

การวิเคราะห์และพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ MPPT คอนเวอร์เตอร์
PV SYSTEM ANALYSIS AND DEVELOPMENT USING MPPT CONVERTER



นายสุรัชย์ นิภาวรรณ
นายอภิชาติ อเนกพิชญสิทธิ์
นายเอกพร ทองรักษา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55592.....
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548.....

เลขสารบัญ.....
i.....

การวิเคราะห์และพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ MPPT คอนเวอร์เตอร์
PV SYSTEM ANALYSIS AND DEVELOPMENT USING MPPT CONVERTER

โดย

นายสุรัชย์ นิภาวรรณ
นายอภิชาติ อเนกพิชญลสิทธิ์
นายเอกพร ทองรักษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศิริวัฒน์ โภธิเวชกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์และพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ MPPT คอนเวอร์เตอร์

PV SYSTEM ANALYSIS AND DEVELOPMENT USING MPPT CONVERTER

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|---------------|---------------|--------------|----------|
| 1. นายสุรชัย | นิภาวรรณ | รหัสประจำตัว | 43010496 |
| 2. นายอภิชาติ | อนนทพิชญสุทธิ | รหัสประจำตัว | 43010521 |
| 3. นาย เอกพร | ทองรักษา | รหัสประจำตัว | 43010553 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์และพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ MPPT คอนเวอร์เตอร์

นายสุรัชย์	นิภาวรรณ	43010496
นาย เอกพร	ทองรักษา	43010521
นายอภิชาติ	อเนกพิชญสิทธิ์	43010553
รศ. ศิริวัฒน์	โพธิเวชกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์และพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้วงจรปรับแรงดันดีซีดีคิงกำลังไฟฟ้าสูงสุดในการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุทของระบบพีวีให้อยู่ในย่านแรงดันที่สามารถแปลงพลังงานได้ใกล้เคียงกับจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบพีวีนั้นๆ โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการใช้อัลกอริทึมที่เหมาะสม ควบคุมการสร้างสัญญาณขับชุดคอนเวอร์เตอร์ แทนเทคนิควิธีเดิมที่สร้างสัญญาณขึ้นจากไอซีธรรมดา ซึ่งจะช่วยลดการแกว่งของสัญญาณลง มีคุณภาพทางไฟฟ้ามากขึ้นและการควบคุมความถี่ไซเคิลที่มีความละเอียดเป็นผลดีต่อการควบคุมการทำงาน รวมทั้งการแก้ไขการควบคุมทำได้ง่าย ในส่วนของวงจรคอนเวอร์เตอร์จะเลือกใช้แกนแม่เหล็กแบบ พาวเดอร์เทอร์รอยซึ่งมีค่าการสูญเสียในวงจรแม่เหล็กต่ำและพลังงานการสูญเสียจากขดลวดน้อยทำให้ประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์ดียิ่งขึ้น สามารถดึงกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดี โดยที่ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV System Analysis and Development Using MPPT Converter

Surachai	Nipawan	
Apichart	Anekpichayasitt	
Akekaporn	Thonglaksa	
Assoc.Prof.Siriwat	Potivejkul	Advisor

ABSTRACT

This project is refer to analysis and development the solar cell system that use Maximum Power Point Tracking DC to DC converter to maintain PV system's output voltage. The voltage range of this output voltage is in the range that the system can convert the energy as effective as the PV system's maximum power point. Using microcontroller with developed and employed appropriate algorithm , instead of IC to control the signaling of the converter. This results in less oscillation and improved quality of the signal. Moreover, the duty cycle's control is more precise, making the system perform better. We chose to use Power Theroid magnetic core in the converter because of its low loss of energy. This makes the converter more effective than before. It is a well absorbed solar cell and its overall system efficiency is also more than 80% .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ

1. รศ. ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์
2. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.)โครงการIRPUS ที่ให้ทุนทำวิจัย
3. บริษัท ทีไอโคนิคส์ จำกัดที่ให้คำแนะนำ และให้เข้าไปใช้เครื่องมือในการทำวิจัย
4. พี่สุริยา สุริยกานนท์ และพี่ไชยพร หล่อทองคำ ที่ให้ความเอาใจใส่ และแนะนำช่วยเหลือ เสมอมา

ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบไม่ได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาด และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายสุรชัย	นิภาวรรณ
นายอภิชาติ	อเนกพิชญสิทธิ์
นายเอกพร	ทองรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	2
1.5 สิ่งที่กำลังคาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	4
2.1 ทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์	4
2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์และการประยุกต์การใช้งาน	4
2.1.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	5
2.1.3 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.1.4 คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.1.5 ตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.1.6 การศึกษาผลการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.1.7 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน	14
2.2 แบตเตอรี่	14
2.2.1 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้าที่
	2.2.2 การเลือกใช้และการออกแบบแบตเตอรี่	14
	2.2.3 คำนิยามต่าง ๆ เกี่ยวกับแบตเตอรี่	17
	2.2.4 การประจุแบตเตอรี่	18
	2.2.5 ความคุ้มกันระหว่างสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่	18
	2.3 ทฤษฎีวงจรรักษากำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT) โดยใช้หลักวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์	23
	2.4 ชุดควบคุมจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด	27
บทที่	3 การออกแบบ	29
	3.1 ส่วนประกอบหลักของชุด MPPT Converter	29
	3.2 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์	29
	3.2.1 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ	30
	3.2.2 การหาค่าตัวเก็บประจุ	33
	3.3 ชุดขั้วมอสเฟต	35
	3.4 ชุดตรวจจับกระแสและแรงดัน	35
	3.5 ชุดจ่ายไฟที่จ่ายไฟให้กับชุด MPPT Converter	36
	3.6 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	37
	3.6.1 รายละเอียดของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0	37
	3.6.2 พอร์ตของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกนำมาใช้งานในโครงการ	44
	3.6.3 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม	44
	3.6.4 การประมวลผลส่วนโปรแกรมควบคุม	45
	3.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	47
	3.8 แบตเตอรี่	47
บทที่	4 การทดสอบและผลการทดสอบ	48
	4.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
4.2 การทดสอบความถูกต้องในการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	56
4.3 การทดสอบการเปรียบเทียบ MPPT Converter กับ โปรแกรม Matlab	59
4.3.1 สัญญาณที่ได้จากการทดสอบด้วย Matlab	60
4.3.2 สัญญาณที่ได้จากการวัดจริงในการทดสอบคอนเวอร์เตอร์	61
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์	64
4.5 การทดสอบความถูกต้องของการแสดงผลของจอ LCD	66
4.6 การทดสอบการดึงกำลังไฟฟ้าสูงสุดของ MPPT Converter	68
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์	71
5.1 สรุปผลการทดลองหาคุณสมบัติของทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	71
5.2 สรุปผลการทดสอบสัญญาณจากคอนเวอร์เตอร์	71
5.3 สรุปผลการทดสอบการวัด แสดงผลกระแสและแรงดันทางจอ LCD	71
5.4 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์	72
5.5 สรุปผลการทดสอบการดึงกำลังงานสูงสุดของชุด MPPT Converter	72
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุด MPPT Converter	
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวิธีปรับโหลดตัวต้านทาน กับทดสอบด้วยเครื่อง PV Analyser	
ภาคผนวก ค รายละเอียดของอุปกรณ์	
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP- PIC V.4	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 การเกิดคู่อิเล็กตรอนและ โฮลขึ้นเมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบลงบนเซลล์	7
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของประจุพาหะอิเล็กตรอนและ โฮลภายใต้สนามไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของประจุพาหะอิเล็กตรอนและ โฮลในสารกึ่งตัวนำ ที่สภาวะต่างๆ	8
รูปที่ 2.4 การพิจารณากราฟคุณลักษณะเฉพาะเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงค่าฟิลแฟกเตอร์ และจุดกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์	10
รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์	10
รูปที่ 2.6 ผลของความเข้มแสงต่อการเปลี่ยนลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์	11
รูปที่ 2.7 ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์	11
รูปที่ 2.8 คุณลักษณะของการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม	13
รูปที่ 2.9 คุณลักษณะของการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน	13
รูปที่ 2.10 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความจุของแบตเตอรี่	16
รูปที่ 2.11 ค่าเปอร์เซ็นต์ Depth of Discharge	17
รูปที่ 2.12 การใช้กราฟวิเคราะห์ระบบที่ประกอบด้วยสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่	19
รูปที่ 2.13 ระบบที่ประกอบด้วยสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่การสร้างกราฟเพื่อ หาจุดทำงานขณะที่สนามเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายให้เข้ากับประจุแบตเตอรี่ และจ่ายให้กับโหลดในเวลาเดียวกัน	20
รูปที่ 2.14 จุดทำงานของระบบที่ประกอบด้วยสนามเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ ขณะที่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าต่ำ	21
รูปที่ 2.15 จุดทำงานของระบบที่ประกอบด้วยตัวติดตามควบคุมการทำงานที่ จุดกำลังสูงสุด (maximum power tracker)	22
รูปที่ 2.16 วงจรรักษากำลังสูงสุด MPPT โดยใช้หลักการบักคอนเวอร์เตอร์(Buck Converter)	23
รูปที่ 2.17 Buck converter wave form	24
รูปที่ 2.18 สัญญาณแรงดันที่มีการกระเพื่อม (ripple)	25
รูปที่ 3.1 Block Diagram ของชุด MPPT Converter	29
รูปที่ 3.2 วงจรรักษากำลังสูงสุด MPPT โดยใช้หลักการของบักคอนเวอร์เตอร์	30
รูปที่ 3.3 Dimensional specification for Magnetics Inc.55439-A2 and Arnold Engineering A-759135-2	32
รูปที่ 3.4 Wire and inductance graph for core 55439-A2	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 3.5 วงจรขับมอสเฟสแบบ Pulse transformer	35
รูปที่ 3.6 วงจรตรวจจับกระแสและแรงดัน	36
รูปที่ 3.7 วงจรกำลังของชุด MPPT Converter	36
รูปที่ 3.8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0	37
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรของบอร์ด CP-PIC V4.0 (1)	40
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรของบอร์ด CP-PIC V4.0 (2)	41
รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างของ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0	42
รูปที่ 3.12 แสดงสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	43
รูปที่ 3.13 Flowchart of the control program	46
รูปที่ 4.1 รูปวงจรทดสอบหาคูณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	48
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงคูณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (1)	54
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงคูณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (2)	54
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงคูณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (3)	55
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงคูณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (4)	55
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงคูณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (5)	56
รูปที่ 4.7 เครื่องมือทดสอบหาคูณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ (PV Analyser)	56
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบหาคูณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยเครื่อง PV Analyser (1)	57
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบหาคูณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยวิธีปรับตัวต้านทาน (1)	57
รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบหาคูณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยเครื่อง PV Analyser (2)	58
รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบหาคูณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยวิธีปรับตัวต้านทาน (2)	58
รูปที่ 4.12 Matlab Simulation บล็อกไดอะแกรม	59
รูปที่ 4.13 วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ Matlab Simulation	59
รูปที่ 4.14 สัญญาณแรงดันและกระแสทางด้านอินพุทของคอนเวอร์เตอร์	60
รูปที่ 4.15 สัญญาณแรงดัน V_{DS} ที่ Power mosfet	60
รูปที่ 4.16 สัญญาณแรงดันที่ฟรีวิลลิงไดโอด V_{Fwd}	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 4.17 สัญญาณแรงดันและกระแสทางด้านเอาต์พุทของคอนเวอร์เตอร์	61
รูปที่ 4.18 สัญญาณควบคุมคอนเวอร์เตอร์ที่สร้างโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	61
รูปที่ 4.19 สัญญาณควบคุมคอนเวอร์เตอร์ที่ออกจาก Pulse Transformer	61
รูปที่ 4.20 สัญญาณแรงดันทางด้านอินพุทของคอนเวอร์เตอร์	62
รูปที่ 4.21 สัญญาณกระแสทางด้านอินพุทของคอนเวอร์เตอร์	62
รูปที่ 4.22 สัญญาณแรงดัน V_{DS} ที่ Power mosfet	62
รูปที่ 4.23 สัญญาณแรงดันที่พีวีลิ่งไดโอด V_{Fwd}	63
รูปที่ 4.24 สัญญาณแรงดันเอาต์พุทของคอนเวอร์เตอร์	63
รูปที่ 4.25 สัญญาณกระแสเอาต์พุทของคอนเวอร์เตอร์	63
รูปที่ 4.26 การทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์	64
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์ที่พิกัดกำลังต่างๆ	66
รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบการแสดงค่าแรงดันทางจอ LCD กับค่าจริงที่วัดจากมิเตอร์	66
รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบการแสดงค่ากระแสทางจอ LCD กับค่าจริง ที่วัดจากมิเตอร์	67
รูปที่ 4.30 การทดสอบการดึงกำลัง ไฟฟ้าสูงสุดของชุดคอนเวอร์เตอร์	68
รูปที่ 4.31 การทดสอบการดึงกำลัง ไฟฟ้าสูงสุด	69
รูปที่ 4.32 กราฟผลการทดลองเปรียบเทียบการดึงกำลัง ไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ผ่านวงจรดึงกำลังสูงสุด	69

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงคุณลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC	37
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (1)	49
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (2)	50
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (3)	51
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (4)	52
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (5)	53
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์	64
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดันที่วัดได้จากมิเตอร์กับจอLCD	67
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่ากระแสที่วัดได้จากมิเตอร์กับจอLCD	67
ตารางที่ 4.9 ตารางผลการทดสอบการดึงกำลังไฟฟ้าสูงสุด	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันมีการนำระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์มาใช้งานในรูปแบบต่างๆกันอย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มที่จะมีการนำมาใช้งานมากขึ้นในอนาคตอันใกล้ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีสารตกค้างที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญคือเป็นแหล่งพลังงานอันมหาศาลที่ได้เปล่าและมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ

ประเทศไทยเราจัดอยู่ในตำแหน่งที่ตั้งทางกายภาพที่เหมาะสมที่สุด สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาชนบทที่ห่างไกลซึ่งไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายเข้าไปถึงได้ ที่ผ่านมามีทั้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และภาคเอกชน ได้ใช้เงินทุนจำนวนมากในการจัดตั้งระบบพีวีขึ้นใช้ภายในประเทศ

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2547-2548 การไฟฟ้ามีโครงการจัดตั้งระบบพีวี ที่เหมาะสมสำหรับบ้านเรือนชนบทที่อยู่ห่างไกล ในวงเงินงบประมาณ 3,700 ล้านบาท วัตถุประสงค์เพื่อให้แต่ละหลังคาเรือนมีไฟใช้บ้านละ 2 ดวงและสามารถเข้าถึงระบบสารสนเทศเช่น สามารถใช้โทรศัพท์ตามนโยบายของรัฐบาล

ในด้านเทคนิคการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้โหลดภาระหรืออัดประจุให้กับแบตเตอรี่ นั้น ผู้ออกแบบและผู้ใช้งานจำเป็นต้องเข้าใจในข้อจำกัดของการเป็นแหล่งกำเนิดแบบ Current-Voltage Source คือแหล่งจ่ายที่มีค่ากระแสหรือแรงดันคงที่ตามหลักการระหว่างกระแส แรงดันของรอยต่อ P-N ดังนั้นหากหาจุดที่เหมาะสมที่ต้องควบคุมกระแส และแรงดันให้ทำงานในพิกัด ที่ให้ผลคูณของกระแสและแรงดันมีค่ามากที่สุด หรือเข้าใกล้จุด Pmax (จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด) โดยชุด MPPT Converter (ชุดคอนเวอร์เตอร์ปรับเข้าหากำลังสูงสุด) ก็จะทำให้การแปลงพลังงาน แสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ดี ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมดีขึ้น คุ่มค่าในการลงทุนมากขึ้น ปัจจุบันมีงานวิจัยเพื่อสร้างชุดคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถทำงานร่วมกับแผงโซลาร์ แบบแมกซ์ิมัมพาวเวอร์พอยท์ โดยใช้การควบคุมในหลายเทคนิค แต่ในโครงการนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับกระแส-แรงดัน ของแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างพัลส์ขับวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ง่ายและรวดเร็ว โดยการออกแบบให้มี อัลกอริทึมที่เหมาะสมในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ออกแบบ และสร้าง DC-DC Converter เพื่อใช้สำหรับย่านแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ เพื่อใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่

1.2.2 ออกแบบ และสร้างชุดรับสัญญาณป้อนกลับ สำหรับวัด และส่งค่ากระแส กับแรงดัน เพื่อส่งให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเป็นสัญญาณพัลส์ ที่ใช้ขับชุด MPPT คอนเวอร์เตอร์ที่เหมาะสม

1.2.3 ปรับปรุงส่วนของโปรแกรมให้มีอัลกอริทึม ที่ทำให้การประมวลผลรวดเร็ว โดยการใช้อัลกอริทึมที่มีจำนวนการคูณข้อมูลน้อยลง แต่ให้ผลถูกต้องเหมือนกัน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาการทำงานของ Converter ทั่วไป และ MPPT Converter

1.3.2 ออกแบบและสร้างวงจรคอนเวอเตอร์กำลังให้เหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าที่ต้องการที่ได้จากแผง PV

1.3.3 ปรับปรุงชุด MPPT Close Loop Control โดยการใช้ dP/dV ของ P-V curve ซึ่งเป็นกราฟคุณลักษณะที่ได้จาก I-V curve

1.3.4 ทดสอบพลังงานที่ได้ของระบบโดยใช้แบตเตอรี่เป็น โหลด แล้วหาประสิทธิภาพของระบบที่เพิ่มขึ้น

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

ทำการพัฒนาระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ MPPT คอนเวอร์เตอร์เพื่อทดสอบการเก็บพลังงานเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิง ที่เวลาเดียวกันโดยจำกัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางดินฟ้าอากาศให้เหมือนกัน แล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์พลังงานที่เพิ่มขึ้นสำหรับวิเคราะห์หาความเหมาะสมต่อการแปลงพลังงาน รวมทั้งประสิทธิภาพของระบบต่อไป

1.5 สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นการแก้ปัญหาในการแปลงพลังงาน โดยการควบคุมขนาดของกระแสแรงดันให้แทรกอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้การแปลงพลังงานคุ้มค่ากับขนาดของแผงมากที่สุด ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมดีขึ้น คุ้มค่าในการลงทุนมากขึ้น

1.5.2 ทำให้สามารถนำโซลาร์โมดูลมาใช้ร่วมกับโหลดโดยหลากหลายมากขึ้น โดยไม่ต้องคำนึงถึงผลกระทบจาก I-V Characteristic มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 สามารถผลิตบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ มีความเชี่ยวชาญ และความเข้าใจในในระบบพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อรองรับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าในอนาคต

1.5.4 ทำให้เกิดการสร้างงานในประเทศ ที่มีเทคโนโลยีทัดเทียมกับต่างประเทศในราคาถูก

1.5.5 นักศึกษาได้มีความเชี่ยวชาญในการวิจัยเพื่อพัฒนาขั้นสูงต่อไป หรือสามารถนำผลงานในการวิจัยไปใช้ในการประกอบอาชีพได้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1.6.1 ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ และคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ แต่ละชนิด ที่มีการใช้งานกันอยู่

1.6.2 ทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาคุณสมบัติ และคุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะการใช้ต่างๆ

1.6.3 ทำการออกแบบและจัดสร้างชุดอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อทดสอบการทำงานของระบบในสภาวะการใช้งานจริง โดยใช้ฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิมซึ่งได้จากการทดสอบระบบเป็นระยะเวลานานใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการพิจารณา

1.6.4 ทดสอบชุดอุปกรณ์ต้นแบบ และทำการเก็บบันทึกผลข้อมูลต่างๆ

1.6.5 แก้ไขและปรับปรุงระบบให้มีเสถียรภาพและมีความน่าเชื่อถือได้ สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.6 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน พร้อมทั้งนำเสนอผลงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้งาน

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกเป็นอย่างมาก โดยมนุษย์เองได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในทางตรงและทางอ้อม การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในทางตรง อันได้แก่ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ (Photovoltaic System หรือ PV System) และเป็นหัวข้อที่จะนำกล่าวถึงอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า สำหรับนำไปใช้งานได้โดยตรง ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ (Photovoltaic System) เป็นกระบวนการใช้ประโยชน์จากการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นไฟฟ้าได้โดยตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ ปัจจุบันการใช้งานระบบดังกล่าวมีการขยายตัวเป็นอย่างมาก นับได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนในรูปแบบหนึ่งที่มีความคุ้มค่าและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนพลังงานที่ได้จากรูปแบบอื่น ๆ ที่เกิดจากการแปรสภาพของซากพืชซากสัตว์ ที่ใช้งานกันอยู่ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์มีการเริ่มใช้งานมาเป็นระยะเวลาาน โดยมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ระบบดังกล่าวตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา และในปี ค.ศ. 1960 มีการวิจัยและพัฒนาให้นำไปใช้งานเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในอุตสาหกรรมด้านอวกาศ ส่วนการใช้งานตามบ้านเรือนทั่ว ๆ ไป และในงานด้านอื่น ๆ ขณะนั้นยังไม่แพร่หลายนัก เนื่องจากมีต้นทุนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานในรูปแบบอื่น ๆ

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์อย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรมส่งผลให้เทคโนโลยีทางด้านสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำจำพวก ซิลิกอน มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วอีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญและเป็นทางเลือกของการใช้พลังงานในรูปแบบหนึ่ง ในช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันในปี ค.ศ. 1970 อีกด้วย การใช้งานที่แพร่หลายของเซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรก ๆ คือใช้เป็นแหล่งพลังงาน สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กเช่น เครื่องคิดเลข และนาฬิกา เป็นต้น

ไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ยังถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในพื้นที่ห่างไกล บริเวณที่เป็นป่าไม้ และภูเขา รวมทั้งตามหมู่เกาะต่าง ๆ ในท้องทะเล ที่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าไม่สามารถเข้าไปถึงได้ อันเนื่องจากการลงทุนเดินสายไฟและติดตั้งระบบที่สูงมากนั่นเอง จากการสำรวจข้อมูลของการไฟฟ้าพบว่าประเทศไทยยังมีบ้านเรือนประชาชนในพื้นที่ห่างไกลที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้อีกหลายพันหลังคาเรือน ด้วยเหตุนี้การที่จะนำระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบติดตั้งใช้งานในพื้นที่ห่างไกล ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้าปกติเข้าไปไม่ถึงเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและวางระบบไฟฟ้า ทั้งยังตอบสนองต่อความต้องการและอำนวยความสะดวกให้แก่ประชาชนได้อย่างทั่วถึงอีกด้วย

2.1.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด โดยแบ่งออกได้หลายชนิดดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน
2. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน
3. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส
4. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบกึ่งตัวนำ

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ปัจจุบันมีการผลิตใช้งานกันมากที่สุด เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอนนั้นทำมาจากซิลิกอนที่มีระนาบเดียวกันตลอดทั้งชิ้นงาน โดยที่ความหนาของแผ่นซิลิกอนนั้นมีค่าน้อย ทำให้น้ำหนักเบาและเป็นวัสดุที่ทนต่อแรงเค้นแม้จะมีความหนาเพียง 50 μm ก็ยังคงสภาพเป็นแผ่นได้ดี เซลล์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าเซลล์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน และแบบอะมอร์ฟัส โดยที่ลักษณะสมบัติการผลิตพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานน้อยมาก อายุการใช้งานนานถึง 20 ปี ข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้จะมีบ้างก็คือ เนื่องจากผลึกซิลิกอนมีช่องว่างแถบพลังงานชนิดไม่ตรง (indirect band gap) ดังนั้นสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงมีค่าน้อย การผลิตจึงต้องผลิตให้หนาพอสมควร ซึ่งความหนาจะอยู่ประมาณ μm ขึ้นไป โดยที่การผลิตนั้นทำได้ง่าย ซึ่งใช้เทคโนโลยีการสร้าง IC ในการทำรอยต่อพี-เอ็น ซึ่งมีความก้าวหน้าไปมากในปัจจุบัน โดยในทางทฤษฎีแล้วเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงถึง 44 % แต่ในทางปฏิบัติจริงเซลล์ชนิดนี้จะมีการสูญเสียต่างๆ เกิดขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์มีค่าต่ำลง

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน

เซลล์ชนิดนี้ทำมาจากซิลิกอนที่ในผลึกจะมีระนาบของผลึกหลายชนิดปนอยู่ในระนาบเดียวกัน เมื่อดูด้วยตาเปล่าจะเห็นความแตกต่างของสีของแต่ละระนาบอย่างชัดเจน อาณาเขตของผลึกเรียกว่า “เกรน” (grain) เทคโนโลยีปัจจุบันนี้สามารถผลิตโพลีซิลิกอนให้มีเกรนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่หลายสิบลไมครอนถึงหลายพันไมครอน ถ้าเกรนมีขนาดใหญ่กว่าความหนาของเซลล์ พาหะโฟโตที่เกิดจากแสงสามารถเดินทางผ่านรอยต่อพี-เอ็น ออกสู่วงจรรภายนอกเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้ก็คือมีพันธะของซิลิกอนที่มีแขนขาอยู่มาก ซึ่งไม่มีซิลิกอนอะตอมอื่นมาเกาะพันธะด้วย ซึ่งพันธะแขนขานี้จะเป็นตัวทำให้เกิดสถานะจุดบกพร่อง (defect state) ซึ่งสถานะจุดบกพร่องนี้จะเป็นตัวกักจับพาหะข้างน้อยจากแสงไม่ให้เดินทางออกสู่วงจรรภายนอก และส่งผลทำให้เวลาอายุ (life time) ของพาหะข้างน้อยลดลง และที่ขอบของเกรนจะทำให้เกิดแถบพลังงานที่ขอบของเกรนเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะเป็นแบบฟิล์มบาง ซึ่งสร้างมาจากอะมอร์ฟัสซิลิกอน ซึ่งเป็นซิลิกอนที่เรียงตัวกันแบบไม่เป็นระเบียบหรือเป็นระเบียบในช่วงระยะสั้นของอะตอมแต่ไม่เป็นระเบียบในช่วงระยะยาวของอะตอม ซึ่งการเรียงตัวของอะตอมอย่างเป็นระเบียบในช่วงระยะสั้นของอะตอมจะทำให้มีคุณสมบัติคล้ายผลึก แต่ในขณะที่การเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบในช่วงระยะยาวของอะตอมนี้จะทำให้มีคุณสมบัติต่าง ๆ แปรลกออกไปเช่น ค่าคงที่ต่าง ๆ ทางฟิสิกส์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และคุณสมบัติทางฟิสิกส์จะเหมือนกันตลอดทุกทิศทางของวัสดุ ข้อดีของอะมอร์ฟัสซิลิกอน ก็คือ มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี ราคาถูกและประหยัดพลังงาน มีความไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำจึงใช้กับแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ สามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์อย่างอื่นอีกเช่น ตัวตรวจจับแสงสีต่างๆ

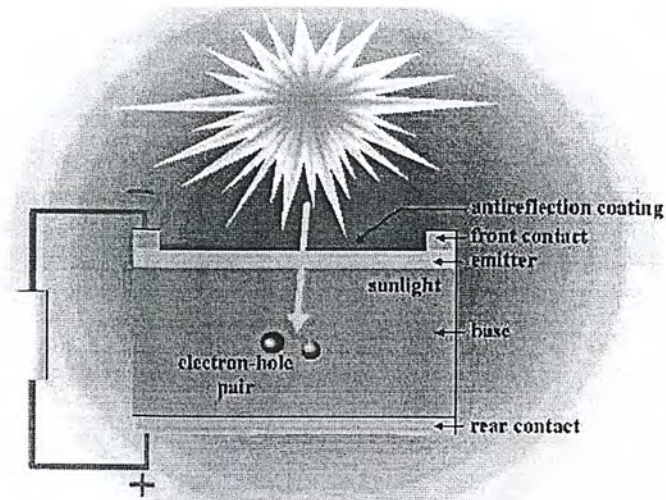
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบกึ่งตัวนำ

เซลล์ชนิดนี้สร้างจากสารประกอบกึ่งตัวนำตระกูล III-V เช่น GaAs และ InP และสารประกอบกึ่งตัวนำตระกูล II-VI เช่น Cds, DdTe ซึ่งผลิตขายในเชิงอุตสาหกรรมแล้ว โดยมากเซลล์ที่สร้างจาก GaAs และ InP จะใช้กันมากในอวกาศ โดยเฉพาะ InP นั้นจะมีคุณสมบัติทนต่อรังสีได้ดี ข้อดีของเซลล์จำพวกนี้คือ เซลล์มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากสารที่นำมาทำเซลล์มีค่าช่องว่างพลังงานที่สูงประมาณ 1.4-1.5 eV และมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงสูงเนื่องจากเป็นแสงที่มีช่องว่างแถบพลังงานแบบตรง (direct band gap) ซึ่งสามารถทำเป็นแบบฟิล์มบางได้ โดยถ้าเทียบเป็นประสิทธิภาพที่ 15 % จะต้องใช้ซิลิกอนที่มีความหนาถึง $100\mu\text{m}$ ในขณะที่ใช้ GaAs จะใช้ความหนาเพียง $10\mu\text{m}$ เซลล์ชนิดนี้จะมีควมทนทานต่อรังสีสูง และทำงานได้ดีในความเข้มสูงๆ คุณสมบัติเด่นอีกข้อหนึ่งก็คือ สามารถสร้างเป็นหลายๆ ชั้น ได้จะทำให้สามารถมีศักยภาพในการดูดกลืนคลื่นแสงในลักษณะสเปกตรัมที่กว้างได้ดี

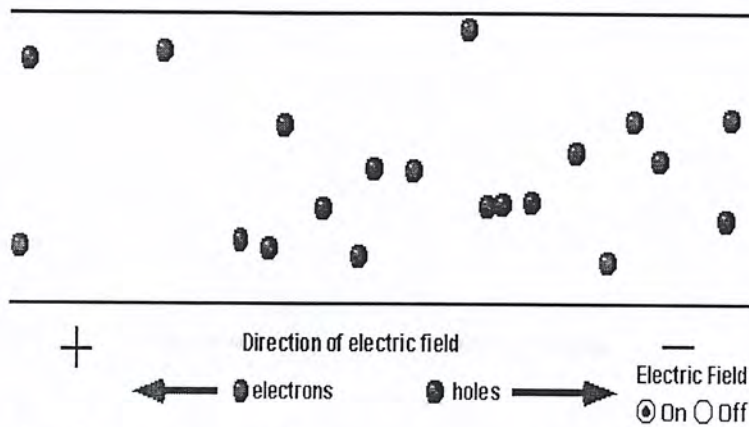
2.1.3 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพีมาต่อเข้าด้วยกันนั้น จะได้ลักษณะของแถบพลังงานซึ่งอยู่ในสถานะของสมดุลความร้อน และเมื่อมีแสงมาตกกระทบที่บริเวณปลอดพาหะนั้นจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนโฮลขึ้น ดังรูปที่ 2.1 ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับพลังงานแสงด้วยว่าจะเพียงพอที่จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนสามารถที่จะเปลี่ยนระดับพลังงานขึ้นไปยังแถบความนำได้หรือไม่ ถ้าพลังงานมากพอที่จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานขึ้นไปยังแถบความนำได้และจะเหลือโฮลไว้ที่แถบวาเลนซ์ ที่บริเวณปลอดพาหะนั้นจะมีสนามไฟฟ้าอยู่ ซึ่งมีทิศทางจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นไปยังสารกึ่งตัวนำชนิดพี สนามไฟฟ้านี้เองจะเป็นตัวทำให้อิเล็กตรอนที่เกิดจากแสงให้เคลื่อนที่ไปยังด้านเอ็น ในขณะที่เดียวกันโฮลก็จะเคลื่อนที่ไปยังด้านพี โดยการเคลื่อนที่ของประจุพาหะอิเล็กตรอนและโฮลภายใต้สนามไฟฟ้าได้แสดงดังรูปที่ 2.2

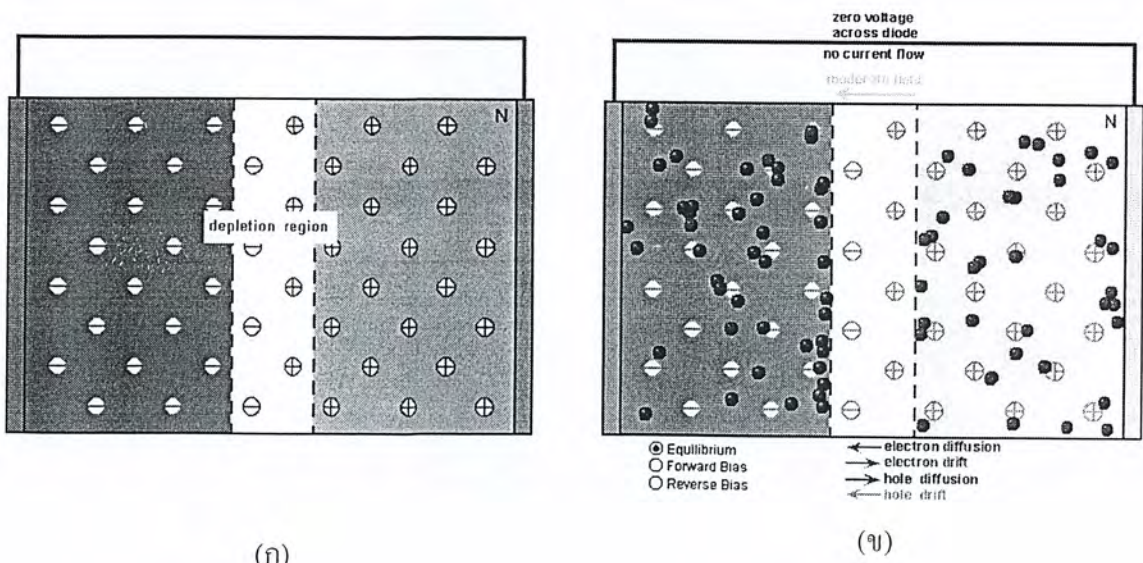
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การเกิดคู่อิเล็กตรอน และ โฮลขึ้นเมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบบนเซลล์



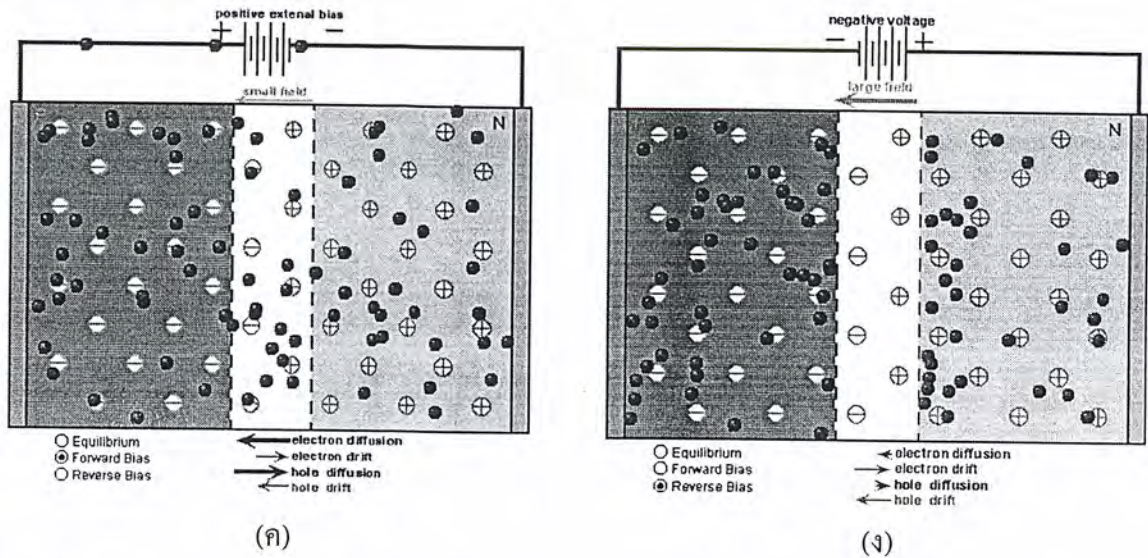
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของประจุพาหะอิเล็กตรอนและ โฮลภายใต้สนามไฟฟ้า



(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของประจุพาหะอิเล็กตรอนและโฮลในสารกึ่งตัวนำที่สภาวะต่างๆ

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ก) สภาพปกติ | ข) ที่สภาวะสมดุล |
| ค) การกระตุ้นแบบ forward bias | ง) การกระตุ้นแบบ reverse bias |

2.1.4 คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

จากกราฟคุณลักษณะกระแสกับแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ จะพบว่า เซลล์จะจ่ายกระแสออกมามากที่สุดเมื่อเซลล์ถูกลัดวงจรซึ่งให้มามีค่าเป็น I_{sc} แรงดันเอาต์พุตจะเป็นศูนย์ และ เซลล์จะจ่ายแรงดันไฟฟ้ามากที่สุด เมื่อเซลล์ถูกเปิดวงจรออก ซึ่งให้มามีค่าเป็น V_{oc} กระแสเอาต์พุตเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างกระแสและแรงดันแล้ว จะพบว่า จะมีอยู่จุดหนึ่งที่ค่าผลคูณของกระแสและแรงดันมีค่าสูงสุด ดังในรูปที่ 2.4 จุดนี้จะเรียกว่าจุดพลังงานสูงสุดที่เซลล์ จ่ายออกมา ให้กระแสและแรงดันที่จุดนี้มีค่าเป็น I_m และ V_m ตามลำดับถ้าเรานำไปให้กับแหล่งรับพลังงานหรือโหลด ที่มีความต้านทานพอดีกับจุดนี้ เซลล์จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดมีค่าสูงสุด ค่าความต้านทานของโหลดที่เหมาะสมนี้จะคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่าง V_m ต่อ I_m เพราะฉะนั้นค่าความต้านทานโหลดคือ V_m / I_m

ผลคูณของกระแสและแรงดันที่จุดพลังงานสูงสุดจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชันในกราฟ คือ ถ้ากราฟมีความชันมากลักษณะกราฟที่ได้จะใกล้เคียงกับสี่เหลี่ยมมาก ผลคูณของกระแสและแรงดันก็จะมีค่ามากตามไปด้วย การที่กราฟของเซลล์แสงอาทิตย์มีความชันแตกต่างกันนั้น เป็นผลมาจากความต้านทานภายในเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละเซลล์นั้นมีความแตกต่างกัน จากกราฟคุณสมบัติของเซลล์นี้จะมีค่า ค่าหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นว่าเซลล์สามารถจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากเท่าใด ค่านี้จะเรียกว่าค่า "ฟิลแฟกเตอร์" (F.F. : Fill Factor) ของ

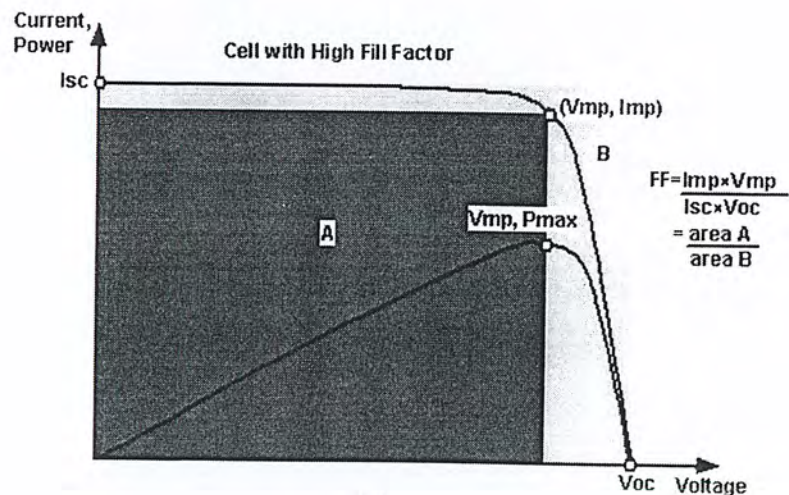
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์ ซึ่งคิดมาจากอัตราส่วนระหว่างพลังงานสูงสุดที่ได้จากเซลล์จริงๆ ต่อพลังงานสูงสุดที่ได้จากเซลล์ในทางอุดมคติ

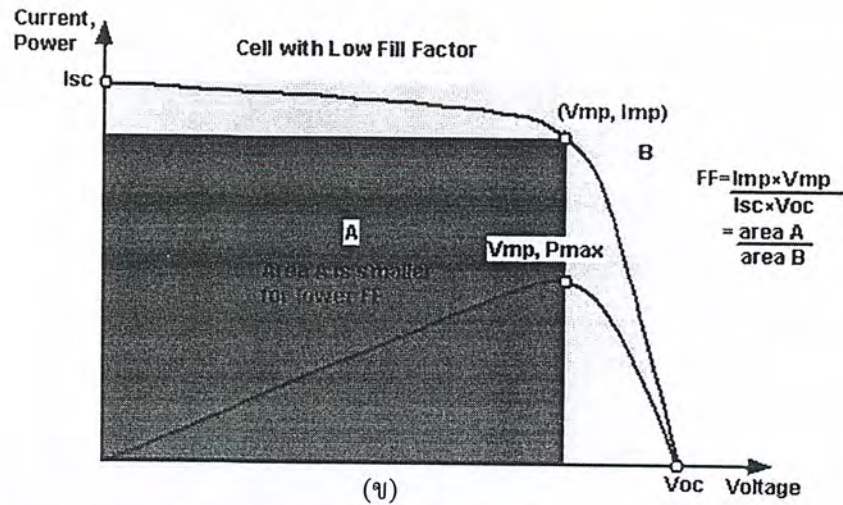
$$F.F = \frac{P_m}{P_o} = \frac{I_m * V_m}{I_{sc} * V_{oc}} \quad (2.1)$$

เมื่อ	$F.F.$	คือ	ค่าฟิลแฟกเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์
	P_m	คือ	พลังงานสูงสุดที่ได้รับจากเซลล์จริงๆ
	I_m	คือ	กระแสสูงสุดที่ได้รับจากเซลล์
	V_m	คือ	แรงดันสูงสุดที่ได้รับจากเซลล์
	P_o	คือ	พลังงานสูงสุดที่ได้รับจากเซลล์ในทางอุดมคติ
	I_{sc}	คือ	ค่ากระแสลัดวงจร
	V_{oc}	คือ	แรงดันขณะวงจรเปิด

จะเห็นได้ว่าค่าฟิลแฟกเตอร์มีค่าสูงสุดไม่เกิน 1 ถ้าค่าฟิลแฟกเตอร์มีค่าใกล้เคียง 1 มาก แสดงว่า เซลล์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาใกล้เคียงกับเซลล์แสงอาทิตย์ทางอุดมคติมาก โดยพลังงานจะอยู่ในฟังก์ชันของแรงดันภายใต้ I-V curve ค่ากำลังที่ได้สูงสุดนั้นจะอยู่ภายในสี่เหลี่ยมผืนผ้าของพื้นที่ใต้โค้งนั้นที่จุดกำลังสูงสุด (P_{mp}), กระแสสูงสุด (I_{mp}) และแรงดันสูงสุด (V_{mp}) ในอุดมคติเซลล์ควรจะทำงานภายใต้ค่า ณ. จุดกำลังสูงสุดนี้



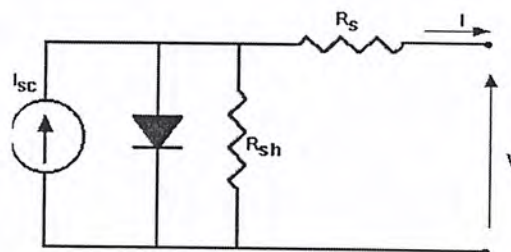
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การพิจารณากากราฟคุณลักษณะเฉพาะ เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงค่าฟิลแฟกเตอร์ และจุดกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

ก) เมื่อค่าฟิลแฟกเตอร์มีค่าสูง ข) เมื่อค่าฟิลแฟกเตอร์มีค่าต่ำ

เพื่อที่จะเข้าใจคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เราจะพิจารณาจากวงจรสมมูล (Equivalent circuit) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายกระแสที่ นั่นก็คือ กระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากแสง (I_L) ความต้านทานอนุกรมภายในเซลล์ (R_s) ความต้านทานขนาน (R_{sh}) และรอยต่อพี-เอ็นของไดโอด กระแส I_L ที่เกิดเนื่องจากแสงนี้จะถูกแบ่งไหลผ่านไดโอด และ R_{sh} แล้วจึงไหลมายังโหลด (R_L) กระแสที่ไหลผ่าน R_s และ R_L ให้มีค่าเป็น I_o



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.5 ตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

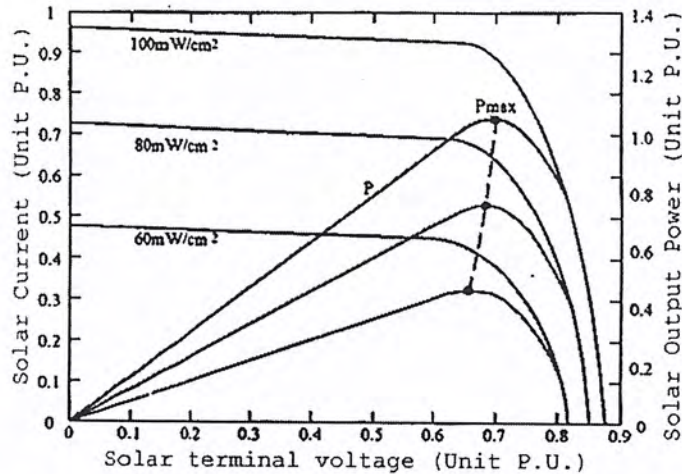
การออกแบบระบบและการทำงานของ เซลล์แสงอาทิตย์ อยู่บนรากฐานของคุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันและกระแสเซลล์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเซลล์ (Cell Temperature) ค่าต่าง ๆ สำหรับจุดประสงค์ในการออกแบบระบบ รูปแบบจะถูกจัดให้อยู่ในการคำนวณค่าเฉลี่ยของกระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าของเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้ช่วงสภาวะการใช้งานที่ถูกระบุไว้และคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ต้องการข้อมูลจากผู้ผลิต เซลล์แสงอาทิตย์ นั้น ๆ ด้วย

ผลของความเข้มแสงที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์

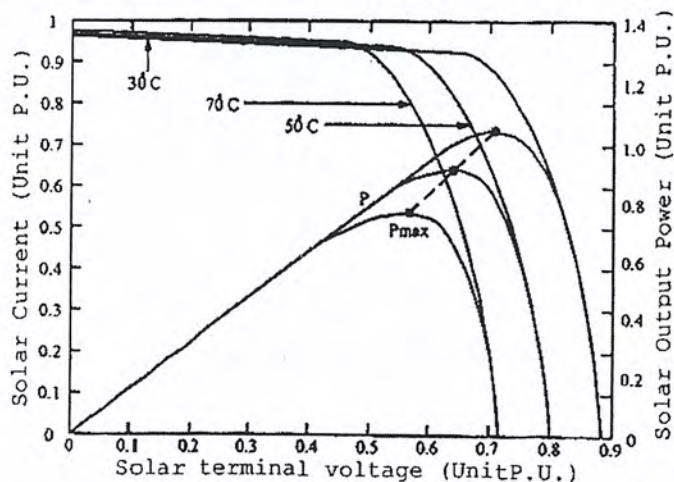
ความเข้มแสงจะมีผลกับการจ่ายกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งความเข้มแสงมีผลแบบแปรผันตรงต่อปริมาณกระแสมากกว่าแรงดันจะ ส่งผลต่อกำลังเอาต์พุทของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ผลของความเข้มแสงต่อการเปลี่ยนคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากความร้อนนี้ก็มีผลต่อกระแสและแรงดันที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ตามรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุทของเซลล์แสงอาทิตย์มีความอ่อนไหวแบบผกผันกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ส่วนกระแสที่อุณหภูมิมีผลต่อกระแสไม่มากนัก



รูปที่ 2.7 ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

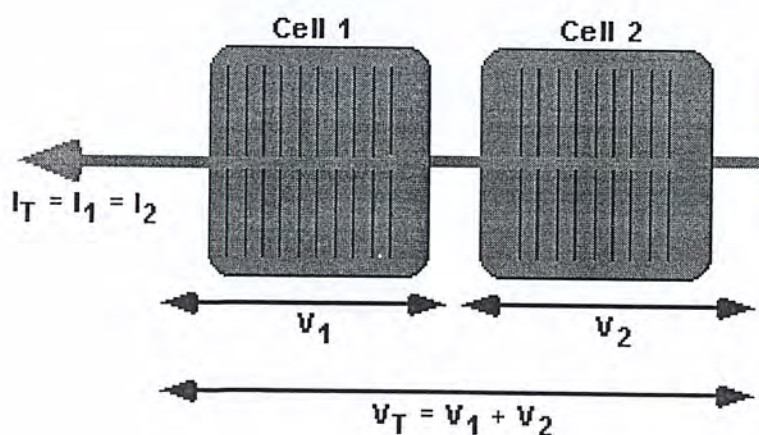
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การศึกษาผลการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อถูกนำไปใช้งานจะถูกต่อร่วมกันเป็นโมดูล และหลายๆ โมดูลจะถูกต่อเป็นอาร์เรย์ โมดูลแต่ละโมดูล จะประกอบด้วยเซลล์ที่ต่อแบบขนานและอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันที่ต้องการ และอาร์เรย์จะประกอบด้วยหลายๆ โมดูลที่นำมาต่ออนุกรมและขนานกัน สำหรับการบ่งชี้โมดูลหรือเซลล์ที่จะต่อแบบอนุกรมจะถูกกำหนดด้วยค่าแรงดัน และเมื่อต่อแบบขนานกระแสจะเป็นตัวกำหนด ถ้าไม่มีการระบุลักษณะเฉพาะของเซลล์ และโมดูลจะเป็นการยากมากในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ตามความต้องการของโหลดภาระ

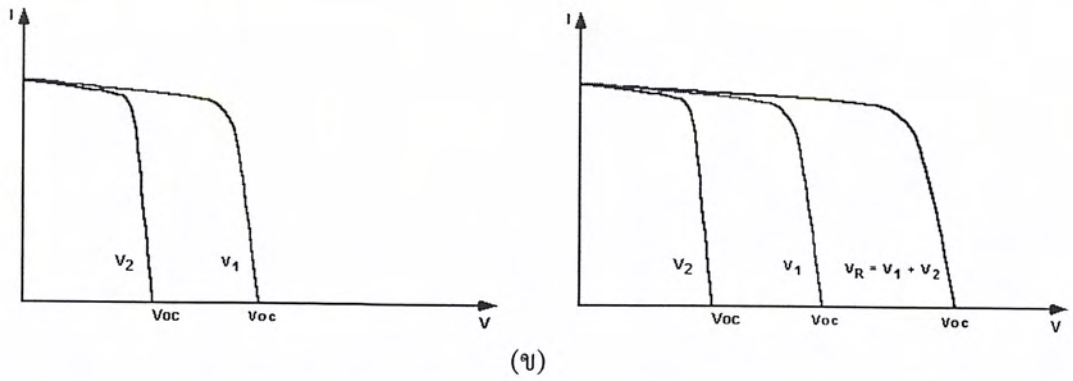
การต่อเซลล์ในลักษณะเป็นโมดูลมาตรฐานทำให้สะดวกในการใช้งาน และการผลิตเป็นอุตสาหกรรมก็สามารถควบคุมกระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐานแน่นอน โมดูลจะถูกนำมาประกอบโดยการเชื่อมต่อเซลล์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วและต่อสายไฟออกมาภายนอก ตัวโมดูลถูกประกอบด้วยชั้นพลาสติกกับกระจกปิดทับพร้อมกับการนำไปใช้งานได้ การต่อเซลล์ในรูปแบบอนุกรม/ขนาน (หรือขนาน/อนุกรม) นั้นจะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดที่สำคัญอันหนึ่ง คือความน่าเชื่อถือ อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าจะต้องแน่ใจว่าแผงเซลล์มีความปลอดภัยและใช้งานได้แน่นอน ถึงแม้จะใช้งานสนามเซลล์ในกรณีที่เลวร้าย เช่น เซลล์บางตัวเกิดชำรุด (เซลล์มีการเปิดวงจรหรือลัดวงจร) หรือเกิดเงาบังเซลล์บางส่วนของแถวลำดับเซลล์แสงอาทิตย์

ในวงจรที่มีเซลล์ต่อแบบอนุกรมและขนาน ชุดของเซลล์ที่ต่อดังในรูปที่ 2.8 เมื่อนำมาต่ออนุกรมเพิ่มขึ้นจำนวนหนึ่งจนได้แรงดันมาตรฐานดังที่กล่าวมาแล้ว เรียกว่า โมดูลจัดเข้าแผงได้ ก็เช่นเดียวกันเซลล์จำนวนหนึ่งต่อขนานกันเรียกว่า ชับ โมดูล เอาชับ โมดูลจำนวนหนึ่งต่ออนุกรมกันจนได้แรงดันมาตรฐาน เรียกว่า โมดูล หรือสตริง (Strings) ดังในรูปที่ 2.9



(ก)

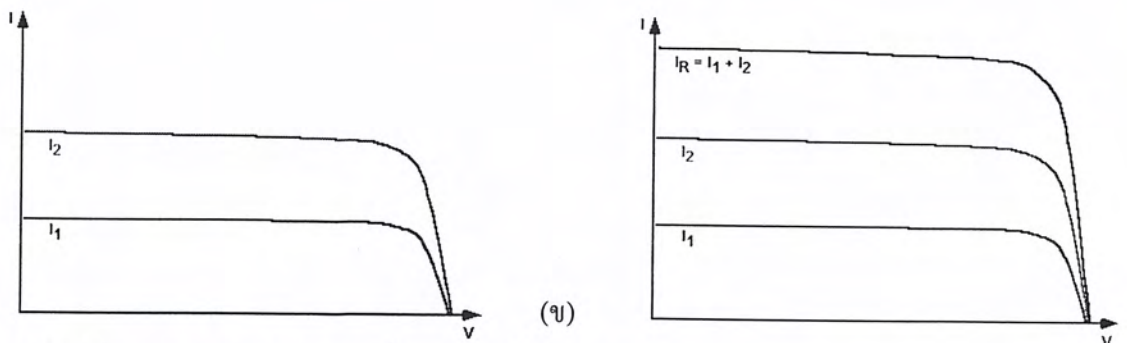
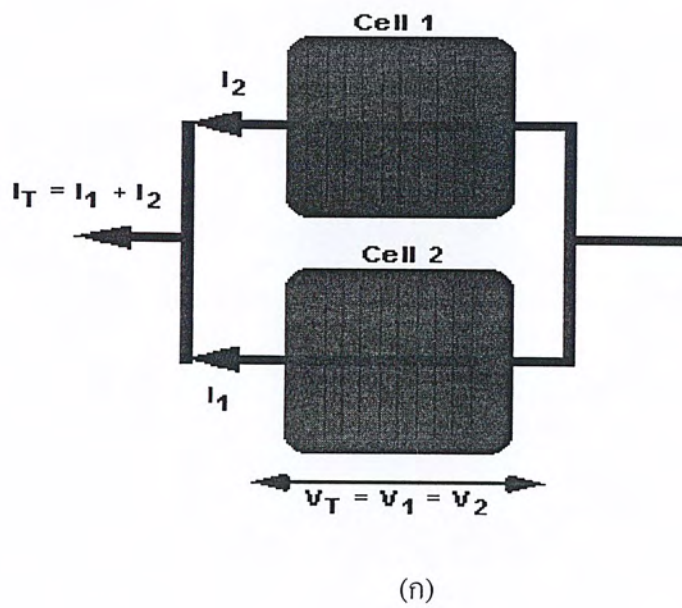
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 คุณลักษณะของการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม

ก) การต่อเซลล์ร่วมกันแบบอนุกรม

ข) การเปลี่ยนแปลงกราฟคุณลักษณะจากผลการต่อร่วมเซลล์แบบอนุกรม



รูปที่ 2.9 คุณลักษณะของการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน

ก) การต่อเซลล์ร่วมกันแบบขนาน

ข) การเปลี่ยนแปลงกราฟคุณลักษณะจากผลการต่อร่วมเซลล์แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน

ในด้านเทคนิคการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานเป็นระบบพลังงานไฟฟ้า เพื่อกำเนิดไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้โหลดหรืออัดประจุให้กับแบตเตอรี่นั้น ผู้ออกแบบ และผู้ใช้งานจำเป็นต้องเข้าใจในข้อจำกัดของการเป็นแหล่งกำเนิด แบบ Current-Voltage Source คือแหล่งจ่ายที่มีค่ากระแส หรือแรงดันคงที่ ในโหลดย่านใดย่านหนึ่ง ตามความสัมพันธ์ของ รอยต่อ P-N ดังนั้นหากหาจุดเหมาะสมที่ต้องควบคุมกระแส และแรงดันให้ทำงานในย่าน ที่ให้ผลคูณของกระแสแรงดันมากที่สุด หรือเข้าใกล้จุด P_{max} ก็จะทำให้สามารถแปลงพลังงานแสง เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ดี

การควบคุมดังกล่าวต้องอาศัยวงจรคอนเวอร์เตอร์ ให้สามารถรักษาระดับแรงดัน เอาพุทของโซลาร์เซลล์ให้อยู่ในย่านแรงดันที่สามารถแปลงพลังงาน ได้ใกล้เคียงกับ P_{max} และปรับระดับแรงดันเอาท์ พุทของคอนเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับโหลด โดยอาศัยการ Feed-Back กระแส และแรงดันเพื่อประมวลผลสำหรับสร้างสัญญาณขับคอนเวอร์เตอร์ โดยให้มีควิตีไซเคิลที่รักษาระดับแรงดันของ โซลาร์เซลล์ให้ทำงานในย่าน P_{max} นั้นเอง

ปัจจุบันมีงานวิจัยเพื่อสร้างชุดคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถทำงานร่วมกับแผงโซลาร์ แบบเมกซิซึมพาวเวอร์พอยท์โดยใช้การควบคุมในหลายเทคนิค แต่ใน โครงานานี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ เพื่อสร้างพัลส์สำหรับรีกิวลาร์คอนเวอร์เตอร์ที่ง่าย และรวดเร็ว โดยการออกแบบให้ลดจำนวนครั้งของการคูณของข้อมูลในการประมวลผลของวงจรกำเนิดพัลส์

2.2 แบตเตอรี่

2.2.1 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์

แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด แบตเตอรี่ถือเป็นอุปกรณ์สะสมพลังงานที่สำคัญสำหรับระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ และมีขนาดใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ที่ใช้งานในรถยนต์ทั่วไป แบตเตอรี่แบบนี้ถูกผลิตขึ้นสำหรับงานที่หลากหลายโดยผู้ผลิตจะบอกคุณสมบัติต่างๆ ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่แบบนี้ก็มีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ต้องการการดูแลรักษาบ่อย, ต้องคอยดูระดับน้ำกรดที่หายไประหว่างการใช้งาน, น้ำหนักมากจึงขนย้ายลำบากและเสียค่าก่อสร้างสำหรับวางแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น แต่ที่แบตเตอรี่แบบนี้มีใช้งานกันมากในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน, อายุการใช้งานนาน และราคาไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่แบบแห้ง

Advanced Batteries แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นระบบ zin/bromine ข้อได้เปรียบของแบตเตอรี่แบบนี้คือ มีราคาต่ำ, น้ำหนักเบาเนื่องจากหลอมจากพลาสติกทำให้ขนย้ายง่าย, ทนทาน, ใช้งานได้ในหลายรูปแบบ แต่ข้อด้อยคือ ต้องการการดูแลรักษาสูงซึ่งต้องบำรุงรักษาปั๊มที่ใช้สำหรับหมุนเวียนสารละลายที่ใช้ทำปฏิกิริยา, และประสิทธิภาพใช้งานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nickel-Cadmium Battery (Ni-Cd) ถ้าพิจารณาเฉพาะคุณสมบัติของแบตเตอรี่แล้ว แบตเตอรี่แบบนี้เป็นแบตเตอรี่ที่เหมาะสมอย่างยิ่งในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์อย่างมาก เนื่องจากไม่มีปัญหาจากการใช้ที่ deep cycle เลย แต่ข้อเสียคือ มีราคาแพง และหาได้ยาก จึงถูกจำกัดการใช้งานในระบบเล็กๆ เท่านั้น

2.2.2 การเลือกใช้และการออกแบบแบตเตอรี่

คุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์

1. มี Cycle life สูง สำหรับการใช้งานแบบ Deep cycle
2. ต้องการการบำรุงรักษาค่า ประสิทธิภาพในการชาร์จสูง
3. มีความสามารถที่จะดำรงอยู่ในสภาวะที่ถูกปล่อยประจุจนหมด
4. อัตรา self-discharge ต่ำ
5. มีความเชื่อถือได้สูง (reliable)
6. อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมีผลให้การทำงานของแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

น้อย

ปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการพิจารณาเลือกแบตเตอรี่สำหรับการสร้างระบบจริง

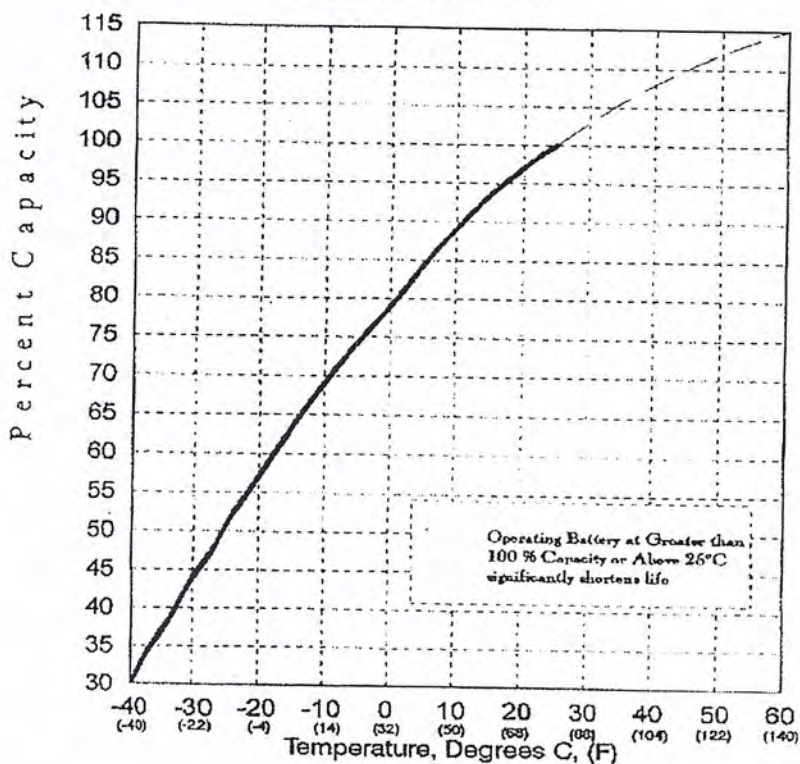
1. หาง่าย หรือมีเพียงพอให้นำไปใช้งานได้
2. ระยะเวลา และราคาในการขนส่งไปยังบริเวณที่ติดตั้ง (ในกรณีระบบมีขนาดใหญ่)
3. การบำรุงรักษาระหว่างใช้งาน
4. น้ำหนัก
5. ราคาและความง่ายในการหาซื้ออุปกรณ์ควบคุม ถ้าหากจำเป็นต้องใช้

สำหรับในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์นั้นส่วนใหญ่ที่ใช้จะใช้แบตเตอรี่แบบ Deep Cycle Lead Acid เพราะความจุของแบตเตอรี่ที่สูงเพื่อลดจำนวนแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ส่วนใหญ่จะแบ่งตามขนาด 2 โวลต์, 6 โวลต์, 12 โวลต์ และ 24 โวลต์ สำหรับการเลือกขนาดแรงดันของเซลล์นั้น ควรจะเลือกขนาด 2 โวลต์ มากกว่าเซลล์ขนาด 6 โวลต์ หรือ 12 โวลต์ เพราะว่าแผ่นธาตุจะหนากว่า โดยปกติอายุการใช้งานของเซลล์ขนาด 2 โวลต์ จะประมาณ 2750 deep cycle เมื่อเปรียบเทียบกับ 700 deep cycle ของเซลล์ขนาด 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ อีกทั้งแบบ 2 โวลต์ ยังต้องการการบำรุงรักษาที่น้อยกว่า เพราะไม่ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยๆ สำหรับการตรวจสอบแบตเตอรี่นั้นทำได้โดยตรวจดูที่แรงดันเซลล์แต่ละเซลล์ได้ โดยแรงดันเซลล์ควรอยู่ภายใน 0.05 โวลต์ เช่น ค่าที่อ่านได้สูงสุดเป็น 2.15 โวลต์ ค่าที่อ่านได้ต่ำสุดเป็น 2.10 โวลต์ โดยถ้ามีค่าแตกต่างกันมากกว่านี้ควรจะเปลี่ยนแบตเตอรี่ แต่สำหรับการตรวจสอบโดยทั่วไปที่ใช้กับแบบ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ ทำได้โดยใช้ hydrometer อ่านค่าถ้ามีการประจุเต็มค่าที่อ่านได้ควรจะเป็น 1.270 จุด (specific gravity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

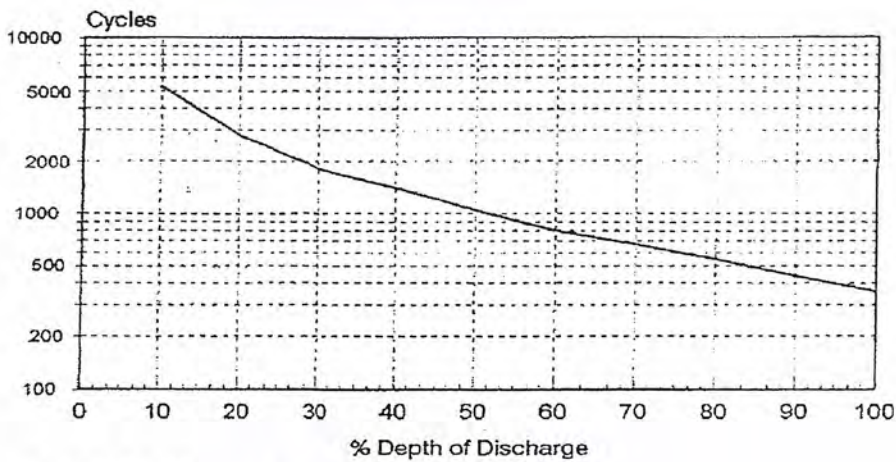
คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีความสำคัญในการพิจารณาออกแบบใช้งานในระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ โดยแรงดันเซลล์อยู่ในฟังก์ชันของอุณหภูมิ, อายุ, อัตราปล่อยประจุ, และชนิดของเซลล์ ในช่วงของการปล่อยประจุ แรงดันจะหล่นลงมาจากค่าเริ่ม 1.98 โวลต์ต่อเซลล์ ไปที่ 1.85 และ 1.65 โวลต์ต่อเซลล์ ขึ้นอยู่กับอายุและการใช้งาน ดังนั้นผู้ผลิตจะต้องระบุแรงดันต่ำสุดในการ หยุดใช้งาน สำหรับการปล่อยประจุแบบก้ำกึ่งที่คงที่นั้นกระแสของแบตเตอรี่จะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้เข้ากับแรงดันที่ลดลง โดยค่ากระแสสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ค่า end of discharge ส่วนในระหว่างช่วงเวลาในการอัดประจุแรงดันจะอยู่ในช่วง 2.2 โวลต์ต่อเซลล์ (ตอนเริ่มต้น) และสูงเท่ากับ 2.65 โวลต์ต่อเซลล์ ที่ end of charge โดยขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่ การระบุขนาดความจุของแบตเตอรี่จะอยู่ในรูปของ amp-hours (Ah) หรือ kilowatt-hours(kWh) โดยค่านี้จะบ่งบอกว่าเร็วแค่ไหนในการ ปล่อยประจุของแบตเตอรี่ที่ในรูปของค่า depth of discharge (DOD) โดยค่า depth of discharge ที่สูงๆ (มาก 70-80%) จะทำให้ส่งพลังงาน ได้สูงแต่จะมีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ดังรูปที่ 2.11 และการอัดประจุที่ไม่สมบูรณ์ก็เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่ลดลง ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรออกแบบให้มีการอัดประจุ และนำไปใช้งานที่เหมาะสม

CAPACITY
vs. Battery Temperature



รูปที่ 2.10 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความจุของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ค่าเปอร์เซ็นต์ Depth of Discharge

2.2.3 คำนิยามต่างๆ เกี่ยวกับแบตเตอรี่

1. Capacity หมายถึง ความจุของแบตเตอรี่

2. Ah units of capacity หมายถึง หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าความจุของแบตเตอรี่ คือหน่วย ampere-hour(Ah) ซึ่งวัดได้โดยขณะที่ปล่อยประจุให้กระแสไหลออกคงที่ค่าหนึ่ง แล้วนับเวลาจนกระทั่งปล่อยประจุหมด แล้วนำค่ากระแสคูณกับเวลา จะได้ค่า Ah เช่นแบตเตอรี่ที่มีความจุ 80 Ah สามารถจ่ายกระแส 8A เป็นเวลา 10 h หรือ สามารถจ่ายกระแสได้ 4 A เป็นเวลา 20 h จะเห็นว่าความจุที่วัดได้ จะขึ้นอยู่กับกระแสตอนปล่อยประจุ ซึ่งจะมีผลกับว่าแบตเตอรี่จะถูกใช้ไปเร็วแค่ไหน เมื่อกระแสปล่อยประจุเพิ่มขึ้น ความจุที่ได้รับจริงๆ จะเสมือนว่ามีค่าลดลง ดังนั้น ค่าความจุจึงถูกเจาะจงไว้เรียกว่า ค่า C rate ของกระแสปล่อยประจุซึ่งก็คือค่าความจุ(Ah)หารด้วยค่า discharge time (n) ซึ่งจะถูกเขียนด้วยตัวเล็ก เช่น แบตเตอรี่มีพิกัด 30 Ah ที่ C/10 หมายความว่าแบตเตอรี่นี้สามารถจ่ายกระแส 3A ได้ในเวลา 10 ชม.

3. Cycle depth หมายถึง เปอร์เซ็นต์ที่ใช้บอกว่า แบตเตอรี่ถูกใช้ไปมากเท่าไร ก่อนจะถูกชาร์จใหม่

- shallow cycle หมายถึง แบตเตอรี่ที่ปล่อยประจุออกไป น้อยกว่า 50 % ก่อนถูกชาร์จใหม่

- deep cycle หมายถึง แบตเตอรี่ที่ปล่อยประจุออกไป ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปก่อนจะถูกชาร์จใหม่

4. Cell life เมื่อใช้แบตเตอรี่ไปสักระยะหนึ่ง ความจุของการชาร์จจะลดลงเหลือ 80% ของแบตเตอรี่ตอนที่ซื้อใหม่ ซึ่ง 20% ที่สูญเสียไปนั้น มีสาเหตุมาจากวงจรการใช้งาน และอายุการใช้งาน จำนวนวงจรที่ชาร์จก่อนที่ความจุจะลดลงเหลือ 80 % จะเรียกว่า cycle life ซึ่งขึ้นอยู่กับ cycle depth, discharge current และอุณหภูมิ ในงานบางประเภทแบตเตอรี่จะถูกใช้น้อยมาก

เช่น นำไปใช้เป็น standby battery ซึ่งถูกชาร์จอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเกิดกรณีฉุกเฉินจึงจะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปล่อยประจุ แต่แบตเตอรี่เหล่านี้ จะมีความจุลดลงอย่างถาวร โดยอายุของมัน ซึ่งเราเรียกว่า calender life หรือ standby life ซึ่งวัดอยู่ในหน่วยปี และมีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และสภาวะแวดล้อมที่ใช้งานด้วย

2.2.4 การประจุแบตเตอรี่

ระดับแรงดันที่ใช้ประจุ

Flow Charge คือการประจุแบตเตอรี่ด้วยระดับแรงดันแบบธรรมดา มีค่าไม่สูง อยู่ที่ค่าประมาณ 2.13 – 2.25 V/Cell ในภาวะปกติของการประจุใช้ระดับแรงดันนี้

Equalizing Charge ในบางครั้งแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ ไม่ถูกใช้งานหรือใช้งานน้อยทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเสื่อมลง จึงต้องมีการกระตุ้นแบตเตอรี่บ้างประมาณ 72 ชั่วโมงต่อปี โดยระดับแรงดันที่ใช้ประจุประมาณ 2.3 – 2.55 V/Cell

End Of Cell Voltage

คือจุดต่ำสุดของแรงดันในการพิจารณาว่าแบตเตอรี่คายประจุหมดแล้ว มีค่าไม่แน่นอนประมาณ 1.5 – 1.8 V/Cell ถ้าหากปล่อยให้แบตเตอรี่คายประจุจนต่ำกว่าค่า End Of Cell แล้วจะทำให้แบตเตอรี่ตาย ไม่สามารถอัดประจุด้วยวิธีธรรมดาได้ ต้องประจุแบบรุนแรงเป็นจังหวะเพื่อทำให้แบตเตอรี่ฟื้น

ขนาดกระแสประจุสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้

เท่ากับ 0.15-0.2 ห้ามเกิน 0.4 CA คือ ขนาด 0.15-0.2 เท่าของแอมป์-ชั่วโมง (A.hr) ของสเปกแบตเตอรี่นั้นๆ เช่นแบตเตอรี่ขนาด 100 A.hr ขนาดกระแสประจุควรอยู่ที่ $0.2 \text{ CA} * 100 = 20\text{A}$

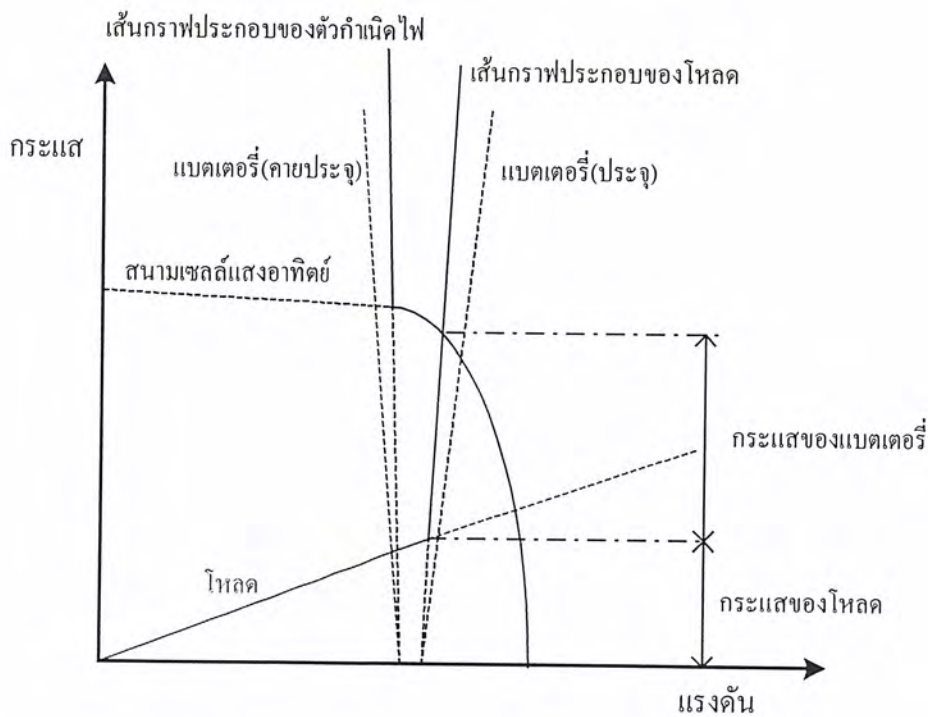
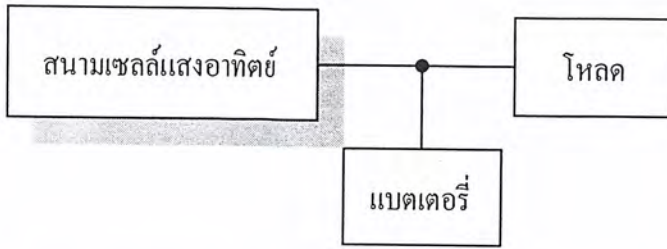
2.2.5 ความคู่ควรกันระหว่างสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่

พิจารณารูปแบบระบบอย่างง่ายอย่างในรูป 2.12 แบตเตอรี่ต่อขนานอยู่กับโหลดและสนามเซลล์แสงอาทิตย์ ไดโอดที่ต่ออนุกรมกับสนามเซลล์แสงอาทิตย์ใช้สำหรับกั้นมิให้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับเข้ามายังเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะที่แรงดันสูงสุดของสนามเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าของแบตเตอรี่ (เช่น ในช่วงกลางคืน) การทำงานของระบบขึ้นกับภาวะความสมดุลของกระแสที่จุดต่อร่วมของระบบ โดยแรงดันจะอยู่ที่อิทธิพลของแบตเตอรี่

$$I_{PV} = I_{Battery} + I_{Load} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเบตเตอรี่คิดเป็นบวกถ้ามันไหลเข้าเบตเตอรี่ และเป็นลบเมื่อไหลออกจากเบตเตอรี่ ในทางปฏิบัติอาจนับว่าเบตเตอรี่คล้ายกับเป็นโหลดตัวหนึ่งที่ต้องขนานกับโหลดจริง ๆ ถ้ามันกำลังอยู่ในสถานะการประจุ บางครั้งอาจพิจารณาว่าเป็นตัวกำเนิดไฟ ถ้ามันกำลังคายประจุให้โหลดอยู่



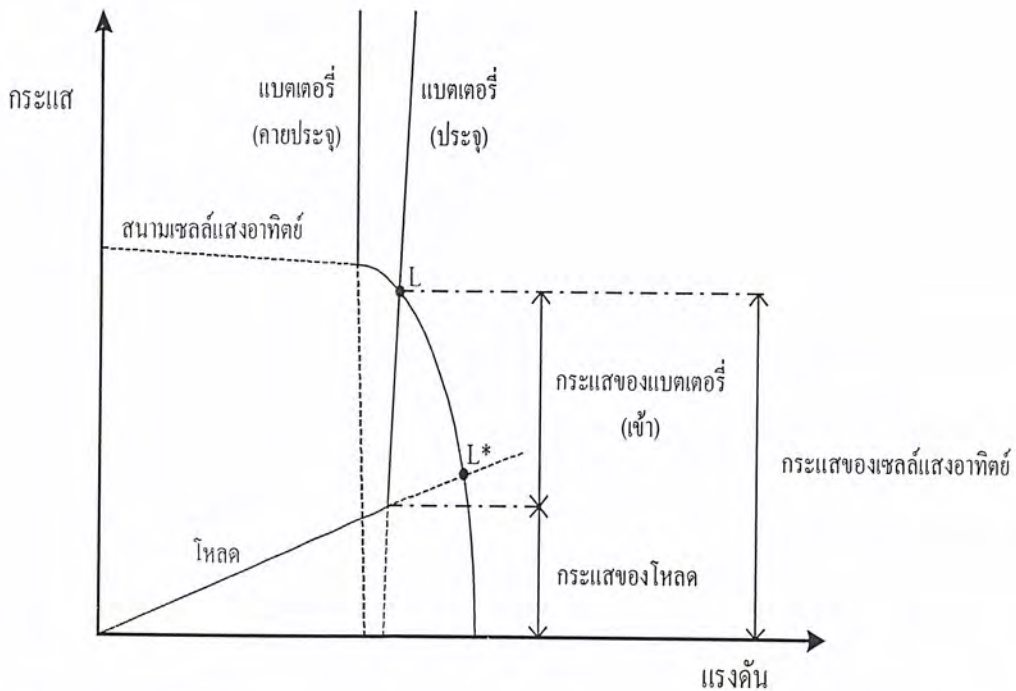
รูปที่ 2.12 การใช้กราฟวิเคราะห์ระบบที่ประกอบด้วยสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับเบตเตอรี่

เนื่องจากสภาวะการทำงานของเบตเตอรี่อาจเป็นไปได้ทั้งสองแบบ จึงสมควรที่จะรวมเส้นกราฟ I-V ของตัวกำเนิดไฟและโหลดทั้งหลาย แล้วใช้เส้นกราฟ I-V ของเบตเตอรี่ทั้งตอนกำลังประจุและคายประจุ การสร้างกราฟดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.13 ลักษณะเฉพาะประกอบของโหลดหาได้จากการรวมกระแสโหลด I_L และกระแสจากการประจุเบตเตอรี่ I_B (คิดในแต่ละค่าแรงดัน) ผลของการพล็อตขึ้นกับความต้องการของโหลดขณะแรงดันต่ำกว่าแรงดันวงจรเปิดของเบตเตอรี่ ส่วนที่แรงดันสูงกว่ามันจะขึ้นกับเส้นกราฟ I-V ของเบตเตอรี่ ในทำนองเดียวกันเรา

อาจพล็อตเส้นกราฟ I-V ประกอบของตัวกำเนิดไฟ โดยการรวมกระแสของสนามเซลล์แสงอาทิตย์ I_{PV} กับกระแสจากการคายประจุของแบตเตอรี่ (คิดในแต่ละค่าแรงดัน)

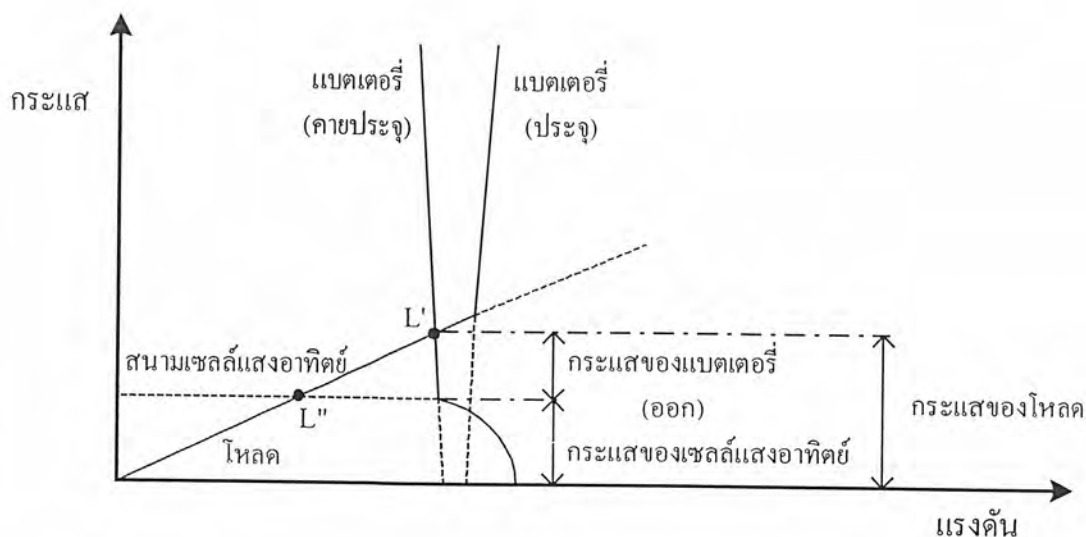
จุดตัดที่เกิดจากกราฟของตัวกำเนิดตัดกับกราฟของโหลด เรียกว่า “จุดทำงาน” ของระบบ สำหรับแต่ละภาวะของรังสีแสงอาทิตย์ และสถานะของการประจุแบตเตอรี่ ในรูปที่ 2.13 แสดงถึงกรณีที่สนามเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟมีกำลังสูงเกินกว่าความต้องการของโหลด และกำลังไฟส่วนเกินจะสะสมไว้ในแบตเตอรี่ ในรูป 2.14 กำลังไฟที่โหลดต้องการใช้สูงเกินกว่าที่สนามเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ แบตเตอรี่จะช่วยจ่ายไฟชดเชยให้โหลดแทน

แรงดันคล่อมโหลดก่อนข้างจะคงตัวดังจุด L ในรูป 2.13 และจุด L ในรูป 2.14 ถ้าปราศจากแบตเตอรี่แรงดันโหลดจะแปรจากจุด L^* (รูป 2.13) ไปยังจุด L^* (รูป 2.14) ดังนั้นแบตเตอรี่ในระบบพอจะยอมรับแรงดันของโหลดที่ยังคุมค่าอยู่ในช่วงขีดจำกัดการแปรปรวนของแรงดันแบตเตอรี่ ยิ่งกว่านี้ถ้าหากเลือกขนาดแบตเตอรี่ได้พอเหมาะก็จะทำให้การใช้ประโยชน์จากกำลังไฟที่สนามเซลล์ผลิตได้สมบูรณ์ขึ้นไม่ว่าจะเป็นตอนกลางคืน หรือในวันที่มีเมฆมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการออกแบบขนาดของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.13 ระบบที่ประกอบด้วยสนามเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ การสร้างกราฟเพื่อหาจุดทำงานขณะที่สนามเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟเข้าประจุแบตเตอรี่ และจ่ายให้โหลดในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



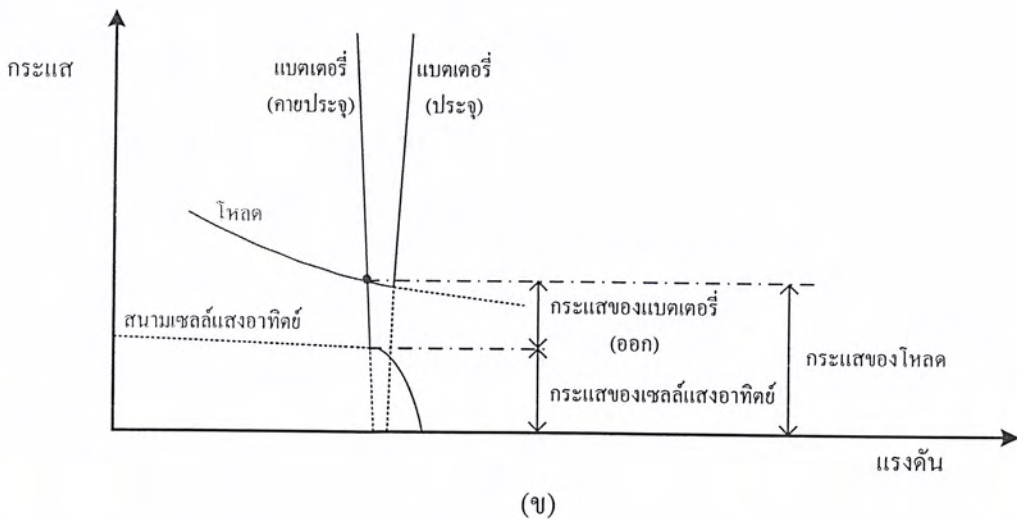
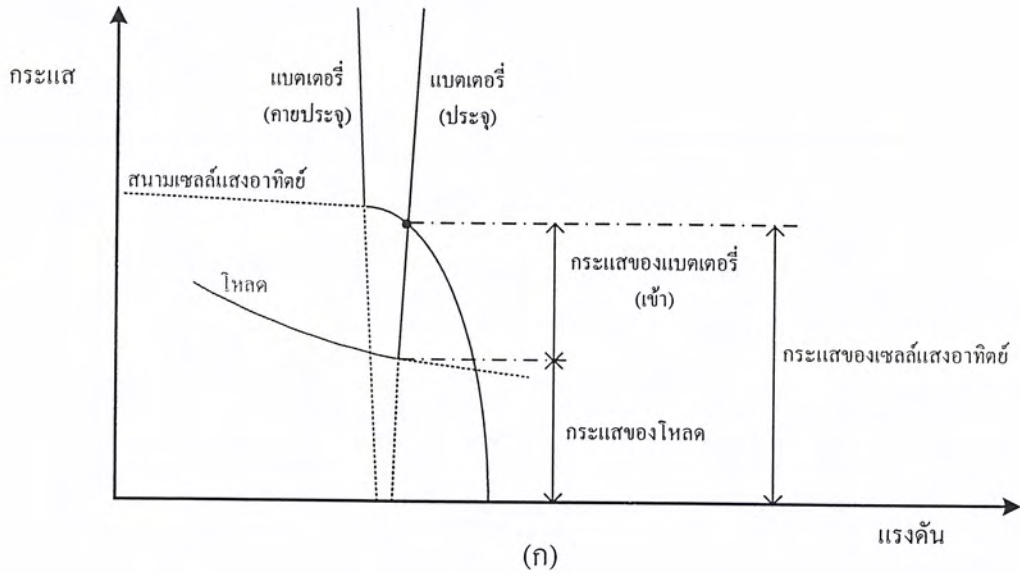
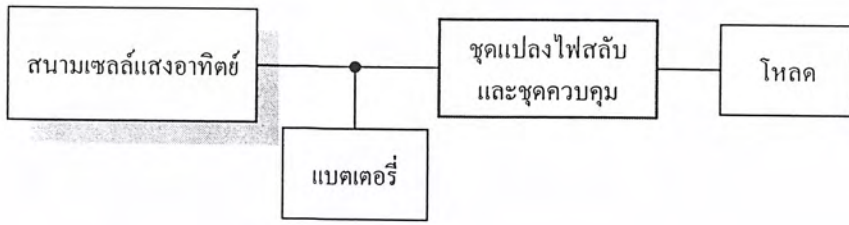
รูปที่ 2.14 จุดทำงานของระบบที่ประกอบด้วยสนามเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ขณะที่รังสีแสงอาทิตย์มีค่าต่ำ

การใช้แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การทำงานของสนามเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับพฤติกรรมของส่วนประกอบ (โหลด + แบตเตอรี่) ระหว่างโหลดกับเส้นกราฟ I-V ซึ่งอาจเลือกให้ใกล้กับจุดโลโก้ของจุดกำลังสูงสุด ตำแหน่งของลักษณะเฉพาะของโหลดบนเส้น I-V ของสนามเซลล์จะขึ้นกับแรงดันแบตเตอรี่เป็นสำคัญ สาเหตุสำคัญคือจะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี่ซึ่งขึ้นอยู่กับการประจุของมัน และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่พอเหมาะของสนามเซลล์แสงอาทิตย์ขณะอุณหภูมิเซลล์สูงสุด และความรับอาบรังสีสูงสุด

ระบบซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวเปลี่ยนไฟดีซี-ดีซี

เมื่อมีตัวเปลี่ยนไฟดีซี-ดีซีแทรกกระหว่างสนามเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ และถ้าใช้วงจรควบคุมที่เหมาะสมจะทำให้อัตราส่วนระหว่างแรงดันเข้าและออกเปลี่ยนไปในลักษณะที่ยังคงรักษาการทำงานของสนามเซลล์ให้อยู่ที่กำลังสูงสุดเสมอ

เงื่อนไขการสมดุลระหว่างกระแสที่จุดต่อร่วมของระบบ เขียนไว้ในรูป 2.15 ส่วนขั้นตอนอื่น ๆ จะคล้ายกับที่ได้บรรยายไว้ในตอนที่แล้ว ในกรณีนี้กราฟที่ประกอบกันของตัวกำเนิดไฟได้มาจากการรวมกระแสของแบตเตอรี่ (การคายประจุ) และกระแสออกของตัวเปลี่ยนไฟดีซี-ดีซี ที่แต่ละแรงดัน เช่น กราฟไฮเปอร์โบลาในระนาบ I-V ลักษณะเฉพาะประกอบของโหลดคล้ายกับที่แสดงในตอนก่อน จุดตัดระหว่างเส้นกราฟทั้งสองแสดงจุดการทำงานที่แท้จริง

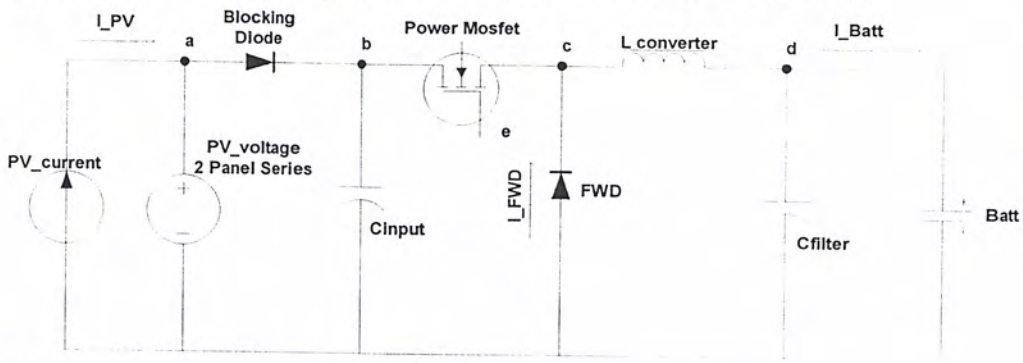


รูปที่ 2.15 การวิเคราะห์ระบบที่ประกอบด้วยตัวติดตามควบคุมการทำงานที่จุดกำลังสูงสุด (maximum power tracker)

- ก) รังสีแสงอาทิตย์สูง สนามเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายไฟเข้าประจุแบคเคอร์รี่และโหลด
- ข) รังสีแสงอาทิตย์ต่ำ สนามเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายไฟให้โหลด แบคเคอร์รี่ต้องคายประจุให้โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีวงจรรักษากำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT) โดยใช้หลักวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.16 วงจรรักษากำลังสูงสุด MPPT โดยใช้หลักการของบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)

วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) เป็นวงจรที่ใช้ในการลดระดับแรงดันซึ่งจะประกอบด้วย ตัวเก็บประจุ และตัวขดลวดเหนี่ยวนำที่มีการต่อกันแบบ Low pass filter ในการทำงานที่สภาวะคงตัว กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์จะได้ว่า

$$\int_0^{T_s} V_L dt = \int_0^{t_{on}} V_L dt + \int_{t_{on}}^{T_s} V_L dt = 0 \quad (2.1)$$

$$(V_{pv} - V_o)t_{on} = V_o(T_s - t_{on}) \quad (2.2)$$

เมื่อ $t_{on} = DT_s$ และ $t_{off} = (1-D)T_s$ จะได้ว่า

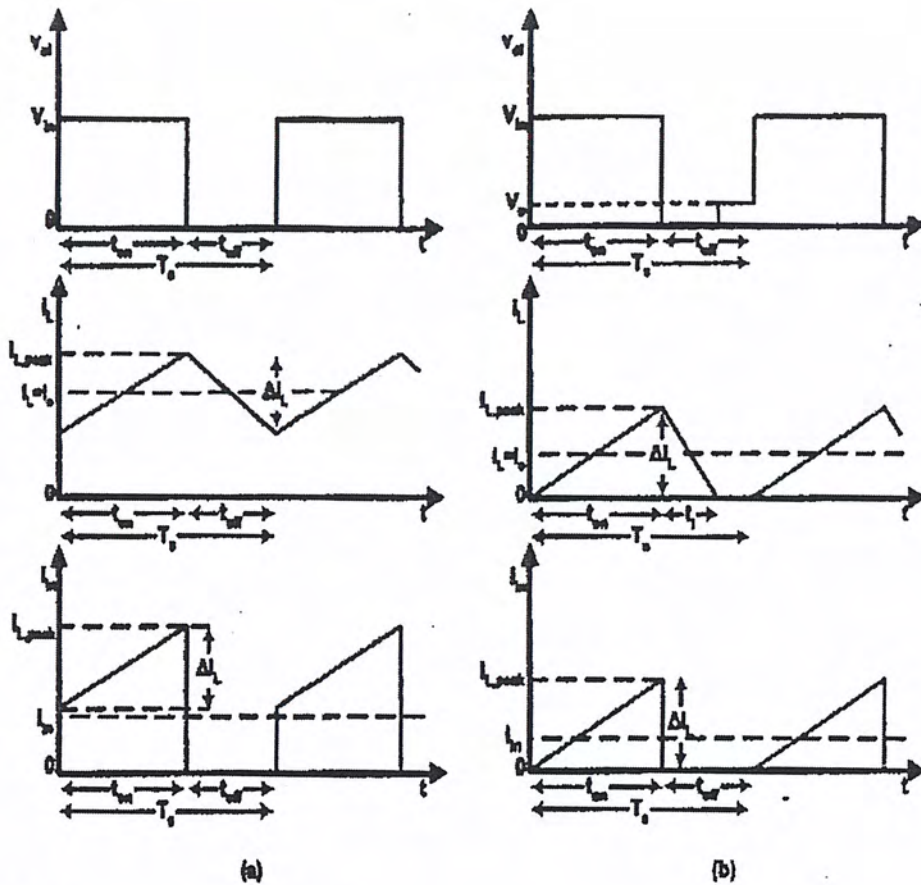
$$(V_{pv} - V_o)DT_s = V_o(1-D)T_s \quad (2.3)$$

$$D = \frac{V_o}{V_{pv}} = \frac{t_{on}}{T_s} \quad (2.4)$$

การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance)

ในการออกแบบนั้นเราต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของกระแสด้วย โดยค่า L ที่ได้จากการคำนวณนั้นต้องแน่ใจได้ว่าทำให้กระแสอยู่ในโหมดที่ต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 Buck converter wave form

(a) continuous conduction mode

(b) discontinuous conduction mode

การหาค่า L เพื่อให้สัญญาณกระแสที่ออกจากส่วนของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์มีความต่อเนื่องจากกฎของเคอร์ชอฟที่สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$V_L = V_{pv} - V_o = L \frac{di_L}{dt} \tag{2.5}$$

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{V - V_o}{L} \tag{2.6}$$

เมื่อ $\Delta t = D_{cm} T_s$ จะได้

$$L = \frac{(V_{pv} - V_{om}) D_{cm} T_s}{\Delta i_L} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $T_s = \frac{1}{f_s}$ เมื่อนำไปแทนในสมการ (2.7) จะได้

$$L = \frac{D_{cm} V_{pv} - D_{cm} V_o}{f_s |\Delta i_L|} \quad (2.8)$$

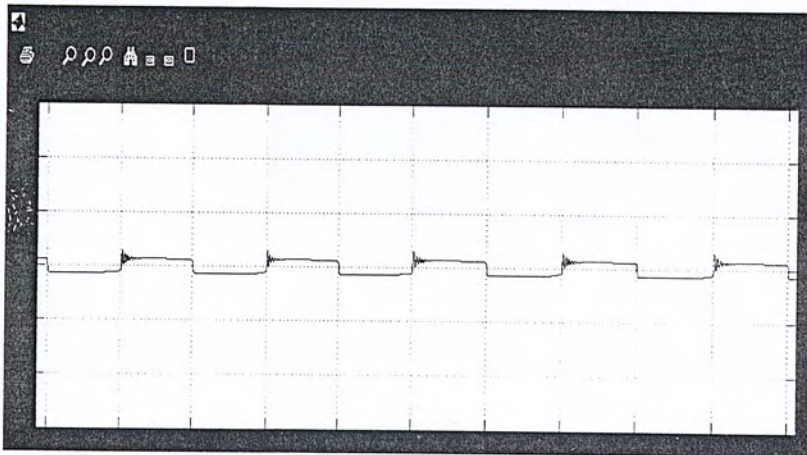
$$L = \frac{V_{om} - D_{cm} V_{om}}{f_s |\Delta i_L|} \quad (2.9)$$

$$L = \frac{(1 - D_{cm}) V_{om}}{f_s |\Delta i_L|} \quad (2.10)$$

การหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance)

เราทำการหาค่าตัวเก็บประจุเพื่อมากรองแรงดันกระเพื่อม(ripple)ที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่

2.18



รูปที่ 2.18 สัญญาณแรงดันที่มีการกระเพื่อม(ripple)

การหาค่า C เพื่อใช้ในการกรองริปเปิลที่เกิดขึ้นในส่วนที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยจะคิดในช่วง T_{off} จาก

$$C \frac{dv}{dt} = i(t) \quad (2.11)$$

$$C \frac{\Delta V}{\Delta T_{off}} = I_{pv} \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_{in} = I_{pv} \frac{\Delta T_{off}}{\Delta V} \quad (2.13)$$

จาก $t_{off} = (1-D)T_s$ เมื่อนำไปแทนในสมการ (2.13) จะได้

$$C_{in} = \frac{I_{pv}(1-D_{cm})T_s}{\Delta V} \quad (2.14)$$

จาก $T_s = \frac{1}{f_s}$ เมื่อนำไปแทนในสมการ (2.14) จะได้

$$C_{in} = \frac{I_{pv}(1-D_{cm})}{f_s \Delta V} \quad (2.15)$$

เมื่อกำหนดให้ $\Delta V = 0.02V_m$ จะได้

$$C_{in} = \frac{I_{pv}(1-D_{cm})}{f_s(0.02V_m)} \quad (2.16)$$

จาก $P_{in} = P_{out}$ จะได้ว่า $I_{pv} = \frac{I_{om}V_{om}}{V_{pv}}$ เมื่อนำไปแทนในสมการ (2.16) จะได้

$$C_{in} = \frac{I_{om}V_{om}(1-D_{cm})}{V_{pv}f_s(0.02V_m)} \quad (2.17)$$

$$C_{in} = \frac{(1-D)I_{om}D_{cm}}{f_s(0.02V_m)} \quad (2.18)$$

การหาค่า C เพื่อใช้ในการกรองริปเปิลที่เกิดขึ้นในส่วนของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์โดยจะคิดช่วง T_{on} จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C \frac{dv}{dt} = i(t) \quad (2.19)$$

$$C \frac{\Delta V}{\Delta T_{on}} = I_{om} \quad (2.20)$$

$$C = I_{om} \frac{\Delta T_{on}}{\Delta V} \quad (2.21)$$

เมื่อ $\Delta T_{on} = D_{cm} T_S$ แทนค่าในสมการ (2.21) จะได้

$$C = \frac{I_{om} (D_{cm} T_S)}{\Delta V} \quad (2.22)$$

จาก $T_S = \frac{1}{f_s}$ เมื่อนำไปแทนในสมการ (2.22) จะได้

$$C = \frac{D_{cm} I_{om}}{f_s \Delta V} \quad (2.23)$$

จาก $r = \frac{\Delta V}{V_{on}}$ เมื่อนำไปแทนในสมการ (2.23) จะได้ว่า

$$C = \frac{D_{cm} I_{om}}{r f_s V_{om}} \quad (2.24)$$

2.4 ชุดควบคุมจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ชุดควบคุมจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ DC to DC converter โดยจะควบคุม ค่า V_{DC} และ I_{DC} ที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าที่เหมาะสมกันระหว่าง แบตเตอรี่ และชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อจะหาจุดที่ใช้งานได้สูงสุดในการดำเนินงาน ซึ่งโดยปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงมาอย่างไรก็จะให้กำลังงานเป็นไปตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ ตัวอย่างเช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบุพิคกัดไว้ 75 วัตต์ แต่กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงไม่ได้เท่ากับ 75 วัตต์ ซึ่งความเข้มแสงในขณะนั้นแผงเซลล์สามารถจ่ายกระแสออกมาได้ 4.4 แอมแปร์ แต่แบตเตอรี่ตั้งค่าไว้ที่ 13 โวลท์ (ภายใต้สภาวะการอัดประจุ) กำลังจะเป็น 4.4 คูณกับ 13 เท่ากับ 57.2 วัตต์ ดังนั้นพลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานจะหายไป 20% และในกรณีที่เกิดสถานะที่มีเมฆมากหรืออุณหภูมิสูง ค่าแรงดันที่ได้จะไม่ถึง 17 โวลต์ (เป็นค่าแรงดันโดยประมาณสำหรับแผงเซลล์ขนาด 75 วัตต์) จะลดลงมาเหลือแค่ 14-15 โวลต์เท่านั้น ซึ่งอาจไม่เพียงพอในการอัดประจุให้แก่แบตเตอรี่ได้

ในการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน โดยให้ได้รับกำลังงานสูงสุดเท่าที่ความสามารถของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายออกมาได้นั้นต้องมีการกำหนดจุดการทำงานที่จะได้กำลังงานมากที่สุด ดังในรูปที่ 2.6 แสดงกราฟการจ่ายแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการรับแสงที่ความเข้มแสงต่างๆกัน และเมื่อนำโหลดมาต่อก็จะทราบถึงจุดที่โหลดได้รับ กระแสและแรงดันค่าหนึ่งบนเส้นกราฟซึ่งนำมาเขียนเป็นเส้นก็จะได้เส้นขึ้นมาเส้นหนึ่งคือเส้นจ่ายโหลดคงที่ (Constant Voltage Load) ซึ่งเมื่อพิจารณาที่จุดนี้ ค่ากำลังงาน (Power) ที่โหลดได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ใช่กำลังสูงสุด

เมื่อพิจารณาจากกราฟคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เท่ากันนั้น กำลังงานที่ได้จากการคิดที่ค่าของกระแสและแรงดันที่คงที่ เมื่อจ่ายโหลดจะมีค่าน้อยกว่ากำลังงานที่ได้จากการคิดค่าของกระแสและแรงดันที่ชุดจ่ายกำลังงานสูงสุด

ในการกำหนดจุดการทำงานที่ได้กำลังงานมากที่สุด โดยใช้เครื่องมือช่วยในการเปลี่ยนจุดการทำงานจากจุดแรงดันจ่ายโหลดคงที่ มาเป็นจุดจ่ายกำลังสูงสุด (Maximum Power Point) เครื่องมือที่วันนี้คือ ชุดดึงกำลังงานสูงสุด (Maximum Power Point Tracking : MPPT) อาศัยวงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่สามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุต ของ โซลาร์ โมดูลให้อยู่ในย่านแรงดันที่สามารถแปลงพลังงานได้ใกล้เคียงกับ P_{max} ของ โมดูลนั้นๆ และปรับระดับแรงดันเอาต์พุตให้เหมาะสมกับโหลด โดยอาศัยการ Feed-Back กระแสและแรงดัน เพื่อประมวลผลสัญญาณการทริกซ์คอนเวอร์เตอร์ โดยให้มี Duty Cycle ที่รักษาระดับแรงดันของ โซลาร์ โมดูล ให้ทำงานในย่าน P_{max} ในโครงการนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ เพื่อสร้างพัลส์ขับวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ง่ายและรวดเร็ว โดยการออกแบบให้มีอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น

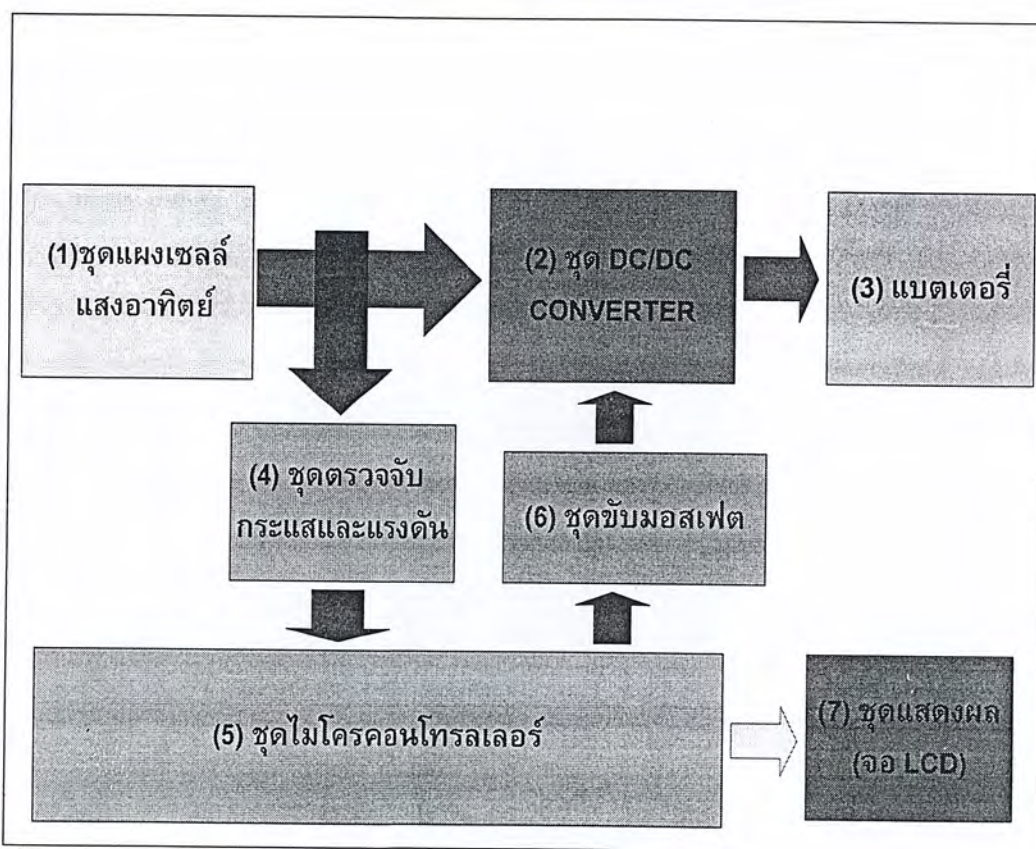
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

ชุดคั้งกำลังงานสูงสุด (Maximum Power Point Tracking : MPPT) อาศัยวงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่สามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุต ของโซลาร์โมดูลให้อยู่ในย่านแรงดันที่สามารถแปลงพลังงาน ได้ใกล้เคียงกับ P_{max} ของ โมดูลนั้นๆ และปรับระดับแรงดันเอาต์พุตให้เหมาะสมกับโหลด โดยอาศัยการ Feed-Back กระแสและแรงดัน เพื่อประมวลผลสัญญาณการทริกซ์คอนเวอร์เตอร์ โดยให้มี Duty Cycle ที่รักษาระดับแรงดันของ โซลาร์โมดูล ให้ทำงานในย่าน P_{max}

3.1 ส่วนประกอบหลักของชุด MPPT Converter

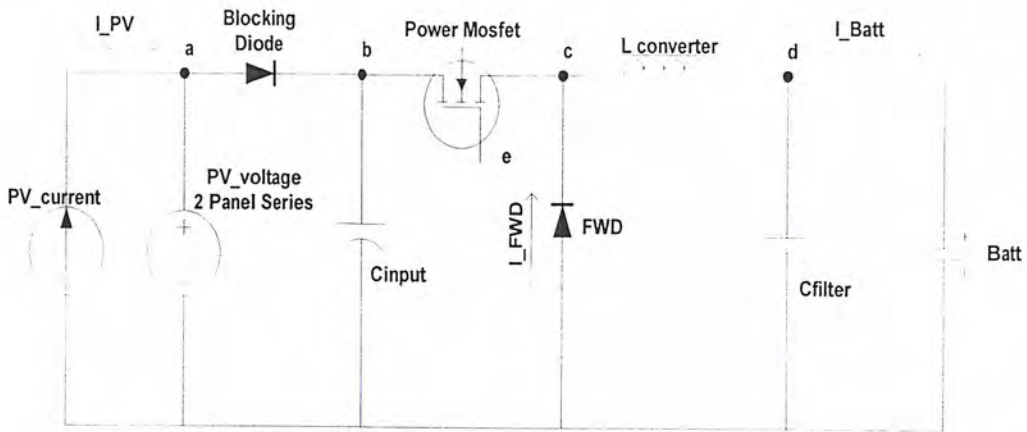


รูปที่ 3.1 Block Diagram ของชุด MPPT Converter

3.2 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์

เป็น DC/DC Converter แบบ Buck Converter โดยมีวงจรแสดงดัง รูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.2วงจรรักษากำลังสูงสุด MPPT โดยใช้หลักการของบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)

อุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในวงจร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ตัวเก็บประจุ (C) เป็นตัวกรองแรงดัน เพื่อกรองแรงดันด้านขาเข้าและขาออกให้เรียบ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้ด้วย

2. มอสเฟต (Mosfet) ทำหน้าที่ในการสวิตซ์ไฟเข้าสู่โหลด โดยจะได้รับสัญญาณควบคุมจากส่วนขยายสัญญาณควบคุม โดยมอสเฟตที่ใช้เป็นเพาเวอร์มอสเฟต เบอร์ IRF 540

3. ตัวเหนี่ยวนำ(L)ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับโหลดช่วยกรองและป้องกันการกระชากของกระแส ในช่วงที่ Mosfet turn off เลิกใช้ แกนแม่เหล็กแบบพาวเดอร์เทอร์รอยด์ซึ่งมีค่าการสูญเสียในวงจรแม่เหล็กต่ำและพลังงานสูญเสียจากขดลวดน้อยลง

4. ไดโอด (D) ทำหน้าที่เป็น Free wheeling Diode ในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแส ทำให้กระแสไหลผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง โดยวงจรนี้ใช้ Ultra fast diode เบอร์ MUR 1560

3.2.1 การหาค่าตัวเหนี่ยวนำ (Inductance)

ในการออกแบบนั้นเราต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของกระแสด้วย โดยค่า L ที่ได้จากการคำนวณนั้นต้องแน่ใจได้ว่าทำให้กระแสอยู่ในโหมดที่ต่อเนื่องซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$L \geq \frac{V_{om}(1 - D_{cm})}{f_s |\Delta I_{Lm}|} \quad (3.1)$$

เมื่อ

$$f_s = \frac{1}{T_s} \quad : \text{switching frequency}$$

D_{cm} : duty cycle at maximum converter output power

ΔI_{Lm} : peak-to-peak ripple of the inductor current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{om} : maximum of the dc component of the output voltage

I_{om} : dc component of the output current at maximum output power

โดยที่ค่าต่างๆมีค่าดังนี้

$$V_{om} = 13.5 \text{ V}$$

$$D_{cm} = \frac{V_{om}}{I_{pvm}} = \frac{13.5/35}{0.32} = 0.39$$

$$f_s = 50 \text{ kHz}$$

$$\Delta I_{Lm} = 10\% I_{Lm} = 0.32$$

เมื่อแทนค่าในสมการที่ (3.1) จะได้

$$L \geq \frac{13.5(1-0.39)}{50k|0.32|}$$

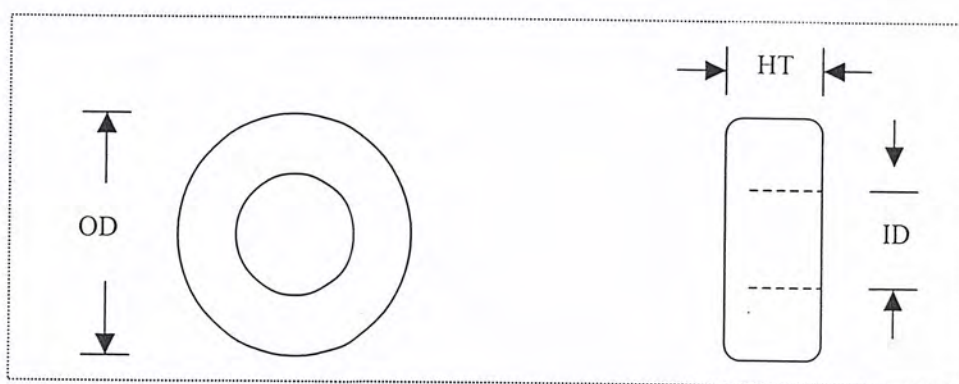
$$L \geq 0.51 \text{ mH}$$

จะเลือกใช้ที่ $L = 1.00 \text{ mH}$

การพิกษาขดลวดตัวเหนี่ยวนำ

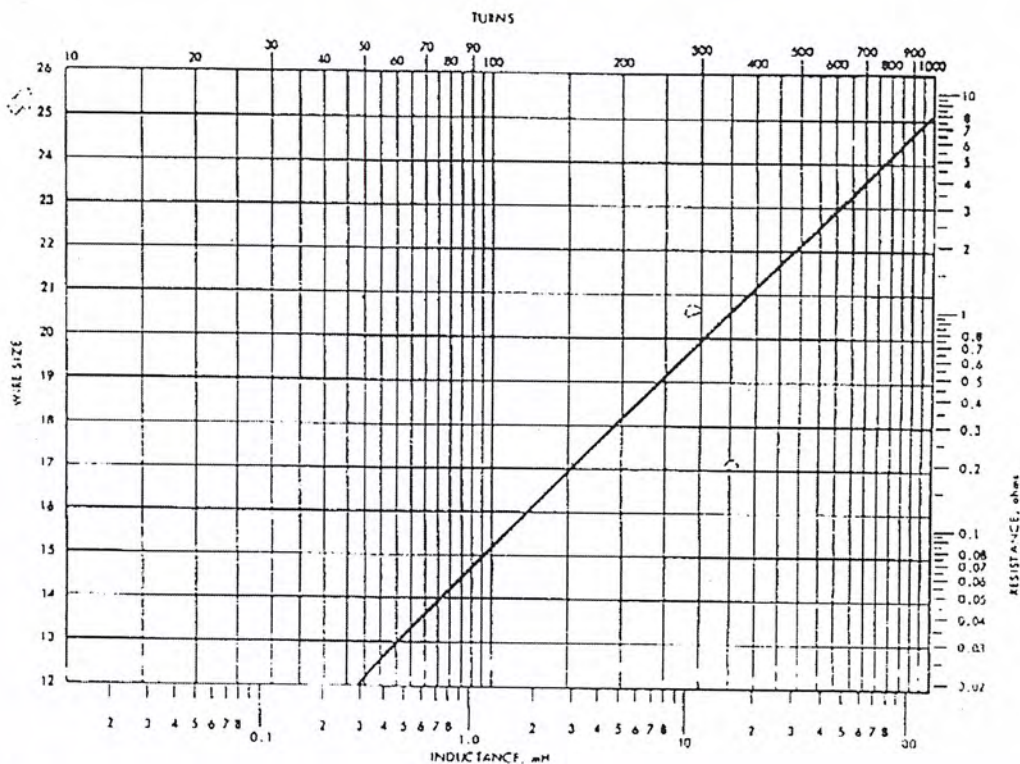
การพิกษาขดลวดตัวเหนี่ยวนำขนาด 1 mH เลือกใช้แกนแม่เหล็กแบบพาวเวอร์เทอร์โรยด์ซึ่งมีค่าการสูญเสียในวงจรแม่เหล็กต่ำและพลังงานสูญเสียจากขดลวดน้อยลง

	ENGLISH	METRIC
Wa/Wc		2.19
Wa × Ac	0.200 in ⁴	8.33 cm ⁴
OD	1.875 in	4.76 cm
ID	0.918 in	2.33 cm
HT	0.745 in	1.89 cm
Wa = WINDOW AREA	0.84 × 10 ⁶ CIR-MIL	4.27 cm ²
Wa = EFFECCTIVE	0.496 in ²	3.198 cm ²
Ac = CROSS SECTION	0.302 in ²	1.95 cm ²
Im = PATH LENGTH	4.23 in	10.74 cm
CORE WEIGHT	0.346 lb	180 grams
TOTAL WEIGHT	0.641 lb	291 grams
WOUND OD MIN	2.04 in	5.17 cm
MLT	3.00 in	7.62 cm
A _t = SURFACE AREA	12.30 in ²	79.37 cm ²
PERMEABILITY		60
μ 125		2.08 × L @ μ 60
μ 160		2.67 × L @ μ 60
μ 200		3.33 × L @ μ 60
μ 550		9.17 × L @ μ 60



รูปที่ 3.3 Dimentional specification for Magnetics Inc. 55439-A2 and Arnold Engineering
A-759135-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Wire and inductance graph for core 55439-A2

จากรูปเลือกใช้แกนพาวเคอร์เทอร์รอยด์ที่มีขนาด

$$\text{OD} = 4.76 \text{ cm}$$

$$\text{ID} = 2.33 \text{ cm}$$

$$\text{HT} = 1.89 \text{ cm}$$

พันจำนวน 85 รอบ ใช้ขดลวด size

3.2.2 การหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance)

การหาค่า C ในส่วนของ Buck converter สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$C \geq \frac{D_{cm} I_{om}}{r_{fs} V_{om}} \quad (3.2)$$

เมื่อ

$r = (\Delta V_{om} / V_{om})$: output voltage ripple factor (usually $r < 2\%$)

กำหนดให้ r มีค่าเท่ากับ 1% และจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้} \quad P_{in} &= P_{out} \\
 110 \text{ W} &= V_{om} \times I_{om} \\
 110 &= 13.5 \times I_{om} \\
 I_{om} &= 8.37 \text{ A}
 \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการที่ (3.2) จะได้

$$C \geq \frac{0.39 \times 8.37}{0.01 \times 50K \times 13.5}$$

$$C \geq 483.6 \mu\text{F}$$

เลือกใช้ที่ $C = 1,000 \mu\text{F}$

การหาค่า C ในส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้จากสูตร

$$C_{in} \geq \frac{(1 - D_{cm}) I_{om} D_{cm}}{0.02 I_{pvm} R_{pvm} f_s} \quad (3.3)$$

เมื่อ

$$R_{pvm} = \frac{V_{inm}}{I_{pvm}} \quad \text{:resistance at the maximum power}$$

I_{pvm} :input current at maximum power

V_{pvm} :input voltage at maximum power

โดยที่ค่าต่างๆมีค่าดังนี้

$$R_{pvm} = \frac{V_{inm}}{I_{pvm}} = 35/3.23 = 10.83 \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{pvm} = 3.23 \text{ A}$$

$$V_{pvm} = 35 \text{ V}$$

เมื่อแทนค่าในสมการ (3) จะได้

$$C_{in} \geq \frac{(1 - 0.39)8.37 \times 0.39}{0.02 \times 3.23 \times 10.83 \times 50K}$$

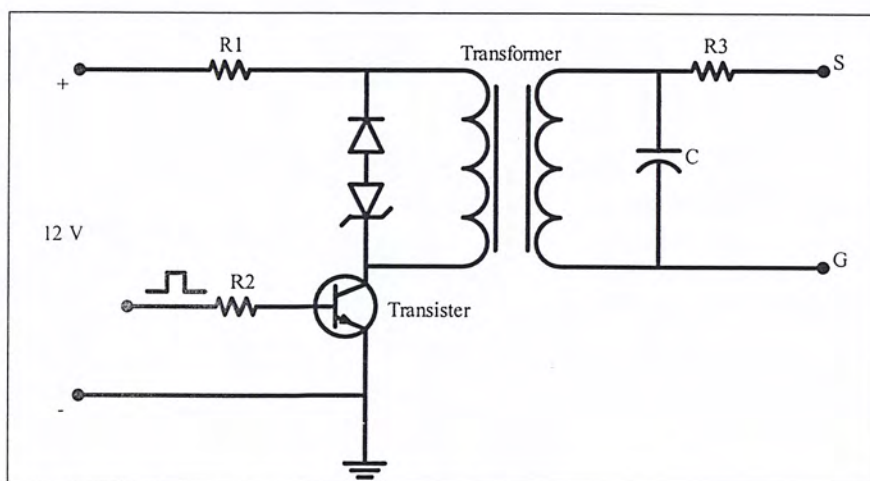
$$C_{in} \geq 56.92 \text{ } \mu\text{F}$$

เลือกใช้

$$C_{in} = 100 \text{ } \mu\text{F}$$

3.3 ชุดขับมอสเฟต(Driving Mosfet)

ชุดขับมอสเฟตนี้ใช้เป็นแบบ Pulse transformer (รูปที่ 3.5) ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ซึ่งจะรับสัญญาณขับมอสเฟตที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำหน้าที่เป็นตัวแยกกราวด์ของภาคควบคุมและวงจรกำลังก่อนที่จะส่งสัญญาณไปขับมอสเฟต

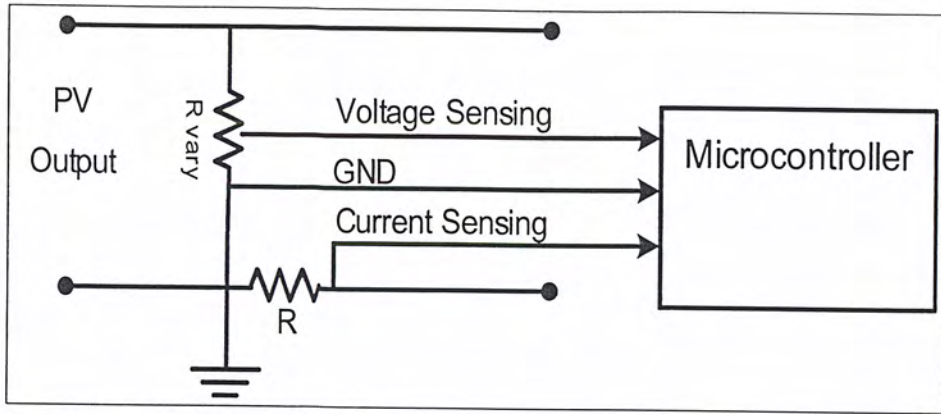


รูปที่ 3.5 วงจรขับมอสเฟสแบบ Pulse Transformer

3.4 ชุดตรวจจับ กระแสและแรงดัน

ตรวจจับกระแสและแรงดันทางด้านเอาต์พุทของแผงพีวี เพื่อส่งไปประมวลผลในส่วน
ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำไปแสดงผล ดูรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรตรวจจับกระแส และแรงดัน

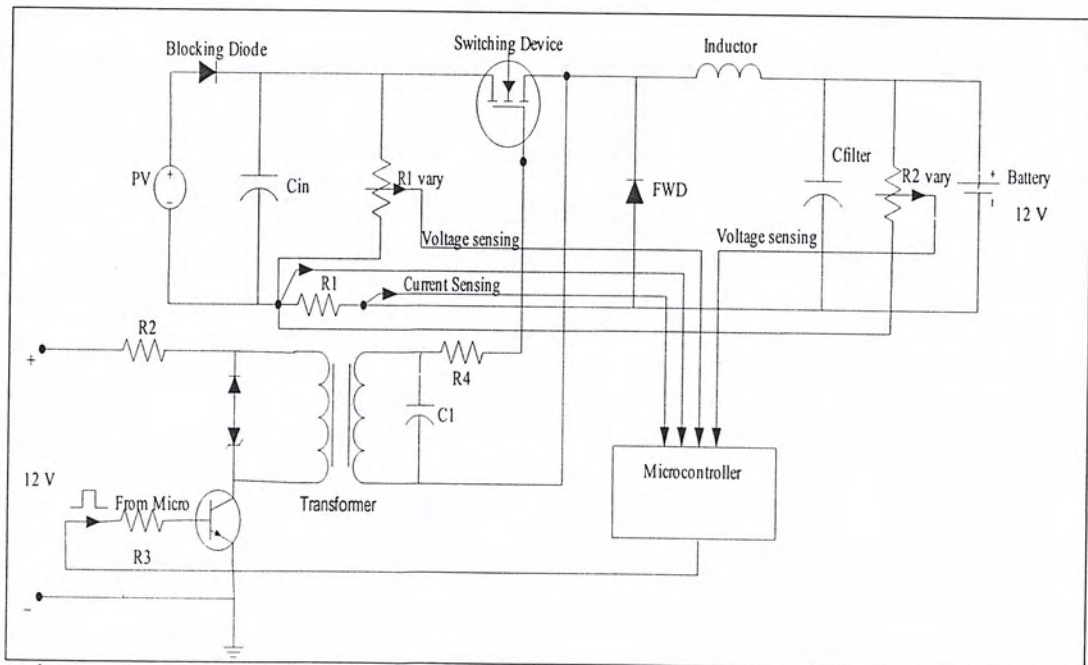
3.5 ชุดจ่ายไฟที่จ่ายให้กับชุด MPPT Converter

ใช้เล็กลูกเตเตอร์ ขนาดแรงดันเอาท์พุท 12 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสสูงสุด 1 แอมป์ เพื่อใช้จ่ายไฟให้กับ

- ชุดขับมอสเฟต(Pulse Transformer)
- ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยทางด้านอินพุทของชุดเล็กลูกเตเตอร์จะรับไฟมาจากแผงพีวี

จากการออกแบบมาข้างต้นจะได้วงจรกำลังของชุด MPPT Converter ดังรูป 3.7



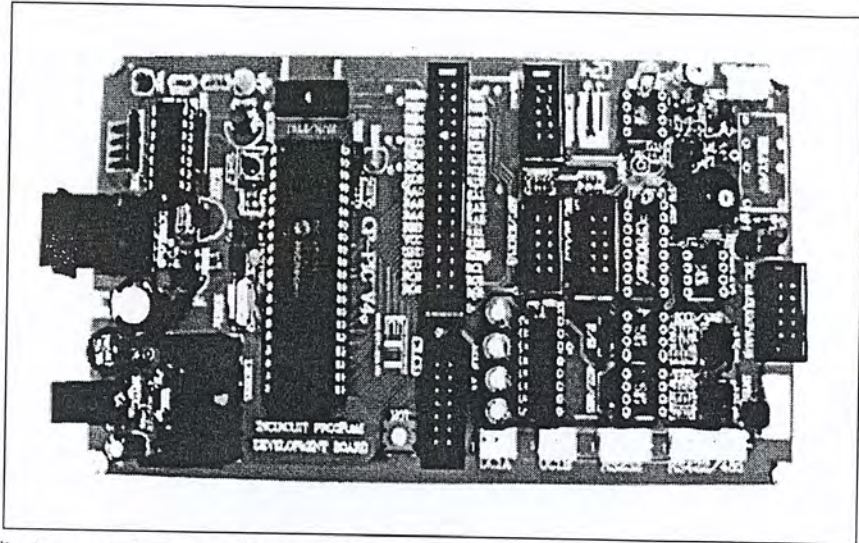
รูปที่ 3.7 วงจรกำลังของชุด MPPT Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F458 ดังรูปที่ 3.8, 3.9, 3.10 และ 3.11 ทำหน้าที่ต่างๆดังนี้

- ประมวลผลในการส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์
- สร้างสัญญาณที่ใช้ในการจับมอสเฟตของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์
- เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่ได้จาก Sensor เป็นสัญญาณดิจิทัล
- แสดงผลออกทางจอ LCD



รูปที่ 3.8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0

ซึ่งจะทำการเขียนโปรแกรมและทำการคอมไพล์ลงบนไอซีเบอร์นี้ ซึ่งคุณสมบัติของไอซีแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงคุณลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC

DEVICE	Program Memory	Data Memory		CAN Module	I/O (Bit)	OSC max (MHz)	Timers	PLL
	Flash	RAM (Bytes)	EEPROM (Byte)					
PIC 16F877	8K (14-Bit Words)	368	256	NO	33	20MHz	3	NO
PIC 18F442	16 Kbyte	768	256	NO	34	40MHz	4	YES
PIC 18F458	32 Kbyte	1536	256	YES	34	40MHz	4	YES

3.6.1 รายละเอียดของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0 มีดังนี้

CP-PIC V4.0 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการออกแบบวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ I/O ภายนอกอื่นๆ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- RS-232 1 แชนแนล
- RS-422/458 1 แชนแนล (IC 75176 เป็น Option)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ETT CON 34PIN (ET BUS I/O 34PIN)
- 5 Volt Regulator On Board
- วงจร โปรแกรมแบบ High Voltage ภายในบอร์ด
- ใช้ Adaptor 16VDC (Option)
- ADC/IO(CPU) พอร์ตสำหรับต่อ อินพุตอนาล็อก 8 Channel
- CLCD 14PIN พอร์ตสำหรับต่อ LCD (4 Bit Data)
- RTC #PCF8583P (Option)
- EEPROM ตั้งแต่เบอร์ #2432 ขึ้นไป (Option)
- I2C IN/OUT เป็น IC ขยายพอร์ต I/O #PCF8574AP (Option)
- KBI/IO 10 Pin สำหรับต่อกับ Keyboard หรือ ใช้เป็น Input /Output Port
- Relay Onboard 5V 1ตัว (Option)
- MCRB02TTL ขั้วต่อ Macnetic Card Reader
- Mini Speaker/Buzzer
- I2C BUS(EXPAND)
- PWM1 ขั้วต่อสำหรับใช้งาน Capture/Compare/PWM ตัวที่หนึ่ง
- PWM2 ขั้วต่อสำหรับใช้งาน Capture/Compare/PWM ตัวที่สอง

ซึ่งขาสัญญาณเอาพุทของบอร์ดจะมีทั้งสิ้น 34 เส้น ดังนี้

- A6 จำนวน 7 เส้นสัญญาณ
- B0-RB7 จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- C0-RC7 จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- D0-RD7 จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- E-RE2 จำนวน 3 เส้นสัญญาณ

หน้าที่ของการทำงานแต่ละขาสามารถสรุปได้ดังนี้

RA0-RA3 และ RA5 ขาสัญญาณเหล่านี้นอกจากเป็นเอาท์พุทปกติแล้วยังสามารถใช้เป็นขาอินพุทของสัญญาณอนาล็อก (AN0-AN4) ได้

RA4 งานในส่วนของจอ แอลซีดี ซึ่งจะต่อเข้ากับขา 6 ของคอนเนคเตอร์ CLCD

RA6 จะใช้งานร่วมกับ OSC1 ในการรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

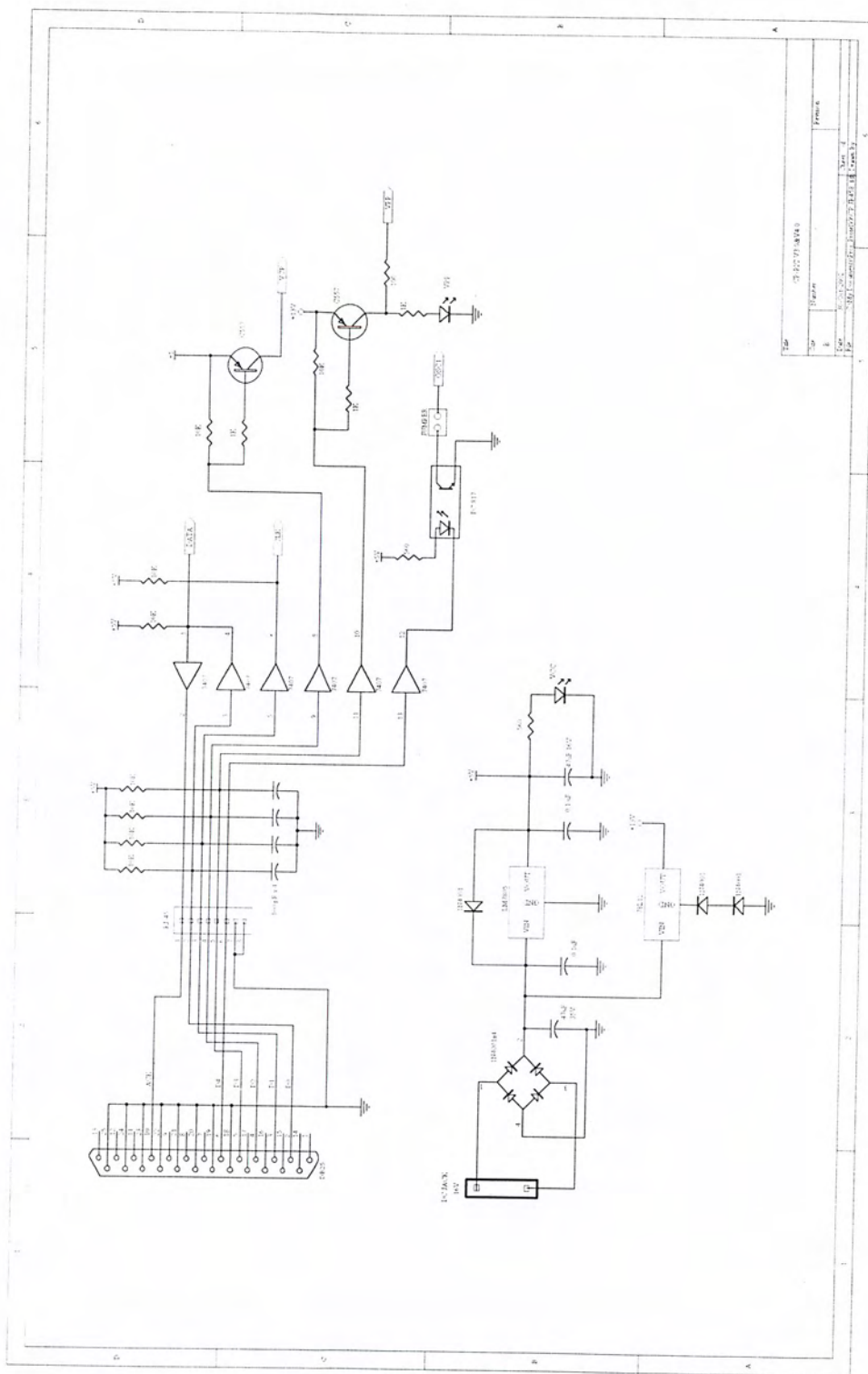
RB0-RB7 ขาเหล่านี้จะใช้งานเป็นเอาพุทได้ตามปกติ แต่จะมีคุณสมบัติพิเศษคือจะมีวงจร พลุอัพ (Pull-Up) ภายในและทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ต่างๆดังนี้

- RB0/INT0 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากภายนอก 0
- RB1/INT1 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากภายนอก 1
- RB2/INT2 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากภายนอก 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RB3/INT3 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากภายนอก 3
- RB4-RB7 เป็นขาที่สามารถกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ได้หากมีการเปลี่ยนแปลงขา
ในสัญญาณดังกล่าว จึงเหมาะกับการนำไปใช้งานในส่วนของ สวิตซ์คีย์บอร์ด
- RC0 ขาสัญญาณนี้จะต่อเข้ากับขั้ว แอลซีดี โดยจะต่อเข้าที่ขา 4 ของคอนเนคเตอร์
- RC1 เป็นขาสัญญาณที่ต่อเข้ากับขั้วต่อ OCB1 เพื่อใช้งานในส่วนของขาสัญญาณอินพุท
Timer 1 หรือ ใช้เป็นขาสัญญาณในส่วนของ Capture2 input / Compare2 Output/PWM2
- RC2 เป็นขาสัญญาณที่ต่อเข้ากับขั้ว OCA1 เพื่อใช้งานในส่วนของสัญญาณ
Capture1input / Compare1Output/PWM1
- RC3 สำหรับขาสัญญาณ RC3 จะทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณ SCL ในการติดต่ออุปกรณ์
I²CBUS และจะต่อเข้ากับขั้ว I²CBUS EXPAND เพื่อขยายพอร์ต I²CBUS
- RC4 สำหรับขาสัญญาณ RC3 จะทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณ SDA ในการติดต่ออุปกรณ์
I²CBUS และจะต่อเข้ากับขั้ว I²CBUS EXPAND เพื่อขยายพอร์ต I²CBUS
- RC5 ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการรับส่งข้อมูลในการใช้งาน RS458
- RC6 ใช้เป็นขาสัญญาณที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูล (Tax) ในโหมดการสื่อสารแบบ
อนุกรม RS232,RS422 และ RS458
- RC7 ใช้เป็นขาสัญญาณที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูล (Rax) ในโหมดการสื่อสารแบบ
อนุกรม RS232,RS422 และ RS458
- RD0-RD3 สำหรับขาเหล่านี้จะต่อเข้ากับขั้ว KBI/IO เพื่อใช้งานสำหรับการต่อคีย์สวิตซ์
- RD4-RD7 ขาเหล่านี้เป็นขาสัญญาณข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับ แอลซีดี
- RE0-RE3 ขาเหล่านี้สามารถใช้งานเป็น เอาพุทได้ตามปกติแต่จะมีคุณสมบัติพิเศษคือ
ขาเหล่านี้สามารถทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุทอนาล็อกได้ (AN5-AN7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

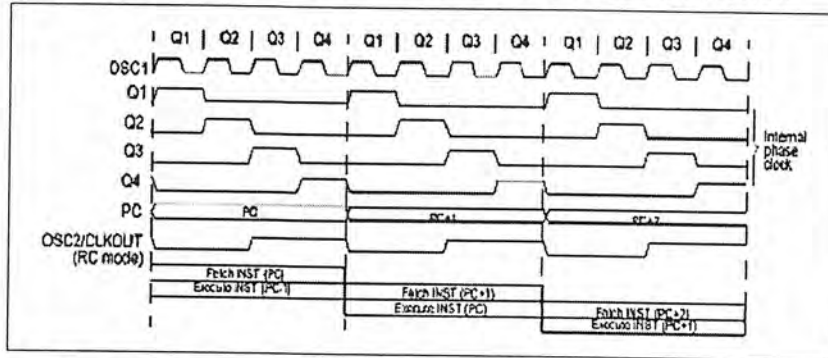


รูปที่ 3.10 แสดงวงจรของบอร์ด CP-PIC V4.0 (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกา CLOCK

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการทำงานตามจังหวะสัญญาณนาฬิกาของระบบ ซึ่งใน 1 Cycle (Clock Bus) ของ CPU จะประกอบไปด้วย สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจำนวน 4 cycle คือ Q1, Q2, Q3 และ Q4 ดังรูปด้านล่าง ฉะนั้นความถี่ที่ CPU ประมวลผลต่อคำสั่งจะเท่ากับความถี่จากคริสตอลภายนอกหารด้วย 4 หรืออาจกล่าวได้ว่าความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ต่อคำสั่งจะมีค่าเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของความถี่คริสตอลอสซิลเลเตอร์ภายนอก



รูปที่ 3.12 แสดงสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

โหมดการทำงานของบอร์ด

การทำงานของบอร์ด CP-PIC V4.0 นั้น สามารถกำหนดโหมดการทำงานของบอร์ดได้ 2 โหมดการทำงานด้วยกัน คือ โหมดการโปรแกรม (PROG) และ โหมดการทำงานปกติ (RUN)

- การทำงานในโหมดการโปรแกรม (PROG)

ในโหมดนี้ จะใช้ สำหรับในกรณีที่ต้องการโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ในบอร์ด CP-PICV4.0 นี้ ได้ออกแบบในส่วนของการโปรแกรมเป็นแบบ High Voltage Programing ใช้แรงดันในการโปรแกรม 13 โวลต์ ข้อดีของการโปรแกรมแบบนี้คือสามารถใช้งาน I/O Port ได้ครบทุกขา และในการออกแบบได้ ใช้ SLIDE SWITCH เพื่อตัดต่อขาสัญญาณที่ใช้ในการโปรแกรม ดังนั้นเมื่อทำงานในโหมดปกติขาสัญญาณต่างๆ ก็จะถูกแยกออกจากวงจรส่วนของการโปรแกรม ดังนั้นจึงสามารถใช้งานขาสัญญาณต่างๆ ได้ครบทั้งหมดการเข้าสู่โหมดของการโปรแกรมทำได้ โดยการเลือกตำแหน่ง SLIDE SWITCH (PROG/RUN) มาที่ตำแหน่ง PROG

- การทำงานใน USER MODE หรือ RUN MODE

การทำงานในโหมดนี้ คือการทำให้ CPU กระทำตามคำสั่งต่างๆ ตามโปรแกรมที่เราได้ออกแบบไว้ซึ่งการเข้าสู่โหมดนี้ทำได้โดยการเลือกตำแหน่ง SLIDE SWITCH (PROG/RUN) มาที่ตำแหน่ง RUN สวิตช์ Slide ก็จะทำให้การแยกขาสัญญาณต่างๆ ออกจากวงจรในส่วนของการโปรแกรม ฉะนั้นในการใช้งาน I/O Port จึงสามารถนำมาใช้งานได้ครบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 พอร์ตของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกนำมาใช้งานในโครงการนี้มีดังนี้

- ADC/IO(CPU) พอร์ตที่ใช้สำหรับต่ออินพุตอนาลอก รับสัญญาณกระแสและแรงดันทางด้านเอาท์พุทของพีวีจากชุดเซ็นเซอร์เพื่อแปลงเป็นสัญญาณ ดิจิตอล เพื่อส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล

การใช้งานขั้วต่อ ADC/IO(CPU)

พอร์ต ADC/IO(CPU) นี้จะถูกเชื่อมต่อออกมาที่ขั้ว Connector ขนาด 10 PIN แบบ IDE โดยขั้วต่อนี้สามารถนำไปต่อใช้งานเป็นอินพุตของสัญญาณอนาลอกทั้ง 8 เชนแนล (AN0-AN7)

- CLCD พอร์ตสำหรับต่อ จอ LCD เพื่อแสดงค่ากระแสและแรงดันที่ออกจากพีวี
การใช้งานจอแสดงผลแบบ LCD (Dot-Matrix Character LCD)

บอร์ด CP-PIC V4.0 สามารถใช้เชื่อมต่อกับจอแสดงผล LCD แบบ Dot-Matrix โดยเชื่อมต่อผ่านทาง Connector ขนาด 14 PIN และใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเก็อกมาขนาด 10K สำหรับปรับระดับความสว่างของหน้าจอ LCD โดยวงจรในการเชื่อมต่อ LCD ของบอร์ดนี้จะออกแบบวงจรให้ใช้วิธีการควบคุมการทำงานแบบ "DATA 4-BIT"

- KBI/IO ใช้สำหรับต่อ Keyboard เพื่อป้อนอินพุทให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
การใช้งานขั้วต่อ KBI/IO

พอร์ต KBI/IO ถูกจัดไว้ที่ขั้ว Connector ขนาด 10 PIN แบบ IDE CP-PIC V4.0 เท่านั้น โดยขั้วต่อนี้จะเชื่อมต่อสัญญาณมาจาก PORTB(RB4-RB7) และ PORTD(RD0-RD3) ของ CPU ทั้งหมด 8 เส้น ซึ่งเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในส่วนของการเชื่อมต่อกับวงจรคีย์บอร์ดแบบ Matrix ซึ่งสามารถจะใช้ได้กับคีย์บอร์ดแบบ Matrix ขนาด 4x3 หรือ 4x4 ก็ได้ ในที่นี้เลือกใช้แบบ 4x4

- OC1A PWM ส่งสัญญาณที่สร้างโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปขับมอเตอร์เฟดในวงจรคอนเวอร์เตอร์

3.6.3 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

1. ทำการเขียนโปรแกรมเป็นภาษาเบสิก บนโน้ตแพดด้วยคอมพิวเตอร์ บันทึกเป็นโปรแกรมไฟล์นามสกุลBAS เช่น PROJECT.BAS
2. ทำการคอมไพล์โปรแกรมจากภาษาเบสิกให้เป็นฐานสิบหก (.HEX) ด้วย โปรแกรมไมโคร โคดสตูดิโอ จะได้ไฟล์ที่เป็นนามสกุล (.HEX) เช่น PROJECT.HEX
3. ในขณะที่ทำการคอมไพล์ถ้าโปรแกรมมีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับโครงสร้างของภาษาคำสั่งโปรแกรมไมโคร โคดสตูดิโอ จะแจ้งให้ทราบว่าข้อผิดพลาดที่ไหนบ้างบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จึงทำการแก้ไขบรรทัดที่ผิดพลาดนั้น แล้วจึงทำการคอมไพล์ใหม่อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อทำการคอมไพล์โปรแกรมแล้วไม่เกิดข้อผิดพลาด ก็ทำการดาวน์โหลดไฟล์ PROJECT.HEX ลงสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V4.0 โดยส่งออกทางพอร์ตอนุกรม (COM1) ที่เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดด้วยสาย RS232

5. ทำการทดสอบโปรแกรมด้วยคำสั่งรัน (RUN) ตรวจสอบผลการทดลองว่ามีข้อผิดพลาดตรงไหน หรือไม่ หากว่ามีต้องกลับไปแก้ไขโปรแกรมใหม่ตามขั้นตอนข้างต้น

3.6.4 การประมวลผลของส่วนโปรแกรมควบคุม

การประมวลผลของส่วนโปรแกรมควบคุมชุดนี้กำลังงานสูงสุด มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. เริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าแรงดันและกระแสที่ส่งมาจากชุดตรวจจับ (V,I Sensing) แล้วทำการแปลงค่าจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ไอซีเบอร์ 18F458 ด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

2. นำค่าแรงดันและกระแสที่ได้จากการแปลงค่าไปคำนวณหาค่ากำลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมา นำค่ากำลังงานค่าแรกเก็บไว้เป็นค่าอ้างอิง เมื่อค่าของความเข้มแสงเปลี่ยนไปค่าของแรงดันและกระแสก็จะเปลี่ยนไปด้วยเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าใหม่เข้ามาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันและกระแสค่าแรกที่ได้เก็บไว้ เพื่อทำการปรับค่าควิตซ์เซลล์ที่มีค่าที่เหมาะสมเพื่อให้ได้จุดที่มีค่ากำลังงานสูงสุด และค่าแรงดันและกระแสที่รับเข้ามาใหม่ก็จะเป็นจุดอ้างอิงใหม่ต่อไป

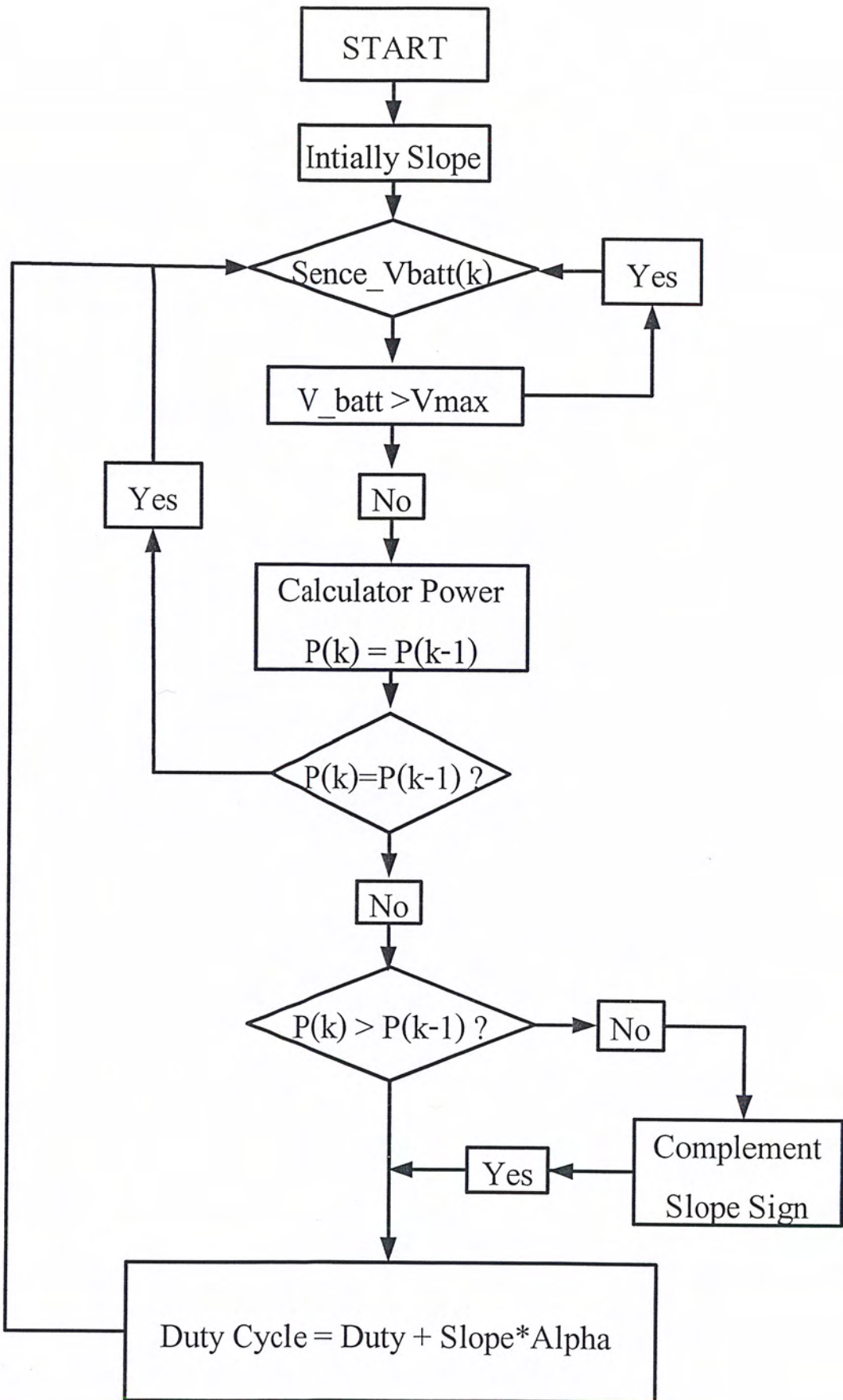
3. ทำการตรวจวัดค่ากำลังงานใหม่ที่เข้ามาเปรียบเทียบกับค่ากำลังงาน ณ จุดอ้างอิง

- หากกำลังงานใหม่ที่เข้ามานี้มีค่ามากกว่ากำลังงานที่จุดอ้างอิง ก็ทำการย้ายจุดการทำงานไปในทิศทางเดิมเล็กน้อย และทำการเก็บค่ากำลังงานใหม่นี้ไว้เป็นจุดอ้างอิงแทน แล้วจึงทำการเปรียบเทียบกับจุดการทำงานใหม่ต่อไปเรื่อยๆ

- หากกำลังงานใหม่ที่เข้ามามีค่าน้อยกว่ากำลังงานที่จุดอ้างอิง ก็ทำการย้ายจุดการทำงานไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิมเล็กน้อย จนกว่าค่ากำลังงานที่นำมาเปรียบเทียบจะมีค่ามากกว่ากำลังงานที่จุดอ้างอิง

โปรแกรมจะทำงานวนรอบอย่างนี้ไปเรื่อยๆ เพื่อที่จะให้ได้ค่า ณ กำลังงานสูงสุดอยู่ตลอดเวลาแม้ว่าความเข้มแสงและอุณหภูมิขณะทำงานจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม

ดังแสดงใน Flowchart ในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 Flowchart of the control program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ออกแบบไว้ที่

ขนาดกำลังสูงสุด	110	วัตต์
แรงดันไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด	34	โวลต์
กระแสไฟฟ้าที่กำลังสูงสุด	3.23	แอมป์
กระแสไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร	3.54	แอมป์
แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร	42	โวลต์

ค่าตัวเลขนี้ คัดจากสภาพมาตรฐานที่ ความเข้มแสง 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์

3.8 แบตเตอรี่

เลือกใช้แบตเตอรี่แบบ ตะกั่ว – กรด ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ 70 A.hr

เนื่องจาก ขนาดของกระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่นั้นไม่ควรเกิน 0.1-0.4 CA (0.1 - 0.4 เท่าของ A.hr ของแบตเตอรี่)

ในการออกแบบนี้ กระแสในการประจุแบตเตอรี่สูงสุดไม่เกิน 7 แอมป์ ที่ 0.1 CA ขนาด A.hr ของแบตเตอรี่เท่ากับ $7 / 0.1 = 70 \text{ A.hr}$

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 70 A.hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

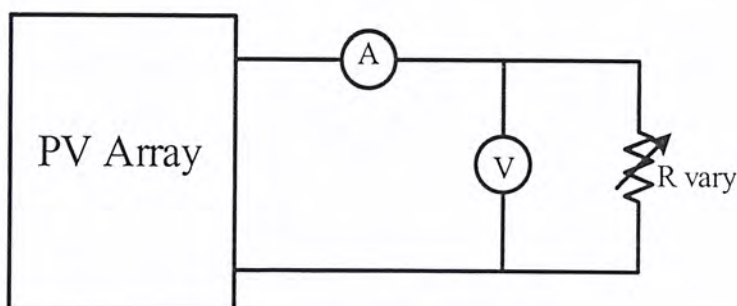
บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

การทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำโดยการนำตัวต้านทานมาเป็นโหลดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะทำการวัดกระแสและแรงดันเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. ทำการเปิดวงจร (Open circuit) ทางด้านเอาต์พุทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือไม่มีการต่อโหลดทำการวัดแรงดันเปิดวงจร กระแสเปิดวงจรจะเป็นศูนย์
2. ทำการลัดวงจร (Short circuit) ทางด้านเอาต์พุทของเซลล์แสงอาทิตย์ทำการวัดกระแสลัดวงจร แรงดันลัดวงจรจะเป็นศูนย์
3. ทำการต่อโหลดตัวต้านทานที่มีค่าต่างๆกันทำการวัดค่ากระแสและแรงดัน ณ โหลดค่าต่างๆ
4. นำค่ากระแสและแรงดันที่ได้จากการทดสอบในขั้นตอนที่ 1-3 มาทำการเขียน IV Curve



รูปที่ 4.1 รูปวงจรการทดสอบหาคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิด ผลึกเดี่ยวซิลิกอน ขนาด

กำลังสูงสุด	55	วัตต์
แรงดันไฟฟ้าที่ กำลังสูงสุด	17	โวลต์
กระแสไฟฟ้าที่ กำลังสูงสุด	3.23	แอมป์
กระแสไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร	3.54	แอมป์
แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร	21	โวลต์

ลิตที่สภาพมาตรฐาน ที่ความเข้มแสง 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร อุณหภูมิ 25

องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(1)

Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
1.10	3.10	3.41	25.97	2.40	62.33
8.52	3.10	26.41	26.47	2.34	61.94
9.51	3.10	29.48	26.85	2.22	59.61
12.45	3.10	38.60	26.91	2.17	58.39
13.30	3.10	41.23	27.36	2.06	56.36
16.30	3.05	49.72	27.76	2.00	55.52
17.23	3.03	52.21	27.92	1.90	53.05
19.25	3.00	57.75	28.29	1.83	51.77
20.35	2.97	60.44	28.90	1.76	50.86
22.14	2.86	63.32	29.20	1.68	49.06
22.65	2.79	63.19	30.05	1.51	45.38
24.12	2.64	63.68*	30.10	1.47	44.25
24.75	2.55	63.11	32.75	1.00	32.75
25.70	2.45	62.97	33.00	0.90	29.70

แรงดันเปิดวงจร (Voc) = 37.59 โวลต์
 กระแสลัดวงจร(sc) = 3.10 แอมป์
 กำลังไฟฟ้าสูงสุด* = 63.68 วัตต์
 แรงดันที่ก้ำกึ่งไฟฟ้าสูงสุด = 24.12 โวลต์
 กระแสที่ก้ำกึ่งไฟฟ้าสูงสุด = 2.64 แอมป์

ทดสอบเมื่อ

วันที่ 21 ม.ค. 2547 เวลา 11.50 น.

อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 49 องศาเซลเซียส

จำนวน 2 แผงอนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(2)

Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
1.03	2.90	2.99	25.24	2.33	58.81
7.76	2.90	22.50	26.54	2.18	57.86
8.85	2.90	25.67	26.50	2.13	56.45
11.45	2.86	32.75	26.55	2.10	55.76
12.45	2.85	35.48	27.10	2.04	55.28
15.12	2.83	42.79	27.62	1.95	53.86
15.83	2.79	44.17	27.95	1.90	53.11
18.36	2.78	51.04	28.41	1.87	53.13
19.68	2.75	54.12	28.78	1.81	52.09
21.67	2.65	57.43	29.00	1.75	50.75
22.19	2.60	57.69	30.06	1.52	45.69
23.24	2.50	58.10	30.12	1.50	45.18
23.78	2.45	58.26	32.67	0.95	31.04
24.90	2.38	59.26*	32.82	0.93	30.52

แรงดันเปิดวงจร (Voc) = 37.80 โวลต์

กระแสลัดวงจร(sc) = 2.90 แอมป์

กำลังไฟฟ้าสูงสุด* = 59.26 วัตต์

แรงดันที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด = 24.90 โวลต์

กระแสที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด = 2.38 แอมป์

ทดสอบเมื่อ

วันที่ 21 ม.ค. 2547 เวลา 12.15 น.

อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 47 องศาเซลเซียส

จำนวน 2 แผงอนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์(3)

Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
1.90	2.70	5.13	25.20	2.11	53.17
8.00	2.67	21.36	25.70	2.05	52.69
8.60	2.66	22.88	26.20	1.97	51.61
11.20	2.65	29.68	27.20	1.79	48.69
12.00	2.64	31.68	27.80	1.69	46.98
14.50	2.62	37.99	28.30	1.61	45.56
15.30	2.61	39.93	28.70	1.51	43.34
17.50	2.58	45.15	29.00	1.48	42.92
18.30	2.56	46.85	29.10	1.46	42.49
20.50	2.51	51.46	29.80	1.32	39.34
20.90	2.48	51.83	30.50	1.16	35.38
22.50	2.39	53.78	31.30	0.95	29.74
23.10	2.33	53.82	31.50	0.85	26.78
24.00	2.25	54.00*	31.70	0.63	19.97

แรงดันเปิดวงจร (Voc) = 35.8 โวลต์

กระแสลัดวงจร(Isc) = 2.71 แอมป์

กำลังไฟฟ้าสูงสุด* = 54 วัตต์

แรงดันที่ก้ำกั้วไฟฟ้าสูงสุด = 24 โวลต์

กระแสที่ก้ำกั้วไฟฟ้าสูงสุด = 2.25 แอมป์

ทดสอบเมื่อ

วันที่ 21 ม.ค. 2547 เวลา 12.40 น.

อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 45 องศาเซลเซียส

จำนวน 2 แผงอนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(4)

Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
2.00	2.71	5.42	25.20	2.09	52.67
8.00	2.70	21.60	25.60	2.05	52.48
8.80	2.69	23.67	25.80	2.01	51.86
11.50	2.68	30.82	27.00	1.78	48.06
12.40	2.67	33.11	27.50	1.67	45.93
14.80	2.65	39.22	27.90	1.59	44.36
15.50	2.64	40.92	28.30	1.50	42.45
18.00	2.60	46.80	28.50	1.45	41.33
18.90	2.58	48.76	28.60	1.44	41.18
20.80	2.52	52.42	29.10	1.30	37.83
21.00	2.50	52.50	29.80	1.13	33.67
21.60	2.38	51.40	30.50	0.98	29.89
22.90	2.37	54.27*	30.70	0.82	25.17
24.00	2.25	54.00	30.90	0.65	20.09

แรงดันเปิดวงจร (Voc) = 35.3 โวลต์

กระแสลัดวงจร(Isc) = 2.71 แอมป์

กำลังไฟฟ้าสูงสุด* = 54.27 วัตต์

แรงดันที่ก่าลังไฟฟ้าสูงสุด = 22.90 โวลต์

กระแสที่ก่าลังไฟฟ้าสูงสุด = 2.37 แอมป์

ทดสอบเมื่อ

วันที่ 21 ม.ค. 2547 เวลา 12.50 น.

อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 47 องศาเซลเซียส

จำนวน 2 แผงอนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(5)

Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
1.70	2.63	4.47	22.90	2.32	53.13
4.50	2.62	11.79	23.80	2.24	53.31
5.20	2.62	13.62	24.10	2.21	53.26
7.80	2.61	20.36	25.20	2.17	54.68*
8.40	2.61	21.92	25.20	2.10	52.92
11.10	2.59	28.75	25.50	2.05	52.28
11.60	2.59	30.04	25.80	2.02	52.12
14.10	2.57	36.24	26.10	1.97	51.42
14.80	2.56	37.89	26.30	1.94	51.02
17.20	2.53	43.52	26.40	1.89	49.90
17.90	2.51	44.93	26.70	1.86	49.66
20.00	2.47	49.40	26.90	1.81	48.69
20.50	2.45	50.23	27.10	1.78	48.24
22.10	2.37	52.38	27.20	1.74	47.33

แรงดันเปิดวงจร (Voc) = 36.00 โวลต์

กระแสลัดวงจร(Isc) = 2.64 แอมป์

กำลังไฟฟ้าสูงสุด* = 54.68 วัตต์

แรงดันที่ก่าลังไฟฟ้าสูงสุด = 25.20 โวลต์

กระแสที่ก่าลังไฟฟ้าสูงสุด = 2.17 แอมป์

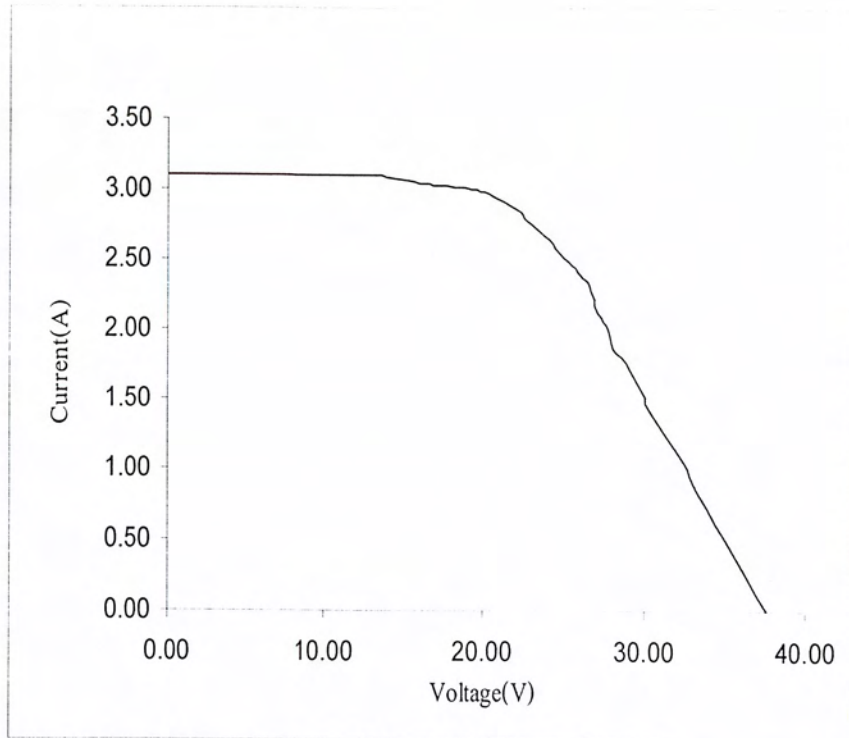
ทดสอบเมื่อ

วันที่ 21 ม.ค. 2547 เวลา 13.30 น.

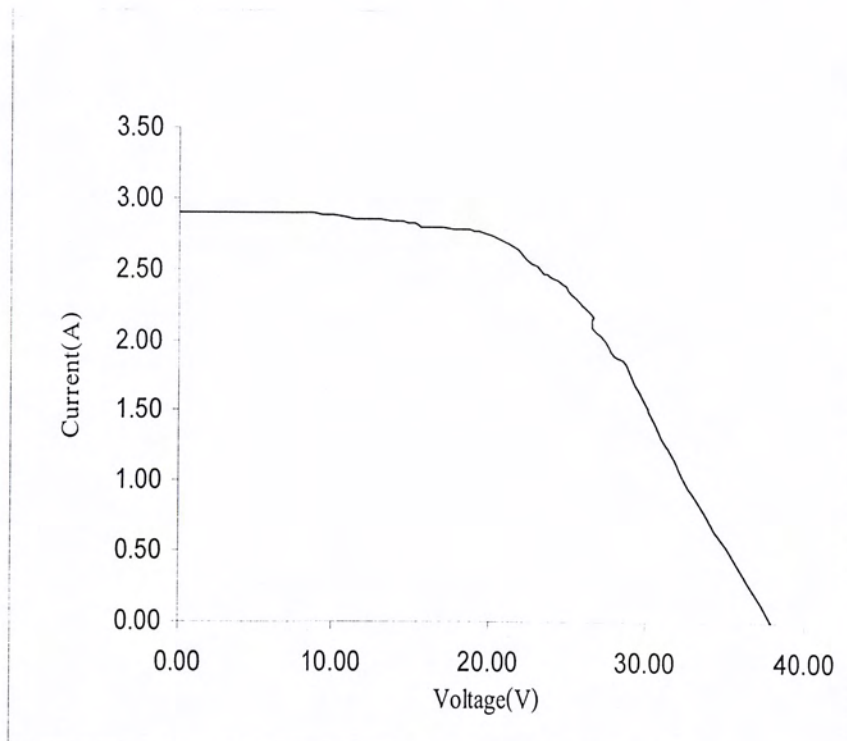
อุณหภูมิตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 46 องศาเซลเซียส

จำนวน 2 แผงอนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

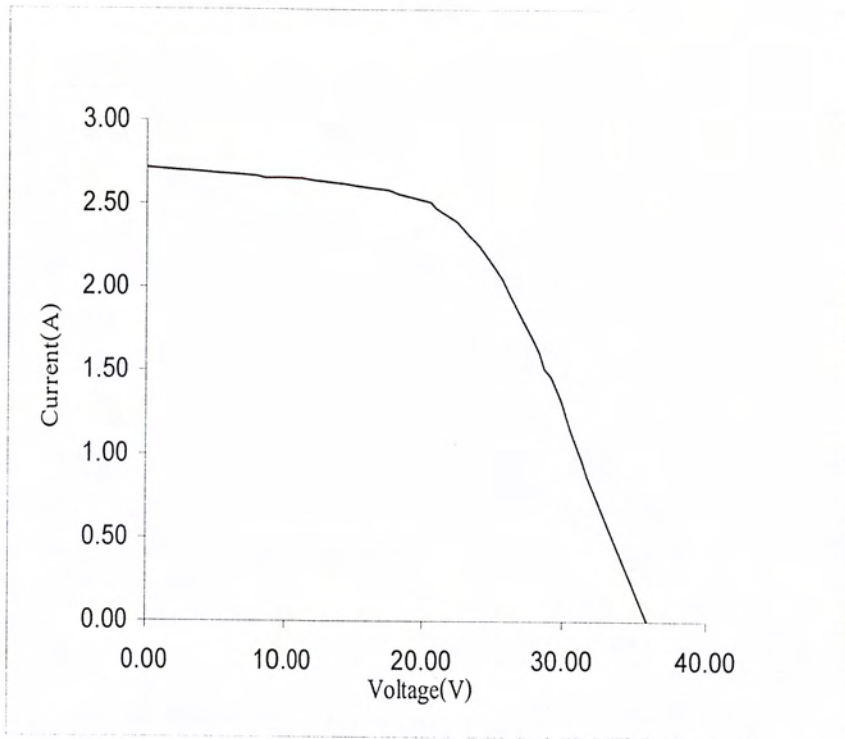


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์(1)

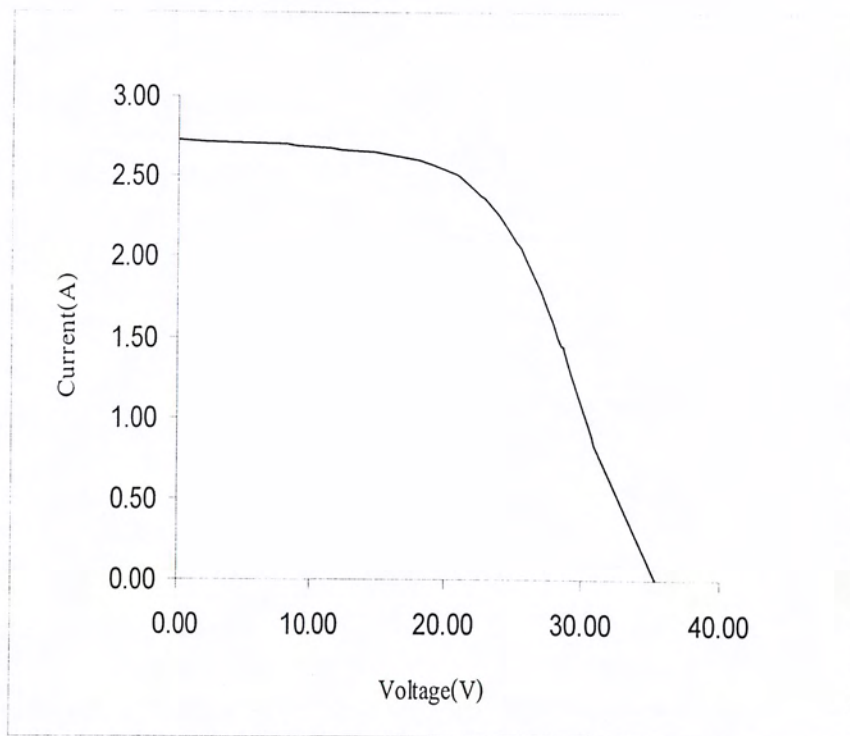


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

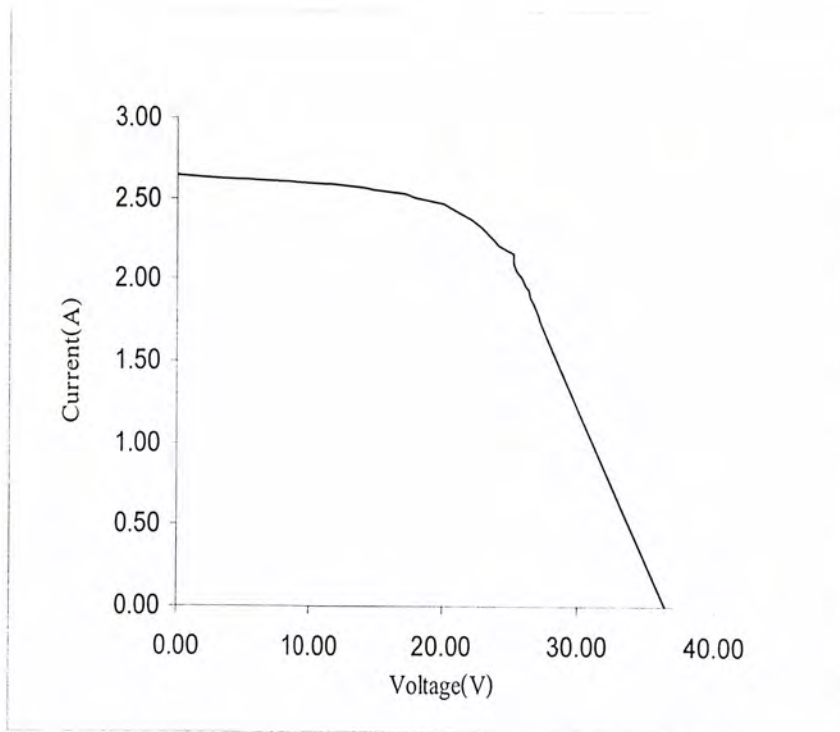


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์(3)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์(4)

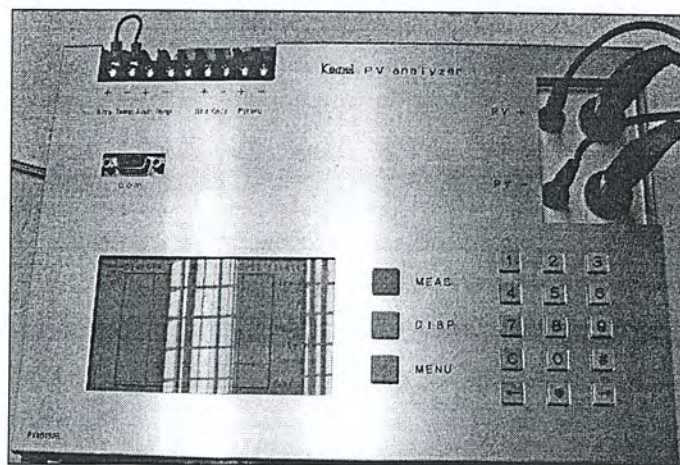
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์(5)

4.2 การทดสอบความถูกต้องในการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

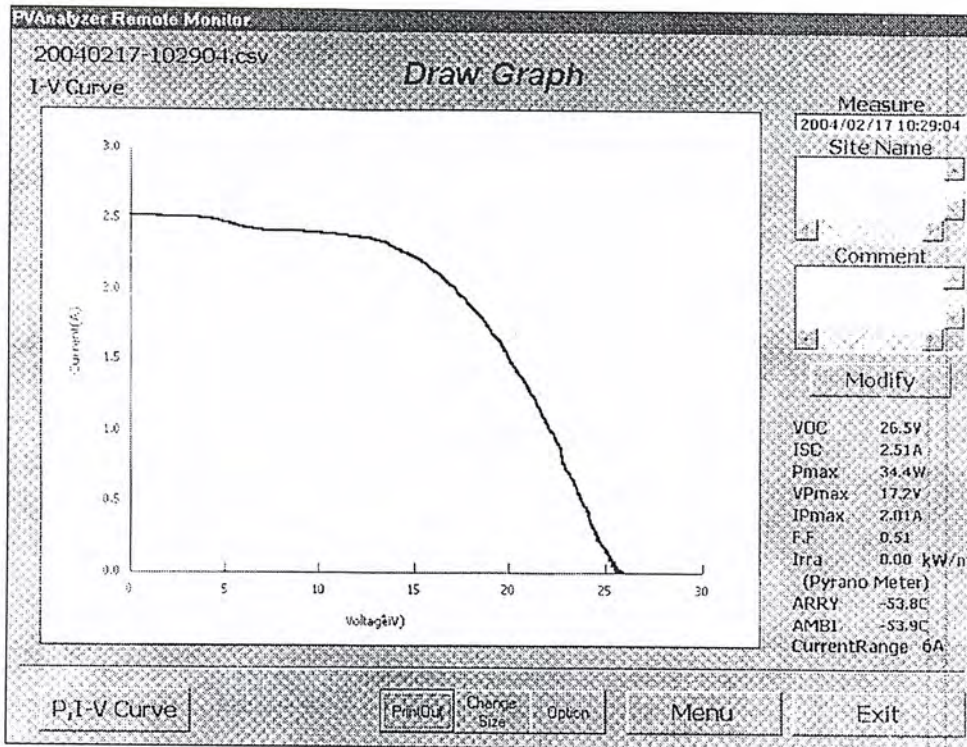
การทดสอบความถูกต้องของการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยการปรับโหลดตัวต้านทาน ดังรูปที่ 4.1 โดยการ เปรียบเทียบผลการทดสอบ กับผลที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Analyser) รูปที่ 4.7 ในการทดสอบเปรียบเทียบนี้ ทำการทดสอบ ณ เวลาเดียวกับ สภาพแวดล้อมในการทดสอบเหมือนกัน



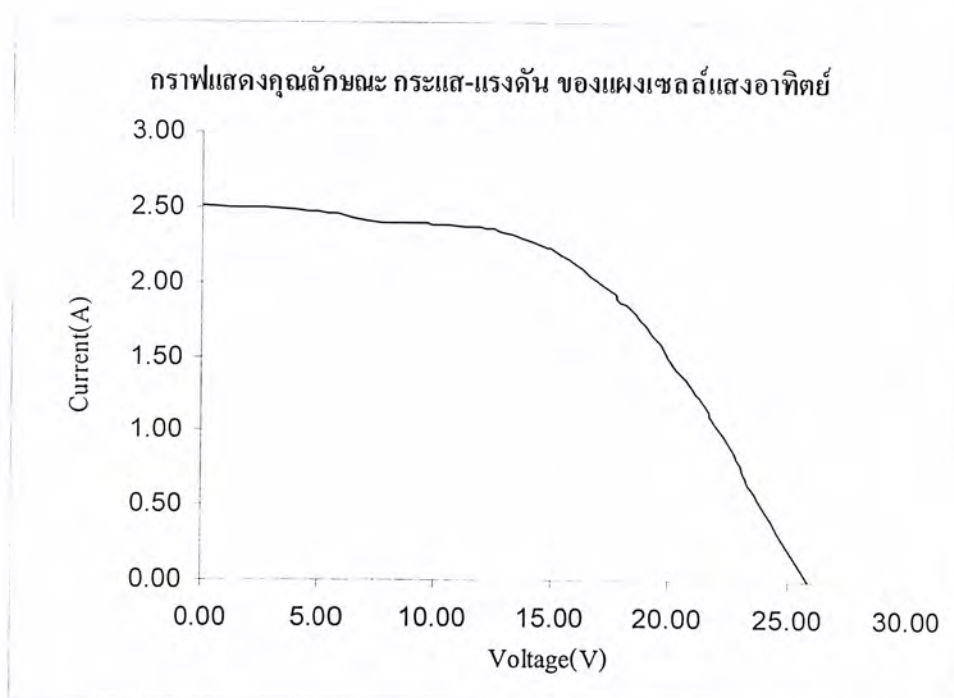
รูปที่ 4.7 เครื่องมือทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Analyser)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบเปรียบเทียบความถูกต้องในการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



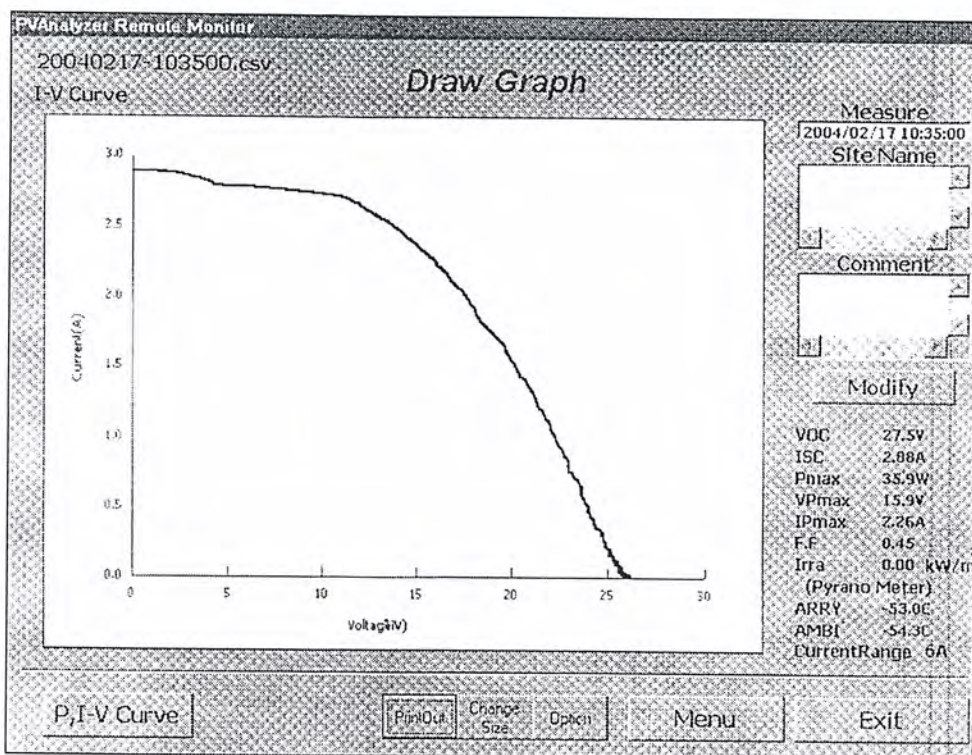
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่องPV Analyser(1)



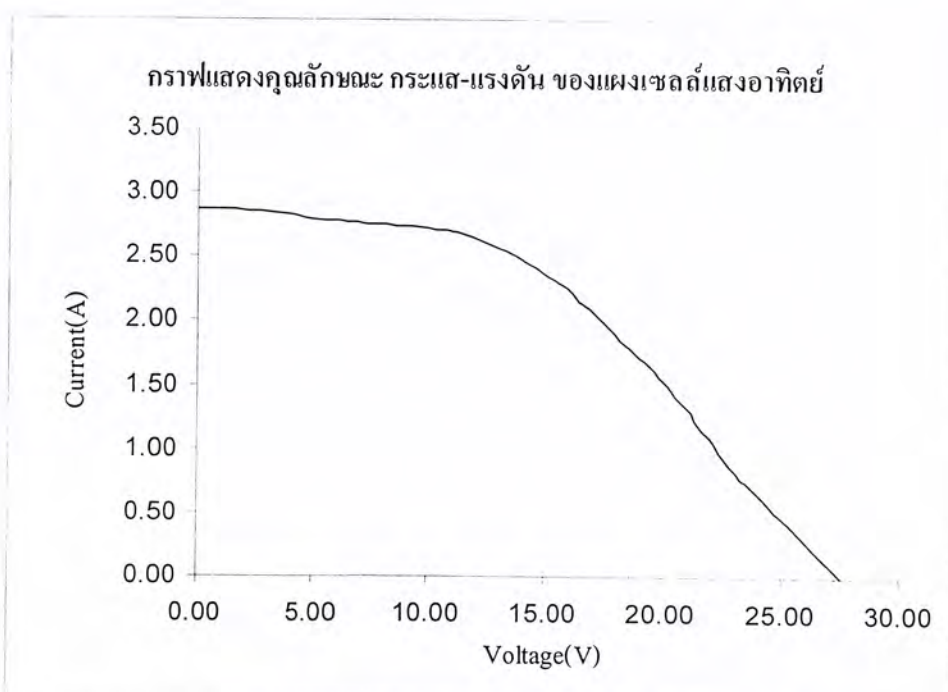
$V_{oc} = 25.8 \text{ V}$ $I_{sc} = 2.51 \text{ A}$ $P_{max} = 34.23 \text{ W}$ $V_{p_{max}} = 16.30 \text{ V}$ $I_{p_{max}} = 2.1 \text{ A}$

รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีปรับโหลดตัวต้านทาน(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่อง PV Analyser(2)



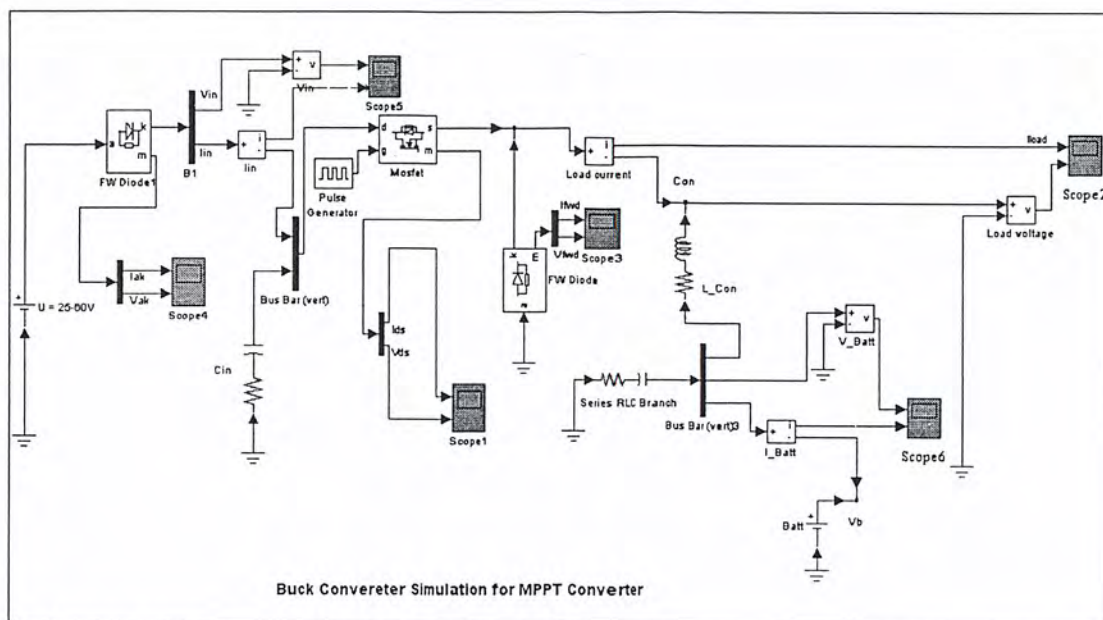
Voc = 27.50 V Isc = 2.87 A Pmax = 35.82 W Vp_{max} = 15.71 V Ip_{max} = 2.28 A

รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีปรับโหลดตัวต้านทาน(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

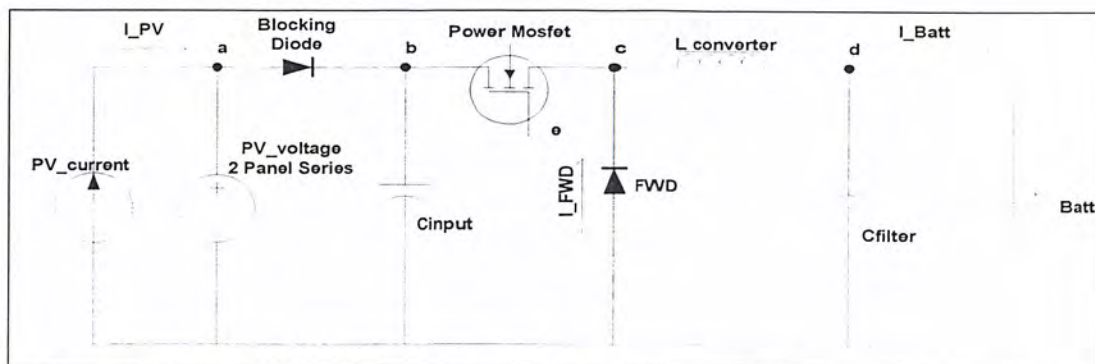
4.3 การทดสอบเปรียบเทียบ MPPT Converter กับโปรแกรม Matlab

ทำการจำลองการทำงานของระบบด้วยโปรแกรม Matlab เปรียบเทียบเทียบสัญญาณที่ได้จากการจำลอง โดย Matlab กับสัญญาณที่ได้จากการทดสอบชุด MPPT Converter ที่สร้างขึ้นการเพื่อยืนยันความถูกต้องของการทำงานก่อนนำไปใช้งานจริง หรือก่อนนำไปทดสอบในขั้นตอนอื่นๆต่อไปช่วยให้สามารถควบคุม ปัจจัยที่มีผลต่อความผิดพลาด (Error Influence) นอกจากนี้ยังเป็น การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่



รูปที่ 4.12 Matlab Simulation บล็อกไดอะแกรม

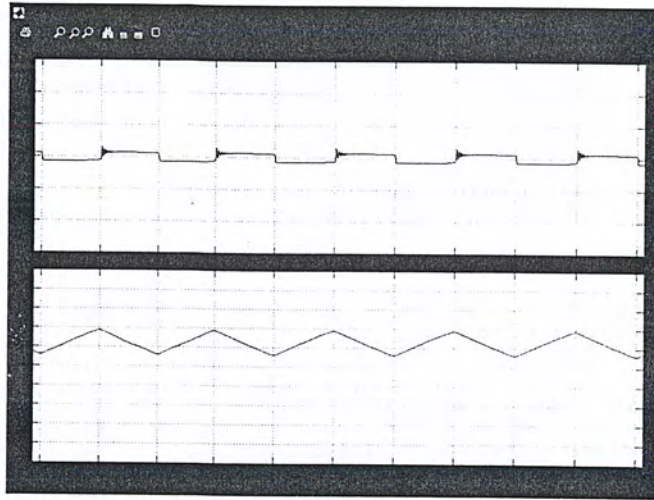
ในการจำลองการทำงานของระบบนั้นจะควบคุมค่าความถี่ไซเคิลที่ประมาณ 50-70% ที่พิกัดแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (Power Supply) 25-35V ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณกระแสขณะชาร์จแบตเตอรี่ เพราะค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขณะชาร์จทำให้ต้องควบคุมแรงดันและ/หรือความถี่ไซเคิลไม่ให้กระแสอินพุตเกิน 3A



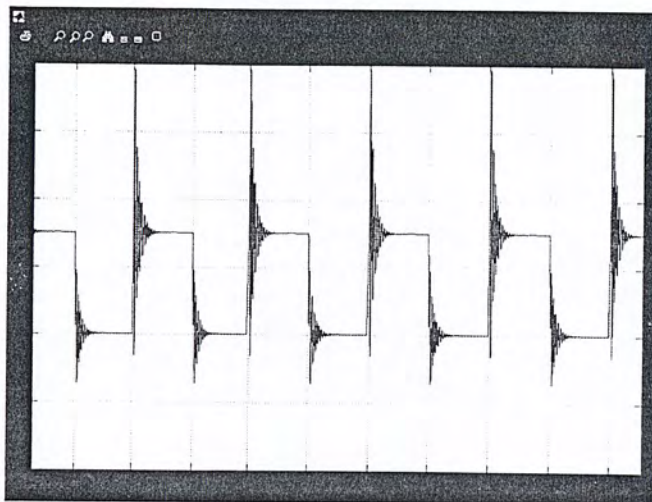
รูปที่ 4.13 วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ Matlab Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

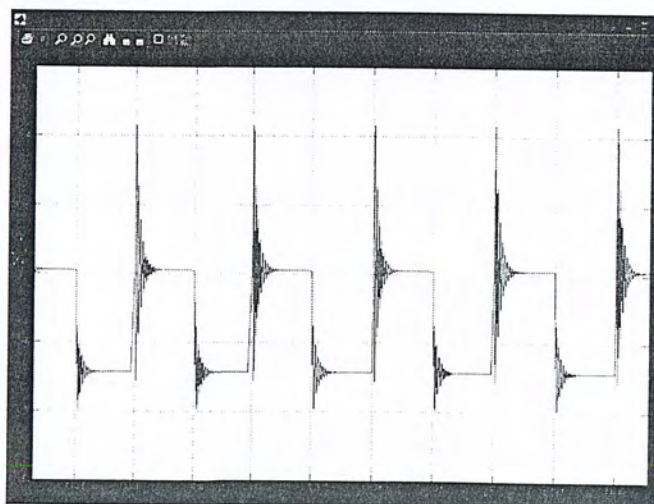
4.3.1 สัญญาณที่ได้จากการทดสอบด้วย Matlab



รูปที่ 4.14 สัญญาณแรงดันและกระแสทางด้านอินพุตของคอนเวอร์เตอร์ จากบนลงล่างตามลำดับ

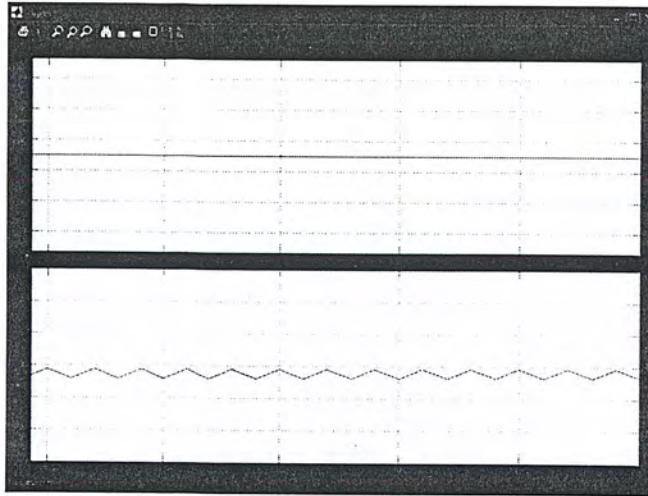


รูปที่ 4.15 สัญญาณแรงดัน V_{DS} ที่ power mosfet



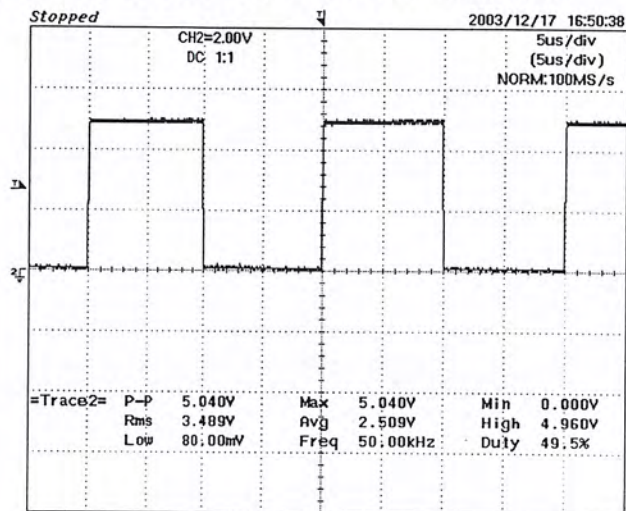
รูปที่ 4.16 สัญญาณแรงดันที่ฟริววลิ่ง ไดโอด V_{Fwd}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

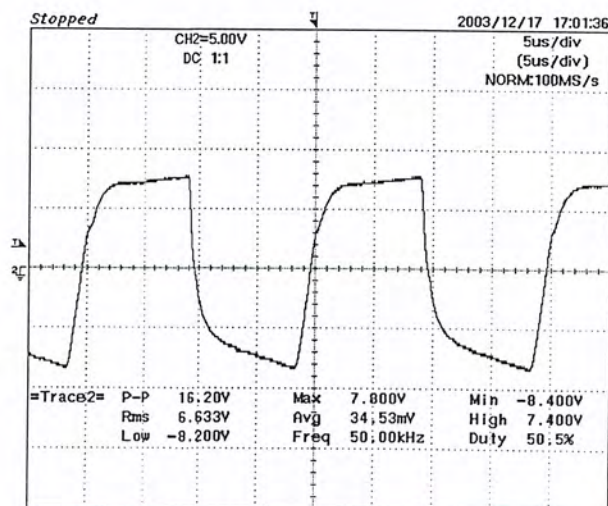


รูปที่ 4.17 สัญญาณแรงดันและกระแสทางค่านเอาท์พุทของคอนเวอร์เตอร์จากบนลงล่างตามลำดับ

4.3.2 สัญญาณที่ได้จากการวัดจริง ในการทดสอบคอนเวอร์เตอร์

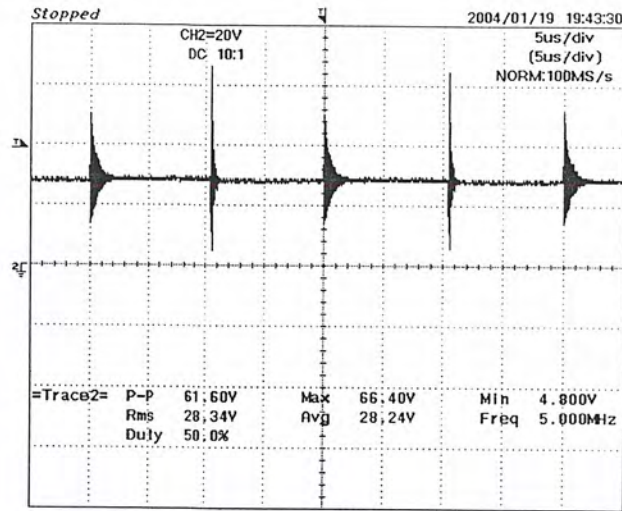


รูปที่ 4.18 สัญญาณควบคุมคอนเวอร์เตอร์ที่สร้างโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

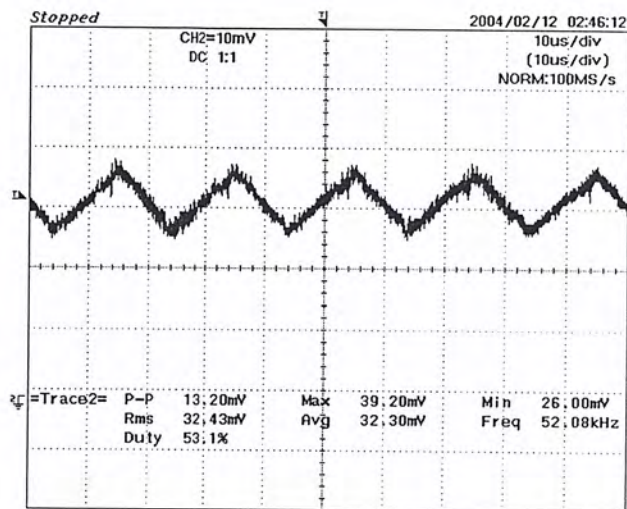


รูปที่ 4.19 สัญญาณควบคุมคอนเวอร์เตอร์ที่ออกจาก Pulse Transformer

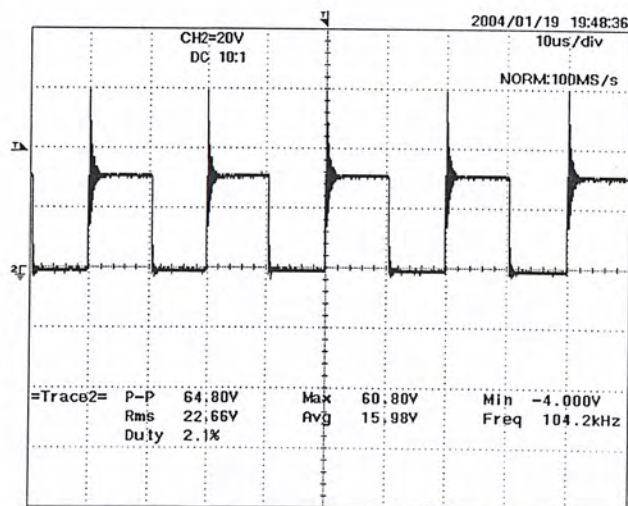
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 สัญญาณแรงดันทางค่านินพุทของคอนเวอร์เตอร์

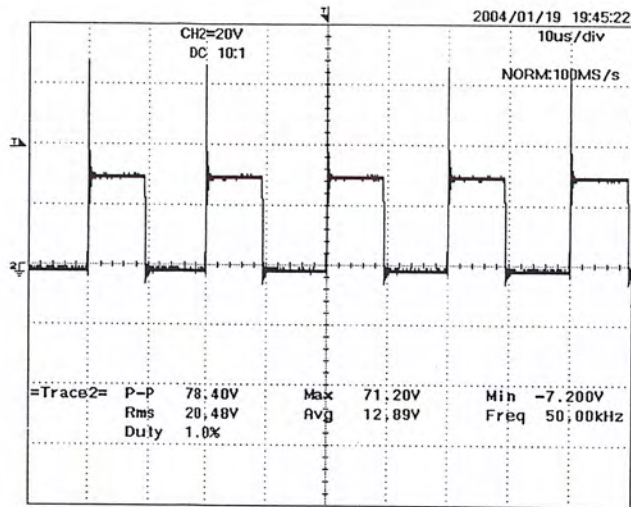


รูปที่ 4.21 สัญญาณกระแสทางค่านินพุทของคอนเวอร์เตอร์

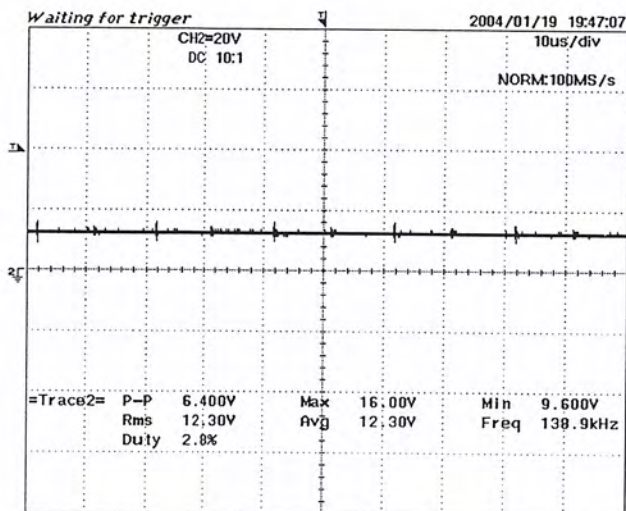


รูปที่ 4.22 สัญญาณแรงดัน V_{DS} ที่ power mosfet

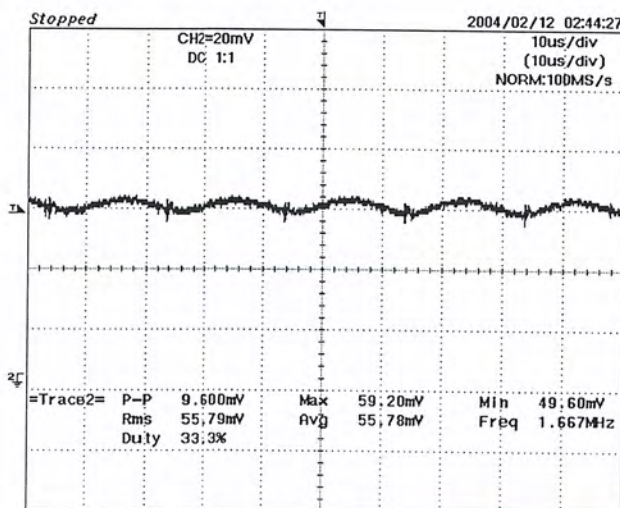
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 สัญญาณแรงดันที่ฟิวต์ลิงโคโอด V_{Fwd}



รูปที่ 4.24 สัญญาณแรงดันเอาต์พุทของคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 4.25 สัญญาณกระแสเอาต์พุทของคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์

ในการทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์ จะใช้ Power Supply ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ถึง 110 วัตต์ โดยที่จ่ายกระแสได้ถึง 4 แอมป์ จ่ายแรงดันแรงดันได้ถึง 35 โวลต์ ตามขนาดของคอนเวอร์เตอร์ และ พิกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้ทำการออกแบบไว้ ในการทดสอบจะทำการคงที่ค่า Duty Cycle ไว้ แล้วทำการปรับค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายโดย Power Supply กำลังที่ใช้ทดสอบ อยู่ในช่วง 10 – 110 วัตต์ ที่ กระแส 0.5 – 4 แอมป์ แรงดัน 20 – 30 โวลต์ โดยใช้แบตเตอรี่เป็นโหลดของคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 4. 26 การทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์

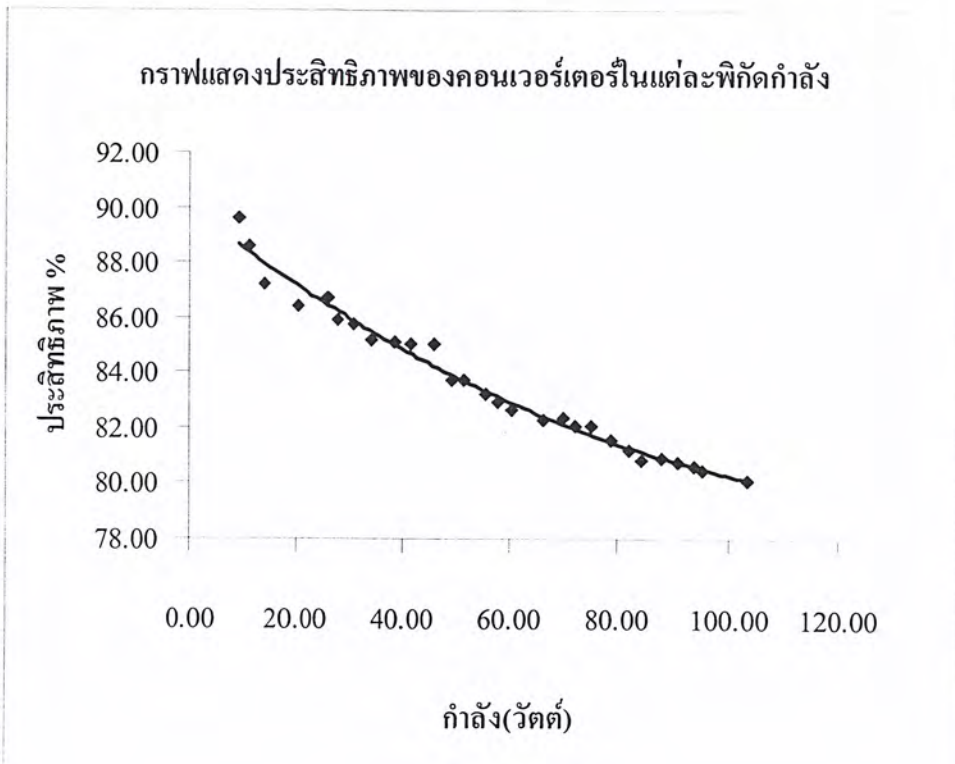
Input			Output			ประสิทธิภาพ %
แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)	แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)	
27.30	3.79	103.47	13.74	6.03	82.85	80.08
27.09	3.52	95.36	13.75	5.58	76.73	80.46
26.87	3.49	93.78	13.72	5.51	75.60	80.61
26.74	3.40	90.92	13.70	5.36	73.43	80.77
26.62	3.31	88.11	13.68	5.21	71.27	80.89
26.42	3.19	84.28	13.63	5.00	68.15	80.86
26.35	3.11	81.95	13.61	4.89	66.55	81.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6(ต่อ) ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์

Input			Output			ประสิทธิภาพ %
แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)	แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)	
26.13	3.01	78.65	13.56	4.73	64.14	81.55
25.84	2.90	74.94	13.48	4.56	61.47	82.03
25.79	2.80	72.21	13.47	4.40	59.27	82.08
25.74	2.71	69.76	13.45	4.27	57.43	82.33
25.53	2.60	66.38	13.35	4.09	54.60	82.26
25.32	2.39	60.51	13.34	3.75	50.03	82.67
25.2	2.30	57.96	13.31	3.61	48.05	82.90
25.16	2.21	55.60	13.30	3.48	46.28	83.24
24.62	2.09	51.46	13.18	3.27	43.10	83.76
24.59	2.01	49.43	13.14	3.15	41.39	83.74
24.50	1.88	46.06	13.28	2.95	39.18	85.05
24.22	1.71	41.42	13.14	2.68	35.22	85.03
24.15	1.60	38.64	13.00	2.53	32.89	85.12
24.00	1.42	34.08	12.84	2.26	29.02	85.15
23.76	1.30	30.89	12.67	2.09	26.48	85.73
23.45	1.18	27.67	12.58	1.89	23.78	85.92
23.30	1.10	25.63	12.56	1.77	22.23	86.74
22.90	0.89	20.38	12.49	1.41	17.61	86.41
22.28	0.63	14.04	12.36	0.99	12.24	87.18
21.94	0.50	10.97	12.30	0.79	9.72	88.58
21.54	0.42	9.05	12.28	0.66	8.10	89.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์ในแต่ละพิกัดกำลัง

4.5 การทดสอบความถูกต้องของการแสดงผลของจอ LCD

ทำการทดสอบการแสดงผลทางจอ LCD ที่ได้จากตรวจจับกระแสและแรงดันของชุด Sensing ที่สร้างขึ้นแล้วส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลและแสดงผลทางจอ LCD เปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดโดยมิเตอร์ เพื่อยืนยันว่าการแสดงผลทางจอ LCD มีความถูกต้อง ดังรูปที่ 4.27 และ 4.28



รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบ การแสดงค่าแรงดันทางจอ LCD กับค่าจริงที่วัดจากมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดันที่วัดได้จากมิเตอร์เทียบกับจอ LCD

V(meter)	V(LCD)	%Error	V(meter)	V(LCD)	%Error
32.06	32.08	0.062	21.05	21.04	0.047
30.99	30.96	0.096	20.04	20.02	0.099
30.03	30.04	0.033	19.03	19.00	0.157
29.01	29.00	0.034	18.05	18.04	0.055
28.04	28.06	0.071	17.07	17.08	0.058
27.03	27.08	0.184	16.02	16.04	0.124
25.99	26.00	0.038	15.02	15.00	0.133
25.02	25.04	0.079	14.01	13.96	0.356
24.00	24.03	0.125	13.09	13.00	0.687
23.02	23.00	0.086	12.10	12.00	0.826
22.09	22.08	0.045	11.08	11.04	0.361

ความผิดพลาด ของการแสดงผลแรงดันเอาท์พุทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางจอ LCD
เฉลี่ย = 0.17 %



รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบการ แสดงค่ากระแสทางจอ LCD กับค่าจริงที่วัดจากมิเตอร์

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่ากระแสที่วัดได้จากมิเตอร์เทียบกับจอLCD

I(meter)	I(LCD)	%Error	I(meter)	I(LCD)	%Error
1.15	1.12	2.61	2.11	2.15	1.90
1.23	1.22	0.81	2.21	2.22	0.45
1.29	1.30	0.78	2.30	2.35	2.17
1.41	1.42	0.71	2.40	2.40	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8(ต่อ) ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่ากระแสที่วัดได้จากมิเตอร์เทียบกับจอLCD

I(meter)	I(LCD)	%Error	I(meter)	I(LCD)	%Error
1.50	1.52	1.33	2.50	2.55	2.00
1.60	1.62	1.25	2.60	2.62	0.77
1.69	1.70	0.59	2.72	2.74	0.74
1.81	1.82	0.55	2.79	2.81	0.72
1.89	1.92	1.59	2.90	2.91	0.34
2.00	2.02	1.00	3.00	3.03	1.00

ความผิดพลาดของการแสดงผลกระแสเอาท์พุทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางจอ LCD

เฉลี่ย = 1.065 %

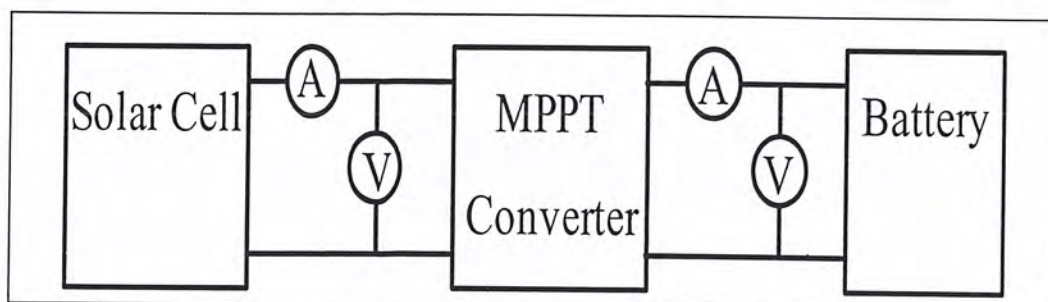
4.6 การทดสอบการดึงกำลังไฟฟ้าสูงสุด ของ MPPT Converter

ทำการทดลองที่สภาวะการทำงานที่เวลาต่างๆ โดยจะทำการบันทึกกำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุทและเอาท์พุทของชุดดึงกำลังงานสูงสุด(MPPT Converter) ดังรูปที่ 4.29 และนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากการต่อตรงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับ โหลดตัวต้านทานปรับค่า รูปที่ 4.1 ที่กำลังสูงสุดที่แผงจ่ายได้ ณ เวลาเดียวกัน โดยมีเงื่อนไขการทดสอบคือ

- จัดมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมือนกันเพื่อให้การทดสอบมีความเท่าเทียมกันในด้านปริมาณรังสีที่ได้รับ

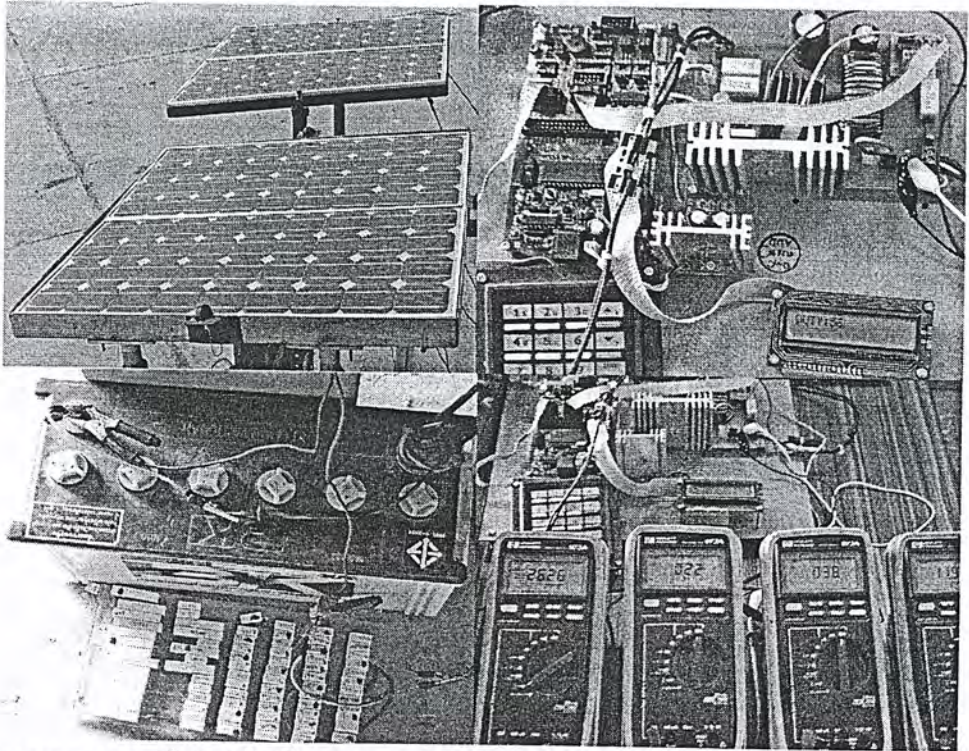
- ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันใช้เครื่องมือวัดที่เหมือนกัน โดยก่อนทำการทดสอบแบตเตอรี่จะถูกลอยประจุออกจนหมด

เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า MPPT Converter สามารถ ดึงกำลังงานสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จริง

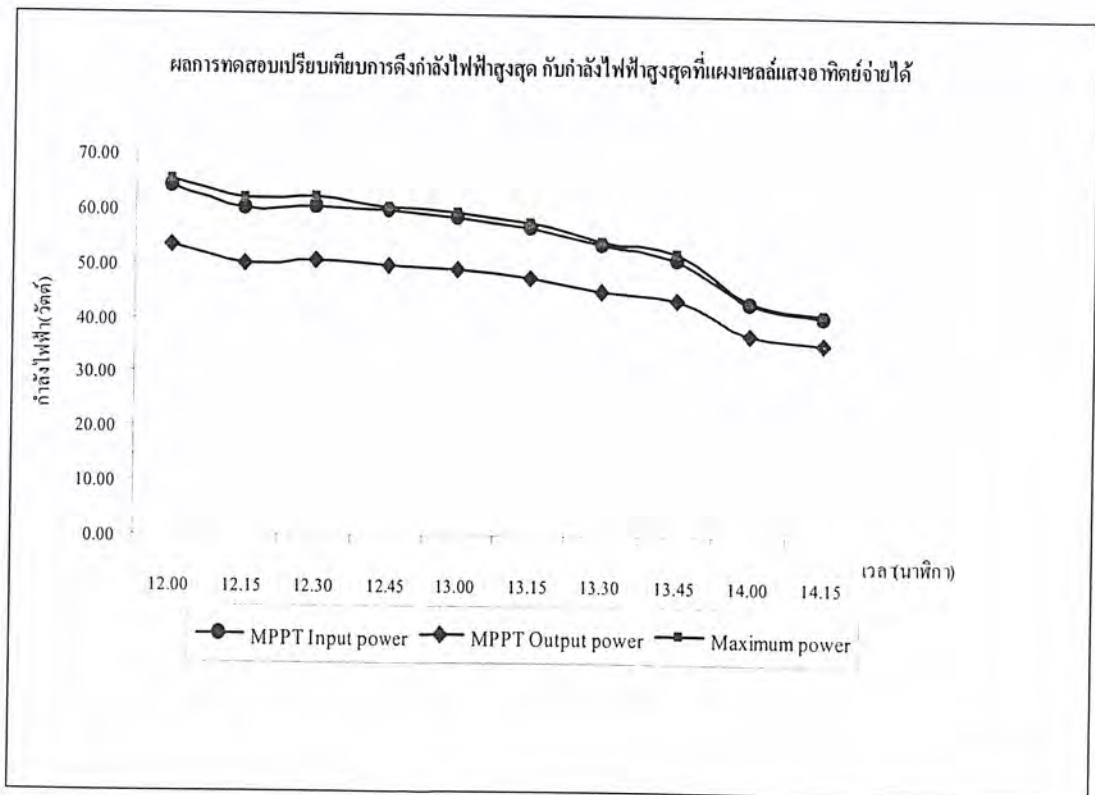


รูปที่ 4.30 วงจรการทดสอบการดึงกำลังไฟฟ้าสูงสุดของชุดคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 การทดสอบการดึงกำลังไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 4.32 กราฟผลการทดสอบเปรียบเทียบการดึงกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านวงจรดึงกำลังสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตารางผลการทดสอบการดึงกำลังไฟฟ้าสูงสุด

เวลา (นาฬิกา)	ต่อผ่านวงจรกำลังไฟฟ้าสูงสุด						จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์ แสงอาทิตย์จ่ายได้			%การดึง กำลัง สูงสุดด้าน Input	%การดึง กำลัง สูงสุดด้าน Output
	INPUT			OUTPUT			แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)		
	แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)	แรงดัน(V)	กระแส(A)	กำลัง(W)					
12.00	25.95	2.46	63.84	13.44	3.97	53.36	25.87	2.52	65.19	97.92	81.85
12.15	26.02	2.30	59.85	13.42	3.73	50.06	25.96	2.38	61.78	96.86	81.02
12.30	25.97	2.32	60.25	13.44	3.76	50.53	25.94	2.39	62.00	97.18	81.51
12.45	26.08	2.29	59.72	13.41	3.71	49.75	26.22	2.30	60.31	99.03	82.50
13.00	26.14	2.24	58.55	13.37	3.66	48.93	26.26	2.26	59.35	98.66	82.45
13.15	26.27	2.16	56.74	13.11	3.62	47.46	26.33	2.18	57.40	98.86	82.68
13.30	26.36	2.03	53.51	12.83	3.51	45.03	26.37	2.05	54.06	98.99	83.30
13.45	26.44	1.92	50.76	12.74	3.42	43.57	26.41	1.97	52.03	97.57	83.75
14.00	26.17	1.64	42.92	12.62	2.94	37.10	26.21	1.65	43.25	99.24	85.79
14.15	26.11	1.55	40.47	12.53	2.83	35.46	26.1	1.58	41.24	98.14	85.99

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งก็คือกราฟคุณลักษณะของกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเขียน โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุด MPPT Converter นั้น จะพบว่า ณ เวลาต่างๆกันนั้นคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงและอุณหภูมิ

ผลการทดสอบยังคงมีความคิดเห็นจากคุณลักษณะจริงไปบ้าง เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทดสอบที่ไม่น้อยพอที่จะได้ กราฟคุณลักษณะของ กระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงคงที่ค่าหนึ่ง ก็คือความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลง ไปก่อนที่จะทดสอบเสร็จในแต่ละรอบ

5.2 สรุปผลการทดสอบสัญญาณจากคอนเวอร์เตอร์

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบสัญญาณต่างๆที่วัดจริงกับคอนเวอร์เตอร์กับสัญญาณที่ได้จากการ Simulation จะพบว่ามิลักษณะใกล้เคียงกัน มีรายละเอียดดังนี้

-สัญญาณกระแสกระเพื่อมมีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณที่ได้จากการ simulation แตกต่างกันที่สัญญาณกระแสที่เกิดจากองค์ประกอบแฝงของมอสเฟตในส่วนของ di/dt ซึ่งจะลดลงเล็กน้อยเมื่อผ่านคาปาซิเตอร์กรองสัญญาณกระเพื่อม

-สัญญาณแรงดันที่วัดได้จากตำแหน่งต่างๆในวงจรมีการแกว่งเมื่ออยู่ในช่วงรอยต่อระหว่างการนำกระแส และไม่นำกระแสของมอสเฟต เนื่องมาจากผลกระทบของ dv/dt เพราะองค์ประกอบแฝงภายใน ซึ่งสอดคล้องกับสัญญาณจากการ Simulation

-การแก้ปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณที่ไม่นิ่งทั้งกระแสและแรงดันอาจใช้วงจรสแน็บเบอร์ได้แต่ก็มีผลให้ประสิทธิภาพรวมของวงจรลดลง

5.3 สรุปผลการทดสอบการวัด-แสดงผลกระแสและแรงดันทางจอ LCD

- การวัด-แสดงผลค่าแรงดันอินพุทมีค่าความผิดพลาดสูงสุด 0.826 % และค่าผิดพลาดเฉลี่ย 0.170 %

- การวัด-แสดงผลค่ากระแสอินพุทมีค่าความผิดพลาดสูงสุด 2.61% และค่าผิดพลาดเฉลี่ย 1.065 %

- ค่าผิดพลาดของการวัดแรงดันน้อยกว่าการวัดกระแส เนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์

ประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์ ณ พิกัดกำลังที่ใกล้เคียงกับระบบที่ทำงานจริง 20 – 80 วัตต์ นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 80- 87 %

คอนเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยภายใต้พิกัดกำลังเอาต์พุตสูงสุด 100W ทำให้น่าเชื่อว่า จะทำงานได้ปลอดภัยเมื่อนำไปใช้งานจริงที่พิกัดกำลังเอาต์พุตสูงสุด

กำลังงานที่สูญเสียและส่งผลต่อประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์

- การสูญเสียที่เกิดจากการ Switching เป็นการสูญเสียขณะทำงานในช่วง เปิด- ปิด ของ มอสเฟต คือ ในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแส ค่ากระแสจะค่อยๆ ลดลงสู่ศูนย์ ค่าแรงดันตกคร่อม มอสเฟตจะเพิ่มขึ้น ในช่วงกระแสยังไม่เป็นศูนย์ และในช่วงที่มอสเฟตเริ่มนำกระแส แรงดันตกคร่อมมอสเฟตจะค่อยๆ ลดต่ำลง โดยที่มอสเฟตเริ่มนำกระแสในช่วงที่แรงดันยังไม่เป็นศูนย์ จะทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในรูป $P(t)=V(t)*I(t)$

- การสูญเสียที่เกิดจากความต้านทานของตัวเหนี่ยวนำซึ่งเป็นค่าผลคูณของกำลังสองของ กระแสกับค่าความต้านทานของขดลวดเหนี่ยวนำ

- การสูญเสียที่เกิดจากความต้านทานของอุปกรณ์ในส่วนของวงจรขั้วมอสเฟต ซึ่งเป็นค่าผลคูณของกำลังสองของกระแสกับค่าความต้านทานและพบว่าค่ากำลังสูญเสียจะแปรผันตามกับค่า คิวดีไซเคิล

- การสูญเสียที่เกิดจากความต้านทานของอุปกรณ์ชุดตรวจจับกระแส ซึ่งเป็นค่าผลคูณของ กำลังสองของกระแสกับค่าความต้านทานของขดลวดเหนี่ยวนำ

5.5 สรุปผลการทดสอบ การดึงกำลังงานสูงสุดของชุด MPPT Converter

จากการทดสอบการดึงกำลังงานสูงสุดของชุด MPPT Converter ค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตของชุดดึงกำลังงานสูงสุดที่รับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายได้ ณ เวลานั้นๆ เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าชุด MPPT Converter สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ใกล้เคียงกับค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายได้ และเมื่อพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตของชุดดึงกำลังงานสูงสุดพบว่ามีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายได้ ณ เวลานั้นๆ เนื่องจากการสูญเสียพลังงานภายในวงจรดึงกำลังงานสูงสุด แก้ไขโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของชุดดึงกำลังงานสูงสุดให้ดีขึ้น

เนื่องจากภาระเป็นแบตเตอรี่ เมื่อมีการประจุพลังงานเข้าไปจะทำให้ค่าความต้านทานภายในเปลี่ยนแปลง มีผลต่อการดึงกระแส คือ ไม่ว่าจะให้ระดับแรงดันมากกว่าพิกัดของแบตเตอรี่ก็ตาม การดึงกระแสก็จะขึ้นกับว่าแบตเตอรี่มีพลังงานสะสมอยู่มากน้อยเพียงใด ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดึงกำลังงานสูงสุด แนวทางแก้ไขคือต้องมีชุดควบคุมกระแสการชาร์จแบตเตอรี่ จึงจะสามารถใช้งานวงจรดึงกำลังงานสูงสุดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของชุด MPPT Converter

Project : MPPT Converter

Microcontroller PIC 18F458

Basic for PIC

INCLUDE "modedefs.bas"

DEFINE OSC 10

DEFINE LCD_DREG PORTD

DEFINE LCD_DBIT 4

DEFINE LCD_RSREG PORTC

DEFINE LCD_RSBIT 0

DEFINE LCD_EREG PORTA

DEFINE LCD_EBIT 4

DEFINE LCD_BITS 4

TEMP VAR WORD ' Temp V_BATT

V_BATT VAR WORD ' V_BATT delivery

V_PV VAR WORD ' VOLTAGE delivery from PV

V_PV_1 VAR WORD ' Temp PV_vol

V_PV_2 VAR WORD [25]

I_PV VAR WORD ' CURRENT delivery from PV

I_PV_1 VAR WORD ' Temp PV_current

I_PV_2 VAR WORD [25]

POWER VAR WORD ' Power delivery from PV

POWER_1 VAR WORD ' Temp power delivery

SLOPE VAR BIT

DUTY VAR WORD

A VAR WORD ' Temp power delivery

B VAR WORD ' Temp PV_vol

SPC VAR BIT

ALPHA VAR BYTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ALPHA = 1           ' Duty change step 1:200%
SLOPE = 1          ' Initial slope
DUTY = 110         ' Initial duty
PR2= 49            ' Frequency +1 kHz
POWER = 0
V_PV = 0
TEMP = 0
V_BATT = 0

TRISA =%1111111   ' PORTA as input
TRISC =%00000000  ' PORTB as output
TRISE =%010

LCDOUT $fe,1      ' Clear LCD
LCDOUT " WELCOME" ' Display WELCOME
LCDOUT $fe,$C0, "MPPT CONVERTER" ' Display MPPT CONVERTER
PAUSE 3000        ' Wait 3 second

LCDOUT $fe,1      ' Clear LCD
LCDOUT " PRESS UP" ' Display PRESS UP
LCDOUT $fe,$C0, "PLUS DUTY" ' Display PLUS DUTY
PAUSE 3000        ' Wait 3 second

LCDOUT $fe,1      ' Clear LCD
LCDOUT " PRESS DOWN" ' Display PRESS DOWN
LCDOUT $fe,$C0, "MINUS DUTY" ' Display MINUS DUTY
PAUSE 3000        ' Wait 3 second

LCDOUT $fe,1      ' Clear LCD
LCDOUT " PRESS ENTER" ' Display PRESS ENTER
LCDOUT $fe,$C0, "AUTO ADJUST" 'Display AUTO ADJUST
PAUSE 3000        ' Wait 3 second

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*****Main Program*****

```
START:  T2CON = %00000100      ' Turn on Timer2, Prescale = 1
        CCP1CON.3 = 1          ' Set CCP1 to PWM
        CCP1CON.2 = 1          ' Set CCP1 to PWM
        CCP1CON.5 = DUTY.1     ' Store duty to register as a 10-bit word
        CCP1CON.4 = DUTY.0     ' Store duty to register as a 10-bit word
        CCPR1L = DUTY >> 2
```

*****Manual Mode*****

```
IF DUTY > 170 THEN
    DUTY = 169
ENDIF
IF DUTY < 50 THEN
    DUTY = 50
ENDIF
INTCON2.7 = 0
TRISB  = $FF      ' PORTB input
TRISD  = $00      ' PORTD output
PORTD  = % 11111110
PAUSE  = 100      ' Wait 0.1 second
IF PORTB.7 = 0 THEN
    DUTY = DUTY + 1      ' Plus duty
    GOSUB MESSAGE5
ENDIF
PORTD = % 11111101
PAUSE 100        ' Wait 0.1 second
IF PORTB.7 = 0 THEN
    DUTY = DUTY - 1     ' Minus duty
    GOSUB MESSAGE5
ENDIF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PORTD = %11110111
IF PORTB.7 = 0 THEN
    GOTO START2
ENDIF
GOTO START
    
```

*****A to D Converter*****

```

START2 :
    ADCON1 = %11000000          ' Set PORTA analog and RIGHT justify
    ADCON0 = %11000001          ' Configure and turn on A/D Module
    PAUSE 500                    ' Wait 0.5 second
Measure_Vbatt: ADCON0.2 = 1      ' Start Conversion
SUB_Vbatt:   PAUSE 5             ' Wait 0.005 second
    IF ADCON0.2 = 1 THEN SUB_Vbatt ' Wait low on ADCON0.2
    V_BATT.highbyte = ADRESH      ' Move high byte of result to adval
    V_BATT.lowbyte = ADRESL       ' Move low byte of result to adval
    V_BATT = (V_BATT*/1250)>>2
    GOSUB MESSAGE6
    IF TEMP > 1023 THEN           ' Battery full
    GOSUB MESSAGE1
    LOW PORTA.0
    SLEEP 18000
    ENDIF
    ADRESH = %00000000          ' Clear high byte
    ADRESL = %00000000          ' Clear low byte
    GOSUB MESSAGE5
    
```

*****Sense Voltage*****

```

A2D: FOR I = 1 TO 25
    ADCON1 = %11000000          ' Set PORTA analog and RIGHT justify
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ADCON0 =%11100001          ' Configure and turn on A/D Module
pause 500                   ' Wait 0.5 second
Measure_V: ADCON0.2 =1     ' Start Conversion
SUB_V:   PAUSE 5
      IF ADCON0.2 =1 THEN SUB_V      ' Wait low on ADCON0.2
      V_PV_1.highbyte = ADRESH      ' Move high byte of result to adval
      V_PV_1.lowbyte = ADRESL      ' Move low byte of result to adval
      V_PV_2[I-1] = V_PV_1
      ADRESH = %00000000          ' Clear high byte
      ADRESL = %00000000          ' Clear low byte
      V_PV_1 = 0
      NEXT
FOR I = 1 TO 25
      V_PV_1 = V_PV_1+V_PV_2[I-1]
      NEXT
      V_PV_1 = (V_PV_1/25)
      V_PV_1 = (V_PV_1*/4090)>>2
      GOSUB MESSAGE2

```

***** Sense Current*****

```

FOR I =1 TO 25
      ADCON1= %11000000          ' Set PORTA analog and RIGHT justify
      ADCON0= %11101001          ' Configure and turn on A/D Module
      PAUSE 500                   ' Wait 0.5 second
Measure_I: ADCON0.2 = 1     ' Start Conversion
SUB_I:   PAUSE 5              ' Wait 0.005 second
      IF ADCON0.2 = 1 THEN SUB_I      ' Wait low on ADCON0.2
      I_PV_1.highbyte = ADRESH      ' Move high byte of result to adval
      I_PV_1.lowbyte = ADRESL      ' Move low byte of result to adval
      I_PV_2 [I-1] = I_PV_1
      ADRESH = %00000000          ' Clear high byte

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ADRESL = %00000000          ' Clear low byte
NEXT
I_PV_1 = 0
FOR I = 1 TO 25
    I_PV_1 = I_PV_1 + I_PV_2[I-1]
NEXT
I_PV_1 = (I_PV_1 / 25)
I_PV_1 = (I_PV_1 * 1875) >> 2
GOSUB MESSAGE3
POWER_1 = V_PV_1 * I_PV_1    ' Calculation Power
A      = POWER_1             ' Copy POWER_1 to A
B      = V_PV_1              ' Copy V_PV_1 to B

```

*****Compare Power*****

DUTY_ADJUST:

```

IF POWER_1 = POWER THEN START2
IF POWER_1 > POWER THEN      ' Power increase
    IF V_PV_1 = V_PV THEN    ' Voltage same last stage
        IF SPC = 1 THEN      ' Slope indicator to +
            GOSUB MINUS_DUTY ' Decrease duty
        ENDIF
        IF SPC = 0 THEN      ' Slope indicator to -
            GOSUB PLUS_DUTY   ' Plus duty
        ENDIF
    ENDIF
    IF V_PV_1 > V_PV THEN    ' Voltage increase
        GOSUB MINUS_DUTY    ' Decrease duty
        SPC = 1              ' Slope indicator to +
    ENDIF
    IF V_PV_1 < V_PV THEN    ' Voltage decrease
        GOSUB PLUS_DUTY     ' Plus duty

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SPC = 0                                ' Slope indicator to -
ENDIF
ENDIF
IF POWER_1 < POWER THEN                ' Power decrease
IF V_PV_1 = V_PV THEN                  ' Voltage same last stage
IF SPC = 1 THEN                         ' Slope indicator to +
GOSUB MINUS_DUTY                       ' Decrease duty
ENDIF
IF SPC = 0 THEN                         ' Slope indicator to -
GOSUB PLUS_DUTY                         ' Increase duty
ENDIF
ENDIF
IF V_PV_1 > V_PV THEN                  ' Voltage increase
GOSUB PLUS_DUTY                        ' Increase duty
SPC = 0                                 ' Slope indicator to -
ENDIF
IF V_PV_1 < V_PV THEN                  ' Voltage decrease
GOSUB MINUS_DUTY                       ' Decrease duty
SPC = 1                                 ' Slope indicator to -
ENDIF
ENDIF
POWER = A                              ' POWER equal A
V_PV = B                                ' V_PV equal B
GOTO START2

```

*****Main Program LCD*****

MESSAGE1:

```

LCDOUT $fe,1                            ' Clear LCD
LCDOUT "Vb"                              ' Display Vb
LCDOUT $fe,$C0," BATTERY FULL "         ' Display BATTERY FULL
PAUSE 500                                ' Wait 0.5 second

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RETURN

MESSAGE2:

```
LCDOUT $fe,1          ' Clear LCD
LCDOUT "Vpv1:"        ' Display Vpv1
LCDOUT $fe,$C0,DEC(V_PV_1/100),".",DEC2(V_PV_1)    ' Display DEC value
PAUSE 500             ' Wait 0.5 second
RETURN
```

MESSAGE3:

```
LCDOUT $fe,1          ' Clear LCD
LCDOUT "Ipv:"         ' Display Ipv1
LCDOUT $fe,$C0,DEC((I_PV_1/100)),".",DEC2(I_PV_1)    ' Display DEC value
PAUSE 500             ' Wait 0.5 second
RETURN
```

MESSAGE4:

```
LCDOUT $fe,1          ' Clear LCD
LCDOUT "Pv:"          ' Display Pv
LCDOUT $fe,$C0,DEC(POWER_1/100),".",DEC2(POWER_1)    ' Display DEC value
PAUSE 500             ' Wait 0.5 second
RETURN
```

MESSAGE5:

```
LCDOUT $fe, 1          ' Clear LCD
LCDOUT "%DUTY:","#DUTY/2    ' Display DEC value DUTY
PAUSE 500             ' Wait 0.5 second
RETURN
```

MESSAGE6:

```
LCDOUT $fe,1          ' Clear LCD
LCDOUT " Vb"          ' Display Vb
LCDOUT $fe,$C0,DEC(V_BATT/100),".",DEC2(V_BATT)    ' Display DEC value
PAUSE 500             ' Wait 0.5 second
RETURN
```

MESSAGE7:

```
LCDOUT $fe,1          ' Clear LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCDOUT "Vpv:"                ' Display Vpv
LCDOUT $fe,$C0,DEC(V_PV/100),".",DEC2(V_PV)    ' Display DEC value
PAUSE 500                    ' Wait 0.5 second
RETURN

```

```
PLUS_DUTY:
```

```
DUTY = DUTY + SLOPE*ALPHA
```

```
RETURN
```

```
MINUS_DUTY:
```

```
DUTY = DUTY - SLOPE*ALPHA
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
```

```
*****
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีปรับโหลดตัวต้านทาน
 เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ทดสอบด้วยเครื่อง PV Analyser
 ทดสอบเมื่อ 17/02/2004 เวลา 10.35 น.

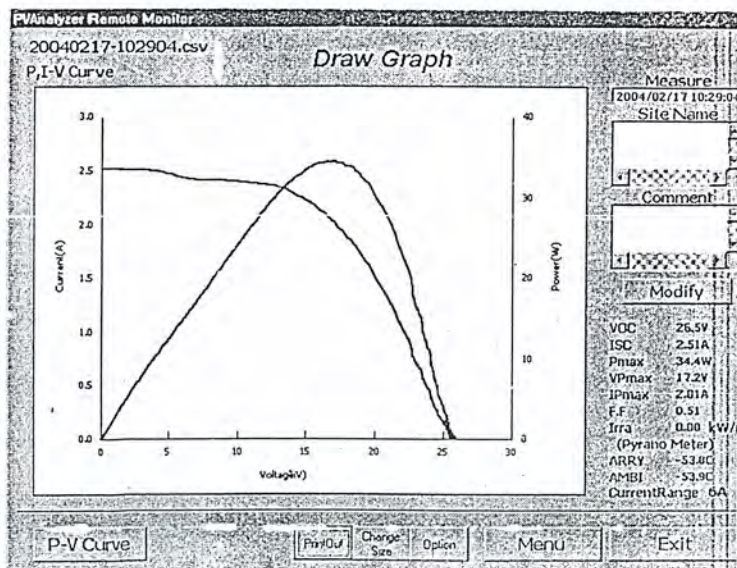
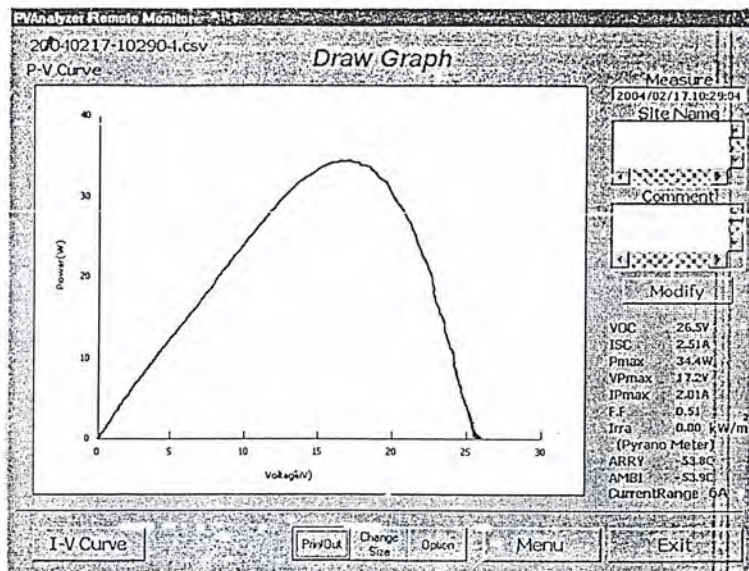
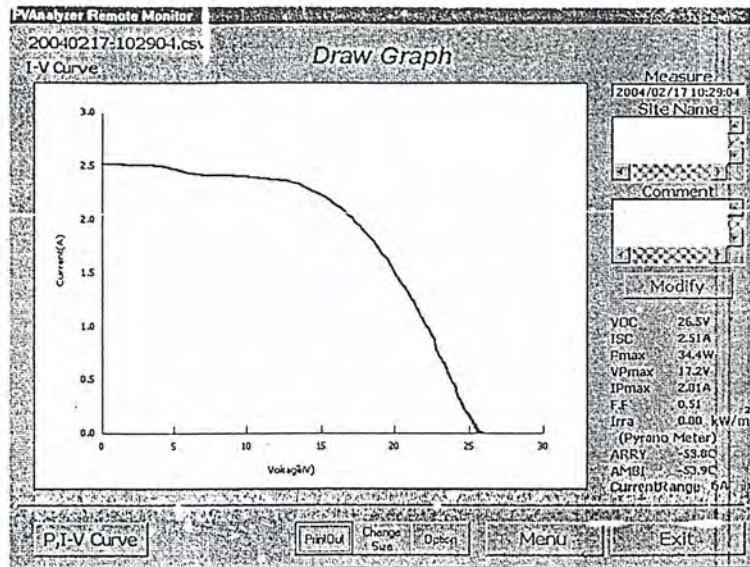
Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
0.00	2.87	0.00	18.59	1.78	33.09
1.58	2.87	4.53	19.43	1.66	32.25
6.54	2.77	18.12	19.66	1.61	31.65
8.02	2.75	22.06	20.09	1.52	30.54
10.53	2.71	28.54	20.74	1.37	28.41
11.42	2.68	30.61	21.19	1.29	27.34
13.45	2.53	34.03	21.41	1.21	25.91
14.01	2.47	34.60	21.63	1.15	24.87
15.18	2.34	35.52	21.91	1.10	24.10
15.71	2.28	35.82*	22.02	1.08	23.78
16.68	2.13	35.53	22.85	0.86	19.65
17.09	2.07	35.38	23.26	0.78	18.14
17.82	1.94	34.57	23.47	0.74	17.37
18.00	1.91	34.38	27.50	0	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

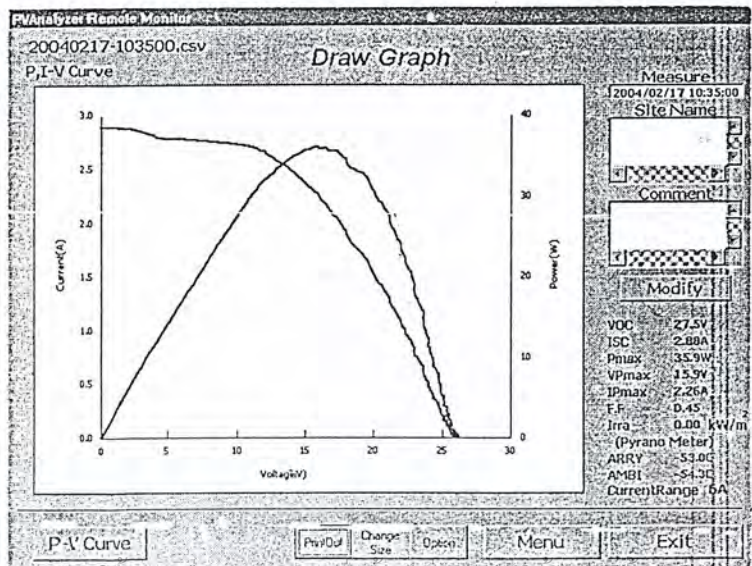
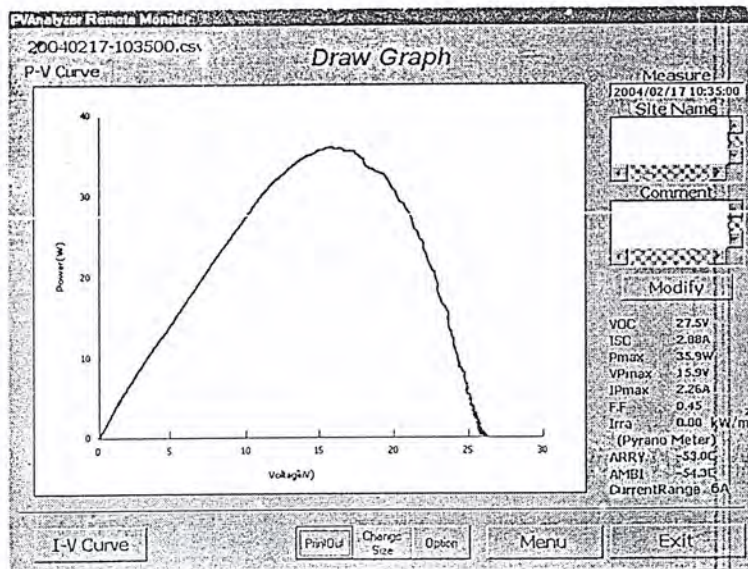
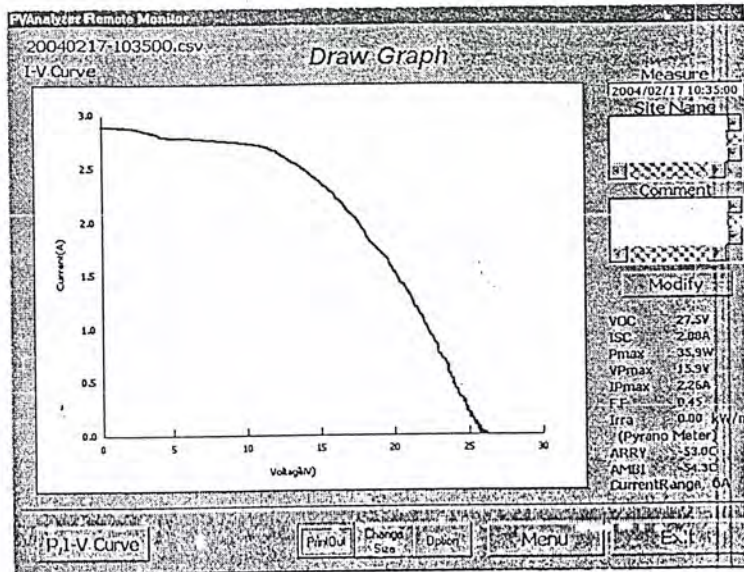
ตารางการทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีปรับ โหลดตัวต้านทาน
 เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ทดสอบด้วยเครื่อง PV Analyser
 ทดสอบเมื่อ 17/02/2004 เวลา 10.30 น.

Voltage(V)	Current(A)	Power(W)		Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
0.00	2.51	0.00		19.34	1.65	31.91
5.05	2.47	12.47		19.66	1.59	31.26
7.19	2.41	17.33		19.98	1.50	29.97
9.42	2.40	22.61		20.70	1.36	28.15
10.12	2.39	24.19		21.05	1.28	26.94
12.48	2.36	29.45		21.29	1.23	26.19
12.97	2.34	30.35		21.59	1.15	24.83
14.63	2.25	32.92		21.70	1.10	23.87
15.19	2.21	33.57		21.80	1.07	23.33
16.30	2.10	34.23*		22.26	0.98	21.81
16.68	2.05	34.19		22.69	0.85	19.29
17.68	1.93	34.12		23.21	0.67	15.55
17.79	1.90	33.80		23.54	0.59	13.89
18.56	1.79	33.22		25.81	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นแบบขอหรือแจ้งด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



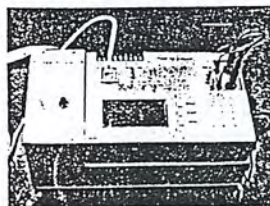
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<仕様>

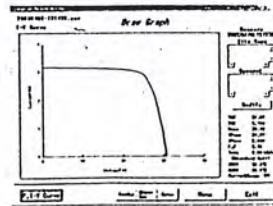
- 1.品名 :PVアナライザ
- 2.型式 :PVA01928
- 3.測定対象太陽電池電力 : 100W~10kW, 10W~2kW (2レンジ)
電圧 : 10V~400V (1レンジ)
電流 : 0.5A~30A, 0.1A~6A (2レンジ)
(レンジはオート又は手動選択可)
- 4.測定入力
測定太陽電池 4端子接続 1期
熱電対 温度測定用T型(CC)熱電対 2点
日射計 7mV標準日射計 1点 (日射出ししくは
標準太陽電池セル 最少抵抗による電流測定 1点 及び1点1つ1つが一方)
- 5.測定項目
開放電圧 (Voc), 短絡電流 (Isc), 最大出力電力 (Pmax),
最大出力点電圧 (Vpm), 最大出力点電流 (Ipm), フィルファクタ (FF)
日射強度, 太陽電池表面温度 (背面), 外気温
- 6.測定方式 改良型コンデンサ負荷方式
- 7.測定精度
太陽電池電圧, 電流計, 測定精度がフルスケールの2%以内
電圧分解能=0.5V以下, 電流分解能=0.1A以下
- 8.測定時間
Voc/Iscが170 以下の時は200m秒
" 170~300 の時は350m秒
" 300以上の時は700m秒
- 9.電源
ACアダプタ使用の場合 : 商用電源AC100V 50/60Hz 20VA以下
電池使用の場合 : 単三型ニッケル水素電池 4本 (ただし充電装置は付属しません。)
- 10.表示器
反射型モノクロ液晶表示, 表示有効サイズ:108mm(横)×57mm(縦)
- 11.外形寸法
縦×横×高さ = 205mm× 300mm× 70mm
重量 = 約2kg
- 12.使用温度湿度範囲 0~50℃ 90%RH以下結露なきこと。
- 13.付属品
太陽電池接続用フロッグ付き4線ケーブル(2.5m), 電源アダプタ
- 14.その他機能
・測定結果を内部メモリに59枚分記憶可能。
・測定結果グラフ表示は, 縦116×横160ドット。
・時計内蔵により測定日時を同時記録。
・サイト名やコメント(16文字(アルファベット, 数字))も入力可。
・ウィンドウズパソコンのCOMポートに接続し, 専用オンラインソフトを使用することにより, 操作をパソコンより行うことや, 自動計測記録動作ができます。
・また計測データをCSV形式で取り出せます。
(接続ケーブル及び専用オンラインソフトは別売りオプション)

Specification

- 1.Product name: PV analyzer
- 2.Model: PVA01928
- 3.Measurement range
(Automatic and manual range switching)
Power Measurement: 100W-10kW, 10W-2kW (2 ranges)
Voltage Measurement: 10V-400V (1 range)
Current Measurement: 0.5A-30A, 0.1A-6A (2 ranges)
4. Measurement input
Solar Cell 4 terminal 1set
Thermocouple 2point
Pyrheliometer (*) 7mV 1set
Standard Soar Cell (*) Measure by little resistor 1point
* Either one of them
- 5.Measurement items
(1) Measures voltage and current directly and the following items are extracted or calculated from the data.
* Open circuit voltage (Voc)
* Short circuit current (Isc)
* Maximum power (Pmax)
* Maximum power voltage (Vpm)
* Maximum power current (Ipm)
* Fill factor (FF)
(2) Supplementary measurement items
* Solar radiation intensity
* Surface temperature of solar cells (reverse face)
* Outside air temperature
(The real-time data of solar radiation intensity is displayed at all times)
- 6.Measurement method load by Condenser method
- 7.Measurement error within $\pm 2\%$ (Voltage and current)
- 8.Measurement time
Voc/Isc
under 170 200ms
170-300 350ms
over 300 700ms
- 9.Power supply
AC adapter : AC100V 50/60Hz Lower than 20VA
Battery : nickel metal hydride battery (4pieces)
(The machine doesn't have charging device.)
- 10.Display
Reflecting-type LCD
Actual display size 108 (H) X 57 (V) mm
11. Equipment Dimensions
Width 300mm (8.1 in.) X depth 205mm (11.8 in.) X height 70mm (2.8 in.)
Weight Approx. 2kg
12. Operating environment
0°C-50°C (32°F-122°F) below 90%RH without dew condensation
- 13.Accessory
Power adapter
Alligator Clip with 4 wires (2.5m)
- 14.Other features
Stores up to 56 curves in built-in memory
Displays a line graph (116 dotX160 dot)
Records measurement date and time using the internal clock
Can operate and auto-measure from a Windows PC via a COM port
(Optional software and a cable required)
The extracted data can be exported to a CSV file



PV analyzer with Scanner Option



Displayed on Microsoft Windows PC (Option)

日本カーネルシステム株式会社

大阪本社 〒540-0036 大阪市中央区船越町1丁目6番6号 レナ天満橋
TEL:06-6941-0427 FAX:06-6943-7204

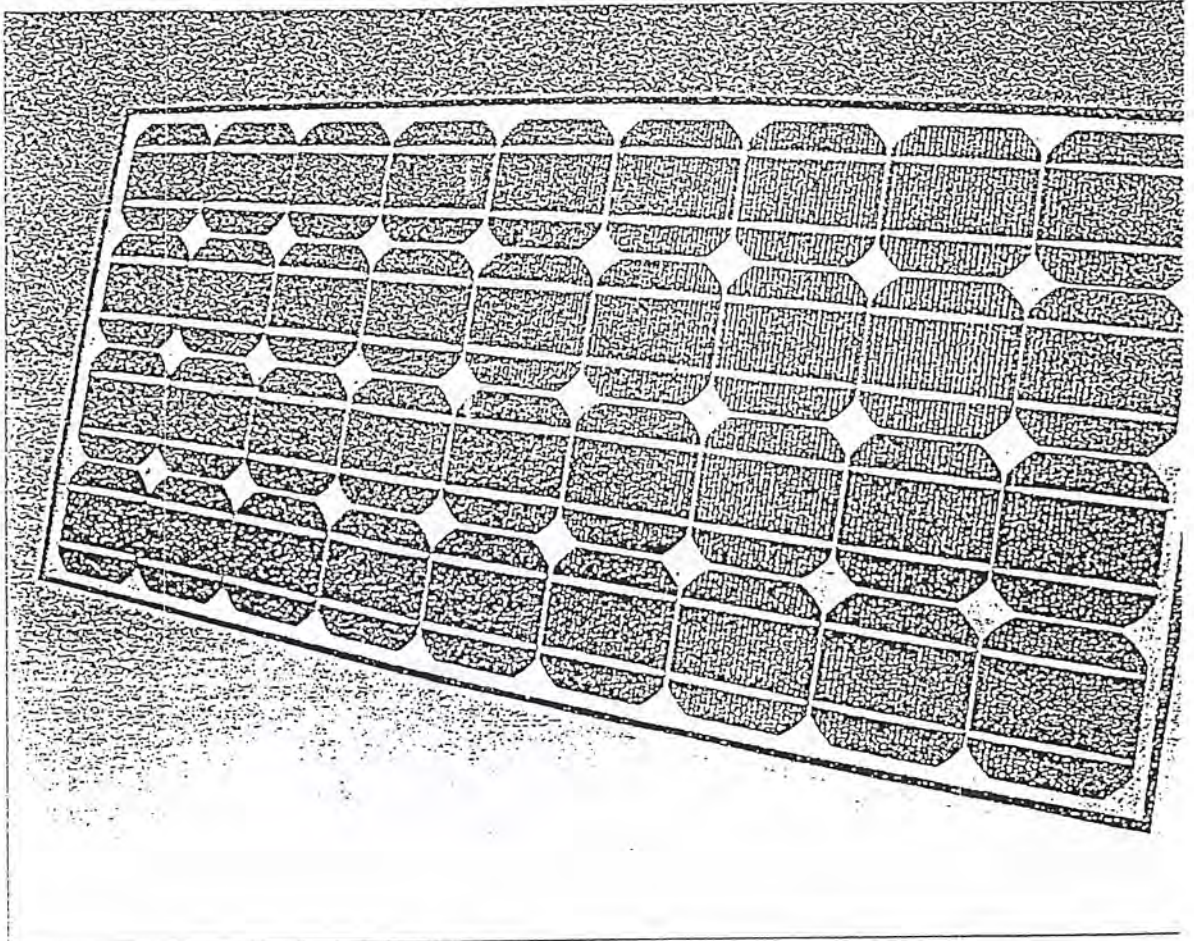
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HIGH POWER SOLAR MODULES MONOCRYSTALLINE TYPE BPTS 1255 HP, BPTS 1270 HP



PRODUCT FEATURES

- A high performance solar module with maximum power of 55 watts/70watts
- High efficiency monocrystalline square silicon cells.
- Designed for maximum reliability and minimum maintenance.
- Produced using in-house technology in cell manufacturing and encapsulation.
- Highly resistant to water, abrasion, hail impact and other environmental factors.
- Lightweight anodised aluminium frame with silicone edge sealant around the laminate.

All proven products, only materials with extensive field experience used.

Designed and manufactured to comply with European, American and Australian standards

TYPICAL APPLICATIONS INC

- Telecommunications
- Radio Networks
- Navigational Aids
- Telemetry
- Cathodic Protection
- Obstruction Lighting
- Water Pump
- Domestic Lic
- Domestic PC
- Rural Electri
- Medical Refr
- Railway Sign

TECHNICAL SPECIFICATIO

BPTS 1255 BP

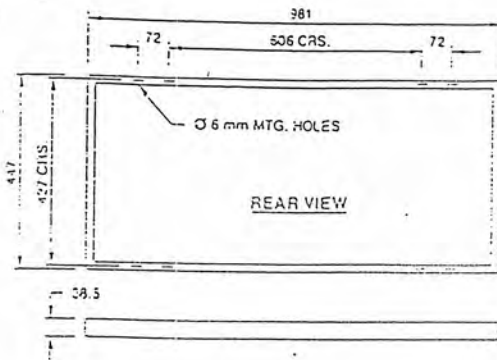
Power (Watts)	
- Nominal Peak Power Point	55
Voltage (Volts)	
- Peak Power Point	17
- Nominal	12
- Open Circuit	21.2
Current (Amps.)	
- Peak Power Point	3.23
- Short Circuit	3.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลีททั้งหมดเป็นข้อตกลงของเราและต้องอ้างอิงถึงเจ้าหน้าที่ที่มีการนำไปใช้

BPTS 1255 HP

DIMENSIONS



COMPONENTS

36 series connected, 104mm monocrystalline silicon pseudo square cells.

Toughened high transmission (92%) glass, 3mm thick.

Encapsulant: Ethylene Vinyl Acetate (EVA).

Back surface: Polyester/Tedlar trilaminate.

Frame: Anodised aluminium.

Frame seal: Silicone.

Junction box: For external connections, and by-pass diode incorporation.

Weight: 5.9 kg.

Dimensions:

- Length: 981 mm.
- Width: 447 mm.
- Depth: 38.5 mm.

Module power measurements are specified using sun simulators referenced to International Standards.

Figures specified are at standard conditions of 100m W/cm² of light intensity (AM 1.5) at 25°C cell temperature.



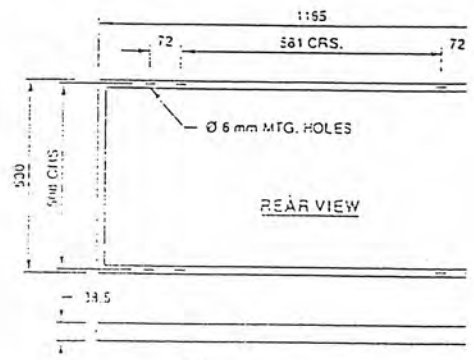
BP THAI SOLAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BPTS 1270 HP

DIMENSIONS



COMPONENTS

36 series connected, 125mm monocrystalline silicon pseudo square cells.

Toughened high transmission (92%) glass, 3mm thick.

Encapsulant: Ethylene Vinyl Acetate (EVA)

Back surface: Polyester/Tedlar trilaminate

Frame: Anodised aluminium.

Frame seal: Silicone.

Junction box: For external screw terminal connections, with by-pass diode and blocking diode options. The box has a hinged weatherproof lid and three cable g entry points.

Weight: 7.5 kg.

Dimensions:

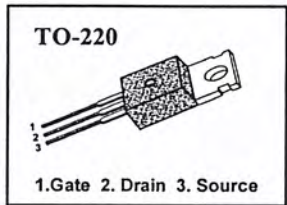
- Length: 1165 mm.
- Width: 530 mm.
- Depth: 38.5 mm.

DISTRIBUTOR

FEATURES

- Avalanche Rugged Technology
- Rugged Gate Oxide Technology
- Lower Input Capacitance
- Improved Gate Charge
- Extended Safe Operating Area
- 175°C Operating Temperature
- Lower Leakage Current : 10 μA (Max.) @ V_{DS} = 100V
- Lower R_{DS(ON)} : 0.041 Ω(Typ.)

BV_{DSS} = 100 V
 R_{DS(on)} = 0.052Ω
 I_D = 28 A



Absolute Maximum Ratings

Symbol	Characteristic	Value	Units
V _{DSS}	Drain-to-Source Voltage	100	V
I _D	Continuous Drain Current (T _C =25°C)	28	A
	Continuous Drain Current (T _C =100°C)	19.8	
I _{DM}	Drain Current-Pulsed ①	110	A
V _{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 0	V
E _{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy ②	523	mJ
I _{AR}	Avalanche Current ①	28	A
E _{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	10.7	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	6.5	V/ns
P _D	Total Power Dissipation (T _C =25°C)	107	W
	Linear Derating Factor	0.71	
T _J , T _{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	- 55 to +175	°C
T _L	Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5-seconds	300	

Thermal Resistance

Symbol	Characteristic	Typ.	Max.	Units
R _{θJC}	Junction-to-Case	--	1.4	°C/W
R _{θCS}	Case-to-Sink	0.5	--	
R _{θJA}	Junction-to-Ambient	--	62.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics ($T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	100	--	--	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta BV/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coeff.	--	0.11	--	V/°C	$I_D=250\mu A$ See Fig 7
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	--	4.0	V	$V_{DS}=5V, I_D=250\mu A$
I_{GSS}	Gate-Source Leakage, Forward	--	--	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-Source Leakage, Reverse	--	--	-100		$V_{GS}=-20V$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	--	--	10	μA	$V_{DS}=100V$
		--	--	100		$V_{DS}=80V, T_C=150^\circ\text{C}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-Source On-State Resistance	--	--	0.052	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=14A$ ④
g_{fs}	Forward Transconductance	--	22.56	--	Ω	$V_{DS}=40V, I_D=14A$ ④
C_{iss}	Input Capacitance	--	1320	1710	pF	$V_{GS}=0V, V_{DS}=25V, f=1\text{MHz}$ See Fig 5
C_{oss}	Output Capacitance	--	325	380		
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	--	148	170		
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	--	18	50	ns	$V_{DD}=50V, I_D=28A,$ $R_G=9.1\Omega$ See Fig 13 ④⑤
t_r	Rise Time	--	18	50		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	--	90	180		
t_f	Fall Time	--	56	120		
Q_g	Total Gate Charge	--	60	78	nC	$V_{DS}=80V, V_{GS}=10V,$ $I_D=28A$ See Fig 6 & Fig 12 ④⑤
Q_{gs}	Gate-Source Charge	--	10.8	--		
Q_{gd}	Gate-Drain("Miller") Charge	--	27.9	--		

Source-Drain Diode Ratings and Characteristics

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
I_S	Continuous Source Current	--	--	28	A	Integral reverse pn-diode in the MOSFET
I_{SM}	Pulsed-Source Current ①	--	--	110		
V_{SD}	Diode Forward Voltage ④	--	--	1.5	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=28A, V_{GS}=0V$
t_{rr}	Reverse Recovery Time	--	132	--	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=28A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	--	0.63	--	μC	$di_F/dt=100A/\mu\text{s}$ ④

Notes ;

- ① Repetitive Rating : Pulse Width Limited by Maximum Junction Temperature
- ② $L=1\text{mH}, I_{AS}=28A, V_{DD}=25V, R_G=27\Omega, \text{Starting } T_J=25^\circ\text{C}$
- ③ $I_{SD} \leq 28A, di/dt \leq 0.00A/\mu\text{s}, V_{DD} \leq BV_{DSS}, \text{Starting } T_J=25^\circ\text{C}$
- ④ Pulse Test : Pulse Width = 250 μs , Duty Cycle $\leq 2\%$
- ⑤ Essentially Independent of Operating Temperature

Fig 1. Output Characteristics

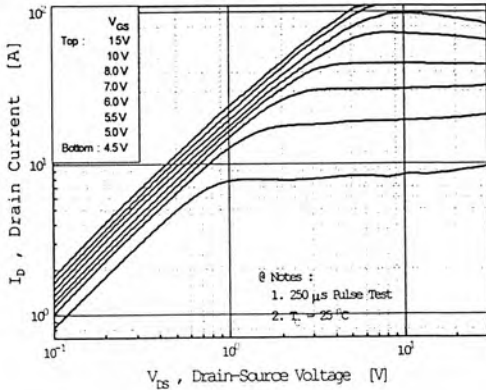


Fig 2. Transfer Characteristics

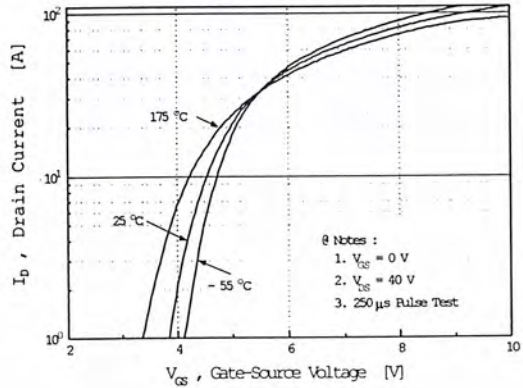


Fig 3. On-Resistance vs. Drain Current

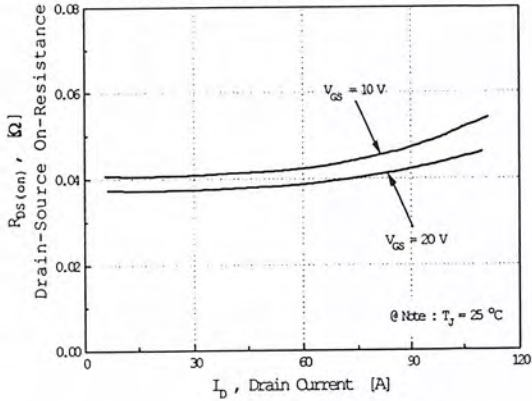


Fig 4. Source-Drain Diode Forward Voltage

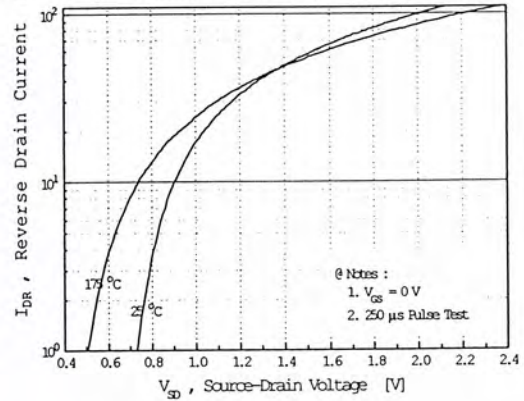


Fig 5. Capacitance vs. Drain-Source Voltage

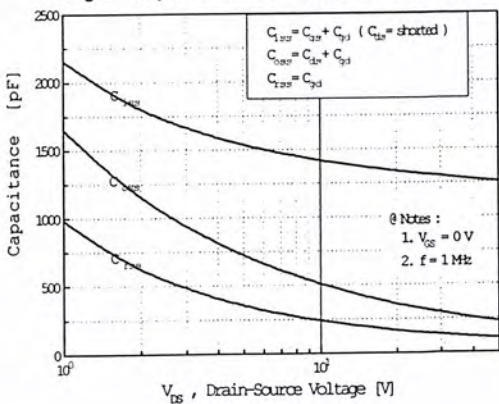
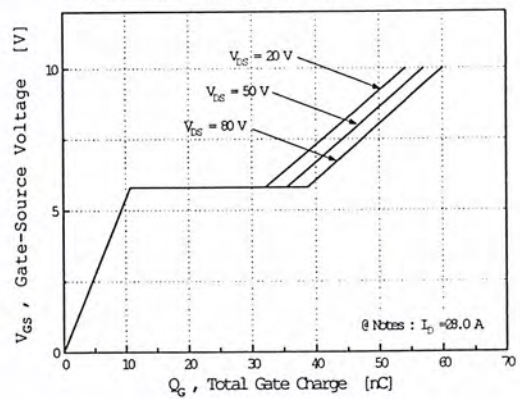


Fig 6. Gate Charge vs. Gate-Source Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig 7. Breakdown Voltage vs. Temperature

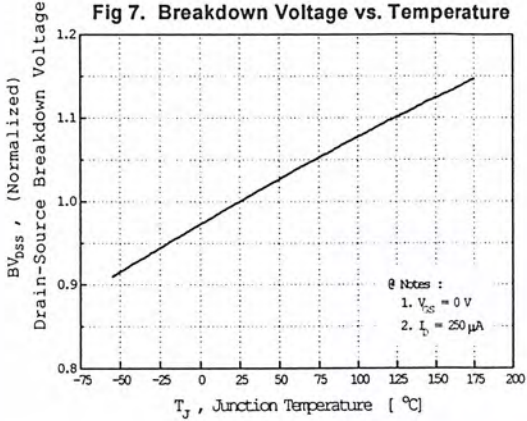


Fig 8. On-Resistance vs. Temperature

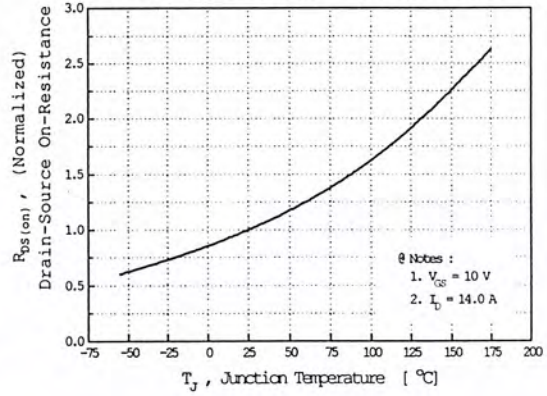


Fig 9. Max. Safe Operating Area

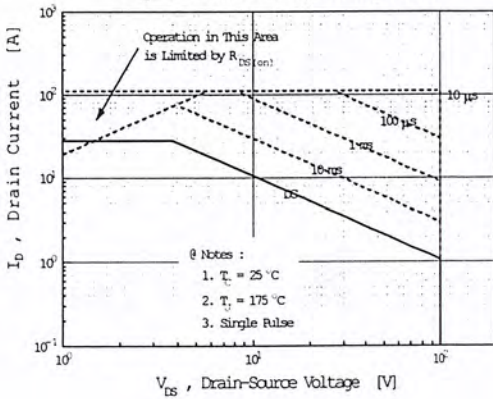


Fig 10. Max. Drain Current vs. Case Temperature

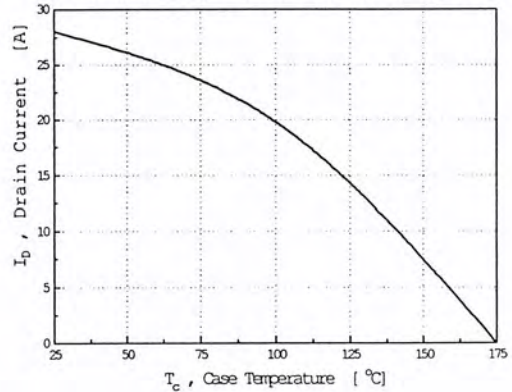


Fig 11. Thermal Response

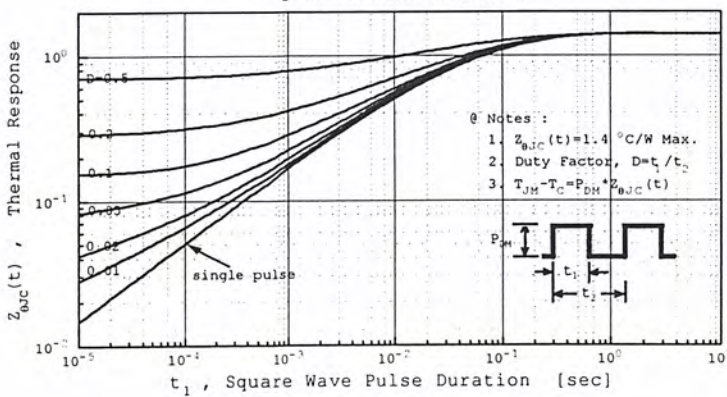


Fig 12. Gate Charge Test Circuit & Waveform

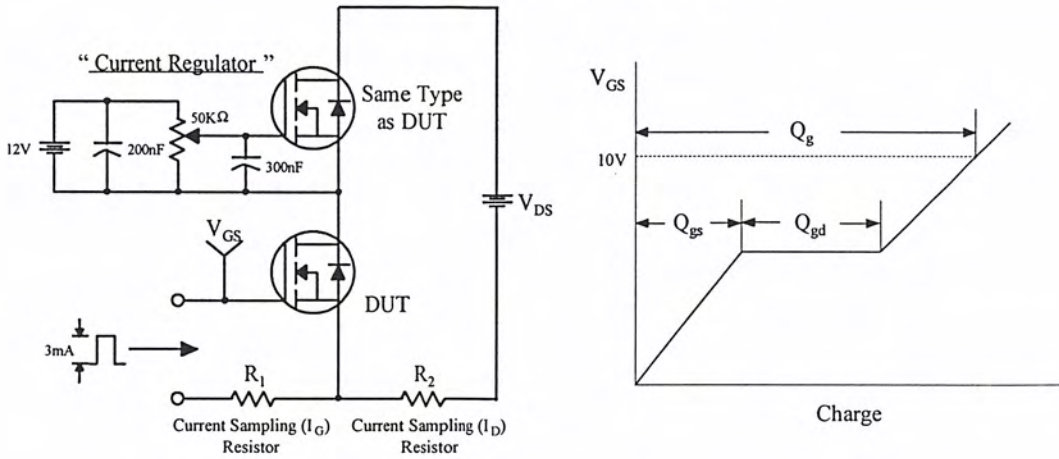


Fig 13. Resistive Switching Test Circuit & Waveforms

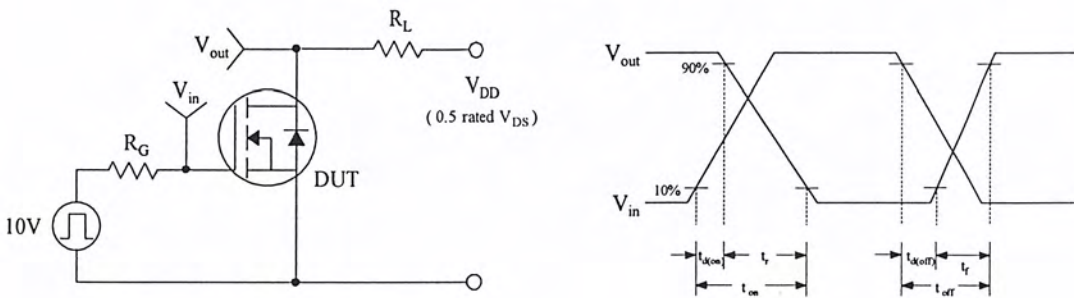


Fig 14. Unclamped Inductive Switching Test Circuit & Waveforms

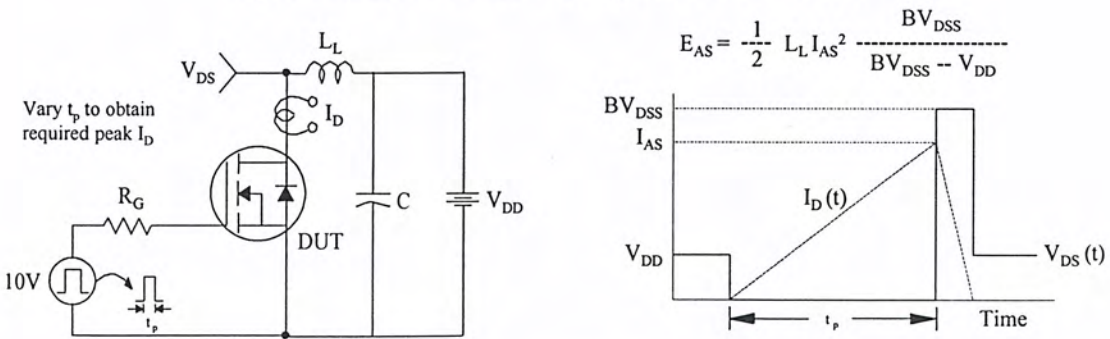
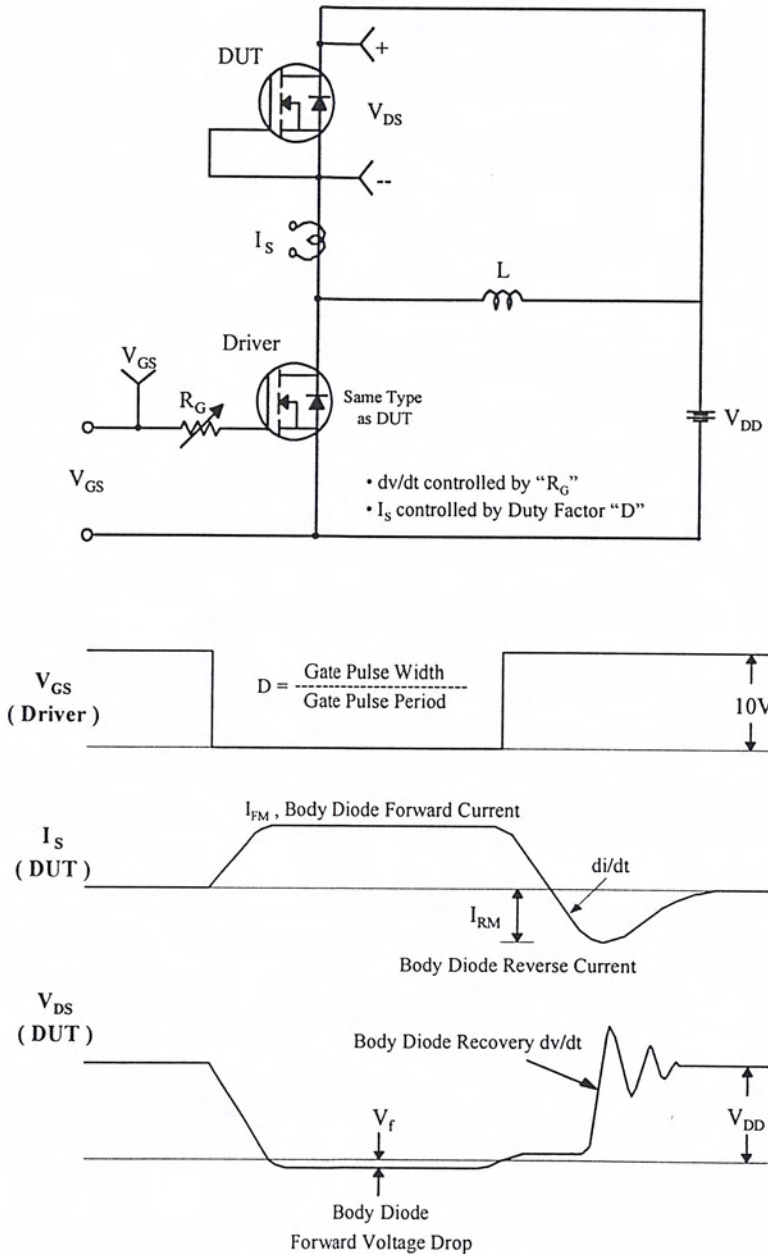


Fig 15. Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit & Waveforms



TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	ISOPLANAR™	UHC™
CoolFET™	MICROWIRE™	VCX™
CROSSVOLT™	POP™	
E ² CMOS™	PowerTrench™	
FACT™	QS™	
FACT Quiet Series™	Quiet Series™	
FAST®	SuperSOT™-3	
FASTr™	SuperSOT™-6	
GTO™	SuperSOT™-8	
HiSeC™	TinyLogic™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15A, 400V - 600V Ultrafast Diodes

The MUR1540, MUR1560, RURP1540, and RURP1560 are ultrafast diodes ($t_{rr} < 55ns$) with soft recovery characteristics. They have a low forward voltage drop and are of planar, silicon nitride passivated, ion-implanted, epitaxial construction.

These devices are intended for use as energy steering/clamping diodes and rectifiers in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Their low stored charge and ultrafast recovery with soft recovery characteristics minimizes ringing and electrical noise in many power switching circuits, thus reducing power loss in the switching transistor.

Formerly developmental type TA09905.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
MUR1540	TO-220AC	MUR1540
RURP1540	TO-220AC	RURP1540
MUR1560	TO-220AC	MUR1560
RURP1560	TO-220AC	RURP1560

NOTE: When ordering, use the entire part number

Features

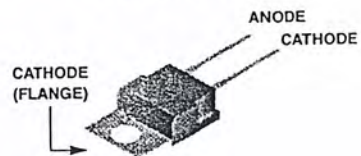
- Ultrafast with Soft Recovery <55ns
- Operating Temperature 175°C
- Reverse Voltage Up to 600V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

Applications

- Switching Power Supply
- Power Switching Circuits
- General Purpose

Packaging

JEDEC TO-220AC



Symbol



Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ C$, Unless Otherwise Specified

	MUR1540 RURP1540	MUR1560 RURP1560	UNITS
Peak Repetitive Reverse Voltage V_{RRM}	400	600	V
Working Peak Reverse Voltage V_{RWM}	400	600	V
DC Blocking Voltage V_R	400	600	V
Average Rectified Forward Current $I_F(AV)$ ($T_C = 145^\circ C$)	15	15	A
Repetitive Peak Surge Current I_{FRM} (Square Wave 20kHz)	30	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current I_{FSM} (Halfwave 1 Phase 60Hz)	200	200	A
Maximum Power Dissipation P_D	100	100	W
Avalanche Energy (See Figures 7 and 8) E_{AVL}	20	20	mJ
Operating and Storage Temperature T_{STG, T_J}	-55 to 175	-55 to 175	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1540, MUR1560, RURP1540, RURP1560

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MUR1540, RURP1540			MUR1560, RURP1560			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_F	$I_F = 15\text{A}$	-	-	1.25	-	-	1.5	V
	$I_F = 15\text{A}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	1.12	-	-	1.2	V
I_R	$V_R = 400\text{V}$	-	-	100	-	-	-	μA
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	100	μA
	$V_R = 400\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	500	-	-	-	μA
	$V_R = 600\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	-	-	-	500	μA
t_{rr}	$I_F = 1\text{A}, dI_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	55	-	-	55	ns
	$I_F = 15\text{A}, dI_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	60	-	-	60	ns
t_a	$I_F = 15\text{A}, dI_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	30	-	-	30	-	ns
t_b	$I_F = 15\text{A}, dI_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	17	-	-	20	-	ns
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

DEFINITIONS

V_F = Instantaneous forward voltage ($p_w = 300\mu\text{s}$, $D = 2\%$).

I_R = Instantaneous reverse current.

t_{rr} = Reverse recovery time at $dI_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ (See Figure 6), summation of $t_a + t_b$.

t_a = Time to reach peak reverse current at $dI_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ (See Figure 6).

t_b = Time from peak I_{RM} to projected zero crossing of I_{RM} based on a straight line from peak I_{RM} through 25% of I_{RM} (See Figure 6).

$R_{\theta JC}$ = Thermal resistance junction to case.

p_w = pulse width.

D = duty cycle.

Typical Performance Curves

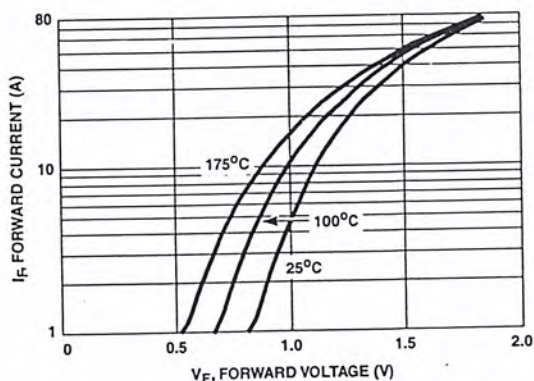


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

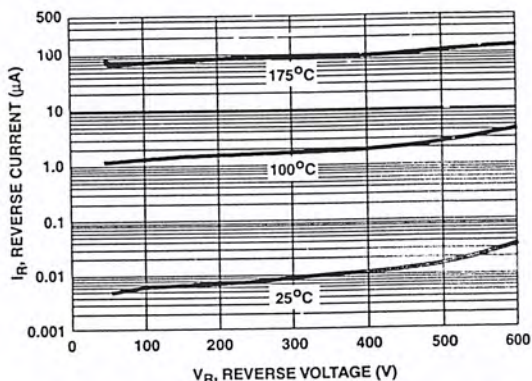


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves (Continued)

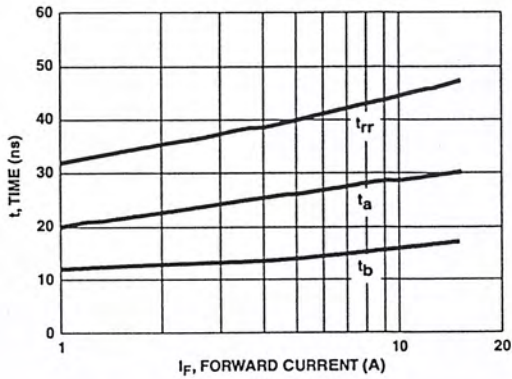


FIGURE 3. t_{rr} , t_a AND t_b CURVES vs FORWARD CURRENT

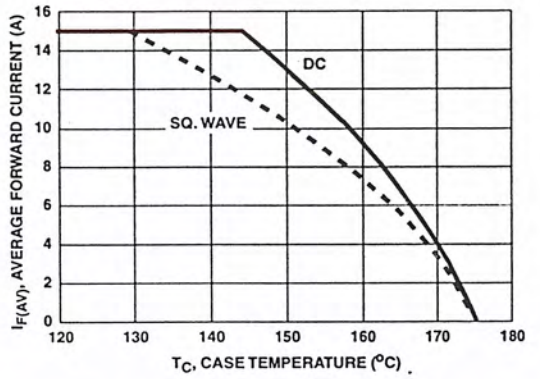


FIGURE 4. CURRENT DERATING CURVE

Test Circuits and Waveforms

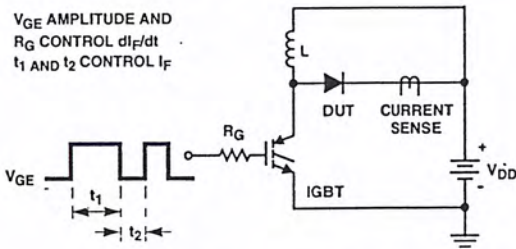


FIGURE 5. t_{rr} TEST CIRCUIT

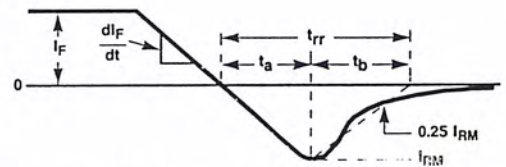


FIGURE 6. t_{rr} WAVEFORMS AND DEFINITIONS

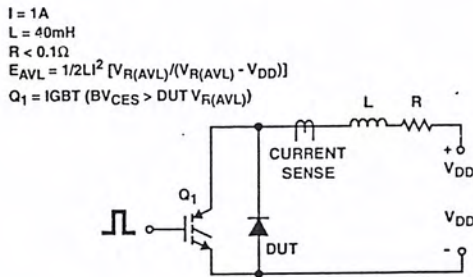


FIGURE 7. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

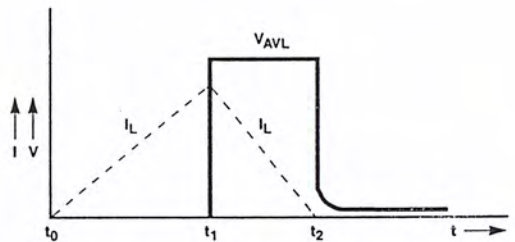


FIGURE 8. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FAST®	OPTOLOGIC™	SMART START™	VCX™
Bottomless™	FASTr™	OPTOPLANAR™	STAR*POWER™	
CoolFET™	FRFET™	PACMAN™	Stealth™	
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	POP™	SuperSOT™-3	
DenseTrench™	GTO™	Power247™	SuperSOT™-6	
DOME™	HiSeC™	PowerTrench®	SuperSOT™-8	
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QFET™	SyncFET™	
E ² C MOS™	LittleFET™	QS™	TinyLogic™	
EnSigna™	MicroFET™	QT Optoelectronics™	TruTranslation™	
FACT™	MicroPak™	Quiet Series™	UHC™	
FACT Quiet Series™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	UltraFET®	

STAR*POWER is used under license

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. H4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PIC18FXX8

High Performance, 28/40-Pin Enhanced FLASH Microcontrollers with CAN

High Performance RISC CPU:

- Linear program memory addressing up to 2 Mbytes
- Linear data memory addressing to 4 Kbytes
- Up to 10 MIPS operation
- DC - 40 MHz clock input
- 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Capture/Compare/PWM (CCP) modules CCP pins can be configured as:
 - Capture input: 16-bit, max resolution 6.25 ns
 - Compare: 16-bit, max resolution 100 ns (Tcy)
 - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit
Max. PWM freq. @:8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Enhanced CCP module which has all the features of the standard CCP module, but also has the following features for advanced motor control:
 - 1, 2, or 4 PWM outputs
 - Selectable PWM polarity
 - Programmable PWM deadtime
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) with two

Advanced Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Conversion available during SLEEP
 - Up to 8 channels available
- Analog Comparator Module:
 - Programmable input and output multiplexing
- Comparator Voltage Reference Module
- Programmable Low Voltage Detection (LVD) module
 - Supports interrupt on low voltage detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

CAN bus Module Features:

- Message bit rates up to 1 Mbps
- Conforms to CAN 2.0B ACTIVE Spec with:
 - 29-bit Identifier Fields
 - 8-byte message length
 - 3 Transmit Message Buffers with prioritization
 - 2 Receive Message Buffers
 - 6 full 29-bit Acceptance Filters
 - Prioritization of Acceptance Filters
 - Multiple Receive Buffers for High Priority Messages to prevent loss due to overflow
 - Advanced Error Management Features

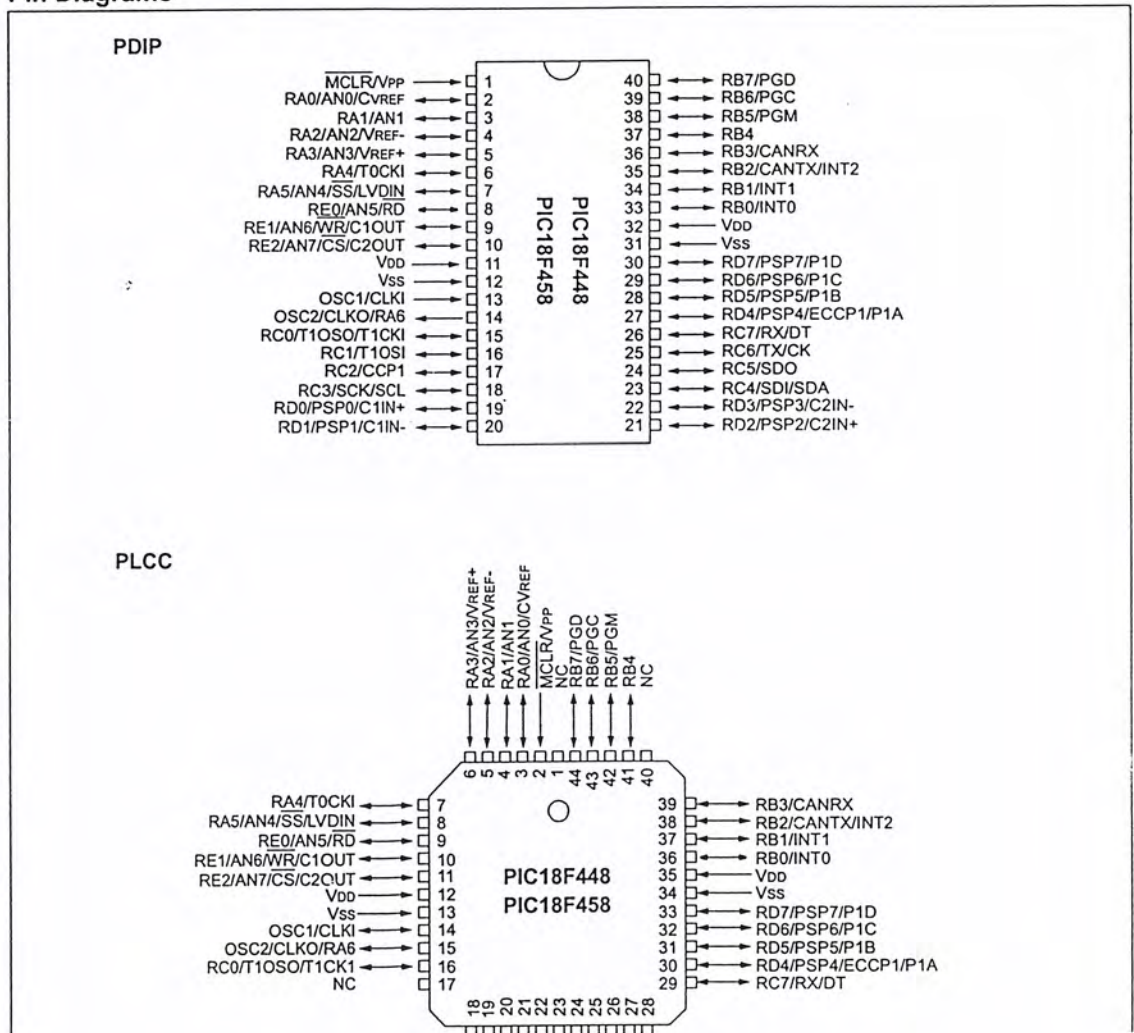
Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options, including:
 - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C		
PIC18F248	16K	8192	768	256	22	5	—	1/0	Y	Y	Y	1/3
PIC18F258	32K	16384	1536	256	22	5	—	1/0	Y	Y	Y	1/3
PIC18F448	16K	8192	768	256	33	8	2	1/1	Y	Y	Y	1/3
PIC18F458	32K	16384	1536	256	33	8	2	1/1	Y	Y	Y	1/3

Pin Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

1. PIC18F248
2. PIC18F258
3. PIC18F448
4. PIC18F458

These devices are available in 28-pin, 40-pin and 44-pin packages. They are differentiated from each other in four ways:

1. PIC18FX58 devices have twice the FLASH program memory and data RAM of PIC18FX48 devices (32 Kbytes and 1536 bytes vs. 16 Kbytes and 768 bytes, respectively).

2. PIC18F2X8 devices implement 5 A/D channels, as opposed to 8 for PIC18F4X8 devices.
3. PIC18F2X8 devices implement 3 I/O ports, while PIC18F4X8 devices implement 5.
4. Only PIC18F4X8 devices implement the Enhanced CCP module, analog comparators and the Parallel Slave Port.

All other features for devices in the PIC18FXX8 family, including the serial communications modules, are identical. These are summarized in Table 1-1.

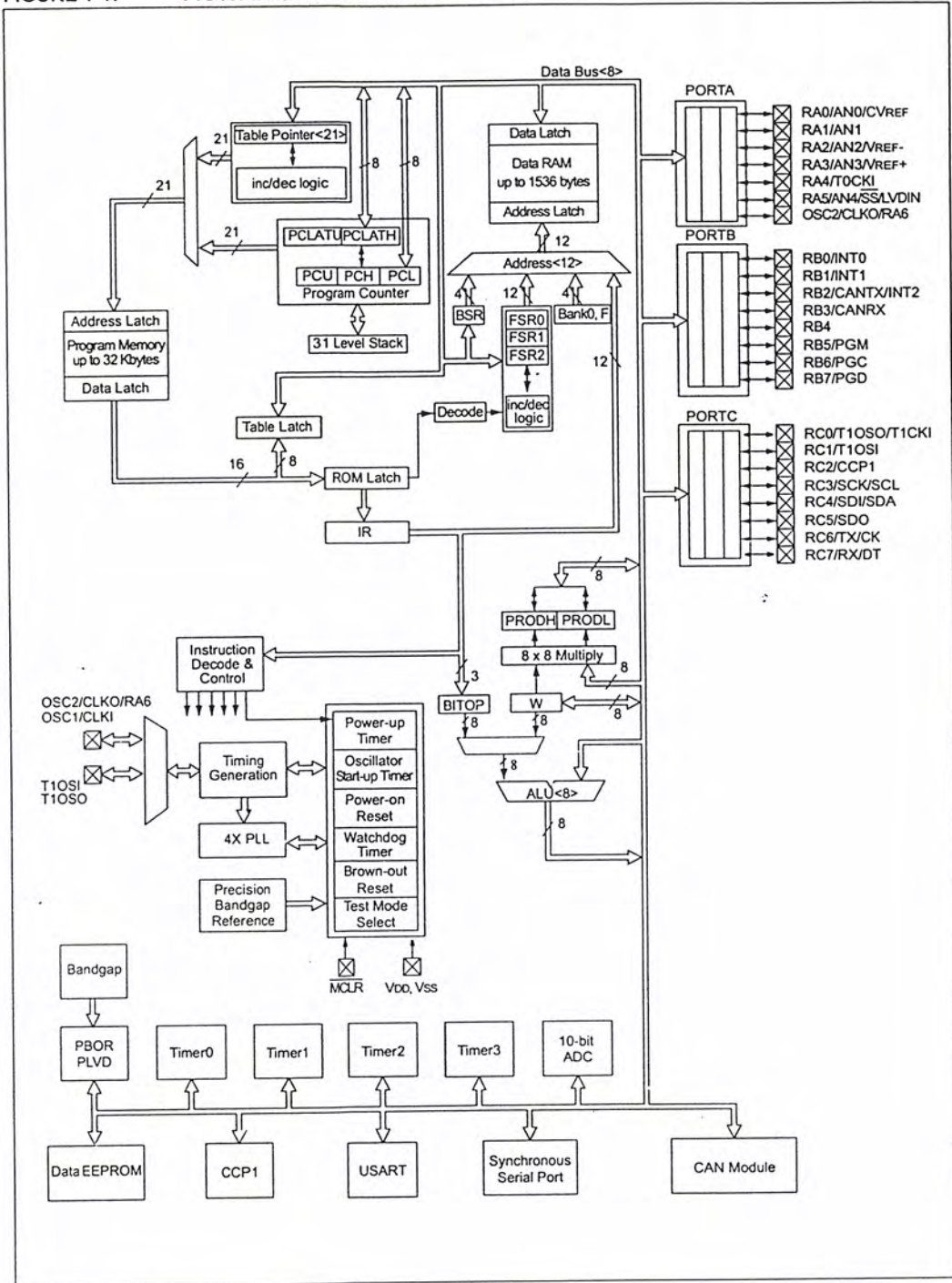
Block diagrams of the PIC18F2X8 and PIC18F4X8 devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2.

TABLE 1-1: PIC18FXX8 DEVICE FEATURES

Features	PIC18F248	PIC18F258	PIC18F448	PIC18F458
Operating Frequency	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Internal Program Memory	Bytes	16K	32K	16K
	# of Single Word Instructions	8192	16384	8192
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	21	21
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	1	1	1	1
Enhanced Capture/Compare/PWM Modules	—	—	1	1
Serial Communications	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART
Parallel Communications (PSP)	No	No	Yes	Yes
10-bit Analog-to-Digital Converter	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
Analog Comparators	No	No	2	2
Analog Comparators VREF Output	N/A	N/A	Yes	Yes
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
CAN Module	Yes	Yes	Yes	Yes
In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

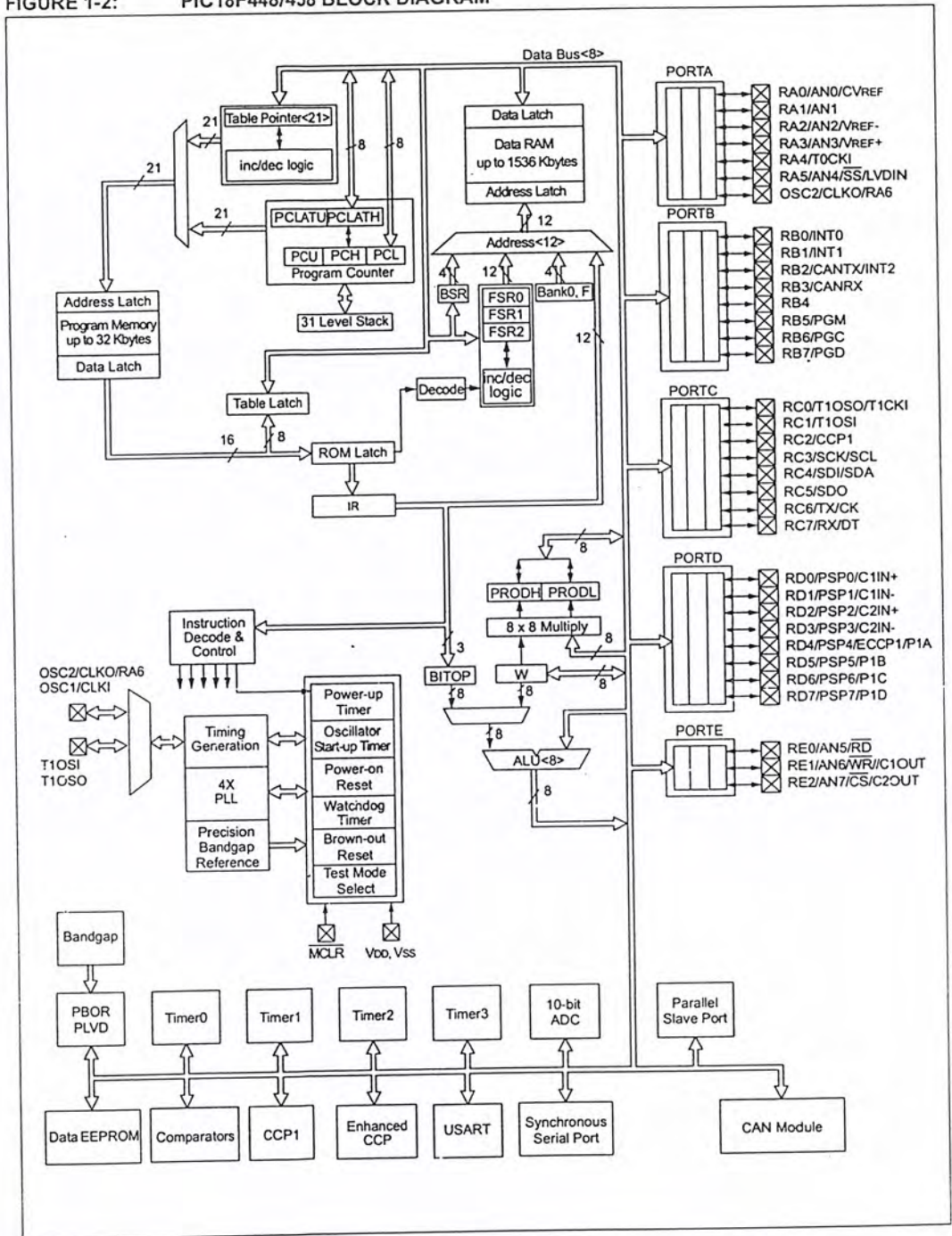
PIC18FXX8

FIGURE 1-1: PIC18F248/258 BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-2: PIC18F448/458 BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
MCLR/VPP MCLR VPP	1	1	18	2	I P	ST —	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low RESET to the device. Programming voltage input.
NC	—	—	12, 13, 33, 34	1, 17, 28, 40	—	—	These pins should be left unconnected.
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	13	30	14	I I	CMOS/ST CMOS	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode. Otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO/RA6 OSC2 CLKO RA6	10	14	31	15	O O I/O	— — TTL	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate. General purpose I/O pin.

Legend: TTL = TTL compatible input
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
 I = Input
 P = Power
 CMOS = CMOS compatible input or output
 Analog = Analog input
 O = Output
 OD = Open Drain (no P diode to V_{DD})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258	PIC18F448/458					
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RA0/AN0/CVREF RA0 AN0 CVREF	2	2	19	3	I/O I O	TTL Analog Analog	PORTA is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Comparator voltage reference output.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	3	20	4	I/O I	TTL Analog	Digital I/O. Analog input 1.
RA2/AN2/VREF- RA2 AN2 VREF-	4	4	21	5	I/O I I	TTL Analog Analog	Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input.
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	5	22	6	I/O I I	TTL Analog Analog	Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input.
RA4/T0CKI RA4 T0CKI	6	6	23	7	I/O I	TTL/OD ST	Digital I/O - open drain when configured as output. Timer0 external clock input.
RA5/AN4/ \overline{SS} /LVDIN RA5 AN4 SS LVDIN	7	7	24	8	I/O I I I	TTL Analog ST Analog	Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Low voltage detect input.
RA6							See the OSC2/CLKO/RA6 pin.

Legend: TTL = TTL compatible input
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
 I = Input
 P = Power
 CMOS = CMOS compatible input or output
 Analog = Analog input
 O = Output
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258	PIC18F448/458					
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RB0/INT0 RB0 INT0	21	33	8	36	I/O I	TTL ST	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt 0.
RB1/INT1 RB1 INT1	22	34	9	37	I/O I	TTL ST	Digital I/O. External interrupt 1.
RB2/CANTX/INT2 RB2 CANTX INT2	23	35	10	38	I/O O I	TTL TTL ST	Digital I/O. Transmit signal for CAN bus. External interrupt 2.
RB3/CANRX RB3 CANRX	24	36	11	39	I/O I	TTL TTL	Digital I/O. Receive signal for CAN bus.
RB4	25	37	14	41	I/O	TTL	Digital I/O. Interrupt-on-change pin.
RB5/PGM RB5 PGM	26	38	15	42	I/O I	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. Low voltage ICSP programming enable.
RB6/PGC RB6 PGC	27	39	16	43	I/O I	TTL ST	Digital I/O. In-Circuit Debugger pin. Interrupt-on-change pin. ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	40	17	44	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. In-Circuit Debugger pin. Interrupt-on-change pin. ICSP programming data.

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels Analog = Analog input
 I = Input O = Output
 P = Power OD = Open Drain (no P diode to VDD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258	PIC18F448/458					
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	15	32	16	I/O O I	ST — ST	PORTC is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI RC1 T1OSI	12	16	35	18	I/O I	ST CMOS	Digital I/O. Timer1 oscillator input.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	17	36	19	I/O I/O	ST ST	Digital I/O. Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	18	37	20	I/O I/O I/O	ST ST ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	23	42	25	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	24	43	26	I/O O	ST —	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	25	44	27	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART synchronous clock (see RX/DT).
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	26	1	29	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data (see TX/CK).

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels Analog = Analog input
 I = Input O = Output
 P = Power OD = Open Drain (no P diode to VDD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RD0/PSP0/C1IN+ RD0 PSP0 C1IN+	—	19	38	21	I/O I/O I	ST TTL Analog	PORTD is a bi-directional I/O port. These pins have TTL input buffers when external memory is enabled. Digital I/O. Parallel slave port data. Comparator 1 input.
RD1/PSP1/C1IN- RD1 PSP1 C1IN-	—	20	39	22	I/O I/O I	ST TTL Analog	Digital I/O. Parallel slave port data. Comparator 1 input.
RD2/PSP2/C2IN+ RD2 PSP2 C2IN+	—	21	40	23	I/O I/O I	ST TTL Analog	Digital I/O. Parallel slave port data. Comparator 2 input.
RD3/PSP3/C2IN- RD3 PSP3 C2IN-	—	22	41	24	I/O I/O I	ST TTL Analog	Digital I/O. Parallel slave port data. Comparator 2 input.
RD4/PSP4/ECCP1/ P1A RD4 PSP4 ECCP1 P1A	—	27	2	30	I/O I/O I/O O	ST TTL ST —	Digital I/O. Parallel slave port data. ECCP1 capture/compare. ECCP1 PWM output A.
RD5/PSP5/P1B RD5 PSP5 P1B	—	28	3	31	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Parallel slave port data. ECCP1 PWM output B.
RD6/PSP6/P1C RD6 PSP6 P1C	—	29	4	32	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Parallel slave port data. ECCP1 PWM output C.
RD7/PSP7/P1D RD7 PSP7 P1D	—	30	5	33	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Parallel slave port data. ECCP1 PWM output D.

Legend: TTL = TTL compatible input
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
 I = Input
 P = Power
 CMOS = CMOS compatible input or output
 Analog = Analog input
 O = Output
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 OSCILLATOR CONFIGURATIONS

2.1 Oscillator Types

The PIC18FXX8 can be operated in one of eight Oscillator modes, programmable by three configuration bits (FOSC2, FOSC1, and FOSC0).

1. LP Low Power Crystal
2. XT Crystal/Resonator
3. HS High Speed Crystal/Resonator
4. HS4 High Speed Crystal/Resonator with PLL enabled
5. RC External Resistor/Capacitor
6. RCIO External Resistor/Capacitor with I/O pin enabled
7. EC External Clock
8. ECIO External Clock with I/O pin enabled

2.2 Crystal Oscillator/Ceramic Resonators

In XT, LP, HS or HS4 (PLL) Oscillator modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1 and OSC2 pins to establish oscillation. Figure 2-1 shows the pin connections. An external clock source may also be connected to the OSC1 pin, as shown in Figure 2-3 and Figure 2-4.

The PIC18FXX8 oscillator design requires the use of a parallel cut crystal.

Note: Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturer's specifications.

FIGURE 2-1: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)

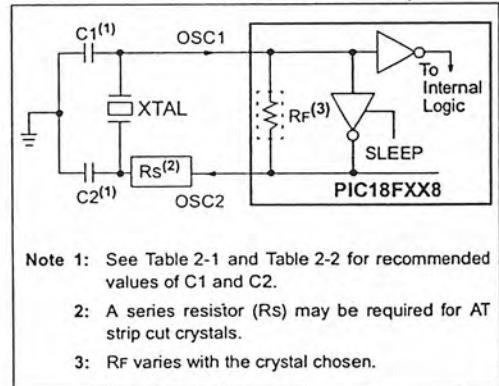


TABLE 2-1: CERAMIC RESONATORS

Ranges Tested:			
Mode	Freq	OSC1	OSC2
XT	455 kHz	68 - 100 pF	68 - 100 pF
	2.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
	4.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
HS	8.0 MHz	10 - 68 pF	10 - 68 pF
	16.0 MHz	10 - 22 pF	10 - 22 pF
	20.0 MHz	TBD	TBD
	25.0 MHz	TBD	TBD
HS+PLL	4.0 MHz	TBD	TBD
	8.0 MHz	10 - 68 pF	10 - 68 pF
	10.0 MHz	TBD	TBD

These values are for design guidance only.
See notes following Table 2-2.

Resonators Used:		
455 kHz	Panasonic EFO-A455K04B	± 0.3%
2.0 MHz	Murata Erie CSA2.00MG	± 0.5%
4.0 MHz	Murata Erie CSA4.00MG	± 0.5%
8.0 MHz	Murata Erie CSA8.00MT	± 0.5%
16.0 MHz	Murata Erie CSA16.00MX	± 0.5%

All resonators used did not have built-in capacitors.

PIC18FXX8

TABLE 2-2: CAPACITOR SELECTION FOR CRYSTAL OSCILLATOR

Osc Type	Crystal Freq	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32.0 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1.0 MHz	15 pF	15 pF
	4.0 MHz	15 pF	15 pF
HS	4.0 MHz	15 pF	15 pF
	8.0 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20.0 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	25.0 MHz	TBD	TBD
HS+PLL	4.0 MHz	15 pF	15 pF
	8.0 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	10.0 MHz	TBD	TBD

These values are for design guidance only. See notes on this page.

Crystals Used		
32.0 kHz	Epson C-001R32.768K-A	± 20 PPM
200 kHz	STD XTL 200.000KHz	± 20 PPM
1.0 MHz	ECS ECS-10-13-1	± 50 PPM
4.0 MHz	ECS ECS-40-20-1	± 50 PPM
8.0 MHz	EPSON CA-301 8.000M-C	± 30 PPM
20.0 MHz	EPSON CA-301 20.000M-C	± 30 PPM

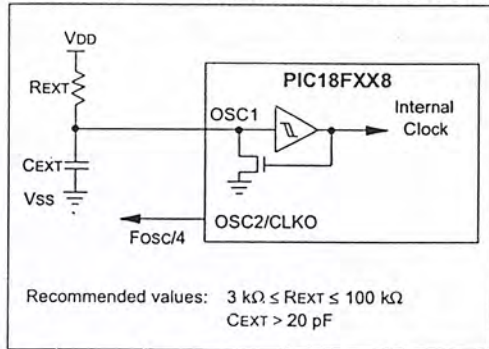
- Note 1:** Recommended values of C1 and C2 are identical to the ranges tested (Table 2-1).
- 2:** Higher capacitance increases the stability of the oscillator, but also increases the start-up time.
- 3:** Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components.
- 4:** Rs may be required in HS mode, as well as XT mode, to avoid overdriving crystals with low drive level specification.

2.3 RC Oscillator

For timing insensitive applications, the "RC" and "RCIO" device options offer additional cost savings. The RC oscillator frequency is a function of the supply voltage, the resistor (R_{EXT}) and capacitor (C_{EXT}) values and the operating temperature. In addition to this, the oscillator frequency will vary from unit to unit due to normal process parameter variation. Furthermore, the difference in lead frame capacitance between package types will also affect the oscillation frequency, especially for low C_{EXT} values. The user also needs to take into account variation due to tolerance of external R and C components used. Figure 2-2 shows how the RC combination is connected.

In the RC Oscillator mode, the oscillator frequency divided by 4 is available on the OSC2 pin. This signal may be used for test purposes or to synchronize other logic.

FIGURE 2-2: RC OSCILLATOR MODE



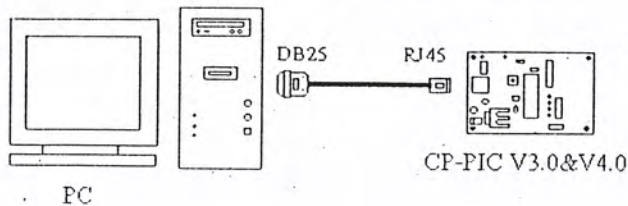
The RCIO Oscillator mode functions like the RC mode, except that the OSC2 pin becomes an additional general purpose I/O pin.


ภาคผนวก ง

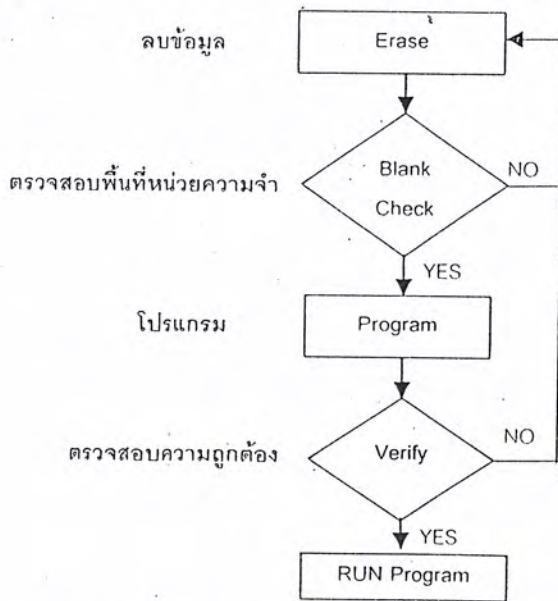
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม

1. โยนสายดาวน์โหลดระหว่างบอร์ด CP-PIC กับ เครื่อง PC โดยปลายด้านที่ต่อกับ บอร์ด CP-PIC จะเป็น คอนเนคเตอร์ RJ-45 ส่วนปลายอีกด้านที่ต่อกับ PC จะเป็น DB 25 (PRINTER PORT) ดังรูป



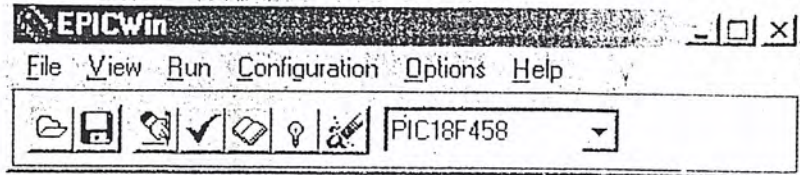
2. จ่ายไฟให้กับบอร์ด CP-PIC โดยจะต้องจ่ายไฟ 13 ถึง 16 V
3. เลื่อนสวิตช์ RUN/PROG มาที่ตำแหน่ง PROG เพื่อปรับให้อยู่ในโหมดของการโปรแกรม
4. เปิดโปรแกรม EPICwin โดยการดับเบิลคลิกที่ ICON  EPICWIN
5. เปิดไฟล์ที่จะดาวน์โหลดโดยไฟล์ที่จะดาวน์โหลดจะต้องมีนามสกุลเป็น .HEX เท่านั้น
6. กำหนดเบอร์อุปกรณ์ (Device) และ ค่า Configuration ต่างๆ ตามการใช้งานให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ การใช้งาน EPICWin
7. ทำการโปรแกรมข้อมูลลง CPU ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขั้นตอนการโปรแกรมจะเรียงลำดับดังนี้คือ



ซึ่งเราอาจข้ามขั้นตอนบางขั้นตอนได้เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการโปรแกรม เช่น อาจจะ Erase แล้ว ทำการ Program เลยก็ได้ ซึ่งหน้าที่การทำงานของขั้นตอนต่างๆ สามารถดูรายละเอียดได้ในหัวข้อการใช้งาน EPICWin และ เมื่อต้องการกลับสู่โหมดการ RUN โปรแกรมให้เลื่อนสวิตช์ RUN/PROG มาที่ตำแหน่ง RUN

การใช้งาน EPICWin

EPICWin เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการโปรแกรมข้อมูลลง CPU ตระกูล PIC ได้หลายสิบเบอร์ ตามรายการที่แสดงไว้ในช่อง Device นอกจากนี้ ยังสามารถอ่านข้อมูล กลับขึ้นมาได้อีกด้วยซึ่งการโปรแกรมจะเป็นแบบ High Voltage ICSP Program หรือก็คือ การโปรแกรมแบบไฟสูงนั่นเองโดยหน้าที่การทำงานของเมนูต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้



รูปแสดงหน้าต่างโปรแกรม EPICWIN

หน้าที่การทำงานของเมนูต่างๆ



Open : ทำหน้าที่ในการเปิด File สำหรับดาวน์โหลด



Save : ทำหน้าที่บันทึกโปรแกรม



Program : ให้อุปกรณ์โปรแกรมลง CPU



Verify : ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ทำการโปรแกรมไปแล้ว ซึ่งจะเป็นการอ่านข้อมูลจาก CPU มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เรากำหนดไว้ว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าไม่ตรงแสดงว่าการดาวน์โหลดผิดพลาด



Read : ใช้ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมของ CPU จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อ CPU ไม่ได้มีการ Lock หรือ Protect ไว้เท่านั้น



Bank Check : ทำหน้าที่ตรวจสอบพื้นที่ของหน่วยความจำใน CPU ว่าว่างหรือไม่ ซึ่งในการโปรแกรม พื้นที่ของหน่วยความจำใน CPU จะต้องว่างจึงจะสามารถโปรแกรมได้



Erase : ทำหน้าที่ ลบข้อมูลในหน่วยความจำของ CPU

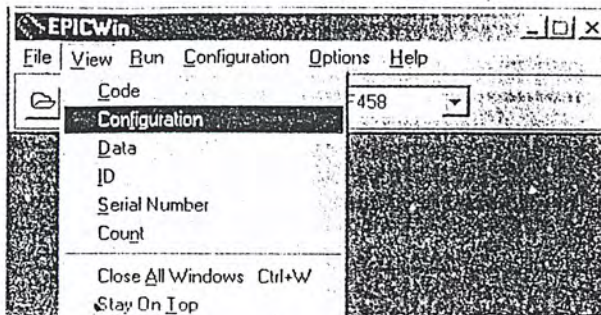
PIC18F458

Device : ทำหน้าที่กำหนดเบอร์ CPU ที่ต้องการโปรแกรม

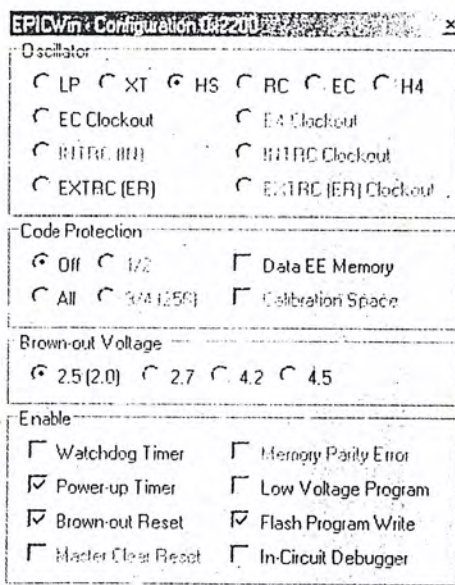
คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น "CP-PIC V3.0 & V4.0"

การกำหนดค่า Configuration

ในการโปรแกรมข้อมูลในแต่ละครั้งเราจะต้องกำหนด Configuration ให้ถูกต้องตามการใช้งาน โดยเข้าไปที่เมนู View -> Configuration ตามรูป



รูปแสดงการเปิดเมนู Configuration



แสดงหน้าต่างของ Configuration

ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

Oscillator : เป็นการกำหนดโหมดของความเร็วในการทำงานประกอบด้วยส่วนต่างๆ ต่อไปนี้

- LP (Low Power Crystal) : โหมด คริสตอลพลังงานต่ำ
- XT (Crystal/Resonator) : คริสตอล หรือ เรโซเนเตอร์
- HS (High Speed Crystal/Resonator) : คริสตอล หรือ เรโซเนเตอร์ความเร็วสูง
- RC (External Resistor/Capacitor) : วงจร RC ภายนอก

คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น "CP-PIC V3.0 & V4.0"

- EC (External Clock) : สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
- H4 (HS + PLL : High Speed Crystal/Resonator with PLL enabled)
 - : คุณ 4 PLL คือ จะทำการคูณสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามาเช่น ใช้ OSC ความถี่ 10 MHz เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะได้ความถี่เท่ากับ 40MHz (คุณสมบัตินี้จะมีใน PIC บางตัวเท่านั้น)
- EC Clockout : ใช้คริสตอลภายนอก และ กำหนดให้ขา OSC2 เป็นเอาต์พุตของซิลิเคเตอร์
- INTRC(IN) : วงจร RC ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์
- INTRC Clockout : วงจร RC ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ กำหนดให้ OSC2 เป็นเอาต์พุต
- EXTRC (ER) : วงจรตัวต้านทานภายนอก กำหนดค่าความถี่จากค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่นำมาต่อ
- EXTRC Clockout : วงจรตัวต้านทานภายนอก กำหนดค่าความถี่จากค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่นำมาต่อ และ กำหนดให้ OSC2 เป็น Clockout

ซึ่งในการเลือกใช้ สามารถพิจารณาได้จากตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าความถี่ คริสตอล ในโหมดต่างๆ

OSC TYPE	Crystal Freq	Cap , C1	Cap , C2
LP	32 KHz	33pF	33pF
	200 KHz	15pF	15pF
XT	200 KHz	47-68 pF	47-68 pF
	1.0 MHz	15 pF	15 pF
	4.0 MHz	15 pF	15 pF
HS	4.0 MHz	15 pF	15 pF
	8.0 MHz	15-33pF	15-33pF
	10.0 MHz	15-33pF	15-33pF
	20.0 MHz	15-33pF	15-33pF
HS+PLL	4.0 MHz	15 pF	15 pF
	8.0 MHz	15-33pF	15-33pF
	10.0 MHz	TBD	TBD

Code Protection : ใช้กำหนดการปกป้องข้อมูลให้ไม่สามารถอ่านกลับได้ ซึ่งสามารถเลือกได้หลายระดับ หรือ ถ้าไม่ต้องการ Protect ก็ให้เลือก Off ก็จะสามารถอ่านข้อมูลได้ปกติ

Brown-Out Voltage : ใช้กำหนดขนาดของแรงดันในการโปรแกรมโดยทั่วไปแล้วโปรแกรมจะ Default ค่าไว้ให้แล้ว

Enable : เป็นการกำหนดการทำงานของฟังก์ชันต่างๆ ซึ่งเราสามารถเลือกได้ว่าจะให้ทำงาน(Enable) หรือไม่ทำงาน (Disable) โดยประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ดังนี้

คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น "CP-PIC V3.0 & V4.0"

- Watchdog Timer
- Memory Parity Error
- Power-up Timer
- Low Voltage Program
- Brown-out Reset
- Flash Program Write
- Master Clear Reset
- In-Circuit Debugger

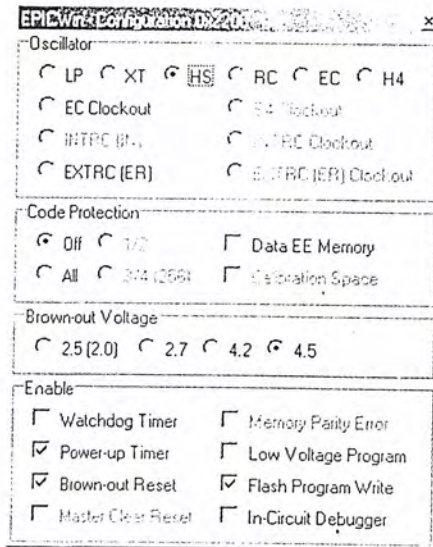
ข้อควรระวัง โดยทั่วไปแล้ว ค่า Configurator ต่างๆ เหล่านี้ จะถูกกำหนดเอาไว้แล้วในขณะที่เราเลือกเบอร์ CPU แต่สิ่งที่จะต้องพิจารณาก็คือโหมดของ

Oscillator เนื่องจากโปรแกรม EPICWIN ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าเราใช้ คริสตัล ขนาดความถี่ประเภทใด เราจึงต้องตรวจสอบในส่วนนี้ให้ถูกต้องด้วยตัวเอง ซึ่งหากกำหนดผิด CPU ก็จะไม่ทำงาน เราสามารถพิจารณาการเลือกค่าความถี่ ได้ตามตาราง

Low Voltage Program เราจะต้อง ไม่เลือกการทำงานในส่วนนี้ เพราะถ้าเลือกการทำงานในส่วนนี้ จะทำให้ขา PGM (RB5 เบอร์ 18F458) ทำงานในโหมด Low Voltage Program เราจะไม่สามารถนำขา RB5(PGM) นี้ ไปใช้งานเป็น I/O ได้ เพราะหากขา RB5(PGM) ได้รับ Logic '1' CPU จะเข้าสู่โหมดการโปรแกรมแบบ Low Voltage Program ทันที

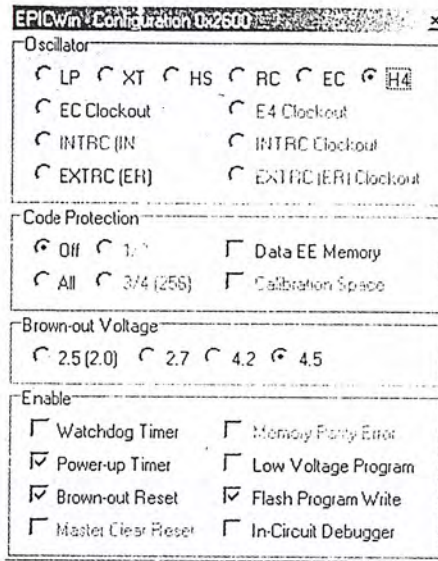
Watchdog Timer ไม่ควรเลือกให้ทำงานในโหมดนี้ ถ้าหากไม่ได้ใช้งานในส่วนของ วอตช์ด็อกโท-เมอร์ เพราะหาก คลิกเลือกให้วอตช์ด็อกทำงาน เมื่อ CPU ทำงาน หากเราไม่เขียนโปรแกรมไปเคลียร์ค่า วอตช์ด็อก ก็จะเกิดการรีเซ็ต ตลอดตามค่าของวอตช์ด็อกที่ตั้งไว้

* ตัวอย่างการกำหนดค่า Configuration ให้ทำงานที่ความถี่ 10 MHz ของบอร์ด CP-PIC V3.0&V4.0



รูปแสดงการกำหนดค่า Configuration เมื่อใช้งานความถี่ 10 MHz

ตัวอย่างการกำหนดค่า Configuration ของ CP-PIC V3.0&V4.0 กรณีการใช้ เฟสลอคคูลู(x4 PLL) เพื่อคุณลักษณะนาฬิกาเป็น 4 เท่า คือ ค่าคริสตอล 10 MHz เมื่อผ่านกระบวนการเฟสลอคคูลู ผลลัพธ์จะได้ เท่ากับ 40 MHz โดยกำหนดค่าต่างๆดังรูป



รูปแสดงการกำหนดค่า Configuration เมื่อใช้งานความถี่ 40MHz (PLL)

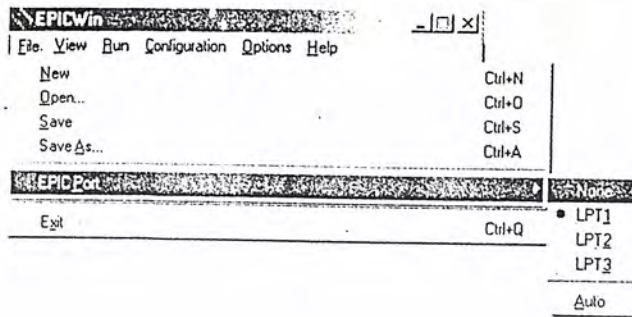
#หมายเหตุ ในบอร์ด CP-PIC V3.0&V4.0 นี้ถ้าใช้กับ CPU PIC เบอร์ 18F442 หรือ 18F458 ซึ่งมีฟังก์ชันของเฟสลอคคูลูภายในจึง สามารถเลือกทำงานได้ 2 ความถี่คือ

- 10 MHz ความถี่เท่ากับคริสตอลออสซิลเลเตอร์ภายนอก
- 40 MHz ความถี่เท่ากับคริสตอลออสซิลเลเตอร์ภายนอกคูณด้วย 4 (ใช้วงจรเฟสลอคคูลูภายใน)

ในการเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงานของความถี่ในแต่ละครั้งจะต้องทำการปลดไฟเลี้ยง CPU ออกก่อนทุกครั้ง เช่น ถ้าเราใช้งานในโหมดความถี่ 10 MHz อยู่แล้วเราจะโปรแกรมใหม่เป็น 40 MHz เราต้องปลดไฟเลี้ยงบอร์ดออกแล้วจึงทำการโปรแกรมเพื่อเปลี่ยนโหมด เป็น 40MHz หากไม่ทำเช่นนี้ CPU ก็ยังทำงานในความถี่เดิม

การกำหนดพอร์ตสำหรับดาว์นโหลด


การดาว์นโหลดจะผ่านพอร์ตขนาน (Parallel Port) ซึ่งจะต้องเลือกให้ตรงกับพอร์ตที่เราต่ออยู่สามารถทำได้โดย คลิกที่ เมนู File -> EPIC Ports แล้วทำการเลือกให้ถูกต้อง หรือ ถ้าเลือกเป็น Auto โปรแกรมก็จะค้นหาพอร์ตให้โดยอัตโนมัติ

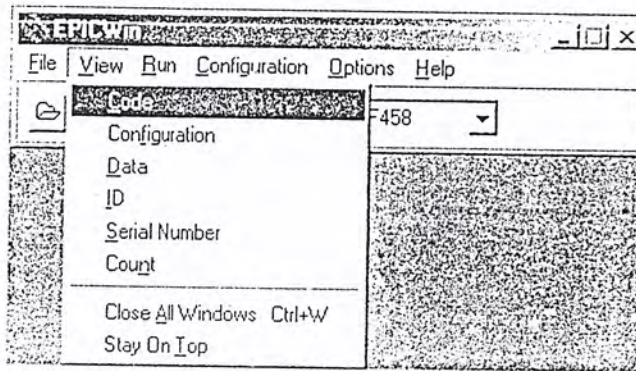


รูปแสดงการกำหนดพอร์ตสำหรับดาวน์โหลด

การอ่านข้อมูลจาก CPU

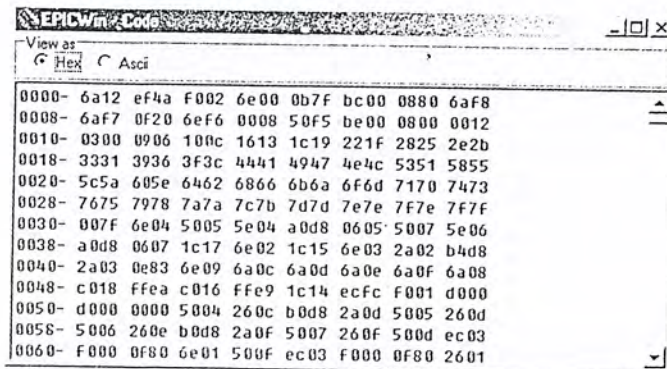
จากที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น คือ EPICWin นี้สามารถทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของ CPU ได้ (เฉพาะตัวที่ไม่ถูก Protect ไว้) ซึ่งสามารถทำได้ตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- ทำการอ่านข้อมูลโดยใช้ เมนู READ (Run -> Read หรือ Ctrl R) หรือ คลิกที่ 
- .เปิดเมนู View -> Code เพื่อดูข้อมูลที่อ่านได้ ดังรูป



รูปแสดงการเปิดดูข้อมูลที่อ่านได้ หรือ ข้อมูลที่อยู่ใน บัฟเฟอร์

- จะเกิดหน้าต่างที่แสดงซอร์สโค้ดต่างๆ ที่อ่านได้จาก CPU ดังรูป ซึ่ง Code เหล่านี้เราสามารถ Save เก็บไว้ได้



รูปแสดง Code ต่าง ๆ ที่อ่านได้จาก CPU

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข

CPU ไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด อาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุดังนี้

- สวิตช์ PROG/RUN อยู่ในตำแหน่ง PROG ทำให้ CPU อยู่ในโหมดโปรแกรมจึงไม่สามารถทำงานตามโปรแกรมได้ การแก้ไขให้เลือกสวิตช์มาที่โหมด RUN เมื่อต้องการให้ CPU ทำงานในโหมด Run Program
- Jumper OSC1 ยังเสียบอยู่ (Short) ให้ดึง (Open) Jumper OSC1 ออกแต่หากในขณะที่เสียบไว้แล้ว CPU ยังสามารถทำงานได้ ก็ไม่จำเป็นต้องถอดออก โดย Jumper OSC1 นี้จะทำหน้าที่กดสัญญาณ CLK ในระหว่างการดาวน์โหลด ในกรณีที่เกิดปัญหาในการดาวน์โหลด จึงต้อง Short จัมเปอร์นี้ แต่เมื่อเราทำการทดลองโปรแกรมจนแน่นอนพร้อมที่จะนำไปใช้งานจริงๆแล้ว แนะนำให้ถอด Jumper OSC1 ออก เพื่อให้ OSC ทำงานได้อย่างอิสระ
- การตั้งค่า Configuration โดยเฉพาะใน โหมดของ OSC มีผลมาก เพราะ PIC 18F458 สามารถทำงานได้ 2 ความถี่ คือ ความถี่จาก OSC ภายนอก(HS : ความถี่ 10 MHz) และ โหมด PLL (H4 : OSC ภายนอก x 4 ก็คือ 40MHz) ให้ตรวจสอบให้ถูกต้องนำไปใช้งานในโหมดไหน
- Watchdog Timer หากเลือกการทำงานนี้ ใน Configuration แล้วไม่เขียนโปรแกรมไป Clear ค่า Watchdog จะทำให้เกิดการรีเซ็ต ตลอดเวลาตามค่า Watchdog Timer ดังนั้นจึงควรตรวจสอบก่อนว่ามีการใช้งาน Watchdog Timer หรือไม่ ถ้าไม่ก็ไม่ควรเลือกการทำงานในส่วนนี้
- การ Set Jumper ต่างๆไม่ถูกต้อง ให้ตรวจสอบให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จากหัวข้อ รายละเอียดการใช้งาน Jumper
- ในกรณีที่เขียนด้วยภาษา BASIC (ใช้ PIC Basic Pro) จะต้องมีกำหนดค่าความถี่ที่ใช้งานโดยใช้คำสั่ง DEFINE OSC _ _ ซึ่ง หากไม่มีการ กำหนดความถี่ไว้กับ โปรแกรม มันจะถือว่าเป็นความถี่ 4 MHz ซึ่งทำให้โปรแกรมทำงานผิดพลาดได้ดังนั้นเราจึงควรกำหนดให้ถูกต้อง

ตัวอย่าง

```
DEFINE OSC 10 ' การกำหนดความถี่ 10 MHz
DEFINE OSC 40 ' การกำหนดความถี่ 40 MHz
```

- การเปลี่ยนโหมดความถี่ เนื่องจาก PIC 18F458 ในบอร์ด CP-PIC V3.0&V4.0 สามารถทำงานได้ทั้ง 10MHz(HS) และ 40 MHz(H4) ฉะนั้นในการเปลี่ยนโหมดการทำงานจาก 10 MHz ไปเป็น 40MHz หรือจาก 40MHz เป็น 10MHz เมื่อทำการโปรแกรมเปลี่ยนโหมดเสร็จ CPU จะยังคงทำงานในโหมดความถี่เดิมอยู่ จนกว่าจะมีการปลดไฟเลี้ยง แล้วจ่ายไฟเข้ามาใหม่ CPU จึงจะเปลี่ยนมาทำงานในโหมดความถี่ใหม่ที่โปรแกรมให้ครั้งสุดท้าย

- ปัญหาอีกอย่างที่อาจเจอในการใช้งานโปรแกรม EPICWin คือ การตั้งค่า Power Option ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะอยู่ใน Control Panel โดยเมื่อเราตั้งค่า Power Option เป็นค่าต่างๆ อาจทำให้โปรแกรม EPICWin ไม่สามารถทำงานได้ทำให้ต้อง Restart เครื่องใหม่ ดังนั้นจึงควรตั้งค่าต่างๆของ Power Option เป็นดังนี้

```
Turn off monitor = Never
Turn off hard disks = Never
System Stand by = Never
```

ตารางคำสั่งของ PIC 18F442 และ 18F458

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	16-Bit Instruction Word		Status Affected	Notes	
			MSb	LSb			
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
ADDWF	f, d, a	Add WREG and f	1	0010 01da	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2
ADDWFC	f, d, a	Add WREG and Carry bit to f	1	0010 00da	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2
ANDWF	f, d, a	AND WREG with f	1	0001 01da	EEEE EEEE	Z	1, 2
CLRF	f, a	Clear f	1	0110 101a	EEEE EEEE	Z	2
COMF	f, d, a	Complement f	1	0001 11da	EEEE EEEE	Z, N	1, 2
CPFSEQ	f, a	Compare f with WREG, skip =	1 (2 or 3)	0110 001a	EEEE EEEE	None	4
CPFSGT	f, a	Compare f with WREG, skip >	1 (2 or 3)	0110 010a	EEEE EEEE	None	4
CPFSLT	f, a	Compare f with WREG, skip <	1 (2 or 3)	0110 000a	EEEE EEEE	None	1, 2
DECf	f, d, a	Decrement f	1	0000 01d.a	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2, 3, 4
DECFSZ	f, d, a	Decrement f, Skip if 0	1 (2 or 3)	0010 11da	EEEE EEEE	None	1, 2, 3, 4
DCFSNZ	f, d, a	Decrement f, Skip if Not 0	1 (2 or 3)	0100 11da	EEEE EEEE	None	1, 2
INCF	f, d, a	Increment f	1	0010 10da	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2, 3, 4
INCFSZ	f, d, a	Increment f, Skip if 0	1 (2 or 3)	0011 11da	EEEE EEEE	None	4
INFSNZ	f, d, a	Increment f, Skip if Not 0	1 (2 or 3)	0100 10d.a	EEEE EEEE	None	1, 2
IORWF	f, d, a	Inclusive OR WREG with f	1	0001 00da	EEEE EEEE	Z, N	1, 2
MOVF	f, d, a	Move f	1	0101 00da	EEEE EEEE	Z, N	1
MOVFF	f _s , f _d	Move f _s (source) to 1st word f _d (destination) 2nd word	2	1100 ffff	EEEE EEEE	None	
MOVWF	f, a	Move WREG to f	1	0110 111a	EEEE EEEE	None	
MULWF	f, a	Multiply WREG with f	1	0000 001a	EEEE EEEE	None	
NEGF	f, a	Negate f	1	0110 110a	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2
RLCF	f, d, a	Rotate Left f through Carry	1	0011 01da	EEEE EEEE	C, Z, N	
RLNCF	f, d, a	Rotate Left f (No Carry)	1	0100 01da	EEEE EEEE	Z, N	1, 2
RRCF	f, d, a	Rotate Right f through Carry	1	0011 00da	EEEE EEEE	C, Z, N	
RRNCF	f, d, a	Rotate Right f (No Carry)	1	0100 00da	EEEE EEEE	Z, N	
SETF	f, a	Set f	1	0110 100a	EEEE EEEE	None	
SUBFWB	f, d, a	Subtract f from WREG with borrow	1	0101 01da	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2
SUBWF	f, d, a	Subtract WREG from f	1	0101 11da	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	
SUBWFB	f, d, a	Subtract WREG from f with borrow	1	0101 10da	EEEE EEEE	C, DC, Z, OV, N	1, 2
SWAPF	f, d, a	Swap nibbles in f	1	0011 10da	EEEE EEEE	None	4
TSTFSZ	f, a	Test f, skip if 0	1 (2 or 3)	0110 011a	EEEE EEEE	None	1, 2
XORWF	f, d, a	Exclusive OR WREG with f	1	0001 10da	EEEE EEEE	Z, N	
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
BCF	f, b, a	Bit Clear f	1	1001 bbb.a	EEEE EEEE	None	1, 2
BSF	f, b, a	Bit Set f	1	1000 bbb.a	EEEE EEEE	None	1, 2
BTFSC	f, b, a	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2 or 3)	1011 bbb.a	EEEE EEEE	None	3, 4
BTFSS	f, b, a	Bit Test f, Skip if Set	1 (2 or 3)	1010 bbb.a	EEEE EEEE	None	3, 4
BTG	f, d, a	Bit Toggle f	1	0111 bbb.a	EEEE EEEE	None	1, 2

- Note 1: When a PORT register is modified as a function of itself (e.g., MOVWF PORTB, 1, 0), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
- 2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.
- 4: Some instructions are 2-word instructions. The second word of these instructions will be executed as a NOP, unless the first word of the instruction retrieves the information embedded in these 16 bits. This ensures that all program memory locations have a valid instruction.
- 5: If the Table Write starts the write cycle to internal memory, the write will continue until terminated.

คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น "CP-PIC V3.0 & V4.0"

ตารางคำสั่งของ PIC 18F442 และ 18F458 (ต่อ)

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	16-Bit Instruction Word				Status Affected	Notes	
			MSb	LSb					
CONTROL OPERATIONS									
BC	n	Branch if Carry	1 (2)	1110	0010	nnnn	nnnn	None	
BN	n	Branch if Negative	1 (2)	1110	0110	nnnn	nnnn	None	
BNC	n	Branch if Not Carry	1 (2)	1110	0011	nnnn	nnnn	None	
BNN	n	Branch if Not Negative	1 (2)	1110	0111	nnnn	nnnn	None	
BNOV	n	Branch if Not Overflow	1 (2)	1110	0101	nnnn	nnnn	None	
BNZ	n	Branch if Not Zero	2	1110	0001	nnnn	nnnn	None	
BOV	n	Branch if Overflow	1 (2)	1110	0100	nnnn	nnnn	None	
BRA	n	Branch Unconditionally	1 (2)	1101	0nnn	nnnn	nnnn	None	
BZ	n	Branch if Zero	1 (2)	1110	0000	nnnn	nnnn	None	
CALL	n, s	Call subroutine 1st word 2nd word	2	1110	110w	kkkk	kkkk	None	
CLRWDT	—	Clear Watchdog Timer	1	0000	0000	0000	0100	TO, PD	
DAW	—	Decimal Adjust WREG	1	0000	0000	0000	0111	C	
GOTO	n	Go to address 1st word 2nd word	2	1110	1111	kkkk	kkkk	None	
NOP	—	No Operation	1	0000	0000	0000	0000	None	
NOP	—	No Operation (Note 4)	1	1111	xxxx	xxxx	xxxx	None	
POP	—	Pop top of return stack (TOS)	1	0000	0000	0000	0110	None	
PUSH	—	Push top of return stack (TOS)	1	0000	0000	0000	0101	None	
RCALL	n	Relative Call	2	1101	1nnn	nnnn	nnnn	None	
RESET	—	Software device RESET	1	0000	0000	1111	1111	All	
RETFIE	s	Return from interrupt enable	2	0000	0000	0001	000s	GIE/GIEH, PEIE/GIEL	
RETLW	k	Return with literal in WREG	2	0000	1100	kkkk	kkkk	None	
RETURN	s	Return from Subroutine	2	0000	0000	0001	001s	None	
SLEEP	—	Go into Standby mode	1	0000	0000	0000	0011	TO, PD	
LITERAL OPERATIONS									
ADDLW	k	Add literal and WREG	1	0000	1111	kkkk	kkkk	C, DC, Z, OV, N	
ANDLW	k	AND literal with WREG	1	0000	1011	kkkk	kkkk	Z, N	
IORLW	k	Inclusive OR literal with WREG	1	0000	1001	kkkk	kkkk	Z, N	
LFSR	f, k	Move literal (12-bit) 2nd word to FSRx 1st word	2	1110	1110	00ff	kkkk	None	
MOVLB	k	Move literal to BSR<3:0>	1	0000	0001	0000	kkkk	None	
MOVLW	k	Move literal to WREG	1	0000	1110	kkkk	kkkk	None	
MULLW	k	Multiply literal with WREG	1	0000	1101	kkkk	kkkk	None	
RETLW	k	Return with literal in WREG	2	0000	1100	kkkk	kkkk	None	
SUBLW	k	Subtract WREG from literal	1	0000	1000	kkkk	kkkk	C, DC, Z, OV, N	
XORLW	k	Exclusive OR literal with WREG	1	0000	1010	kkkk	kkkk	Z, N	
DATA MEMORY ↔ PROGRAM MEMORY OPERATIONS									
TBLRD*		Table Read	2	0000	0000	0000	1000	None	
TBLRD*+		Table Read with post-increment		0000	0000	0000	1001	None	
TBLRD*-		Table Read with post-decrement		0000	0000	0000	1010	None	
TBLRD*+		Table Read with pre-increment		0000	0000	0000	1011	None	
TBLWT*		Table Write	2 (5)	0000	0000	0000	1100	None	
TBLWT*+		Table Write with post-increment		0000	0000	0000	1101	None	
TBLWT*-		Table Write with post-decrement		0000	0000	0000	1110	None	
TBLWT*+		Table Write with pre-increment		0000	0000	0000	1111	None	

- Note 1: When a PORT register is modified as a function of itself (e.g., MOVW PORTB, 1, 0), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
- 2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.
- 4: Some instructions are 2-word instructions. The second word of these instructions will be executed as a NOP, unless the first word of the instruction retrieves the information embedded in these 16 bits. This ensures that all program memory locations have a valid instruction.
- 5: If the Table Write starts the write cycle to internal memory, the write will continue until terminated.

Field	Description
a	RAM access bit a = 0: RAM location in Access RAM (BSR register is ignored) a = 1: RAM bank is specified by BSR register
bbb	Bit address within an 8-bit file register (0 to 7)
BSR	Bank Select Register. Used to select the current RAM bank.
d	Destination select bit; d = 0: store result in WREG, d = 1: store result in file register f.
dcst	Destination either the WREG register or the specified register file location
f	8-bit Register file address (0x00 to 0xFF)
f _s	12-bit Register file address (0x000 to 0xFFF). This is the source address.
f _d	12-bit Register file address (0x000 to 0xFFF). This is the destination address.
k	Literal field, constant data or label (may be either an 8-bit, 12-bit or a 20-bit value)
label	Label name
mm	The mode of the TBLPTR register for the Table Read and Table Write instructions. Only used with Table Read and Table Write instructions: * No change to register (such as TBLPTR with Table Reads and Writes) *+ Post-Increment register (such as TBLPTR with Table Reads and Writes) *- Post-Decrement register (such as TBLPTR with Table Reads and Writes) ** Pre-Increment register (such as TBLPTR with Table Reads and Writes)
n	The relative address (2's complement number) for relative branch instructions, or the direct address for Call/Branch and Return instructions
PRODH	Product of Multiply high byte
PRODL	Product of Multiply low byte
s	Fast Call/Return mode select bit; s = 0: do not update into/from shadow registers s = 1: certain registers loaded into/from shadow registers (Fast mode)
u	Unused or Unchanged
WREG	Working register (accumulator)
x	Don't care (0 or 1). The assembler will generate code with x = 0. It is the recommended form of use for compatibility with all Microchip software tools.
TBLPTR	21-bit Table Pointer (points to a Program Memory location)
TBLAT	8-bit Table Latch
TOS	Top-of-Stack
PC	Program Counter
PCL	Program Counter Low Byte
PCH	Program Counter High Byte
PCLATH	Program Counter High Byte Latch
PCLATU	Program Counter Upper Byte Latch
GIE	Global Interrupt Enable bit
WDT	Watchdog Timer
TO	Time-out bit
PD	Power-down bit
C, DC, Z, OV, N	ALU status bits Carry, Digit Carry, Zero, Overflow, Negative
[]	Optional
{ }	Contents
→	Assigned to
< >	Register bit field
ε	In the set of
<i>italics</i>	User defined term (font is courier)

GENERAL FORMAT FOR INSTRUCTIONS ของ PIC 18F442 และ 18F458

<p>Byte-oriented file register operations</p> <p>15 10 9 8 7 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>d</td> <td>a</td> <td>f (FILE #)</td> </tr> </table> <p>d = 0 for result destination to be WREG register d = 1 for result destination to be file register (f) a = 0 to force Access Bank a = 1 for BSR to select bank f = 8-bit file register address</p>	OPCODE	d	a	f (FILE #)	<p>Example Instruction</p> <p>ADDWF MYREG, W, B</p>	
OPCODE	d	a	f (FILE #)			
<p>Byte to Byte move operations (2-word)</p> <p>15 12 11 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>f (Source FILE #)</td> </tr> </table> <p>15 12 11 0</p> <table border="1"> <tr> <td>1111</td> <td>f (Destination FILE #)</td> </tr> </table> <p>f = 12-bit file register address</p>	OPCODE	f (Source FILE #)	1111	f (Destination FILE #)	<p>MOVFF MYREG1, MYREG2</p>	
OPCODE	f (Source FILE #)					
1111	f (Destination FILE #)					
<p>Bit-oriented file register operations</p> <p>15 12 11 9 8 7 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>b (BIT #)</td> <td>a</td> <td>f (FILE #)</td> </tr> </table> <p>b = 3-bit position of bit in file register (f) a = 0 to force Access Bank a = 1 for BSR to select bank f = 8-bit file register address</p>	OPCODE	b (BIT #)	a	f (FILE #)	<p>BSF MYREG, bit, B</p>	
OPCODE	b (BIT #)	a	f (FILE #)			
<p>Literal operations</p> <p>15 8 7 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>k (literal)</td> </tr> </table> <p>k = 8-bit immediate value</p>	OPCODE	k (literal)	<p>MOVLW 0x7F</p>			
OPCODE	k (literal)					
<p>Control operations</p> <p>CALL, GOTO and Branch operations</p> <p>15 8 7 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>n<7:0> (literal)</td> </tr> </table> <p>15 12 11 0</p> <table border="1"> <tr> <td>1111</td> <td>n<19:8> (literal)</td> </tr> </table> <p>n = 20-bit immediate value</p>	OPCODE	n<7:0> (literal)	1111	n<19:8> (literal)	<p>GOTO Label</p>	
OPCODE	n<7:0> (literal)					
1111	n<19:8> (literal)					
<p>15 8 7 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>S</td> <td>n<7:0> (literal)</td> </tr> </table> <p>15 12 11 0</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>n<19:8> (literal)</td> </tr> </table> <p>S = Fast bit</p>	OPCODE	S	n<7:0> (literal)		n<19:8> (literal)	<p>CALL MYFUNC</p>
OPCODE	S	n<7:0> (literal)				
	n<19:8> (literal)					
<p>15 11 10 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>n<10:0> (literal)</td> </tr> </table>	OPCODE	n<10:0> (literal)	<p>BRA MYFUNC</p>			
OPCODE	n<10:0> (literal)					
<p>15 8 7 0</p> <table border="1"> <tr> <td>OPCODE</td> <td>n<7:0> (literal)</td> </tr> </table>	OPCODE	n<7:0> (literal)	<p>BC MYFUNC</p>			
OPCODE	n<7:0> (literal)					

บรรณานุกรม

- [1] J.H.R. Enslin,D.B. Snyman “Combined Low Cost,High Efficientm Inverter,Peak Power Tracker and Regulator for PV Application”, IEEE Transaction on Power Electronics,Vol.6, No.1,1 January 1991
- [2] SMM Wolf,JHR Enslin , Department of Electrical and Electronics Engineering University of Stellenbosh South Afarica, “Economic PV Maximum Power Point Tracking Regulator with Simplistic Controller , IEEE Conference 1993
- [3] Chihchiang Hua; “Chihning Shen Control of DC/DC converters for solar energy system with maximum power tracking” ,IECON 97 23rd International Conference
- [4] France Lasnier and Tony Gan Ang,Phovoltaic Engineering Handbook Asian Institute of Technology,Bangkok,Thailand
- [5] S. Suriyakanont, S. Potivejkul Department of Electrical Engineering, KMITL “Comparison of Maximum Power Transfer between Sunlight Solar Tracking and MPPT Converter” IPEC’2001, Nanyang University,Singapore,15-17 May 2001
- [6] Sansak Deon, Siriwat Potivejkul, “Optimum PV panels setting analysis using numerical method technique” ,Department of Electrical Engineering,KMITL,Electrical Engineering Conference 2543,Agricultue University