

อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยทำงานที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด

Batteries Charger Controller with Solar Cells on Maximum Power Point

นเรศ สุยะโรจน์ วรพล คณิตปัญญาเจริญ และ ชิดินทร์ยี่ ตรีสัตยพันธ์
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230 โทร 0-5381-9999 โทรสาร 0-5381-99998 E-mail: naret@northcm.ac.th

Naret Suyaraj Worapon Kanitpanyacharoen and Chidintree Threesatayapan
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, North-Chiangmai University
Hangdong, Chiangmai 50230 Thailand Tel: 0-5381-9999 Fax: 0-5381-99998 E-mail: naret@northcm.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเครื่องเดิมประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดเพื่อใช้ในการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจุดเด่นของงานเครื่องเดิมประจุที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ จุดทำงานทางแรงดันและกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์จะอยู่ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์นี้ทางคณะผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการทดลองหาค่าแรงดัน ณ จุดที่เซลล์แสงอาทิตย์ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด และวงจรเดิมประจุที่อาศัยหลักการของการสวิตช์แบบไม่เป็นเชิงเส้นของวงจรถอดแรงดัน สามารถปรับค่าแรงดันที่เซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ โดยอาศัยการปรับจังหวะวงรอบของสวิตช์ เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพและผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ทางคณะผู้ดำเนินงานจึงได้ทำการเปรียบเทียบวงจรเดิมประจุที่ได้กับวงจรเดิมประจุที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าวงจรเดิมประจุที่สร้างในงานวิจัยนี้สามารถดึงกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากกว่าตัวอย่างวงจรในท้องตลาด และประสิทธิภาพที่ได้สูงกว่า โดยจะค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการทำงาน

คำสำคัญ: อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์ จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด การสวิตช์แบบไม่เป็นเชิงเส้น

Abstract

The electronic lead-acid battery charger based on the solar-cell has been constructed in this research. The maximum power generated from the solar-cell can be obtained by the proposed charger as the main advantage. The experimental lab has been established to determine the operating point (terminal voltage) at the maximum power. By using the nonlinear switching circuit based on buck converters, the charge controller has been designed to follow the target operating point. The terminal voltage at solar-cell can be directly adjusted by the duty-cycle at the

converter. The comparison between the proposed charger and the selected commercial device has been illustrated. The satisfied result which achieves the supreme performance can be obtained for all using periods.

Keywords: Batteries charger controller, Solar cells, Maximum power point, Nonlinear switching circuit.

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทน (Renewable Energy) ทางเลือกหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้อย่างไม่จำกัด ครอบคลุมพื้นที่ที่ยังมีแสงอาทิตย์ส่องมายังพื้นโลก มนุษย์สามารถนำเอาพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้โดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้นซึ่งได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนให้ไหลไปที่ขั้วลบ และทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไหลไปที่ขั้วบวก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสองพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใดๆ ขณะใช้งาน

เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปผลิตได้จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน และยังแบ่งย่อยตามลักษณะของโครงสร้างผลึก การนำไปใช้งานจะนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางแบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si:H) ร่วมกับการประจุไปยังแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่มีราคาถูก นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

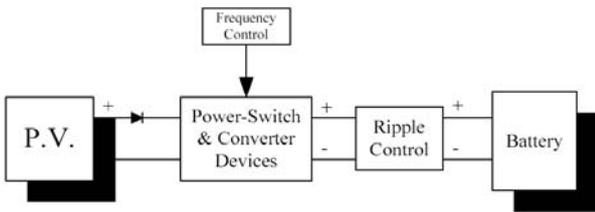
แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดประกอบไปด้วยแผ่นธาตุขั้วบวกที่ทำด้วยตะกั่วไดออกไซด์ (PbO₂) แผ่นธาตุลบทำด้วยตะกั่วพรุน (Pb) สารละลายเป็นกรดกำมะถัน (H₂SO₄) โดยขณะที่จ่ายไฟ จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นทำให้เกิดตะกั่วซัลเฟตที่แผ่นธาตุทั้งสอง และเกิดน้ำ (H₂O) ส่งผลให้กรดกำมะถันเจือจางลงไป ฉะนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาไปนานๆ กระแสไฟฟ้าที่ได้จะลดลงเรื่อยๆ จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการเติมประจุไฟฟ้าใหม่อยู่เรื่อยๆ เช่นกัน

โดยทั่วไปในการประจุไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ จะใช้การป้อนกระแสจากแหล่งจ่ายภายนอกในลักษณะกลับทางเข้าไปยังแบตเตอรี่โดยการต่อขั้วคาโทด(ขั้วลบ) และแอโนด(ขั้วบวก) เข้ากับขั้วลบและขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟภายนอกตามลำดับ เพื่อบังคับให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น โดยแรงดันของแหล่งจ่ายไฟภายนอกนี้จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันแบตเตอรี่

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 หลักการทำงาน

เซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันขาออกขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดที่ผู้ผลิตออกแบบมา ดังนั้นเมื่อแรงดันขาออกจากเซลล์แสงอาทิตย์มีขนาดไม่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ จึงต้องมีการควบคุมแรงดันดังกล่าว สำหรับงานวิจัยนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ค่าแรงดันขาออกขณะเปิดวงจรประมาณ 60 โวลต์ จึงจำเป็นต้องมีการลดระดับแรงดันให้เหลือประมาณ 13 ถึง 15 โวลต์ ก่อนที่จะจ่ายให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ซึ่งสามารถแสดงหลักการทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการทำงานของวงจรเติมประจุไฟฟ้าในงานวิจัย

โดยส่วนประกอบหลักของวงจรสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

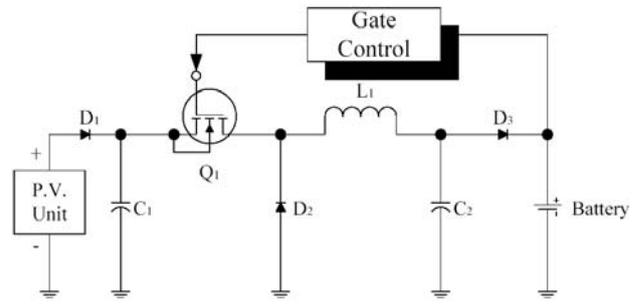
- อุปกรณ์สวิตช์และแปลงหมักกระแสไฟฟ้า จะทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ที่ใช้งาน
- ส่วนควบคุมความถี่ของอุปกรณ์สวิตช์และแปลงหมักกระแสไฟฟ้า
- ส่วนควบคุมระดับแรงดันให้ราบเรียบ เพื่อให้แรงดันที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่ราบเรียบที่สุด หรือใกล้เคียงกับไฟฟ้กระแสตรง

2.2 การออกแบบและจัดสร้างวงจรเติมประจุไฟฟ้า

แผนภาพของวงจรเติมประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 2 โดยใช้หลักการของวงจรทอนระดับแรงดัน (Step-Down Converter หรือ Buck) จากแรงดันขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีระดับแรงดันที่เหมาะสมประมาณ 13 โวลต์

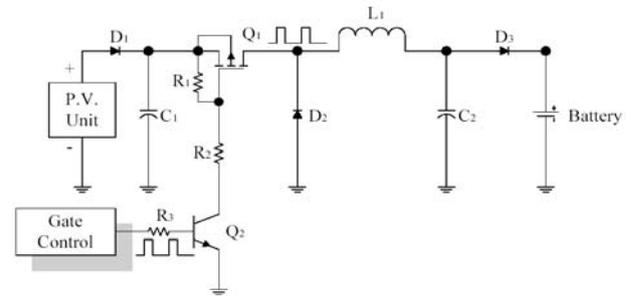
สำหรับอุปกรณ์สวิตช์จะใช้ IGBT และมีกรเก็บ-จ่ายกำลังไฟฟ้าโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำขนาดประมาณ 50 mH ซึ่งข้อดีของวงจรเติมประจุชนิดนี้คือ กำลังไฟฟ้ตกคร่อมที่สูญเสียจะน้อยกว่าแบบที่ใช้อุปกรณ์รักษาระดับประเภท Voltage Regulator ทำให้ประสิทธิภาพทางด้าน

การจ่ายกำลังไฟฟ้าจะสูงขึ้น อีกทั้งสามารถควบคุมจุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยอาศัยการปรับรอบการทำงาน (Duty Cycle) ที่เหมาะสม



รูปที่ 2 วงจรเติมประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัย

วงจรต้นแบบที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3 โดยมีรายละเอียดอุปกรณ์ต่างๆ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 วงจรต้นแบบสำหรับเติมประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 อนุคลวงจรของเครื่องต้นแบบ

หมายเลขอนุคลวงจร	อนุคลวงจร/ค่า	ชนิด/ขนาด
$D_1 - D_2$	1N5401	Si Diode
Q_1	IRF4905	Power MOSFET
Q_2	C458	NPN Transistor
C_1	220 μ F, 160V	Electrolytic Capacitor
C_2	470 μ F, 35V	Electrolytic Capacitor
L_1	50mH	Air-Inductor
R_1	3.6k	1/2 W Riststor
R_2	5.4k	1/2 W Riststor
R_3	2.2k	1/2 W Riststor

2.3 การหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

การทดลองนี้จะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้กับค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ ซึ่งสามารถพิจารณาหาจุดที่เซลล์แสงอาทิตย์ให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

2.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์รุ่น BS40

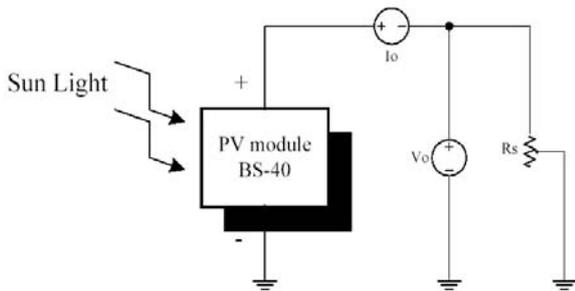
เซลล์แสงอาทิตย์รุ่น BS40 เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจาก a-Si ซึ่งสามารถผลิตได้ในประเทศไทย โดยบริษัทบางกอกโซลาร์ จำกัด มีคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพและทางไฟฟ้าดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น BS40

พารามิเตอร์	ปริมาณ	หน่วย
แรงดันขณะเปิดวงจร (V_{oc})	62.2	V
กระแสขณะเปิดวงจร (I_{sc})	1.16	A
แรงดัน ณ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (V_m)	44.8	V
กระแส ณ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (I_m)	0.90	A
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m)	40.32 (Typical 40)	W
น้ำหนัก	13.5	kg
พื้นที่	0.80	m ²

2.3.2 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ทดลองหาคุณสมบัติ

ในการหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น BS40 เพื่อให้เหมาะสมกับพิกัดแรงดันและกระแสที่ได้จากผู้ผลิต คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างวงจรและชุดทดลองตามรูปที่ 4

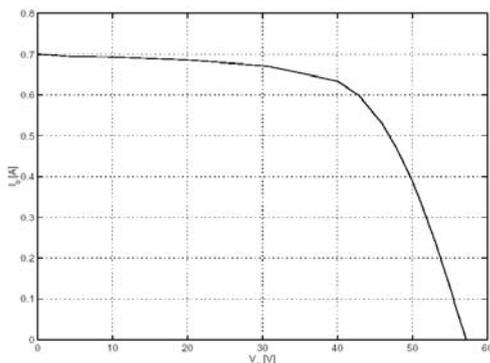


รูปที่ 4 วงจรที่ใช้ทดลองสำหรับหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ BS40

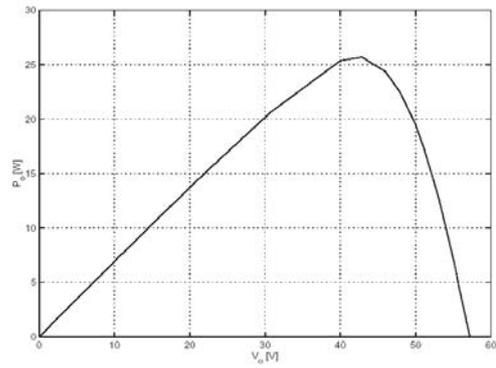
จากการทดลองดังกล่าวสามารถคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า P_o ที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ขณะนั้นตามความสัมพันธ์ในสมการที่ 1

$$P_o = V_o \times I_o \quad (1)$$

ซึ่งผลการทดลองสามารถนำเสนอแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสตามรูปที่ 5 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับแรงดันตามรูปที่ 6



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแส

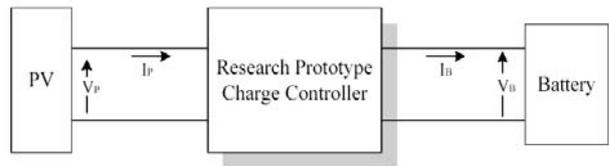


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกำลังไฟฟ้า

ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์รุ่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อค่าแรงดันที่แผงเซลล์ V_o มีค่าประมาณ 42 V ซึ่งค่านี้จะนำมาใช้เป็นจุดทำงานในการออกแบบวงจรเต็มประจุแบตเตอรี่ต่อไป

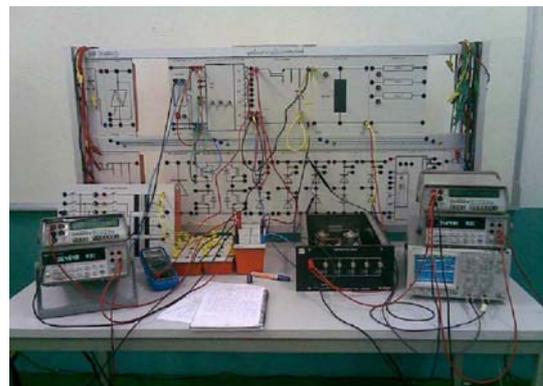
2.4 การทดลองของวงจรเต็มประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมการเต็มประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ตามวงจรต้นแบบ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดการทดลอง โดยมีผังการทดลองดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผังการทดลองวงจรเต็มประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ทดลองเพื่อหาค่าการสวิตช์ที่เหมาะสม การทดลองแบบเสมือนใช้งานจริง และการทดลองเปรียบเทียบกับตัวอย่างสินค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด



รูปที่ 8 การทดลองวงจรเต็มประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลองการทำงานกับช่วงเวลา t_{on}

ช่วงเวลาที่สวิตช์ Q_1 นำกระแสเรียกช่วงเวลานี้ว่า t_{on} ซึ่งนิยามไว้ดังนี้

$$t_{on} = DT \quad (2)$$

เมื่อ T คือ คาบของสัญญาณ และ D เป็นค่า Duty Cycle และกำหนดพารามิเตอร์อื่นดังนี้

V_p คือ ค่าแรงดันที่ปรากฏ ณ เซลล์แสงอาทิตย์

I_p คือ ค่ากระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

P_p คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์โดย

วงจรเต็มประจุ

V_B คือ ค่าแรงดันที่ปรากฏ ณ แบตเตอรี่

I_B คือ ค่ากระแสที่ไหลเข้าแบตเตอรี่

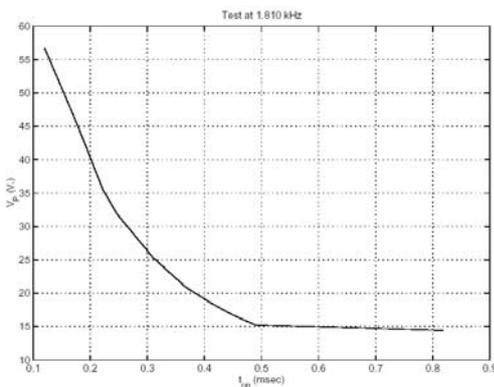
P_B คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่วงจรเต็มประจุจ่ายให้แบตเตอรี่

η คือ ค่าร้อยละแสดงถึงประสิทธิภาพของวงจรเต็มประจุ

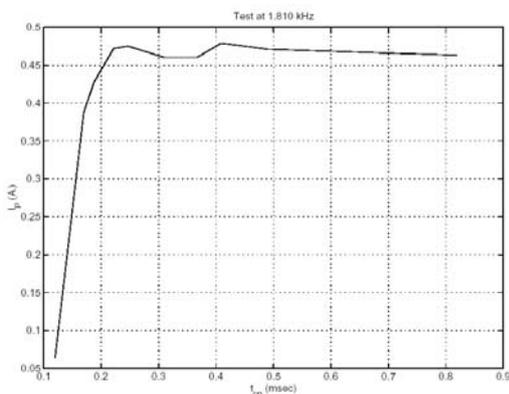
โดยนิยามของประสิทธิภาพ η สามารถแสดงโดยสมการที่ 3

$$\eta = \frac{P_B}{P_p} \times 100 \% \quad (3)$$

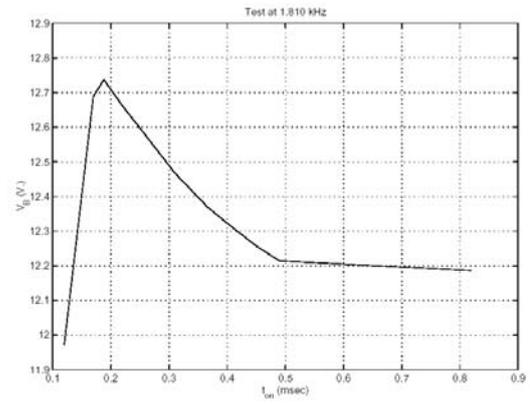
จากการทดลองความถี่ของสัญญาณควบคุมที่ขา Gate เป็น 1.80 kHz สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า t_{on} กับพารามิเตอร์ V_p , I_p , V_B , I_B , P_p , P_B ตามลำดับดังรูปที่ 9 ถึง 14



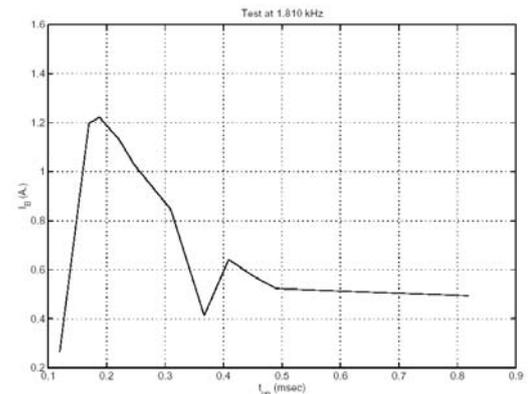
รูปที่ 9 ผลการทดลองค่า t_{on} กับ V_p



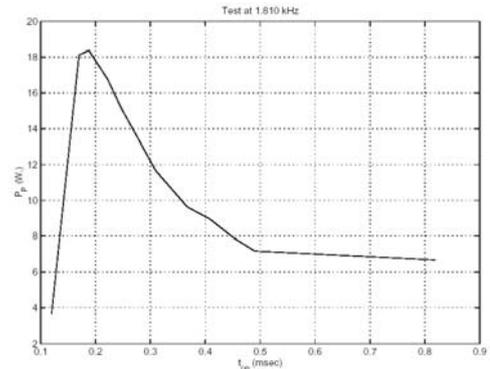
รูปที่ 10 ผลการทดลองค่า t_{on} กับ I_p



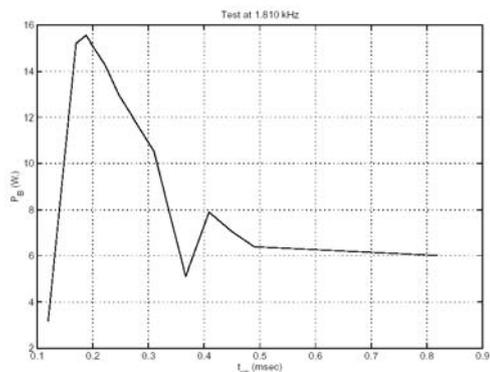
รูปที่ 11 ผลการทดลองค่า t_{on} กับ V_B



รูปที่ 12 ผลการทดลองค่า t_{on} กับ I_B



รูปที่ 13 ผลการทดลองค่า t_{on} กับ P_p

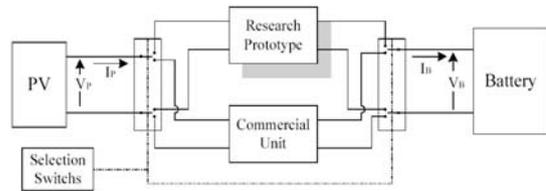


รูปที่ 14 ผลการทดลองค่า t_{on} กับ P_B

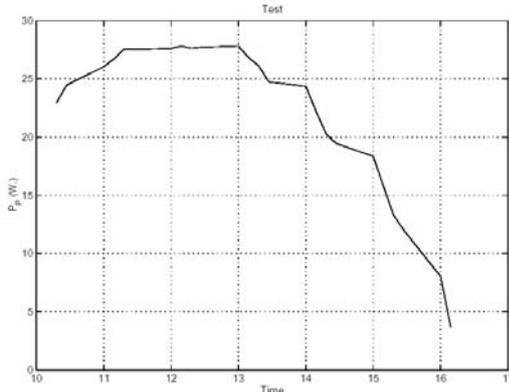
ผลจากการทดลองพบว่าค่า t_{on} ที่ให้ค่าประสิทธิภาพตามสมการที่ 3 สูงถึงประมาณร้อยละ 85 โดยจะต้องใช้ค่า t_{on} อยู่ประมาณ 0.2

3.2 ผลการทดลองแบบเสมือนใช้งานจริง

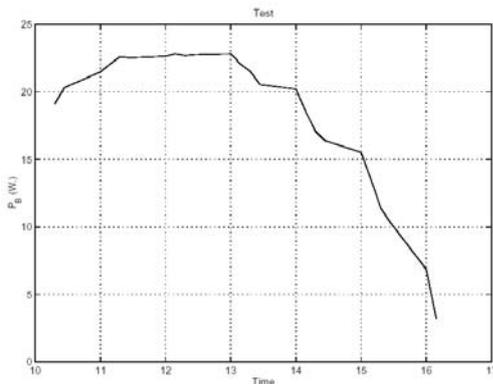
เพื่อให้การสังเกตการทำงานของวงจรเต็มประจุกระทำได้อย่างชัดเจนขึ้น จึงได้มีการทดลองแบบเสมือนใช้งานจริง โดยทดลองกับแสงอาทิตย์ในพื้นที่โล่งแจ้ง กำหนดให้สัญญาณควบคุมที่ขา Gate ความถี่ 1.8 kHz และใช้ค่า t_{on} เป็น 0.2 ทำการทดลองช่วงเวลา 10:00 ถึง 17:00 นาฬิกา ดังตารางที่ 3 อีกทั้งสามารถแสดงรูปกราฟค่ากำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (P_p) เทียบกับเวลา และรูปกราฟค่ากำลังไฟฟ้าที่วงจรเต็มประจุจ่ายให้แบตเตอรี่ (P_B) เทียบกับเวลา ดังรูปที่ 15 และ 16 ตามลำดับ



รูปที่ 17 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างวงจรเต็มประจุไฟฟ้าที่ได้จากงานวิจัยกับวงจรในท้องตลาด



รูปที่ 15 ผลการทดลองเสมือนใช้งานจริง: P_p



รูปที่ 16 ผลการทดลองเสมือนใช้งานจริง: P_B

และจากการหาค่าประสิทธิภาพตามสมการที่ 3 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 80 ถึง 90

3.3 การทดลองเปรียบเทียบกับตัวอย่างสินค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานและผลสำเร็จที่ได้จากการวิจัย ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง วงจรเต็มประจุไฟฟ้าที่ได้จากงานวิจัยกับเครื่องเต็มประจุที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปตามท้องตลาด (Morningstar Corp: SunSaver6) โดยจัดการทดลองตามรูปที่ 17 และแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วงบ่ายและช่วงเย็น

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเสมือนใช้งานจริง

Time	t_{on}	V_p	I_p	V_B	I_B	P_p	P_B	$\eta(\%)$
10.30	0.18	40.47	0.57	12.94	1.48	22.95	19.12	83.33
10.45	0.22	40.42	0.61	13.12	1.55	24.46	20.32	83.09
11.00	0.22	40.94	0.64	13.19	1.63	26.04	21.48	82.50
11.15	0.22	41.14	0.65	13.24	1.67	26.70	22.06	82.64
11.30	0.22	41.42	0.67	13.28	1.70	27.54	22.61	82.08
11.45	0.22	41.45	0.66	13.25	1.70	27.52	22.53	81.86
12.00	0.22	41.52	0.67	13.32	1.70	27.61	22.64	81.98
12.15	0.22	41.63	0.67	13.33	1.71	27.81	22.81	82.04
12.30	0.22	41.61	0.66	13.34	1.70	27.63	22.69	82.12
12.45	0.22	41.67	0.67	13.35	1.70	27.71	22.75	82.12
13.00	0.22	41.69	0.67	13.36	1.71	27.81	22.82	82.05
13.15	0.22	41.45	0.65	13.32	1.66	26.82	22.07	82.28
13.30	0.22	41.31	0.63	13.29	1.62	26.11	21.52	82.42
13.45	0.22	40.89	0.61	13.23	1.55	24.74	20.55	83.06
14.00	0.22	40.80	0.60	13.22	1.53	24.36	20.22	82.99
14.15	0.22	40.17	0.55	13.13	1.41	22.21	18.55	83.50
14.30	0.22	40.08	0.51	13.03	1.31	20.28	17.08	84.23
14.45	0.22	39.85	0.49	12.99	1.26	19.45	16.37	84.19
15.00	0.21	40.84	0.45	12.94	1.20	18.34	15.54	84.76
15.20	0.20	40.78	0.37	12.76	1.01	14.96	12.85	85.85
15.30	0.20	40.81	0.33	12.68	0.90	13.30	11.40	85.71
15.45	0.20	40.88	0.29	12.63	0.82	12.02	10.32	85.87
16.00	0.20	38.96	0.21	12.43	0.55	8.03	6.86	85.50
16.15	0.18	40.12	0.09	12.14	0.27	3.65	3.24	88.81

ผลการทดลองในช่วงบ่ายที่มีแสงแดดจัด พบว่าค่าประสิทธิภาพของวงจรเต็มประจุทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยวงจรจากงานวิจัยให้ประสิทธิภาพร้อยละ 84.75 และเครื่องเต็มประจุที่ขายตามท้องตลาดมีประสิทธิภาพร้อยละ 77.82 แต่หากพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าที่ดึงมาได้จากเซลล์แสงอาทิตย์รวมถึงกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่จะพบว่าเครื่องเต็มประจุในงานวิจัยนี้สามารถให้ค่าที่มากกว่าเครื่องเต็มประจุที่ขายตามท้องตลาดมาก คือวงจรจากงานวิจัยดึงค่ากำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 15.17 วัตต์ ขณะที่เครื่องเต็มประจุที่ขายตามท้องตลาดทำได้ที่ 5.71 วัตต์ และวงจรจากงานวิจัยสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ได้ 12.86 วัตต์ ขณะที่เครื่องเต็มประจุที่ขายตามท้องตลาดจ่ายได้ที่ 4.45 วัตต์ ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4

สำหรับการทดลองช่วงเย็นที่มีแสงแดดอ่อน ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงมาก คือเหลือประมาณ 3 ถึง 14 วัตต์ แต่ค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพที่ได้จากวงจรเต็มประจุในงานวิจัยยังคงสูงกว่าเครื่องเต็มประจุที่วางขายตามท้องตลาด ซึ่งจะมีประสิทธิภาพที่ลดลงในกรณีที่แสงแดดอ่อนลง ในขณะที่ประสิทธิภาพของวงจรที่ได้จากงานวิจัยยังคงค่อนข้างคงที่คือสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ประมาณ 12 วัตต์

ตารางที่ 4 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างวงจรเต็มประจุไฟฟ้าที่ได้จากงานวิจัยกับที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (แสงแดดจัด)

ปริมาณทางไฟฟ้า	วงจรจากงานวิจัย	วงจรในท้องตลาด
V_p [V]	40.03	13.41
I_p [A]	0.38	0.43
P_p [W]	15.17	5.71
V_B [V]	12.59	12.05
I_B [A]	1.02	0.37
P_B [W]	12.86	4.45
η [ร้อยละ]	84.75	77.82

ตารางที่ 5 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างวงจรเต็มประจุไฟฟ้าที่ได้จากงานวิจัยกับที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (แสงแดดอ่อน)

ปริมาณทางไฟฟ้า	วงจรจากงานวิจัย	วงจรในท้องตลาด
V_p [V]	40.36	55.51
I_p [A]	0.36	0.07
P_p [W]	14.65	3.66
V_B [V]	12.63	11.96
I_B [A]	0.98	0.02
P_B [W]	12.40	0.29
η [ร้อยละ]	84.63	7.84

4. สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ และจัดสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับใช้ในการเต็มประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาดแรงดัน 12 โวลต์ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการจัดทำเครื่องต้นแบบใช้หลักการอยู่บนพื้นฐานของวงจรลดทอนแรงดันแบบ Nonlinear Switching Circuit และวงจรที่ได้มีคุณสมบัติที่สามารถปรับจุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในช่วงที่สามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด

ประสิทธิภาพที่ได้จากวงจรเต็มประจุที่ได้ค่อนข้างคงที่ตลอดทุกช่วงการทำงาน ซึ่งต่างจากประสิทธิภาพของวงจรเต็มประจุที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดที่ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงน้อย หรือในช่วงเวลาเย็น นอกจากค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่าเครื่องเต็มประจุที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดแล้วค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องต้นแบบสามารถจ่ายให้กับแบตเตอรี่ยังสูงกว่าตัวอย่างเครื่องเต็มประจุที่มีขายตามท้องตลาดเพราะเครื่องเต็มประจุโดยทั่วไปในตลาดจะใช้หลักการของอุปกรณ์รักษาแรงดันทำให้กระแสที่ไหลออกจากวงจรเต็มประจุน้อยกว่ากระแสที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์เสมอ แต่

เครื่องต้นแบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถเพิ่มกระแสไหลเข้าแบตเตอรี่ให้สูงกว่ากระแสที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยอาศัยการเก็บกำลังไฟฟ้าในรูปของสนามแม่เหล็กในตัวเหนี่ยวนำและจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงวงจรการทำงานที่เหมาะสม ทั้งยังสามารถควบคุมแรงดันได้ตามวงจรที่อยู่บนพื้นฐานของวงจรควบคุมแรงดันได้อีกด้วย

ในการทดลองที่เสมือนกับการใช้งานจริงก็ยังพบว่าเครื่องต้นแบบที่ได้มีเสถียรภาพ และความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นในอนุภาควงจรก็อยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ก็เพราะค่าแรงดันตกคร่อมที่เกิดกับวงจรมีน้อยมากเมื่อเทียบกับวงจรที่ออกแบบบนพื้นฐานของวงจรรักษาแรงดัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- G. de Cesare, D. Caputo and A. Nascetti, "Maximum power point tracker for portable photovoltaic systems with resistive-like load," Solar Energy., Vol. 80, pp. 982-988, 2006.
- C. Pan, J. Chen, C. Chu and Y. Huang, "A fast power point tracker for photovoltaic power system," Industrial Electronics Society(IECON'99)., Proceedings. 1, 2006.
- วีระเชษฐ์ ชันเงิน และวุฒิผล ธาราธิ์เศรษฐ์ "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง" พิมพ์ครั้งที่ 1, 2547.
- N. Mohan, T.M. Undeland and W.P. Robbins, "Power Electronics," John Wiley & Sons, Inc., 2nd, 1995.