80	179,474.40	199,416.00	219,357.60	239,299.20
Equipment	6,240.00	7,020.00	7,800.00	8,580.00	9,360.00
Maintenance	2,400.00	2,700.00	3,000.00	3,300.00	3,600.00
ค่าแรง	1,600.00	1,800.00	2,000.00	2,200.00	2,400.00

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการคืนทุนหลังจาก เพิ่ม และ ลด มูลค่าการลงทุน
ตามลำดับ

รายการ	Percent				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
ค่าไฟฟ้า	5.5	4.9	4.4	4.0	3.7
Evlink Fast Charge Solution	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
Solar Thin Film	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0
Equipment	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Maintenance	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
ค่าแรง	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4



แผนภูมิที่ 1 แนวเส้นปัจจัยที่มีความไวต่อการลงทุน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 2

Proceedings of the 2nd RMUTP Conference of Engineering and Technology

สัญลักษณ์แสดงถึงสีของเส้นในแผนภูมิ					
ค่าไฟฟ้า	Evilink Fast Charge Solution	Solar Thin Film	Equipment	Maintenance	ค่าแรง
5.5	4.2	3.8	4.4	4.4	4.4
4.9	4.3	4.1	4.4	4.4	4.4
4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
4.0	4.5	4.7	4.4	4.4	4.4
3.7	4.6	5.0	4.4	4.4	4.4

รูปที่ 11 ความชันของปัจจัยที่มีความไวต่อการลงทุน

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ. สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ, นางสาวประภาพร พลอยยอด, นายภิรมย์ สุข สวยสม และนายระพีพัฒน์ สุวรรณภูมิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา รวมทั้งแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษานี้ครั้งนี้ รวมถึงการสละเวลาในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ตลอดจนตรวจแก้ไขงานวิจัยจนเรียบร้อยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2559). สถิติพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2559 จาก <http://www.dede.go.th>
- [2] กระทรวงพลังงาน, (2559). สำนักงานขนส่งได้ทำการเก็บข้อมูลการจดทะเบียนตามพระราชบัญญัติในปี 2544-2559 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2559 จาก http://www.thaienergydata.in.th/output_general2.php
- [3] ผศ.ปิยศดา บัณฑิตรัตน์, ผศ.สุกสิน สุริยะ และชिरเสฏฐ์ ศิริชนานนท์ การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน (2556). จากหนังสือการเงินธุรกิจ
- [4] ผศ. จิราภรณ์ ขาวงษ์ การวิเคราะห์การลงทุน (2555). สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2560 จาก <https://www.scribd.com/presentation/159683144/การวิเคราะห์-โครงการ>
- [5] ชีรบุทธิ์ เจนวิทยา. “โซลาร์เซลล์ และแผงโซลาร์เซลล์.” (2545). ระบบออนไลน์ สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2559 จาก http://www.tkc.go.th/thesis/abstract.asp?item_id=6625
- [6] Solarcellthailand96 (2559). วิธีการคำนวณ และ ออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ สูตรคำนวณ แบบเตอร์ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2559 จาก <http://solarcellthailand96.com/>

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2559). จากการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ และคู่มือกระทรวงพลังงาน.

[8] บริษัท ที โอนิกส์ จำกัด, (2546). โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559

จาก http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php.

[9] การไฟฟ้าผ่านผลิตแห่งประเทศไทย, (2554). การผลิตไฟฟ้า โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell: PV) สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559 จาก http://www.3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell_pg5.htm.

[10] อังดร-เมธีแอมแปร์ นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส (1777-1836) กระแสไฟฟ้า (Current) สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559 จาก http://www.sc.mahidol.ac.th/scpv/courses/scpv155_12.htm.

[11] กระทรวงพลังงาน, (2559). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม – กรกฎาคม 2559 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2559 จาก http://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=43607&filename=

[12] กระทรวงพลังงาน, (2558). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย มกราคม – ธันวาคม 2558, สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2559 จาก http://www.dede.go.th/download/state_59/Thailand%20Alternative%20Energy%202015.pdf.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน



ชื่อ นามสกุล นายอชิต อู๋ยามาจิ
 วัน เดือน ปีเกิด 19 เมษายน 2534
 ภูมิลำเนา เลขที่ 456/33 ถนนตลาดใหม่ ตำบลตลาด
 อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
บริหารธุรกิจ	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	2557

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

เจ้าหน้าที่ฝ่ายสัญญา บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน) เลขที่ 570/1 หมู่บ้าน/อาคาร บ้านพัก บริษัท อิตาเลียนไทย ถนนศรีนครินทร์ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

