



ผู้เขียนพกพา พลังงานแสงอาทิตย์

โดย

นางสาวจาพุดา	ซึ่งพรหม	รหัสประจำตัว B5405589
นายณัฐวุฒิ	มณีโรจน์	รหัสประจำตัว B5423415
นายพุทธิพนธ์	มารมย์	รหัสประจำตัว B5464241

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2554
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2557

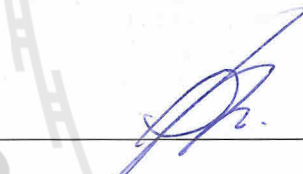
ผู้ยื่นพิกพาล้งงานแสงอาทิตย์

คณะกรรมการสอบโครงการ



(รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม)

กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับ
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 527499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปี
การศึกษา 2557

หัวข้อโครงการ	ตู้เย็นพกพาพลังงานแสงอาทิตย์	
จัดทำโดย	นางสาวจพุดา ช้างพรหม	รหัส B5405589
	นายณัฐวุฒิ มณีโรจน์	รหัส B5423415
	นายพุทธิพนธ์ มารมย์	รหัส B5464241
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษาที่	1/2557	

บทคัดย่อ
(Abstract)

โครงการชิ้นนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กที่สามารถพกพาได้ ซึ่งใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็นโดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก และสามารถใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานสำรองในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่จ่ายไฟผ่านวงจรชาร์ตให้แก่แบตเตอรี่ ในขณะที่แบตเตอรี่จ่ายไฟผ่านวงจรควบคุมการทำงานให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อทำความเย็น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการคือท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับแนวคิดการริเริ่มโครงการรวมถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และดูแลเอาใจใส่ติดตามผลงานอย่างใกล้ชิด ซึ่งแนะข้อบกพร่องตลอดจนช่วยให้คำแนะนำ ฝึกฝนและการสนับสนุนคณะผู้จัดทำโครงการ ให้มีความสามารถในการทำโครงการจนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์และบุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนและให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ โดยสำหรับความสำเร็จของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการซึ่งส่งผลให้การจัดทำโครงการชิ้นนี้ผ่านไปได้ด้วยดี



คณะผู้จัดทำ

นางสาวจาพุดา ซึ่งพรหม

นายณัฐวุฒิ มณีโรจน์

นายพุทธิพนธ์ มารมย์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ	3
2.2 Solar Cell	3
2.2.1 ชนิดของ Solar Cell	3
2.2.2 โครงสร้างของ	4
2.2.3 หลักการทำงานของ	5
2.2.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของ Solar Cell	5
2.2.5 ลักษณะเด่นของ Solar Cell	6
2.3 Peltier	7
2.3.1 โครงสร้างของ Peltier	7
2.3.2 หลักการทำงานของ Peltier	8
2.4 Transistor	9
2.4.1 หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์	9
2.5 Relays	10

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6 อุปกรณ์สำคัญในระบบผลิตกระแสไฟจากเซลล์สุริยะ	11
2.7 อุปกรณ์สำคัญในระบบทำความเย็น	12
2.8 ข้อสรุปท้ายบท	12
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์	
3.1 บทนำ	13
3.2 องค์ประกอบของอุปกรณ์	13
3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์หลัก	13
3.3.1 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	14
3.3.2 แบตเตอรี่	14
3.3.3 เซลล์สุริยะ	15
3.4 การออกแบบวงจร	16
3.4.1 วงจรชาร์ตไฟ	16
3.4.2 วงจรควบคุมการทำงาน	18
3.5 ข้อสรุปท้ายบท	21
บทที่ 4 ผลการทดสอบตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์	
4.1 บทนำ	22
4.2 อุณหภูมิภายในตู้เย็น	22
4.3 การลดลงของแรงดันแบตเตอรี่เมื่อใช้งานระบบทำความเย็น	24
4.4 การเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ	25
4.5 การเก็บพลังงานจากไฟบ้าน	27
4.6 ข้อสรุปท้ายบท	29

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 ข้อเสนอโครงการ	
5.1 บทนำ	30
5.2 ปัญหาที่พบ	30
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป	30
5.4 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ	31
5.5 บทสรุปของโครงการ	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	34

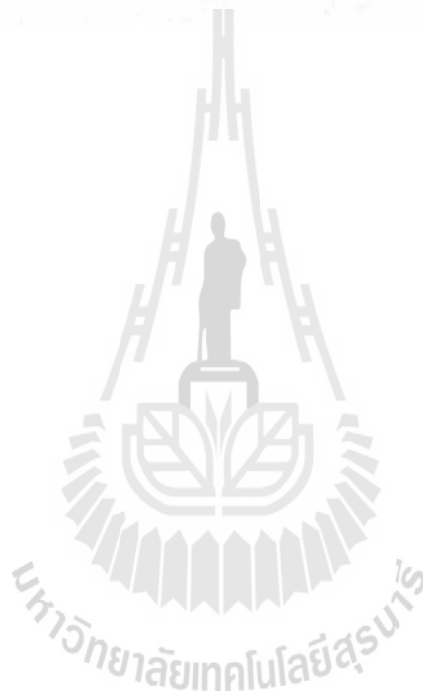


สารบัญรูป

รูปที่	เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1	แผนผังไดอะแกรมของโครงการงาน ตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์	1
รูปที่ 2.1	Single Crystalline Silicon Solar Cell	3
รูปที่ 2.2	Amorphous Silicon Solar Cell	4
รูปที่ 2.3	Copper Indium Gallium Diselenide Solar Cell	4
รูปที่ 2.4	หลักการทำงานของ Solar Cell	5
รูปที่ 2.5	Peltier	7
รูปที่ 2.6	โครงสร้างของPeltier	8
รูปที่ 2.7	หลักการทำงานของPeltier	8
รูปที่ 2.8	ทรานซิสเตอร์แบบ (ก) PNP , (ข) NPN	9
รูปที่ 2.9	การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	10
รูปที่ 2.10	โครงสร้างของรีเลย์แบบหน้าสัมผัส	11
รูปที่ 3.1	องค์ประกอบของตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์	13
รูปที่ 3.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) แรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิ , (ข) กำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิ	14
รูปที่ 3.3	การออกแบบวงจรชาร์ตไฟ	16
รูปที่ 3.4	แบบจำลองวงจรชาร์ตไฟ	17
รูปที่ 3.5	วงจรชาร์ตไฟ	18
รูปที่ 3.6	การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน	19
รูปที่ 3.7	แบบจำลองวงจรควบคุมการทำงาน	20
รูปที่ 3.8	วงจรควบคุมการทำงาน	21
รูปที่ 4.1	การวัดอุณหภูมิภายในตู้เย็น	22
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในตู้เย็นและเวลา	23
รูปที่ 4.3	แสดงการต่อแบตเตอรี่กับวงจรควบคุมการทำงาน	24
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของแบตเตอรี่และเวลา เมื่อใช้งานระบบทำความเย็น	25
รูปที่ 4.5	การเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ	26

สารบัญรูป (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของแบตเตอรี่และเวลา เมื่อเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ	27
รูปที่ 4.7 การเก็บพลังงานจากไฟบ้าน	27
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของแบตเตอรี่และเวลา เมื่อเก็บพลังงานจากไฟบ้าน	28



สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12706	14
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่แห้ง SPA SL12-5.5	15
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์สุริยะรุ่น M10-18	15
ตารางที่ 3.4 แสดงสถานะของแบตเตอรี่เมื่อทำการชาร์จ	17
ตารางที่ 3.5 แสดงสถานการณ์ทำงานของวงจรทำความเย็น	20
ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิที่วัดได้ภายในตู้เย็นเมื่อใช้งานระบบทำความเย็นเป็นเวลาต่อเนื่อง	23
ตารางที่ 4.2 แสดงแรงดันของแบตเตอรี่เมื่อใช้งานระบบทำความเย็นเป็นเวลาต่อเนื่อง	24
ตารางที่ 4.3 แสดงแรงดันของแบตเตอรี่ต่อช่วงเวลา เมื่อชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเซลล์สุริยะ	26
ตารางที่ 4.4 แสดงแรงดันของแบตเตอรี่ต่อช่วงเวลา เมื่อชาร์จแบตเตอรี่ด้วยไฟบ้าน	28



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนได้ทำให้เกิดการตื่นตัวในการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การลดก๊าซเรือนกระจก และลดการใช้สารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น คณะผู้จัดทำตระหนักถึงปัญหานี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างความเย็นจากพลังงานสะอาด ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถสร้างความเย็นโดยไม่ทำลายธรรมชาติ เพราะไม่มีการใช้สารทำความเย็น ส่วนแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุด สะอาด มีอยู่ทั่วไปและสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่หมดสิ้น

โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำมาสร้างเป็นตู้เย็นขนาดเล็กที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังโคะแกรมของโครงการ ตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. เพื่อศึกษาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสามารถออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้
4. เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความเย็นได้ในระดับหนึ่ง

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. ศึกษาหลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
2. เลือกใช้เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ที่ให้กำลังไฟที่เหมาะสม
3. ออกแบบวงจรควบคุมการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่สู่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อให้ได้ความเย็นในระดับหนึ่ง พร้อมแสดงสถานะการใช้งาน
4. ออกแบบวงจรตีไฟแก่แบตเตอรี่ พร้อมแสดงสถานะการชาร์จ
5. ออกแบบบรรจุภัณฑ์
6. สร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในโครงการ ได้แก่ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ เซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่
2. ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
3. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ
4. ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
5. ทดลองใช้งานและแก้ไขสิ่งผิดพลาด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาใช้ในการปฏิบัติได้
2. สามารถใช้โปรแกรมในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้
3. ได้เรียนรู้วิธีหาความรู้ด้วยตัวเอง เพื่อนำมาปฏิบัติและใช้งานจริง
4. ได้เรียนรู้การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

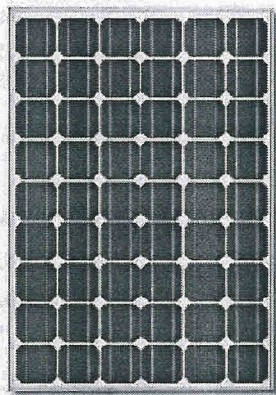
ในบทที่ 2 นี้จะเป็นการแนะนำโครงสร้างและหน้าที่ของอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทำโครงการ เพื่อให้ผู้ใช้ได้มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับผู้ยื่นพลังงานแสงอาทิตย์ คุณสมบัติ หลักการทั่วไปของเซลล์สุริยะ เข้าใจประโยชน์และวิธีใช้อย่างถูกต้อง

2.2 Solar Cell [1]

เซลล์สุริยะ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงจากหลอดไฟ เซลล์สุริยะจะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์สุริยะนี้เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable Energy) ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและไม่สร้างมลภาวะใดๆ ให้กับสิ่งแวดล้อมในขณะใช้งาน

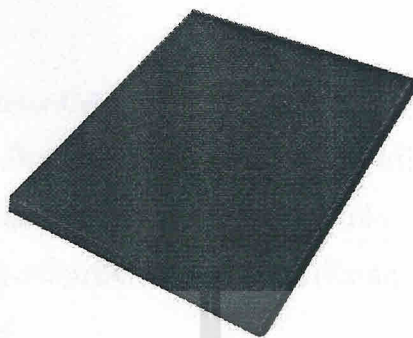
2.2.1 ชนิดของ Solar Cell

1. เซลล์สุริยะที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก



รูปที่ 2.1 Single Crystalline Silicon Solar Cell [2]

2. เซลล์สุริยะที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) นานักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%



รูปที่ 2.2 Amorphous Silicon Solar Cell [3]

3. เซลล์สุริยะที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลไนด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์สุริยะที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%



รูปที่ 2.3 Copper Indium Gallium Diselenide Solar Cell [4]

2.2.2 โครงสร้างของ Solar Cell

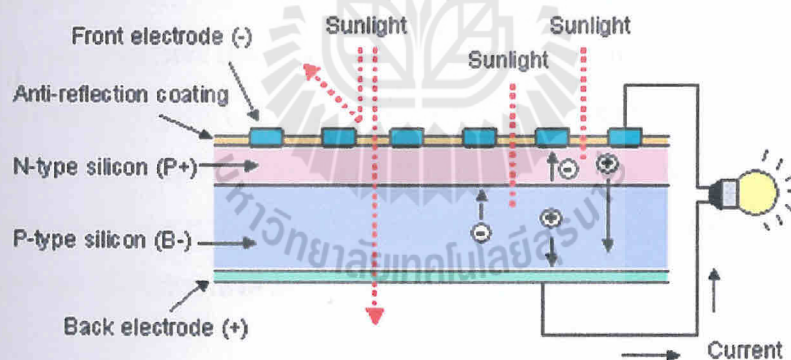
โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาสูงที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์สุริยะโดยนำซิลิคอนมาถู และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์สุริยะชนิดซิลิคอน อาจ

มีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร์ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่ได้รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.2.3 หลักการทำงานของ Solar Cell

การทำงานของเซลล์สุริยะ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของ Solar Cell [5]

2.2.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของ Solar Cell

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้ เซลล์สุริยะมีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนเซลล์สุริยะที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

1. ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จาก เซลล์สุริยะก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ $100 \text{ mW ต่อ ตร.ซม.}$ หรือ $1,000 \text{ W ต่อ ตร.เมตร}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60° องศา กับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ $750 \text{ W ต่อ ตร.เมตร}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผง เซลล์สุริยะนั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2. อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของเซลล์สุริยะมาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะคือ ณ อุณหภูมิ 25°C เช่น กำหนดไว้ว่าเซลล์สุริยะมีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25°C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์สุริยะ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25°C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25°C เช่น อุณหภูมิ 30°C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของเซลล์สุริยะลดลง 2.5% ($0.5\% \times 5^\circ \text{C}$) นั่นคือ แรงดันของเซลล์สุริยะ V_{oc} จะลดลง 0.525 V ($21 \text{ V} \times 2.5\%$) เหลือเพียง 20.475 V ($21 \text{ V} - 0.525 \text{ V}$) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์สุริยะลดลงด้วย

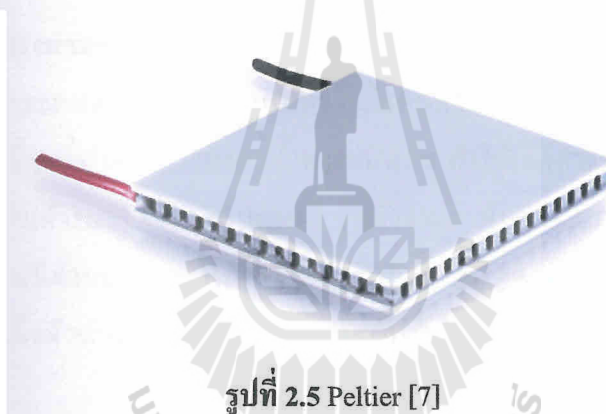
2.2.5 ลักษณะเด่นของ Solar Cell

- ใช้พลังงานจากธรรมชาติ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
- เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมด สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก
- ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม
- ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
- เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอหรือทำให้ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

- อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่
- เนื่องจากมีลักษณะเป็น โมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ
- ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ

2.3 Peltier [6]

เทอร์โมอิเล็กทริกหรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าเพลเทียร์ (Peltier) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำความเย็นและความร้อน ตัวอุปกรณ์มี 2 ด้าน โดยเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปจะพบว่าด้านหนึ่งจะให้ความเย็นและอีกด้านจะให้ความร้อนออกมา ในทางกลับกันหากทั้งสองด้านมีอุณหภูมิต่างกันเพลเทียร์ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา

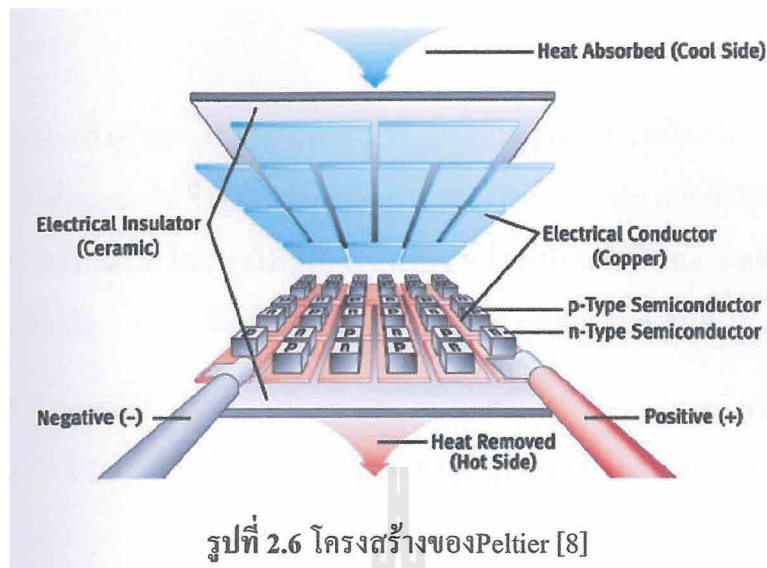


รูปที่ 2.5 Peltier [7]

2.3.1 โครงสร้างของ Peltier

โครงสร้างเบื้องต้นของอุปกรณ์เพลเทียร์ ประกอบด้วยสารชนิดเอ็น (N-type) และ (P-type) ของบิสมัท เทลลูไรด์ สร้างมาจากสารผสมบิสมัท (Bi) กับเทลลูเรียม (Te) วางลงบนฐานรองเซรามิก ที่สร้างเป็นรูปลูกเต๋าเล็กๆ จำนวนมาก แล้วนำเอาแผ่นเซรามิกมาประกบไว้ทั้งสองด้าน ในขณะที่สารพีและเอ็นซึ่งทำเป็นเนื้ออัลลอยส์ระหว่างบิสมัทและเทลลูเรียมทั้งสองมีความต่างในความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระที่อุณหภูมิเท่ากัน

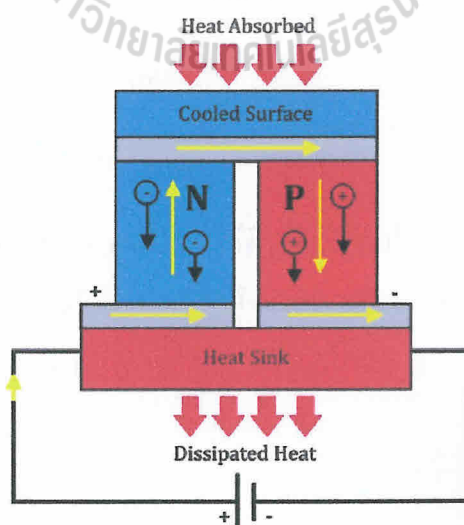
ลูกเต๋าสารชนิดพีเป็นโลหะที่มีอิเล็กตรอนไม่พอเพียง (Deficiency of electrons) ในขณะที่ลูกเต๋าสารชนิดเอ็นเป็นโลหะที่มีอิเล็กตรอนหนาแน่นมากจนเหลือเฟือ (Excess of electrons)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของPeltier [8]

2.3.2 หลักการทำงานของ Peltier

เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่สารกึ่งตัวนำแบบ พี-เอ็น (P-N type) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี สู่วัสดุระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น ส่งผลให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านเย็นและในขณะเดียวกันก็เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น สู่วัสดุระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนที่ด้านร้อนขึ้น

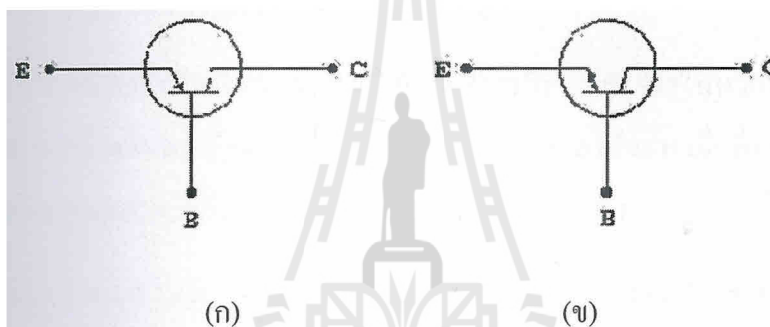


รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของPeltier [9]

2.4 Transistor [10]

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าเปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า คงค่าแรงดันไฟฟ้า หรือกล้ำสัญญาณไฟฟ้า(modulate) ทรานซิสเตอร์สร้างมาจากวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N มารวมกัน โดยทำให้เกิดรอยต่อระหว่างเนื้อสารนี้สองรอยต่อ โดยสามารถจัดทรานซิสเตอร์ได้ 2 ชนิด คือ 1. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 2. ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รอยต่อจากเนื้อสารทั้ง 3 นี้มีจุดต่อเป็นขาทรานซิสเตอร์เพื่อใช้เชื่อมโยงหรือบัดกรีกับอุปกรณ์อื่น ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงมี 3 ขา มีชื่อเรียกว่า คอลเลคเตอร์(สัญลักษณ์ C) อิมิตเตอร์(สัญลักษณ์ E) และเบส(สัญลักษณ์ B)

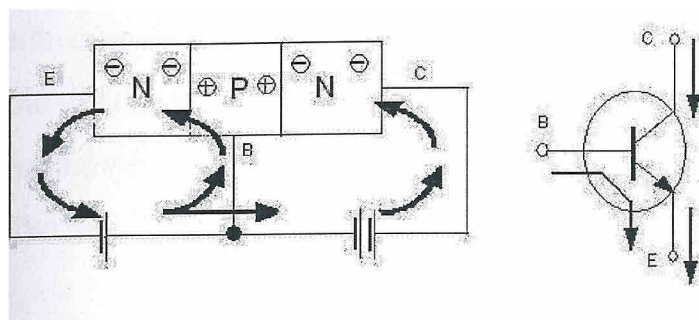


รูปที่ 2.8 ทรานซิสเตอร์แบบ (ก) PNP , (ข) NPN

2.4.1 หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์

1. การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

จะต้องมีการป้อนแรงดันให้กับทรานซิสเตอร์คือจ่ายไฟลบให้กับขา E เมื่อเทียบกับไฟบวกที่จ่ายให้ขา B และจ่ายไฟบวกให้ขา C เมื่อเทียบกับจ่ายไฟลบให้ขา B ที่ขา B จะมีทั้งไฟบวกและไฟลบ แต่เวลาดูว่าขา B เป็นบวกหรือลบให้เทียบกับขา E เท่านั้น ดังนั้น ขาที่ B จึงเป็นไฟบวก



รูปที่ 2.9 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

2. การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

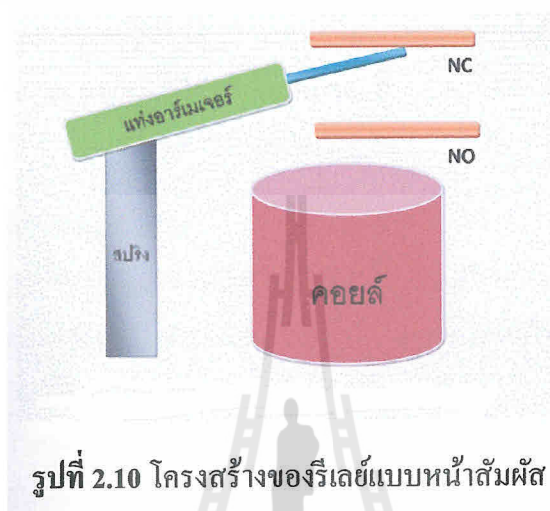
จะต้องมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าเช่นกัน แต่มีลักษณะการป้อนดันจ่ายไฟบวกให้ขา E เมื่อเทียบกับไฟลบที่จ่ายให้ขา B และจ่ายไฟลบเข้าขา C เมื่อเทียบกับไฟบวกที่จ่ายให้ขา B เมื่อที่ขา B มีทั้งไฟบวกและไฟลบเวลาคูก็จะต้องเทียบกับขา E เท่านั้น เมื่อเทียบแล้วจะได้ขา B เป็นไฟลบ

การไหลของกระแสในทรานซิสเตอร์จะถูกกำหนดด้วยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขา B คือถ้าแรงดันไฟฟ้า Forward Bias ที่ขา B มากกระแสเบส (I_B) จะไหลได้มากก็จะทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) ไหลได้มากตาม ถ้าแรงดันไฟฟ้า Reverse Bias ที่ขา C มากก็จะทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์มากด้วย การที่กระแสในทรานซิสเตอร์จะไหลได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เป็นหลัก กล่าวคือ ถ้าให้ V_{BE} มาก I_B จะไหลมาก ความต้านทานในทรานซิสเตอร์ระหว่าง C – E ก็จะต่ำลงมาก I_C ก็จะไหลมากและ I_E ก็จะไหลได้มากด้วย ถ้าให้ V_{BE} น้อย I_B จะไหลน้อย ความต้านทานในทรานซิสเตอร์ระหว่าง C – E ก็จะสูง I_C ก็จะไหลน้อยและ I_E ก็จะไหลได้น้อยด้วย

2.5 Relays [11]

รีเลย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการตัด-ต่อวงจรคล้ายกับสวิตช์ โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Electromagnetic Relay หรือเรียกว่าแบบหน้าสัมผัส ประกอบด้วยชุดหน้าสัมผัส (Contacts) ที่ต่อกับแท่งอาร์เมเจอร์ (Armature) และคอยล์ (Coil) ที่ถูกพันด้วยขดลวด เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับคอยล์ (Energize)

จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก แท่งอาร์มเจอร์ที่ต่อกับหน้าสัมผัสจะถูกดูด ทำให้หน้าสัมผัสเปลี่ยนการเชื่อมต่อเป็นตรงกันข้าม กล่าวคือ ปกติเปิด(NO-Normally Open) เป็นปิด หรือปกติปิด(NC-Normally Closed) เป็นเปิด และเมื่อตัดไฟที่จ่ายให้คอยล์(Deenergize) จะทำให้รีเลย์กลับสู่สถานะปกติ กล่าวคือ หน้าสัมผัสต่างๆ จะกลับสู่สถานะแรกก่อนการจ่ายไฟด้วยแรงจากสปริง



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของรีเลย์แบบหน้าสัมผัส

ยังมีรีเลย์อีกประเภทที่เป็นที่นิยมคือรีเลย์ที่ไม่ใช้หน้าสัมผัสที่เรียกว่าแบบ Solid State Relay ซึ่งใช้เทคโนโลยีของ Semiconductor ทำให้ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากรีเลย์แบบหน้าสัมผัสและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระยะยาว

ปกติแล้วรีเลย์จะเป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรที่ใหญ่กว่าวงจรที่ใช้ควบคุมเสมอ ตัวอย่างเช่น คอยล์ต้องการใช้เพียงระดับมิลลิแอมป์ แต่หน้าสัมผัสสามารถตัดต่อวงจรได้ถึงระดับสิบล้านแอมป์ เป็นต้น สำหรับรีเลย์ที่สามารถควบคุมวงจรที่มีขนาดกระแสสูงๆจะถูกเรียกว่า คอนแทคเตอร์(Contactors)

2.6 อุปกรณ์สำคัญในระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะ

เนื่องจากเซลล์สุริยะจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อมีแสงแดดเท่านั้น นอกจากนี้กระแสไฟฟ้าที่ได้ยังไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือเก็บพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ โดยรวมเข้าเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะซึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญมีดังนี้

1. เซลล์สุริยะ(Solar Cell) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) ในการใช้งานมีการนำเซลล์สุริยะหลายๆเซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าตามที่ต้องการ
2. แบตเตอรี่(Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการ
3. วงจรชาร์ตแบตเตอรี่(Battery Charger) ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟให้แบตเตอรี่ ให้มีแรงดันที่เหมาะสม และแสดงสถานะการใช้งานของแบตเตอรี่

2.7 อุปกรณ์สำคัญในระบบทำความเย็น

1. แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก(Peltier) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นความเย็น
2. วงจรควบคุมการจ่ายไฟ(Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ และอุปกรณ์อื่นๆ
3. พัดลมและแผงระบายความร้อน(Heat Sink) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้แก่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่กระจายความเย็นภายในตู้เย็นอีกด้วย

2.8 ข้อสรุปท้ายบท

ในการสร้างตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์จะต้องมีแผ่นเซลล์สุริยะทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วนำพลังงานที่ได้มาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ และแบตเตอรี่จะจ่ายไฟให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อสร้างความเย็น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงานคือ วงจรชาร์ตใช้ระหว่างแบตเตอรี่กับเซลล์สุริยะและวงจรควบคุมการทำงานใช้ระหว่างแบตเตอรี่กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

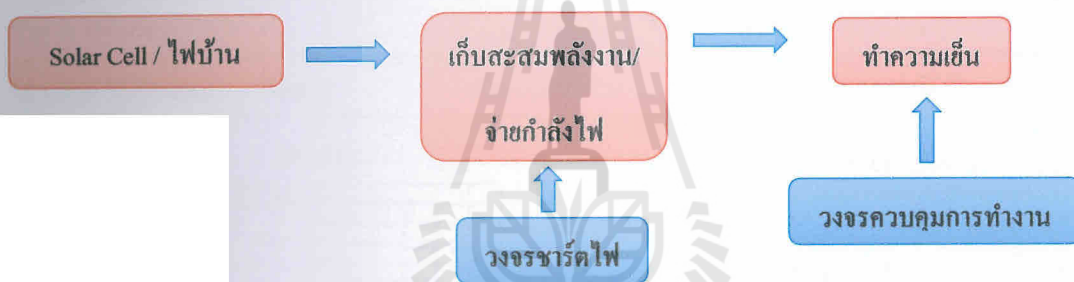
บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์

3.1 บทนำ

ในบทที่ 3 นี้ จะเป็นการแนะนำการออกแบบวงจรของตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจหลักการออกแบบวงจร ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน เช่น การแปลงกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ การตรวจสอบการใช้งานและการควบคุมการจ่ายไฟของของแบตเตอรี่

3.2 องค์ประกอบของอุปกรณ์



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่ใช้ในการเก็บพลังงานและจ่ายกำลังไฟ ประกอบด้วย เซลล์สุริยะ ฟ้าบ้าน แบตเตอรี่วงจรชาร์ตและแสดงสถานะของแบตเตอรี่
2. ส่วนที่ใช้ในการทำความเย็น ประกอบด้วย แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และวงจรควบคุมการทำงาน

3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์หลัก

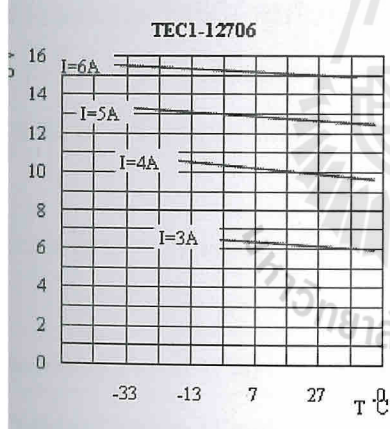
ในการสร้างตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์นั้น ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วนคือ เซลล์สุริยะ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และแบตเตอรี่ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่สอดคล้องกัน จึงจะสามารถทำงานร่วมกันได้ โดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนเข้าด้วยกัน

3.3.1 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

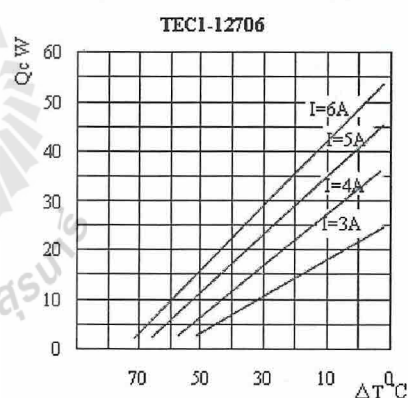
แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นมีหลายรุ่น แต่ละรุ่นก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันออกไป ซึ่งในโครงการนี้ได้เลือกใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกรุ่น TEC1-12706 ขนาด 40x40x4 มิลลิเมตร เนื่องจากมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และสามารถหาซื้อได้ง่าย โดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12706 [12]

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Q _{max} (Watts)	50	75
Delta T _{max} (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) แรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิ (ข) กำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิ [13]

3.3.2 แบตเตอรี่

เนื่องจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นต้องการกระแสไฟฟ้าอย่างน้อย 4 แอมป์ เพื่อให้สามารถทำงานเย็นได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นในโครงการนี้จึงเลือกใช้แบตเตอรี่แห่ง SPA (Sealed Rechargeable Battery)

SL12 - 5.5 (12V 5.5AH/20HR) เนื่องจาก มีราคาไม่แพง สามารถพกพาได้สะดวก และให้กระแสไฟที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่แห่งSPA SL12-5.5

Cycle Use	14.5 – 14.9 V at 25 °C
Stand By Use	13.6 – 13.8 V at 25 °C
Initial Current	Less than 0.3C
Cut-off Voltage	9.6 V ที่ Discharge Current มากกว่า 1C* 10.5 V ที่ Discharge Current น้อยกว่า 1C*

*1C หมายถึง การชาร์จแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันอยู่ที่ระดับ 65-70%

3.3.3 เซลล์สุริยะ

จากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงต้องใช้เซลล์สุริยะที่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้สูงกว่าและสามารถจ่ายกระแสไฟที่มีค่าสูงในระดับหนึ่งเพื่อให้สามารถนำเซลล์สุริยะมาประยุกต์ใช้กับวงจรที่ออกแบบมาได้ ทั้งนี้ยังต้องคำนึงถึงขนาดของเซลล์สุริยะเพื่อให้พอดีกับบรรจุภัณฑ์ ในโครงการนี้จึงเลือกใช้เซลล์สุริยะรุ่น M10-18 ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์สุริยะรุ่น M10-18

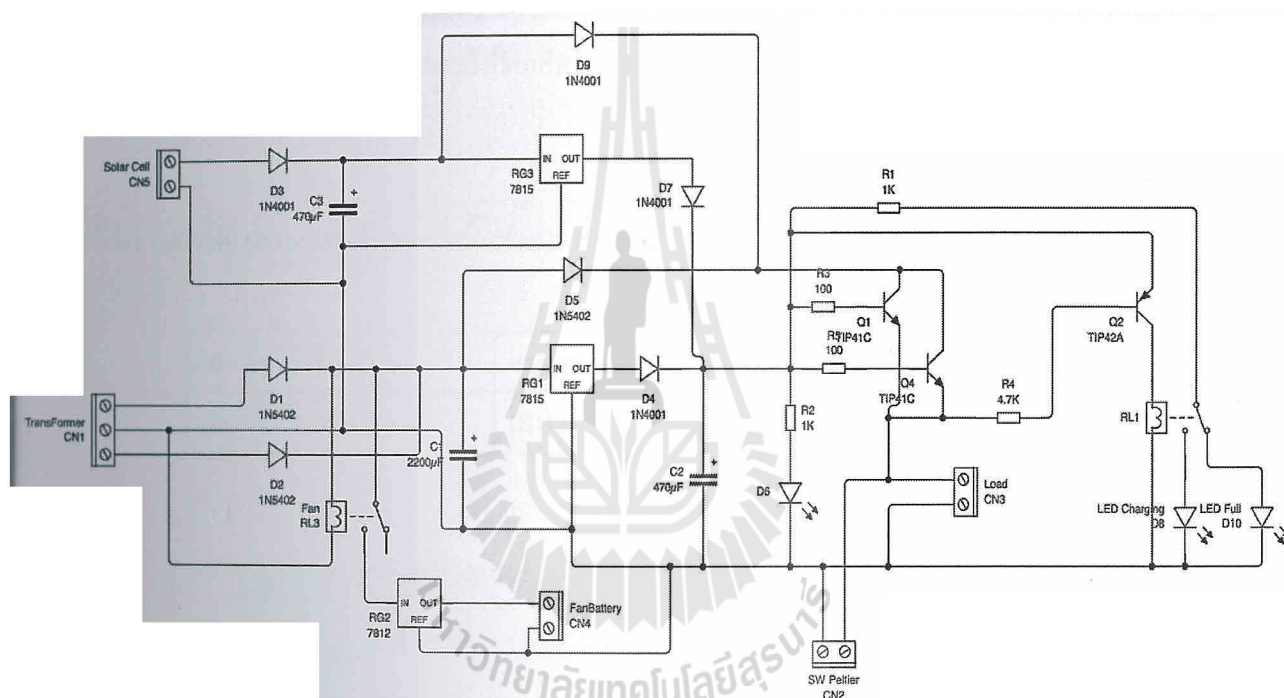
Maximum Power (Pm)	10 W
Working Voltage (Vmp)	18 V
Working Current (Imp)	556 mA
Open Circuit Voltage (Voc)	21.6 V
Short Circuit Current (Isc)	666 mA
Type	Mono crystalline silicon solar cell
Dimension	350*280*17mm
Frame	Silver anodized aluminum

3.4 การออกแบบวงจร

โครงงานนี้ประกอบด้วย 2 วงจรคือ วงจรชาร์ตไฟ และวงจรควบคุมการทำงาน ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Circuit Wizard ซึ่งมีวิธีการออกแบบดังนี้

3.4.1 วงจรชาร์ตไฟ

วงจรชาร์ตไฟมีหน้าที่หลักคือ ปรับกระแสจากแหล่งจ่ายให้เหมาะสมกับความต้องการของแบตเตอรี่ และแสดงสถานะของการชาร์ตไฟ



รูปที่ 3.3 การออกแบบวงจรชาร์ตไฟ

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่ามีการเสไฟฟ้าไหลเข้าวงจรจากแหล่งจ่าย 2 แหล่ง คือ เซลล์สุริยะและไฟบ้าน ดังนั้นการออกแบบวงจรจึงแบ่งเป็น 2 ส่วนโดย

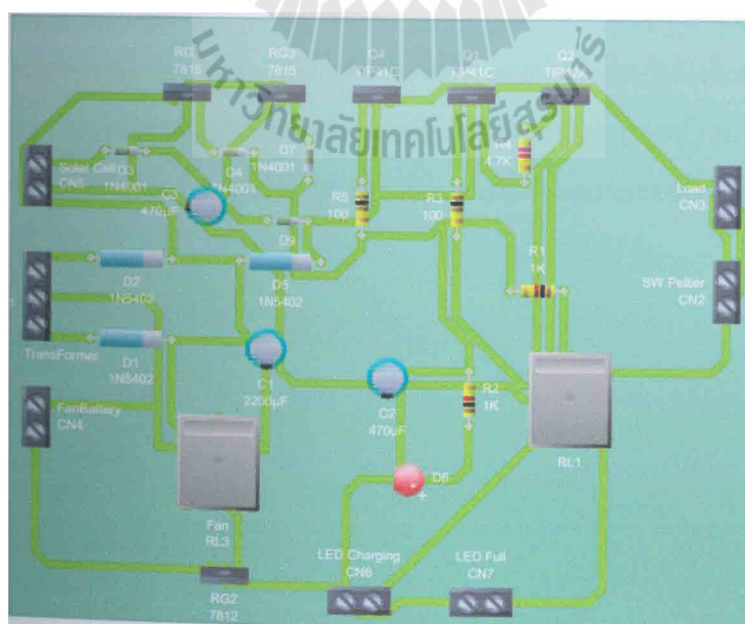
ในส่วนของไฟจากบ้านซึ่งเป็นไฟกระแสสลับจึงต้องมีการแปลงให้เป็นไฟกระแสตรงโดยใช้ไดโอด D1 และ D2 และใช้ตัวเก็บประจุ C1 เพื่อกรองกระแสให้เรียบขึ้น จากนั้นจึงทำการปรับแรงดันโดยใช้วงจรเรกกูเลเตอร์เพื่อให้ได้แรงดันที่เหมาะสมตามคุณสมบัติของแบตเตอรี่

เซลล์สุริยะนั้นจะผลิตไฟฟ้าที่เป็นกระแสตรงจึงไม่ต้องแปลงไฟอีก แต่จะใช้ไดโอดD3 เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไหลย้อนกลับไปที่เซลล์สุริยะ เพราะจะทำให้เซลล์สุริยะเกิดความเสียหายได้ และใช้ตัวเก็บประจุC2 เพื่อเรียงกระแสให้เรียบขึ้นก่อนจะเข้าสู่วงจรเรกกูเลเตอร์เพื่อปรับแรงดันให้เหมาะสม

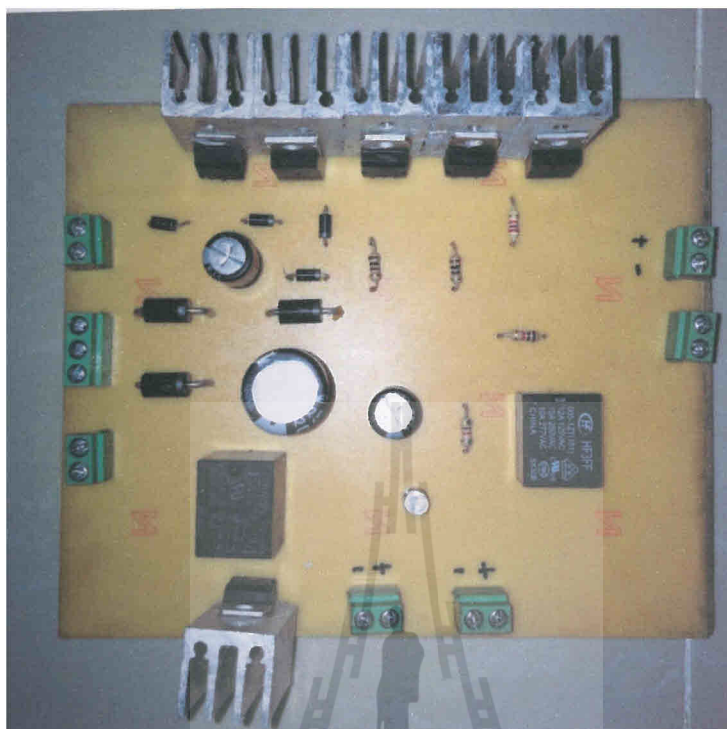
ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่ใช้แสดงสถานะของการชาร์ต โดยมีหลักการดังนี้ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำจะทำให้แรงดันที่โหนดมีศักย์สูงกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ ทำให้กระแสไหลเข้าแบตเตอรี่ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์Q2 ทำงาน จึงมีกระแสจ่ายให้รีเลย์RL1 ทำให้รีเลย์สับสวิทช์ไปที่แอลอีดีสีแดงD8 และเมื่อกระแสไหลเข้าแบตเตอรี่เป็นระยะเวลาหนึ่ง ทำให้แบตเตอรี่มีแรงดันเข้าใกล้แรงดันของโหนด เสมือนว่าส่วนที่ต่อกับแบตเตอรี่CN3 นั้นเปิดวงจร ทำให้กระแสที่ไหลผ่านน้อยมากส่งผลให้กระแสที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์Q2 น้อยมากเช่นกัน ส่งผลให้รีเลย์RL1 สับสวิทช์กลับไปแอลอีดีสีเขียวD10 ซึ่งสามารถสรุปสถานะได้ดังตาราง

ตารางที่ 3.4 แสดงสถานะของแบตเตอรี่เมื่อทำการชาร์ต

แอลอีดีสีเขียว(D8)	แบตเตอรี่พร้อมใช้งาน
แอลอีดีสีแดง(D10)	แบตเตอรี่มีพลังงานต่ำ (กำลังชาร์ต)



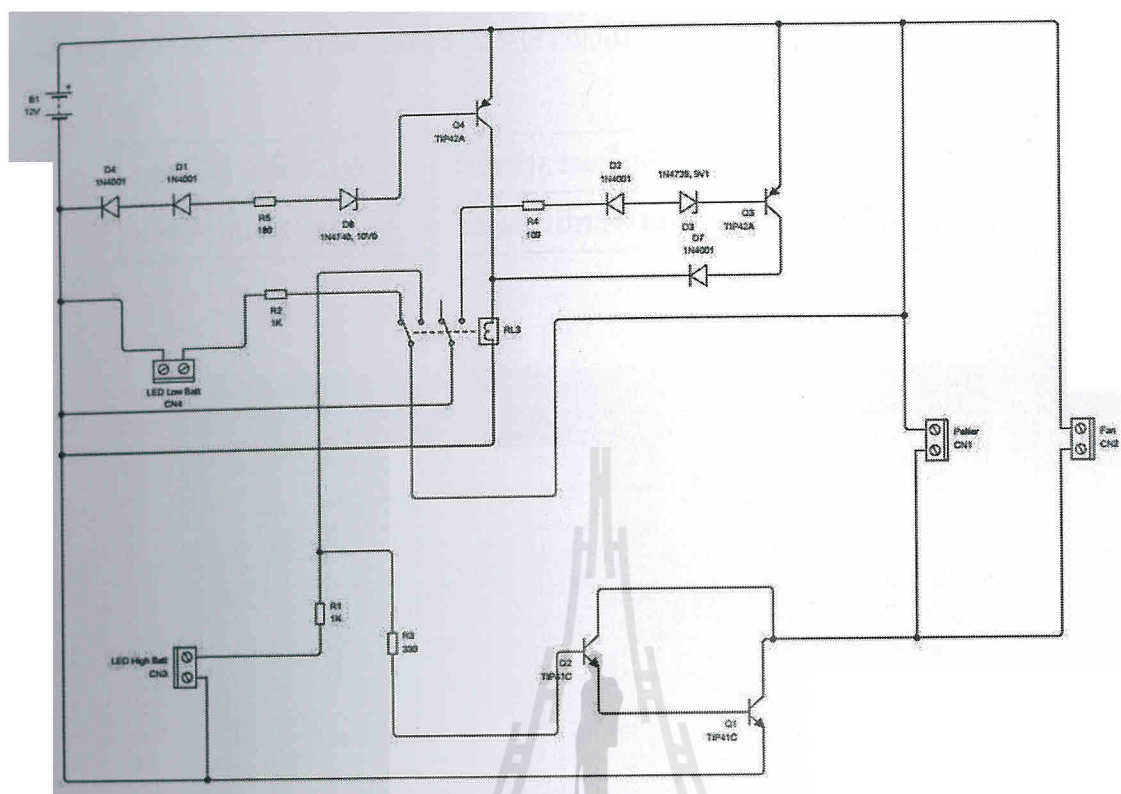
รูปที่ 3.4 แบบจำลองวงจรชาร์ตไฟ



รูปที่ 3.5 วงจรชาร์ตไฟ

3.4.2 วงจรควบคุมการทำงาน

วงจรควบคุมการทำงาน มีหน้าที่หลักคือ ควบคุมการจ่ายไฟให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เพราะหากไม่ควบคุม แบตเตอรี่จะจ่ายไฟไปเรื่อยๆ จนเมื่อแรงดันลดต่ำกว่าจุดทำงาน(Cut-off Voltage) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายได้ และวงจรยังมีหน้าที่ในการแสดงสถานะของการใช้งานระบบทำความเย็นอีกด้วย

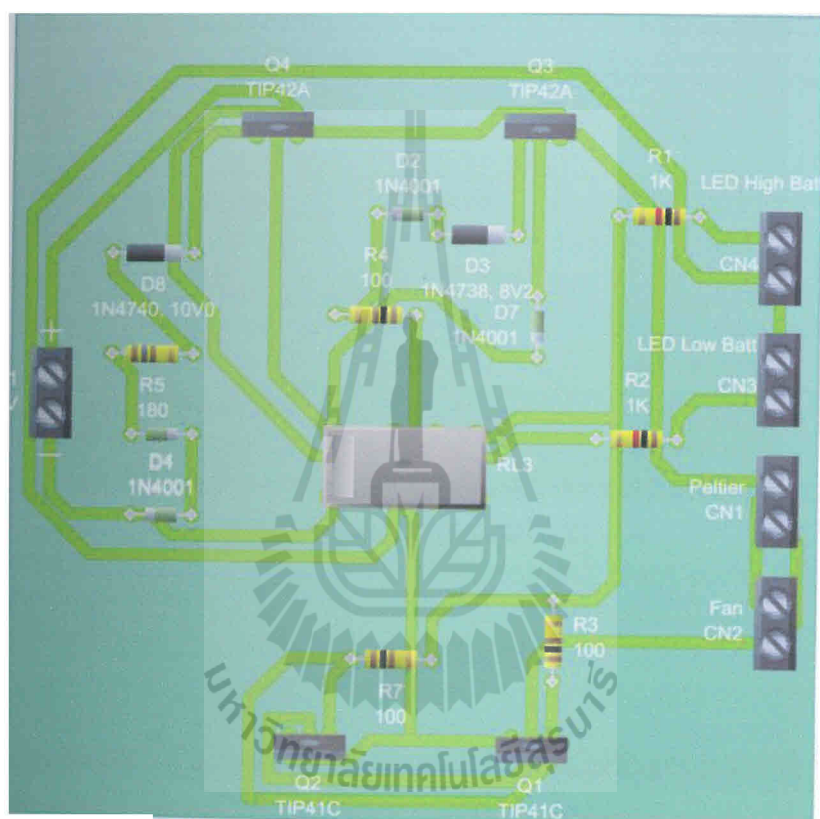


รูปที่ 3.6 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

จากรูปที่ 3.6 เมื่อเปิดสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้วงจร ในตอนแรกทรานซิสเตอร์ Q1 Q2 และ Q3 จะยังไมทำงาน เนื่องจากไม่มีกระแสไบอัสให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว กระแสไฟจะไหลเข้าที่ทรานซิสเตอร์ Q4 และเกิดการเทียบแรงดันกับซีเนอร์ไดโอด D8 ถ้าแรงดันของแบตเตอรี่สูงกว่าทรานซิสเตอร์ Q4 จะทำงานและจ่ายกระแสไฟให้รีเลย์ RL3 เมื่อรีเลย์ได้รับกระแสมากพอจนถึงจุดทำงานรีเลย์จะสับสวิตช์ไปที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 Q2 และ Q3 ทรานซิสเตอร์จะครบวงจร จึงทำให้กระแสไฟสามารถไหลผ่านทรานซิสเตอร์ทั้ง 3 ตัว เข้าสู่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและพัดลมได้ จะทำให้เอเลอียดีสีน้ำเงิน D6 คัด ในระหว่างการใช้งาน ทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 จะทำหน้าที่ในการเทียบแรงดันของแบตเตอรี่ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดต่ำลงเข้าใกล้แรงดันของซีเนอร์ไดโอดที่ต่ออยู่กับทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 จะทำให้ทรานซิสเตอร์จ่ายกระแสไฟให้รีเลย์น้อยลง จนกระทั่งถึงจุดที่รีเลย์ไม่ทำงาน รีเลย์จะสับสวิตช์กลับไปที่สถานะเริ่มต้นจึงไม่มีกระแสไฟไหลเข้าสู่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เนื่องจากขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 Q2 และ Q3 ไม่ครบวงจร และจะทำให้เอเลอียดีสีแดง D5 คัด ซึ่งสามารถสรุปสถานะของการทำงานได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 แสดงสถานการณ์การทำงานของวงจรทำความเย็น

แอลอีดีสีน้ำเงิน(D6)	วงจรทำความเย็นกำลังทำงาน
แอลอีดีสีแดง(D5)	แบตเตอรี่มีพลังงานต่ำ วงจรทำความเย็นไม่ทำงาน



รูปที่ 3.7 แบบจำลองวงจรควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการทำงาน

3.5 ข้อสรุปท้ายบท

ในการออกแบบวงจรชาร์ตไฟจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ซึ่งในโครงการนี้จะใช้งานแบตเตอรี่แบบ Stand By Use จึงควรตั้งระดับแรงดันที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ไว้ที่ 13.6 – 13.8 โวลต์ เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับวงจรหรือแบตเตอรี่

ส่วนการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานนั้นจะต้องคำนึงถึงกระแสไฟที่ต้องจ่ายให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและจุด Cut-off Voltage ของแบตเตอรี่ เพื่อให้วงจรทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเป็นการยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

บทที่ 4

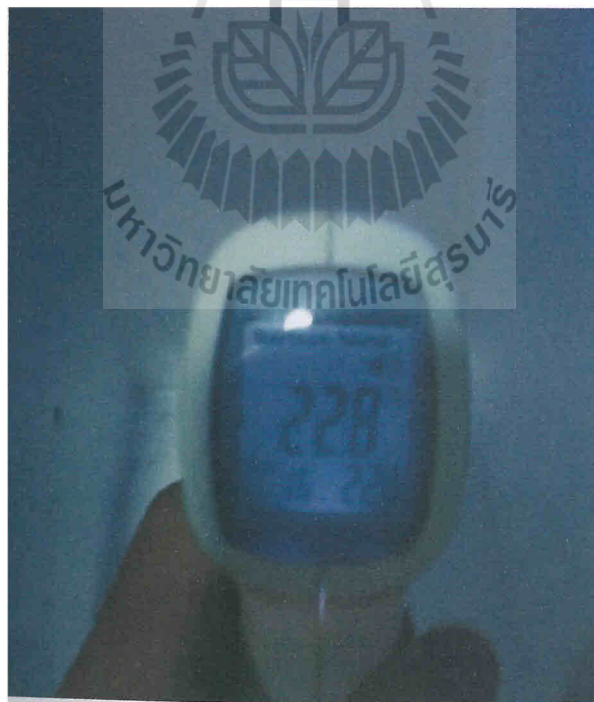
ผลการทดสอบตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบใช้งานตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์ ในส่วนต่างๆ เช่น การเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ การเก็บพลังงานจากไฟฟ้าบ้าน อุณหภูมิภายในตู้เย็นและการลดลงของแรงดันแบตเตอรี่เมื่อใช้งานระบบทำความเย็น

4.2 อุณหภูมิภายในตู้เย็น

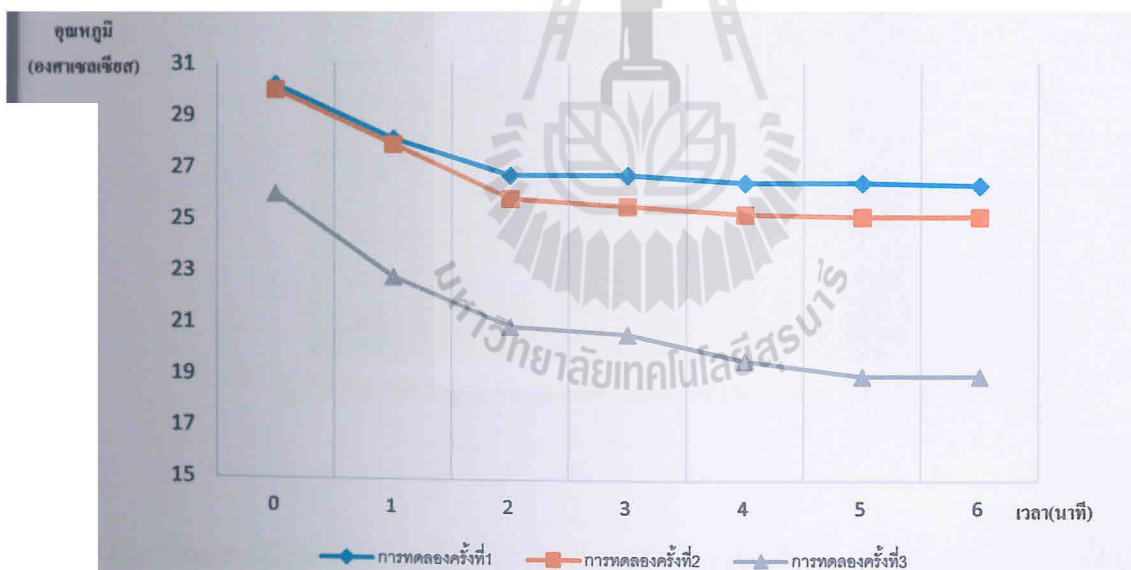
อุณหภูมิภายในตู้เย็นนั้นจะวัดจากการเปิดใช้งานระบบทำความเย็น โดยวัดอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่



รูปที่ 4.1 การวัดอุณหภูมิภายในตู้เย็น

ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิที่วัดได้ภายในตู้เย็นเมื่อใช้งานระบบทำความเย็นเป็นเวลาต่อเนื่อง

อุณหภูมิภายนอก	30.2 องศาเซลเซียส	30.0 องศาเซลเซียส	26.0 องศาเซลเซียส
เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1	28.1	27.9	22.8
2	26.7	25.8	20.9
3	26.7	25.5	20.6
4	26.4	25.2	19.6
5	26.4	25.1	19.0
6	26.3	25.1	19.0

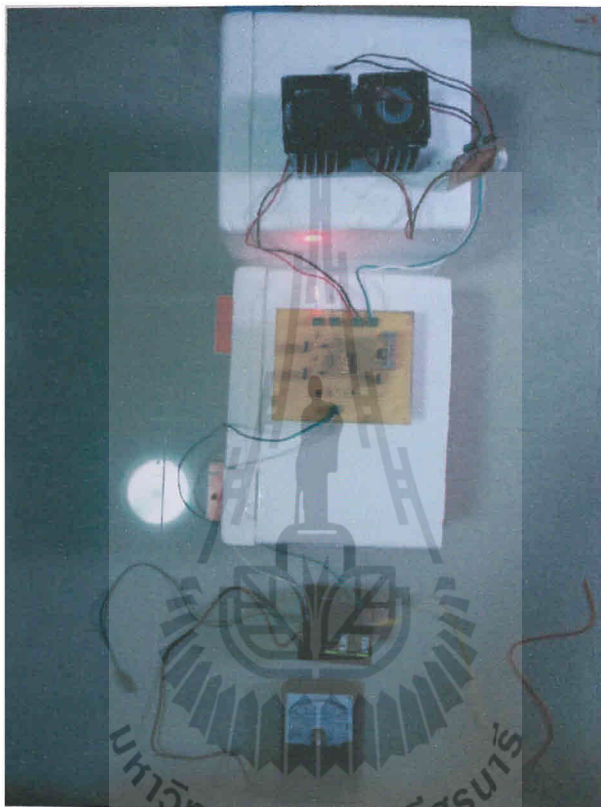


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในตู้เย็นและเวลา

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในตู้เย็นจะลดลงจากอุณหภูมิเริ่มต้น 5 – 7 องศาเซลเซียส และคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที

4.3 การลดลงของแรงดันแบตเตอรี่เมื่อใช้งานระบบทำความเย็น

การลดลงของแรงดันแบตเตอรี่จะวัดจากการนำแบตเตอรี่ไปต่อกับวงจรควบคุมการทำงาน แล้วเปิดสวิตช์ใช้งานระบบทำความเย็น ซึ่งจะทำให้การวัดแรงดันของแบตเตอรี่ทุกๆ 10 นาที จนกว่าวงจรจะตัดการจ่ายไฟ(หลอดLEDสีแดงดับ)

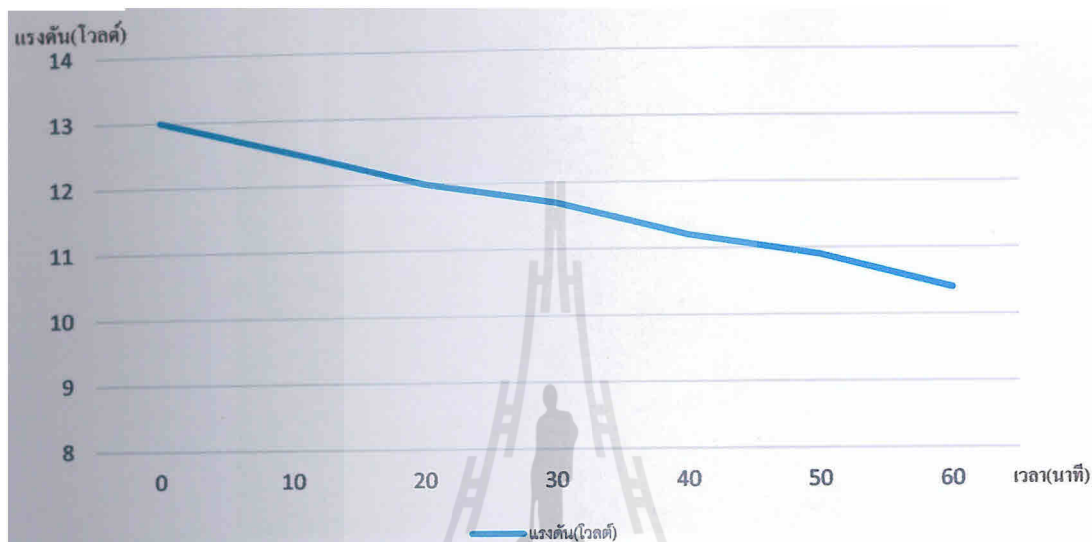


รูปที่ 4.3 แสดงการต่อแบตเตอรี่กับวงจรควบคุมการทำงาน

ตารางที่ 4.2 แสดงแรงดันของแบตเตอรี่เมื่อใช้งานระบบทำความเย็นเป็นเวลาต่อเนื่อง

เวลา(นาที)	แรงดัน(โวลต์)
0	13
10	12.5
20	12
30	11.7

40	11.2
50	10.9
60	10.4

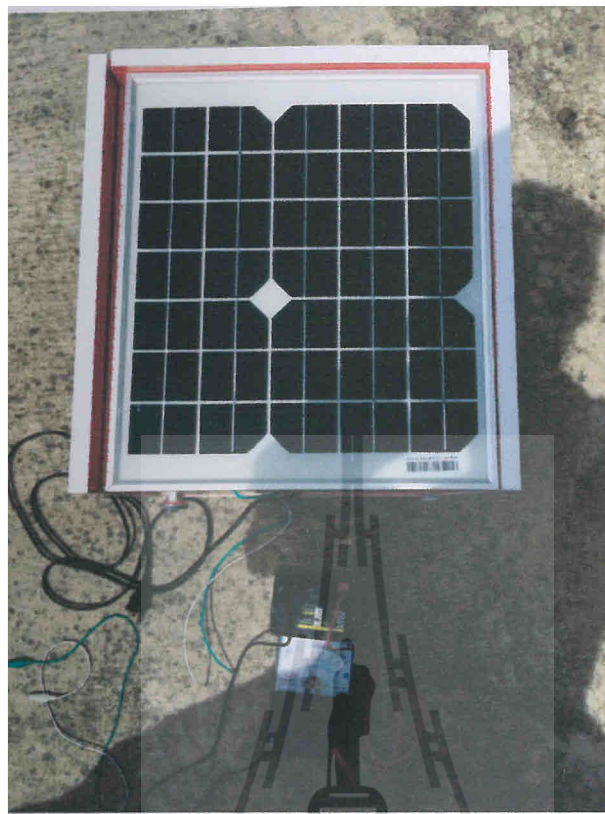


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของแบตเตอรี่และเวลา เมื่อใช้งานระบบทำความเย็น

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าเมื่อใช้งานระบบทำความเย็นเป็นเวลานานขึ้น แรงดันของแบตเตอรี่จะลดลงแบบเชิงเส้น จนกระทั่งวงจรควบคุมการทำงานตัดการจ่ายไฟของแบตเตอรี่ที่แรงดัน 10.4 โวลต์ รวมระยะเวลาที่ใช้งานระบบทำความเย็นทั้งสิ้น 60 นาที

4.4 การเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ

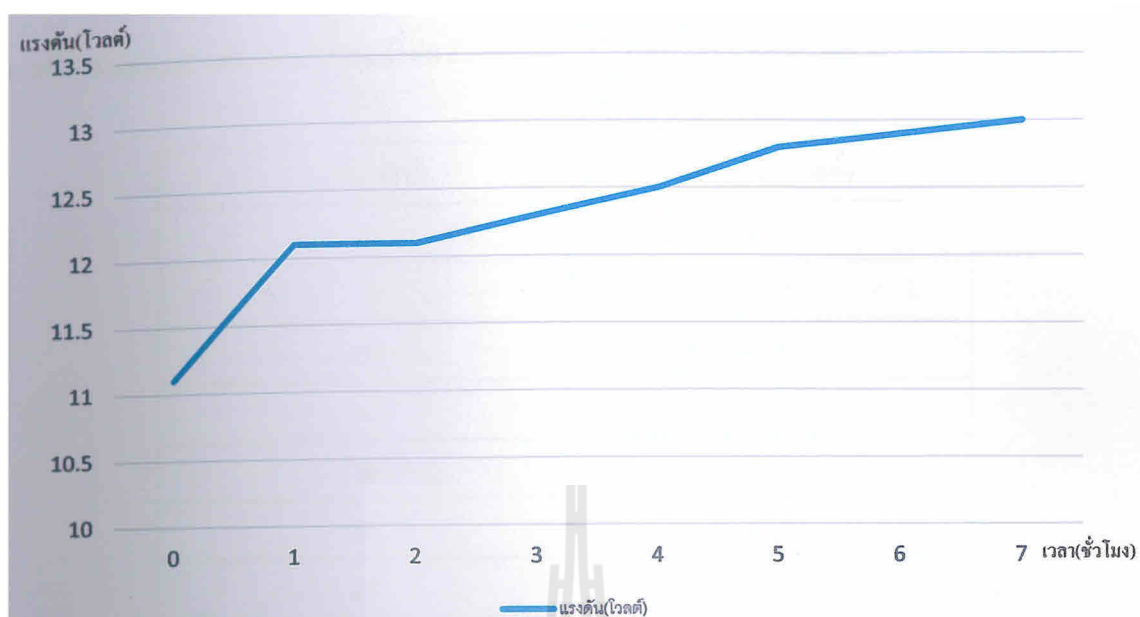
พลังงานที่ได้จากเซลล์สุริยะจะวัดจากการนำแบตเตอรี่ไปต่อกับวงจรชาร์ตไฟ โดยมีแหล่งจ่ายเป็นเซลล์สุริยะ ซึ่งจะทำให้การวัดทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งแบตเตอรี่มีแรงดันเท่ากับ 13 โวลต์



รูปที่ 4.5 การเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ

ตารางที่ 4.3 แสดงแรงดันของแบตเตอรี่ต่อช่วงเวลา เมื่อชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเซลล์สุริยะ

เวลา(ชั่วโมง)	แรงดัน(โวลต์)
0	11.1
1	12.1
2	12.1
3	12.3
4	12.5
5	12.8
6	12.9
7	13.0



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของแบตเตอรี่และเวลา เมื่อเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะ

4.5 การเก็บพลังงานจากไฟฟ้า

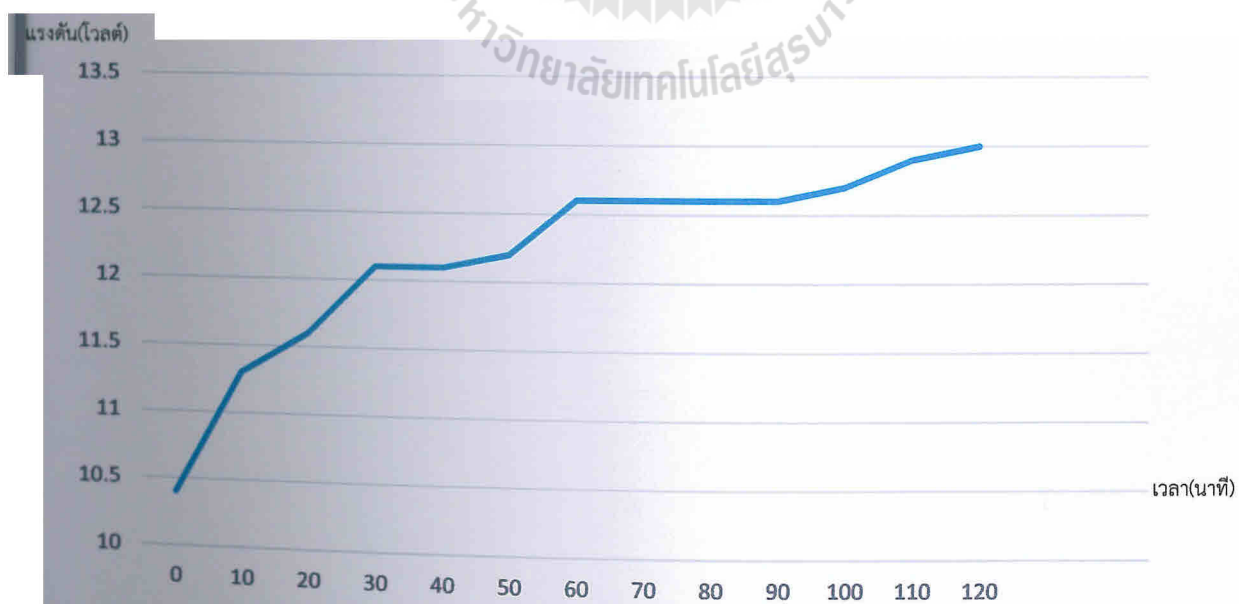
พลังงานที่ได้จากไฟฟ้าจะวัดจากการนำแบตเตอรี่ไปต่อกับวงจรชาร์ตไฟ โดยมีแหล่งจ่ายเป็นไฟฟ้าบ้าน 220 โวลต์ แล้วทำการจับเวลาวัดแรงดันแบตเตอรี่ทุกๆ 10 นาที จนกระทั่งวงจรแสดงสถานะแบตเตอรี่พร้อมใช้งาน(หลอดLEDสีเขียวติด)



รูปที่ 4.7 การเก็บพลังงานจากไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 แสดงแรงดันของแบตเตอรี่ต่อช่วงเวลา เมื่อชาร์ตแบตเตอรี่ด้วยไฟบ้าน

เวลา (นาที)	แรงดัน (โวลต์)
0	10.4
10	11.3
20	11.6
30	12.1
40	12.1
50	12.2
60	12.6
70	12.6
80	12.6
90	12.6
100	12.7
110	12.9
120	13.0



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของแบตเตอรี่และเวลา เมื่อเก็บพลังงานจากไฟบ้าน

1.6 ข้อสรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบอุปกรณ์ ในส่วนของการเก็บพลังงานจากเซลล์สุริยะพบว่าเมื่อเริ่มต้นชาร์จแบตเตอรี่ที่แรงดันเริ่มต้นเท่ากับ 11.1 โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไป 7 ชั่วโมงแบตเตอรี่มีแรงดัน 13.0 โวลต์และเมื่อเก็บพลังงานจากไฟบ้าน ซึ่งเริ่มต้นชาร์จแบตเตอรี่ที่แรงดันเริ่มต้นเท่ากับ 10.4 โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที แบตเตอรี่มีแรงดัน 13.0 โวลต์ หลักจากเก็บพลังงานจึงได้ทำการทดสอบระบบทำความเย็นโดยวัดอุณหภูมิหลังจากเริ่มใช้งาน ทุกๆ 1 นาที พบว่า อุณหภูมิภายในตู้เย็นจะลดลงจากอุณหภูมิภายนอก 5-7 องศาเซลเซียส และจะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที ในส่วนของแบตเตอรี่สามารถใช้งานต่อเนื่องได้เป็นเวลา 60 นาที แรงดันจะลดลงเหลือ 10.4 โวลต์



บทที่ 5

ข้อสรุปโครงการ

5.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงการการออกแบบตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาที่พบ ในขณะดำเนินการทดลอง ทดสอบอุปกรณ์ ข้อเสนอแนะ และวิธีการพัฒนาโครงการต่อไป

5.2 ปัญหาที่พบ

1. แสงแดดที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอเพราะทำการทดลองในหน้าฝน
2. ในระหว่างการทดลองต้องมีการแก้ไขวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลายครั้ง เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการสร้างแผ่นวงจร
3. ความร้อนที่เกิดขึ้นในวงจรทำให้ทรานซิสเตอร์เกิดความเสียหาย
4. บรรณจุลณ์ที่ไม่สามารถระบายความร้อนได้ทัน เมื่อประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าบรรจุภัณฑ์จึงทำให้ความเย็นลดลง
5. บรรณจุลณ์ที่มีน้ำหนักรมากทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

1. ออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนสูงขึ้น
2. ออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีน้ำหนักเบา สามารถพกพาได้สะดวกยิ่งขึ้น
3. เพิ่มความเย็นภายในกล่อง
4. ออกแบบวงจรให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพื่อประหยัดพลังงาน

5.4 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ

1. สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้
2. ได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น
3. ได้ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ

5.5 บทสรุปของโครงการ

โครงการการออกแบบและสร้างตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนของการเก็บพลังงาน จะเลือกใช้โซลาร์เซลล์หรือไฟบ้านสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ โดยผ่านวงจรชาร์ตไฟเพื่อปรับแรงดันให้เหมาะสม พร้อมทั้งแสดงสถานะการทำงาน และส่วนของการทำความเย็นจะใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็นซึ่งใช้แบตเตอรี่ในการจ่ายไฟ โดยผ่านวงจรควบคุมการทำงาน เพื่อควบคุมการจ่ายไฟของแบตเตอรี่และแสดงสถานะการทำงาน



บรรณานุกรม

เซลล์แสงอาทิตย์ จากเว็บไซต์

http://www.baanjommyut.com/library_2/extension-2/solar_cell/01.html

Single Crystalline Silicon Solar Cell จากเว็บไซต์

<http://www.t-how.com/tag/crystalline-silicon-solar-cell/>

Amorphous Silicon Solar Cell จากเว็บไซต์

<http://www.directindustry.com/prod/kaneka-corporation/dual-layer-microcrystalline-amorphous-silicon-solar-panels-54395-715439.html>

Copper Indium Gallium Diselenide Solar Cell จากเว็บไซต์

http://www.solarnovus.com/aqt-solar-ships-cigs-modules_N1936.html

Solar cells elements, how solar cells work. 26 March 2009 จากเว็บไซต์

<http://solarphotovoltaic.blogspot.com>

Thermoelectric เทคโนโลยีการทำความเย็นแห่งอนาคต จากเว็บไซต์

<https://www.gotoknow.org/posts/443859>

Peltier Cell จากเว็บไซต์

<http://www.mindsetsonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/peltier-cell?productID=60b26dda-d671-461c-b683-3315934bb656&catalogueLevelItemID=19dc9f4a-a99b-4d66-a10e-aa53480fa3c6>

Genuine PELTIER Modules จากเว็บไซต์

<http://peltiermodules.com>

Suzanne Kennedy and Nick Oswald MO BIO Laboratories, Inc., Carlsbad, CA 92010, USA and

BitesizeBio, Edinburgh, UK ,PCR Troubleshooting and Optimization : The Essential Guide

0] บทเรียนที่ 8 ทรานซิสเตอร์ จากเว็บไซต์

https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_power/wiki/a4780/_8_.html

1] รีเลย์ (Relays) จากเว็บไซต์

<http://www.baantech.com/product.php?catid=1>

2] EC1-12706 Datasheet (PDF) - HB Electronic Components จากเว็บไซต์

<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/313841/HB/TEC1-12706.html>

3] 12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V จากเว็บไซต์

http://www.aliexpress.com/store/product/3pcs-lot-TEC12706-Peltier-12706-TEC-Thermoelectric-Cooler-Peltier-12V-peltier-module-12706-peltier-12706-cells/602458_317228513.html

4] TIP41C Transistor Datasheet. Parameters and Characteristics จากเว็บไซต์

<http://alltransistors.com/transistor.php?transistor=46897>

5] TIP42C Transistor Datasheet. Parameters and Characteristics จากเว็บไซต์

<http://alltransistors.com/transistor.php?transistor=46904>

6] L7815CV L7815 7815 Voltage Regulator IC +15V 1.5A จากเว็บไซต์

<http://www.taydaelectronics.com/l7815cv-l7815-7815-voltage-regulator-ic-15v-1-5a.html>

7] L7812CV LM7812 L7812 7812 Voltage Regulator IC + 12V 1.5A จากเว็บไซต์

<http://www.taydaelectronics.com/l7812cv-lm7812-l7812-voltage-regulator-ic-12v-1-5a.html>



ภาคผนวก



ตารางที่ 1 คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ TIP41C [14]

Transistor Polarity	NPN
Collector Emitter Voltage $V_{(br)ceo}$	100V
Transition Frequency f_t	-
Power Dissipation P_d :	65W
DC Collector Current	6A
DC Current Gain h_{FE}	75
Transistor Case Style	TO-220
No. of Pins	3
Operating Temperature Max	150°C
MSL	-
SVHC	No SVHC
Collector Emitter Saturation Voltage $V_{ce(on)}$	1.5V
Current I_c h_{FE}	3A
Device Marking	TIP41C
Full Power Rating Temperature	25°C
Gain Bandwidth f_t Min	3MHz
h_{fe} Min	15
No. of Transistors	1
Voltage V_{cbo}	100V

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ TIP42C [15]

Transistor Polarity	PNP
Collector Emitter Voltage $V_{(br)ceo}$	100V
Transition Frequency f_t	-
Power Dissipation P_d	65W
DC Collector Current	6A

DC Current Gain hFE	75
Transistor Case Style	TO-220
No. of Pins	3
Operating Temperature Max	150°C
MSL	-
SVHC	No SVHC (16-Dec-2013)
Collector Emitter Saturation Voltage Vce(on)	-1.5V
Continuous Collector Current Ic Max	6A
Current Ic Continuous a Max	6A
Current Ic hFE	300mA
Full Power Rating Temperature	25°C
Gain Bandwidth ft Min	3MHz
Hfe Min	30
No. of Transistors	1
Operating Temperature Min	-65°C
Power Dissipation Ptot Max	65W
Voltage Vcbo	100V

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของ IC Regulator7815 [16]

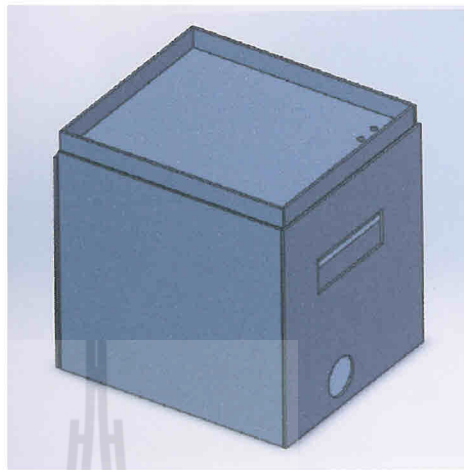
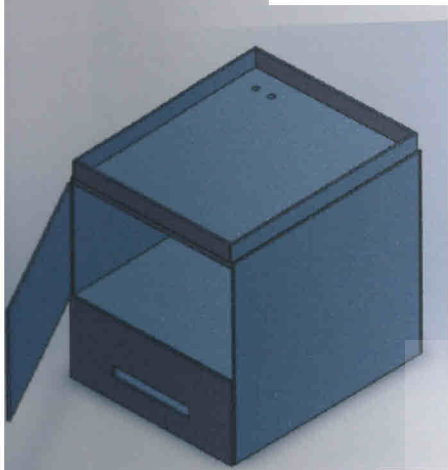
Product Category	Linear Regulators - Standard
Polarity	Positive
Number of Outputs	Single
Output Type	Fixed
Output Voltage	15 V
Output Current	1.5 A
Line Regulation	300 mA
Load Regulation	300 mA

Dropout Voltage (Max)	2.5 V at 1A
Maximum Operating Temperature	+ 150°C
Minimum Operating Temperature	0°C

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของ IC Regulator 7812 [17]

Product Category	Linear Regulators - Standard
Polarity	Positive
Number of Outputs	Single
Output Type	Fixed
Output Voltage	12 V
Output Current	1.5 A
Line Regulation	240 mA
Load Regulation	240 mA
Dropout Voltage (Max)	2.5 V at 1A
Maximum Operating Temperature	+ 150°C
Minimum Operating Temperature	0°C

การออกแบบบรรจุภัณฑ์

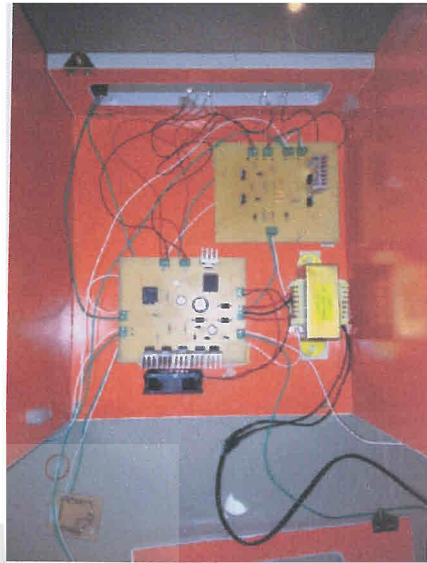


รูปที่ 1 แบบจำลองบรรจุภัณฑ์

การประกอบอุปกรณ์



รูปที่ 2 การประกอบอุปกรณ์ในส่วนของการทำความเย็น



รูปที่ 3 การประกอบอุปกรณ์ในส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 4 การประกอบอุปกรณ์ในส่วนการทำความเย็นและวงจรอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 5 ตู้เย็นพกพา พลังงานแสงอาทิตย์



ประวัติผู้เขียน



นางสาวจาพุดา ซึ่งพรหม เกิดวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนมารีย์วิทยา อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายณัฐวุฒิ มณีโรจน์ เกิดวันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลห้วยเม็ก อำเภอห้วยเม็ก จ.กาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จ.ขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายพุทธรณ์ มารมย์ เกิดวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ อำเภอภูจินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เมื่อพ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี