รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะความเข้มแสงต่ำ

A solar cell battery charger for low-intensity light

คณะผู้วิจัย

นายธนกร ลิ้มสุวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549

ผู้วิจัย

ธันวาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยและงานที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 หลักการทำงานของเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	10
3.1 แผนงานในการดำเนินงาน	10
3.2 วิธีการทดลอง	15
3.3 แนวทางในการวิเคราะห์ผลการทดลอง	15
บทที่ 4 ผลการวิจัย	17
4.1 การวัดคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์	17
4.2 การวัดคุณสมบัติของเครื่องประจุ	19
4.3 ผลการทดลองเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	22
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	24
บรรณานุกรม	25
ประวัตินักวิจัย	26

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานใน 12 เดือน 10

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลเซลล์แสงอาทิตย์ 4

รูปที่ 2.2 การติดตั้งเครื่องวัดคุณสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ 4

รูปที่ 2.3 คุณสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ 5

รูปที่ 2.4 คุณสมบัติกระแส-แรงดันและกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 5

รูปที่ 2.5 คุณสมบัติของการประจุแบตเตอรี่ 7

รูปที่ 2.6 วงจร Boost converter 8

รูปที่ 2.7 วงจร Boost converter สวิทช์ออน 8

รูปที่ 2.8 วงจร Boost converter สวิทช์ออฟ 9

รูปที่ 2.9 แรงดันเซลล์แสงอาทิตย์และแรงดันโหลด 9

รูปที่ 3.1 วงจรประจุแบตเตอรี่ต่อตรง 11

รูปที่ 3.2 วงจรประจุแบตเตอรี่ด้วย DC/DC Converter 12

รูปที่ 3.3 การเลือกความถี่สวิทชิ่ง 13

รูปที่ 3.4 วงจรประจุแบตเตอรี่ 14

รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัด 15

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์เครื่องมือวัด เครื่องประจุและเซลล์แสงอาทิตย์ 15

รูปที่ 4.1 คุณสมบัติแรงดันและกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ 17

รูปที่ 4.2 กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ 18

รูปที่ 4.3 แสดงการวัดคุณสมบัติของเครื่องประจุ 18

รูปที่ 4.4 กระแสอินพุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ 18

รูปที่ 4.5 กระแสเอาท์พุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง 19

รูปที่ 4.6 แรงดันเอาท์พุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ 20

รูปที่ 4.7 กำลังไฟฟ้าอินพุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ 21

รูปที่ 4.8 กำลังไฟฟ้าเอาท์พุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ 21

รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ 22

รูปที่ 4.10 แรงดันแบตเตอรี่เวลากลางวัน 22

รูปที่ 4.11 กระแสประจุแบตเตอรี่เวลากลางวัน 23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจ พลังงานแสงอาทิตย์มีจำนวนมหาศาล จากการศึกษา(นิพนธ์.2549)ของมหาวิทยาลัยศิลปกรและกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของประเทศไทยประมาณ 5 $kWh/m^2.day$ หรือ 940,000 $\times$ $10^3 GWh/year$ เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการพลังงานในประเทศที่ 100 $\times$ $10^3 GWh/year$ จะพบว่าต่างกันถึง 9,400 เท่า ดังนั้นแสงอาทิตย์จึงเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักย์ภาพสูง

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ควรต่อกับโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง เพราะแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงไม่สม่ำเสมอเช่น มีเมฆบัง ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่คงที่ มีผลทำให้ใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่มีเสถียรภาพ จึงมีการเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า โดยการประจุไว้ในแบตเตอรี่ แล้วใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ สำหรับการประจุไฟฟ้า โดยธรรมชาติของไฟฟ้าแล้ว กระแสไฟฟ้าจะไหลจากศักย์ไฟฟ้าสูงสู่ศักย์ไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นระดับแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ประจุแบตเตอรี่ จะต้องมีระดับแรงดันสูงกว่าแบตเตอรี่ จึงจะสามารถประจุแบตเตอรี่ได้ เนื่องจากแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงไม่สม่ำเสมอ ทำให้บางช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงต่ำเช่นตอนเช้าหรือตอนเย็น แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าระดับแรงดันแบตเตอรี่ จึงไม่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้

การประจุแบตเตอรี่โดยทั่วไป(มารีนา.2542) คือการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับแบตเตอรี่โดยตรง ซึ่งจะประสบปัญหาดังกล่าวมาแล้ว สามารถแก้ไขโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก เพื่อสำรองระดับแรงดันไฟฟ้า แต่เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงจึงไม่คุ้มค่าหลักเศรษฐศาสตร์

การประจุแบตเตอรี่ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์(A. A. Khalil *et al.*2004) ประกอบด้วยระบบควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด จึงสามารถประจุแบตเตอรี่ได้ดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ แต่ยังมีปัญหาเรื่องสภาวะความเข้มแสงต่ำและระบบติดตามดวงอาทิตย์มีต้นทุนสูงกว่าแบบติดตั้งอยู่กับที่เป็นอย่างมาก ซึ่งไม่คุ้มค่ากับโครงการขนาดเล็กที่มีความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มากพอเพียงที่จะลงทุนและที่มีงบประมาณจำกัด

การประจุแบตเตอรี่ด้วยระบบ MPPT (Maximum Power point Tracking)(วรินทร์.2545) จากคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นไปตามทฤษฎีการโอนกำลังงานสูงสุด (Maximum

power transfer theory) กล่าวคือ ภาระของวงจรที่พลังงานสูงสุดจะมีความต้านทานของโหลดเท่ากับความต้านทานของแหล่งจ่าย ระบบ MPPT คือการควบคุมความต้านทานของโหลดให้ได้กำลังงานสูงสุด ระบบที่มีจำหน่ายในปัจจุบันนี้มีราคาค่อนข้างสูงและเพื่อความสมบูรณ์ของระบบให้มีประสิทธิ์ภาพสูงสุด จึงต้องใช้งานร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์เข้าไปด้วย ทำให้มีต้นทุนสูงมาก

งานวิจัยนี้จะนำเสนอเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เทคนิค DC/DC Converter ที่สามารถประจุได้ในสภาวะความเข้มแสงต่ำเช่นในตอนเช้าหรือตอนเย็น โดยใช้งานกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่และเซลล์มีขนาดเล็ก เช่นการติดตั้งบนหลังคาบ้าน เสาไฟฟ้า สวนสาธารณะ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและทดลองวิจัยเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะความเข้มแสงต่ำ
2. เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิ์ภาพสูงขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
2. ออกแบบและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะความเข้มแสงต่ำ
3. ทำการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะความเข้มแสงต่ำ

1.2 ได้นวัตกรรมเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

1.3 มีส่วนร่วมในการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

แผนงานในการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
2. ออกแบบวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
3. สร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
4. ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า
5. ทำการทดลองเก็บข้อมูลและคำนวณหาสมรรถนะของเครื่อง
6. สรุปผลการวิจัย

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยและงานที่เกี่ยวข้อง

หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง เรียกว่าเกิดปรากฏการณ์โฟโตโวลทาอิก(Photovoltaic phenomenon) เซลล์แสงอาทิตย์คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งซึ่งผลิตจากสารกึ่งตัวนำ ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานยาวนานและมีค่าใช้จ่ายในการรักษาบำรุงต่ำ

เซลล์แสงอาทิตย์มีโครงสร้างเป็นรอยต่อของวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพี(PN junction) เหมือนไดโอด ดังวงจรสมมูลรูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์มีคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายกระแส เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหล (I) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$I = I_{sc} - I_o\left[\exp\left[\frac{qV}{AkT}\right] - 1\right] \qquad (2.1)$$

I_{SC} คือ กระแสโฟโต

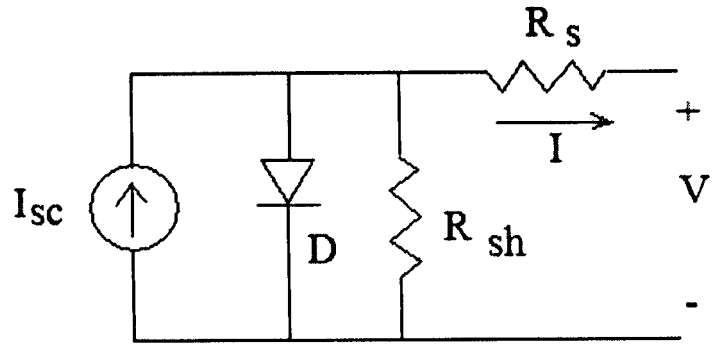
I_O คือ กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ

q คือ ค่าประจุอิเล็กตรอน(1.6×10^{-19} C)

k คือ ค่าคงที่โบลทซ์มานน์(1.38×10^{-23} J/K)

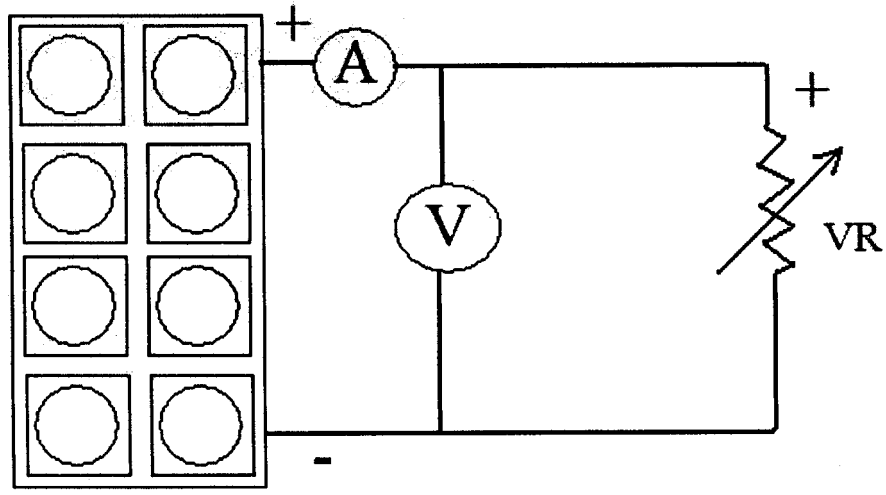
A คือ ค่าตัวประกอบของรอยต่อพีเอ็น

T คือ อุณหภูมิ(K)



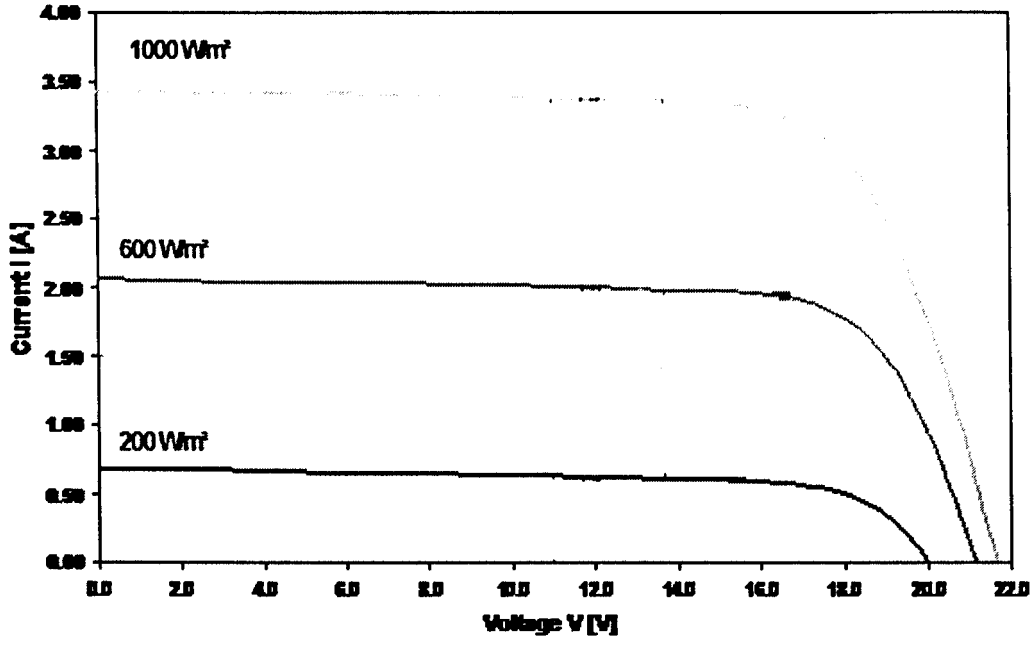
รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.1 วงจรสมมูลเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสเมื่อมีแสงตกกระทบแผงเซลล์ โดยปกติ R_{sh} ที่ต่อขนานจะมีค่าความต้านทานสูงมาก ทำให้กระแสไหลผ่าน R_{sh} ต่ำมาก ทำให้กระแสทั้งหมดถูกจ่ายให้กับโหลด ส่วน R_s ที่ต่ออนุกรมจะมีค่าความต้านทานต่ำมาก ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R_s ต่ำ ทำให้ระดับแรงดันของโหลดไม่ลดระดับลงเมื่อรับภาระโหลดเพิ่มขึ้น



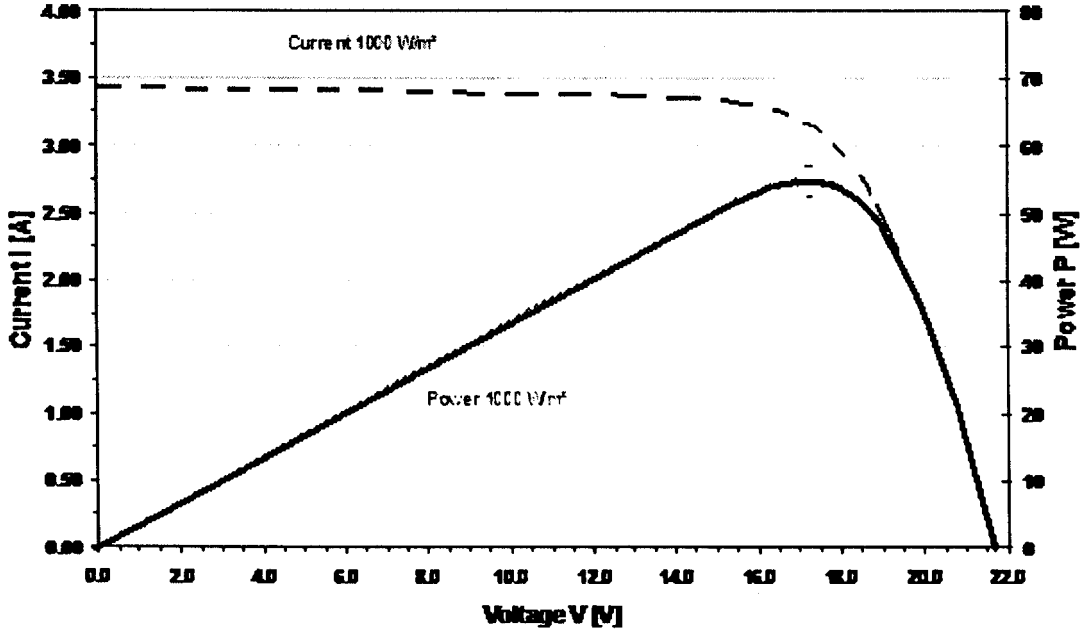
รูปที่ 2.2 การติดตั้งเครื่องวัดคุณสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 2.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า การทดลองเพื่อหาค่าคุณสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นช่วง ๆแล้วบันทึกค่าแรงดันและกระแส เริ่มปรับตัวต้านทานจากศูนย์ ได้ผลการทดลองดังกราฟรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.3 แสดงการตอบสนองของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของโหลด กราฟแต่ละเส้นแสดงที่ระดับพลังงานต่าง ๆกัน กระแสจะแปรผันตรงกับระดับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนแรงดันแต่ละระดับพลังงานแสงอาทิตย์ไม่แตกต่างกันมากนัก



รูปที่ 2.4 คุณสมบัติกระแส-แรงดันและกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.4 แสดงระดับพลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายได้ กำลังไฟฟ้าคือผลคูณของกระแสและแรงดัน พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกำลังสูงสุดที่จุดหนึ่งที่มีกระแสและแรงดันที่เหมาะสม ได้ผลคูณของกระแสและแรงดันสูงสุดหรือมีพลังงานในการประจุแบตเตอรี่มากที่สุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

การประจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่คือการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ เพื่อสะสมพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ การประจุแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายต้องสูงกว่าแบตเตอรี่ ถ้าแหล่งจ่ายมีแรงดันต่ำกว่าจะกลายเป็นว่าแบตเตอรี่จ่ายไฟให้เซลล์แสงอาทิตย์ แทนที่จะเป็นการรับกระแสไฟฟ้า ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายกลายเป็นโหลดยิ่งทำให้แบตเตอรี่มีพลังงานสะสมน้อยลง

สมการที่ 2.2 แสดงสมการแรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ

$$V_b = V_o + (R_{tot} \times I) + \left[K_1 \frac{I^n}{C} \right] t + \left[\frac{K_2}{C - I^n t} \right] \qquad (2.2)$$

V_b คือ แรงดันแบตเตอรี่

V_O คือ แรงดันเริ่มต้นของแบตเตอรี่

R_{tot} คือ ความต้านทานรวมภายใน

I คือ กระแสขณะที่ประจุ

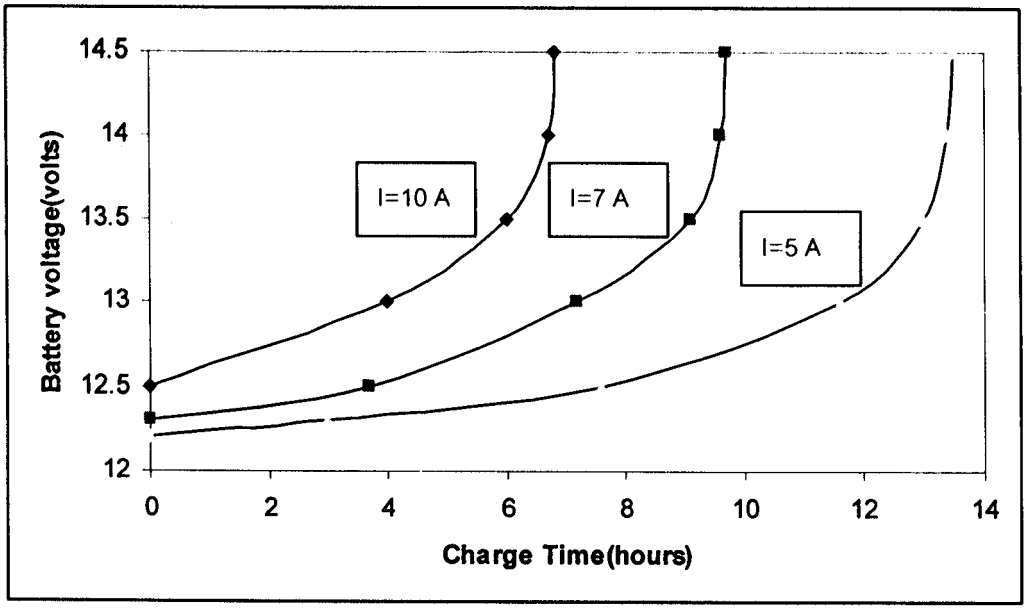
C คือ ค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่(Ah)

t คือ เวลาประจุ

n คือ Peukert's exponent ปกติเท่ากับ 1

K_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์จาก Peukert's equation

K_2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่แรงดันเพิ่มขณะแบตเตอรี่ใกล้เต็ม



รูปที่ 2.5 คุณสมบัติของการประจุแบตเตอรี่

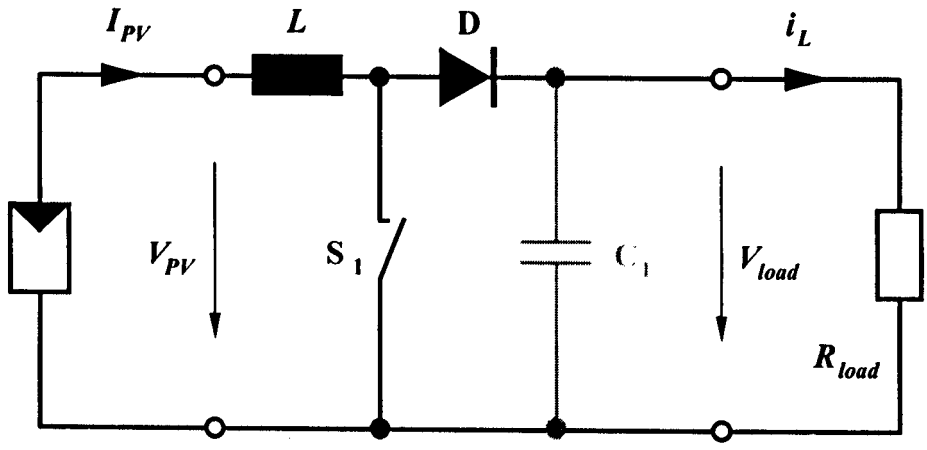
รูปที่ 2.5 กราฟคุณสมบัติของการประจุแบตเตอรี่จากการจำลองจากสมการที่ 2.2 พบว่าจุดแรกเริ่มแรงดันจะสูงเพราะแบตเตอรี่มีแรงดันเริ่มต้น ตามสมการที่ 2.2 เมื่อแบตเตอรี่ใกล้จะเต็ม (13.5V) แรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการประจุขึ้นกับปริมาณกระแสที่ใช้ในการประจุ ถ้าใช้กระแสมากจะใช้เวลาในการประจุต่ำกว่าการประจุด้วยกระแสที่ต่ำกว่า

2.2 หลักการทำงานของเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

จากทฤษฎีข้างต้นพบว่าการประจุแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพ เซลล์แสงอาทิตย์ต้องจ่ายแรงดันและจ่ายกระแสที่ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด จากการวัดคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าความต้านทานของโหลดคือตัวแปรที่ควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้นการควบคุมจึงต้องใช้วงจรปรับเปลี่ยนความต้านทานของโหลดให้เหมาะสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการประจุ การปรับเปลี่ยนความต้านทานสามารถกระทำได้โดยการรักษาระดับแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงกระแสคือการปรับเปลี่ยนความต้านทานด้วย ตามกฎของโอห์ม

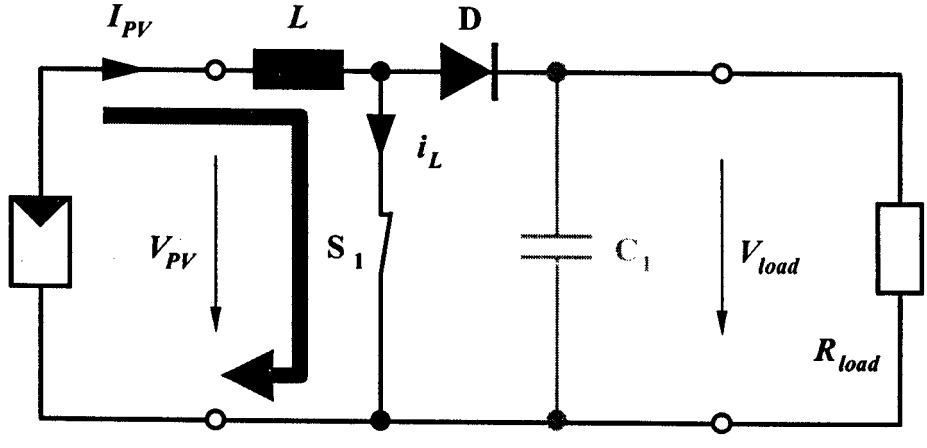
DC/DC converter

บุสต์คอนเวอร์เตอร์(Boost converter) คือวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC/DC converter) และรักษาระดับแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ เป็นเทคนิคการเพิ่มแรงดันแหล่งจ่ายไฟโดยทำงานแบบสวิทชิ่งที่ความถี่สูง ข้อดีของวงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์คือให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ วงจรมีขนาดเล็ก มีหลักการทำงานง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.6 อุปกรณ์ที่สำคัญคือตัวเหนี่ยวนำ ไดโอดความเร็วสูง วงจรสวิทช์ใช้มอสเฟสสวิทช์แหล่งจ่ายกำลังและตัวเก็บประจุ



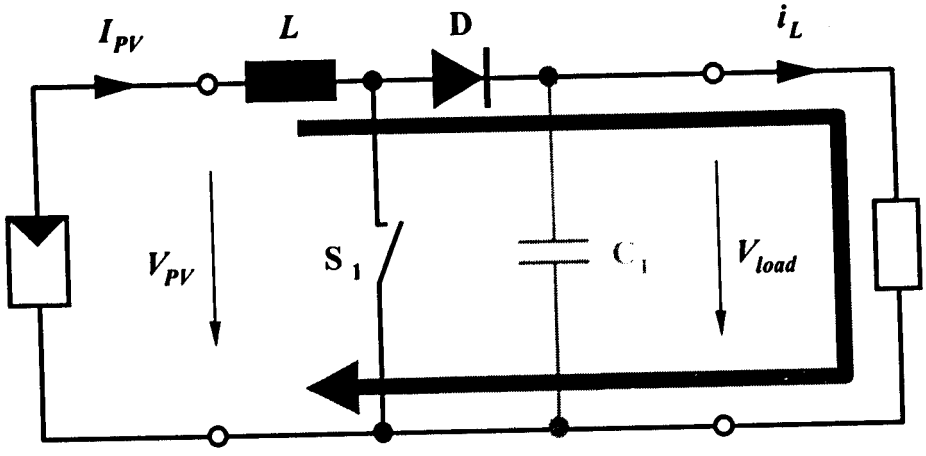
รูปที่ 2.6 วงจร Boost converter

จากรูปที่ 2.7 ขณะที่สวิทช์ออนกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำครบวงจรตามลูป เกิดการสะสมพลังงานที่ตัวเหนี่ยวนำ



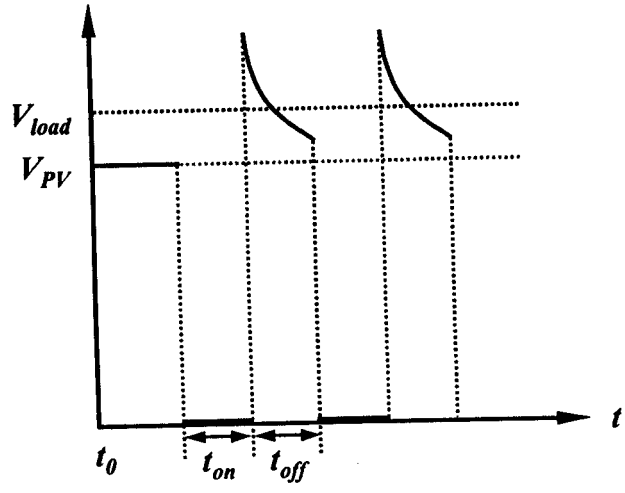
รูปที่ 2.7 วงจร Boost converter สวิทช์ออน

จากรูปที่ 2.8 ขณะที่สวิทช์ออฟกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ไดโอดและโหลดครบวงจร แรงดันของโหลดจะเท่ากับแรงดันเซลล์แสงอาทิตย์บวกกับแรงดันของตัวเหนี่ยวนำ ที่ได้สะสมพลังงานไว้แล้ว ขณะที่สวิทช์ออน ทำให้ได้แรงดันโหลด (V load) เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.8 วงจร Boost converter สวิทช์ออฟ

จากรูปที่ 2.9 แสดงแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีการทำงานของสวิทช์ออน-ออฟตลอดเวลา และระดับแรงดันโหลดจะเพิ่มขึ้นจากระดับแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.9 แรงดันเซลล์แสงอาทิตย์และแรงดันโหลด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนงานในการดำเนินงานวิจัย

แผนงานในการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
2. ออกแบบวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
3. สร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
4. ติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า กับแผงโซล่าร์เซลล์ เครื่องประจุและแบตเตอรี่
5. ทำการทดลองเก็บข้อมูลและคำนวณหาสมรรถนะของเครื่อง

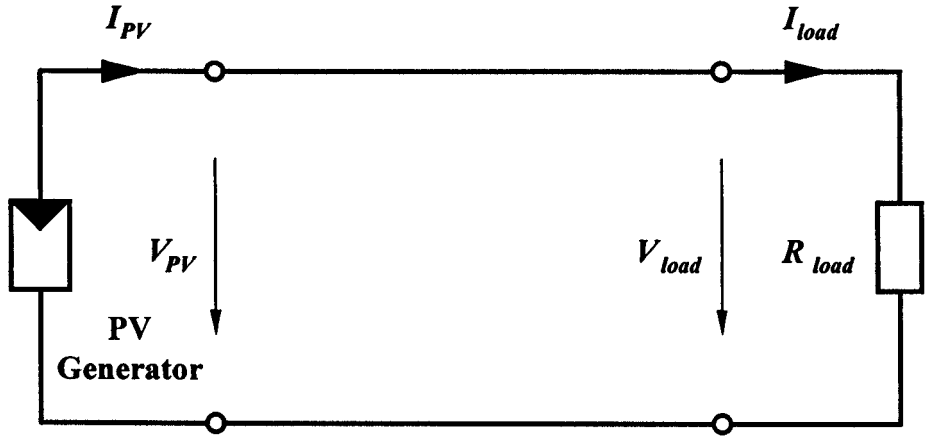
สำหรับรายละเอียดจะกล่าวดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานใน 12 เดือน

แผนงานและกิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ศึกษาเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	←	→										
2.ออกแบบวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์		←	→									
3.สร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์			←	→	→							
4.ติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า					←	→	→					
5.ทำการทดลองเก็บข้อมูลและคำนวณหาสมรรถนะของเครื่อง							←	→	→	→		
6.สรุปผลการทดลอง											←	→

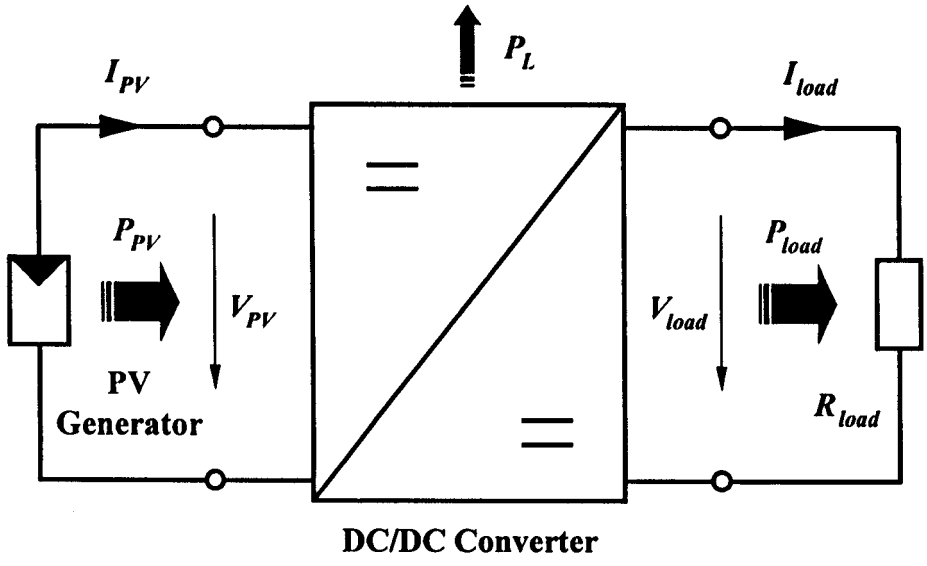
3.1.1 ศึกษาเครื่องประจุไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

วงจรประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้คือการต่อวงจรอย่างง่าย ดังวงจรรูปที่ 3.1 พบว่าแรงดันโหลดตกจนไม่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ เนื่องจากความต้านทานโหลดของแบตเตอรี่มีความต้านทานต่ำมาก ดังกราฟคุณสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์รูปที่ 2.3 ที่กระแสสูงของแต่ระดับพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความต้านทานของโหลดต่ำจะมีแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำ แก้ปัญหาได้โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้มีแรงดันเพียงพอที่จะประจุแบตเตอรี่ได้ ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูงเพราะเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาสูง วงจรนี้มีประสิทธิภาพต่ำเพราะไม่สามารถควบคุมกระแสและแรงดันให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ รูปแบบการต่อวงจรดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรประจุแบตเตอรี่ต่อตรง

วงจรประจุแบตเตอรี่เซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวงจร DC/DC converter ซึ่งช่วยทำให้วงจรประจุสามารถรักษาระดับแรงดันได้ที่กระแสสูง ๆ ทำให้การประจุมีประสิทธิภาพ การประจุให้กำลังสูงมีการสูญเสียต่ำเพราะเป็นการทำงานแบบสวิทช์ รูปแบบการต่อวงจรดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรประจุแบตเตอรี่ด้วย DC/DC Converter

3.1.2 ออกแบบวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ต้องการออกแบบให้วงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์มีแรงดันเอาท์พุทเป็น 14.8 V (เป็นค่าประมาณที่ให้กำลังสูงสุดได้จากการทดลอง) โดยมีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 9 V (แหล่งจ่ายต่ำสุดที่วงจรสามารถทำงานได้) ความถี่สวิทช์ 42 KHz ความต้านทานโหลด 50 โอห์ม มีอัตราริปเปิ้ล 0.1 %

วิธีการคำนวณ

- หาค่า D จากสมการต่อไปนี้

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D}$$

$$\frac{14.8}{9} = \frac{1}{1-D}$$

$$1-D = \frac{9}{14.8}$$

$$D = 1 - 0.6 = 0.4$$

- หาค่าตัวเหนี่ยวนำจากสมการต่อไปนี้

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f}$$

$$L_{min} = \frac{0.4 \times (1-0.4)^2 \times 50}{2 \times 42{,}000}$$

$$L_{min} = 86\,\mu H$$

- หาค่าตัวเก็บประจุจากสมการต่อไปนี้

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf}$$

$$C = \frac{D}{Rf\,\frac{\Delta V_o}{V_o}}$$

$$C = \frac{0.4}{50 \times 42{,}000 \times 0.001} = 190\,\mu F$$

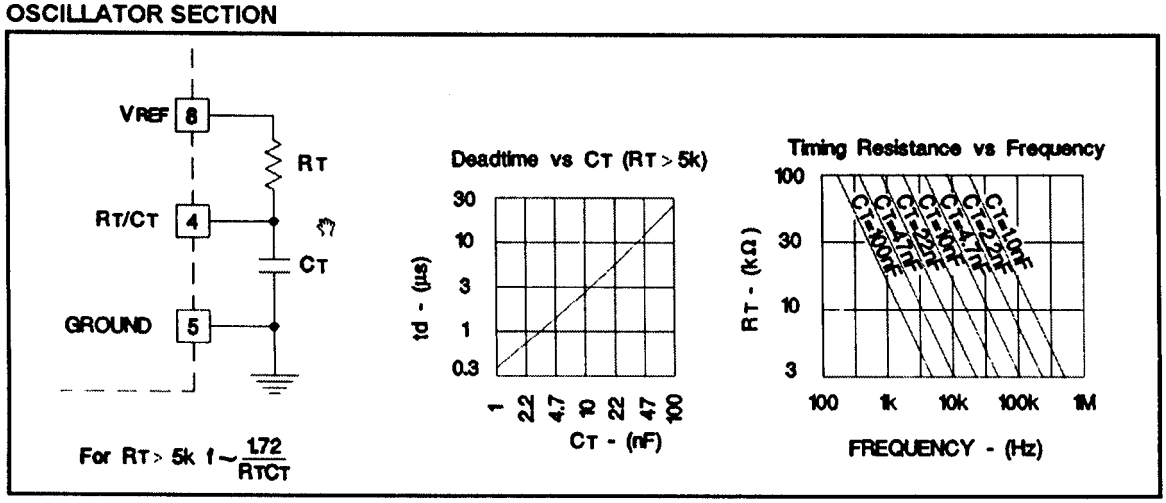
- ออกแบบความถี่สวิทช์ด้วยไอซี UC 3843

ออกแบบความถี่ 42 KHz โดยใช้กราฟข้อมูลของไอซี UC 3843 ในหัวข้อเรื่อง Oscillator Section ดังรูปที่ 3.3 หรือ ใช้สมการ $f = \frac{1.72}{R_T C_T}$ กำหนดให้ $C_T = 2.2$ nF

$$42\,KHz = \frac{1.72}{R_T\,2.2nF}$$

$$R_T = \frac{1.72}{42\,KHz \times 2.2nF}$$

$$R_T = 18.6K\Omega$$

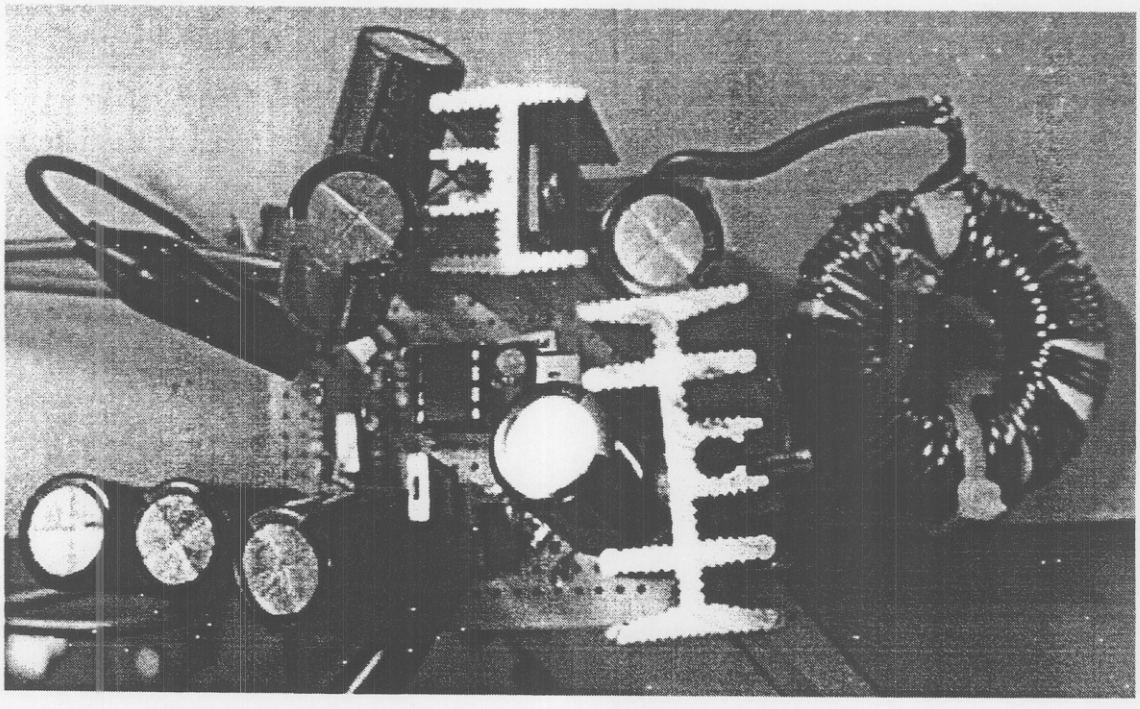


รูปที่ 3.3 การเลือกความถี่สวิทชิ่ง

3.1.3 สร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

สร้างเครื่องประจุเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3.4 มีมิติขนาดกว้าง 10 ซม. ยาว 10 ซม. สูง 5 ซม. มีขนาดเล็กประหยัดพื้นที่ ได้ทำการทดสอบใช้งานอย่างต่อเนื่อง 4-5 ซม. อุณหภูมิของมอสเฟตและไดโอดเท่ากับอุณหภูมิของห้อง แสดงได้ว่ามีประสิทธิภาพสูงเพราะมีการสูญเสียความร้อนต่ำ ซึ่งหมายถึงการสูญเสียพลังงานต่ำด้วย คุณสมบัติทางไฟฟ้าทั่วไปของเครื่องประจุเซลล์แสงอาทิตย์มีดังนี้

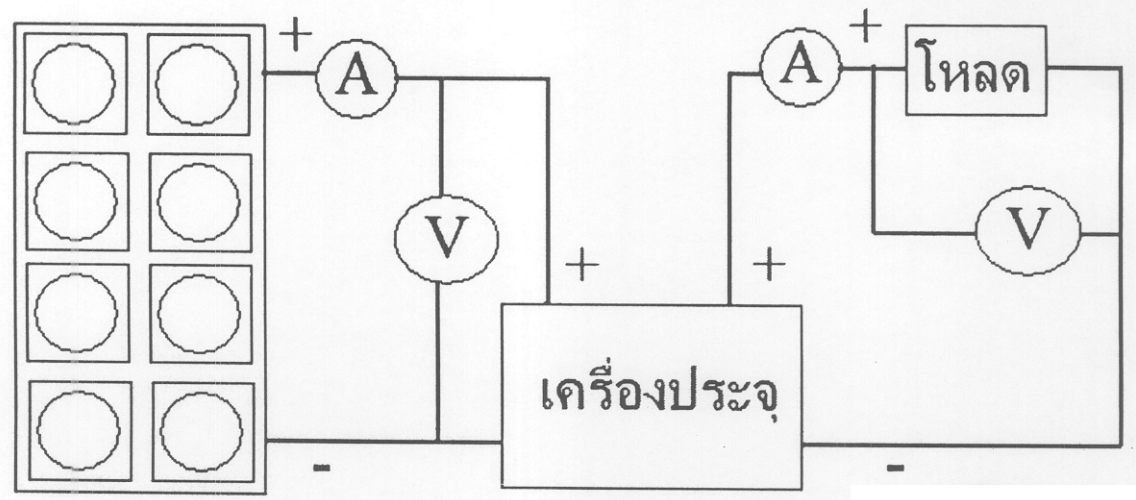
- แรงดันอินพุทต่ำสุดที่รักษาระดับแรงดันเอาท์พุทได้ 9.2 V
- แรงดันเอาท์พุท 14.8 V
- กระแสเอาท์พุท 5 A
- ความถี่สวิทช์ 42 KHz
- ประสิทธิภาพมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์



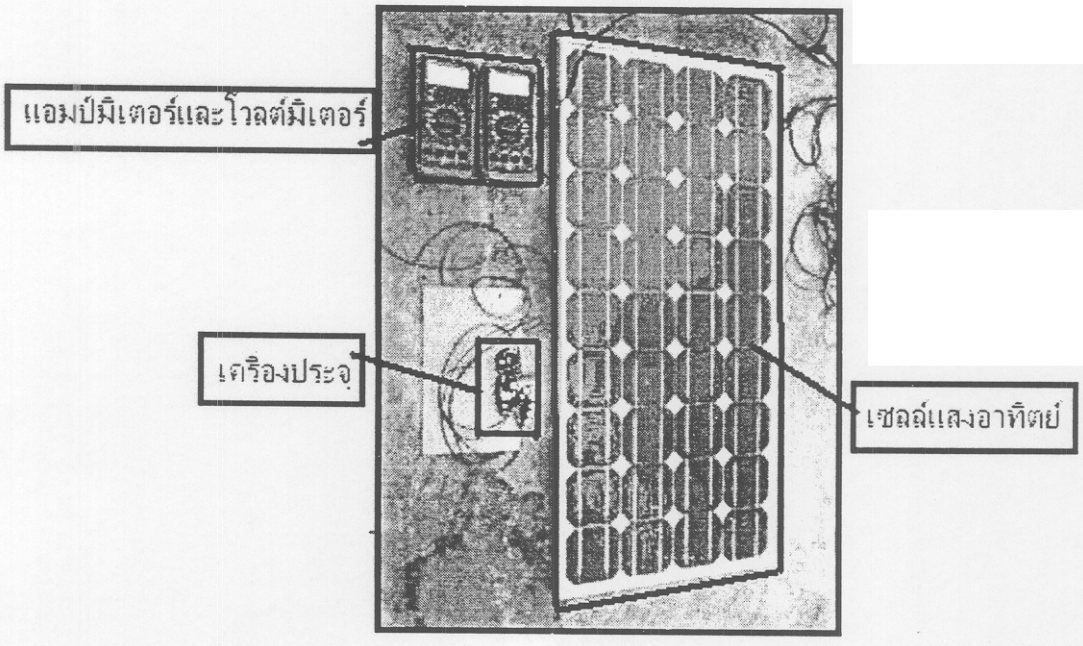
รูปที่ 3.4 วงจรประจุแบตเตอรี่

3.1.4 ติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า กับแผงโซล่าร์เซลล์ เครื่องประจุและแบตเตอรี่

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสมรรถนะของระบบได้แก่โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ ตัวต้านทาน โดยมีวงจรแสดงการติดตั้งดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัด



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์เครื่องมือวัด เครื่องประจุและเซลล์แสงอาทิตย์

3.1.5 ทำการทดลองเก็บข้อมูลและคำนวณหาสมรรถนะของเครื่อง

ทำการทดลองเก็บข้อมูลโดยใช้โวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ ทำการวัดหาคุณสมบัติเซลล์แสงอาทิตย์ วัดคุณสมบัติเครื่องประจุโดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงและทดสอบหาสมรรถนะของเครื่อง คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องได้จากกำลังขาเข้าและกำลังขาออก

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การวัดคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ คือการหาค่าของแรงดันและกระแส เมื่อปรับโหลดจากความต้านทานต่ำไปสูง ที่ความเข้มแสงคงที่ ดังรูปที่ 2.2

3.2.2 การวัดคุณสมบัติของเครื่องประจุ คือวัดค่าของแรงดันและกระแส เพื่อคำนวณหาค่ากำลังทั้งด้านขาเข้าและขาออก เพื่อคำนวณคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่อง

3.2.3 ทำการทดลองเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการต่อวงจรเครื่องมือวัดดังรูปที่ 3.5 วัดค่าของแรงดันและกระแสเมื่อปรับโหลดจากความต้านทานต่ำไปสูง ที่ความเข้มแสงคงที่ คำนวณหาค่ากำลังทั้งด้านขาเข้าและขาออก เพื่อคำนวณคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบโดยรวม

3.3 แนวทางในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองข้างต้น มีจุดประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ แรงดัน กระแส ความต้านทานของโหลดและกำลัง ซึ่งการวิเคราะห์ผลทั้งหมดจะนำเสนอในบทที่ 4

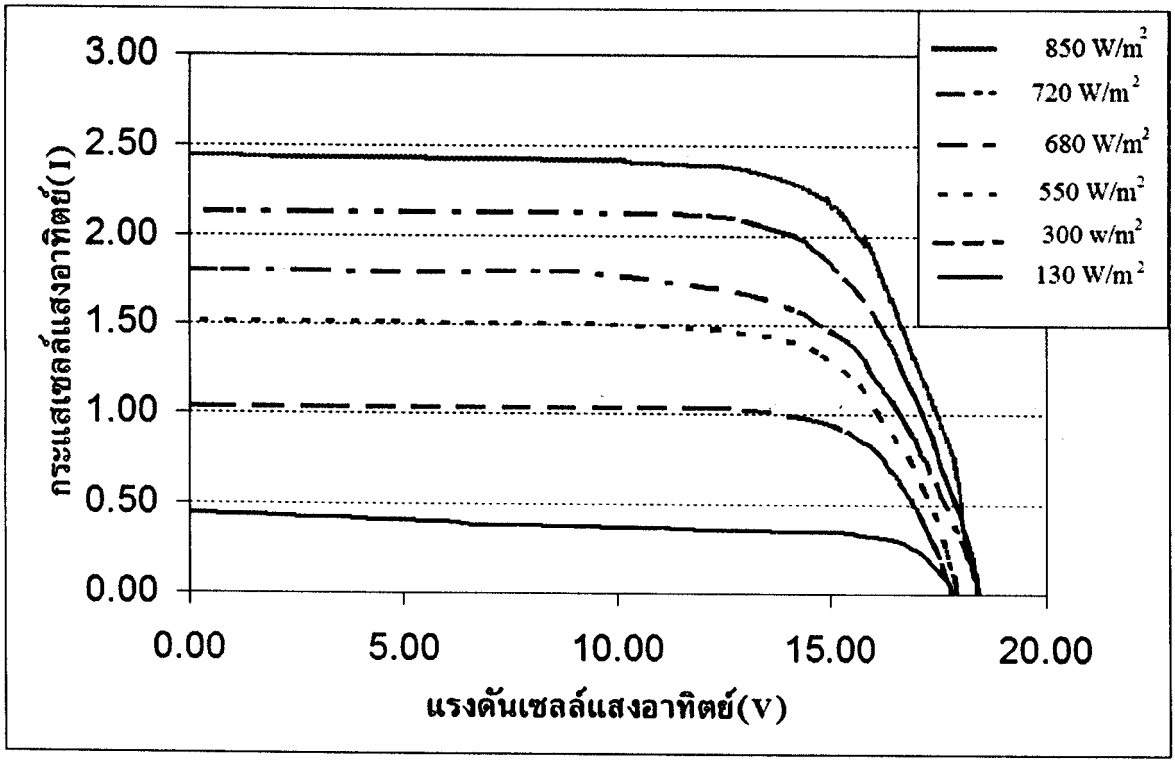
บทที่ 4
ผลการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดแล้วได้ทำการทดลอบสมรรถนะของเครื่อง โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์มีข้อมูลคุณสมบัติจากผู้จำหน่ายดังนี้ แรงดันวงจรเปิด 21 V ให้กำลังสูงสุด 56 W แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลองนี้มีขนาด 12 V ความจุ 35 Ah ได้ผลการทดลองดังหัวข้อต่อไปนี้

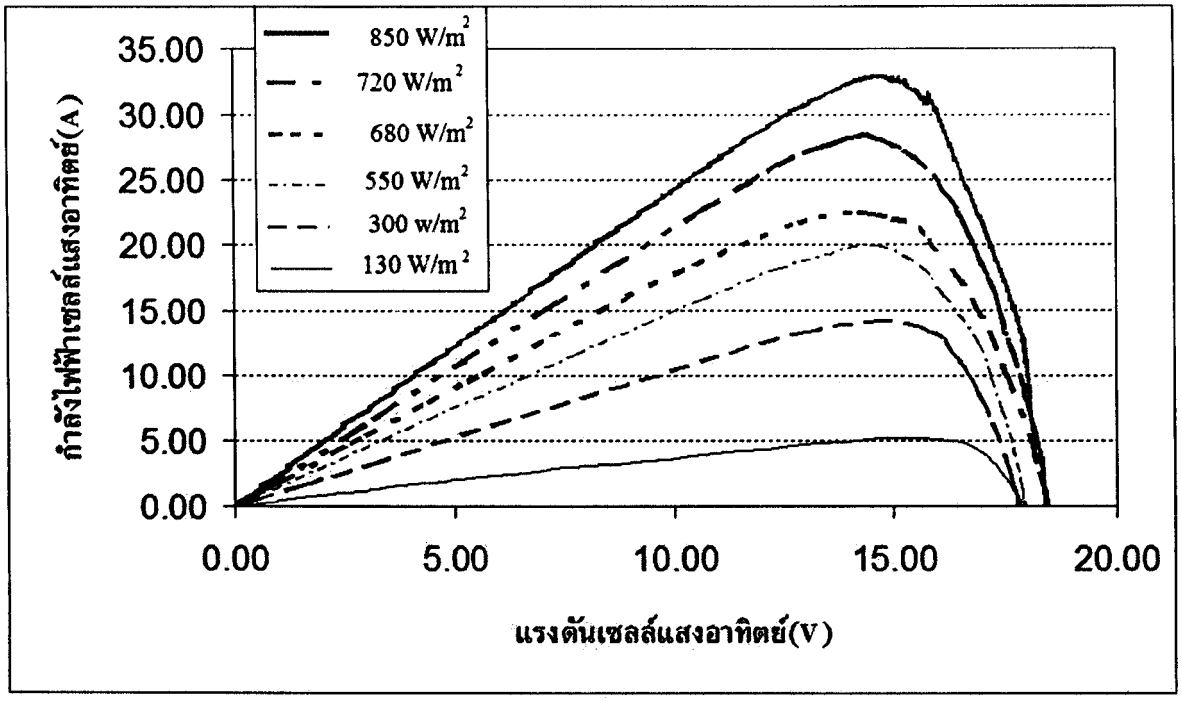
4.1 การวัดคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์

ต่อวงจรดังรูปที่ 2.2 ทำการปรับตัวต้านทานของโหลด ได้ผลการวัดกระแสและแรงดันดังกราฟรูปที่ 4.1



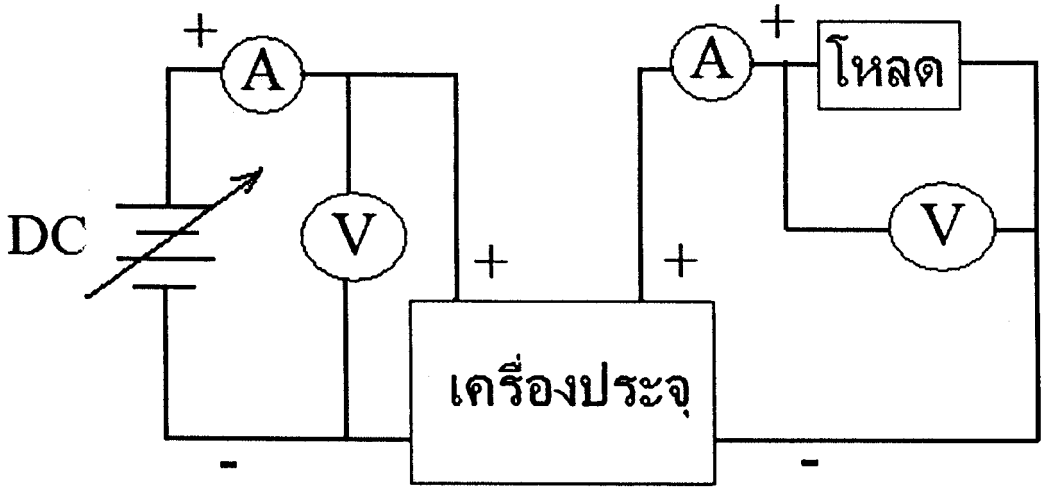
รูปที่ 4.1 คุณสมบัติแรงดันและกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ

รูปที่ 4.1 พบว่าให้ผลการทดลองตรงกับทฤษฎี มีแรงดันที่วงจรเปิดเท่ากับ 18 V จ่ายกระแสสูงสุดที่ 2.5 A กำลัง 45 W ซึ่งให้ค่าคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าที่ผู้จำหน่ายแจ้งไว้



รูปที่ 4.2 กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ

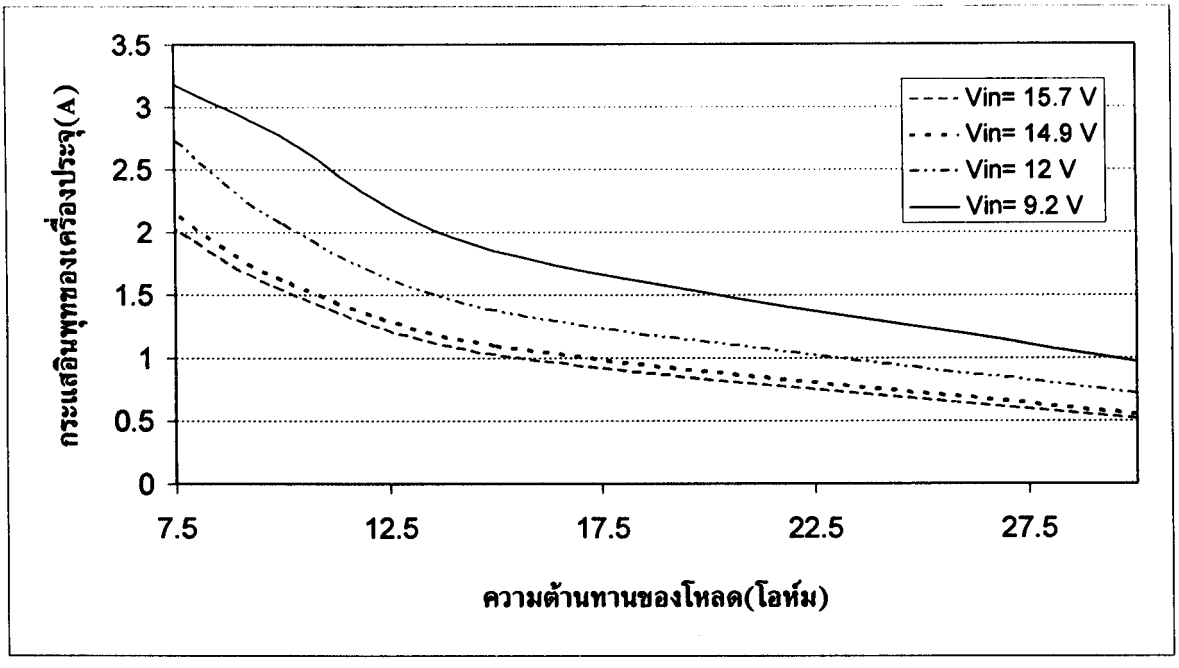
รูปที่ 4.2 ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่แรงดันประมาณ 14.8 V ทุกระดับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นแรงดันที่ 14.8 V จึงให้ประสิทธิภาพมากมากที่สุดและใช้เป็นแรงดันประจุแบตเตอรี่ ดังที่ได้ออกแบบในหัวข้อที่ 3.1.2 เรื่องการออกแบบวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 4.3 แสดงการวัดคุณสมบัติของเครื่องประจุ

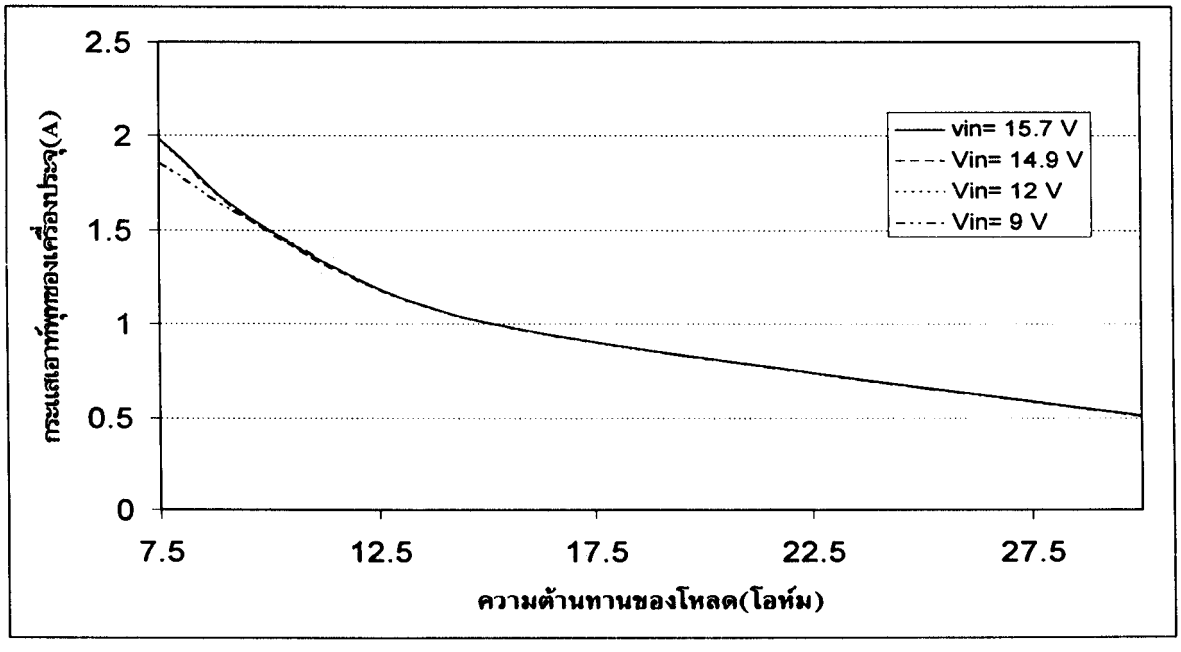
4.2 การวัดคุณสมบัติของเครื่องประจุ

ต่อวงจรดังรูปที่ 4.3 ทำการปรับแหล่งจ่ายแรงดันและความต้านทานของโหลด ได้ผลการวัดกระแสและแรงดันดังกราฟต่อไปนี้



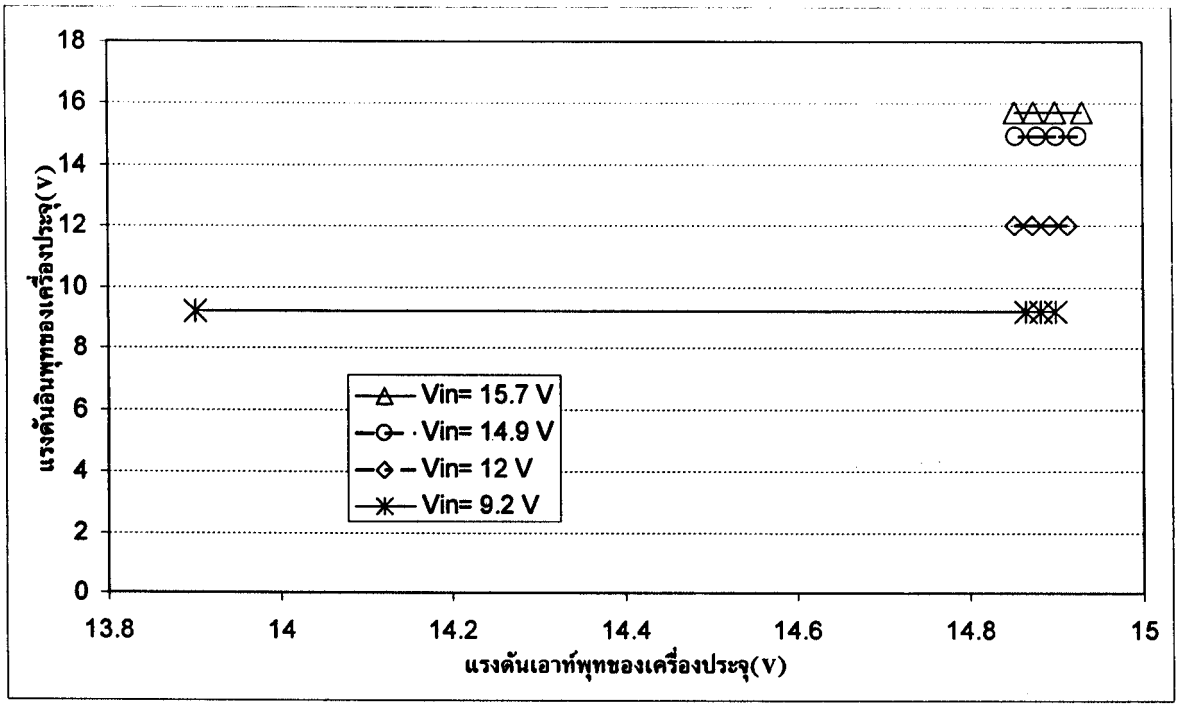
รูปที่ 4.4 กระแสอินพุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ

รูปที่ 4.4 กระแสมีการเปลี่ยนแปลงตามความต้านทานของโหลดและมีความสัมพันธ์กับแรงดันตามกฎของโอห์ม



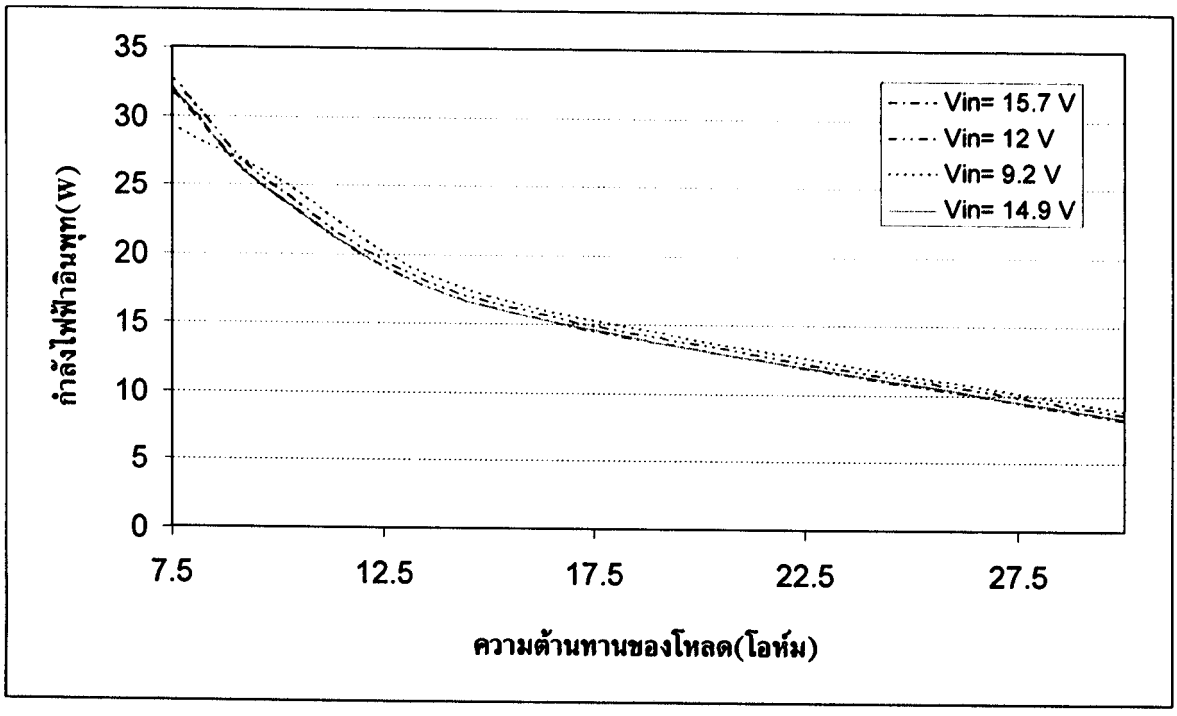
รูปที่ 4.5 กระแสเอาท์พุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ

รูปที่ 4.5 เนื่องจากมีแรงดันเอาท์พุทคงที่ประมาณ 14.85 V ดังรูปที่ 4.5 จึงทำให้กระแสเอาท์พุทเท่ากันทุกระดับแรงดัน ยกเว้นที่ 9.2 V ที่ความต้านทาน 7.5 โอห์ม จะมีกระแสตกเล็กน้อย

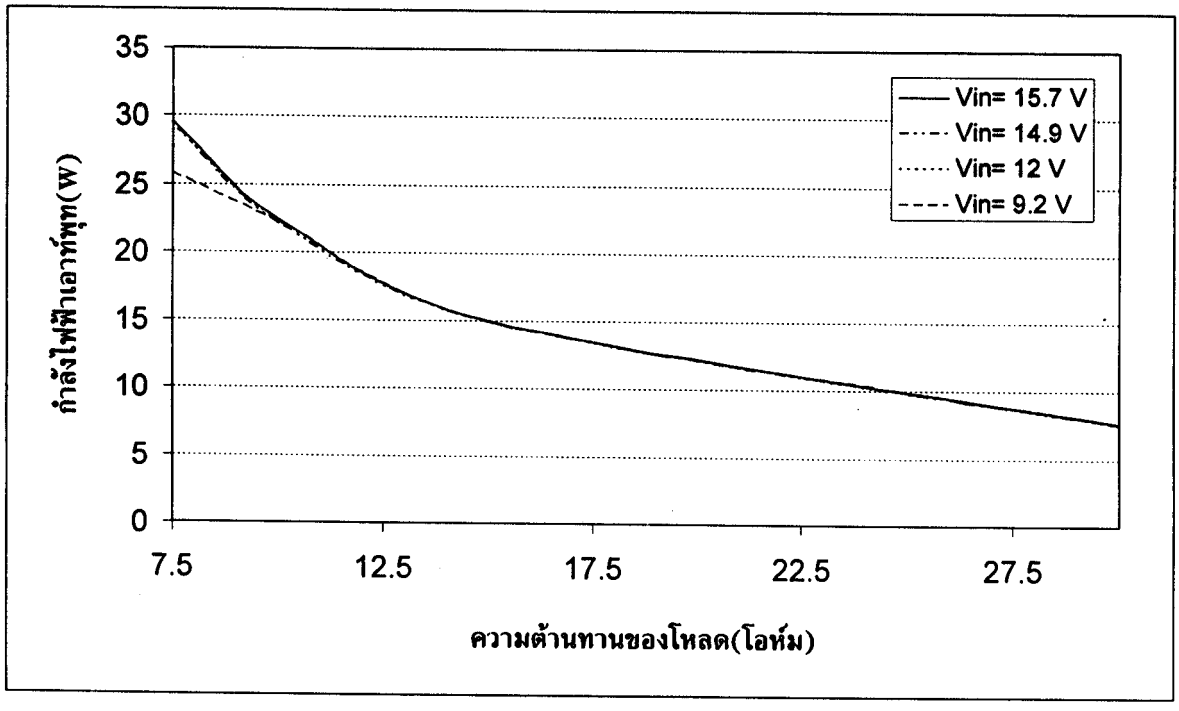


รูปที่ 4.6 แรงดันเอาท์พุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ

รูปที่ 4.6 แรงดันอินพุทตั้งแต่ 9.2 V ถึง 15.7 V ให้แรงดันเอาท์พุทคงที่ประมาณ 14.85 V ซึ่งได้ผลตามที่ได้ออกแบบไว้ ยกเว้นแรงดันอินพุท 9.2 V ที่กระแสสูง ๆแรงดันจะตกเล็กน้อยที่ 13.9 V

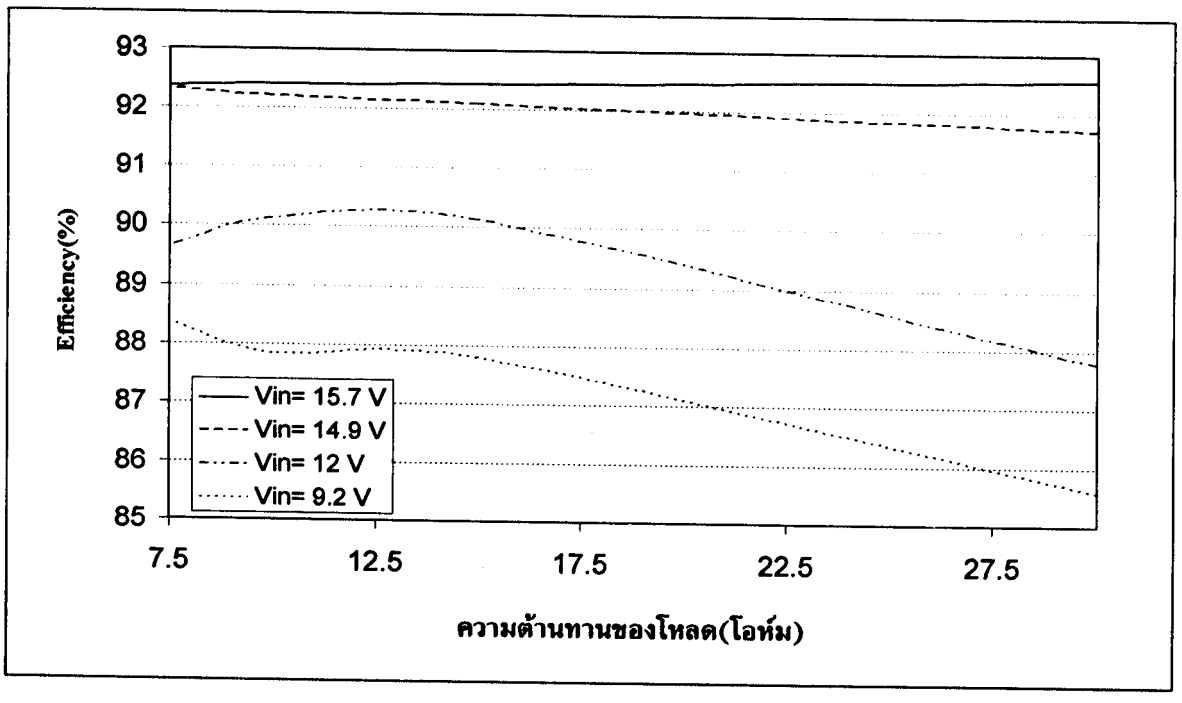


รูปที่ 4.7 กำลังไฟฟ้าอินพุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ



รูปที่ 4.8 กำลังไฟฟ้าเอาท์พุทของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ

เมื่อพิจารณา รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 พบว่ากำลังไฟฟ้าเอาท์พุทมีค่าต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าอินพุทเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประจุมีประสิทธิภาพดี มีการสูญเสียพลังงานต่ำ

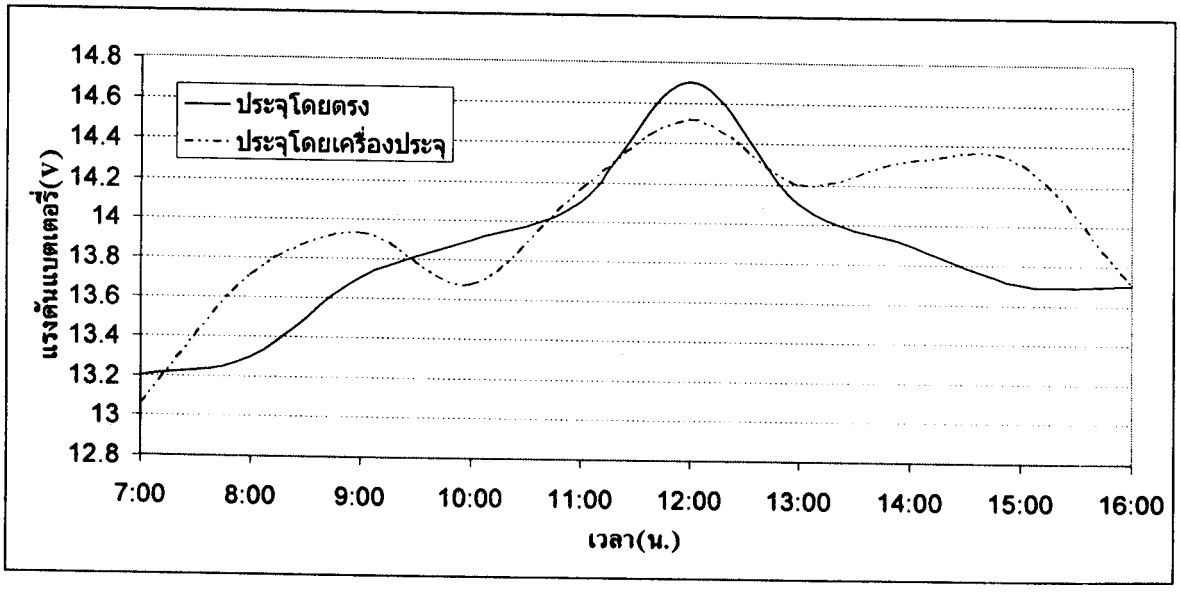


รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพของเครื่องประจุที่ระดับแรงดันต่าง ๆ

รูปที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพการประจุของเครื่องประจุ เมื่อโหลดมีค่าความต้านทานขนาดต่าง ๆกัน พบว่ามีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 85 % โดยมีค่าประสิทธิภาพมากที่สุดที่ 92.5 % ที่ระดับแรงดัน 15.7 V ประสิทธิภาพต่ำสุดที่ 85.5 % ที่ระดับแรงดัน 9.2 V

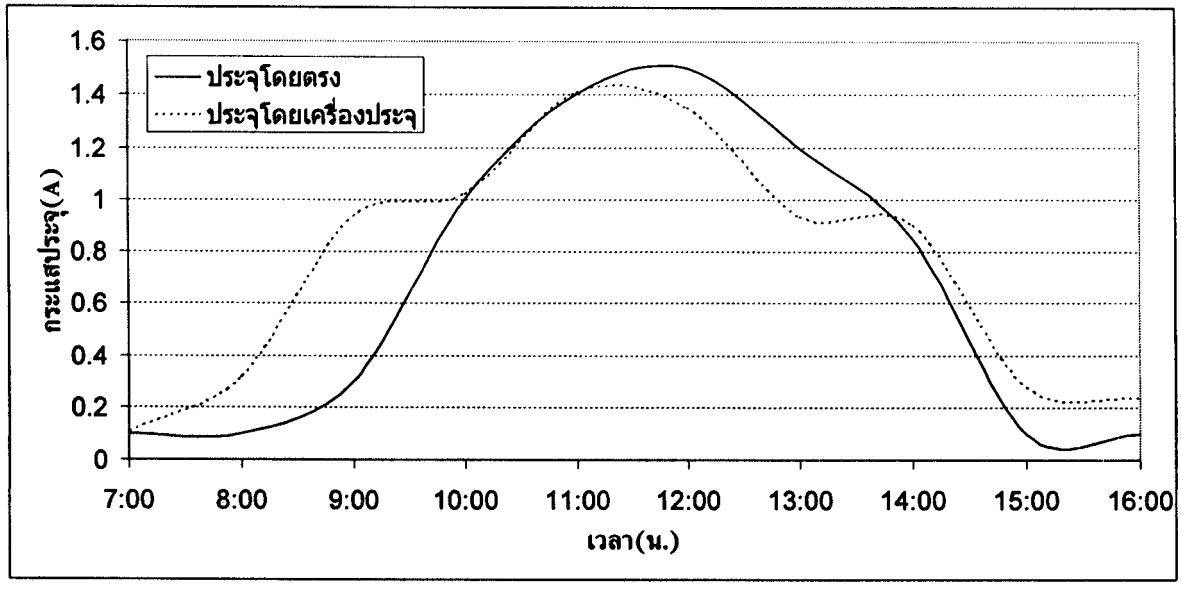
4.3 ผลการทดลองเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

โดยเปรียบเทียบระหว่างการประจุโดยตรงกับการประจุโดยผ่านเครื่องประจุ



รูปที่ 4.10 แรงดันแบตเตอรี่เวลากลางวัน

รูปที่ 4.10 ระดับแรงดันแบตเตอรี่ทั้งหมดอยู่ในช่วง 13.1 V ถึง 14.7 V ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ แต่ในช่วงเวลาสภาวะแสงอาทิตย์ต่ำการประจุโดยตรงจะให้แรงดันต่ำกว่าใช้เครื่องประจุ



รูปที่ 4.11 กระแสประจุแบตเตอรี่เวลากลางวัน

รูปที่ 4.11 กระแสประจุเปลี่ยนแปลงตามสภาวะความเข้มของแสง ช่วงเวลา 7.00 - 9.30 น.และ 14.30 - 16.00 น. แสงอาทิตย์มีพลังงานต่ำทำให้กระแสประจุต่ำ แต่การประจุโดยเครื่องประจุจะมีกระแสสูงกว่าการประจุโดยตรง เพราะช่วงเวลาที่พลังงานแสงอาทิตย์ต่ำจะมีกำลังไฟฟ้าต่ำ การประจุโดยตรงไม่สามารถปรับกระแสและแรงดันให้สูงได้ แต่เครื่องประจุสามารถปรับแรงดันและกระแสเพิ่มขึ้นได้ ช่วงเวลา 11.00 - 14.00 น.แสงอาทิตย์มีความเข้มสูงจะมีกระแสไหลมากที่สุด การประจุโดยตรงจะมีกระแสประจุสูงกว่าการประจุโดยวงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์เล็กน้อย เพราะการประจุโดยวงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์มีการสูญเสียพลังงาน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ผลการทดลองเครื่องประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงซึ่งเป็นที่นิยมโดยทั่วไป พบว่าการประจุมีสมรรถนะไม่ดีเท่าที่ควร ในช่วงก่อนเวลา 9.30 น. และหลังเวลา 14.30 น. มีการประจุน้อยกว่า 0.6 A ในขณะนั้นเวลา 9.30 น. จะมีระดับพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 500 W/m^2 เมื่อพิจารณาจากกราฟคุณสมบัติแรงดัน-กระแสของเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 1.4 A ดังนั้นการประจุที่จ่ายกระแสได้เพียง 0.6 A จึงเป็นการจ่ายกระแสที่ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยได้ศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่สามารถเพิ่มสมรรถนะในการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะความเข้มแสงต่ำและได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัด เพื่อทดลองคุณสมบัติแรงดัน-กระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าความต้านทานของโหลดสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ ซึ่งจะช่วยให้ได้กระแสประจุสูงกว่าการประจุโดยตรงที่ไม่สามารถควบคุมความต้านทานของโหลดได้

จากข้อสรุปข้างต้น กล่าวได้ว่าการควบคุมความต้านทานของโหลดคือพารามิเตอร์ที่เพิ่มสมรรถนะของการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะความเข้มแสงอาทิตย์ต่ำ ด้วยวิธีการควบคุมความต้านทานของโหลดทางอ้อม พิจารณากราฟคุณสมบัติแรงดัน-กระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า ที่กำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ระดับแรงดัน 14.8 V ในทุกระดับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นการใช้วงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ 14.8 V จึงทำให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดตลอดเวลา เนื่องจากระดับแรงดันคงที่ ดังนั้นกระแสจึงแปรผันตรงกับพลังงานแสงอาทิตย์ จากกฎของโอห์มผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโหลดด้วย

บรรณานุกรม

นิพนธ์ เกตุจ้อย, คงฤทธิ์ แม้นศิริ, วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร. 2549. **สถานีประจุแบตเตอรี่รถไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับรถขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยนเรศวร**: การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2 นครราชสีมา

พัชรีพร มงคลวัฒนากุล, เพ็ญศรี ศิริลัทพร, เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ. 2548. **การควบคุมทิศทางของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์และการตรวจวัดความเข้มของแสงอาทิตย์**: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลประเทศไทยครั้งที่ 19. จังหวัดภูเก็ต

มารีนา มะหนิ. 2542. **Solar Energy of Engineering: มหาวิทยลัยอุบลราชธานี**

วรินทร์ วงษ์มณี. 2545. **การติดตามพลังงานสูงสุดสำหรับระบบสูบน้ำด้วยโซ่ลาร์เซลล์ โดยใช้การควบคุมแบบเว็กเตอร์**: วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วีระเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. 2547. **Power Electronics: วี เจ พริ้นติ้ง**

อนุชา ดีผาง, สิงห์ทอง พัฒนเศษฐานนท์, เจริญพร เลิศสถิตธนกร. 2548. **ระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์เชิงดิจิตอล**: การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1.

A. A. Khalil, M. El-Singaby. 2004. **Position control of sun tracking system:** IEEE. p.1134-1137.

D. Yogi goswami,Frank Kreith, Jan F. Kreider.2000. **Principles of Solar Engineering:** Taylor and Francis

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ(ภาษาไทย) **นายธนกร ลิ้มสุวรรณ**

(ภาษาอังกฤษ) Mr.Thanakorn Limsuwan

1. คุณวุฒิ ปริญญาตรี
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
โทรศัพท์ 0-4535-2601 โทรสาร 0-4535-3380
e-mail : ltk26@hotmail.com

3. ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษาที่จบ	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก) และชื่อเต็ม	อักษรย่อปริญญา / วิชา	สาขา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2537	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วศ.บ. (ไฟฟ้า)	วิศวกรรมไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	ไทย

4. ผลงานวิจัยพิมพ์เผยแพร่ บทความทางวิชาการ

National Refereed Conference

1. **Tanakorn Limsuwan**, "Voltage-Mode Vector Summation Circuit" KKU Engineering Journal, Vol 33, Number 4, 403-414, July-August 2006.
2. **Thanakon Limsuwan**, Pisit Techarungpaisan, Kulachate Painthong and Umphisak Teeboonma. 2006 "The Sun Tracking System for Solar Energy Measurements" The 2nd Energy Network Conference of Thailand, Suranaree University of Technology, Nakornratchasrima, Thailand, 27-29 July 2006.
3. Pisit Techarungpaisan, **Tanakorn Limsuwan**, Kulachate Pianthong, and Chawalit Thinwongpituk 2006 "Effect of Heating Coil Length on Performance Characteristic of Hot Water Heater Using Waste Heat from Small Split-type Air Conditioner" The 1st conference of Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand, 28-29 July 2006.