



รายงานสหกิจศึกษาบับสมบูรณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน
Feasibility Study for Using Energy Harvesting Devices

นางสาวกัลยกร ประภารัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน

Feasibility Study for Using Energy Harvesting Devices

นางสาวกัลยกร ประภารัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวกัลยกร ประภารัตน์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.วรชาติ สุวรรณงาม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาวศิริวรรณ วิสุทธิเสน

สถานประกอบการ บริษัท ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ได้นำเสนอรายละเอียดของโครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานที่เหมาะสมจากแหล่งพลังงานในอาคารสำนักงาน โดยจำแนกประเภทของพลังงานออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ พลังงานความร้อน พลังงานแสง และพลังงานกล โดยในขั้นตอนของการดำเนินโครงการได้ถูกจำแนกออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการพิจารณาแหล่งพลังงานและวิธีการแปลงพลังงานที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในสำนักงาน และ ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แหล่งพลังงานที่ได้ทำการเลือกแล้วนั้นมาใช้กับผลิตภัณฑ์ของบริษัท ทั้งนี้จากการดำเนินโครงการพบว่าพลังงานแสงได้ถูกเลือกเป็นแหล่งพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในอาคารสำนักงาน โดยอาศัยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ในการแปลงพลังงาน และเมื่อทำการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ของบริษัทพบว่าต้องมีการอาศัยวงจรกักเก็บพลังงานเพื่อช่วยศักยภาพในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับผลิตภัณฑ์ของบริษัท

คำสำคัญ : อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน, การนำอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานมาประยุกต์ใช้

Cooperative Title: Feasibility Study for Using Energy Harvesting Devices

Student intern name: Kanlayakorn Prapharat

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering.

Advisor name: Asst.Prof.Dr. Warachart Suwan-ngam

Mentor name: Siriwan Wisuttisen

Company: Silicon Craft Technology Co.,Ltd

ABSTRACT

This complete cooperate report presents the detail of feasibility study of harvesting the appropriate energy in the office for application to the company products. The energy sources are classified into 3 types such as thermal energy, light energy and mechanical energy. This project can be divided into 2 steps, selection of the appropriate energy source and energy converter for the company products and application of the selected energy source for the company products. From the study, light energy is selected to be the appropriate sources for this project. The printed thin film solar cell is selected and applied to the company products. However, from the experiment, the energy storage technology should be applied to assist the energy harvesting system to help stabilise the application of the solar cell to the company products.

Keywords : Energy Harvesting Devices, Application of Using Energy Harvesting.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าได้รับผิดชอบและปฏิบัติหน้าที่ในบริษัท ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด ระหว่างวันที่ 6 สิงหาคม ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ.2561 โครงการวิชา CO-OPERATIVE EDUCATION ในหัวข้อโครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน ซึ่งข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่เป็นประโยชน์อย่างมาก อีกทั้งได้รับการดูแลและช่วยเหลือต่าง ๆ จากพี่ในแผนกตลอดระยะเวลาการทำงาน

โครงการนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้หากขาดความกรุณาของนางสาวศิริวรรณ วิสุทธิเสน ผู้เป็นที่เลี้ยงที่คอยช่วยเหลือ เอาใจใส่ดูแลและให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาทำงาน

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วรชาติ สุวรรณงาม ผู้เป็นอาจารย์นิเทศโครงการสหกิจศึกษาที่คอยแนะนำให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือ แก้ไขปัญหาต่างๆในโครงการนี้

และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวที่อยู่เคียงข้างคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ ข้าพเจ้าจนปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กัลยกร ประภารัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีการดำเนินโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 พลังงานและการเก็บเกี่ยวพลังงาน	4
2.1.2 กระบวนการที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน	4
2.1.3 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน	5
2.1.3.1 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวจากพลังงานความร้อน	5
2.1.3.2 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวจากพลังงานแสง	7
2.1.3.3 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวจากพลังงานทางกล	13
2.1.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณหลังจากการเก็บเกี่ยว	14
2.1.4.1 DC-DC Converter	14
2.1.5 การเก็บเกี่ยวพลังงาน	17
2.1.5.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานความร้อน	17
2.1.5.2 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานแสง	17
2.1.5.3 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานทางกล	18

IV

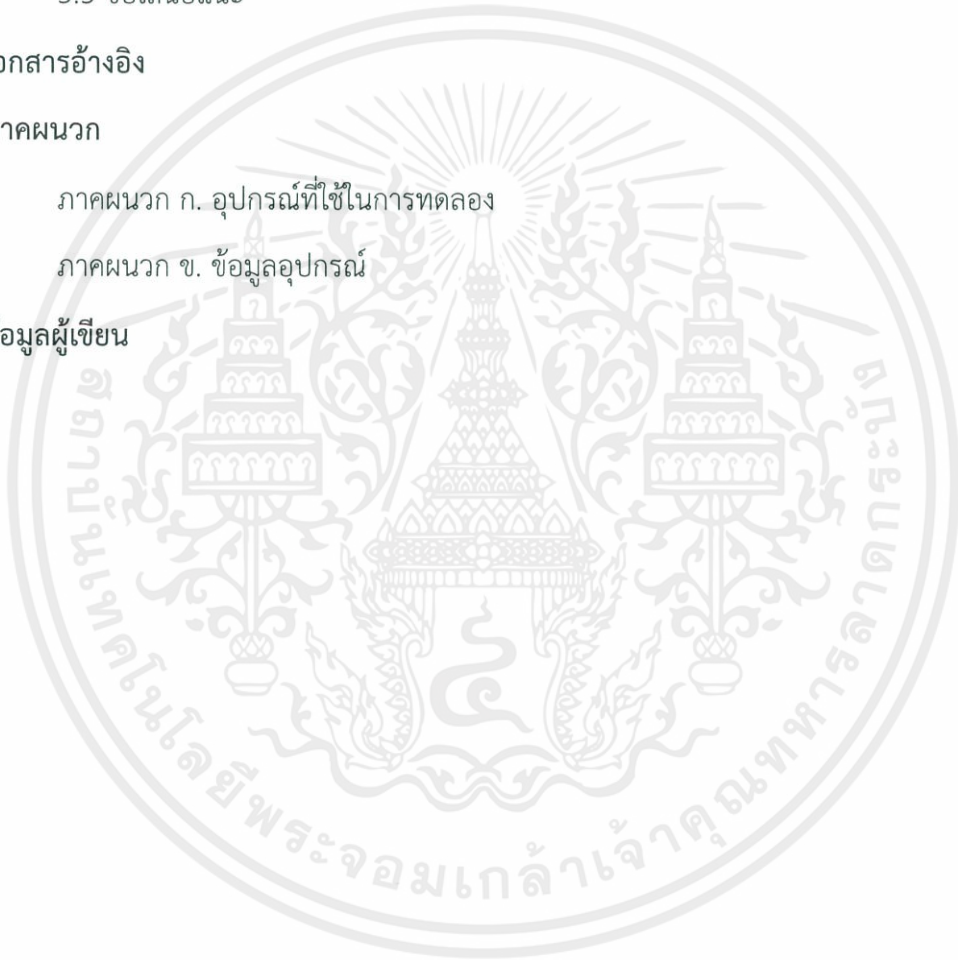
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการงาน	20
3.1 การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน	20
3.2 การศึกษาระบบของการเก็บเกี่ยวพลังงาน	20
3.2.1 ระบบที่ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง	20
3.2.2 ระบบที่ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ	21
3.3 การออกแบบและทำการทดลองเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน	21
3.3.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	21
3.3.2 การออกแบบการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์	21
3.3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	22
3.4 ศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน พร้อมประเมินความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ต่อในโครงการงาน	22
3.5 ศึกษาอุปกรณ์ที่นำมาเป็นภาระทางไฟฟ้าของระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน	22
3.6 ทดสอบหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า	22
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการงาน	23
การทดลองที่ 4.1 การหาคุณลักษณะเฉพาะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	23
การทดลองที่ 4.2 การหาคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์	32
การทดลองที่ 4.3 การหาคุณลักษณะเฉพาะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	55
การศึกษาคความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน และประเมินความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ต่อในโครงการงาน	58
การทดลองที่ 4.4 การหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ	61
5.1 บทสรุปปริญญานิพนธ์	61
5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงการ และแนวทางแก้ไขปัญหา	61
5.3 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	64
ภาคผนวก ข. ข้อมูลอุปกรณ์	67
ข้อมูลผู้เขียน	71

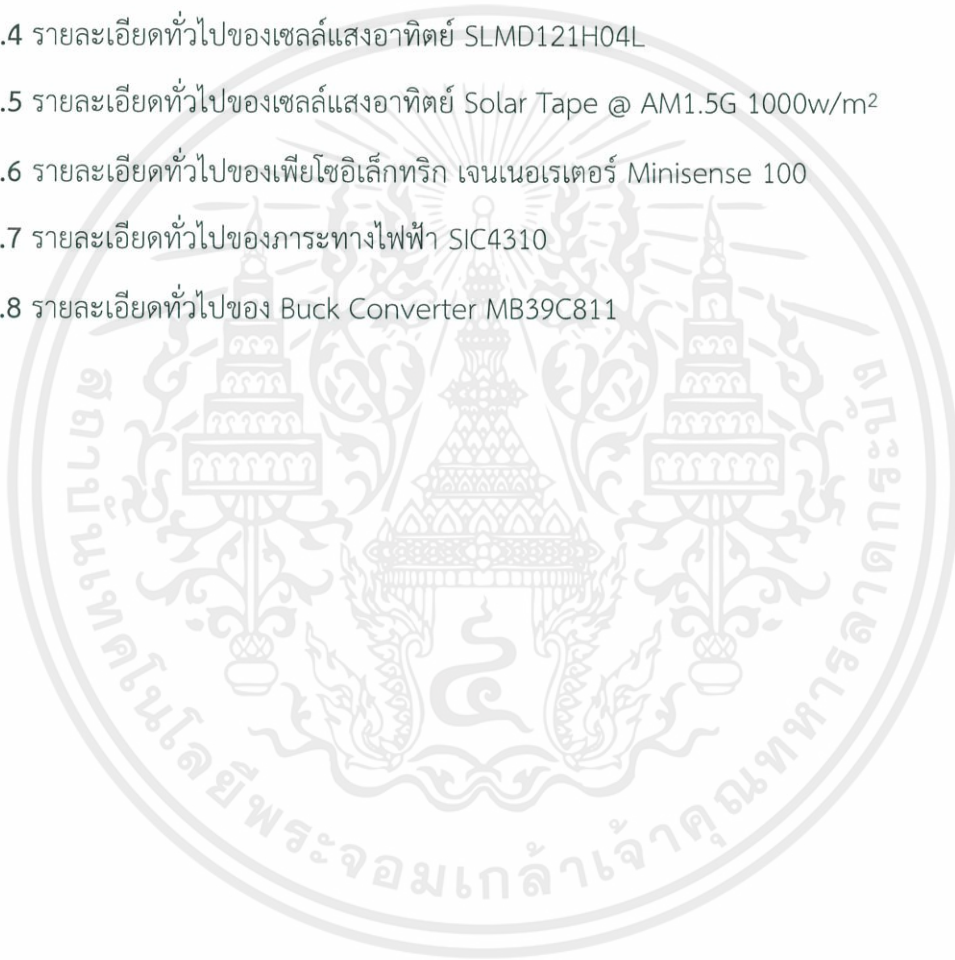


สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
4.1 ผลการทดลอง เมื่อไม่มีภาระของวงจร (วงจรเปิด)	24
4.2 ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 1.466 Ω	25
4.3 ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 3 Ω	27
4.4 ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω	29
4.5 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 717 ลักซ์	33
4.6 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 1,806 ลักซ์	35
4.7 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 7,324 ลักซ์	38
4.8 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 717 ลักซ์	41
4.9 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 1,806 ลักซ์	43
4.10 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 7,324 ลักซ์	45
4.11 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 717 ลักซ์	47
4.12 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 1,806 ลักซ์	49
4.13 ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ความส่องสว่างที่ระดับ 7,324 ลักซ์	51
4.14 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบราคาต่อกำลังไฟฟ้าในหน่วยบาทต่อ mW	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.1 ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	65
ข.1 รายละเอียดทั่วไปของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ EHA-PA1AN1-R03	68
ข.2 รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR	68
ข.3 รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR	69
ข.4 รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H04L	69
ข.5 รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ Solar Tape @ AM1.5G 1000w/m ²	69
ข.6 รายละเอียดทั่วไปของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ Minisense 100	70
ข.7 รายละเอียดทั่วไปของภาระทางไฟฟ้า SIC4310	70
ข.8 รายละเอียดทั่วไปของ Buck Converter MB39C811	70



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภาพสรุปส่วนประกอบหลักของกระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานหลายรูปแบบ	5
2.2 ภาพอธิบายหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ โดยอาศัยปรากฏการณ์ Seebeck effect	6
2.3 ภาพอธิบายโครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	6
2.4 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	7
2.5 ภาพอธิบายหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.6 ภาพเปรียบเทียบลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำซิลิคอน	9
2.7 ภาพตัวอย่างการนำเซลล์แสงอาทิตย์จาก GaAs มาใช้กับดาวเทียม midSTAR-1	10
2.8 ภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง	11
2.9 แผนภาพการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อใช้งานกับแสงอาทิตย์	12
2.10 ภาพคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงกับอุณหภูมิ	13
2.11 ภาพอธิบายปรากฏการณ์ Direct Piezo Effect และ Converse Piezo Effect	13
2.12 ภาพตัวอย่างวัสดุเพียโซอิเล็กทริก	13
2.13 รูปวงจร Buck Converter (Step-down Converter)	15
2.14 รูปวงจร Boost Converter (Step-up Converter)	16
2.15 รูปวงจร Buck-Boost Converter	16
2.16 กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานความร้อนจากการใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	17
2.17 กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์	18
2.18 กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานทางกลจากการใช้เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	18
4.1 การต่อวงจรเพื่อทดสอบหาคุณลักษณะเฉพาะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	24
4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออกและอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อนภายใต้สภาวะเปิดวงจร	25
4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อนเมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 1.466Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า	26

IX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 1.466 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า	27
4.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 3 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า	28
4.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 3 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า	29
4.1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า	30
4.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า	31
4.2 การต่อวงจรเพื่อทดสอบหาค่าคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์	32
4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์	34
4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสง อาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์	35
4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์	37
4.2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสง อาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์	37
4.2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์	39
4.2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสง อาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์	40
4.2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์	43
4.2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์	44
4.2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์	45
4.2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์	46
4.2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์	46
4.2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์	48
4.2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์	49
4.2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์	50
4.2.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์	51
4.2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์	53
4.2.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์	53
4.3 ภาพแสดงการต่อวงจรเพื่อหาคุณลักษณะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	55
4.3.1 กราฟแรงดันที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกระแส เมื่อทำการทดลองเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	56
4.4 ภาพแสดงการต่อวงจร เพื่อทำการทดลองหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บ- เกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า	59



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันการนำพลังงานหมุนเวียนจากสิ่งรอบตัวมาประยุกต์ใช้กำลังเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ยกตัวอย่างเช่น กังหันลมผลิตไฟฟ้า ที่อาศัยพลังงานจลน์จากลม ฟาร์มผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ตลอดจนถึงการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กในที่อยู่อาศัย เช่น โซลาร์รูฟ ซึ่งเป็นการแปลงรูปพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งอยู่บนหลังคาผู้อยู่อาศัย การให้ความสนใจในพลังงานเหล่านี้ เป็นผลเนื่องมาจากพลังงานเกือบทั้งหมดในปัจจุบัน ได้มาจากแหล่งพลังงานฟอสซิล ซึ่งกระบวนการแปลงพลังงานต้องอาศัยการเผาไหม้เชื้อเพลิงดังกล่าว และก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศ การนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่ถูกเล็งเห็นว่ามีสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตพลังงานในอนาคต เนื่องจากไม่ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม ทั้งยังเป็นพลังงานที่อยู่รอบตัวเราในชีวิตประจำวัน และสำคัญที่สุดคือ พลังงานเหล่านี้ได้มาจากแหล่งที่ไม่มีวันหมด

จากความเป็นมาและความสำคัญ นักศึกษาจึงเล็งเห็นประโยชน์ของการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กระดับมิลลิวัตต์ (mW) เพื่อการประยุกต์ใช้กับวงจรขนาดเล็ก ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

การทำโครงการในหัวข้อเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงานมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและเลือกอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานที่เหมาะสมกับโครงการ
- 1.2.2 เพื่อนำอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ของบริษัท

1.3 ขอบเขตของโครงการ

การวางแผนการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงานสามารถจำแนกออกได้ตามแต่ละส่วนของขอบเขตของโครงการ ดังนี้

- 1.3.1 การทำโครงการครั้งนี้ มุ่งศึกษาเฉพาะการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแหล่งที่หาได้ในสำนักงาน โดยแบ่งออกเป็นพลังงานแสง, พลังงานความร้อน และพลังงานทางกล

1.3.2 การศึกษาทดลองในโครงการนี้ เป็นการศึกษาคือความเป็นไปได้ในการนำพลังงานจากการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมมาใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีอยู่ของบริษัท

1.4 วิธีการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ และระยะเวลาในการดำเนินโครงการตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สัปดาห์ที่ดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน	■															
ศึกษาการทำงานของระบบการเก็บเกี่ยวพลังงาน		■														
ออกแบบและทำการทดลองเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยว			■													
ศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน พร้อมประเมินความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ต่อในโครงการ				■												
ศึกษาอุปกรณ์ที่นำมาเป็นภาระทางไฟฟ้าของระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน								■								
ทดสอบหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า												■				
วิเคราะห์ สรุปผลและจัดทำรูปเล่มโครงการ															■	

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับในการดำเนินงานโครงการเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน กับบริษัท ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด มีดังนี้

1.5.1 ได้รับความรู้ถึงการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถลำดับการทำงานจากการวางแผนจนถึงขั้นตอนการลงมือทำ

1.5.2 เรียนรู้ถึงอุปสรรค และการแก้ไขการทำงานต่างๆ ในการทำงาน ทั้งจากการปรึกษาเพื่อนร่วมงาน และการศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง

1.5.3 มีความเข้าใจในการทำงานจริง และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ๆ ได้ดีขึ้น

1.5.4 สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปเป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ ในอนาคต

1.5.5 สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับ ให้กับคนในทีม เพื่อให้มีความเข้าใจที่ตรงกัน และส่งผลให้งานออกมามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.5.6 บริษัทสามารถนำความรู้จากโครงการนี้ ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพกับสินค้าในอนาคต

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานมาใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ผู้ดำเนินโครงการจึงต้องทำการศึกษาอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน ระบบของการเก็บเกี่ยว ไปจนถึงอุปกรณ์ที่เป็นภาระทางไฟฟ้าของระบบนี้ แล้วนำแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการเรื่องนี้ มาประยุกต์ใช้กับงาน เพื่อให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ โดยแนวคิด ทฤษฎีที่นำมาใช้ศึกษาโครงการนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พลังงานและการเก็บเกี่ยวพลังงาน [1]

นิยามของพลังงาน คือ ความสามารถในการทำงาน ซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งสามารถให้งานได้ โดยเก็บไว้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานลมและพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น มนุษย์เราใช้พลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่การนั่ง การอ่านหนังสือ การเดิน หรือแม้กระทั่งการนอน โดยเราสามารถแบ่งประเภทของพลังงานได้เป็น 2 ประเภท คือ พลังงานศักย์และพลังงานกล

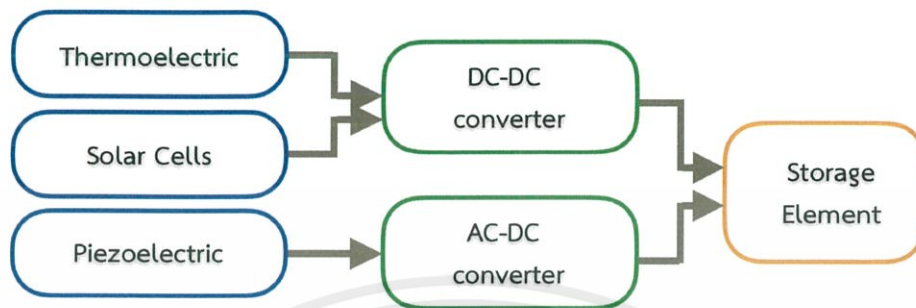
แหล่งของพลังงานแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก ได้แก่ แหล่งพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ทดแทนได้ สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ซ้ำได้อีกอย่างไม่มีวันหมด เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ กลุ่มที่สองคือ แหล่งพลังงานสิ้นเปลือง เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีก เช่น พลังงานจากถ่านหิน พลังงานจากน้ำมันและผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม เป็นต้น

การเก็บเกี่ยวพลังงาน เป็นการนำพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบต่างๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน มาผ่านกระบวนการแปลงรูปพลังงานเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วกักเก็บไว้ หรือใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พลังงานต่ำ เช่น เครื่องช่วยเซ็นเซอร์ไร้สายและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถสวมใส่ได้

2.1.2 กระบวนการที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน

กระบวนการที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานมีหลากหลายรูปแบบ ขึ้นกับแหล่งของพลังงาน ระดับของพลังงานและสัญญาณของพลังงานที่ได้หลังการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า หากมองกระบวนการโดยรวมแล้ว ระบบที่ใช้เก็บเกี่ยวประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว ส่วนเปลี่ยนสัญญาณของพลังงานหลังจากผ่านส่วนของการเก็บเกี่ยวและส่วนกักเก็บพลังงาน โดยรูปแบบที่ทำการศึกษานี้ จำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ พลังงานความร้อน, พลังงานแสง

และพลังงานทางกลดังแสดงในภาพที่ 2.1 อย่างไรก็ตาม กระบวนการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามรูปแบบของการนำพลังงานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวไปใช้งาน



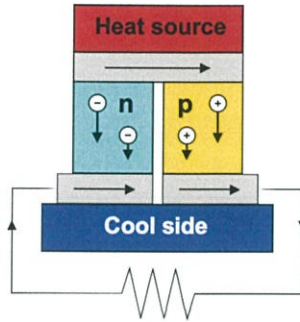
ภาพที่ 2.1 : แผนภาพสรุปรูปส่วนประกอบหลักของกระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานหลายรูปแบบ

2.1.3 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน

การนำแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่อยู่รอบตัวมาแปรสภาพและก่อให้เกิดประโยชน์นั้น จำเป็นต้องพึ่งพาอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแปรพลังงานแบบต่างๆ ให้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้า ก่อนจะนำพลังงานไฟฟ้าจากการเก็บเกี่ยวนั้นมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถจำแนกอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานได้ตามรูปแบบของพลังงานปฐมภูมิก่อนป้อนเข้าไปยังอุปกรณ์ ซึ่งในโครงการนี้ได้จำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานความร้อน, อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานแสง และอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานทางกล

2.1.3.1 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวจากพลังงานความร้อน [2]

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานความร้อน ได้แก่ เทอร์โมอิเล็กทริก เจเนอเรเตอร์ (Thermoelectric Generator) โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “ Seebeck effect ” ที่ใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในโลหะ เนื่องจากกลุ่มอิเล็กตรอนในโลหะด้านร้อนจะมีพลังงานจลน์สูงกว่าโลหะด้านเย็นและเคลื่อนที่เร็วกว่า จึงทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณอิเล็กตรอนที่ปลายโลหะทั้งสองและเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้น ดังภาพที่ 2.2 โดยลักษณะของพลังงานที่ได้จากอุปกรณ์นี้ คือ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

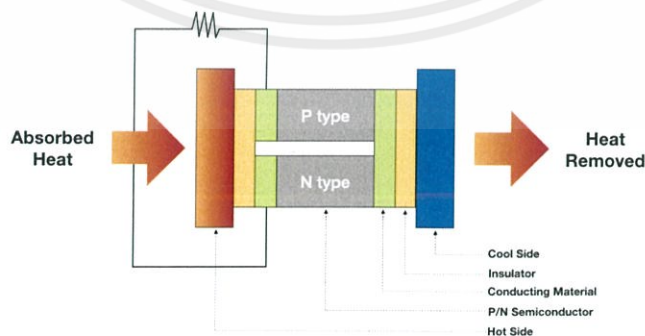


ภาพที่ 2.2 : ภาพอธิบายหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ โดยอาศัยปรากฏการณ์ Seebeck effect

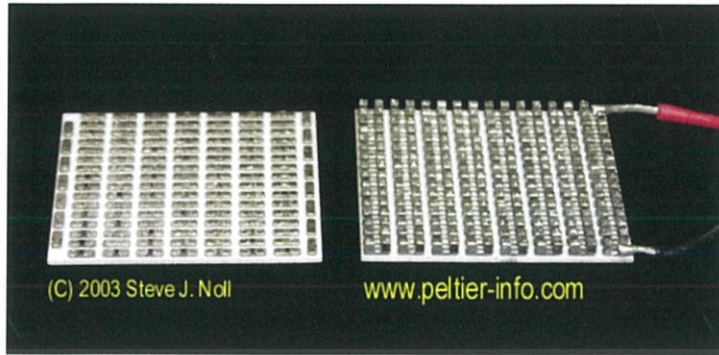
2.1.3.1.1 โครงสร้างของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานจากความร้อน

โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์มีส่วนประกอบหลักๆ คือ วัสดุด้านร้อน-ด้านเย็น วัสดุเชื่อมต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำ และที่สำคัญที่สุดคือสารกึ่งตัวนำทั้งชนิดพีและเอ็น (P type - N type Semiconductor)

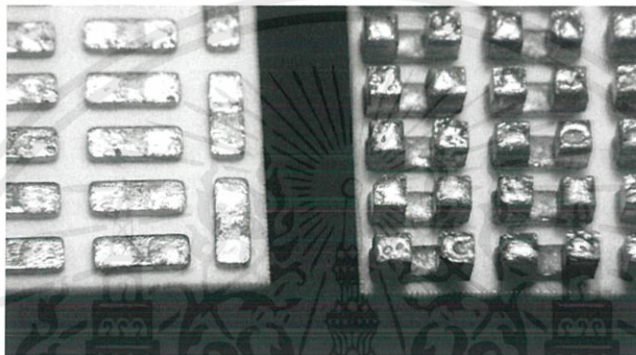
อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ผลิตกันในเชิงพาณิชย์ จะมีมาตรฐานการกำหนดข้อมูลเฉพาะ (Specification) ทั้งขนาด พื้นที่ รูปร่าง และกำลังไฟฟ้าของเซลล์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์โดยในการผลิตทางอุตสาหกรรมเทอร์โมอิเล็กทริกชนิดสารกึ่งตัวนำแบบพีและเอ็น จะถูกนำมาจัดเรียงบนแผ่นฉนวนไฟฟ้าต่อสลับอันดับกันทางวงจรไฟฟ้าและต่อขนานกันในเชิงวงจรความร้อน บนพื้นที่กว้าง ทั้งนี้เพื่อให้มีทิศทางการเคลื่อนที่ของพาหะไฟฟ้าที่สอดคล้องกับการเกิดปรากฏการณ์ Seebeck effect เป็นการสร้างรอยต่อโอห์มมิกที่ผนังอุปกรณ์ด้านร้อนและด้านเย็น ดังโครงสร้างในภาพที่ 2.3 และภาพส่วนประกอบภายใน ในภาพที่ 2.4 ก็จะทำให้ได้พื้นที่ที่ทำความเย็นและการระบายความร้อนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.3 : ภาพอธิบายโครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์



(ก) แผ่นฉนวนที่จัดเรียงเทอร์โมอิเล็กทริก

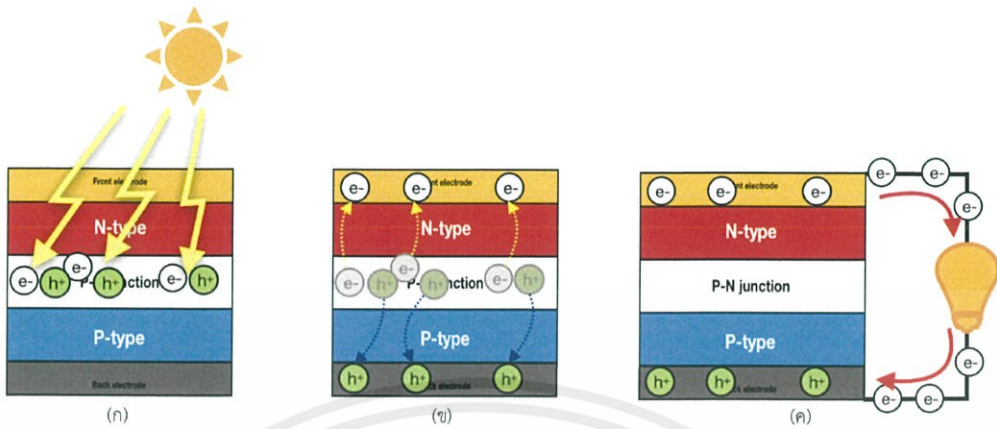


(ข) ภาพขยายส่วนฐานและเทอร์โมอิเล็กทริก

ภาพที่ 2.4 : โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

2.1.3.2 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวจากพลังงานแสง [3]

การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์สามารถอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic cell) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสง (Light energy) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์มีเพียงสองอย่างที่สำคัญ คือ การดูดซึมแสงเพื่อสร้างคู่ของประจุอิเล็กตรอน-โฮล (Electron-hole) และการแยกประจุทั้งสอง (อิเล็กตรอน-โฮล) ออกจากกัน เริ่มจาก มีแสงมาตกกระทบที่ตัวของเซลล์แสงอาทิตย์ แสงจะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปรวมตัวกันที่ Front electrode และโฮลจะเคลื่อนที่ไปรวมกันที่ Back electrode และเมื่อมีการเชื่อมต่อแบบครบวงจร จะมีไฟฟ้ากระแสตรงไหลในวงจรไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 : ภาพอธิบายหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ (ก) แสดงตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ (ข) มีการเคลื่อนที่ของคู่ประจุ อิเล็กตรอน-โฮล (ค) เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเมื่อเชื่อมต่อแบบครบวงจร

2.1.3.2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เนื่องจากแต่ละชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ ความเข้มของแสงและอุณหภูมิ การนำเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดมาใช้ จึงขึ้นกับสภาพแวดล้อมโดยรอบของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์มีกระบวนการผลิต ลักษณะรูปร่าง และสมรรถนะที่ต่างกัน โดยสามารถแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ได้หลากหลาย สามารถ แบ่งประเภทได้ตามชนิดของวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์, ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ และชนิดของแสงที่นำมาใช้กับเซลล์แสงอาทิตย์

ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ตามวัสดุที่นำมาผลิต

(1) เซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำซิลิคอน

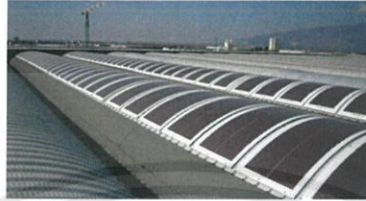
วัสดุที่แพร่หลายมากที่สุดที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์คือผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon Solar Cell) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิดนี้แตกต่างกันที่วิธีการผลิต โดยชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอนมีกระบวนการที่ซับซ้อนกว่าและมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า อยู่ที่ 18-25% สีของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวจะออกเป็นสีดำ ในขณะที่ชนิดผลึกรวมซิลิคอนมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 12-15% และมีสีออกน้ำตาลทำให้บางครั้งอาจดูไม่สวยงามเมื่อเทียบกับชนิดผลึกเดี่ยวที่เหมาะสมสิ่งปลูกสร้างมากกว่า ดังภาพที่ 2.6 (ก-ข)



(ก) ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน



(ข) ชนิดผลึกรวมซิลิคอน



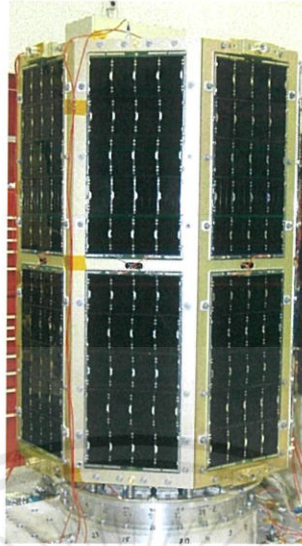
(ค) ชนิดที่ไม่เป็นรูปผลึกซิลิคอน

ภาพที่ 2.6 : ภาพเปรียบเทียบลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำซิลิคอน

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เป็นรูปผลึกซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) มีลักษณะบาง ดังนั้นจึงสามารถจัดให้อยู่ในชนิดฟิล์มบาง (Thin-film) ได้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้กับเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิคอนในขนาดที่บางมาก ชนิดที่ไม่เป็นรูปผลึกซิลิคอนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าชนิดผลึกซิลิคอน เนื่องจากสามารถดูดซับพลังงานแสงได้ดีกว่า แต่เมื่อทำให้มีความหนาเท่ากับชนิดผลึกซิลิคอนแล้ว ประสิทธิภาพจะออกมาน้อยกว่า ในแง่ของการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ถูกผลิตออกมาให้มีความบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน เพื่อการประยุกต์ใช้งานได้ในพื้นที่ที่หลากหลาย จึงมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าที่ 6-10% แต่มีคุณสมบัติที่สามารถทนต่ออากาศร้อนได้ดีกว่าและน้ำหนักที่เบาว่าชนิดผลึกซิลิคอน และสามารถติดตั้งให้เข้ากับพื้นที่ของการติดตั้งได้ดีจากความยืดหยุ่น ดังภาพที่ 2.6 (ค)

(2) เซลล์แสงอาทิตย์จากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน

เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทที่มีประสิทธิภาพมากกว่า 25% แต่ด้วยราคาที่สูงมากจึงไม่เป็นที่นิยมในตลาด แต่นำเซลล์แสงอาทิตย์กลุ่มนี้มักถูกนำไปใช้กับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ และอาจมีการนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตที่ดีขึ้น ส่งผลให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ถูกลง ตัวอย่างสารประกอบที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ คือ GaAs (Gallium Arsenide) ประสิทธิภาพ 35%, CdTe (Cadmium-Telluride) ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ GaAs แต่มีราคาสูงสุดในกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้และก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าชนิดอื่นๆ



ภาพที่ 2.7 : ภาพตัวอย่างการนำเซลล์แสงอาทิตย์จาก GaAs มาใช้กับดาวเทียม midSTAR-1

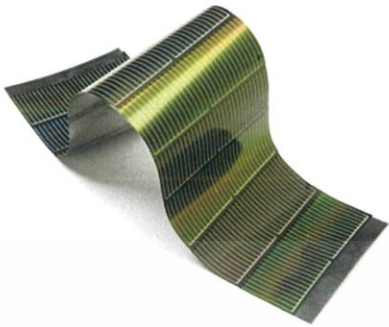
ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ตามลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

(1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นรูปผลึก (Crystalline)

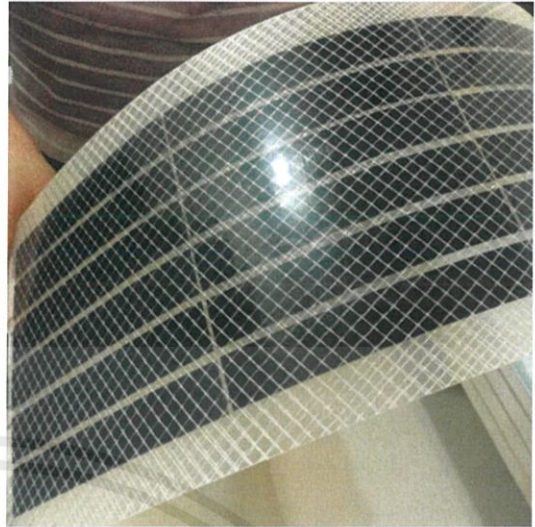
นอกจากเซลล์แสงอาทิตย์รูปผลึกที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำซิลิคอนแล้ว ยังมีสารประกอบอื่นที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ด้วย เช่น GaAs ที่มีลักษณะเป็นรูปผลึก และ InP (Indium Phosphide) ที่มีอัตราการดูดซึมของแสงที่สูงและประสิทธิภาพสูงสุดที่ 22%

(2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง (Thin-Film)

การนำสารกึ่งตัวนำซิลิคอนมาทำให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นผลึกแล้วทำให้มีลักษณะบางนั้น เป็นเทคโนโลยีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีมานาน ในปัจจุบันมีการนำสารประกอบชนิดอื่นมาทำเซลล์แสงอาทิตย์ลักษณะนี้ สารประกอบเหล่านี้คือ CdTe (Cadmium Telluride) CIS, CI(G)S (Copper Indium Gallium Selenide) ที่มีคุณสมบัติในการดูดซึมแสงได้ดีมากและมีลักษณะบางที่สุดในบรรดาของเซลล์แสงอาทิตย์กลุ่มนี้ จนสามารถทำให้อยู่ในลักษณะที่ยืดหยุ่นได้ ซิลิคอน, CdTe และ CIGS เป็นสารประกอบที่ใช้มากที่สุดในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง แต่เมื่อไม่นานมานี้ มีการคิดค้นการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางจากวัสดุออร์แกนิก เพื่อลดปัญหาการเกิดมลพิษ ทั้งในขั้นตอนการผลิตและการทำลายเซลล์แสงอาทิตย์ และสามารถทำงานได้ดีภายใต้แสงจากหลอดไฟ



(ก)



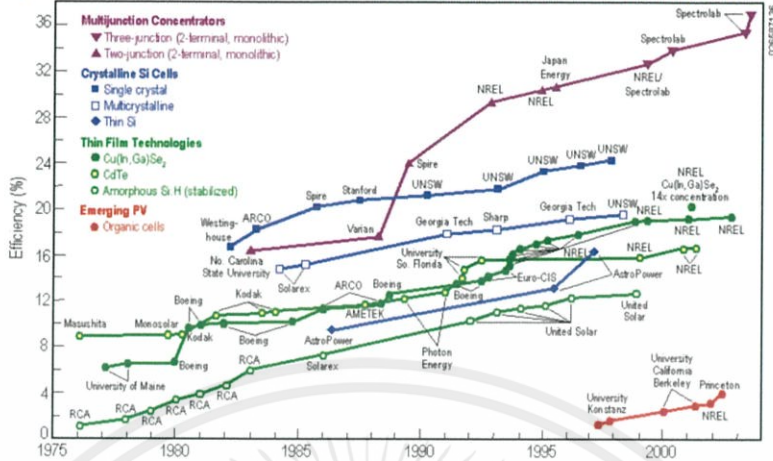
(ข)

ภาพที่ 2.8 : ภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง (ก) CdTe (Cadmium Telluride)
(ข) CIS หรือ CIGS (Copper Indium Gallium Selenide)

ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ตามชนิดของแสงที่นำมาใช้กับเซลล์แสงอาทิตย์

(1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กับงานภายนอกอาคาร (Outdoor Solar Cells)

แสงจากดวงอาทิตย์เป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยาฟิวชั่น (Nuclear fusion) ของดวงอาทิตย์ ส่วนมากอยู่ในช่วงอินฟราเรด (Infrared) ช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible light) และอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) แสงอาทิตย์ที่ถูกกรองผ่านชั้นบรรยากาศโลกออกมาเป็นแสงสีขาว ซึ่งเกิดจากแสงทั้ง 7 สีมารวมกัน มีความยาวคลื่นในช่วง 400-700 nm ความสว่างของแสงอยู่ที่หลักหมื่นถึงแสนลักซ์ (Lux) ปกติแล้วเซลล์แสงอาทิตย์ทุกชนิดถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานกับแสงจากดวงอาทิตย์ แต่ละประเภทประสิทธิภาพจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของสารที่นำมาผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อใช้กับแสงจากดวงอาทิตย์คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน ตามด้วยชนิดผลึกรวมซิลิคอนและเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดคือชนิดฟิล์มบางที่ใช้วัสดุออร์แกนิกในการผลิต ดังภาพที่ 2.9



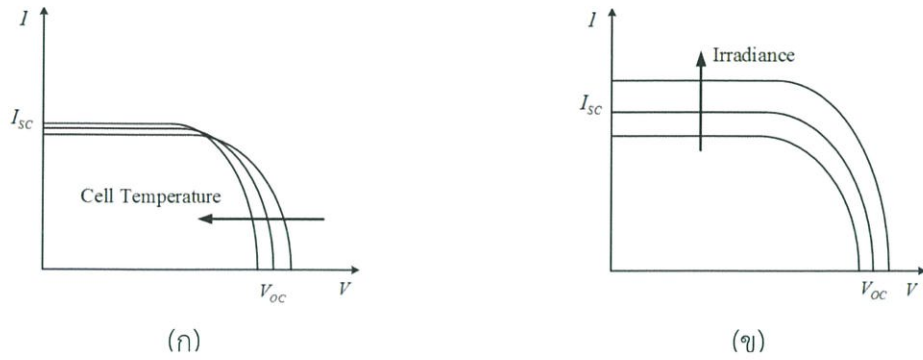
ภาพที่ 2.9 : แผนภาพการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อใช้งานกับแสงอาทิตย์ [4]

(2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทำงานภายในอาคาร (Indoor Solar Cells)

แสงจากหลอดไฟ มีความสว่างอยู่ที่ 100 - 2000 ลักซ์ ขึ้นอยู่กับสถานที่ที่ใช้ในการติดตั้งไฟ เซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับแสงไฟลักษณะนี้ คือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เป็นรูปผลึกซิลิคอน และกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางทั้งหลาย รวมถึงกลุ่มออร์แกนิก เนื่องจากกลุ่มเซลล์กลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการดูดซับแสงไฟจากหลอดไฟได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ [5]

2.1.3.2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ [6]

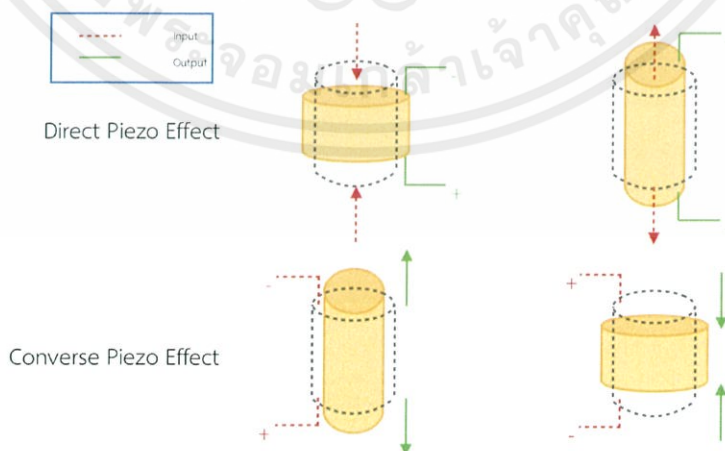
แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขึ้นกับอุณหภูมิและความเข้มของแสง โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าลดลงเพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้มีผลทำให้ช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน (Band gap) ลดลง ส่งผลให้แรงดันลดลงด้วย ดังรูปที่ 2.10 (ก) ขณะที่การเพิ่มความเข้มแสงทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งพลังงานแสง (I_L) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.10 (ข)



ภาพที่ 2.10 : คุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงกับอุณหภูมิ
(ก) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ข) การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง

2.1.3.3 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานทางกล [7]

ปัจจุบันการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแหล่งพลังงานทางกลกำลังเป็นที่สนใจอย่างมากในต่างประเทศ มีการทดลองและพัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ (Piezoelectric Generator) จากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric effect) ผ่านวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric material) ที่เมื่อได้รับแรงกดหรือแรงดึง วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าลักษณะที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกว่า Direct Piezo Effect ดังภาพที่ 2.11 (บน) หรือเมื่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้รับกระแสไฟฟ้าจะเกิดการยืด-หดตัวของวัสดุ ขนาดของการยืด-หดขึ้นกับประแสไฟฟ้าที่ได้รับ เป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Converse Piezo Effect ดังภาพที่ 2.11 (ล่าง) ประเภทของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ขึ้นกับวัสดุที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริกที่นำมาผลิต วัสดุที่ว่านี้มีหลายชนิด เช่น คริสตัล (ควอตซ์, ทัวร์มาลีน) เซรามิก โพลีเมอร์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.11 : ภาพอธิบายปรากฏการณ์ (บน) Direct Piezo Effect

และ (ล่าง) Converse Piezo Effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 13 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.12 : ภาพตัวอย่างวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (ก) ควอตซ์ (ข) เซรามิก

2.1.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณหลังการเก็บเกี่ยว

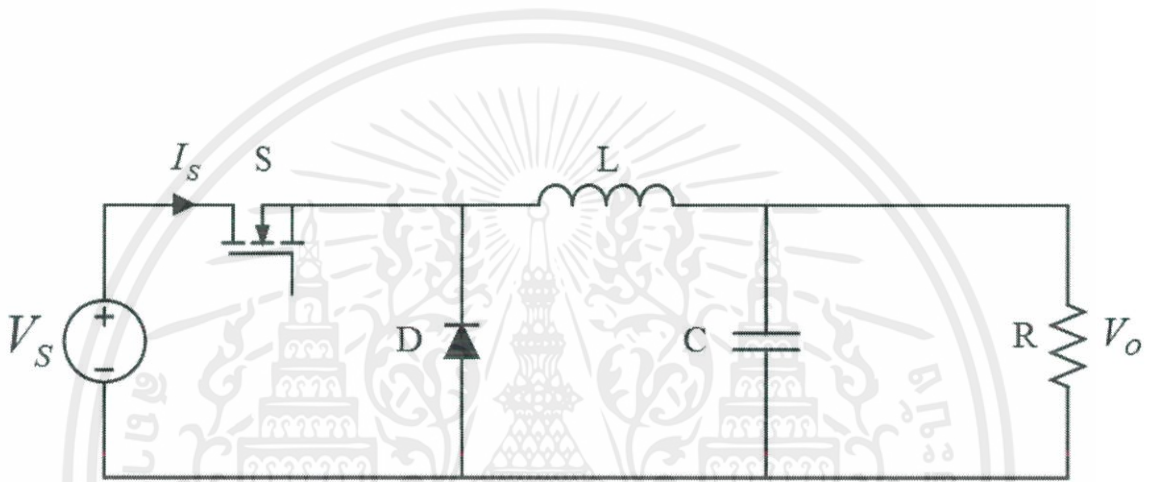
สัญญาณของพลังงานที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวพลังงานนั้น ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน โดยลักษณะของสัญญาณจะมี 2 ประเภท คือ สัญญาณกระแสตรงและสัญญาณกระแสสลับ การใช้อุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณเป็นไปตามลักษณะของสัญญาณหลังการเก็บเกี่ยว อุปกรณ์ที่ว่านี้ คือ คอนเวอร์เตอร์ (Converter) คอนเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณหรือตัวแปลงสัญญาณ โดยมีหน้าที่แปลงสัญญาณต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อุนหภูมิ, ไฟกระแสตรง, ไฟกระแสสลับ ให้เป็นสัญญาณมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ได้ยึดถือเป็นมาตรฐานในการออกแบบ เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานร่วมกันได้

2.1.4.1 DC-DC Converter [8]

DC-DC Converter เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณจากแหล่งจ่ายจากไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดันค่าหนึ่งให้อยู่ในระดับแรงดันที่เหมาะสม DC-DC Converter มักใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ ที่ใช้แบตเตอรี่ในการจ่ายไฟ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีวงจรเล็ก ๆ หลายวงจรประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละวงจรต้องการไฟในระดับแรงดันที่แตกต่างกัน อาจมากกว่าหรือน้อยกว่าระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายภายนอก นอกจากนี้ DC-DC Converter ยังถูกใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้พลังงานสูงสุดในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ หรือพลังงานจากกังหันลม DC-DC Converter ที่รู้จักกันดีและใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ Buck Converter Boost Converter และ Buck-Boost Converter อุปกรณ์เหล่านี้ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ สวิตช์ที่สามารถสั่งงาน “ เปิด ” หรือ “ ปิด ” ได้ตามต้องการ, ตัวเหนี่ยวนำและตัวไดโอด อาจมีการเพิ่มตัวเก็บประจุเข้าในวงจร เพื่อเป็นการกรองความถี่ด้านขาออก

2.1.4.1.1 Buck Converter

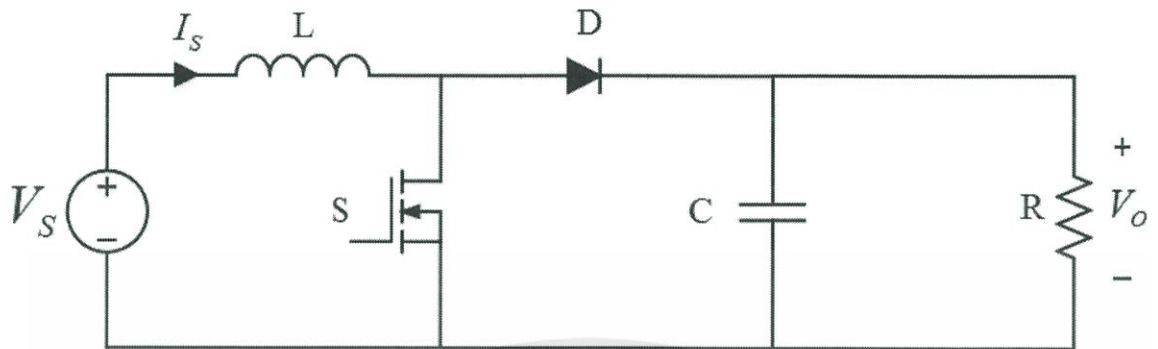
Buck Converter เป็น DC-DC Converter ที่ใช้ในการลดทอนแรงดัน ในขณะที่เดียวกันก็เพิ่มกระแสจากไฟที่ได้รับจากแหล่งจ่าย แล้วส่งออกให้กับภาระทางไฟฟ้า การทำงานของมันเป็นการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงค่าหนึ่งให้มีค่าแรงดันที่ภาระทางไฟฟ้าลดลงจากเดิม อุปกรณ์นี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Step-down Converter จากลักษณะการทำงานของมันที่เปลี่ยนแรงดันขาออกให้มีค่าน้อยลง Buck Converter นิยมใช้วงจร LC Low pass filter ด้านขาออก เพื่อให้แรงดันขาออกมีความราบเรียบสูง และมีอัตราการลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ฝกผันกับค่ากำลังสองของความถี่



ภาพที่ 2.13 : รูปวงจร Buck Converter (Step-down Converter)

2.1.4.1.2 Boost Converter

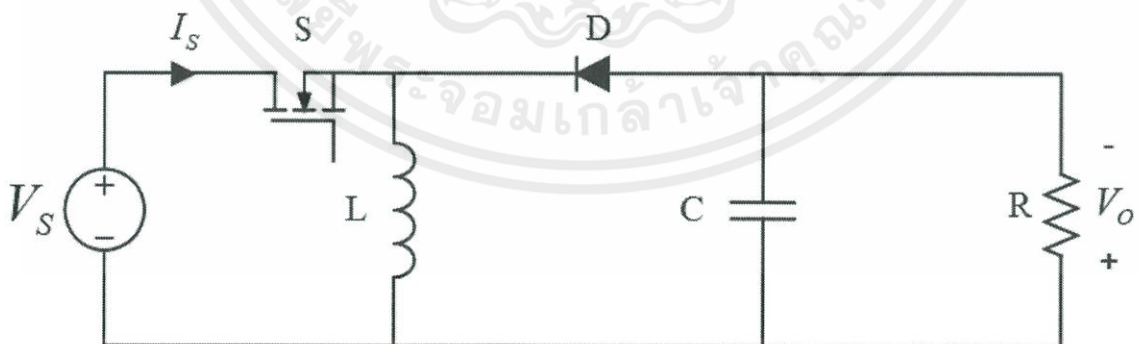
แหล่งจ่ายที่จ่ายไฟให้กับ Boost Converter อาจมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแหล่งใดก็ได้ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ กระบวนการทำงานของมันคือการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงค่าหนึ่งให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันที่ภาระทางไฟฟ้ามากกว่าแรงดันที่ป้อนเข้าให้กับ Boost Converter อุปกรณ์นี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Step-up Converter จากลักษณะการทำงานของมันที่เปลี่ยนแรงดันขาออกให้มีค่ามากขึ้น วงจรนี้จะใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวกรองความถี่ที่เรียกว่า Capacitor Filter



ภาพที่ 2.14 : รูปวงจร Boost Converter (Step-up Converter)

2.1.4.1.3 Buck-Boost Converter

เป็นวงจรที่สามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าตรงด้านขาออกให้มีขนาดต่ำกว่าหรือสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าได้ตามต้องการ โดยมักใช้ตัวกรองความถี่แบบเดียวกับ Boost Converter คือใช้ตัวเก็บประจุ (Capacitor Filter) แรงดันด้านขาออกของวงจร Buck-Boost Converter นี้ จะมีการสลับขั้วกับแรงดันด้านขาเข้า

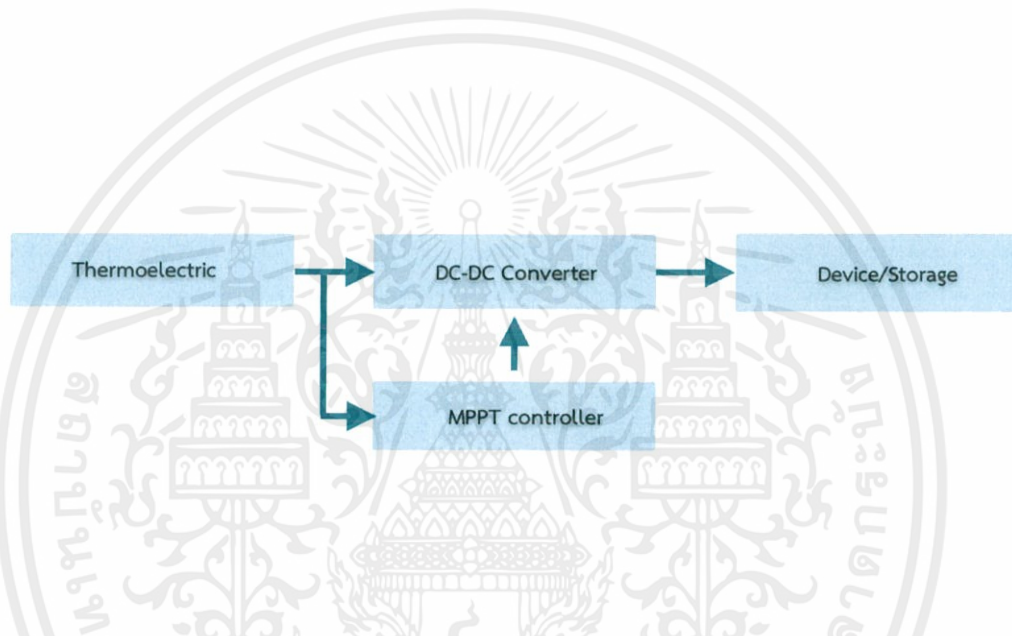


ภาพที่ 2.15 : รูปวงจร Buck-Boost Converter

2.1.5 การเก็บเกี่ยวพลังงาน

2.1.5.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานความร้อน

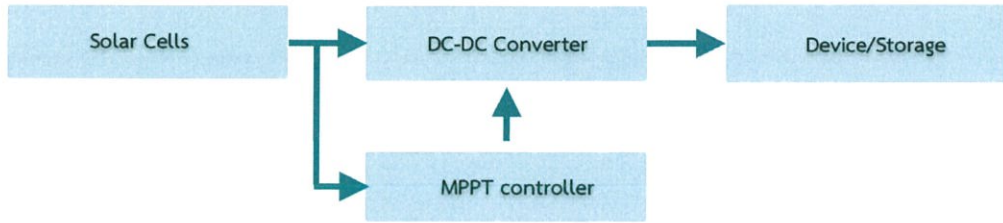
กระบวนการที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานความร้อนนั้น เริ่มจากการเก็บเกี่ยวพลังงานความร้อนผ่านอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ และเนื่องจากพลังงานที่ได้จากอุปกรณ์นี้เป็นลักษณะไฟฟ้ากระแสตรง จึงใช้ DC-DC Converter ควบคู่กับ MPPT Controller ในการแปลงสัญญาณไฟ ให้อยู่ในระดับแรงดันที่เหมาะสม ก่อนจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการหรือเก็บไว้ในอุปกรณ์กักเก็บพลังงานต่างๆ ดังกระบวนการตามภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 : กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานความร้อนจากการใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

2.1.5.2 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานแสง

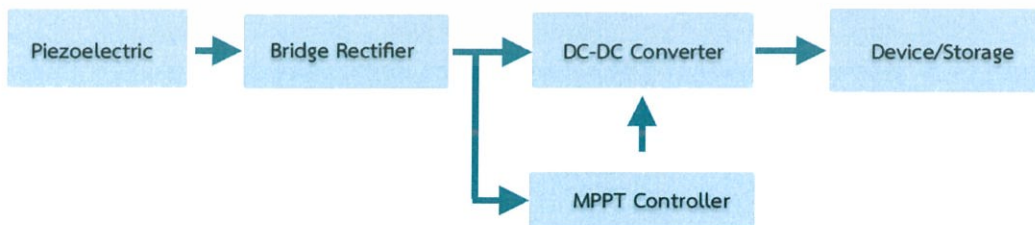
การเก็บเกี่ยวพลังงานแสง เป็นการเก็บเกี่ยวพลังงานผ่านเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งให้พลังงานออกมาในลักษณะไฟฟ้ากระแสตรง จึงใช้ DC-DC Converter ควบคู่กับ MPPT Controller ในการแปลงสัญญาณไฟ ให้อยู่ในระดับแรงดันที่เหมาะสม ก่อนจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการหรือเก็บไว้ในอุปกรณ์กักเก็บพลังงานต่างๆ ดังกระบวนการตามแผนภาพที่ 2.17



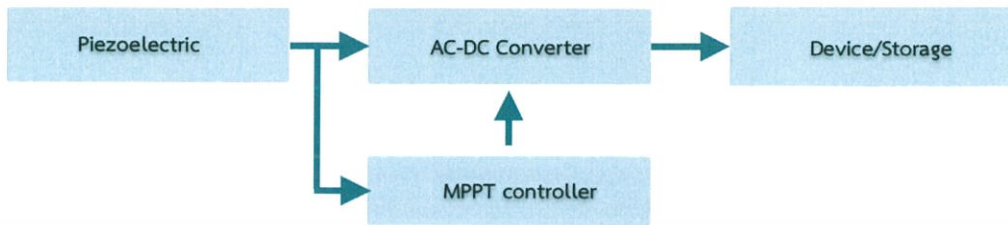
ภาพที่ 2.17 : กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์

2.1.5.3 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานทางกล

กระบวนการในการเก็บเกี่ยวพลังงานทางกล เริ่มจากการเก็บเกี่ยวพลังงานผ่านเพียโซอิเล็กทริก เจเนอเรเตอร์ ซึ่งพลังงานที่ออกมาจากอุปกรณ์นี้มีลักษณะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จึงใช้ วงจรเรียงกระแส (Bridge Rectifier) เพื่อแปลงสัญญาณไฟจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วต่อเข้ากับ DC-DC Converter ที่ต่ออยู่กับ MPPT Controller ก่อนส่งไฟไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.18 (ก) นอกจากการใช้ วงจรเรียงกระแส แล้ว อาจใช้ AC-DC Converter ควบคู่กับ MPPT Controller ในการแปลงสัญญาณไฟเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และเพื่อให้อยู่ในระดับแรงดันที่เหมาะสม ก่อนจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการหรือเก็บไว้ในอุปกรณ์กักเก็บพลังงานต่างๆ ดังกระบวนการตามภาพที่ 2.18 (ข)



(ก)

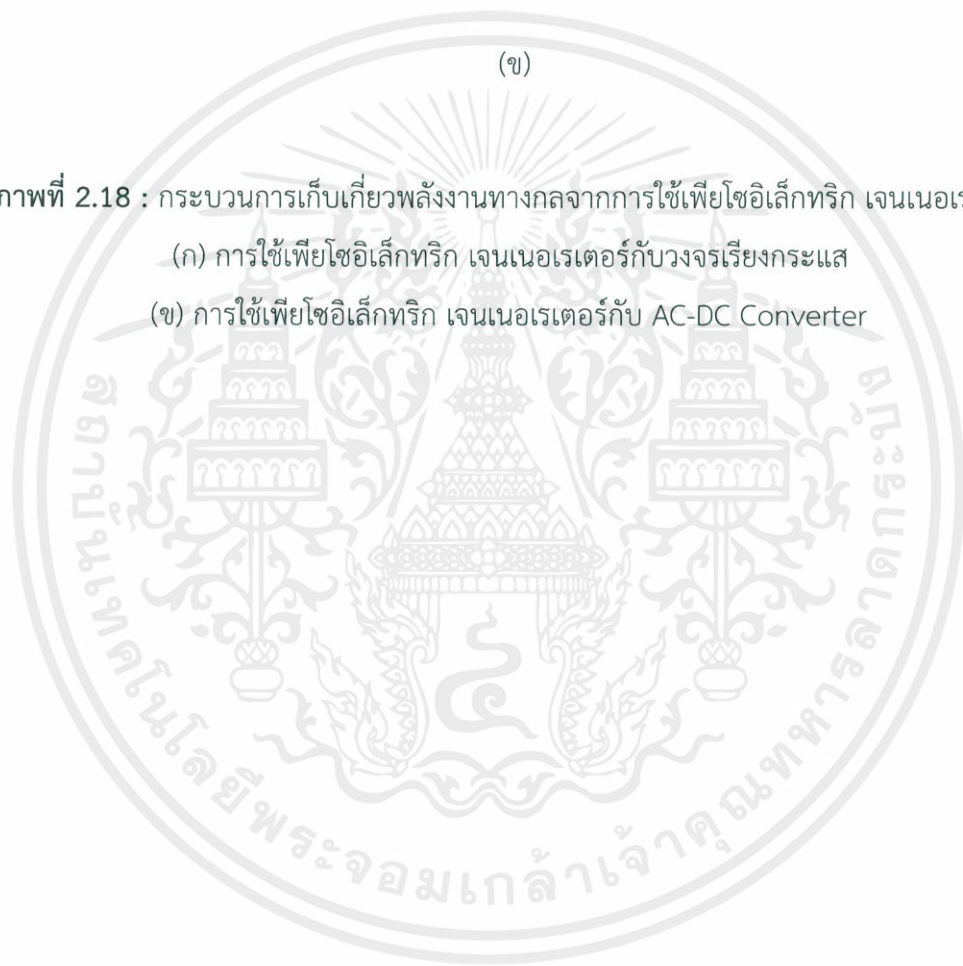


(ข)

ภาพที่ 2.18 : กระบวนการเก็บเกี่ยวพลังงานทางกลจากการใช้เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

(ก) การใช้เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์กับวงจรเรียงกระแส

(ข) การใช้เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์กับ AC-DC Converter



วิธีดำเนินโครงการ

สืบเนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้ในโครงการนี้เป็นแหล่งที่ได้จากการเก็บเกี่ยวที่มีปริมาณพลังงานเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งอื่นๆ ดังนั้น การนำพลังงานจากแหล่งนี้มาใช้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ในหลายด้าน เพื่อให้ได้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นำไปพัฒนา และปรับใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ การทำโครงการในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์วิธีการในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสิ่งแวดล้อม และหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวกับภาระทางไฟฟ้า

3.1 การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน

เป็นการศึกษาทฤษฎีของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบจากการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวพลังงานจากความร้อน, พลังงานจากแสง และจากพลังงานทางกล โดยศึกษาคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างลักษณะของอุปกรณ์ ชนิดของอุปกรณ์ กระบวนการทำงาน เพื่อเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์เมื่อนำมาทดลองหรือปรับใช้กับโครงการ

3.2 การศึกษาระบบของการเก็บเกี่ยวพลังงาน

การศึกษาระบบของการเก็บเกี่ยวพลังงาน ทำขึ้นเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละระบบว่าระบบใดมีความเหมาะสมกับอุปกรณ์เก็บเกี่ยวแต่ละประเภทมากที่สุด จากการศึกษาพบว่า ระบบของการเก็บเกี่ยวพลังงานของอุปกรณ์ทุกชนิด มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ส่วนที่ใช้เก็บเกี่ยวพลังงาน ทำหน้าที่แปลงพลังงานจากสิ่งแวดล้อมมาเป็นพลังงานไฟฟ้า, ส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณหลังออกจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยว มีหน้าที่ทำให้สัญญาณที่ผ่านตัวมันมีเสถียรภาพยิ่งขึ้น และส่วนของตัวกักเก็บพลังงานหรือภาระทางไฟฟ้าของระบบ ส่วนที่มีความแตกต่างกันในระบบคือ ส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณหลังออกจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยว เนื่องจากความแตกต่างของสัญญาณหลังออกจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยว ซึ่งบางอุปกรณ์ให้พลังงานออกมาในรูปของไฟฟ้ากระแสตรง และบางอุปกรณ์ให้พลังงานในรูปของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นจึงสามารถแยกระบบได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบที่ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหลังออกจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยว และระบบที่ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับหลังออกจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยว

3.2.1 ระบบที่ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง

จากการศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน ทำให้ทราบว่าลักษณะของไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์เก็บเกี่ยวที่มีลักษณะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง คือ เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ จากลักษณะข้างต้น ทำให้ทราบว่าการใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟนั้น เป็นการใช้ DC-DC Converter เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณให้มีแรงดันขาออกที่ต้องการ ก่อนนำไปกักเก็บหรือจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าต่อไป

3.2.2 ระบบที่ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ

จากลักษณะของไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์เก็บเกี่ยวเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ที่มีลักษณะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จากลักษณะข้างต้น ทำให้ทราบว่าการใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟนั้น เป็นการใช้ AC-DC Converter เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณให้มีแรงดันขาออกให้เป็นกระแสตรง ในระดับแรงดันที่ต้องการ หรือการใช้วงจรเรียงกระแสก่อนเข้า DC-DC Converter และนำไปกักเก็บหรือจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า

3.3 การออกแบบและทำการทดลองเพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน

จากเนื้อหาข้างต้น ทำให้เกิดการออกแบบการทดลองขึ้นมา เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุปกรณ์แต่ละประเภท รวมถึงมีการแยกชนิดของอุปกรณ์ เพื่อหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดกับโครงการ

3.3.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

การทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ มีจุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิด้านพื้นผิวที่สัมผัสความร้อนกับพื้นผิวส่วนระบายความร้อน และแรงดันด้านขาออกของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ วิธีการคือ นำเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ยี่ห้อ Marlow รุ่น EHA-PA1AN1-R03 วางลงบนแผ่นนำความร้อน โดยมีเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิด้านที่สัมผัสกับความร้อนและด้านที่ระบายความร้อน และวัดแรงดันไฟฟ้าขาออกจากเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ที่มีการต่อภาระทางไฟฟ้าไว้ และบันทึกผลการทดลองเป็นช่วง ๆ จากช่วงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ด้านร้อนทุก 1 องศาเซลเซียส แล้วสรุปผลการทดลองออกมาเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิด้านร้อน และแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิด้านร้อน

3.3.2 การออกแบบการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแส และกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด ภายใต้แสงไฟ 3 ระดับความสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ทดลองมี 2 ชนิด คือชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอนและชนิดที่ไม่เป็นรูปผลึกซิลิคอน วิธีการคือนำเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิด ไปอยู่ภายใต้แสงที่ความสว่างระดับใดระดับหนึ่ง แล้วนำตัวต้านทานมาต่อเพื่อให้เป็นภาระทางไฟฟ้า จากนั้นจึงวัดปริมาณของแรงดันที่ภาระทางไฟฟ้าโดยใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เพื่อหากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า แล้วสรุปผลออกมาเป็นกราฟ I-V curve และ PV curve ตามลำดับ

3.3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์
การทดลองเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เพื่อศึกษาหาแรงดันด้านขาออกและกระแส-
ไฟฟ้าของอุปกรณ์ เมื่อวัสดุได้รับแรงทางกลที่มีความถี่ประมาณ 5Hz โดยการนำมอเตอร์ความถี่
เดียวกันนี้ มาสัมผัสกับเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ที่ต่อกับวงจรเรียงกระแสเพื่อเปลี่ยนไฟฟ้า
กระแสสลับเป็นกระแสตรง และต่อกับตัวเก็บประจุแล้ววัดแรงดันจากการต่อกับออสซิลโลสโคป
(Oscilloscope)

3.4 ศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน พร้อมประเมินความเป็นไปได้ใน การนำมาใช้ต่อในโครงการ

เป็นการศึกษาระบบของการเก็บเกี่ยวพลังงาน, คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์เก็บเกี่ยว
พลังงาน อีกทั้งมีการทดลองเพื่อศึกษาหาความแตกต่างของอุปกรณ์ ข้อดี-ข้อเสียของแต่ละอุปกรณ์
เพื่อหาข้อสรุปในการนำไปใช้

3.5 ศึกษาอุปกรณ์ที่นำมาเป็นภาระทางไฟฟ้าของระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

ในการศึกษาโครงการนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน เพื่อนำ
มาใช้กับตัวอย่างของอุปกรณ์ที่มีอยู่ของบริษัท คือ RFID/NFC tag IC (SIC4310) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้
ในการระบุตัวตนของสิ่งที่มีอุปกรณ์ไปติดตั้งไว้ โดยเป็นการระบุผ่านการสื่อสารแบบไร้สายระยะสั้น
กับอุปกรณ์ที่มี NFC เช่นเดียวกัน

3.6 ทดสอบหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า

เมื่อเราศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานและการต่อยอดของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลัง
งานกับการศึกษาอุปกรณ์ที่จะนำมาเป็นภาระทางไฟฟ้าของระบบแล้ว พบว่าการนำเซลล์แสงอาทิตย์
ชนิดที่ไม่เป็นผลึกซิลิคอนมาใช้ นั้น มีความเหมาะสมมากที่สุด สิ่งที่ต้องทำต่อไปคือวิเคราะห์เพื่อ
หาความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานมาใช้กับภาระทางไฟฟ้า ซึ่งก็คือ SIC4310 ที่ถูก
ตั้งค่าให้เปิดเอาต์พุตขาออกเพียงขาเดียว กระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 2.7 - 2.8 mA ซึ่งต้องการใช้แรงดันป้อน
ด้านขาเข้าคงที่ ที่ 3.3 V

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงการ

ผลการทดลองจากการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานแต่ละชนิด สามารถบันทึกผลการดำเนินโครงการได้ดังนี้

การทดลองที่ 4.1 การหาคุณลักษณะเฉพาะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์
2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิด้านพื้นผิวที่สัมผัสความร้อนกับกำลังไฟฟ้าด้านขาออกของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์
3. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิด้านพื้นผิวที่สัมผัสความร้อนกับแรงดันขาออกของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

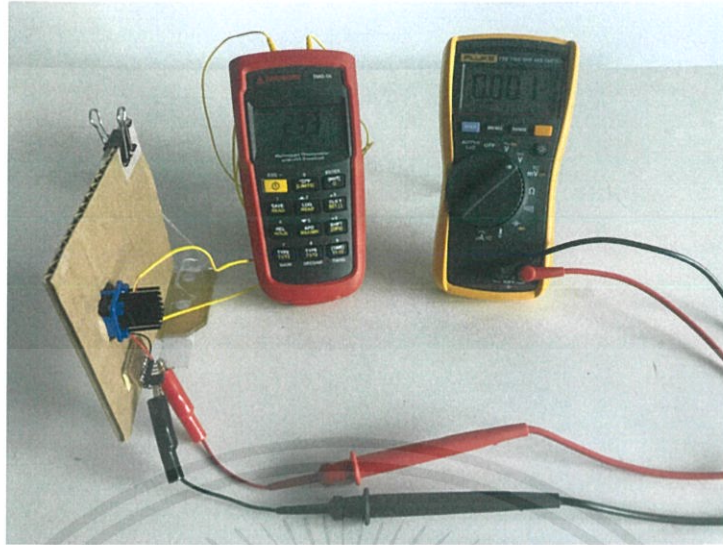
อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ยี่ห้อ Marlow รุ่น EHA-PA1AN1-R03
2. แผ่นนำความร้อน
3. เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล
4. มัลติมิเตอร์
5. ตัวต้านทานขนาด 1.5, 3, 5 Ω

วิธีการทดลอง

1. นำเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ แปะลงบนแผ่นนำความร้อน
2. ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลเพื่อวัดอุณหภูมิด้านพื้นผิวที่สัมผัสความร้อน และด้านพื้นผิวส่วนระบายความร้อน
3. ต่อมัลติมิเตอร์เพื่อวัดแรงดันด้านขาออกของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ทั้งแบบวงจรเปิด และแบบต่อกับภาระทางไฟฟ้าซึ่งคือตัวต้านทาน
4. ทำการทดสอบโดยการใช้เครื่องเป่าลมร้อน เป่าลงบนแผ่นนำความร้อน โดยทิ้งระยะห่างจากตัวเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ จากนั้นจึงทำการบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real time data) ทั้งค่าอุณหภูมิด้านพื้นผิวที่สัมผัสความร้อนด้านส่วนระบายความร้อน และแรงดันด้านขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



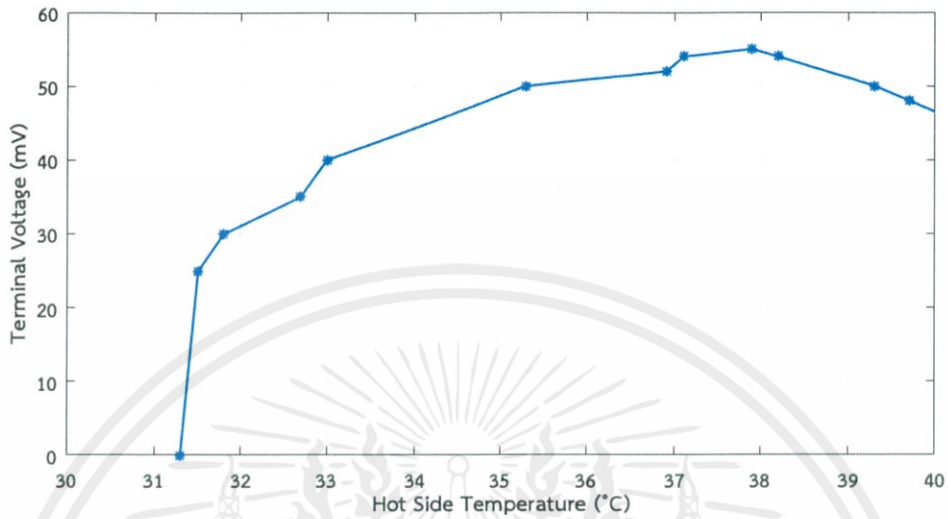
ภาพที่ 4.1 : การต่อวงจรเพื่อทดสอบหาค่าลักษณะเฉพาะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 : ผลการทดลอง เมื่อไม่มีภาระของวงจร (วงจรเปิด)

อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	แรงดัน (mV)
31.3	31.3	0
31.5	31.4	25
31.8	31.4	30
32.7	31.4	35
33	31.4	40
35.3	31.7	50
36.9	32.7	52
37.1	32.8	54
37.9	33.4	55
38.2	33.6	54
39.3	34.8	50
39.7	35.5	48
40.1	35.9	46

ซึ่งเมื่อบันทึกลงในกราฟจากตารางที่ 4.1 จะได้กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อนกับแรงดันด้านขาออก ดังนี้



ภาพที่ 4.1.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออกและอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน

ภายใต้สภาวะเปิดวงจร

ตารางที่ 4.2 : ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 1.466 Ω

อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	แรงดัน (mV)	กระแส (mA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
32.1	32	0	0.00	0.00
33.3	32	9	6.14	55.25
34.2	32.2	30	20.46	613.92
35.5	32.4	39	26.60	1037.52
36.1	32.5	42	28.65	1203.27
37.4	32.9	48	32.74	1571.62
38.2	33.1	51	34.79	1774.22
39.9	33.9	57	38.88	2216.23
40.8	34.3	60	40.93	2455.66
42.2	35.3	63	42.97	2707.37
46.6	39.1	66	45.02	2971.35
49.9	42.2	67	45.70	3062.07
52.4	44.2	68	46.38	3154.16
55.5	46.4	69	47.07	3247.61

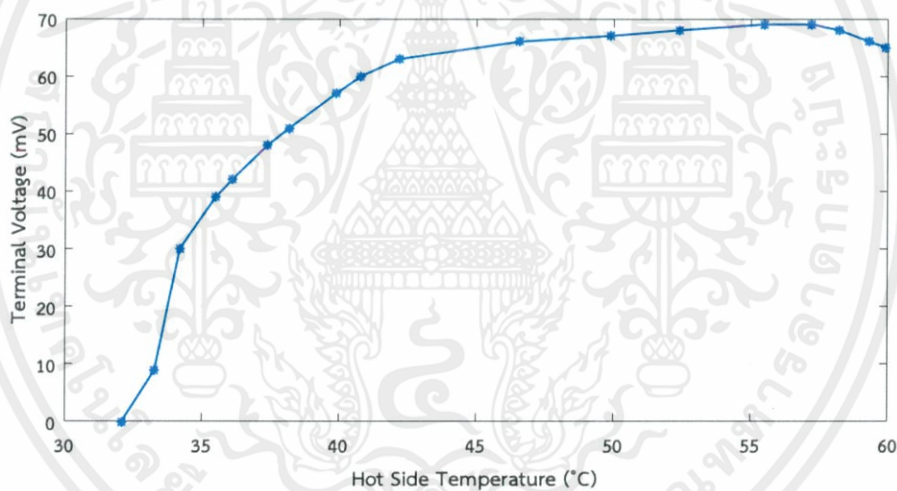
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 25 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

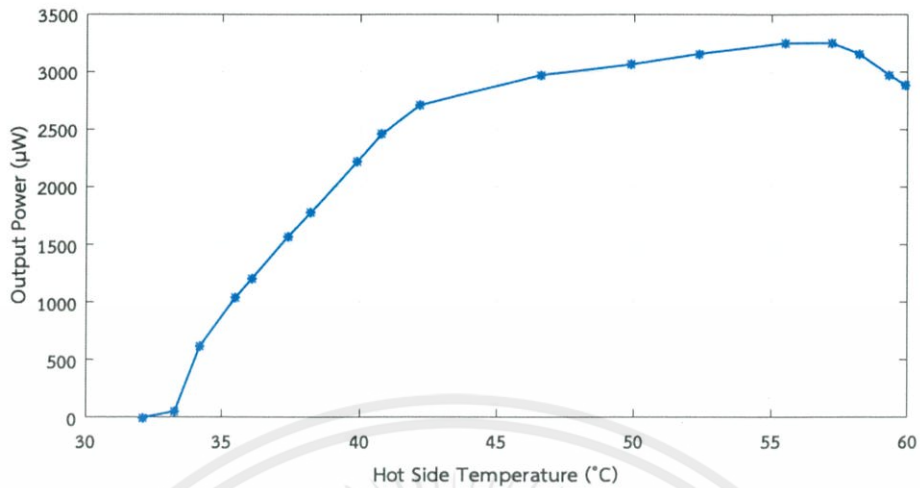
ตารางที่ 4.2 : ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 1.466 Ω (ต่อ)

อุณหภูมิด้านร้อน ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิด้านเย็น ($^{\circ}\text{C}$)	แรงดัน (mV)	กระแส (mA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
57.2	48.3	69	47.07	3247.61
58.2	49.2	68	46.38	3154.16
59.3	51.1	66	45.02	2971.35
59.9	52	65	44.34	2881.99

กราฟจากการบันทึกค่าในผลการทดลอง ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก และกำลังไฟฟ้า เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 1.466 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.1.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 1.466 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.1.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 1.466Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า

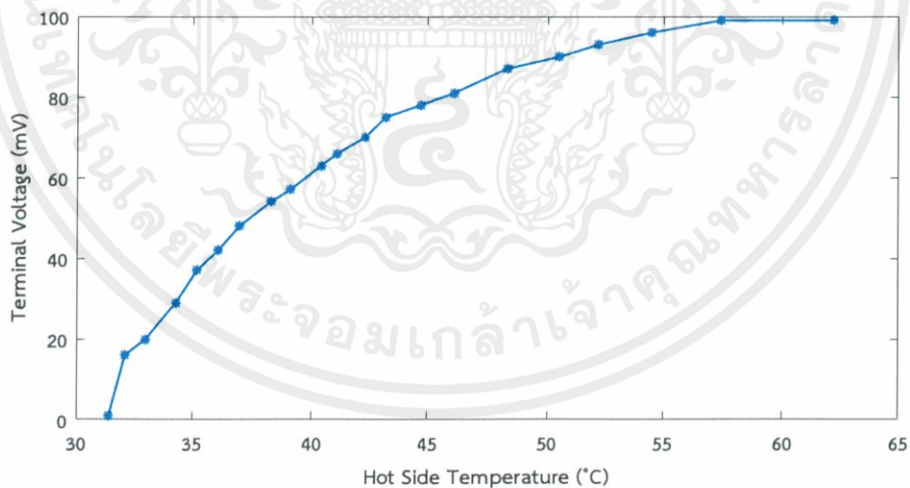
ตารางที่ 4.3 : ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 3Ω

อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	แรงดัน (mV)	กระแส (mA)	กำลังไฟฟ้า (µW)
31.4	30.9	1	0.25	0.25
32.1	30.9	16	4.00	64.00
33	31	20	5.00	100.00
34.3	31	29	7.25	210.25
35.2	31	37	9.25	342.25
36.1	31.1	42	10.50	441.00
37	31.2	48	12.00	576.00
38.3	31.4	54	13.50	729.00
39.1	31.5	57	14.25	812.25
40.4	31.8	63	15.75	992.25
41.1	32	66	16.50	1089.00
42.3	32.4	70	17.50	1225.00
43.2	33	75	18.75	1406.25
44.7	33.4	78	19.50	1521.00

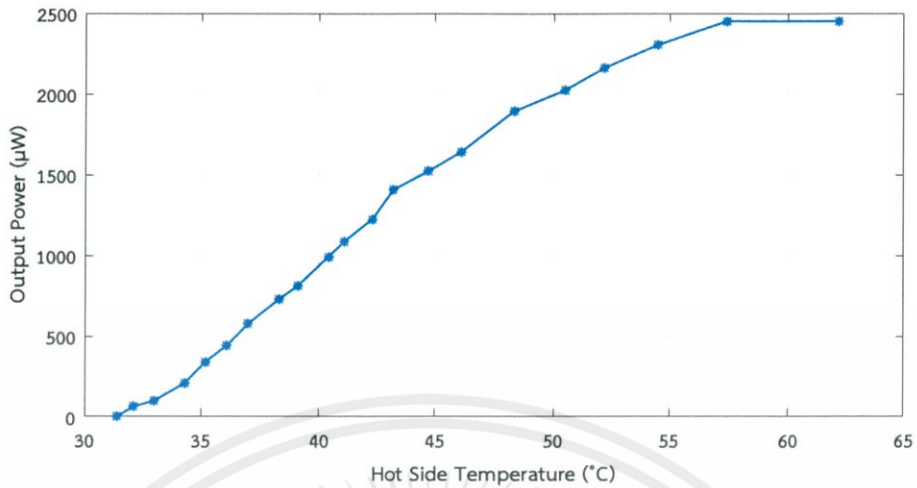
ตารางที่ 4.3 : ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 3Ω (ต่อ)

อุณหภูมิด้านร้อน ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิด้านเย็น ($^{\circ}\text{C}$)	แรงดัน (mV)	กระแส (mA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
46.1	34	81	20.25	1640.25
48.3	35.8	87	21.75	1892.25
50.5	37.7	90	22.50	2025.00
52.2	39.1	93	23.25	2162.25
54.5	41.2	96	24.00	2304.00
57.4	43.6	99	24.75	2450.25
62.2	48.5	99	24.75	2450.25

กราฟจากการบันทึกค่าในผลการทดลอง ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก และกำลังไฟฟ้า เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 3Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.1.4 : ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 3Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.1.5 : ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน
เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 3 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 : ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω

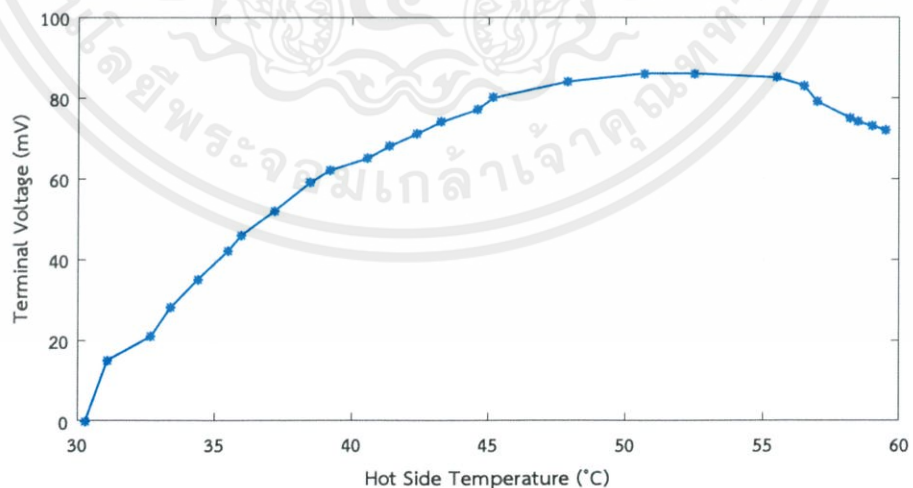
อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	แรงดัน (mV)	กระแส (mA)	กำลังไฟฟ้า (µW)
30.3	29.4	0	0.0000	0.0000
31.1	29.4	15	2.9715	44.5721
32.7	29.4	21	4.1601	87.3613
33.4	29.5	28	5.5468	155.3090
34.4	29.5	35	6.9334	242.6704
35.5	29.6	42	8.3201	349.4453
36	29.7	46	9.1125	419.1759
37.2	29.8	52	10.3011	535.6577
38.5	30.2	59	11.6878	689.5800
39.2	30.4	62	12.2821	761.4897
40.6	30.7	65	12.8764	836.9651
41.4	31	68	13.4707	916.0063
42.4	31.4	71	14.0650	998.6133
43.3	31.8	74	14.6593	1084.7861
44.6	32.4	77	15.2536	1174.5246

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้เพื่อการค้า

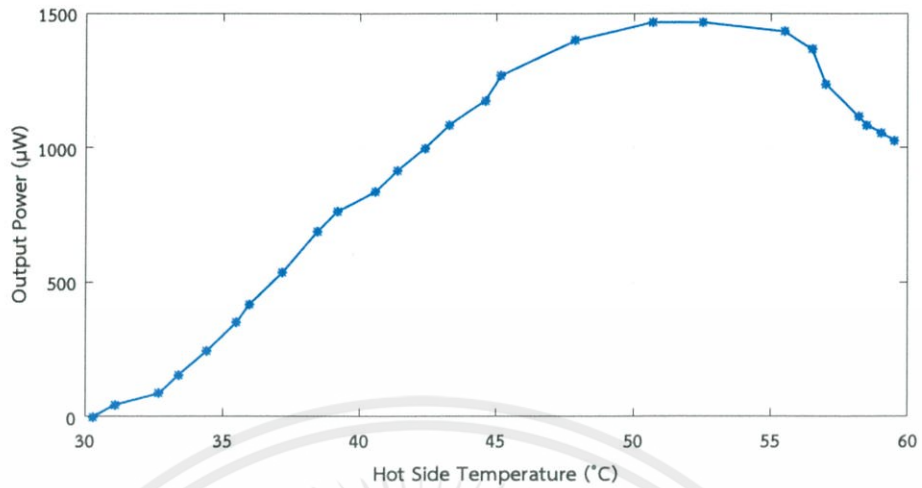
ตารางที่ 4.4 : ผลการทดลองเมื่อเชื่อมต่อเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω (ต่อ)

อุณหภูมิด้านร้อน ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิด้านเย็น ($^{\circ}\text{C}$)	แรงดัน (mV)	กระแส (mA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
45.2	33.1	80	15.8479	1267.8288
47.9	34.9	84	16.6403	1397.7813
50.7	36.6	86	17.0365	1465.1347
52.5	38.5	86	17.0365	1465.1347
55.5	41	85	16.8384	1431.2599
56.5	41.4	83	16.4422	1364.6989
57	42.6	79	15.6498	1236.3312
58.2	44	75	14.8574	1114.3027
58.5	44.3	74	14.6593	1084.7861
59	44.7	73	14.4612	1055.6656
59.5	45.8	72	14.2631	1026.9414

กราฟจากการบันทึกค่าในผลการทดลอง ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก และกำลังไฟฟ้า เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.1.6 : ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω เป็นภาระทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.1.7 : ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขาออกกับอุณหภูมิด้านสัมผัสความร้อน
เมื่อใช้ตัวต้านทานขนาด 5.048 Ω ภาระทางไฟฟ้า

สรุปผลการทดลอง

การจากทดลองเพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ พบว่า แรงดันขาออกเมื่อไม่มีภาระทางไฟฟ้าของวงจรนี้ มีค่าสูงสุดที่ 55 mV และเมื่อเชื่อมต่อกับภาระทางไฟฟ้าที่มีค่าความต้านทานเท่ากับ 1.466, 3 และ 5.048 Ω ทำให้มีค่าแรงดันที่ขาออกเท่ากับ 69, 99 และ 86 mV และค่ากำลังไฟฟ้า 3.248, 2.450 และ 1.465 mW ตามลำดับ

การทดลองที่ 4.2 การหาคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์
2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์
3. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

อุปกรณ์การทดลอง

1. เซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Panasonic รุ่น AM5610CAR ชนิดที่ไม่ใช่ผลึกซิลิคอน ($25 \times 20 \text{ mm}^2$), ยี่ห้อ Sanyo รุ่น AM1801CAR ชนิดที่ไม่ใช่ผลึกซิลิคอน ($51 \times 21.2 \text{ mm}^2$) และยี่ห้อ IXYS รุ่น SLMD12104L ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน ($40 \times 12 \text{ mm}^2$)
2. โคมไฟยี่ห้อ Sunbell ที่สามารถปรับระดับความส่องสว่างได้ 3 ระดับ (717, 1,806 และ 7,324 ลักซ์)
3. มัลติมิเตอร์
4. ตัวต้านทานขนาด ตั้งแต่ 1-600 k Ω

วิธีการทดลอง

1. นำเซลล์แสงอาทิตย์วางใต้แสงจากโคมไฟ โดยต่อค่าตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งไว้
2. วัดแรงดันที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากหลอดไฟฟ้าทั้ง 3 ระดับความส่องสว่าง
3. บันทึกค่าแรงดันจากมัลติมิเตอร์
4. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนค่าตัวต้านทาน



ภาพที่ 4.2 : การต่อวงจรเพื่อทดลองหาคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ไม่ใช่ผลึกซิลิคอน AM5610CAR

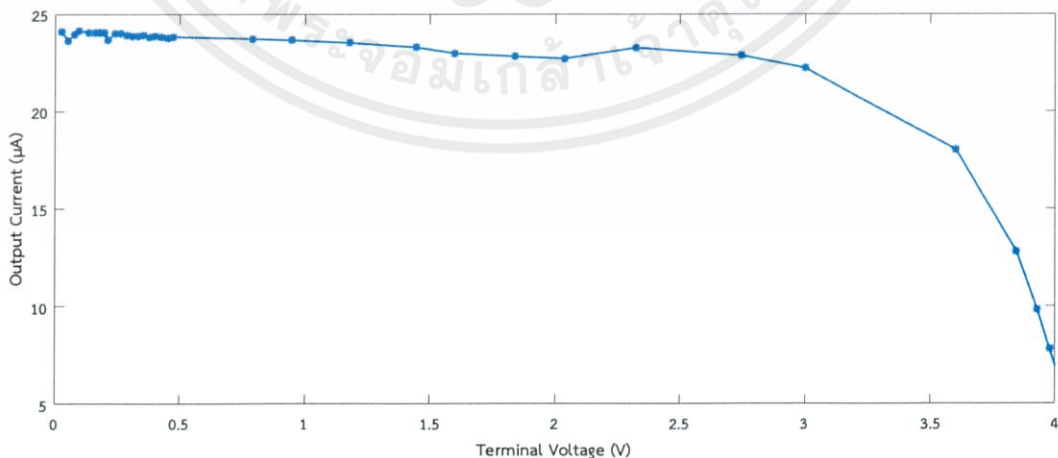
ตารางที่ 4.5 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 717 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
1204	0.029	24.086	0.699
2200	0.052	23.636	1.229
3300	0.079	23.939	1.891
4020	0.097	24.129	2.341
5611	0.135	24.060	3.248
6740	0.162	24.036	3.894
7480	0.180	24.064	4.332
8240	0.198	24.029	4.758
8990	0.213	23.693	5.047
10010	0.240	23.976	5.754
11000	0.264	24.000	6.336
12050	0.288	23.900	6.883
12990	0.310	23.865	7.398
13990	0.334	23.874	7.974
14890	0.356	23.909	8.511
15990	0.381	23.827	9.078
16900	0.403	23.846	9.610
17960	0.428	23.831	10.200
18970	0.451	23.774	10.722
19980	0.476	23.824	11.340
33390	0.792	23.720	18.786
40000	0.946	23.650	22.373
50220	1.181	23.517	27.773
62100	1.446	23.285	33.670

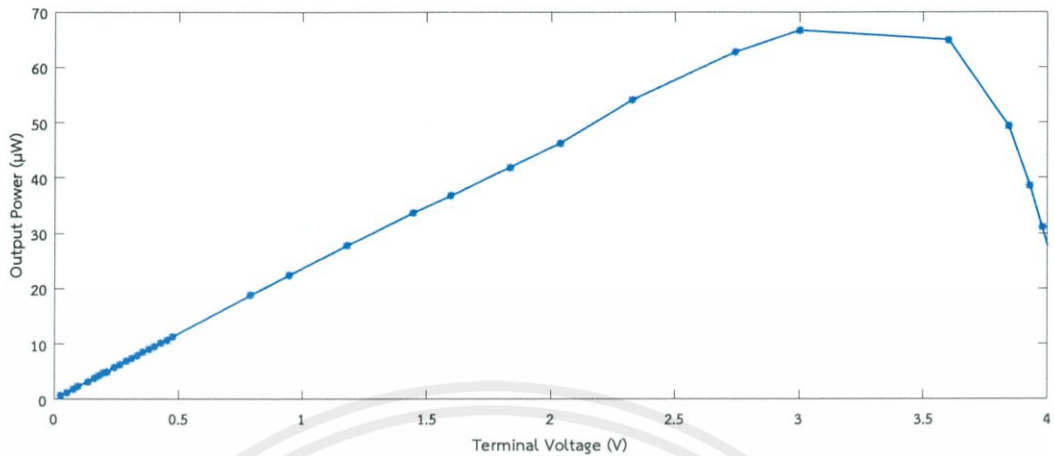
ตารางที่ 4.5 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 717 ลักซ์ (ต่อ)

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
69600	1.599	22.974	36.736
69600	1.599	22.974	36.736
80500	1.837	22.820	41.920
89700	2.037	22.709	46.258
100000	2.326	23.260	54.103
120100	2.745	22.856	62.740
135000	3	22.222	66.667
199900	3.603	18.024	64.941
299970	3.846	12.821	49.311
399600	3.930	9.835	38.651
510000	3.979	7.802	31.044
598000	4.006	6.699	26.836

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.5 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.1 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.2 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.1 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของ



ภาพที่ 4.2.2 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์

ตารางที่ 4.6 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 1,806 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
1204	0.089	73.920	6.579
2200	0.163	74.091	12.077
3300	0.245	74.242	18.189
4020	0.298	74.129	22.091
5611	0.415	73.962	30.694
6740	0.498	73.887	36.796
7480	0.551	73.663	40.588
8240	0.607	73.665	44.715
8990	0.660	73.415	48.454
10010	0.732	73.127	53.529
11000	0.806	73.273	59.058
12050	0.880	73.029	64.266
12990	0.947	72.902	69.038
13990	1.019	72.838	74.222

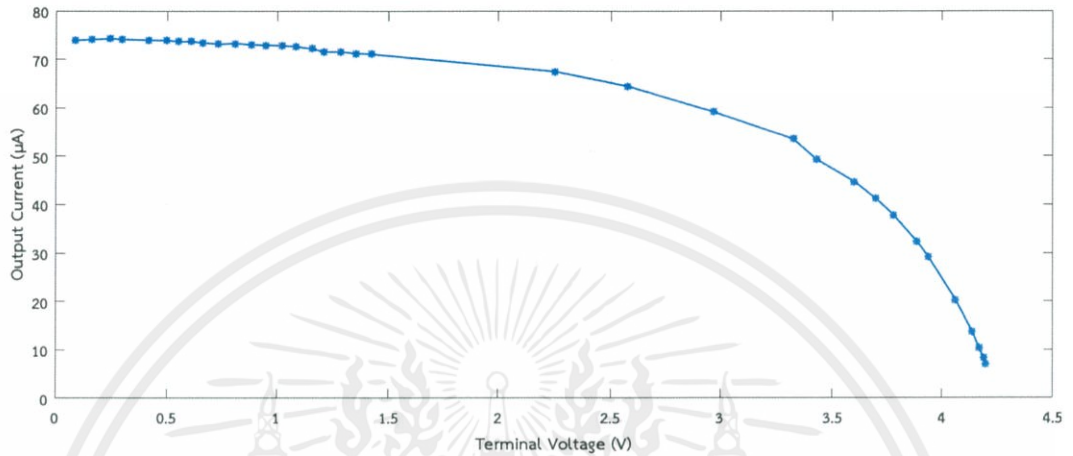
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 35 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

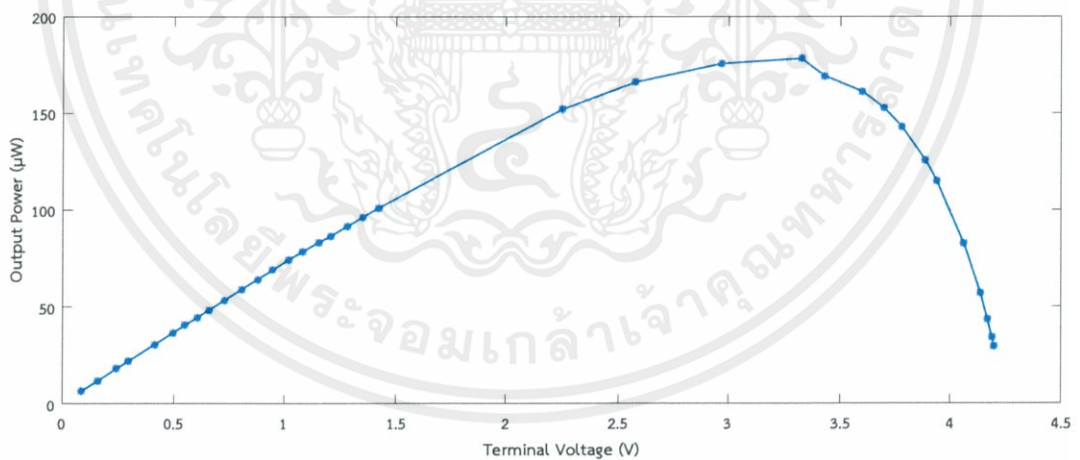
ตารางที่ 4.6 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 1,806 ลักซ์ (ต่อ)

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
14890	1.081	72.599	78.480
15990	1.154	72.170	83.284
16900	1.209	71.538	86.490
17960	1.284	71.492	91.796
18970	1.351	71.218	96.215
19980	1.420	71.071	100.921
33390	2.253	67.475	152.022
40000	2.577	64.425	166.023
50220	2.969	59.120	175.527
62100	3.326	53.559	178.136
69600	3.431	49.296	169.134
80500	3.6	44.720	160.994
89700	3.698	41.226	152.455
100000	3.779	37.790	142.808
120100	3.886	32.356	125.737
135000	3.938	29.170	114.873
199900	4.062	20.320	82.540
299970	4.138	13.795	57.083
399600	4.17	10.435	43.516
510000	4.190	8.216	34.424
598000	4.2	7.023	29.498

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.6 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.3 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.4 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.3 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.4 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์

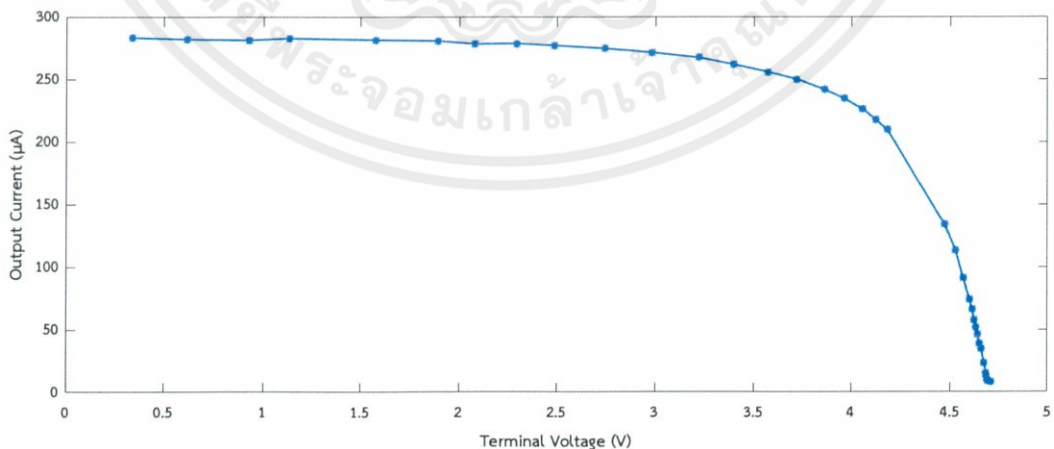
ตารางที่ 4.7 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 7,324 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
1204	0.341	283.223	96.579
2200	0.620	281.818	174.727
3300	0.928	281.212	260.965
4020	1.136	282.587	321.019
5611	1.579	281.412	444.349
6740	1.891	280.564	530.546
7480	2.081	278.209	578.952
8240	2.295	278.519	639.202
8990	2.490	276.974	689.666
10010	2.748	274.525	754.396
11000	2.985	271.364	810.020
12050	3.22	267.220	860.448
12990	3.399	261.663	889.392
13990	3.577	255.683	914.577
14890	3.722	249.966	930.375
15990	3.865	241.714	934.223
16900	3.964	234.556	929.781
17960	4.059	226.002	917.343
18970	4.125	217.449	896.975
19980	4.183	209.359	875.750
33390	4.474	133.992	599.481
40000	4.530	113.250	513.023
50220	4.569	90.980	415.686
62100	4.601	74.090	340.889
69600	4.614	66.293	305.876

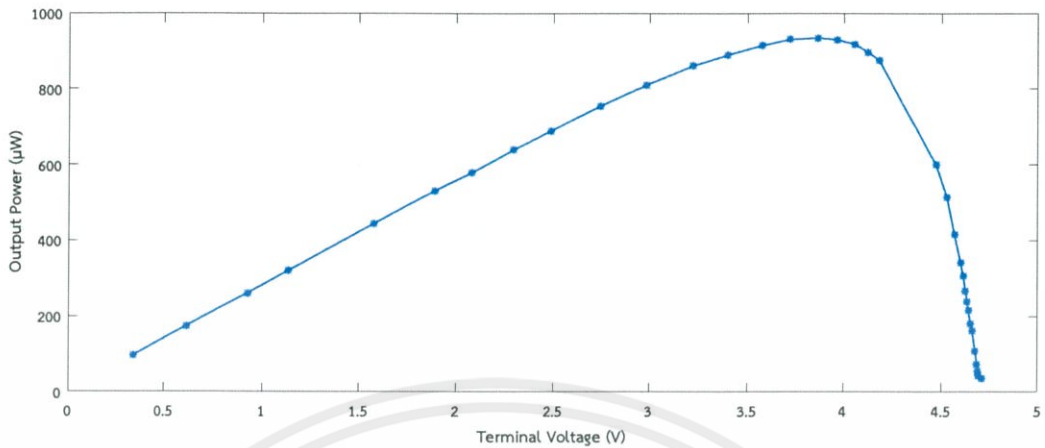
ตารางที่ 4.7 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 7,324 ลักซ์ (ต่อ)

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
80500	4.627	57.478	265.952
89700	4.635	51.672	239.501
100000	4.641	46.410	215.389
120100	4.653	38.743	180.270
135000	4.661	34.526	160.925
199900	4.676	23.392	109.380
299970	4.686	15.622	73.203
399600	4.690	11.737	55.045
510000	4.694	9.204	43.203
598000	4.710	7.876	37.097

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.7 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.5 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.6 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.5 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.6 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์



บันทึกผลการทดลองจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ไม่ใช่ผลึกซิลิคอน AM1801CAR

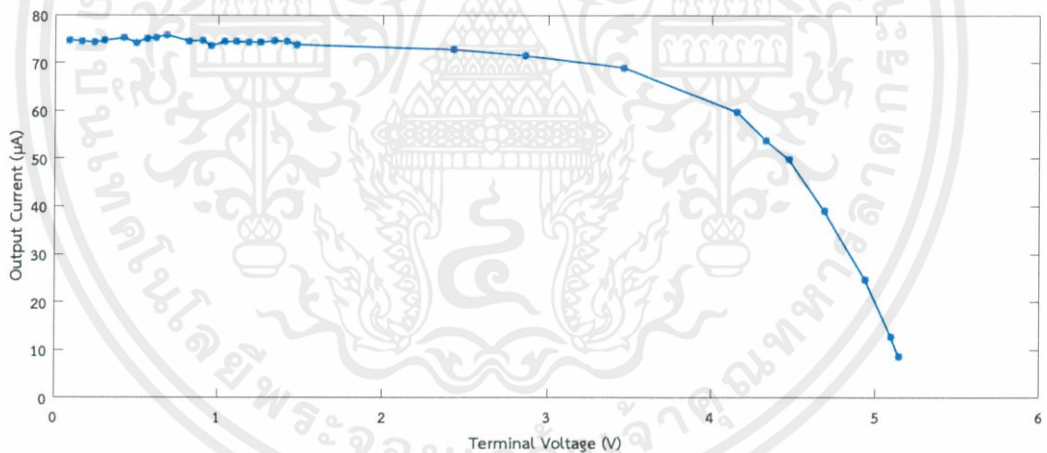
ตารางที่ 4.8 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 717 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
1204	0.090	74.751	6.728
2200	0.164	74.545	12.225
3300	0.245	74.242	18.189
4020	0.3	74.627	22.388
5611	0.422	75.209	31.738
6740	0.5	74.184	37.092
7480	0.562	75.134	42.225
8240	0.620	75.243	46.650
8990	0.682	75.862	51.738
11000	0.820	74.545	61.127
12050	0.9	74.689	67.220
12990	0.955	73.518	70.210
13990	1.041	74.410	77.461
14890	1.108	74.412	82.449
15990	1.189	74.359	88.413
16900	1.255	74.260	93.197
17960	1.340	74.610	99.978
18970	1.413	74.486	105.249
19980	1.475	73.824	108.890
33390	2.43	72.776	176.846
40000	2.86	71.500	204.490
50220	3.465	68.996	239.073
69600	4.156	59.713	248.166
80500	4.328	53.764	232.690

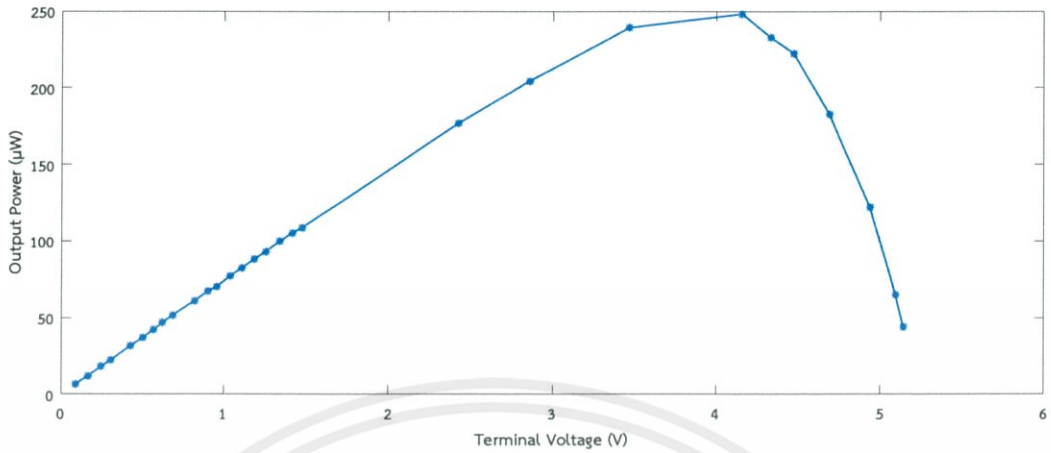
ตารางที่ 4.8 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 717 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
89700	4.468	49.810	222.553
120100	4.686	39.017	182.836
199900	4.937	24.697	121.931
399600	5.095	12.750	64.963
598000	5.144	8.602	44.249

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.8 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.7 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.8 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.7 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.8 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์
 ตารางที่ 4.9 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 1,806 ลักซ์

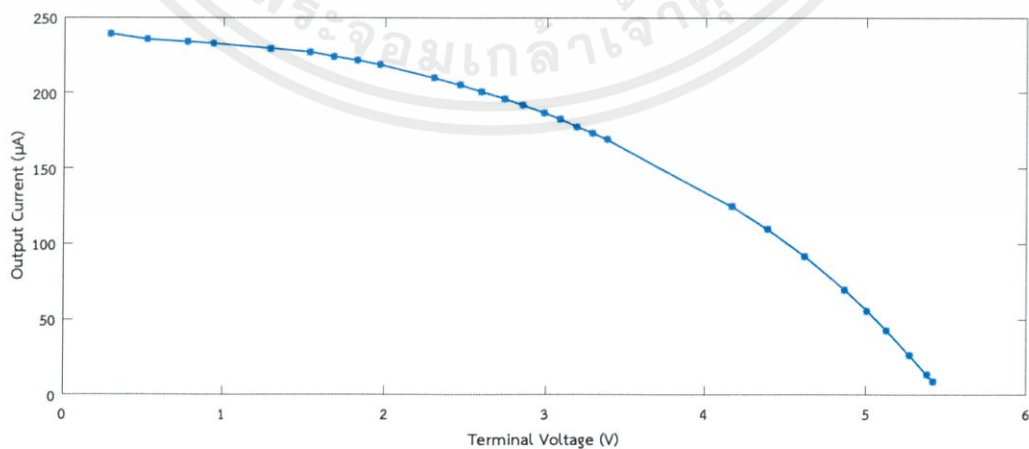
ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
1204	0.288	239.203	68.890
2200	0.518	235.455	121.965
3300	0.772	233.939	180.601
4020	0.936	232.836	217.934
5611	1.288	229.549	295.659
6740	1.531	227.151	347.769
7480	1.677	224.198	375.980
8240	1.826	221.602	404.645
8990	1.966	218.687	429.939
11000	2.308	209.818	484.260
12050	2.473	205.228	507.529
12990	2.607	200.693	523.206
13990	2.745	196.212	538.601
14890	2.856	191.807	547.800
15990	2.987	186.804	557.984

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 16900 ฉบับไว้สำหรับการใช้ 3.085 เพื่อการศึกษาเท่านั้น 182.544 ญาติให้นำไปใช้ 563.149 ในการค้า

ตารางที่ 4.9 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 1,806 ลักซ์ (ต่อ)

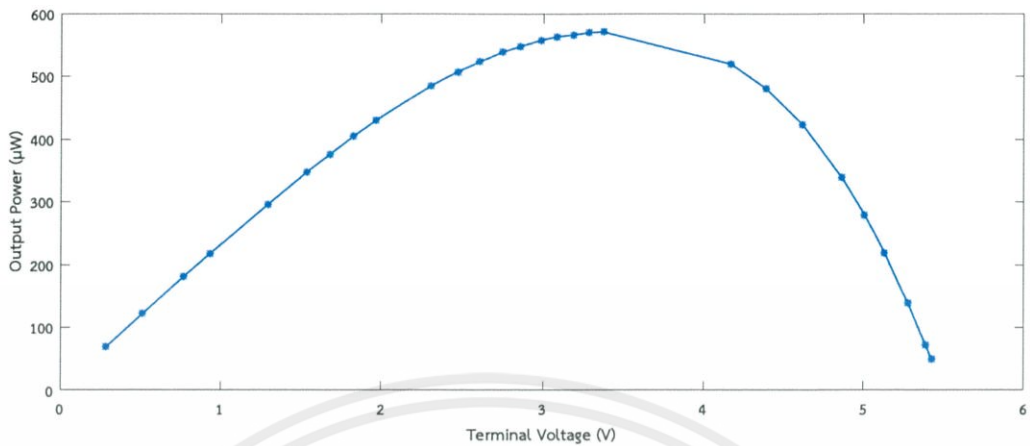
ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
17960	3.189	177.561	566.243
18970	3.287	173.274	569.550
19980	3.377	169.019	570.777
33390	4.165	124.738	519.534
40000	4.383	109.575	480.267
50220	4.612	91.836	423.547
69600	4.862	69.856	339.641
89700	5.007	55.819	279.488
120100	5.132	42.731	219.296
199900	5.276	26.393	139.251
399600	5.386	13.478	72.595
598000	5.422	9.067	49.161

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.9 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.9 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.2.10 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.9 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของ

เซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.10 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์

ตารางที่ 4.10 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 7,324 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
1204	1.018	845.515	860.734
2200	1.688	767.273	1295.156
3300	2.261	685.152	1549.128
4020	2.569	639.055	1641.732
5611	3.087	550.169	1698.373
6740	3.367	499.555	1682.001
7480	3.522	470.856	1658.353
8240	3.663	444.539	1628.346
8990	3.785	421.023	1593.573
11000	4.053	368.455	1493.346
12050	4.167	345.809	1440.987
12990	4.259	327.868	1396.388
13990	4.348	310.793	1351.330
14890	4.417	296.642	1310.268

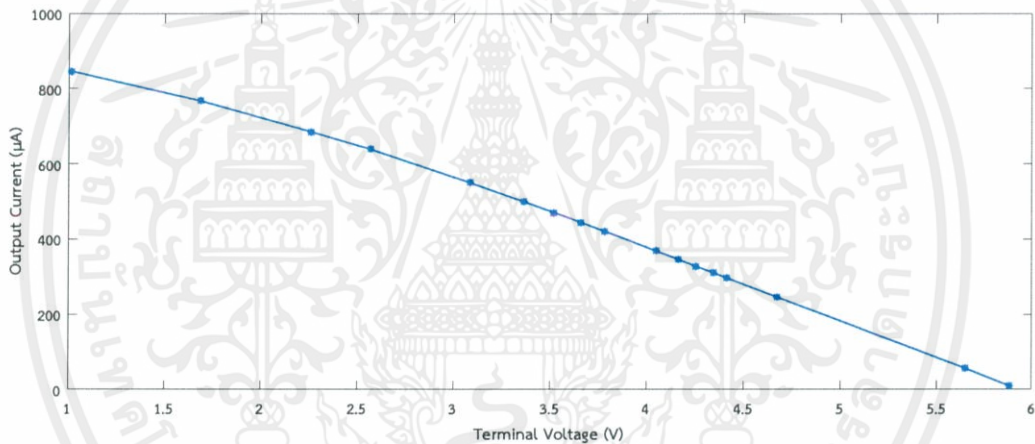
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 45 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

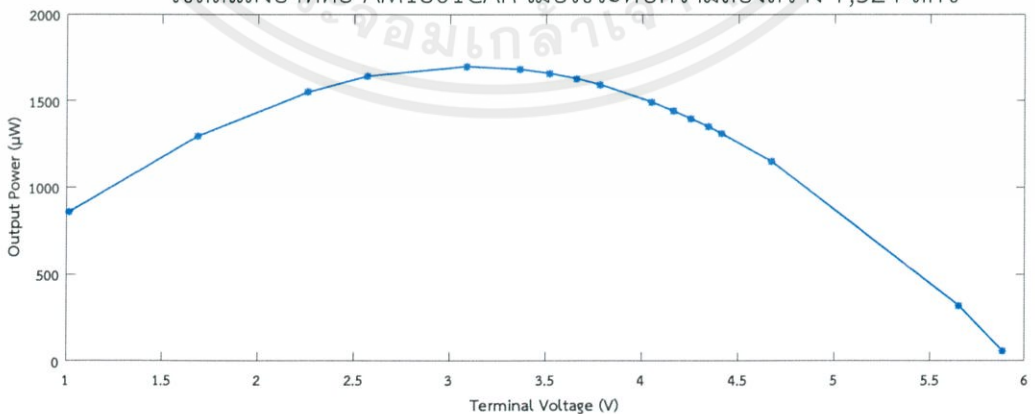
ตารางที่ 4.10 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 7,324 ลักซ์ (ต่อ)

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
18970	4.674	246.389	1151.622
100000	5.654	56.540	319.677
598000	5.885	9.841	57.915

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.10 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.11 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.12 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.11 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.12 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ

บันทึกผลการทดลองจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน SLMD121H4L

ตารางที่ 4.11 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 717 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
100	0.009	90.000	0.810
219.9	0.020	90.950	1.819
329.2	0.030	91.130	2.734
429	0.040	93.240	3.730
497	0.046	92.555	4.258
613	0.057	92.985	5.300
716	0.066	92.179	6.084
823	0.075	91.130	6.835
1200	0.110	91.667	10.083
2200	0.193	87.727	16.931
3300	0.270	81.818	22.091
4010	0.319	79.551	25.377
5600	0.401	71.607	28.714
6800	0.451	66.324	29.912
7500	0.480	64.000	30.720
8200	0.507	61.829	31.347
9000	0.532	59.111	31.447
10000	0.563	56.300	31.697
19970	0.724	36.254	26.248
33370	0.799	23.944	19.131
39800	0.819	20.578	16.853
50000	0.835	16.700	13.945
62000	0.853	13.758	11.736

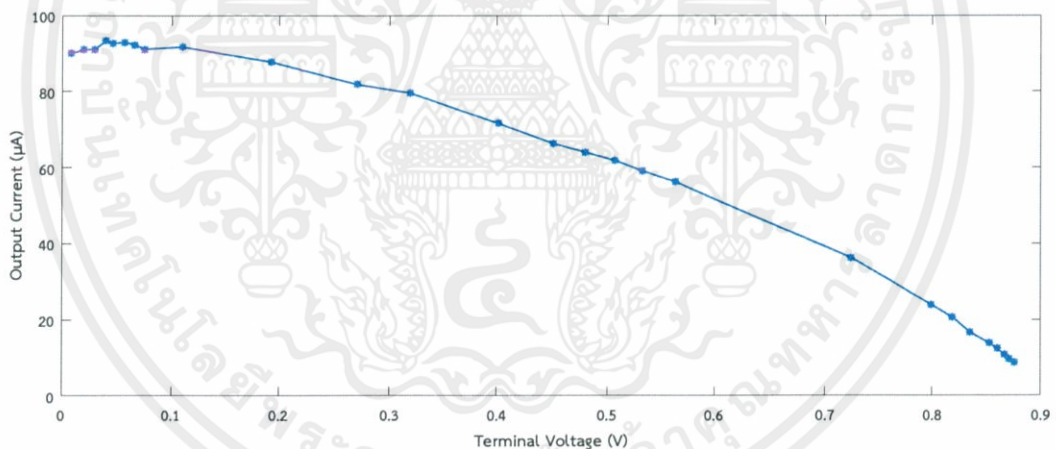
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผลผลิตให้ค่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 47 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

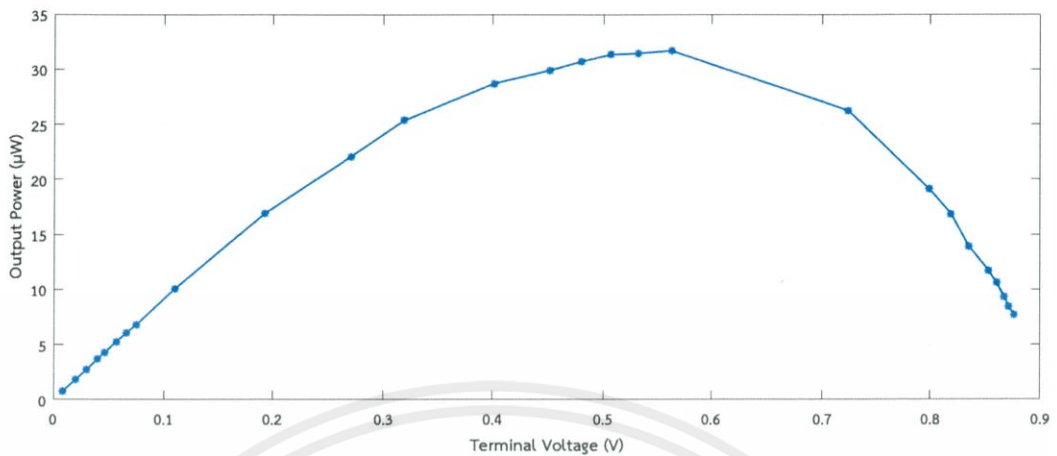
ตารางที่ 4.11 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 717 ลักซ์ (ต่อ)

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
69600	0.860	12.356	10.626
80400	0.867	10.784	9.349
89600	0.871	9.721	8.467
100000	0.876	8.760	7.674

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.11 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.13 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.14 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.13 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.14 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 717 ลักซ์

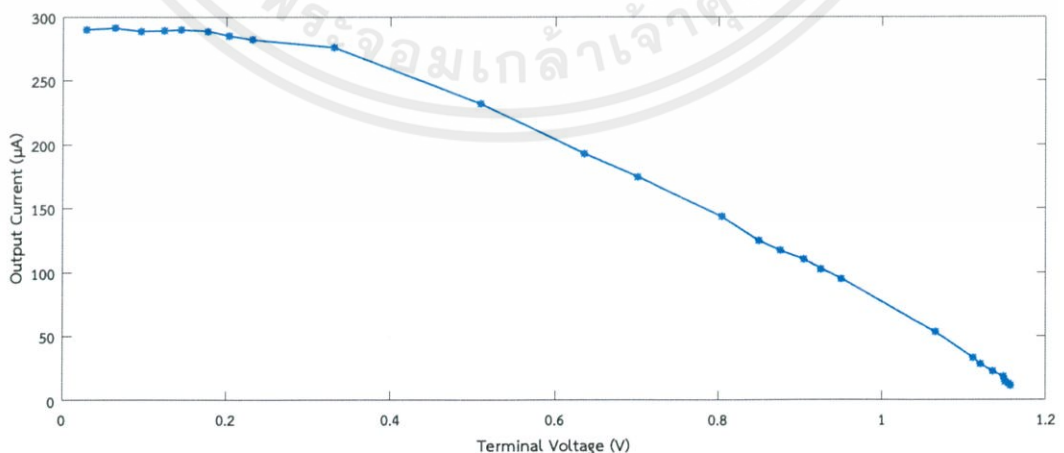
ตารางที่ 4.12 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 1,806 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
100	0.029	290.000	8.410
219.9	0.064	291.041	18.627
329.2	0.095	288.578	27.415
429	0.124	289.044	35.841
497	0.144	289.738	41.722
613	0.177	288.744	51.108
716	0.204	284.916	58.123
823	0.232	281.896	65.400
1200	0.331	275.833	91.301
2200	0.510	231.818	118.227
3300	0.636	192.727	122.575
4010	0.701	174.813	122.544
5600	0.804	143.571	115.431
6800	0.849	124.853	106.000

ตารางที่ 4.12 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 1,806 ลักซ์ (ต่อ)

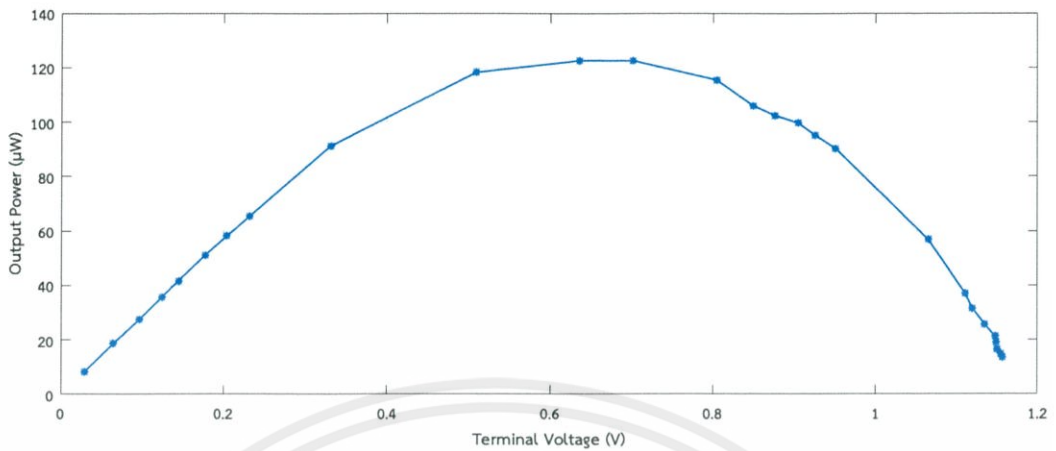
ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
7500	0.876	116.800	102.317
8200	0.904	110.244	99.660
9000	0.925	102.778	95.069
10000	0.950	95.000	90.250
19970	1.065	53.330	56.796
33370	1.111	33.293	36.989
39800	1.120	28.141	31.518
50000	1.135	22.700	25.765
62000	1.148	18.516	21.257
69600	1.149	16.509	18.968
80400	1.150	14.303	16.449
89600	1.155	12.891	14.889
100000	1.157	11.570	13.386

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.12 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.15 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.16 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.15 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของ

เซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.16 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 1,806 ลักซ์

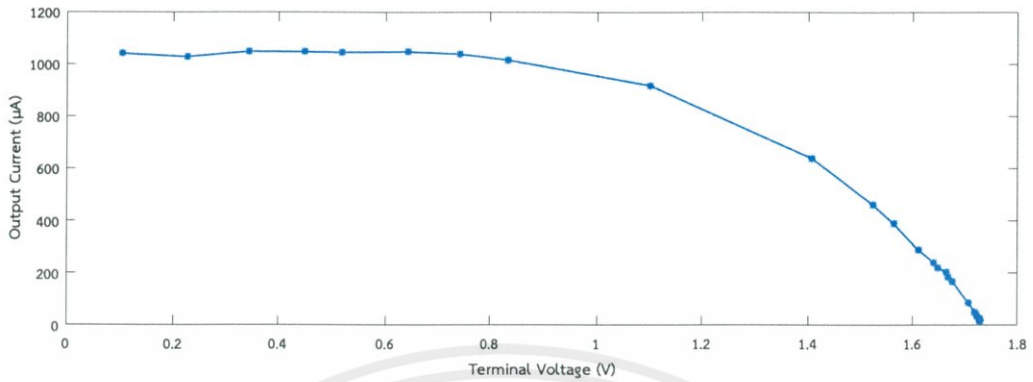
ตารางที่ 4.13 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 7,324 ลักซ์

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
100	0.104	1040.000	108.160
219.9	0.226	1027.740	232.269
329.2	0.345	1047.995	361.558
429	0.449	1046.620	469.932
497	0.519	1044.266	541.974
613	0.642	1047.308	672.372
716	0.743	1037.709	771.018
823	0.835	1014.581	847.175
1200	1.101	917.500	1010.168
2200	1.407	639.545	899.840
3300	1.523	461.515	702.888
4010	1.563	389.776	609.219
5600	1.612	287.857	464.026

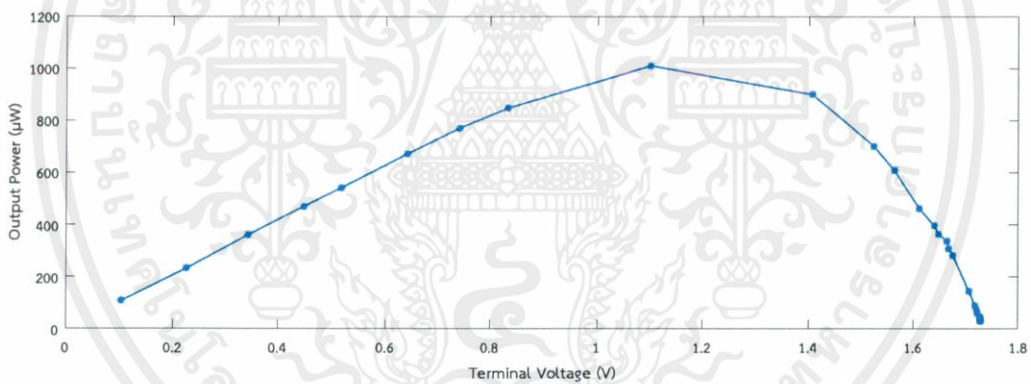
ตารางที่ 4.13 : ผลการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่างที่ 7,324 ลักซ์ (ต่อ)

ตัวต้านทาน (Ω)	แรงดัน (V)	กระแส (μA)	กำลังไฟฟ้า (μW)
6800	1.641	241.324	396.012
7500	1.650	220.000	363.000
8200	1.666	203.171	338.482
9000	1.669	185.444	309.507
10000	1.677	167.700	281.233
19970	1.707	85.478	145.911
33370	1.719	51.513	88.551
39800	1.722	43.266	74.505
50000	1.724	34.480	59.444
62000	1.728	27.871	48.161
69600	1.728	24.828	42.902
80400	1.729	21.505	37.182
89600	1.729	19.297	33.364
100000	1.730	17.300	29.929

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตารางที่ 4.13 สามารถนำมาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันด้านขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.17 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกดังแสดงในภาพที่ 4.2.18 ดังนี้



ภาพที่ 4.2.17 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์



ภาพที่ 4.2.18 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันขาออกของ เซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H4L เมื่อใช้ระดับความส่องสว่าง 7,324 ลักซ์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR, AM1801CAR และ SLMD12104L ให้กำลังไฟฟ้าที่มากที่สุดภายใต้แสงสว่างระดับน้อย 66.667, 248.116 และ 31.697 μW ภายใต้แสงสว่างระดับกลาง 178.136, 570.777 และ 122.575 μW ภายใต้แสงสว่างระดับมาก เท่ากับ 934.223, 1,698.373 และ 1,010.168 μW ตามลำดับ จากการทดลองทำให้ทราบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอนสามารถให้กำลังไฟฟ้าในระดับที่มากกว่าภายใต้สภาวะที่แสงมีระดับความส่องสว่างมาก ขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ไม่เป็นผลึกซิลิคอนสามารถให้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่าชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอนภายใต้ระดับความส่องสว่างของแสงที่น้อยกว่า คือที่ระดับกลางและระดับต่ำสุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ไม่เป็นผลึกซิลิคอนสามารถทำงานได้ดีกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่เป็นผลึกซิลิคอนในสภาวะที่แสงน้อย



การทดลองที่ 4.3 การหาคุณลักษณะเฉพาะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์
2. เพื่อศึกษาหาแรงดันไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ที่ความถี่ 5 Hz
3. เพื่อศึกษาหากระแสไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

อุปกรณ์การทดลอง

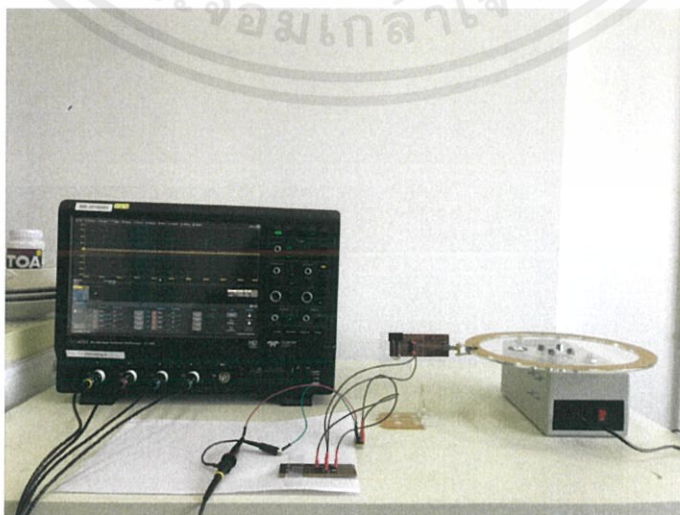
1. เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ยี่ห้อ TE connectivity รุ่น MiniSense 100 Vibration Sensor
2. มอเตอร์ที่สามารถหมุนได้ที่ความถี่ 5 Hz
3. วงจรเรียงกระแส
4. ตัวเก็บประจุขนาด 10 μF
5. ออสซิลโลสโคป

วิธีการทดลองเพื่อหาแรงดัน

1. ต่อเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์เข้ากับวงจรเรียงกระแสและตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่กับออสซิลโลสโคป
2. นำมอเตอร์ที่หมุนที่ความถี่ 5 Hz วางให้ชนกับตัวเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์
3. ทำการเปิดมอเตอร์แล้ววัดค่าแรงดันโดยออสซิลโลสโคป

วิธีการทดลองเพื่อหากระแส

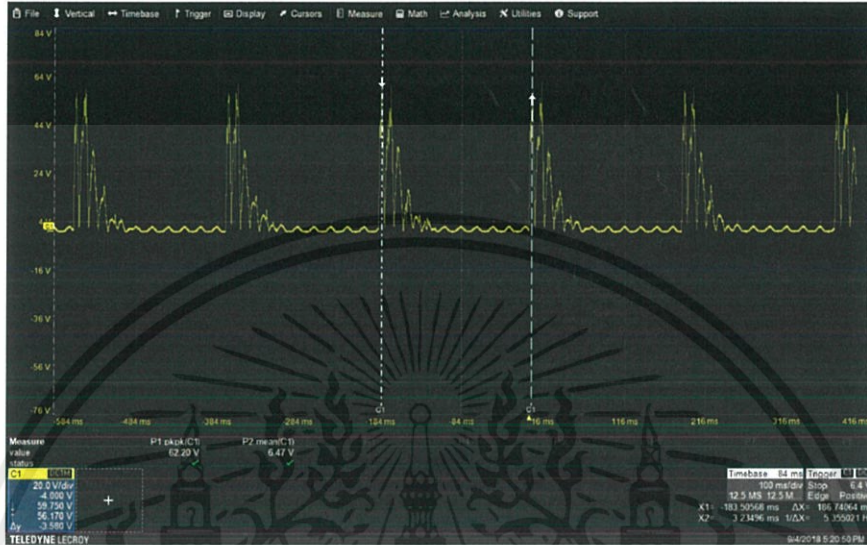
1. ทำการทดลองซ้ำเหมือนการหาแรงดัน
2. จับเวลาในแต่ละช่วงของการเพิ่มแรงดัน จากช่วง 0-2 V, 2-4 V และ 0-4 V
3. แทนค่าเวลาที่ได้กับแรงดันในสูตร $i_c = C \frac{dV}{dt}$ เพื่อหาค่าของกระแส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาพที่ 4.3 : ภาพแสดงการต่อวงจรเพื่อหาคุณลักษณะของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 55 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาแรงดันของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ทำให้ได้กราฟจากการทดลอง ดังนี้



ภาพที่ 4.3.1 : กราฟแรงดันที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

เวลา (วินาที)	กระแส (μA)	เวลา (วินาที)	กระแส (μA)
15.68	1.3	17.98	1.1
16.74	1.2	20.10	0.99
16.77	1.2	18.8	1.06

จับเวลาช่วง 0-2 V

จับเวลาช่วง 2-4 V

เวลา (วินาที)	กระแส (μA)
38.42	1
43.01	0.9
46.01	0.85

จับเวลาช่วง 0-4 V

ภาพที่ 4.3.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกระแส

เมื่อทำการทดลองเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 56 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาแรงดันและกระแสของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ เมื่อความถี่ของมอเตอร์อยู่ที่ 5 Hz พบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากอุปกรณ์ มีค่าประมาณ 60 V และเมื่อคำนวณกระแสที่ออกมาจากอุปกรณ์โดยการแทนสูตร $i_c = C \frac{dV}{dt}$ พบว่ามีค่ากระแสอยู่ที่ประมาณ 1 μA



การศึกษาความแตกต่างของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน และประเมินความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ต่อในโรงงาน

เป็นการประเมินความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์มาใช้กับโรงงาน โดยค่าที่นำมาประเมินเป็นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการทดลองของแต่ละอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับราคาของอุปกรณ์ ดังตารางที่ 4.14 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบราคาต่อกำลังไฟฟ้าในหน่วยบาทต่อ mW

ตารางที่ 4.14 : ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบราคาต่อกำลังไฟฟ้าในหน่วยบาทต่อ mW

ชนิดของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน	กำลังไฟฟ้าที่ออกจากรูปกรณ์ (mW)	ราคา (บาท)	ราคาต่อกำลังไฟฟ้า (บาท/mW)
เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	3.248	810	249.384
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ไม่เป็นผลึกซิลิคอน (ฟิล์มบาง)	1.689	176	104.204
เพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์	0.00647	200	30,911

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบ พบว่าเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ มีค่ากำลังไฟฟ้าขาออกมากที่สุด ที่ 3.248 mW โดยที่ราคาต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 249.384 บาท/mW ตามด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีค่ากำลังไฟฟ้าขาออก 1.689 mW โดยที่ราคาต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 104.204 บาท/mW และเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ มีค่ากำลังไฟฟ้าขาออกเท่ากับ 0.00647 mW โดยที่ราคาต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 30,911 บาท/mW ดังนั้นจากการเปรียบเทียบนี้ พบว่าเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์มีราคาต่อกำลังไฟฟ้าที่สูงเกินไป จึงถูกตัดออกจากโครงการการศึกษาความเป็นไปได้ และด้วยลักษณะของอุปกรณ์ เก็บเกี่ยวพลังงาน เทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ และเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ ใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่มากกว่า อีกทั้งยังไม่สะดวกต่อการใช้งานในหลายๆพื้นที่เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ จึงสรุปได้ว่าการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในโครงการนี้ มีความเหมาะสมมากที่สุด

การทดลองที่ 4.4 การหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า วัตถุประสงค์

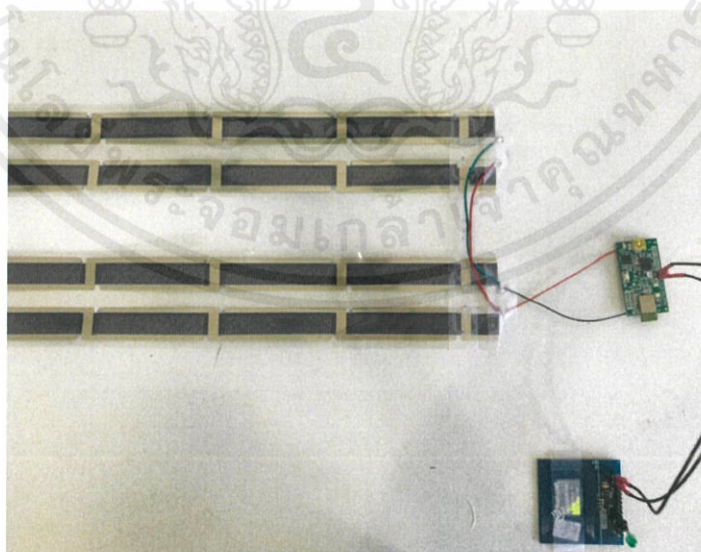
- เพื่อวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับ SIC4310

อุปกรณ์การทดลอง

1. เซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ InfinityPV รุ่น Solar Tape
2. Buck Converter MB39C811 ตั้งค่าแรงดันขาออก 3.3 V
3. บอร์ด SIC4310
4. LED ขนาดกระแส 2.5-3 mA

วิธีการทดลอง

1. ต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับ Buck Converter แล้วต่อไฟขาออกไปที่บอร์ดของ SIC4310
2. นำชุดการทดลองนี้วางภายใต้แสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ บนโต๊ะสำนักงานที่สูงจากพื้น 75 ซม. ห่างจากหลอดไฟ 225 ซม.
3. สังเกตหลอด LED ว่ามีการเปลี่ยนแปลงความสว่างหรือไม่
4. วัดความส่องสว่างของแสงที่ตกลงบนเซลล์แสงอาทิตย์ ในตำแหน่งหัว-กลาง-ท้าย แล้วหาค่าเฉลี่ยของความส่องสว่าง



ภาพที่ 4.4 : ภาพแสดงการต่อวงจร เพื่อทำการทดลองหาความเป็นไปได้
ในการใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานกับภาระทางไฟฟ้า

ผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่า SIC4310 ต้องการกำลังไฟฟ้านานาเข้าเท่ากับ 9.24 mW (แรงดัน 3.3 V, กระแส 2.8 mA) พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่า 6 mW (แรงดัน 10 V, กระแส 600 μ A) และหลังจากต่อกับ Buck Converter ทำให้เหลือกำลังไฟฟ้า 3.3 mW (แรงดัน 3.3 V, กระแส 1 mA)

จากการสังเกตหลอด LED พบว่า แสงไฟที่ออกมา มีลักษณะเป็นแบบกระพริบ อีกทั้งยังมีความสว่างน้อยมาก เมื่อเทียบกับความส่องสว่างปกติของ LED และเมื่อทำการวัดความส่องสว่างที่ 3 ตำแหน่ง ได้เท่ากับ 314, 275 และ 269 ลักซ์ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่ตกลงบนเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 286 ลักซ์

สรุปผลการทดลอง

การนำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางมาใช้กับภาระทางไฟฟ้า พบว่า ไม่สามารถทำงานร่วมกันกับ SIC4310 ได้ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาระทางไฟฟ้า



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปปริญญานิพนธ์

จากจุดประสงค์ของโครงการคือ เพื่อศึกษาและเลือกอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานที่เหมาะสมกับโครงการ ทำให้ทราบถึงลักษณะการทำงาน โครงสร้าง คุณลักษณะของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานแต่ละชนิด พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางเหมาะสมกับการใช้งานภายใต้แสงจากหลอดไฟ จากข้อมูลนี้ทำให้สามารถเลือกใช้งานอุปกรณ์เก็บเกี่ยวได้ตามความเหมาะสม และจากการทดลองนำอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานแสงหรือเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับภาระทางไฟฟ้า (SIC4310) ภายใต้ความส่องสว่างของหลอดไฟพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาระทางไฟฟ้า

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงการ และแนวทางแก้ไขปัญหา

จากการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการหาความเข้มของแสง เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ในระดับความเข้มแสงต่างๆ แต่เนื่องจากทางบริษัทไม่มีเครื่องมือดังกล่าว จึงใช้การวัดความส่องสว่างแทนการวัดความเข้มของแสง จากความสัมพันธ์ของทั้งสองพารามิเตอร์ที่แปรผันตรงกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง ทำให้ทราบว่ากำลังไฟฟ้าที่ออกจากอุปกรณ์เก็บเกี่ยวเพียงหนึ่งหน่วยมีค่าไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาระทางไฟฟ้า ดังนั้น การเพิ่มจำนวนอุปกรณ์เก็บเกี่ยวอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้า และการใช้อุปกรณ์ในการเก็บสะสมพลังงาน เช่น ตัวเก็บประจุยิ่งยวดหรือลิเธียม แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนชนิดชาร์จซ้ำได้ ต่อกับ Buck Converter ก่อนเข้า SIC4310 อาจช่วยแก้ไขปัญหากำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอได้ และเนื่องจากโครงการนี้ผลของกำลังไฟฟ้าที่ได้ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน ดังนั้น หากอนาคต มีวิทยาการใหม่ๆ ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงาน การนำอุปกรณ์เหล่านี้มาใช้อาจเป็นไปได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัชชัย พุทซ้อน, “การเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยพอลิเมอร์ฉลาด” วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 2555, หน้า 182-188.
- [2] ยุทธนา กอสัมพันธ์ อมรเทพ แก้วไทย จิโรจ ชาครวงศ์ไพสิฐ และ อุกฤษ ชูดวง, การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก, 2554, หน้า 4-30.
- [3] Mathias Aarre Maehlum. Which Solar Panel Type is Best? Mono vs. Polycrystalline vs. Thin Film. Energy Informative. 2018 ค้นเมื่อ 7 สิงหาคม 2561, จาก <http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/>
- [4] Nrel best research pv cell efficiencies. 2006 ค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561, จาก https://www.nrel.gov/pv/thin_film/docs/kaz_best_research_cells.ppt
- [5] B. Minnaert and P. Veelaert, “WHICH TYPE of solar cell is best for low power indoor devices?” Innovation for Sustainable Production 2010, 2010, page 8-12.
- [6] Bhalchandra V. Chikate, “The Factors Affecting the Performance of Solar Cell” International Conference on Quality Up-gradation in Engineering, Science and Technology, 2558.
- [7] จันทกานต์ พุทประเสริฐ. Piezoelectric Transducer. 2016 ค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561, จาก <http://lcatransducers.blogspot.com>
- [8] Switching Regulator Basics: Step-Down Operation Principles. Characteristics and Evaluation Method of Switching Regulators. 2016 ค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2561, จาก https://micro.rohm.com/en/techweb/knowledge/dcdc/dcdc_sr/dcdc_sr01/696







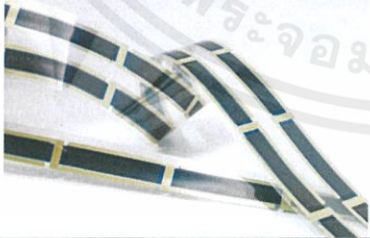

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







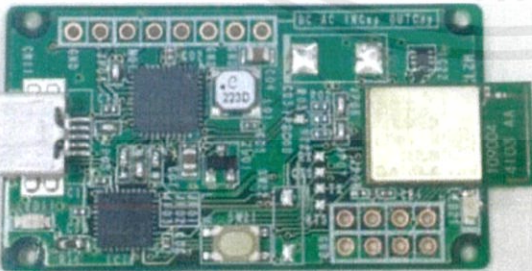
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ก.1 : ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปภาพอุปกรณ์	ข้อมูลอุปกรณ์
	Thermoelectric Generator EHA-PA1AN1-R03
	Solar Cells AM5610CAR
	Solar Cells AM1801CAR
	Solar Cells SLMD121H04L
	Solar Cells InfinityPV tape
	Vibration Sensor Minisense 100

ตารางที่ ก.1 : ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

รูปภาพอุปกรณ์	ข้อมูลอุปกรณ์
	<p>Multimeter Fluke 116</p>
	<p>Thermometer Amprobe TMD-56</p>
	<p>Oscilloscope Lecroy HDO4024</p>
	<p>SIC4310</p>
	<p>Buck Converter MB39C811</p>



ภาคผนวก ข.
ข้อมูลอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลอุปกรณ์

ตารางที่ ข.1 : รายละเอียดทั่วไปของเทอร์โมอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ EHA-PA1AN1-R03

ค่าความต้านทานเอซี (AC Resistance)	1.1 Ω
ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ด้านสัมผัสความร้อน	85°C
ค่าความต้านทานทั่วไป	1.2-5 Ω
ค่าความต้านทานที่เหมาะสม	1.5 Ω

ตารางที่ ข.2 : รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ AM5610CAR

ค่าแรงดันเปิดวงจร (V_{oc})	ปกติ 5.1 V @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
ค่ากระแสลัดวงจร (I_{sc})	ปกติ 2.4 mA @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
ค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อใช้งานกับค่ากระแสไฟฟ้าเมื่อใช้งาน ($V_{ope} - I_{ope}$)	ค่าต่ำสุด 3.0 V - 1.7 mA @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
	ปกติ 3.3 V - 2.3 mA @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
	ปกติ 3.3 V - 2.3 mA @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})	ปกติ 3.3 V - 2.3 mA @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
	ปกติ 3.3 V - 2.3 mA @ 50kLx โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง
ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน (T_{opr})	-10 ถึง +65°C
ช่วงอุณหภูมิในการเก็บรักษา (T_{stg})	-20 ถึง +70°C
พื้นที่การทำงาน	25x20 mm ²

ตารางที่ ข.3 : รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ AM1801CAR

ค่าแรงดันเปิดวงจร (V_{oc})	ปกติ 4.9 V @ 200Lx โดยใช้แสงจากหลอดฟลูออ- เรสเซนต์
ค่ากระแสลัดวงจร (I_{sc})	ปกติ 20.0 μ A @ 200Lx โดยใช้แสงจากหลอดฟลูออ- เรสเซนต์
ค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อใช้งานกับค่ากระแสไฟฟ้าเมื่อใช้งาน ($V_{ope} - I_{ope}$)	ค่าต่ำสุด 2.6 V - 4.6 μ A @ 50Lx โดยใช้แสงจากหลอดฟลูออ- เรสเซนต์
	ปกติ 3.0 V - 12.0 μ A @ 200Lx โดยใช้แสงจากหลอดฟลูออ- เรสเซนต์
	ปกติ 3.0 V - 18.5 mA @ 200Lx โดยใช้แสงจากหลอดฟลูออ- เรสเซนต์
ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน (T_{opr})	-10 ถึง +60°C
ช่วงอุณหภูมิในการเก็บรักษา (T_{stg})	-20 ถึง +70°C
พื้นที่การทำงาน	51x21.2 mm ²

ตารางที่ ข.4 : รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ SLMD121H04L

ค่าแรงดันเปิดวงจร (V_{oc})	2.52 V
ค่ากระแสลัดวงจร (I_{sc})	50.00 mA
ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})	89.20 mW
ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_{max})	2.00 V
ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{max})	44.60
พื้นที่การทำงาน	40x12 mm ²

ตารางที่ ข.5 : รายละเอียดทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ Solar Tape @ AM1.5G 1,000W/m²

ค่าแรงดันต่อความยาว	22 V/m
ค่ากระแส	60 - 70 mA
ค่ากำลังไฟฟ้าต่อความยาว	800 mW/m

ตารางที่ ข.6 : รายละเอียดทั่วไปของเพียโซอิเล็กทริก เจนเนอเรเตอร์ Minisense 100

ค่าแรงดันเปิดวงจร	2.52 V/g
ค่าความถี่สั่นพ้อง	75 Hz
ค่าแรงดันเปิดวงจรที่ความถี่ธรรมชาติ	6 V/g
ค่าความจุ	244 pF

ตารางที่ ข.7 : รายละเอียดทั่วไปของภาระทางไฟฟ้า SIC4310

ค่าแรงดันป้อนเข้า	-0.3 ถึง +3.9 V
ค่าแรงดันจ่ายออก	-0.3 ถึง +3.9 V
ค่ากระแสป้อนเข้า	30 mA
ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน	-40 ถึง +85 °C
ช่วงอุณหภูมิในการเก็บรักษา	-65 ถึง +150 °C

ตารางที่ ข.8 : รายละเอียดทั่วไปของ Buck Converter MB39C811

ค่าแรงดันป้อนเข้า	-0.3 ถึง +24 V
ค่ากระแสป้อนเข้า	50 mA
ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้	2,500 mW
ช่วงอุณหภูมิในการเก็บรักษา	-55 ถึง +125 °C

ประวัติผู้เขียน



- ชื่อ-นามสกุล : นางสาวกัลยกร ประภารัตน์
- วัน เดือน ปีเกิด : 22 กรกฎาคม 2539
- ภูมิลำเนา : 151/1 ถนนพหลโยธิน หมู่.24 ตำบลตาคลี อำเภอตาคลี
จังหวัดนครสวรรค์ 60140
- อีเมล : kanlayakornp@hotmail.com
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนตาคลีประชาสรรค์
: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนตาคลีประชาสรรค์
: ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร-
ลาดกระบัง
- ประวัติการทำงาน : 1 มิถุนายน - 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2561
นักศึกษาฝึกงาน The Ampère Laboratory, École Centrale de
Lyon, France.
: 6 สิงหาคม - 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561
นักศึกษาสหกิจศึกษา บริษัท ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด