



การหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Maximum Power Point Tracking of Solar Cell Using Neural Network

นางสาวเบญจมาศ	อ๋อ อ๋อ	รหัส 47361761
นายจรเกียรติ	อักษรเสื่อ	รหัส 47363759
นายบวร	ตั้งดี	รหัส 47363924

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่รับ... 16 / ... 9 พ. ... / 52  
เลขทะเบียน..... 1434523X  
เลขเรียกหนังสือ..... ปร.  
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๗๕๘ ๙

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2550



## ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	การหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวเบญจมาศ	อ๋อ อ๋อ	รหัส 47361761
	นายขจรเกียรติ	อักษร เตื่อ	รหัส 47363759
	นายบวร	ตั้งดี	รหัส 47363924
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.แคทรียา สุวรรณศรี		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2550		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบรจรัม อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะกรรมการสอบ โครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ดร.แคทรียา สุวรรณศรี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ เข้มเม่น)

.....กรรมการ

(อาจารย์สรารุณี วัฒนวงศ์พิทักษ์)

หัวข้อโครงการ	การหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้โครงข่าย ประสาทเทียม		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวเบญจมาศ	อ๋อ อ๋อ	รหัส 47361761
	นายจรรยาเกียรติ	อักษรเสื่อ	รหัส 47363759
	นายบวร	ตั้งดี	รหัส 47363924
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. แถทริยา	สุวรรณศรี	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2550		

### บทคัดย่อ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังทดแทนถูกศึกษาและพัฒนาเพื่อนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แผงโซลาร์เซลล์เป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์สามารถนำไปใช้งานได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับโหลดที่นำมาต่อ ด้านแรงดันเอาต์พุต แต่อย่างไรก็ตาม การใช้งานแผงโซลาร์เซลล์ให้เต็มประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์ จำเป็นต้องอาศัยวิธี การปรับค่าแรงดันและกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์ให้ทำงานที่จุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด ณ ช่วงเวลานั้น ๆ

จึงนำโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งมีการทำงานเหมือนสมองมนุษย์มาช่วยในการวิเคราะห์หาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม โดยการกำหนดค่าตัวดีไซ์เซลล์ที่เหมาะสมให้กับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ตามที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ได้ ณ ช่วงเวลานั้น ๆ

จากผลการทดลองพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทำการส่งค่าตัวดีไซ์เซลล์ที่เหมาะสมให้กับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ได้ตามที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ ทำให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดตามต้องการ

**Project Title** Maximum Power Point Tracking of Solar Cell Using Neural Network.

**Name** Miss Benchamart Ameim ID 47361761  
Mr. Khajornkiat Agsornsue ID 47363759  
Mr. Boworn Tangdee ID 47363924

**Project Advisor** Dr. Cattareeya Suwanasri

**Major** Electrical Engineering.

**Department** Electrical and Computer Engineering.

**Academic** 2007

---

### ABSTRACT

Solar energy is sustainable energy that presently is researched and developed more extensively. Solar cell is main equipment converting solar energy to electrical energy. The power obtained from the solar cell can applied in diversify technology depending on loads connected to output voltage produced. However, the maximum capacity usage must be known, how to be applied. There is a need to learn about the behavior of the solar cell and its technique to adjust voltage and currant in order to gain maximum power point at each instantaneous time.

Therefore, this project proposes neural network, which works like a human brain to analyze the maximum power point of the solar cell by using microcontroller with specified duty cycle for boost converter circuit of solar cell to get the maximum power point as the neutral network has analyzed at that time.

The experimental results show that microcontroller sent a properly duty cycle to boost converter circuit. Finally, the maximum power point is obtained.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ ดร.แกทรียา สุวรรณศรี ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้แนวคิดและข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ต่อการทำโครงการอย่างมาก

นอกจากนี้ผู้จัดทำผู้จัดทำขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาลัยพลังงานทดแทนทุกท่านที่มีส่วนร่วมให้ความอำนวยความสะดวกในการทำโครงการเป็นอย่างดี

ท้ายสุดนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณปิยะพงษ์ โอพารทิชาชาติ และนิสิตปริญญาโท ภาควิชาไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการนี้

พร้อมทั้งขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ให้คำแนะนำให้คำปรึกษาที่มีคุณค่า แก่คณะผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำโครงการ



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ.....	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	2
1.6 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.7 งบประมาณของโครงการ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทํางาน	
2.1 ความรู้พื้นฐานของการสร้าง (แผงโซลาร์เซลล์).....	4
2.2 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์.....	6
2.3 วงจรโครงข่ายประสาทเทียม.....	12
2.4 ตัวไวแสง.....	20
2.5 เทอร์มิสเตอร์.....	22
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ศึกษาข้อมูล.....	25
3.2 การออกแบบชิ้นงานและการสร้างชิ้นงาน.....	26
3.3 การเก็บข้อมูลแผงโซลาร์เซลล์และเขียนโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม.....	34
3.4 ทดสอบและผลการทดสอบ.....	34
3.5 รวบรวมข้อมูลพร้อมเข้ารูปเล่มรายงาน.....	34

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	
4.1 การเก็บข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์.....	35
4.1 ทำการทดสอบที่ห้องทดลอง.....	61
4.2 ทำการทดสอบที่วิทยาลัยพลังงาน.....	63
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุป.....	67
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	68
เอกสารอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก โครงข่ายประสาทเทียม.....	71
ภาคผนวก ข โปรแกรมการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	75
ประวัติผู้เขียนโครงการ.....	81

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	2
2.1 อัตรายขายแรงดันไฟฟ้าของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D.....	9
4.1 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.10 น.....	36
4.2 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.20 น.....	38
4.3 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.30 น.....	40
4.4 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.40 น.....	42
4.5 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.50 น.....	44
4.6 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.00 น.....	46
4.7 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.10 น.....	48
4.8 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.20 น.....	50
4.9 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.30 น.....	52
4.10 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.40 น.....	54
4.11 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.50 น.....	56
4.12 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 12.00 น.....	58
4.13 ตารางรวบรวมข้อมูล.....	60
4.14 ผลการทดลองในห้องทดลอง.....	62
4.15 ผลการทดลองที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน.....	65



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กราฟกระแสเทียบกับแรงดัน.....	4
2.2 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีกับกราฟกระแสเทียบกับแรงดัน.....	5
2.3 ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีต่อกราฟกระแสไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้า.....	6
2.4 วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์.....	6
2.6 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ.....	8
2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส.....	8
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายแรงดันกับ D.....	10
2.9 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ.....	12
2.10 Model ของ Neuron ในสมองมนุษย์.....	13
2.11 Model ของ Neuron ในคอมพิวเตอร์.....	14
2.12 แสดงการแยกแยะระหว่างสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม.....	15
2.14 การเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised Learning).....	16
2.15 การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน Unsupervised Learning.....	17
2.16 สถาปัตยกรรมของ Feed forward network.....	17
2.17 สถาปัตยกรรมของ Feedback network.....	18
2.18 Single-layer perceptron.....	19
2.19 โครงสร้างของ Perceptions.....	20
2.20 โครงสร้างของ LDR.....	20
2.21 กราฟแสดงความไวของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน.....	21
2.22 วงจรแบ่งแรงดัน.....	22
2.23 ตัวอย่างวงจรแบ่งแรงดัน.....	22
2.24 สัญลักษณ์และรูปร่างของเทอร์มิสเตอร์.....	23
2.25 แสดงกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC และ PTC.....	23
3.1 แผนภาพการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมและวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์.....	26
3.2 วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์.....	27
3.3 วงจรจุกชนวนมอสเฟต.....	27
3.4 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล.....	28
3.5 วงจรเซนเซอร์แสง (LDR).....	28

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 วงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermistor).....	29
3.7 สัญญาพัลส์ 5 V คิวตี้ไซเคิล 50% ความถี่ 25 kHz.....	29
3.8 สัญญาพัลส์ที่ได้หลังจากผ่านไอซี 1R2110.....	30
3.9 ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ 1 V.....	30
3.10 แรงดันเอาต์พุตจากวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ ได้ 1.8 V.....	31
3.11 ป้อนแรงดันอินพุตไฟฟ้ากระแสตรง 15 V เข้าวงจรดิฟเฟอเรนเชียล.....	31
3.12 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจากวงจรดิฟเฟอเรนเชียล 2.98 V.....	32
3.13 แผนผังลำดับการทำงานของอุปกรณ์วัดความเข้มแสงกับอุณหภูมิ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์....	33
4.1 การเก็บข้อมูลพฤติกรรมของแสงโซล่าเซลล์.....	35
4.2 กราฟกระแสไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้า เวลา 10.10 น.....	37
4.3 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.10 น.....	37
4.4 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.20 น.....	39
4.5 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.20 น.....	39
4.6 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.30 น.....	41
4.7 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.30 น.....	41
4.8 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.40 น.....	43
4.9 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.40 น.....	43
4.10 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.50 น.....	45
4.11 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.50 น.....	45
4.12 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.00 น.....	47
4.13 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.00 น.....	47
4.14 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.10 น.....	49
4.15 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.10 น.....	49
4.16 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.20 น.....	51
4.17 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.20 น.....	51
4.18 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.30 น.....	53
4.19 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.30 น.....	53
4.20 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.40 น.....	55
4.21 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.40 น.....	55

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.50 น.....	57
4.23 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.50 น.....	57
4.24 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 12.00 น.....	59
4.25 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 12.00 น.....	59
4.26 การทดสอบในห้องทดลอง.....	62
4.27 วงจรรวมที่ใช้ในการทำงาน.....	64
4.28 อุปกรณ์การทดสอบที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน.....	64



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

น้ำมันซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงหลักในปัจจุบันมีความต้องการใช้ที่มากขึ้นส่งผลให้น้ำมันมีราคาแพงขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้จากวิกฤติราคาน้ำมันที่ประเทศต่าง ๆ ประสบอยู่ ซึ่งประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งประสบปัญหาเกี่ยวกับวิกฤติราคาน้ำมัน จึงมีการวิจัยและพัฒนาแหล่งพลังงานสะอาดปราศจากมลพิษและสามารถทดแทนการใช้ น้ำมัน พลังงานทดแทนอย่างหนึ่งที่มีปริมาณมหาศาลและมีความพยายามจะนำมาใช้ในปัจจุบันคือ พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากพลังงานแสงมีอยู่ทั่วไปและส่งมายังโลกจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อประโยชน์นั้นมีอยู่น้อยมาก เมื่อเทียบกับพลังงานทั้งหมดที่ตกกระทบมายังโลก แผงโซลาร์เซลล์เป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงผันพลังงานนี้ อย่างไรก็ตาม การนำพลังงานที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมของการแปลงผันพลังงานของแผงโซลาร์เซลล์ เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์จะมีจุดทำงานได้หลายจุดขึ้นอยู่กับโหนดภาระที่นำมาต่อด้านเอาต์พุต อย่างไรก็ตาม จะมีจุดทำงานจุดหนึ่งที่ทำให้พลังงานสูงสุดเรียกว่า Maximum Power Point เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในโครงการจะอาศัยเทคนิค การปรับค่าแรงดันและกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์ให้ทำงานที่จุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดเรียกว่า Maximum Power Point Tracking ตัวควบคุมซึ่งใช้เพิ่มประสิทธิภาพในโครงการนี้เป็นตัวควบคุมแบบปรับตัวเองได้ตามสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง โดยอาศัยหลักการของโครงข่ายประสาทเทียม

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

### 1.3 ขอบข่ายของโครงการ

1. กำหนดหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
2. เขียนโปรแกรมเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซลาร์เซลล์

#### 1.4 วิธีดำเนินการ

1. สร้างและทดสอบวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์
2. เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความเข้มแสง
3. เก็บค่า แรงดันไฟฟ้า และ กระแสไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยปรับค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ นำมาพล็อตกราฟ เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์
4. นำค่าอุณหภูมิและความเข้มแสง มาเขียนโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม
5. เขียนโปรแกรมเพื่อนำไปหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์
6. นำโปรแกรมที่ได้ไปทดสอบหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์
7. สรุปผลการทดสอบ

#### 1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลเรื่อง แผง โซลาร์เซลล์, บัสคอนเวอร์เตอร์, โครงข่ายประสาทเทียม ไมโครคอนโทรลเลอร์และ โครงข่ายประสาทเทียม	←→						
2. ออกแบบและจัดทำชิ้นงาน				←→			
3. เก็บข้อมูลของแผง โซลาร์เซลล์และเขียน โปรแกรม โครงข่ายประสาทเทียม				←→			
4. ทดสอบการใช้งานจริงและสรุปผล							←→
5. รวบรวมข้อมูลเข้ารูปเล่มรายงาน							←→

#### 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เราจะสามารถใช้โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์หาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ของแผงโซลาร์เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาได้ ซึ่งเป็นเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

## 1.7 งบประมาณที่ใช้

1.7.1 ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	1,500 บาท
1.7.2 ค่าวัสดุอื่นๆ	500 บาท
1.7.3 ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	1,000 บาท
รวมเป็นเงิน	3,000 บาท
	(สามพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ :

(ค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นจำนวนเงิน 3,000 บาท)



## บทที่ 2

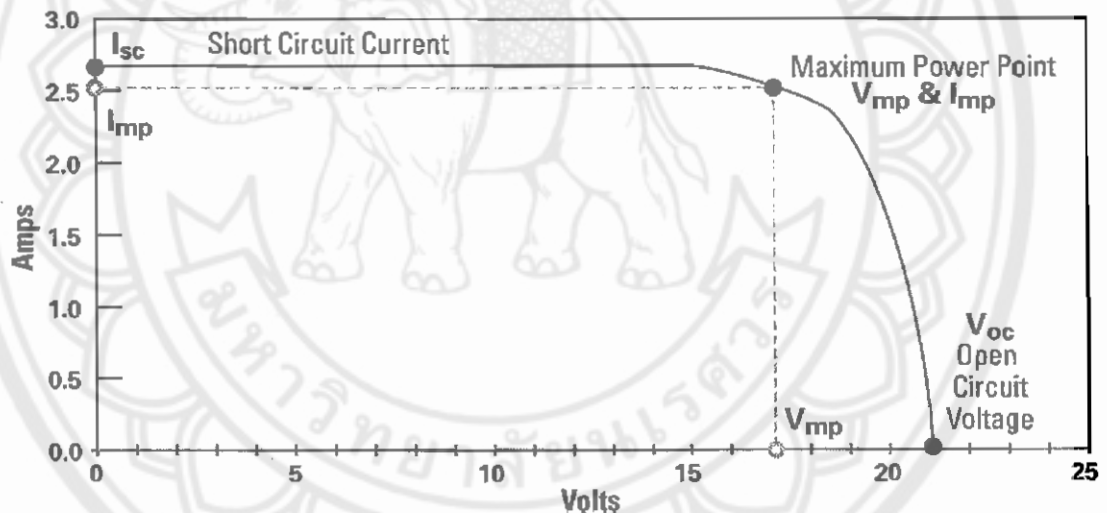
### ทฤษฎีและหลักการทำงาน

#### 2.1 ความรู้พื้นฐานของการสร้าง (แผงโซลาร์เซลล์)[1]

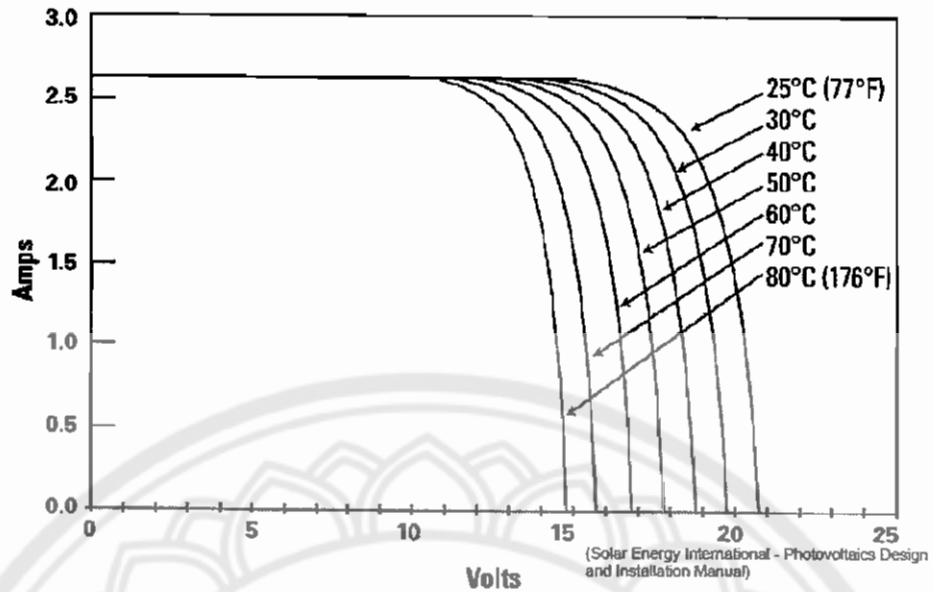
##### 2.1.1 การผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์จะแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยในแผงจะประกอบด้วย โซลาร์เซลล์หลาย ๆ เซลล์ แผงโซลาร์เซลล์ทำงานโดยการรวบรวมพลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งพลังงานของแสงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของโฟตอน เมื่อโฟตอนเข้ามาตกกระทบบนโซลาร์เซลล์ พลังงานของโฟตอนจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ ซึ่งก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในที่สุด

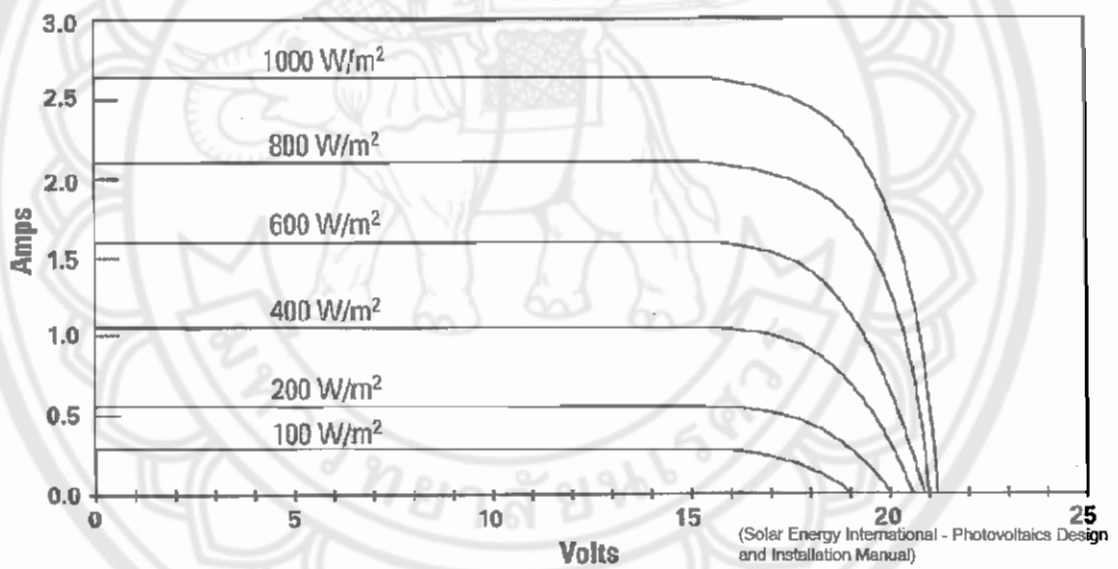
$$\text{กำลังไฟฟ้า} = \text{แรงดัน} \times \text{กระแส} \quad (2.1)$$



รูปที่ 2.1 กราฟกระแสเทียบกับแรงดัน



รูปที่ 2.2 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีกับกราฟกระแสเทียบกับแรงดัน



รูปที่ 2.3 ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีต่อกราฟกระแสไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.2 และ 2.3 จะเห็นได้ว่า แผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดี ณ อุณหภูมิต่ำ และความเข้มแสงมีค่ามาก



## 2.2 วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ [2]

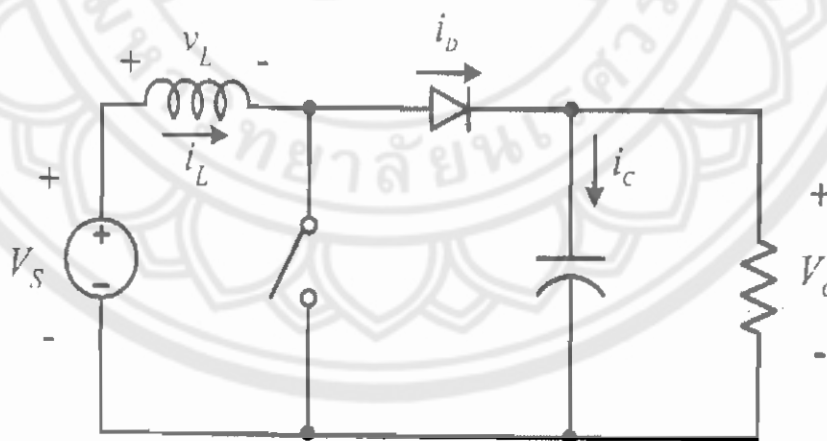
### 2.2.1 วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

วงจรทบทระดับหรือวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ คือวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ที่เรียกว่าวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) ก็เพราะแรงดันไฟฟ้าด้านออกสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้านั่นเอง

### 2.2.2 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของบัสคอนเวอร์เตอร์ในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบเวลา จะมีค่าเท่ากัน และมีค่าเป็นบวกเสมอ
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา ในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์
3. ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่
4. กำลังไฟฟ้าด้านอินพุตเท่ากับกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งในร้อยเปอร์เซ็นต์



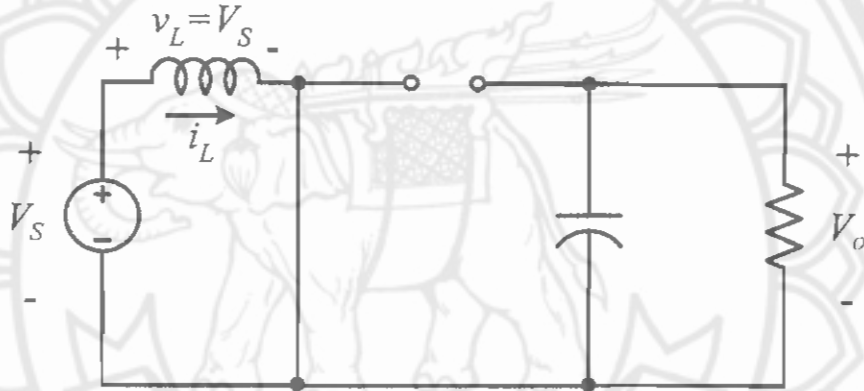
รูปที่ 2.4 วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

### 2.2.3 หลักการทำงานของวงจรรูปสคอนเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของวงจรรูปสคอนเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกรวมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัวดังนี้

#### ขณะสวิตช์นำกระแส

จากรูปที่ 2.4 กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จากกฎของเคอร์ชอฟจะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าดังนี้



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

$$-V_s + v_L = 0 \quad (2.2)$$

$$v_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.3)$$

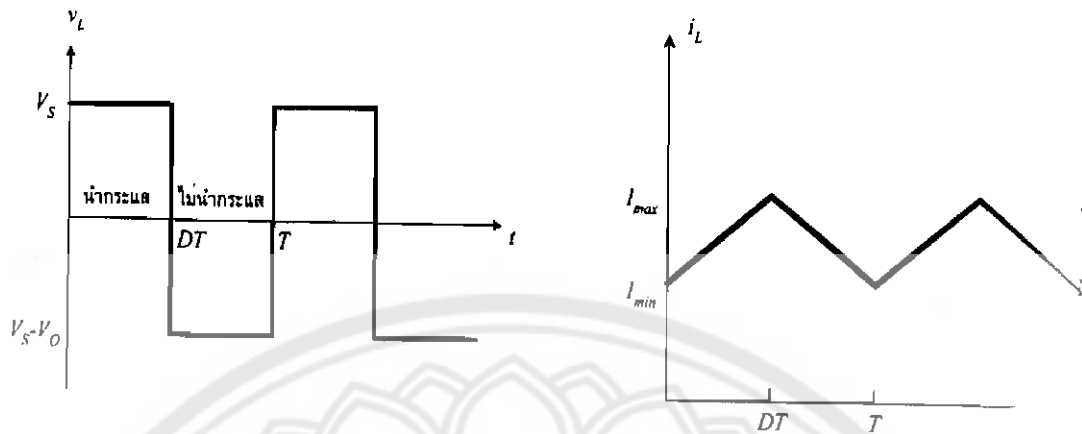
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L}$$

ขณะสวิตช์นำกระแส  $dt = DT$  เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าคงที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{\Delta T} = \frac{V_s}{L} \quad (2.4)$$

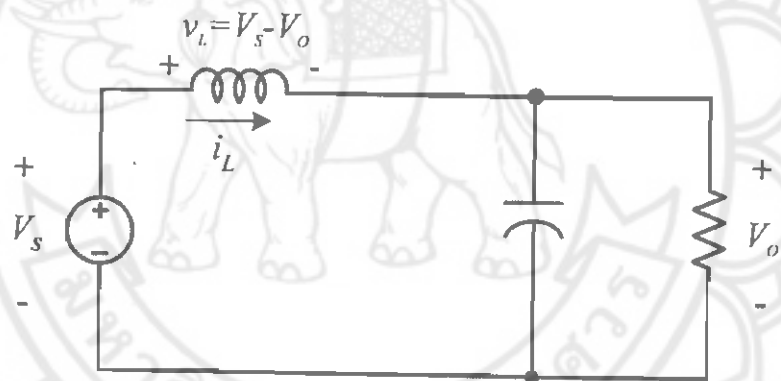
$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.5)$$

$\Delta i_{L,on}$  หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.6 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีที่หันได้ไม่ได้ ใดโอด จะถูกไบอัสไปหน้าให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติ แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0 \quad (2.6)$$

$$v_L = V_s - V_o$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.7)$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส  $dt = (1-D)T$  อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และจะถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้นดังรูปที่ 2.6 ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left( \frac{V_s - V_o}{L} \right) (1-D)T \quad (2.8)$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ จากสมการที่ (2.5) และสมการที่ (2.8) จะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \quad (2.9)$$

$$\left( \frac{V_s}{L} \right) DT + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0 \quad (2.10)$$

$$V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0$$

$$V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D = 0$$

$$V_s - V_o(1-D) = 0$$

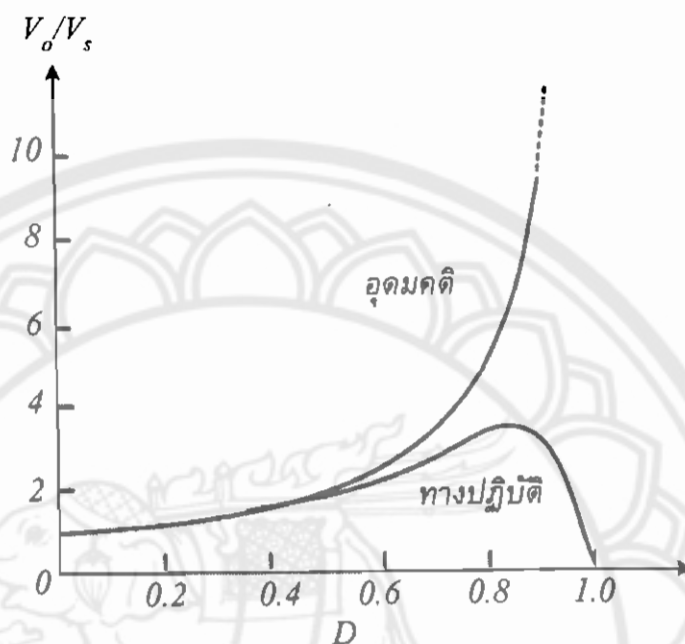
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D} \quad (2.11)$$

ตารางที่ 2.1 อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D

Duty ratio	อัตราขยายแรงดัน(Voltage gain) $\left( \frac{V_o}{V_s} \right)$
0.0	1.00
0.1	1.10
0.2	1.25
0.3	1.43
0.4	1.67
0.5	2.00
0.6	2.50
0.7	3.33
0.8	5
0.9	10
1.0	Infinity

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.8 เมื่อค่า D เพิ่มขึ้นค่าอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เชิงเส้นในทางปฏิบัติ นิยมปรับอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 4 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้วงจรมีความ

เสถียรภาพ โดยอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าขึ้นต่ำสุดคือหนึ่งหรือแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอินพุตในทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตเล็กน้อยเนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอด และตัวอุปกรณ์สวิตช์



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายแรงดันกับ D

#### 2.2.4 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

สมมติการสูญเสียภายในวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์มีค่าเท่ากับศูนย์ กำลังไฟฟ้ที่ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ เงื่อนไขดังนี้

$$P_S = P_0 = \frac{V_0^2}{R} \quad (2.12)$$

$$P_S = V_S I_S = V_S I_L \quad (2.13)$$

$$V_S I_L = \frac{V_0^2}{R}$$

$$V_0 = \frac{V_S}{1-D}$$

$$V_S I_L = \frac{\left(\frac{V_S}{1-D}\right)^2}{R}$$

$$I_L = \frac{V_S}{(1-D)^2 R} \quad (2.14)$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำสูงสุดและต่ำสุด หาได้จากค่าเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแสตั้งในสมการที่ (2.8)

$$\Delta I_{L,on} = \frac{V_s DT}{L}$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดคือ

$$I_{L,max} = i_L + \frac{\Delta i_L}{2}$$

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2} \left( \frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.15)$$

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left( \frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.16)$$

สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและค่าเป็นบวกดังนั้นจะหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด ที่ทำให้วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ทำงานได้ในขอบเขตระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง ได้จากการกำหนดให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์ จะได้

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left( \frac{V_s DT}{L} \right) = 0 \quad (2.17)$$

$$\frac{V_s}{(1-D)^2 R} = \frac{1}{2} \left( \frac{V_s}{L} DT \right)$$

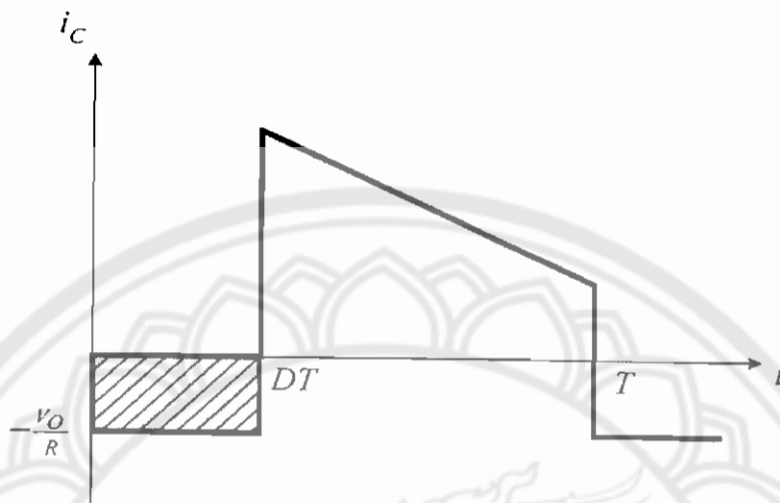
$$I_{L,min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.18)$$

การปรับค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด จากสมการที่ (2.18) สามารถทำได้โดยการปรับที่ค่า  $D$  หรือค่าความต้านทานโหลด  $R$  หรือค่าความถี่สวิตซ์ซึ่ง  $f$

#### ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การที่มีตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะสามารถรักษาให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคงที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่มา ๆ ได้เนื่องจากมีราคาแพงและใช้พื้นที่มาก จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสมและค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การคำนวณค่าระลอกคลื่นขอแรงดันไฟฟ้าด้านออกจากขอดถึงขอด สามารถหาได้จาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ

$$|\Delta Q| = C\Delta V_0 = I_0\Delta t_{on} \quad (2.19)$$

$$I_0 = \frac{V_0}{R}$$

$$\Delta t_{on} = DT$$

$$\Delta V_0 = \frac{I_0\Delta t_{on}}{C} = \frac{V_0DT}{RC}$$

$$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{DT}{RC} \quad (2.20)$$

$$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{D}{RCf} \quad (2.21)$$

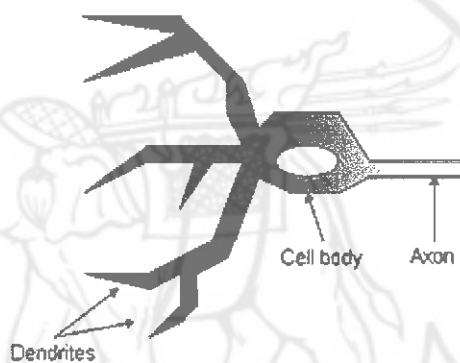
เมื่อต้องการจะลดอัตราระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก จะทำได้โดยการลดค่า D ให้เข้าใกล้ศูนย์หรือการเพิ่มค่าโหลด หรือเพิ่มค่าของตัวเก็บประจุหรือเพิ่มค่าความถี่ในการสวิตซ์ให้สูงขึ้น

### 2.3 วงจรโครงข่ายประสาทเทียม[3]

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) หรือที่มักจะเรียกสั้น ๆ ว่า ข่ายงานประสาท (Neural Network หรือ Neural Net) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้ การจดจำแบบรูป (Pattern Recognition) และการอุปมาความรู้ (Knowledge Deduction) เช่นเดียวกับ

ความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ “นิวรอน” และ จุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรต์" (Dendrite) ซึ่งเป็น อินพุต และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือนเอาต์พุตของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอนของมัน

ตามโมเดลนี้ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน

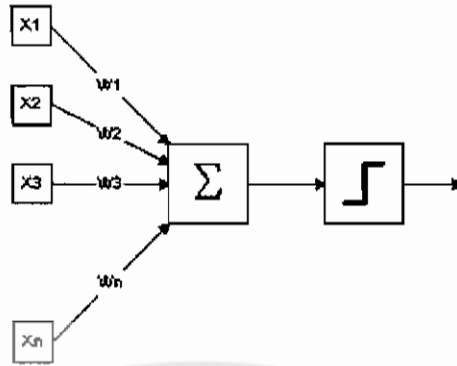


รูปที่ 2.10 รูปแบบของนิวรอนในสมองมนุษย์

### 2.3.1 โครงสร้าง

นักวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันเห็นตรงกันว่าข่ายงานประสาทเทียมมีโครงสร้างแตกต่างจากข่ายงานในสมอง แต่ก็ยังเหมือนสมอง ในแง่ที่ว่าข่ายงานประสาทเทียม คือการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อย ๆ และการเชื่อมต่อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสติปัญญาของข่ายงาน เมื่อพิจารณาขนาดแล้วสมองมีขนาดใหญ่กว่าข่ายงานประสาทเทียมอย่างมาก รวมทั้งเซลล์ประสาทยังมีความซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของข่ายงาน อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นอย่างง่ายด้วยโครงข่ายประสาทนี้





รูปที่ 2.11 รูปแบบของนิวรอนในคอมพิวเตอร์

### 2.3.2 หลักการ

สำหรับในคอมพิวเตอร์นิวรอน ประกอบด้วยอินพุต และเอาต์พุตเหมือนกัน โดยจำลองให้อินพุตแต่ละอันมีค่าน้ำหนัก เป็นตัวกำหนดค่าน้ำหนักของอินพุต โดยนิวรอนแต่ละหน่วยจะมีค่าเริ่มต้นเป็นตัวกำหนดว่าค่าน้ำหนักรวมของอินพุต ต้องมากขนาดไหนจึงจะสามารถส่งเอาต์พุตไปยังนิวรอนตัวอื่นได้ เมื่อนำนิวรอนแต่ละหน่วยมาต่อกันให้ทำงานร่วมกันการทำงานนี้ในทางตรรกะแล้วก็จะเหมือนกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดในสมอง เพียงแต่ในคอมพิวเตอร์ทุกอย่างเป็นตัวเลขเท่านั้นเอง

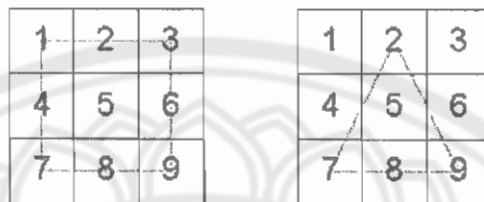
### 2.3.3 การทำงาน

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมคือเมื่อมีอินพุตเข้ามายังโครงข่ายก็เอาอินพุตมาคูณกับน้ำหนักของแต่ละขา ผลที่ได้จากอินพุตทุก ๆ ขาของนิวรอน จะเอามารวมกันแล้วก็เอามาเทียบกับ ค่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่าค่าเริ่มต้น แล้วนิวรอน ก็จะส่งเอาต์พุตออกไปเอาต์พุต นี้ก็จะถูกส่งไปยังอินพุตของนิวรอน อื่น ๆ ที่เชื่อมกันในโครงข่าย ถ้าค่าน้อยกว่าค่าเริ่มต้น ก็จะไม่เกิดเอาต์พุตเขียนออกมาได้ดังนี้

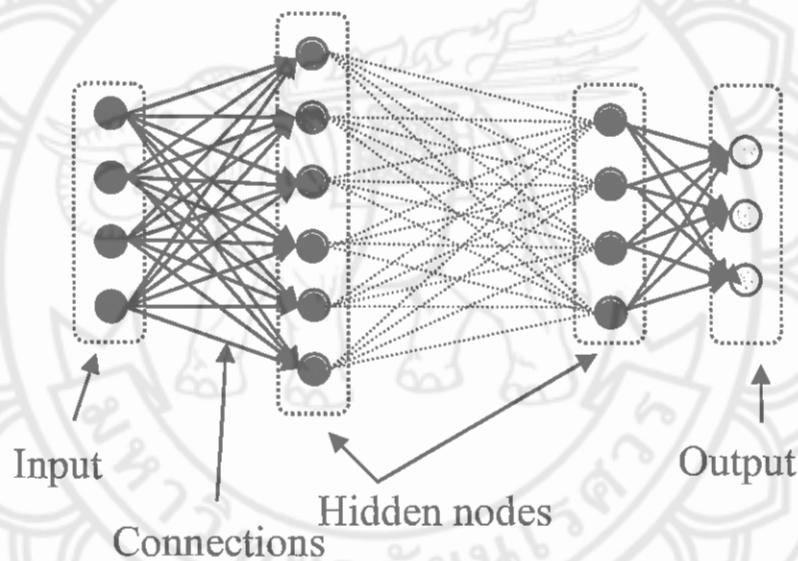
$$\text{if (sum(input * weight) > threshold) then output}$$

สิ่งสำคัญคือเราต้องทราบค่าน้ำหนัก และค่าเริ่มต้นสำหรับสิ่งที่เราต้องการเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จำ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าเหล่านั้นได้โดยการสอนให้มันรู้จักรูปแบบ ของสิ่งที่เราต้องการให้มันรู้จำ เรียกว่า "back propagation" ซึ่งเป็นกระบวนการย้อนกลับของการรู้จำ ในการฝึก feed-forward neural networks จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (เอาต์พุต) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป

อย่างเช่นจะรู้จํารูปสามเหลี่ยม กับรูปสี่เหลี่ยม เราอาจแบ่งอินพุตเป็น 9 ตัวคือเป็นตาราง 3x3 ถ้า วาดรูปสี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยมให้เต็มกรอบ 3x3 พอดี สี่เหลี่ยมจะมีส่วนของขอบอยู่ในช่อง 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 ก็สมมติให้ค่าน้ำหนักตรงช่องเหล่านี้มีค่ามาก ๆ ถ้ามีเส้นขีดผ่านก็เอามาคูณกับค่าน้ำหนักแล้ว ก็เอมารวมกัน ตั้งค่าให้พอเหมาะก็จะสามารถแยกแยะระหว่างสี่เหลี่ยมกับสามเหลี่ยมได้ ซึ่งนี่คือ หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.12 แสดงการแยกแยะระหว่างสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม



รูปที่ 2.13 โครงสร้างวงจร Neural Network

Output ของแต่ละ Node

$$y_i = f(w_i^1 x_1 + w_i^2 x_2 + w_i^3 x_3 + \dots + w_i^m x_m)$$

$$= f\left(\sum_j w_i^j x_j\right)$$

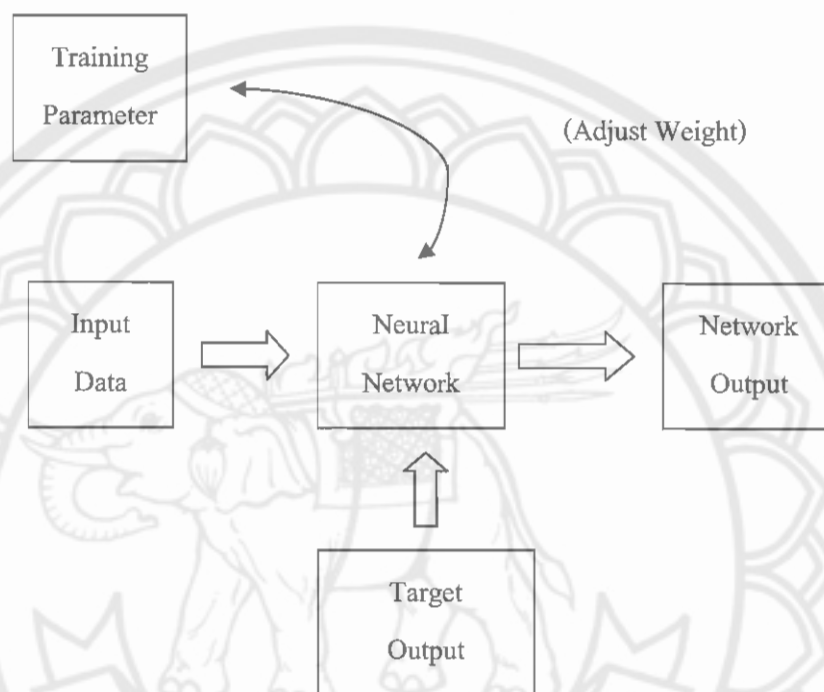
เมื่อ  $X_j$  = input จากโหนดอื่น ๆ

$W_i^j$  = ค่าน้ำหนักของแต่ละแขน

## 2.3.4 การเรียนรู้สำหรับ Neural Network

### 1. การเรียนแบบมีการสอน (Supervised Learning)

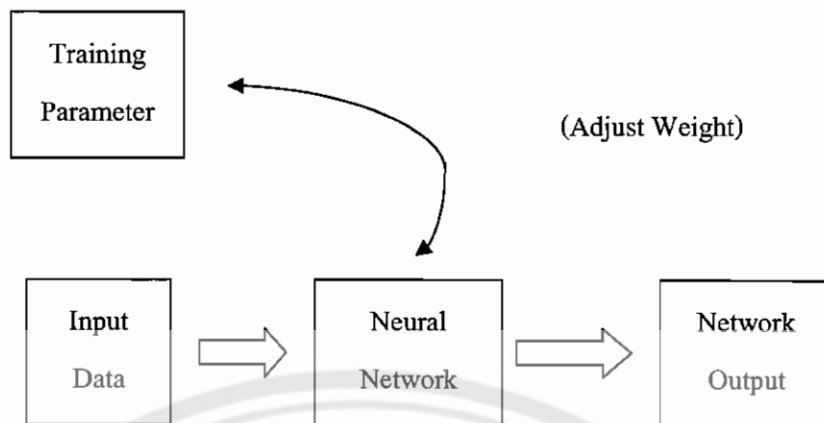
เป็นการเรียนแบบที่มีการตรวจคำตอบเพื่อให้วงจรรายปรับตัว ชุดข้อมูลที่ใช้สอนวงจรรายจะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าวงจรรายให้คำตอบที่ถูกหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูก วงจรรายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น (เปรียบเทียบกับคน เหมือนกับการสอนนักเรียน โดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำ)



รูปที่ 2.14 การเรียนรู้แบบมีการสอน

### 2. การเรียนแบบไม่มีการสอน (Unsupervised Learning)

เป็นการเรียนแบบไม่มีผู้แนะนำ ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด วงจรรายจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ วงจรรายจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้ (เปรียบเทียบกับคน เช่น การที่เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ตามลักษณะรูปร่างของมันได้เอง โดยไม่มีใครสอน)

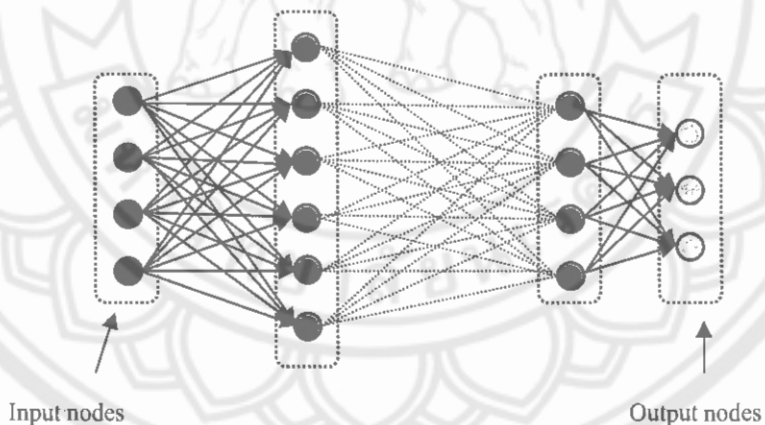


รูปที่ 2.15 การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน

### 2.3.5 Network Architecture

#### 1. Feed Forward Network

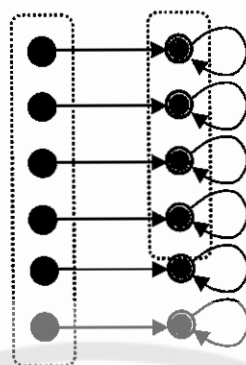
ข้อมูลที่ประมวลผลในวงจรข่ายจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวจากอินพุตโหนดส่งต่อมาเรื่อย ๆ จนถึงเอาต์พุตโหนดโดยไม่มีการย้อนกลับของข้อมูล หรือแม้แต่โหนด ในเลเยอร์ (Layer) เดียวกันก็ไม่มีการเชื่อมต่อกัน



รูปที่ 2.16 สถาปัตยกรรมของ Feed forward network

#### 2. Feedback Network

ข้อมูลที่ประมวลผลในวงจรข่าย จะมีการป้อนกลับเข้าไปยังวงจรข่ายหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งได้คำตอบออกมา (บางที่เรียกว่า Recurrent Network)



Input nodes      Output nodes

รูปที่ 2.17 สถาปัตยกรรมของ Feedback Network

### 3. Network Layer

พื้นฐานสามัญที่สำคัญของ Artificial Neural Network ประกอบไปด้วย 3 ส่วน หรือ 3 layer ได้แก่ ชั้นของยูนิตอินพุตที่ถูกเชื่อมต่อกับชั้นของ ฮิดเดนยูนิต (hidden units) ซึ่งเชื่อมต่อกับชั้นของยูนิตเอาต์พุต

- การทำงานของยูนิตอินพุตจะทำหน้าที่แทนส่วนของข้อมูลดิบที่จะถูกป้อนเข้าสู่เครือข่าย
- การทำงานของแต่ละ ฮิดเดนยูนิตจะถูกกำหนด โดยการทำงานของยูนิตอินพุตและค่าน้ำหนักบนความสัมพันธ์ระหว่างยูนิตอินพุตและ ฮิดเดนยูนิต
- พฤติกรรมการทำงานของ ยูนิตเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับการทำงานของ ฮิดเดนยูนิตและค่าน้ำหนักระหว่าง ฮิดเดนยูนิตและ ยูนิตเอาต์พุต

ประเภทของเครือข่ายนี้เป็นที่น่าสนใจ เพราะเราสามารถกำหนดการแทนค่าให้แก่ยูนิตอินพุตได้อย่างอิสระ ค่าน้ำหนักระหว่าง ยูนิตอินพุตและ ฮิดเดนยูนิตจะถูกกำหนดเมื่อ ฮิดเดนยูนิตกำลังทำงาน ฉะนั้นเวลาที่แก้ไขค่าน้ำหนัก ฮิดเดนยูนิตจะสามารถเลือกว่าอะไรคือค่าที่เราแทนเข้ามา

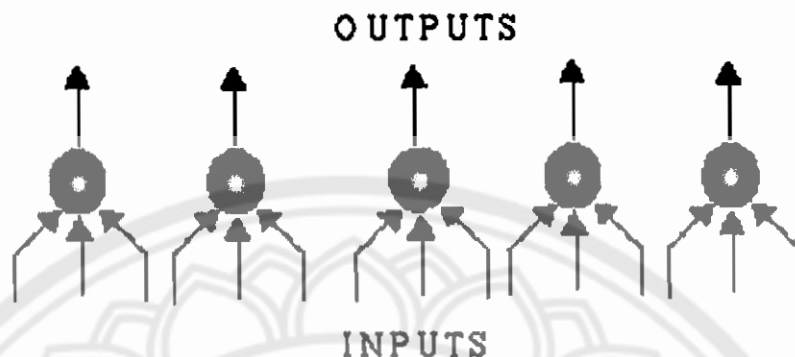
Architecture of Layer สามารถจำแนกสถาปัตยกรรมของเลเยอร์ ออกเป็น 2 ประเภทคือ Single-layer และ Multi-layer

I. เครือข่ายใยประสาทที่ประกอบด้วยชั้นเพียงชั้นเดียว (Single-layer perceptron) จำนวนอินพุตโหนด ขึ้นอยู่กับจำนวน components ของข้อมูลอินพุตและ Activation Function ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลของเอาต์พุต เช่น ถ้าเอาต์พุตที่ต้องการเป็น “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” เราจะต้องใช้ Threshold Function

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq T \\ 0 & \text{if } x < T \end{cases} \quad T = \text{Threshold level}$$

หรือ ถ้าเอาต์พุตเป็นค่าตัวเลขที่ต่อเนื่อง เราต้องใช้ฟังก์ชันต่อเนื่องเช่น Sigmoid Function

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$$



รูปที่ 2.18 Single-layer perceptron

2. เครื่องข่ายประสาทจะประกอบด้วยหลายชั้น (Multi-layer perceptron) โดยในแต่ละชั้น จะประกอบด้วย โหนดหรือเปรียบได้กับตัวเซลล์ประสาท ถ้านำหน้าของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น (เมทริก W) ค่า Bias Vector (b) และค่า Output Vector (a) โดย m เป็นตัวเลขบอกลำดับชั้น กำกับไว้ด้านบน เมื่อ p เป็น Input Vector การคำนวณค่าเอาต์พุตสำหรับเครื่องข่ายประสาทที่มี M ชั้น จะเป็นดังสมการ

$$a^{m+1} = f^{m+1}(W^{m+1} a^m + b^{m+1})$$

เมื่อ  $m = 0, 2, \dots, M-1$

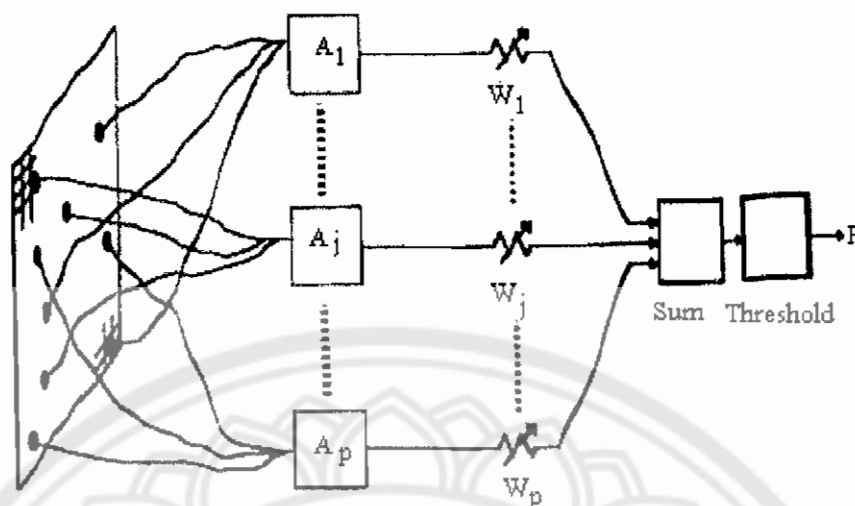
$$a^0 = p$$

$$a = a^m$$

และ f เป็น Transfer Function

#### 4. Perceptrons

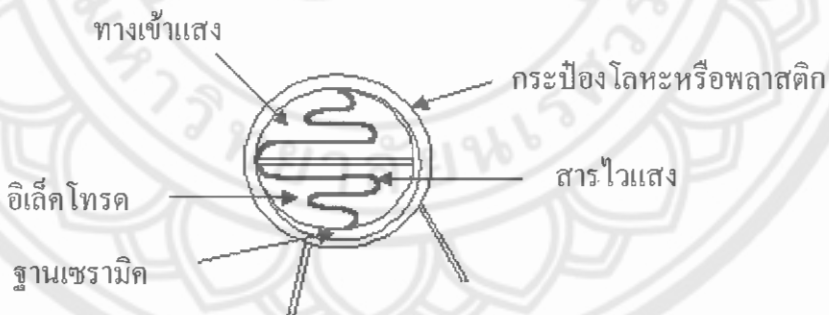
ในยุค 60s งานส่วนใหญ่ของข่ายงานได้รับการวิพากษ์วิจารณ์ในหัวข้อเรื่อง ซึ่งค้นพบโดย Frank Rosenblatt โดย Perceptron ซึ่งกลายเป็น MCP Model (Neuron with Weighted Inputs) พร้อมกับส่วนต่อเติม จากรูปในส่วน A1, A2, Aj, Ap เรียกว่า Association Units การทำงานเพื่อคัดเลือกสิ่งที่แตกต่างกันออกมาจากรูปภาพที่รับเข้าไป โดย Perceptrons สามารถตัดลอคความคิดพื้นฐานภายในของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม หลัก ๆ แล้วจะใช้ในรูปแบบ Recognition และสามารถขยายให้มีความสามารถสูงกว่านี้



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของ Perceptions

#### 2.4 ตัวต้านทานไวแสง[4]

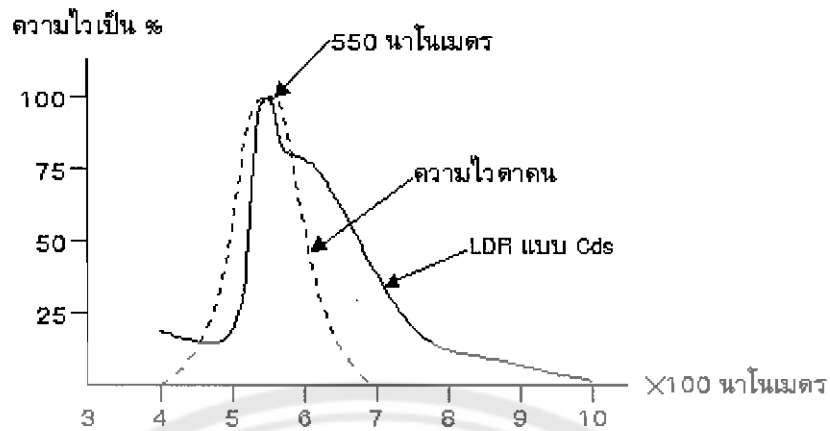
ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor) หรือเซนเซอร์แสง (LDR) ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาจากบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขาจากสารที่ฉาบเอาไว้ออกมาดัง โครงสร้างในรูป 2.19



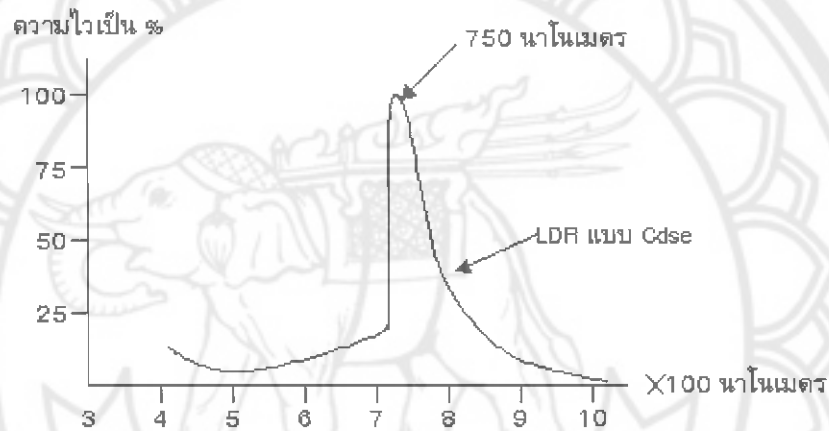
รูปที่ 2.20 โครงสร้างของเซนเซอร์แสง

##### 2.4.1 คุณสมบัติทางแสง

เซนเซอร์แสงไวต่อแสงในช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร =  $10^{-9}$  เมตร) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ เซนเซอร์แสงไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไส้ หรือหลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป)



รูปที่ 2.21 กราฟแสดงความไวของเซนเซอร์แสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน



รูปที่ 2.21 (ต่อ)

#### 2.4.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

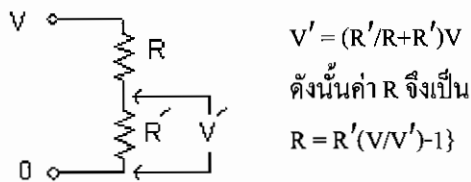
อัตราส่วนของความต้านทานเซนเซอร์แสงขณะที่ไม่มีแสงกับในขณะที่มีแสง อาจมีค่าต่างกัน 100, 1,000, 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่น ความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 MW ขึ้นไป และความต้านทานขณะที่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 kW ลงมาทนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 V และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 mW

#### 2.4.3 การวัดความต้านทานของเซนเซอร์แสง

เนื่องจากเซนเซอร์แสงทนกำลังไฟได้เพียงประมาณ 50 mW ดังนั้นถ้าเราใช้โอห์มมิเตอร์ วัดความต้านทานของเซนเซอร์แสงอาจทำความเสียหายให้กับเซนเซอร์แสงได้ เราอาจวัดความต้านทานของเซนเซอร์แสงได้โดยอ้อมดังนี้

โดยอาศัยวงจรแบ่งแรงดัน เราได้ความสัมพันธ์ระหว่าง  $V$  และ  $V'$  ดังนี้





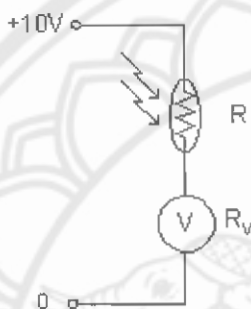
$$V' = (R' / (R + R')) V$$

ดังนั้นค่า R จึงเป็น

$$R = R' (V / V' - 1)$$

รูปที่ 2.22 วงจรแบ่งแรงดัน

เราสามารถนำหลักการนี้วัดความต้านทานของเซนเซอร์แสงได้ โดยการต่อเซนเซอร์แสงอนุกรมกับโวลต์มิเตอร์แล้วต่อกับแหล่งจ่ายไฟ ดังรูป 2.22



ความต้านทาน R จะหาได้จาก

$$R = R_v \{ (V / V') - 1 \}$$

โดยที่  $V = 10$  โวลต์

$V'$  = แรงดันที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์

$R_v$  = ความต้านทานของโวลต์มิเตอร์ซึ่งมี

ค่าเป็น  $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$

รูปที่ 2.23 ตัวอย่างวงจรแบ่งแรงดัน

ดังนั้นถ้าตั้งสเกลของโวลต์มิเตอร์ไว้ที่ 10 V ความต้านทานของโวลต์มิเตอร์จะเป็น

$$(10)(20\text{K}) = 200 \text{ kW}$$

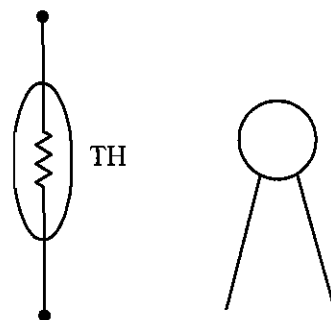
หรือ ตั้งสเกล 5 V จะได้  $R_v$  เป็น

$$(5)(20\text{K}) = 100 \text{ kW}$$

## 2.5 เทอร์มิสเตอร์[5]

### 2.5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์มาจากคำว่า Thermo + Resistor คำว่า Thermo นั้นหมายถึง ความร้อน ดังนั้นเทอร์มิสเตอร์จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ตัวต้านทานความร้อน” (Thermal Resistor) หรือเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากโลหะออกไซด์ เช่น แมงกานีส, นิกเกิล, โคบอลต์, ทองแดงและยูเรเนียม เป็นต้น โดยสารเหล่านี้จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังนั้นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจึงมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามอุณหภูมิโดยใช้ตัวย่อ “TH”

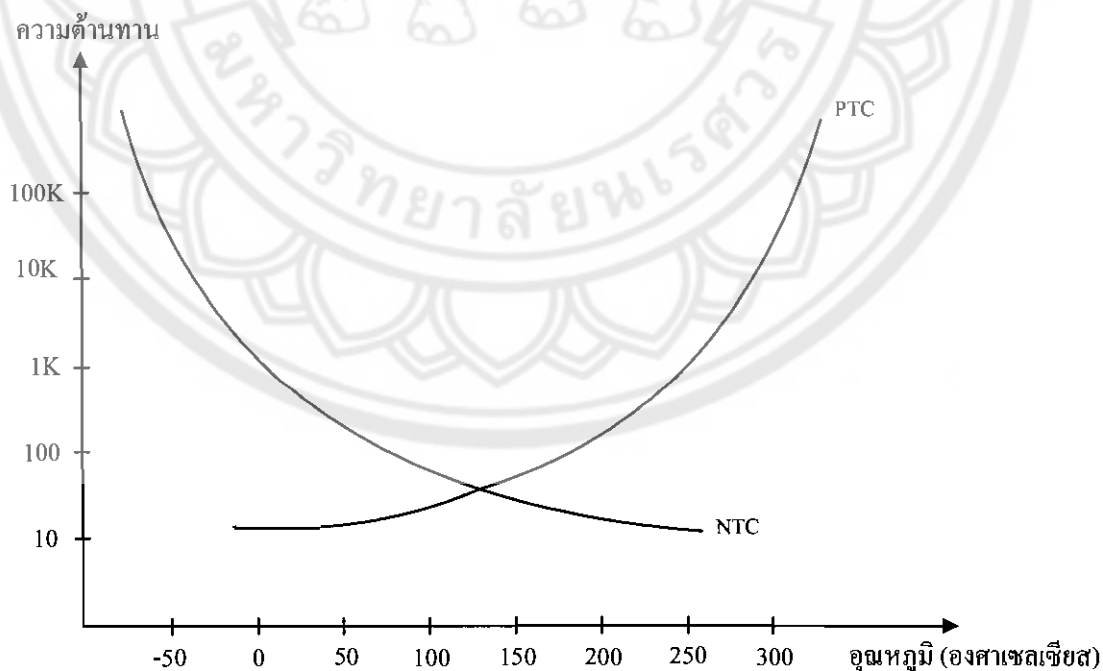


รูปที่ 2.24 สัญลักษณ์และรูปร่างของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นเม็ดลูกปัดขนาดเล็ก ๆ จนถึงขนาด 1 นิ้ว และอีกแบบจะเป็นแบบแท่งยาวประมาณ 1/4 – 2 นิ้ว ส่วนค่าความต้านทานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ นั้นจะมีค่าโดยประมาณอยู่ในช่วง

### 2.5.2 ชนิดของเซนเซอร์อุณหภูมิ

1. NTC (Negative Temperature Coefficient) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ แบบที่ค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
2. PTC (Positive Temperature Coefficient) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ แบบที่ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



รูปที่ 2.25 แสดงกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC และ PTC

## 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ [6]

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถเขียนโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อนสามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนารวมวงจรที่จำเป็นบางอย่างเข้าไปในตัวเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้งานคือ MCH51, PIC และ AVR เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC สามารถแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY ได้แบบ 3 แบบคือ

1. OTP (One Time Programmable) เป็นชิพที่สามารถทำการลงโปรแกรมได้เพียงแต่ครั้งเดียวเท่านั้น หลังจากชิพได้ถูกลงโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้นชิพประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ ในโปรแกรมแล้วจะมีตัวอักษร C แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น 16C84 และ 16C74 เป็นต้น

2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) เป็นชิพที่สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วโปรแกรมใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิมโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตส่องผ่านเข้าไปยังชิพประมาณ 5 – 10 นาที ดังนั้นที่ด้านบนของชิพจะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสงอัลตราไวโอเล็ตสามารถส่องผ่านเข้าไปในตัวชิพได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรมเมื่อลบโปรแกรมด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตมาก ๆ จะเกิดอาการด้านทำให้ไม่สามารถโปรแกรมได้อีก จะมีตัวอักษร JW แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือมีกรอบกระจกอยู่บนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

3. EEPROM / Flash (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) เป็นชิพที่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที สามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง มีอักษร F แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น 16F84 และ 16F877 เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้ได้จุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด ตามคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 ผ่านเซนเซอร์แสงและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นตัวประมวลผล ให้กับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ วิธีการดำเนินงาน มี 5 ส่วนหลัก คือ ศึกษาข้อมูล ออกแบบและทำชิ้นงาน เก็บข้อมูลแผงโซลาร์เซลล์และเขียนโปรแกรมโครงข่ายประเทียม ทดสอบและผลการทดสอบ และรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเข้ารูปเล่มรายงาน

3.1 ศึกษาข้อมูล

ศึกษาพฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์ว่าอุณหภูมิและความเข้มแสงมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้จะแปรผันไปตามสภาพแวดล้อม ดังนั้นการนำไปใช้งานจริงจะไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ เพราะฉะนั้นกลุ่มผู้จัดทำโครงการจึงได้นำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้

กลุ่มผู้จัดทำโครงการ จึงได้ทำการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ที่วิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่เวลา 10.10 น. -12.00 น. ใช้เซนเซอร์แสง และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดค่าในหน่วยโวลต์ และใช้ความต้านทานปรับค่าได้ต่อกับแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด

กลุ่มผู้จัดทำโครงการจึงได้ออกแบบวงจบบัสคอนเวอร์เตอร์เพื่อใช้ร่วมกับงานกับโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 เป็นตัวควบคุมวงจบบัสคอนเวอร์เตอร์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีหลักการทำงานของ การควบคุมโดยสรุปดังนี้

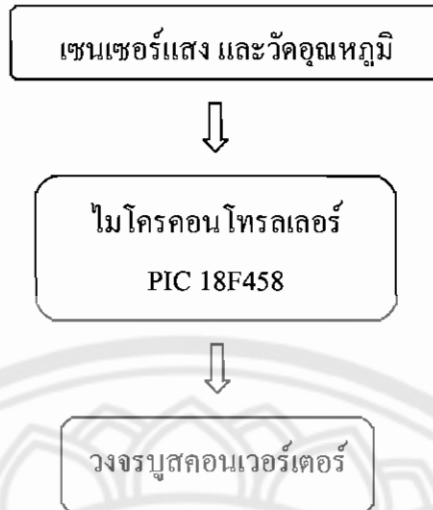
เมื่อเซนเซอร์แสงและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ รับข้อมูลในรูปสัญญาณอนาล็อกและทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 ต่อจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 จะประมวลผล สั่งควบคุมตัวดีไอซีเคิล (Duty Cycle) ให้กับวงจบบัสคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้วงจบบัสคอนเวอร์เตอร์ทำงาน สามารถศึกษาวิธีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้จาก ภาคผนวก ก

1432523X

ป.ร.

๒๕๕๔

๒๕๕๐



รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมและวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

### 3.2 การออกแบบชิ้นงานและการสร้างชิ้นงาน

ในการออกแบบและสร้างระบบการควบคุมวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ ด้วยคอนโทรลเลอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 ผ่านเซนเซอร์แสง และวัดอุณหภูมิ ได้มีการออกแบบและสร้างชิ้นงานทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software)

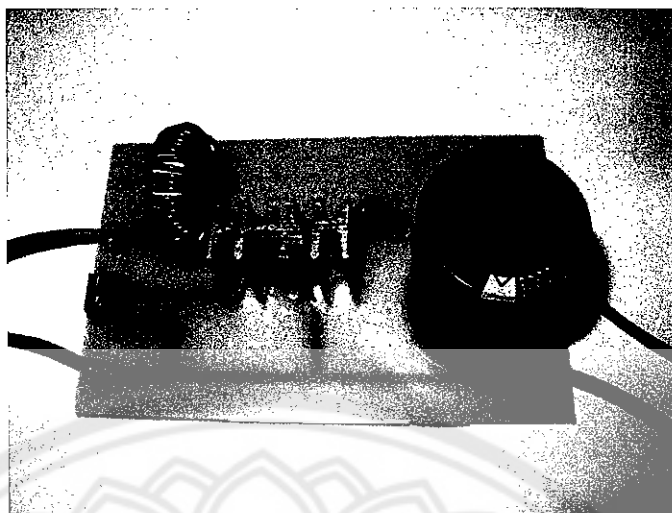
#### 3.2.1 การออกแบบสร้างชิ้นงานในส่วนฮาร์ดแวร์

ในส่วนฮาร์ดแวร์ กลุ่มผู้จัดทำได้ใช้วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรทบทแรงดันไฟฟ้า ใช้มอสเฟตเป็นตัวสวิตช์ซึ่ง เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ออก PIC 18F458 ได้สูงสุด 5 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรลดแรงดันโดยใช้ไอซี IR 2110 เพื่อให้มอสเฟตทำงานได้ และด้วยคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เกิน 5 โวลต์ จึงต้องทำการลดแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วงจรคิฟเฟอเรนเชียล (Differential Amplifier)

มีขั้นตอนการทำดังนี้

ออกแบบวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ดังรูปที่ 3.2 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำ  $L = 128 \text{ mH}$
- กำหนดให้ตัวเก็บประจุ  $C = 470 \text{ }\mu\text{F}$
- ไอซีมอสเฟต MTP70N06
- ไอโอด MR 821
- ความต้านทานโหลด  $10 \text{ }\Omega$  10 W



รูปที่ 3.2 วงจรบูสคอนเวอร์เตอร์

ออกแบบวงจรจุดชนวนมอสเฟต ดังรูปที่ 3.3 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- ไอซี IR 2110
- ตัวเก็บประจุ  $C = 0.1 \mu\text{F}$  จำนวน 2 ตัว
- ความต้านทาน ( $R$ ) =  $33 \Omega$



รูปที่ 3.3 วงจรจุดชนวนมอสเฟต

ออกแบบวงจรดีฟเฟอเรนเชียล ดังรูปที่ 3.4 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- ไอซี LF351N
- ความต้านทาน =  $5 \text{ k}\Omega$  จำนวน 2 ตัว
- ความต้านทาน =  $1 \text{ k}\Omega$  จำนวน 2 ตัว



รูปที่ 3.4 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล

แบ่งแรงดันเซนเซอร์แสงดังรูปที่ 3.5 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

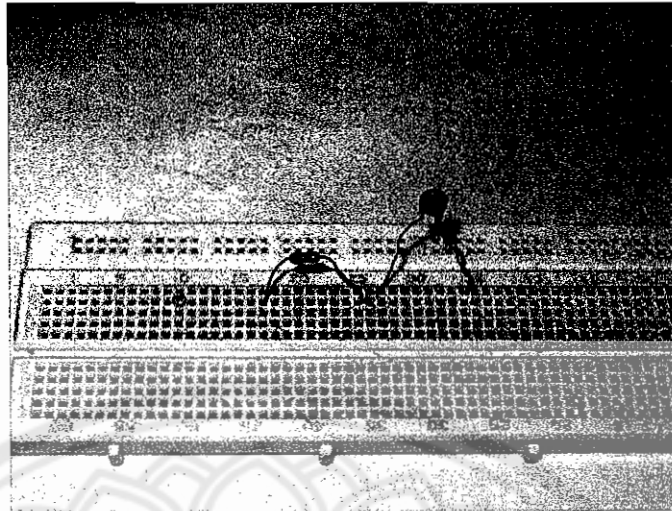
- ความต้านทาน =  $500 \Omega$  จำนวน 2 ตัว
- ความต้านทาน =  $100 \Omega$  จำนวน 1 ตัว



รูปที่ 3.5 วงจรเซนเซอร์แสง

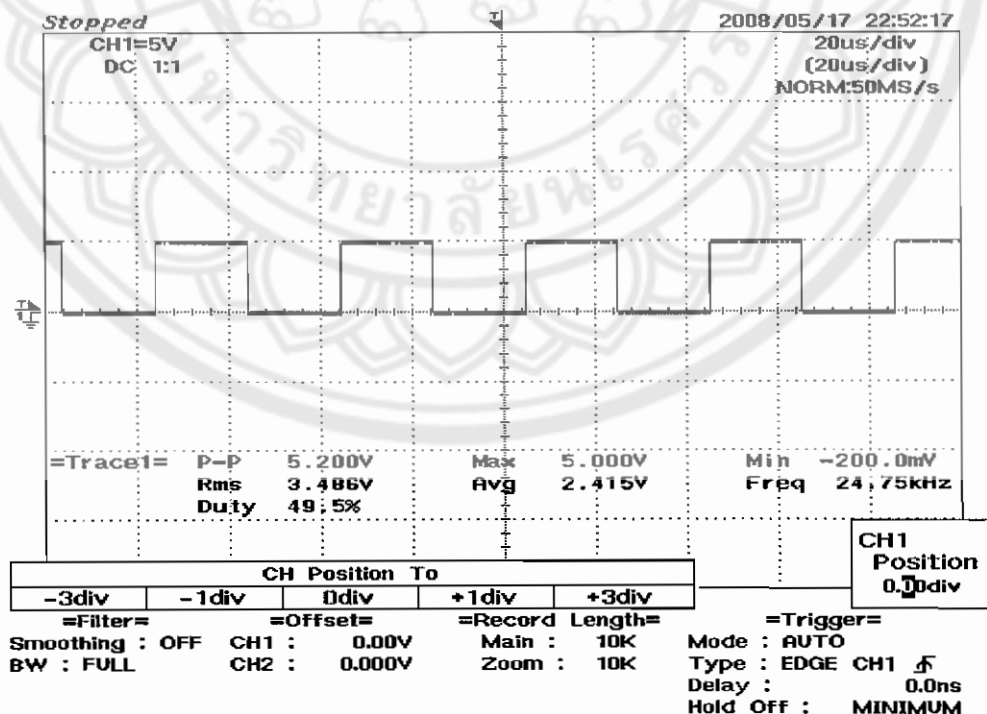
แบ่งแรงดันเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.6 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- ความต้านทาน =  $500 \Omega$  จำนวน 1 ตัว



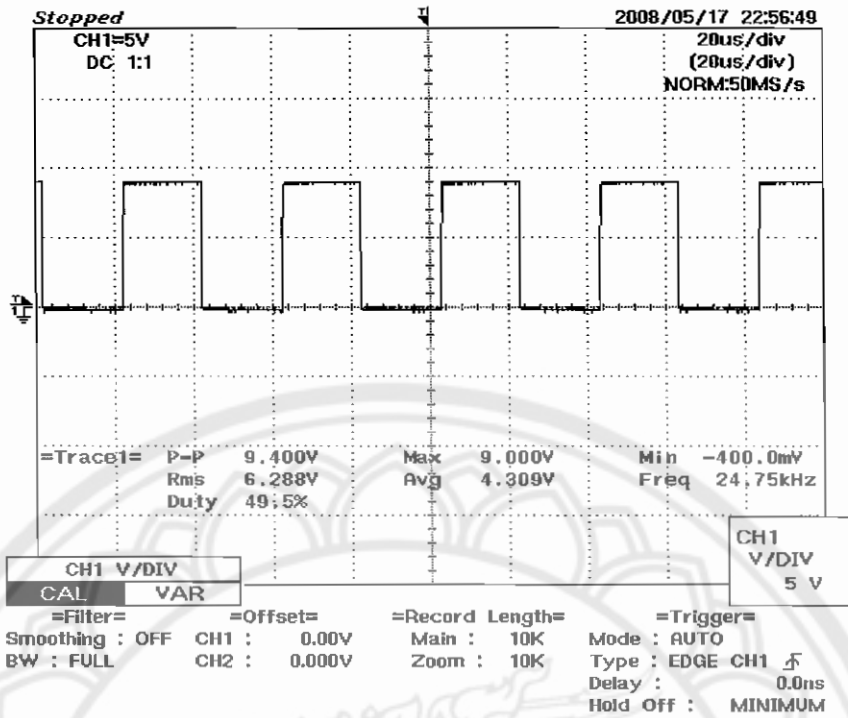
รูปที่ 3.6 วงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ทำการทดสอบวงจรบรูคคอนเวอร์ ที่คิวตี้ไซเคิล 50% ใช้ความถี่ 25 kHz ดังรูปที่ 3.7 ผ่านไอซี IR 2110 เพื่อทำการขยายแรงดันไฟฟ้าจะได้สัญญาณพัลส์ ดังรูปที่ 3.8 เพื่อนำไปจุดชนวนมอสเฟตของ วงจรบรูคคอนเวอร์เตอร์ จากนั้นป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1 V เข้าแรงดันอินพุตดังรูปที่ 3.9 ของ วงจรบรูคคอนเวอร์เตอร์ จากการทดสอบวงจรวัดค่าแรงดันเอาต์พุตได้ 1.8 V ดังรูปที่ 3.10 จากทฤษฎี ที่คิวตี้ไซเคิล 50% จะได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟฟ้าอินพุต นั่นคือ 2 V วงจรมี ความคลาดเคลื่อน 10 เปอร์เซ็นต์

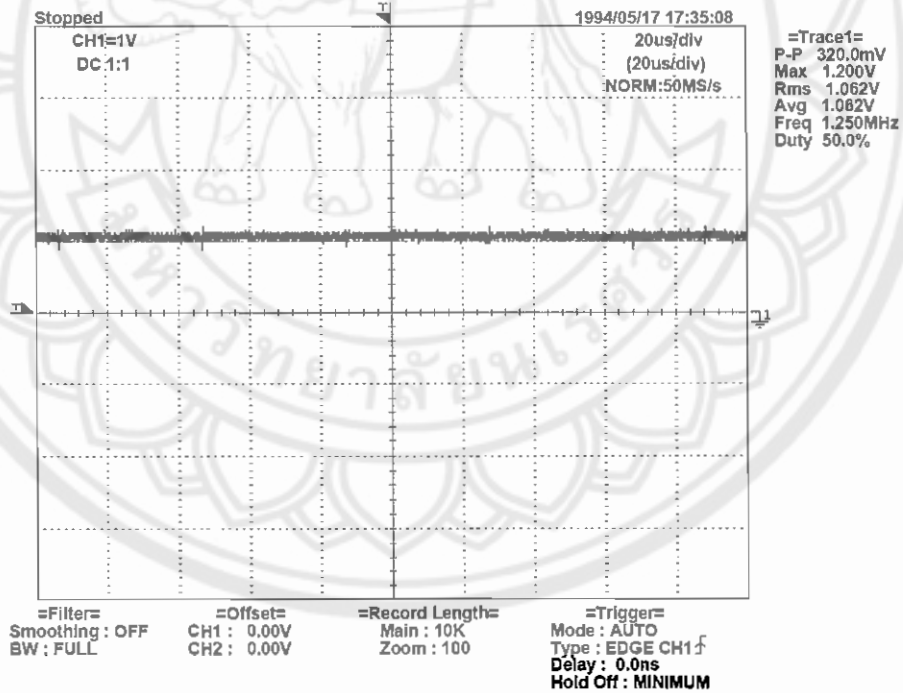


รูปที่ 3.7 สัญญาพัลส์ 5 V คิวตี้ไซเคิล 50% ความถี่ 25 kHz

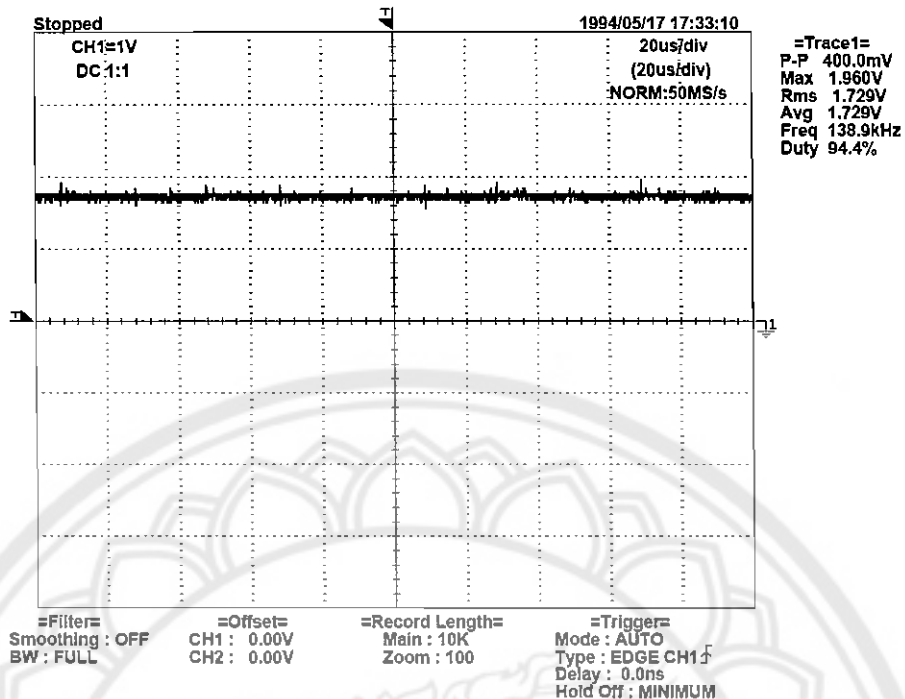




รูปที่ 3.8 สัญญาณพัลส์ที่ได้หลังจากผ่านไอซี IR2110

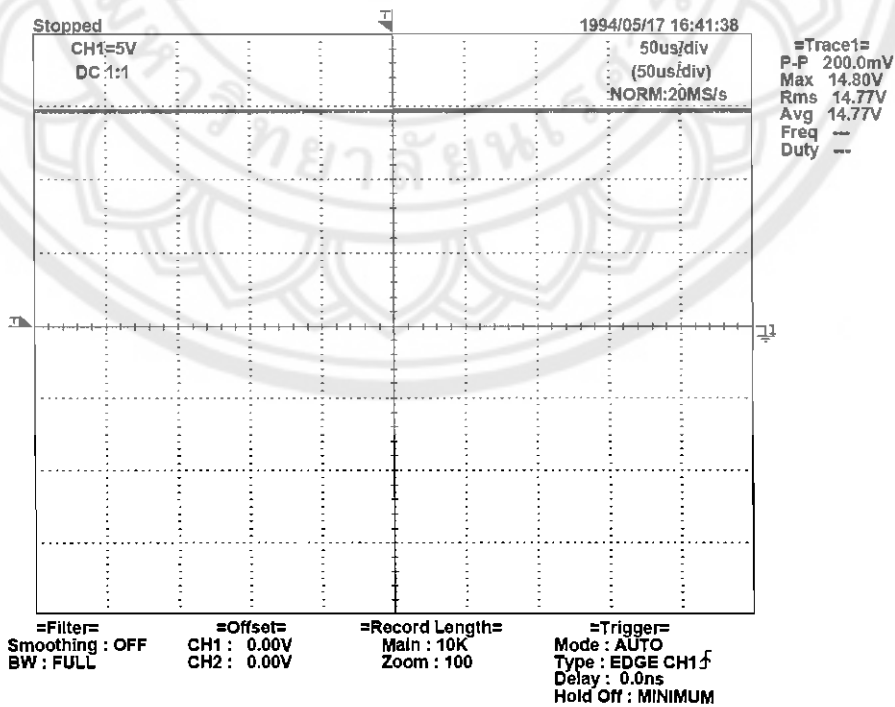


รูปที่ 3.9 ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับวงจรมอสคอนเวอร์เตอร์ 1 V

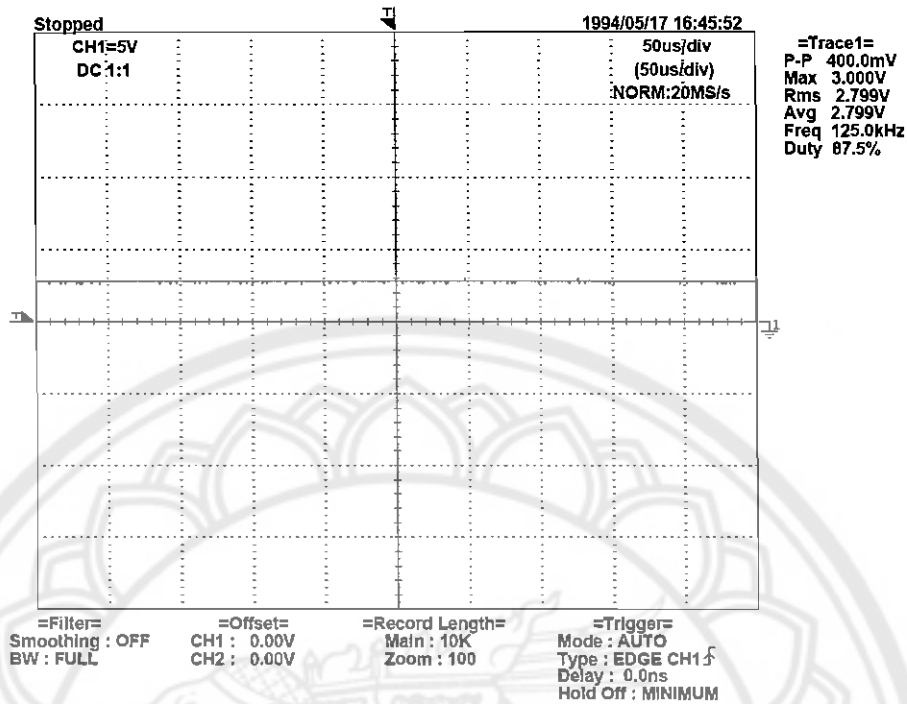


รูปที่ 3.10 แรงดันเอาต์พุตจากวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ ได้ 1.8 V

ทำการทดสอบวงจรดิฟเฟอเรนเชียล แรงดันไฟฟ้าที่ได้ลดลง 5 เท่าหรือไม่ โดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 V ดังรูปที่ 3.11 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ที่ได้ 2.98 V ดังรูปที่ 3.11 เพราะฉะนั้น สามารถนำวงจรนี้ไปใช้งานได้



รูปที่ 3.11 ป้อนแรงดันอินพุตไฟฟ้ากระแสตรง 15 V เข้าวงจรดิฟเฟอเรนเชียล



รูปที่ 3.12 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจากวงจรดิฟเฟอเรนเชียล 2.98 V

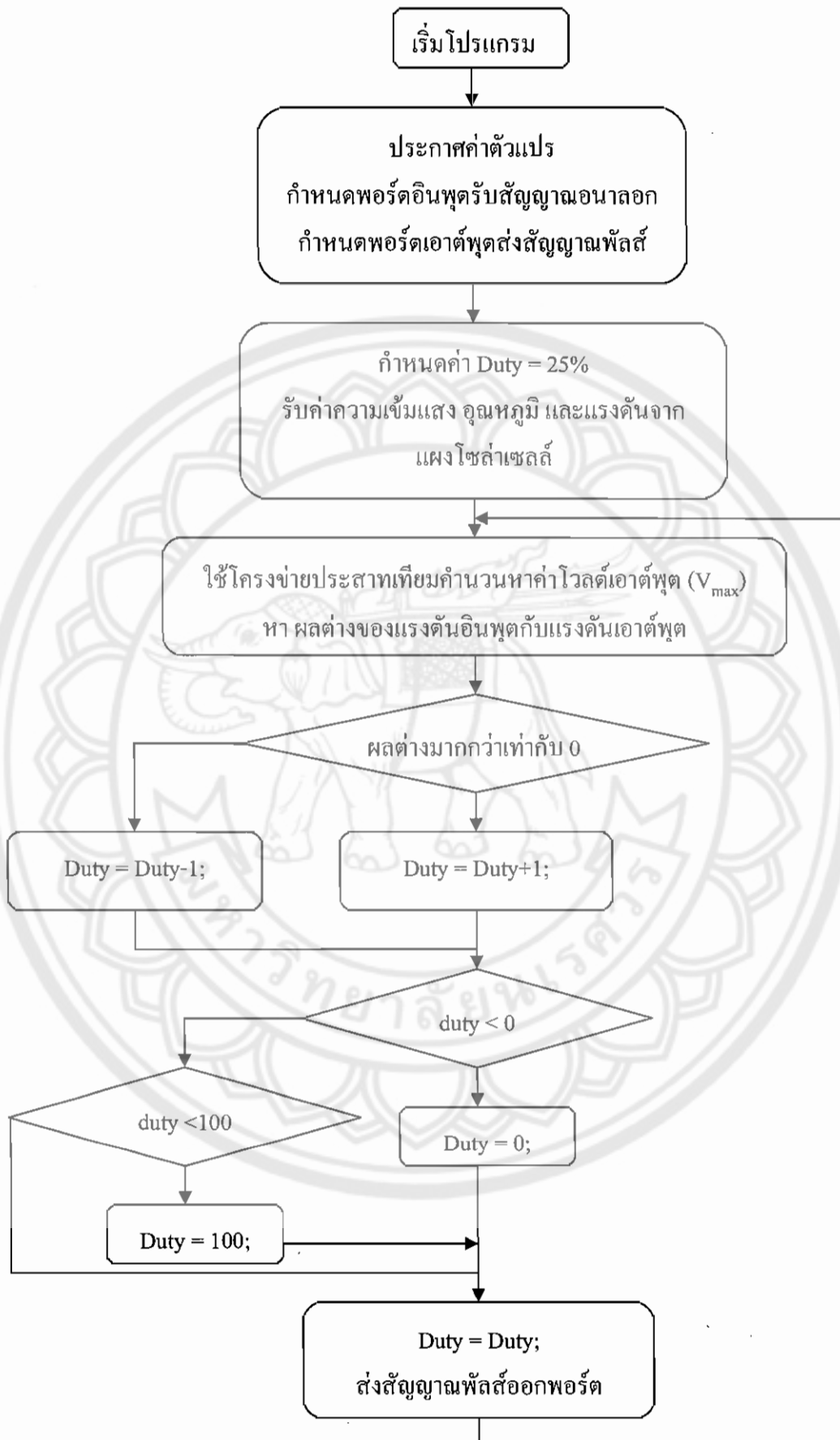
### 3.2.2 การออกแบบโปรแกรมในส่วนของซอฟต์แวร์

จากการศึกษาการ โครงข่ายประสาทเทียม กลุ่มผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผง โดยการปรับค่าความต้านทาน เพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในโครงข่ายประสาทเทียม กลุ่มผู้จัดทำได้ กำหนดให้มีจำนวนเลเยอร์ 3 เลเยอร์ ใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณหาค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าไบแอส (Bias) กำหนดค่าเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นค่าแรงดันที่ทำให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

การทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 จะถูกสั่งการด้วยโปรแกรม PIC C Compiler ตามแผนผังการทำงาน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.13 ซึ่งเริ่ม โปรแกรมด้วยการกำหนดตัวแปรและค่าเริ่มต้น กำหนดพอร์ตอินพุตสัญญาณอนาล็อกและพอร์ตเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ จากนั้นรับค่าความเข้มแสงและอุณหภูมิ และค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณหาแรงดันเอาต์พุต ( $V_{max}$ ) ทำการผลต่างระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์กับค่าที่คำนวณ

ถ้าผลต่างมีค่ามากกว่าเท่ากับ 0 ถ้าใช่กำหนดให้ ดิวตี้ไซเคิลลดค่าดิวตี้ไซเคิล ถ้าไม่ใช่ให้เพิ่มค่าดิวตี้ไซเคิลทำการตรวจสอบค่าดิวตี้ไซเคิล

ถ้าค่าดิวตี้ไซเคิล มีค่าน้อยกว่า 0% ให้กำหนดให้ค่าดิวตี้ไซเคิล เท่ากับ 0% และถ้าค่าดิวตี้ไซเคิล มีค่าเกิน 100% ให้กำหนดให้ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 100% นอกจากนี้กำหนดให้ค่าดิวตี้ไซเคิล มีค่าเท่าเดิม และทำส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมวงจรมอเตอร์



รูปที่ 3.13 แผนผังลำดับการทำงานของอุปกรณ์วัดความเข้มแสงกับอุณหภูมิ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.3 การเก็บข้อมูลแผงโซลาร์เซลล์และเขียนโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม

ทำการเก็บข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ตั้งแต่เวลา 10.10 น.-12.00 น. โดยการปรับค่าความต้านทานและบันทึกค่า วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ดังแสดงไว้ในบทที่ 4 จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆในโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้โปรแกรม MATLAB

### 3.4 ทดสอบและผลการทดสอบ

กลุ่มผู้จัดทำได้ทำการทดสอบ 2 สถานที่ คือ ห้องทดลอง และวิทยาลัยพลังงานทดแทน โดยในการทดสอบที่ห้องทดลอง ได้ป้อนแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และให้แสดงผ่านพอร์ตอนุกรม RS 232 ผ่านโปรแกรม HyperTerminal บันทึกค่า จากนั้นได้นำอุปกรณ์ไปทดสอบที่วิทยาลัยพลังงาน ทำการบันทึกค่า นำข้อมูลทั้ง 2 ชุดมาวิเคราะห์ และสรุปผล

### 3.5 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดเข้ารูปเล่มพร้อมรายงาน

ในหัวข้อนี้เป็นการนำข้อมูลทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วย ทฤษฎีและหลักการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงาน การออกแบบและสร้างชิ้นงาน การทดสอบและผลการทดสอบ

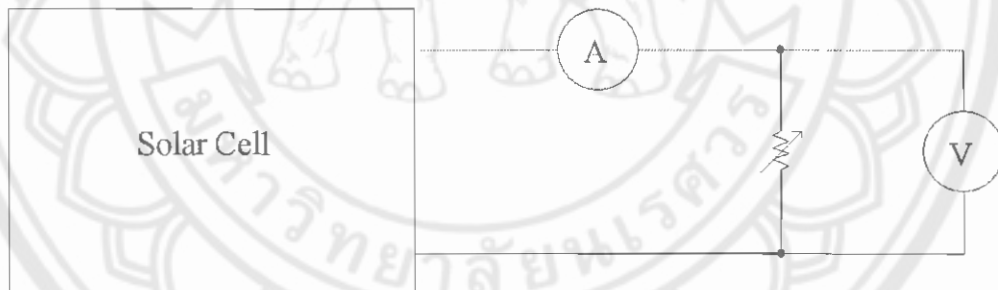
## บทที่ 4

### การเก็บข้อมูล การทดสอบและผลการทดสอบ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการเก็บข้อมูล การทดสอบ และผลการทดสอบการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในการทดสอบการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ได้มีการทดสอบทั้งในห้องทดลองและวิทยาลัยพลังงานทดแทน ผลการทดลองที่ได้มีดังต่อไปนี้

#### 4.1 การเก็บข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

กลุ่มผู้จัดทำ ได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 10.10 น.-12.00 น. ดังแสดงไว้ในตารางบันทึกค่า โดยทำการปรับค่าความต้านทาน เพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 จากนั้นนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสเทียบกับแรงดัน และกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันดังรูปที่ 4.2-4.25 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเขียนโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม ศึกษาการทำงานของโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมได้ในภาคผนวก ก ตารางบันทึกค่าแบ่งเป็นช่วงเวลาดังนี้

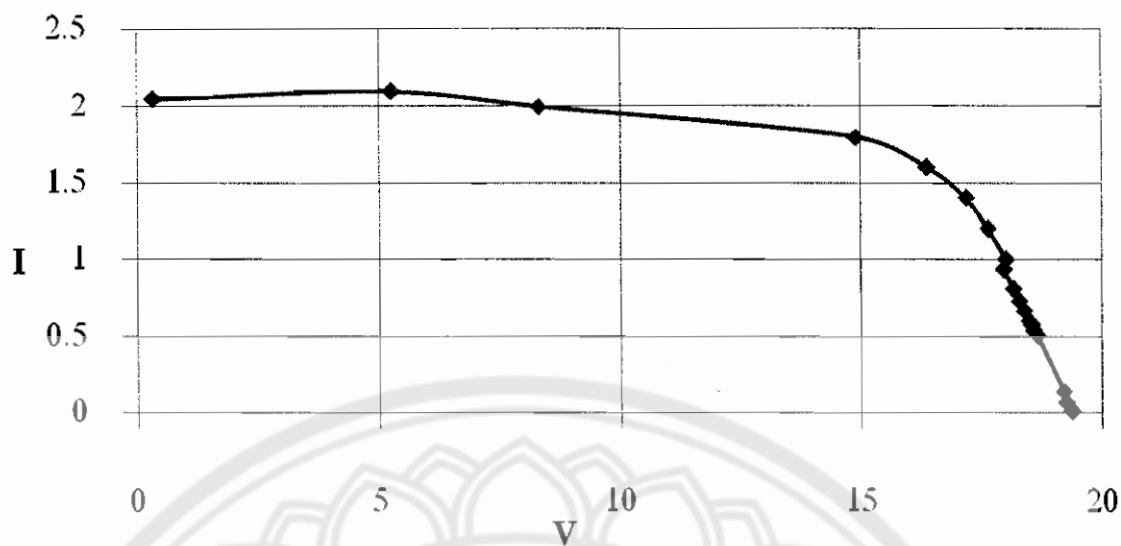


รูปที่ 4.1 การเก็บข้อมูลพฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์

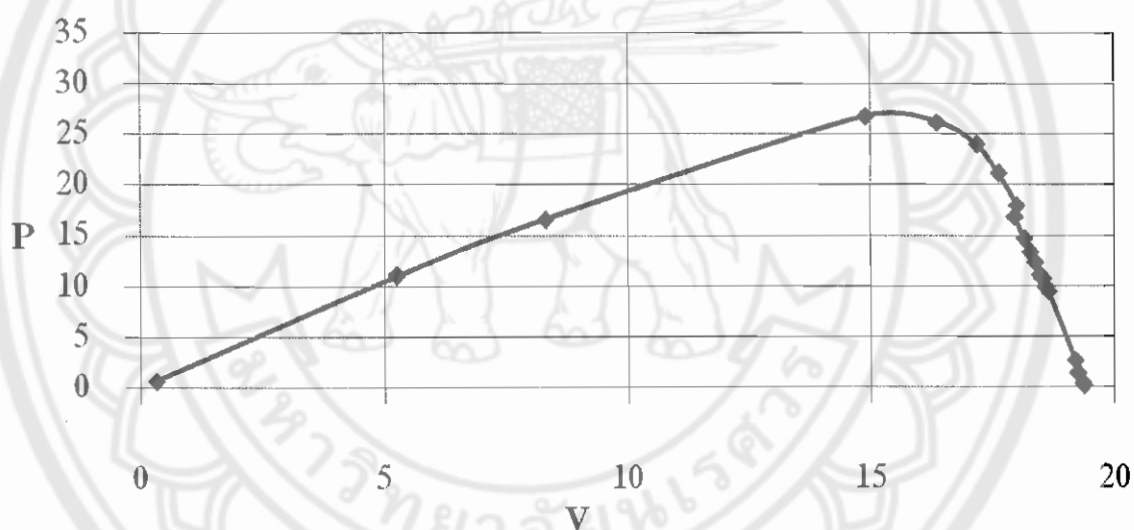
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 10.10 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.10 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.33	2.05	0.6765
2.4	5.27	2.1	11.1
5	8.32	2	16.64
7.7	14.9	1.8	26.82
10.8	16.37	1.6	26.192
13.1	17.18	1.4	24.052
16	17.63	1.2	21.156
18.3	18.01	1	18.01
20.8	17.97	0.94	16.8918
22.7	18.15	0.81	14.702
25.3	18.28	0.73	13.3444
27.7	18.38	0.67	12.315
30.6	18.48	0.6	11.088
32.5	18.54	0.58	10.7532
34.4	18.59	0.54	10.039
36.1	18.65	0.51	9.512
720	19.2	0.14	2.688
1128	19.26	0.07	1.348
1440	19.35	0.02	0.387
1800	19.37	0.01	0.194



รูปที่ 4.2 กราฟกระแสไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้า เวลา 10.10 น.



รูปที่ 4.3 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.10 น.

ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 10.10 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 10.10 น.

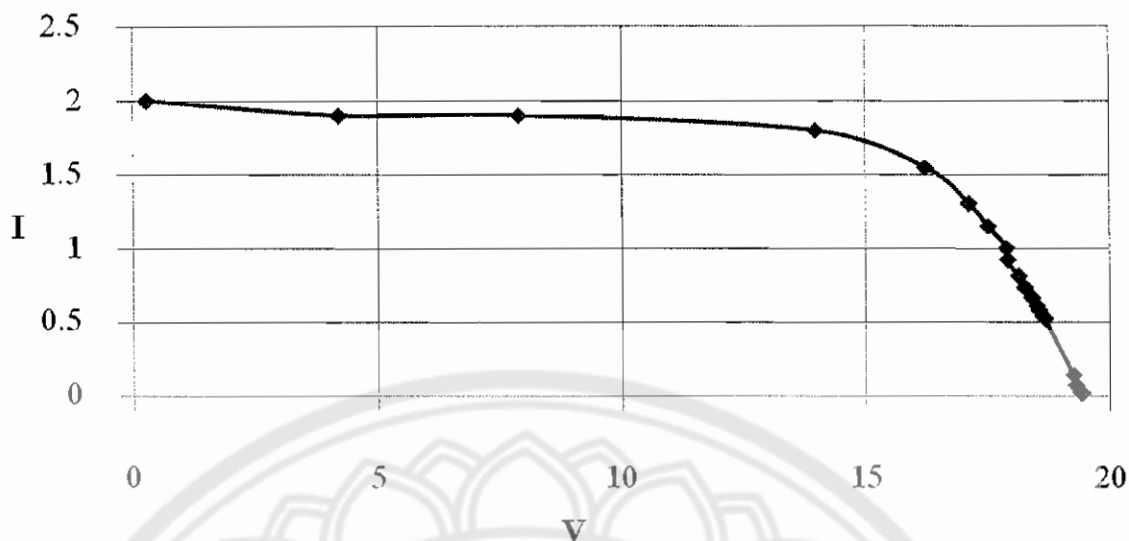
จากตารางที่ 4.1 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3



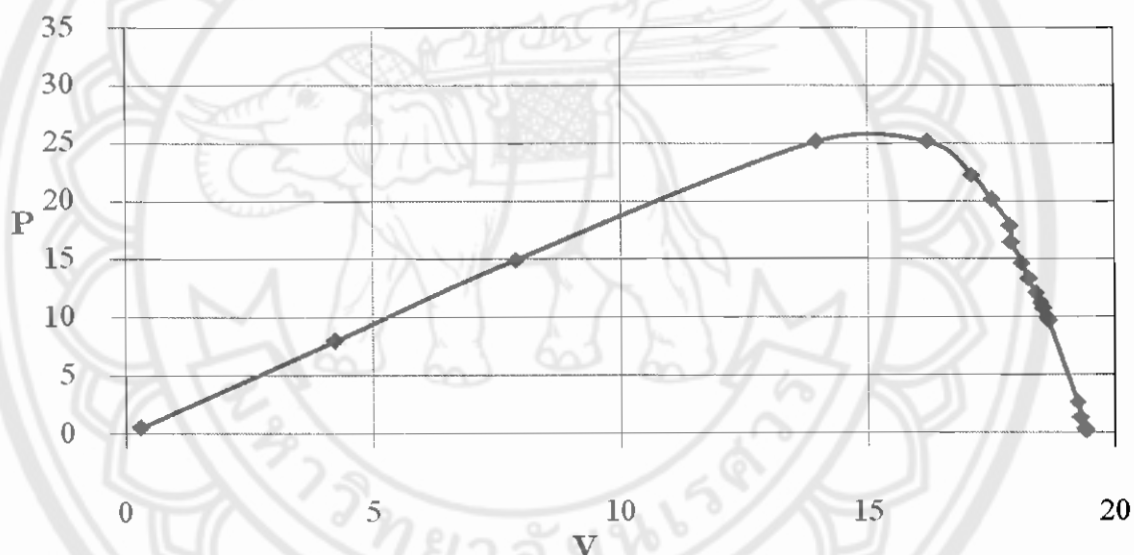
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 10.20 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.20 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.287	2	0.574
2.4	4.22	1.9	8.02
5	7.89	1.9	14.991
7.7	13.97	1.8	25.146
10.8	16.22	1.55	25.141
13.1	17.12	1.3	22.256
16	17.51	1.15	20.1365
18.3	17.89	1	17.89
20.8	17.91	0.92	16.4772
22.7	18.13	0.81	14.685
25.3	18.27	0.73	13.3371
27.7	18.41	0.66	12.51
30.6	18.5	0.61	11.285
32.5	18.57	0.58	10.7706
34.4	18.63	0.54	10.06
36.1	18.68	0.52	9.714
720	19.25	0.14	2.695
1128	19.31	0.07	1.3517
1440	19.41	0.02	0.3882
1800	19.43	0.01	0.1943



รูปที่ 4.4 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.20 น.



รูปที่ 4.5 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.20 น.

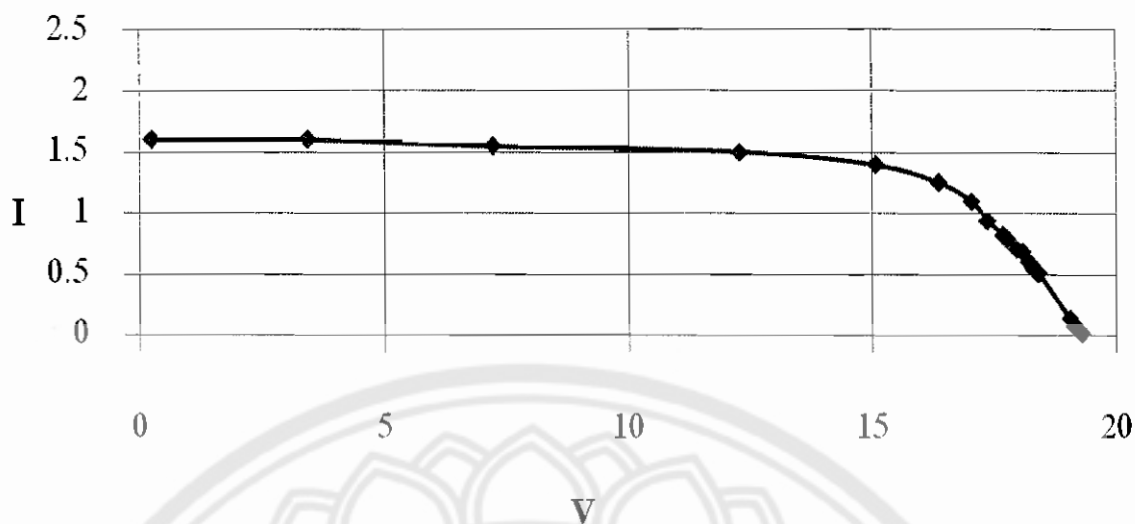
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์เวลา 10.20 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 10.20 น.

จากตารางที่ 4.2 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.5

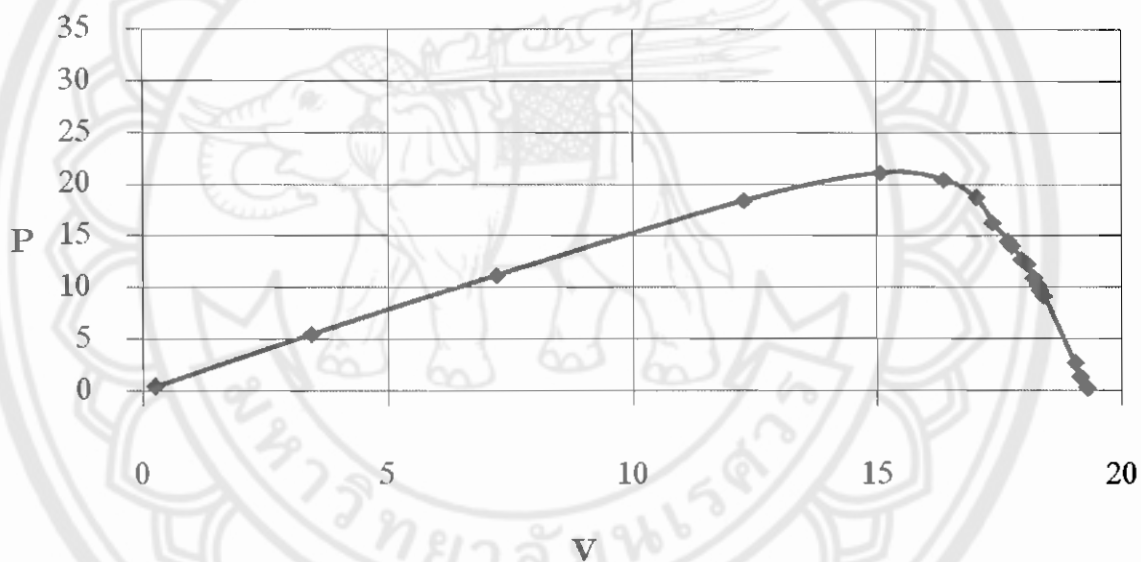
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 10.30 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผง โซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.30 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.257	1.6	0.4112
2.4	3.448	1.6	5.517
5	7.22	1.55	11.19
7.7	12.29	1.5	18.435
10.8	15.07	1.4	21.098
13.1	16.37	1.25	20.463
16	17.03	1.1	18.733
18.3	17.37	0.94	16.3278
20.8	17.69	0.82	14.506
22.7	17.77	0.79	14.0383
25.3	17.97	0.71	12.759
27.7	18.08	0.68	12.294
30.6	18.21	0.6	10.926
32.5	18.29	0.56	10.242
34.4	18.34	0.53	9.7202
36.1	18.42	0.5	9.21
720	19.05	0.14	2.667
1128	19.16	0.07	1.3412
1440	19.28	0.02	0.386
1800	19.3	0.01	0.193



รูปที่ 4.6 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.30 น.



รูปที่ 4.7 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.30 น

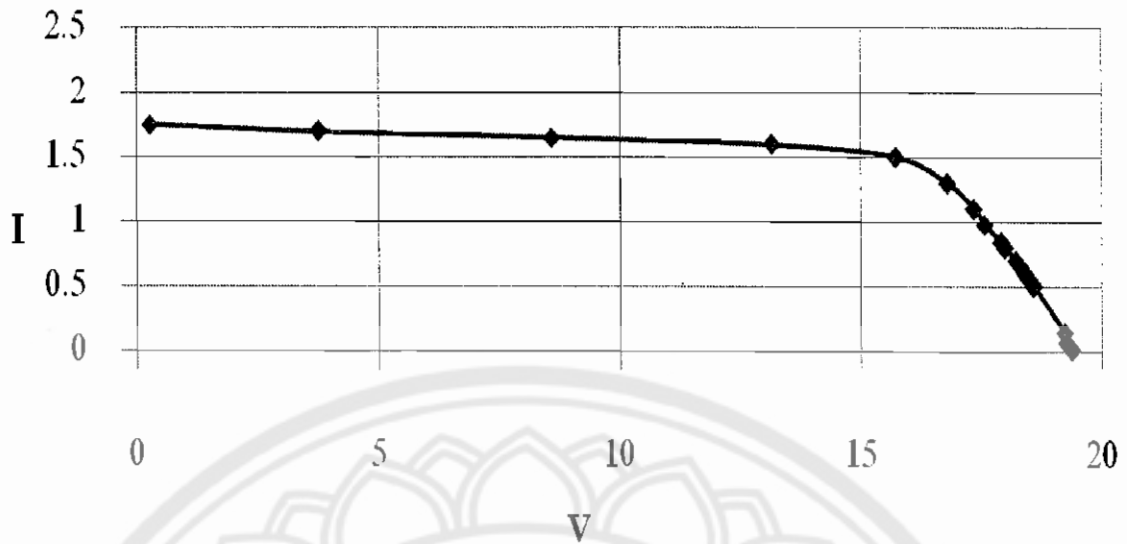
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.6 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 10.30 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 10.30 น.

จากตารางที่ 4.3 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7

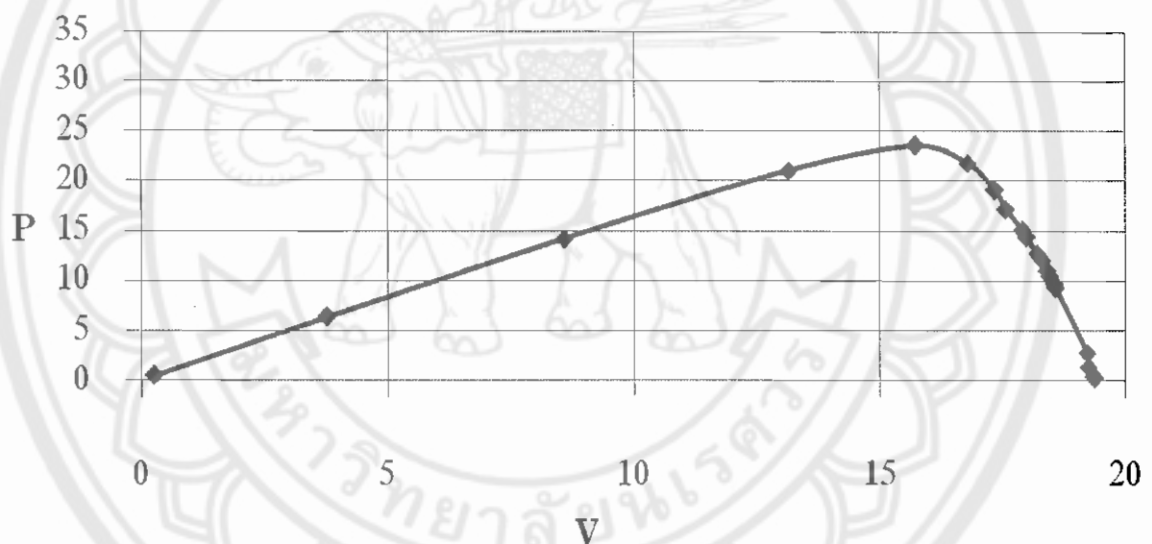
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 10.40 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.40 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.271	1.75	0.47425
2.4	3.774	1.7	6.416
5	8.59	1.65	14.174
7.7	13.15	1.6	21.04
10.8	15.72	1.5	23.58
13.1	16.79	1.3	21.83
16	17.35	1.1	19.09
18.3	17.57	0.98	17.22
20.8	17.92	0.84	15.05
22.7	17.99	0.8	14.39
25.3	18.2	0.7	12.74
27.7	18.3	0.66	12.078
30.6	18.41	0.6	11.046
32.5	18.47	0.57	10.5279
34.4	18.56	0.52	9.6512
36.1	18.59	0.5	9.295
720	19.22	0.145	2.7869
1128	19.25	0.07	1.3475
1440	19.36	0.02	0.387
1800	19.37	0.01	0.1937



รูปที่ 4.8 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.40 น.



รูปที่ 4.9 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.40 น.

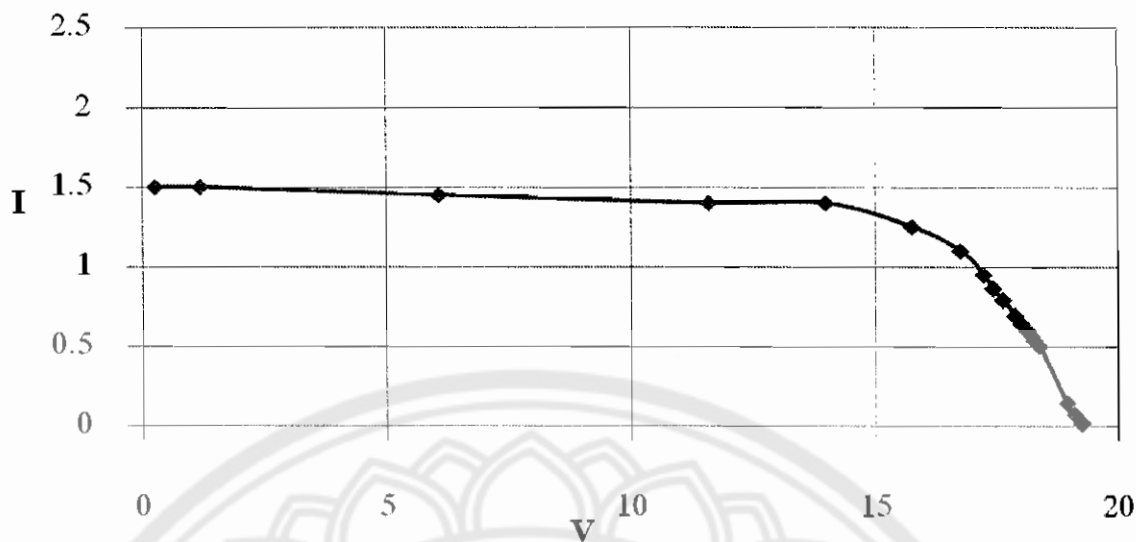
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.8 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 10.40 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 10.40 น.

จากตารางที่ 4.4 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.9

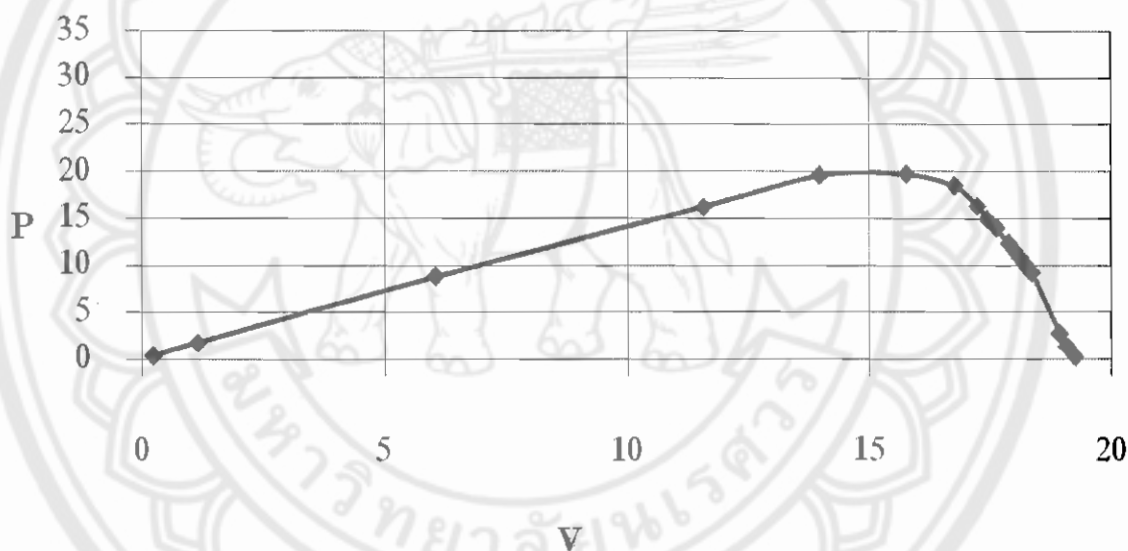
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 10.50 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 10.50 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.236	1.5	0.345
2.4	1.159	1.5	1.739
5	6.06	1.45	8.79
7.7	11.58	1.4	16.212
10.8	13.99	1.4	19.586
13.1	15.76	1.25	19.7
16	16.76	1.1	18.44
18.3	17.23	0.95	16.37
20.8	17.43	0.86	14.99
22.7	17.63	0.79	13.928
25.3	17.88	0.69	12.337
27.7	18	0.64	11.52
30.6	18.12	0.6	10.872
32.5	18.21	0.56	10.198
34.4	18.28	0.53	9.6884
36.1	18.37	0.5	9.185
720	18.94	0.14	2.6516
1128	19.09	0.07	1.3363
1440	19.23	0.02	0.3846
1800	19.25	0.01	0.1925



รูปที่ 4.10 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 10.50 น.



รูปที่ 4.11 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 10.50 น.

ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.10 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 10.50 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระ โหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระ โหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระ โหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 10.50 น.

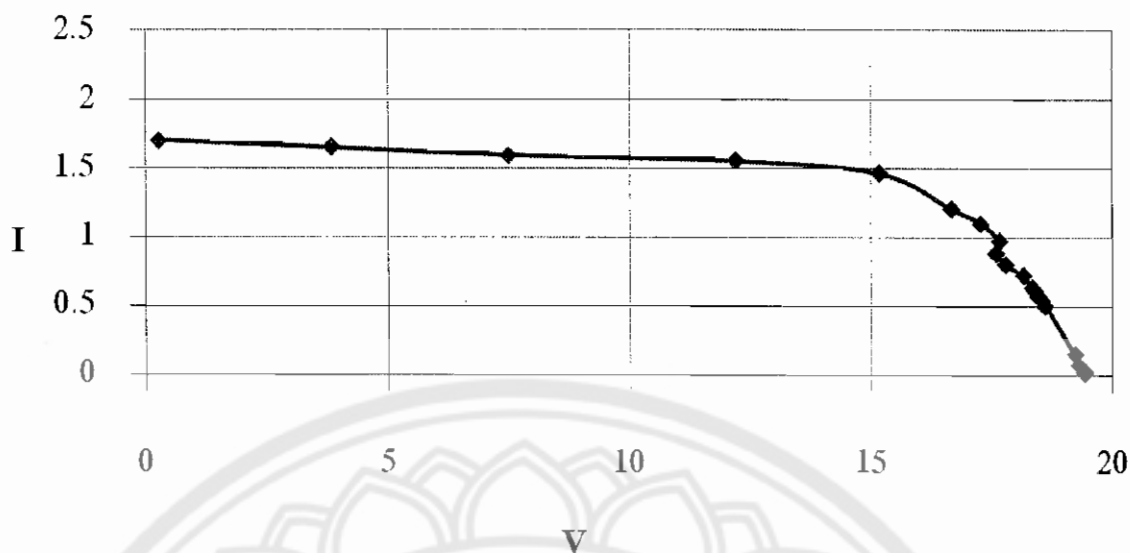
จากตารางที่ 4.5 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.11



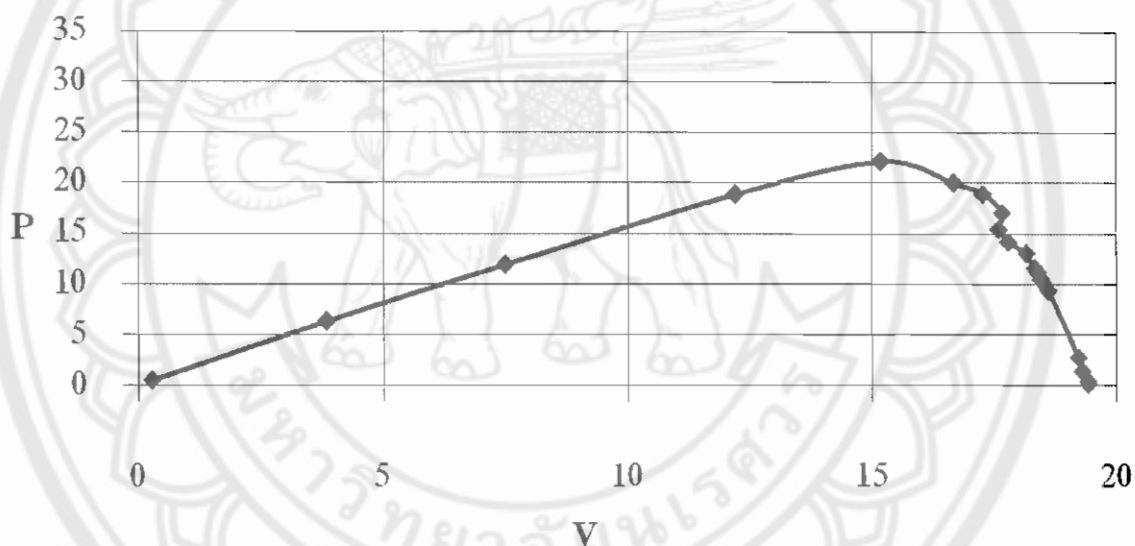
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 11.00 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.00 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.277	1.7	0.4709
2.4	3.8343	1.65	6.341
5	7.5	1.59	11.925
7.7	12.22	1.55	18.941
10.8	15.18	1.46	22.163
13.1	16.67	1.2	20.004
16	17.27	1.1	18.997
18.3	17.66	0.97	17.13
20.8	17.6	0.88	15.488
22.7	17.79	0.8	14.232
25.3	18.15	0.72	13.068
27.7	18.33	0.63	11.548
30.6	18.39	0.61	11.218
32.5	18.47	0.57	10.53
34.4	18.53	0.54	10.01
36.1	18.61	0.5	9.305
720	19.23	0.145	2.7884
1128	19.3	0.07	1.351
1440	19.42	0.02	0.3884
1800	19.44	0.01	0.1944



รูปที่ 4.12 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.00 น.



รูปที่ 4.13 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.00 น.

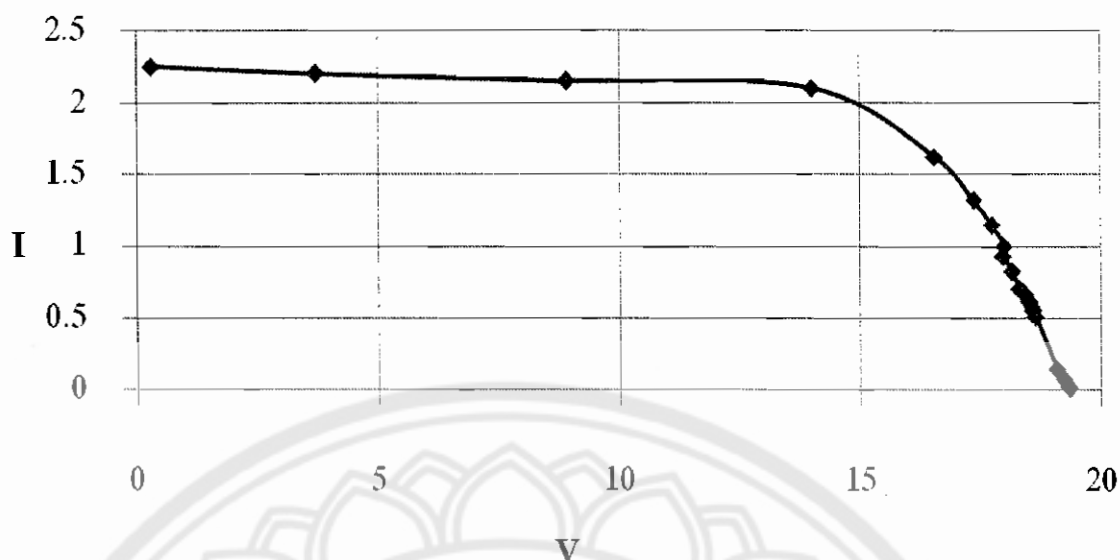
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.12 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 11.00 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 11.00 น.

จากตารางที่ 4.6 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.13

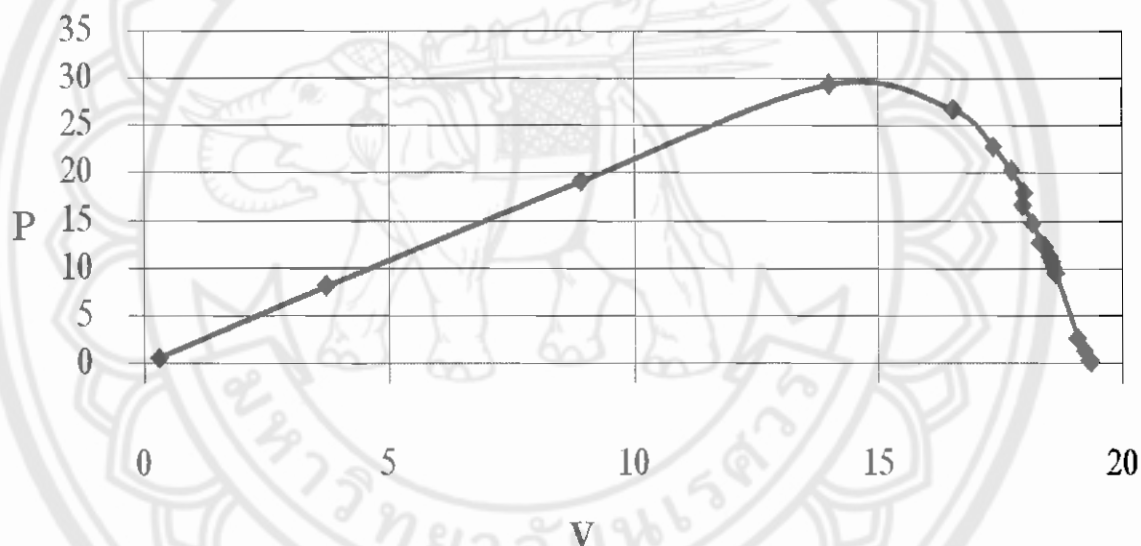
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 11.10 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.10 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.312	2.25	0.702
2.4	3.725	2.2	8.195
5	8.92	2.15	19.178
7.7	14	2.1	29.4
10.8	16.55	1.62	26.811
13.1	17.36	1.32	22.92
16	17.73	1.15	20.39
18.3	17.99	1	17.99
20.8	17.97	0.93	16.712
22.7	18.17	0.82	14.899
25.3	18.32	0.7	12.82
27.7	18.42	0.67	12.341
30.6	18.51	0.61	11.291
32.5	18.55	0.58	10.76
34.4	18.59	0.55	10.22
36.1	18.64	0.51	9.506
720	19.09	0.145	2.76805
1128	19.23	0.07	1.346
1440	19.34	0.02	0.3868
1800	19.35	0.01	0.1935



รูปที่ 4.14 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.10 น.



รูปที่ 4.15 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.10 น.

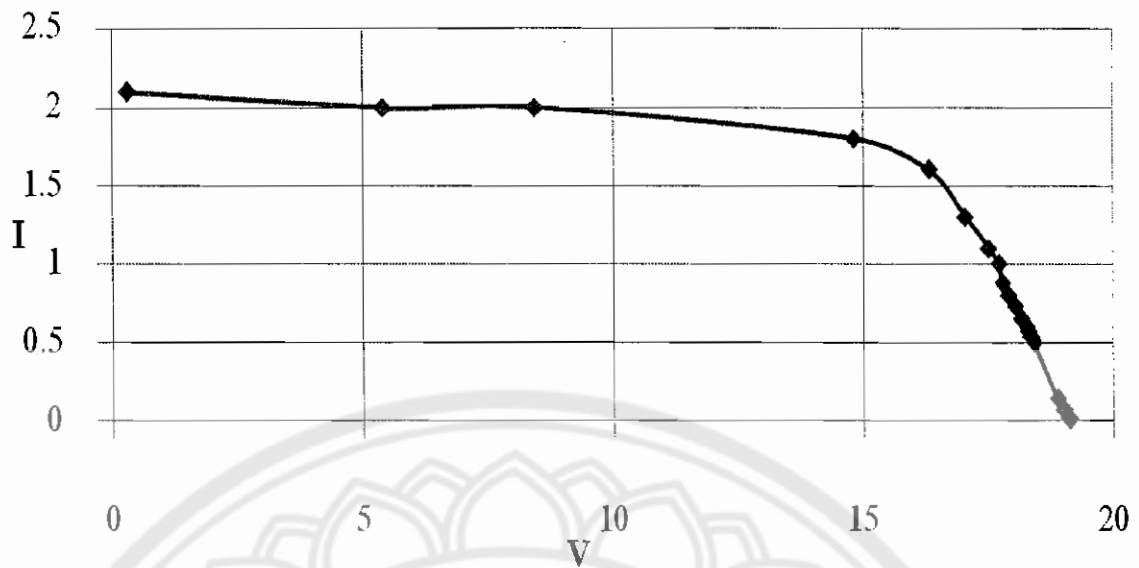
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.14 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 11.10 น. โดยให้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 11.10 น.

จากตารางที่ 4.7 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.15

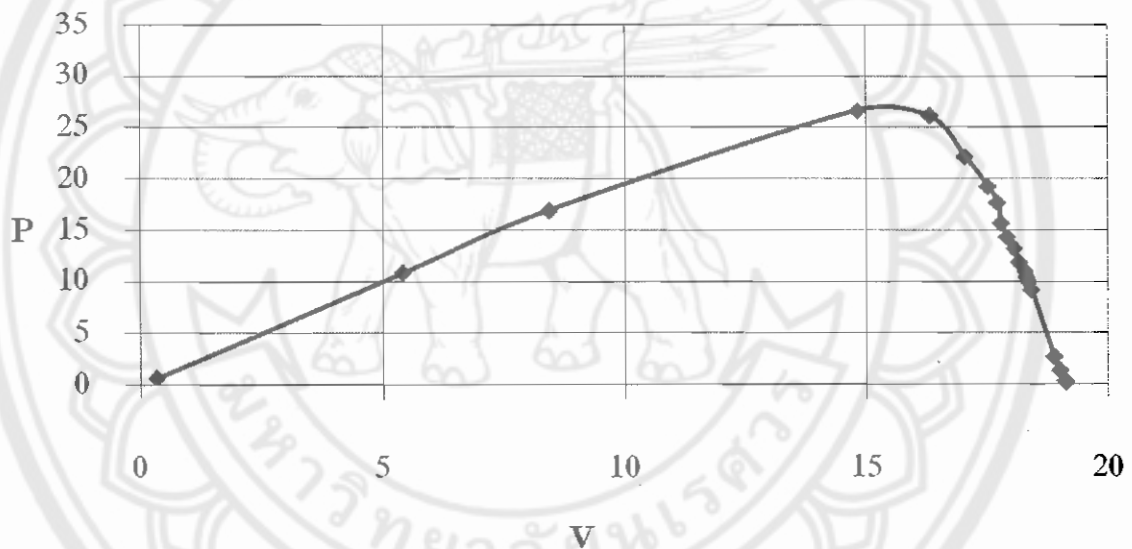
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 11.20 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดัน ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.20 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.325	2.1	0.6825
2.4	5.41	2	10.82
5	8.45	2	16.9
7.7	14.82	1.8	26.676
10.8	16.33	1.6	26.128
13.1	17.05	1.3	22.17
16	17.52	1.1	19.272
18.3	17.72	1	17.72
20.8	17.79	0.88	15.655
22.7	17.92	0.8	14.336
25.3	18.05	0.73	13.177
27.7	18.17	0.65	11.811
30.6	18.28	0.6	10.968
32.5	18.32	0.57	10.44
34.4	18.37	0.54	9.92
36.1	18.42	0.5	9.21
720	18.89	0.14	2.6446
1128	19.02	0.07	1.3314
1440	19.12	0.02	0.3824
1800	19.14	0.01	0.1914



รูปที่ 4.16 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.20 น.



รูปที่ 4.17 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.20 น.

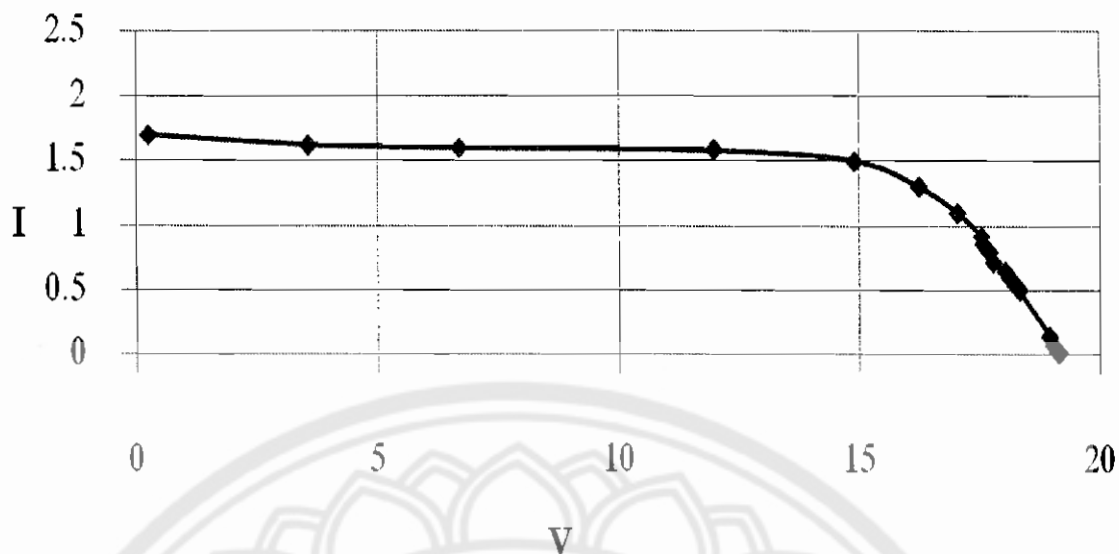
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.16 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 11.20 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 11.20 น.

จากตารางที่ 4.8 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.17

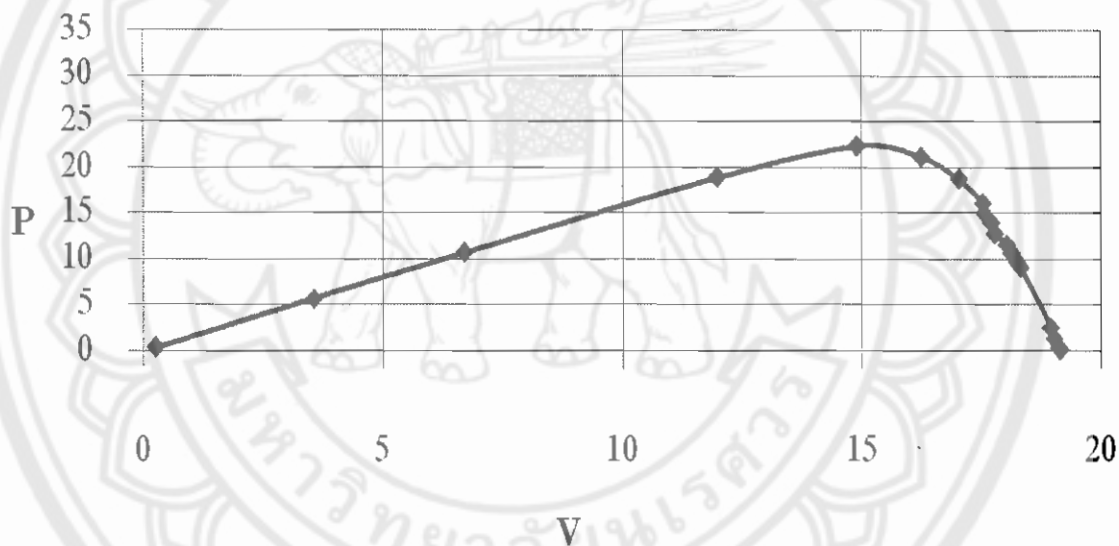
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 11.30 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.30 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า[W]
1	0.261	1.7	0.4437
2.4	3.567	1.62	5.7785
5	6.7	1.6	10.72
7.7	11.99	1.58	18.944
10.8	14.9	1.5	22.35
13.1	16.25	1.3	21.125
16	17.04	1.1	18.744
18.3	17.53	0.92	16.128
20.8	17.56	0.86	15.102
22.7	17.72	0.79	13.999
25.3	17.8	0.72	12.816
27.7	18.04	0.65	11.726
30.6	18.14	0.59	10.703
32.5	18.2	0.56	10.19
34.4	18.27	0.53	9.683
36.1	18.33	0.5	9.165
720	18.96	0.14	2.654
1128	19.03	0.07	1.3321
1440	19.14	0.02	0.3828
1800	19.16	0.01	0.1916



รูปที่ 4.18 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.30 น.



รูปที่ 4.19 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.30 น.

ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.18 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 11.30 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 11.30 น.

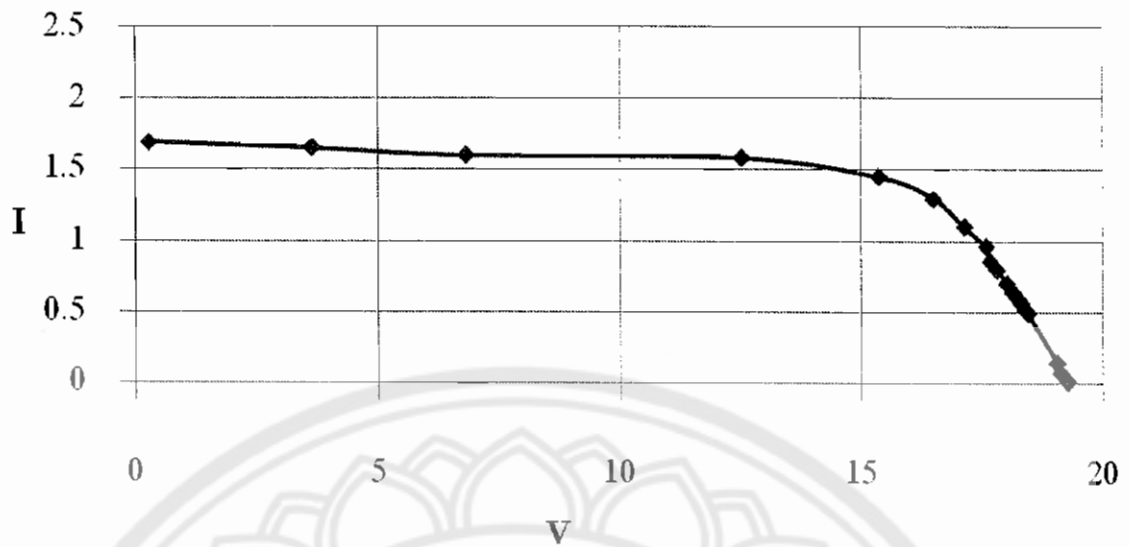
จากตารางที่ 4.9 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.19



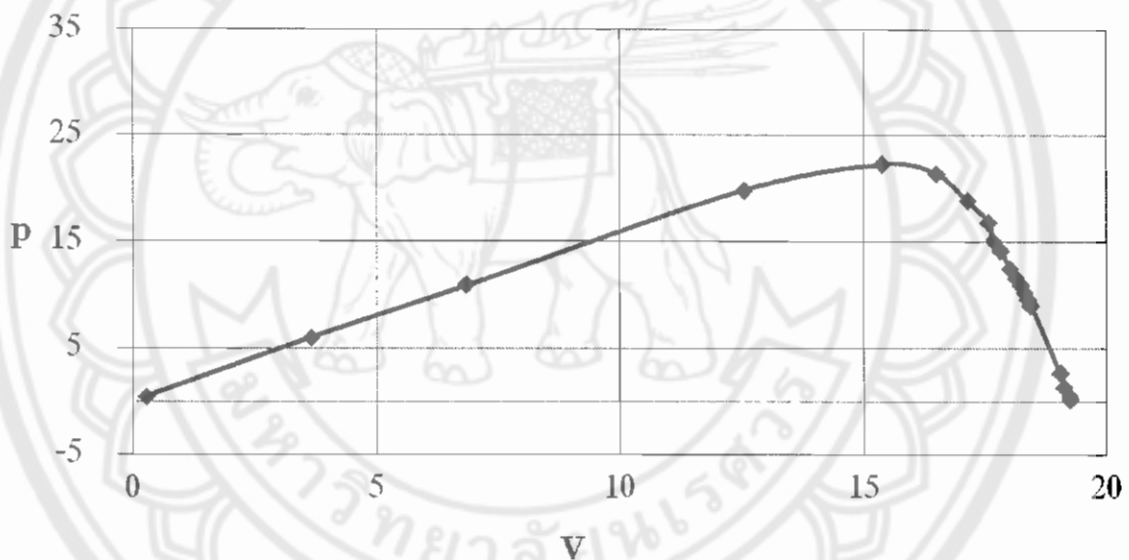
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 11.40 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.40 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.269	1.69	0.45461
2.4	3.646	1.65	6.016
5	6.84	1.6	10.9
7.7	12.54	1.58	19.813
10.8	15.38	1.45	22.301
13.1	16.5	1.3	21.45
16	17.14	1.1	18.85
18.3	17.58	0.96	16.88
20.8	17.66	0.86	15.19
22.7	17.82	0.8	14.26
25.3	18.01	0.7	12.61
27.7	18.14	0.64	11.6096
30.6	18.24	0.6	10.94
32.5	18.31	0.56	10.25
34.4	18.4	0.52	9.56
36.1	18.45	0.49	9.041
720	19.06	0.14	2.668
1128	19.14	0.07	1.34
1440	19.25	0.02	0.385
1800	19.27	0.01	0.193



รูปที่ 4.20 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.40 น.



รูปที่ 4.21 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.40 น.

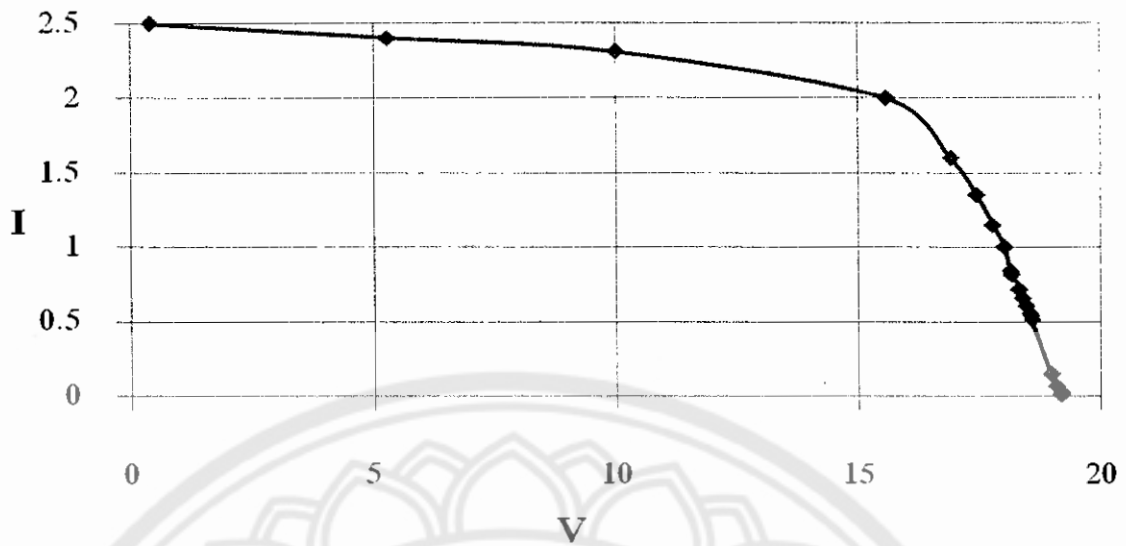
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.20 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 11.40 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่ง จากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระ โหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผง โซลาร์เซลล์ที่ ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดัน ไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการ ปรับค่าภาระ โหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผง โซลาร์เซลล์ ณ เวลา 11.40 น.

จากตารางที่ 4.10 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้า สูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.21

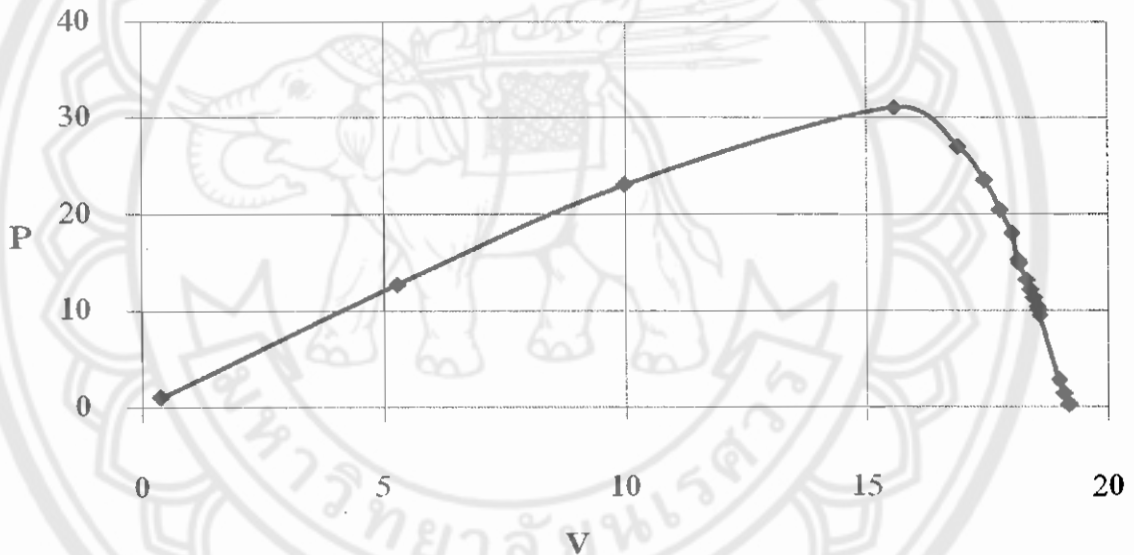
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 11.50 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 11.50 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
1	0.394	2.5	0.985
2.4	5.3	2.4	12.7
5	10	2.31	23.1
7.7	15.57	2	31.14
10.8	16.9	1.6	27.04
13.1	17.44	1.35	23.544
16	17.77	1.15	20.4355
18.3	18.01	1	18.01
20.8	18.13	0.84	15.2292
22.7	18.16	0.82	14.891
25.3	18.31	0.72	13.1832
27.7	18.39	0.66	12.137
30.6	18.46	0.61	11.261
32.5	18.53	0.56	10.3768
34.4	18.55	0.54	10.02
36.1	18.58	0.51	9.476
720	18.98	0.145	2.7521
1128	19.09	0.07	1.3363
1440	19.18	0.02	0.3836
1800	19.19	0.01	0.1919



รูปที่ 4.22 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 11.50 น.



รูปที่ 4.23 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 11.50 น.

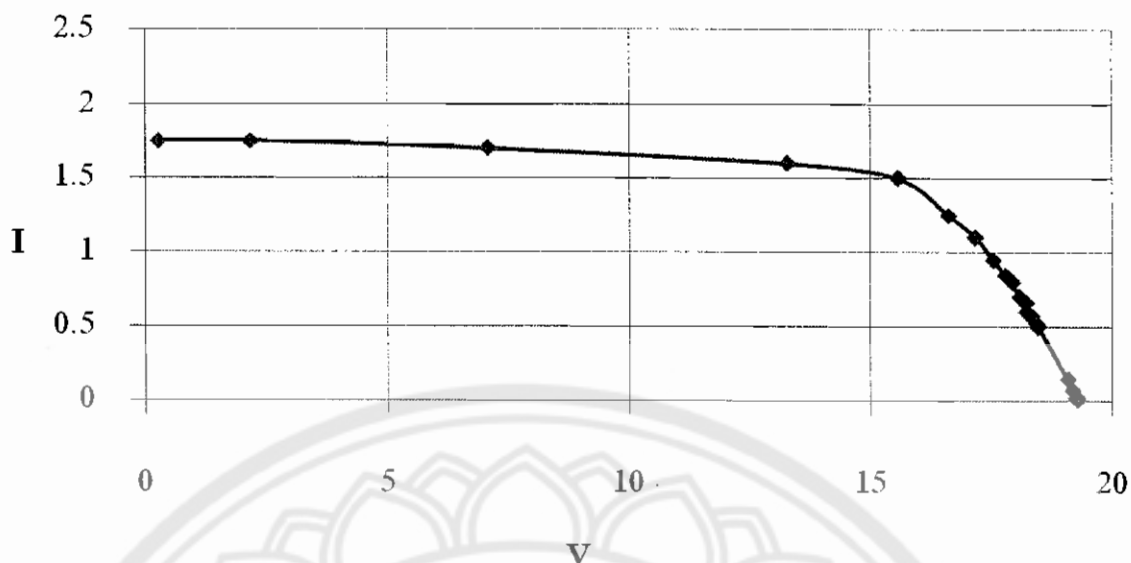
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.22 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 11.50 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระโหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 11.50 น.

จากตารางที่ 4.11 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.23

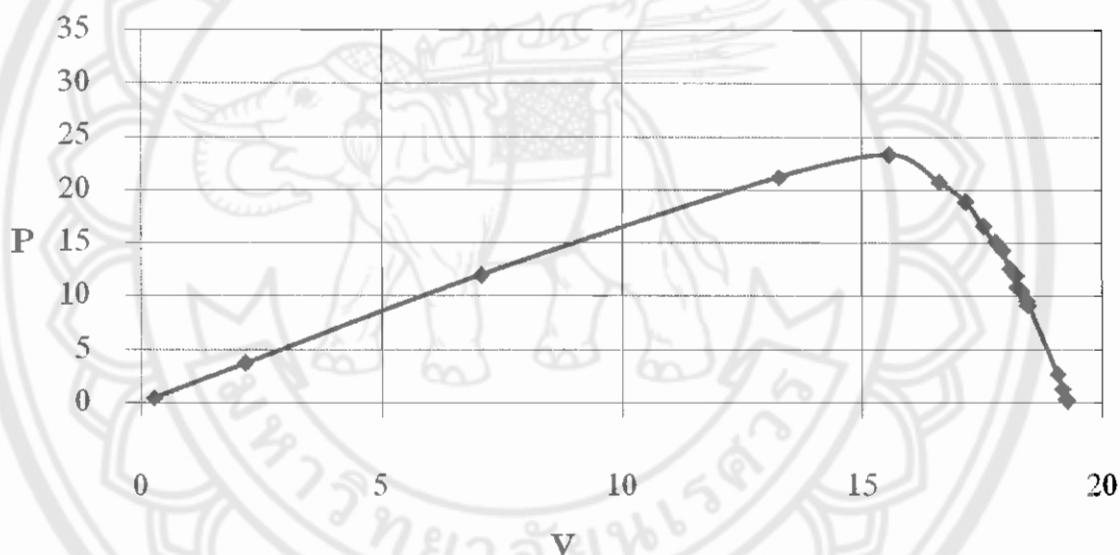
การเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ในเวลา 12.00 น. จะทำการเก็บค่าแรงดันและกระแสที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานของความต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาต่อด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** ตารางบันทึกข้อมูลเวลา 12.00 น.

ความต้านทาน [ $\Omega$ ]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
7.7	13.27	1.6	21.232
10.8	15.57	1.5	23.355
13.1	16.61	1.25	20.763
16	17.17	1.1	18.887
18.3	17.53	0.95	16.6535
20.8	17.78	0.85	15.113
22.7	17.93	0.8	14.34
25.3	18.08	0.7	12.66
27.7	18.21	0.66	12.0186
30.6	18.24	0.6	10.94
32.5	18.33	0.57	10.45
34.4	18.43	0.52	9.5836
36.1	18.47	0.5	9.235
720	19.08	0.145	2.7666
1128	19.18	0.07	1.3426
1440	19.26	0.02	0.385
1800	19.28	0.01	0.1928



รูปที่ 4.24 กราฟกระแสเทียบกับแรงดันเวลา 12.00 น.



รูปที่ 4.25 กราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับแรงดันเวลา 12.00 น.

ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 4.24 เป็นการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์ เวลา 12.00 น. โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้เป็นภาระโหลดทางด้านเอาต์พุต ของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อภาระ โหลดทางด้านเอาต์พุตเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งหมายความว่า กระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ก็จะเปลี่ยนไปตามการปรับค่าภาระโหลดที่ต่อทางด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์ ณ เวลา 12.00 น.

จากตารางที่ 4.12 นำค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.25

จากข้อมูลที่ทำการบันทึกพฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์ตั้งแต่เวลา 10.10 น. - 12.00 น. นำมาบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.13 จากนั้น วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลในช่วงเวลา 10.10 น. เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบข้อมูลของช่วงเวลาต่าง ๆ

ตารางที่ 4.13 ตารางรวบรวมข้อมูล

เวลา	ความเข้มแสง (W/m <sup>2</sup> )	อุณหภูมิ แวดล้อม [°C]	อุณหภูมิมบนแผง โซลาร์เซลล์ [°C]	แรงดัน [V]	กระแส [A]	กำลังไฟฟ้า [W]
10.10 น.	265.5	29.2	29.3	15.4	1.753	26.9962
10.20 น.	338.61	28.7	32.1	15	1.7267	25.9005
10.30 น.	278.96	29.6	33.2	15.1	1.397	21.0947
10.40 น.	292.43	28.4	31.5	15.72	1.5	23.58
10.50 น.	267.42	28.9	33.6	15	1.3267	19.9005
11.00 น.	282.81	30.1	34.1	15.18	1.46	22.1628
11.10 น.	402.09	30.4	32.4	14.6	2.034	29.6964
11.20 น.	373.24	30.9	34.3	16.4	1.646	26.9944
11.30 น.	292.43	29	33.6	15.3	1.464	22.3992
11.40 น.	277.04	31	34.1	15.8	1.43	22.594
11.50 น.	438.65	29.5	30.2	15.9	1.956	31.1004
12.00 น.	321.29	32.3	30.8	15.57	1.5	23.355

จากตารางที่ 4.13 ให้ ข้อมูลเวลา 10.10 น. เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกับข้อมูลทั้งหมด

- 10.10 น. เทียบกับเวลา 10.20 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิมบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดัน, กระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 10.30 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิมบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดัน, มีค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 10.40 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิมบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง

- 10.10 น. เทียบกับเวลา 10.50 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดัน, ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 11.00 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 11.10 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันลดลง ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 11.20 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 11.30 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดัน, ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 11.40 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 11.50 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดัน, ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น
- 10.10 น. เทียบกับเวลา 12.00 น. เนื่องจากค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าอุณหภูมิบนแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ค่ากระแส และค่ากำลังไฟฟ้าลดลง

จากการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์นำมาวิเคราะห์พฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์พบว่า ความเข้มแสงและอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์พบว่าแผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดีที่ค่าความเข้มแสงที่มีค่ามาก และค่าอุณหภูมิที่มีค่าต่ำ

#### 4.2 ทำการทดสอบที่ห้องทดลอง

การทดสอบในห้องทดลองนั้น ได้ทำการต่อแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแทนค่าแรงดันของเซนเซอร์แสง, เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ โดยการป้อนค่าแรงดันสมมติจากข้อมูลการเก็บค่า เพื่อใช้เป็นสัญญาณไฟฟ้าให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 ในการประมวลผลของโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม ผลการทดสอบมีค่าดังต่อไปนี้





รูปที่ 4.26 การทดสอบในห้องทดลอง

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองในห้องทดลอง

แรงดัน [V]					% ความคลาด เคลื่อน	คิวิตั้ไซเกิดจาก การคำนวณ	คิวิตั้ไซเกิด ที่วัดจริง	% ความคลาด เคลื่อนคิวิตั้ ไซเกิด
$V_{IN}$	$V_{LDR}$	$V_{TER}$	$V_{NN}$	$V_{OUT}$				
9	1.3	2.49	17.387	16.85	3.0885	0.4824	0.4659	3.4199
10	1.16	2.43	15.029	14.76	1.7899	0.3346	0.3225	3.624
11	1.17	2.43	15.182	14.82	2.3844	0.2755	0.2578	6.4249
12	1.14	2.47	16.692	16.29	2.4083	0.2811	0.2634	6.3114
13	1.28	2.41	15.134	14.83	2.0087	0.141	0.1234	12.4877
14	1.18	2.45	15.13	14.83	1.9828	0.0747	0.056	25.0628
15	1.01	2.46	13.594	14.71	-8.2095	-0.1034	-0.0197	80.9389
16	1.15	2.26	16.407	15.74	4.0653	0.0248	-0.0165	166.5891
17	1.15	2.42	15.186	16.67	-9.7722	-0.1195	-0.0198	83.4276
18	1.21	2.42	15.762	17.64	-11.9147	-0.142	-0.0204	85.6267

จากตาราง	$V_{IN}$ = แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่สมมติค่าแทนแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์
	$V_{LDR}$ = แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่สมมติค่าแทนแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์แสง
	$V_{TER}$ = แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่สมมติค่าแทนแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
	$V_{NN}$ = แรงดันไฟฟ้าจากโปรแกรมนิวรอน ที่คำนวณได้
	$V_{OUT}$ = แรงดันไฟฟ้าจากการวัดค่า

คิวดั้ไซเคิลเกิดจากการคำนวณ คือ คิวดั้ไซเคิลที่คำนวณจาก  $V_{IN}$  เทียบกับ  $V_{NN}$

คิวดั้ไซเคิลที่วัดจริง คือ คิวดั้ไซเคิลที่คำนวณจาก  $V_{IN}$  เทียบกับ  $V_{OUT}$

% ความคลาดเคลื่อน คือ เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนระหว่าง  $V_{NN}$  กับ  $V_{OUT}$

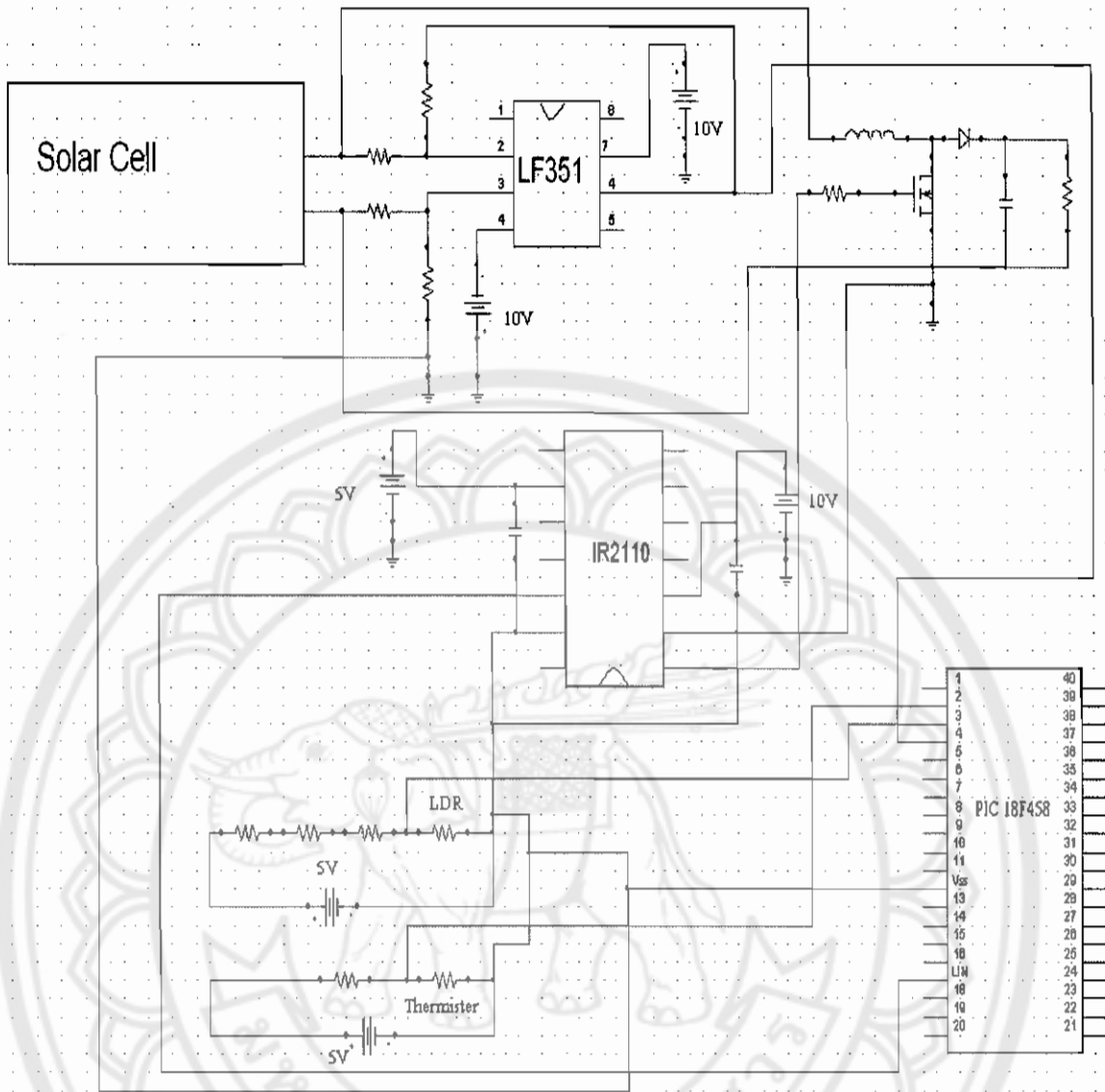
% ความคลาดเคลื่อนคิวดั้ไซเคิล คือ เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างคิวดั้ไซเคิลจากการคำนวณ กับ คิวดั้ไซเคิลที่วัดจริง

#### วิเคราะห์ผลการทดลอง

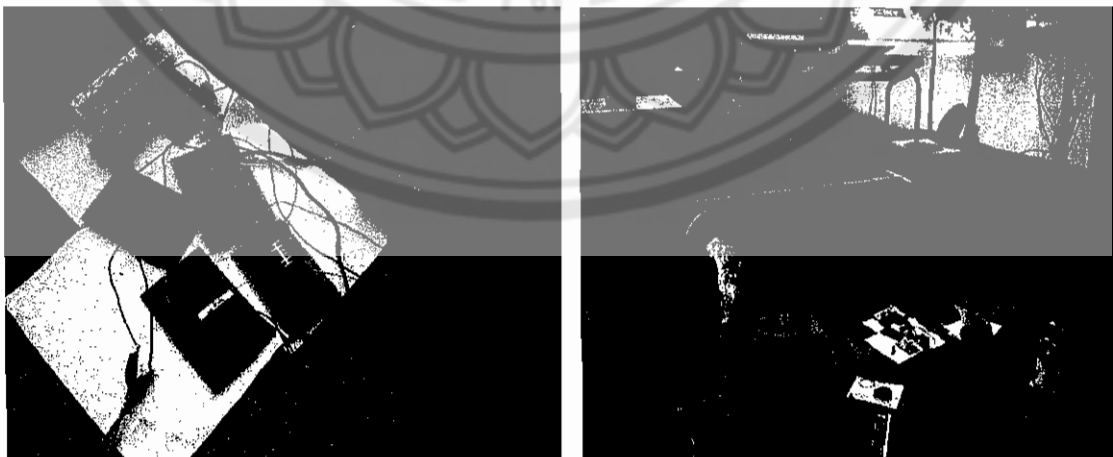
จากการทดลองได้ ป้อนแรงดันไฟฟ้า แทนค่าเซนเซอร์แสงและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยให้ป้อนค่าแรงดันไฟฟ้า ตามข้อมูลการเก็บข้อมูลในตารางที่ 4.13 และได้สมมติให้แรงดันที่ออกจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าตั้งแต่ 9 - 18 V ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม จะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ และวัดค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้ นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้พบว่าแรงดันอินพุต มีค่าน้อยกว่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้เพิ่มค่าคิวดั้ไซเคิล เพิ่มขึ้น เพื่อให้ มีค่าแรงดันเอาต์พุต ที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.14 ถ้าแรงดันอินพุต มีค่ามากกว่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ ค่าคิวดั้ไซเคิล มีค่าติดลบ ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้ ซึ่งค่าคิวดั้ไซเคิลที่ได้จริงนั้นจะเท่ากับ 0% ด้วยเนื่องจาก ได้กำหนดค่าคิวดั้ไซเคิลมีค่าตั้งแต่ 0 - 100%

#### 4.2 ทำการทดสอบที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน

การทดสอบที่วิทยาลัยพลังงานทดแทนนั้น ได้ทำการต่อแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้หาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ดังรูปที่ 4.27 ผลที่ได้จากการทดสอบมีค่าดังตารางที่ 4.15



รูปที่ 4.27 วงจรรวมที่ใช้ในการทำงาน



รูปที่ 4.28 อุปกรณ์การทดสอบที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน

แรงดัน [V]					% ความคลาดเคลื่อน	คิวดัชนีที่เกิดจากการคำนวณ	คิวดัชนีที่เกิดจริง
$V_{IN}$	$V_{LDR}$	$V_{TER}$	$V_{NN}$	$V_{OUT}$			
17.32	0.66	2.247	16.319	15.91	2.506	-0.061	-0.089
16.35	0.714	2.307	15.794	15.38	2.621	-0.035	-0.063
15.24	0.664	2.247	16.321	15.91	2.518	0.066	0.042
15.7	0.914	2.319	15.919	15.37	3.449	0.014	-0.021
18.6	0.539	2.147	16.723	16.17	3.307	-0.112	-0.150
18.42	0.931	2.013	16.813	16.26	3.289	-0.096	-0.133
17.53	0.801	2.203	16.583	16.05	3.214	-0.057	-0.092
17.01	1.011	2.095	16.721	16.11	3.654	-0.017	-0.056
15.94	1.263	2.185	16.837	16.21	3.724	0.053	0.017
16.32	0.975	2.017	16.771	16.17	3.584	0.027	-0.009

จากตาราง

$V_{IN}$  = แรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์

$V_{LDR}$  = แรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์แสง

$V_{TER}$  = แรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

$V_{NN}$  = แรงดันไฟฟ้าจากโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่คำนวณได้

$V_{OUT}$  = แรงดันไฟฟ้าจากการวัดค่า

คิวดัชนีที่เกิดจากการคำนวณ คือ ค่าคิวดัชนีที่เกิดจากการคำนวณจาก  $V_{IN}$  เทียบกับ  $V_{NN}$

คิวดัชนีที่เกิดจริง คือ ค่าคิวดัชนีที่เกิดจากการคำนวณจาก  $V_{IN}$  เทียบกับ  $V_{OUT}$

% ความคลาดเคลื่อน คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ระหว่าง  $V_{NN}$  กับ  $V_{OUT}$

% ความคลาดเคลื่อนคิวดัชนีที่เกิดจริง คือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ระหว่างคิวดัชนีที่เกิดจากการคำนวณ กับ คิวดัชนีที่เกิดจริง

#### วิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการเก็บข้อมูลจากการต่อวงจรดังรูป 4.27 เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 10.30 น. - 12.00 น. ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.15 ถ้าแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์น้อยกว่า แรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้เพิ่มค่าคิวดัชนีที่เกิดจริงเพียงเล็กน้อยเนื่องจาก ค่าของ แรงดัน

เอาต์พุตที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ และถ้าแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่ามากกว่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.15 ค่าควิตี้ไซเคิล มีค่าติดลบ ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้ ซึ่งค่าควิตี้ไซเคิลที่ได้จริงนั้นจะเท่ากับ 0% ด้วย เนื่องจาก ได้กำหนดค่าควิตี้ไซเคิลมีค่าตั้งแต่ 0 - 100%



## บทที่ 5

### บทสรุป

จากผลการทดสอบการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาสรุปผลการทดสอบและปัญหาข้อเสนอแนะดังนี้

#### 5.1 สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์เมื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์จะได้ว่าแผงโซลาร์เซลล์จะมีจุดการทำงานหลายจุด ซึ่งขึ้นอยู่กับภาวะโหลดที่ต่อความต้านทานเอาต์พุต แต่จะมีจุดทำงานที่ทำให้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเพียงจุดเดียวเท่านั้น นอกจากนี้ผลของความเข้มแสงและอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์พบว่าแผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดีที่ค่าความเข้มแสงที่มีค่ามากและค่าอุณหภูมิที่มีค่าต่ำ

การหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ จะทำโดยปรับค่าดีวีดีไซเคิลที่เหมาะสมให้กับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อปรับค่าแรงดันเอาต์พุตให้สอดคล้องกับค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ ซึ่งได้ถูกพัฒนาในโครงการนี้

จากผลการทดสอบในห้องทดลองพบว่า เมื่อแรงดันเอาต์พุตจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งเพิ่มค่าดีวีดีไซเคิลจนค่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมสามารถวิเคราะห์ได้แต่ไม่เกิน 100% เนื่องจากวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์มีช่วงการทำงานที่ดีวีดีไซเคิล 0 - 100% และเมื่อแรงดันเอาต์พุตจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งลดค่าดีวีดีไซเคิลจนมีค่าเท่ากับ 0% ในกรณีที่วันนี้เมื่อค่าดีวีดีไซเคิลเท่ากับ 0% ค่าแรงดันเอาต์พุตจะต้องเท่ากับค่าแรงดันอินพุต

จากการทดลองจริงที่วิทยาลัยพลังงานทดแทนพบว่าค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้ออกมา มีค่าแรงดันที่ต่ำกว่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณจากโครงข่ายประสาทเทียมสามารถวิเคราะห์ได้ ต่ำกว่าประมาณ 3.1866 % ผลของการปรับเพิ่มค่าดีวีดีไซเคิลเพื่อเพิ่มแรงดันเอาต์พุตของวงจรจะเพิ่มไม่เกิน 10% เนื่องจากค่าแรงดันเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์มีค่าใกล้เคียงกับค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ได้ เมื่อแรงดันเอาต์พุตจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ จะไม่มีการเพิ่มแรงดันเอาต์พุต ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำการสั่งลดค่าดีวีดีไซเคิลจนมีค่าเท่ากับ 0% ในกรณีดังกล่าวเมื่อค่าดีวีดีไซเคิลเท่ากับศูนย์ค่าแรงดันเอาต์พุตจะต้องเท่ากับแรงดันอินพุต แต่ค่าดีวีดีไซเคิลที่คำนวณได้จากผลทดลอง มีค่าติดลบนั้น เป็นผลจากแรงดันตกคร่อม

ภายในของตัวอุปกรณ์ ซึ่งค่าความถี่ไซเคิลที่ใช้ส่งวงจรมุสคอนเวอร์เตอร์นั้นมีค่าเท่ากับ 0% เนื่องจากโปรแกรมได้กำหนดค่าของควิต์ไซเคิลไว้ที่ 0 – 100%

สรุปการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการปรับค่าความถี่ไซเคิลตั้งแต่ 0 – 10% เนื่องจากค่าแรงดันเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่โครงข่ายประสาทยอมรับได้ ทำให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดตามต้องการ

## 5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. การเก็บข้อมูลพฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์ จะต้องทำการจดบันทึกอย่างรวดเร็ว เพราะความเข้มแสงจะเปลี่ยนค่าเร็วมาก อาจทำให้ข้อมูลที่บันทึกมาใช้ไม่ได้ ต้องบันทึกค่าใหม่
2. ควรกำหนดให้ชั้นของโครงข่ายประสาทยอมรับมากขึ้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการคำนวณค่าเอาต์พุต
3. ในการโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรโปรแกรมทีละโปรแกรมเพื่อตรวจสอบว่าส่วนใดผิด จากนั้นก็แสดงผลขึ้นคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม HyperTerminal เพื่อตรวจการแปลงค่าอนาล็อกเป็นค่าดิจิทัล
4. ควรคำนึงถึงหาแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PIC 18F458 ไม่ควรเกิน 5 V มิฉะนั้นอุปกรณ์จะเสียหาย
5. ควรคำนึงถึงค่าความสูญเสียในอุปกรณ์ เพราะ กำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์มีค่าน้อยถ้ามีความสูญเสียในอุปกรณ์มาก จะได้กำลังไฟฟ้าที่มีค่าน้อยลงที่ควรจะเป็น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรีนเอ็มเพาเวอร์เมนท์ และพลังไท. “คู่มือการฝึกสอนระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์.”[Online]. Available: <http://www.palangthai.org/docs/PVUserManualThai.pdf>
- [2] รศ.ดร.วีระเชษฐ์ จันทร์เงิน และวุฒิปด ธาราธิรเศรษฐ์. “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง **Power Electronics.**” กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พรีนติ้ง. 2549.
- [3] “โครงข่ายประสาทเทียม **Artificial Neural Network.**” [Online]. Available: [http://202.28.94.55/web/320417/2548/work1/g26/Files/Report\\_Neural%20Network.doc](http://202.28.94.55/web/320417/2548/work1/g26/Files/Report_Neural%20Network.doc)
- [4] “ตัวต้านทานไวแสง.” [Online]. Available: <http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/tipntrick/ldr/default.htm>
- [5] สุรีย์ โปทาสาย. “เทอร์มิสเตอร์และวาริสเตอร์.” [Online]. Available: [http://www.sptc.ac.th/prapruet/devicesweb/books/book\\_12.htm](http://www.sptc.ac.th/prapruet/devicesweb/books/book_12.htm)
- [6] พงศพงษ์ เรื่องฤทธิ์. “ระบบการควบคุมแสงสว่างด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.” ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยนเรศวร 2549.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนครพนม



ภาคผนวก ก

โครงข่ายประสาทเทียม

มหาวิทยาลัยพระนคร

## โปรแกรม

```
%% input
```

```
r=[1.304 1.16 1.168 1.143 1.284 1.18 1.011 1.147 1.154 1.213 0.909 1.496];
```

```
t=[2.486 2.431 2.432 2.465 2.411 2.452 2.464 2.263 2.418 2.418 2.32 2.35];
```

```
%% output
```

```
%i=[1.753 1.7267 1.397 1.5 1.3267 1.46 2.034 1.646 1.464 1.43 1.956 1.5];
```

```
v=[15.4 15 15.1 15.72 15 15.18 14.6 16.4 15.3 15.8 15.9 15.57];
```

```
vn = v/10
```

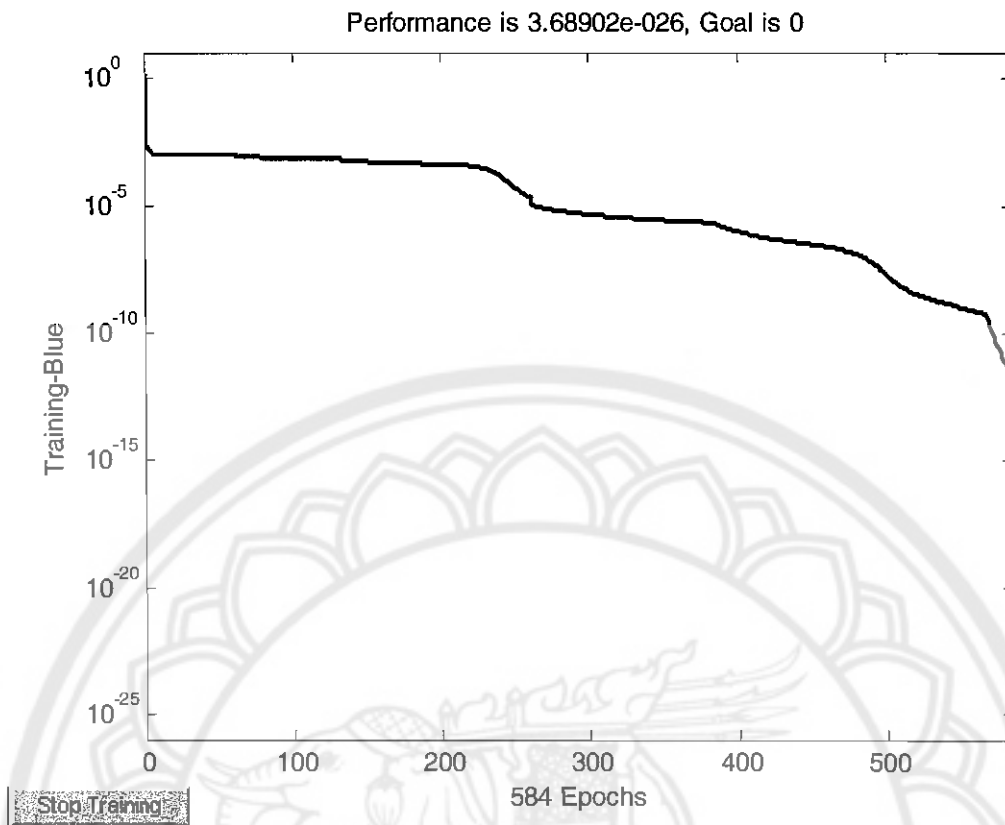
```
net = newff([0 5;0 5],[3 3 1],{'logsig' 'logsig' 'purelin'})
```

```
Y=sim(net,[r;t])
```

```
net.trainParam.epochs=2500
```

```
net=train(net,[r;t],[vn])
```





รูปที่ 1 ผลการ Simulate โปรแกรม

```
>> net.iw{1,1}
```

```
ans =
```

```
18.5070 -6.9446
-0.7182 9.2532
-6.2426 3.4030
```

```
>> net.lw{2,1}
```

```
ans =
```

```
5.1929 -5.2419 3.7964
10.7373 -15.4508 5.9353
-2.9058 -17.9693 -3.2338
```

```
>> net.lw{3,2}
```

```
ans =
```

```
0.5704 -12.9047 6.5200
```

```
>> net.b{1,1}
```

```
ans =
```

```
-10.0040
```

```
-22.5401
```

```
2.0316
```

```
>> net.b{2,1}
```

```
ans =
```

```
-3.6591
```

```
0.9532
```

```
9.7083
```

```
>> net.b{3,1}
```

```
ans =
```

```
7.7827
```

```
>> sim(net,[0.909;2.32])
```

```
ans =
```

```
1.5900
```

```
>> sim(net,[1.304;2.486])
```

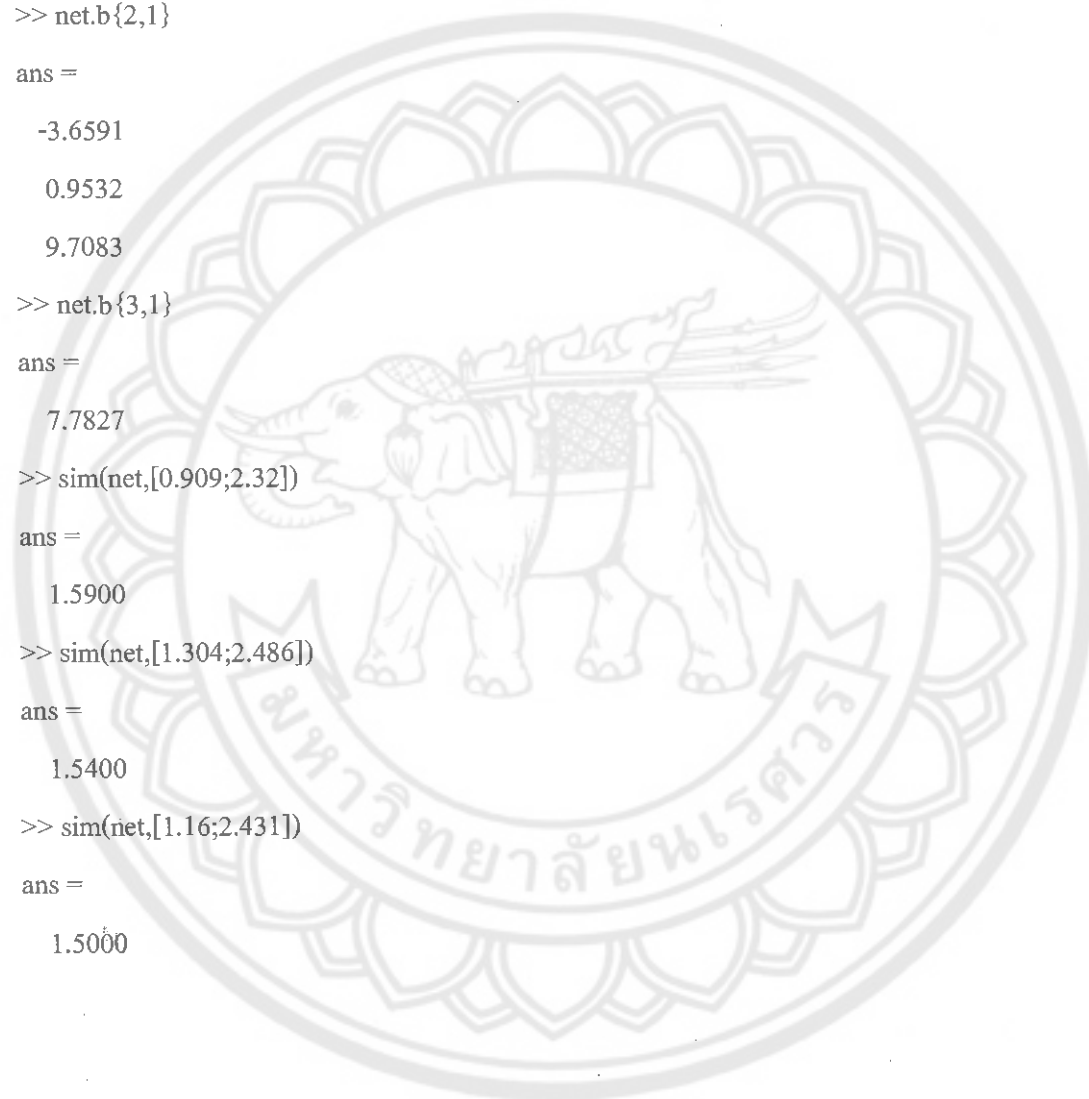
```
ans =
```

```
1.5400
```

```
>> sim(net,[1.16;2.431])
```

```
ans =
```

```
1.5000
```





ภาคผนวก ข

โปรแกรมการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

```

#include <18f458.h>
#define PIC18f458* = 16ADC = 10
#include <delay.h>
#include <fuses.h>
#include <rs232.h>
#include <input.c>
#include <math.h>

void main()
{
    float input;
    float input1;
    float output;
    float w1[6];
    float w2[9];
    float w3[3];
    float sum[3];
    float sum1[3];
    float sum2[1];
    float node[3];
    float node1[3];
    float Vmax;
    float Temp,Light;
    float Temp1,Light1;
    float V,Volt,Volt1;
    float Voltage;
    int dutyC;
    float diffV;

    ////////////
    setup_ccp1(CCP_PWM);
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,100,1);

```

```
dutyC = 25 ;
delay_us(60);
set_pwm1_duty(DutyC);

setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
delay_us(60);
while(1){
    set_adc_channel(0);      // Temp
    delay_us(60);
    Temp = read_adc();
    Temp1= (Temp*5)/1023;
    printf("      Temp = %f\n\r",Temp1);
    delay_ms(30);

    set_adc_channel(1);     // light
    delay_us(60);
    Light = read_adc();
    light1 = (Light*5)/1023;
    printf("      light = %f\n\r",Light1);
    delay_ms(30);

    set_adc_channel(2);    ///voltage
    delay_us(60);
    V = read_adc();
    Volt= (V*5)/1023;
    Volt1=(Volt*5)/10;
    delay_ms(30);

    printf("      Volt1 = %f\n\r",Volt1);
```



```
input = Light1;
printf("      input= %f\n\r",input);
input1 = Temp1;
printf("      input1= %f\n\r",input1);
////////////////////////////////////
w1[0]=(input*18.5070);
w1[1]=(input*(-0.7182));
w1[2]=(input*(-6.2426));
w1[3]=(input1*(-6.9446));
w1[4]=(input1*9.2532);
w1[5]=(input1*3.4030);

sum[0]=-(w1[0]+w1[3]+(-10.0040));
sum[1]=-(w1[1]+w1[4]+(-22.5401));
sum[2]=-(w1[2]+w1[5]+(2.0316));

node[0]=1 / (1 + exp(sum[0]));
node[1]=1 / (1 + exp(sum[1]));
node[2]=1 / (1 + exp(sum[2]));

////////layer 2////////
w2[0] = (node[0]*(5.1929));
w2[1] = (node[0]*(10.7373));
w2[2] = (node[0]*(-2.9058));
w2[3] = (node[1]*(-5.2419));
w2[4] = (node[1]*(-15.4508));
w2[5] = (node[1]*(-17.9693));
w2[6] = (node[2]*(3.7964));
w2[7] = (node[2]*(5.9353));
w2[8] = (node[2]*(-3.2338));
```

```

sum1[0]=-(w2[0]+w2[3]+w2[6]+(-3.6591));
sum1[1]=-(w2[1]+w2[4]+w2[7]+0.9532);
sum1[2]=-(w2[2]+w2[5]+w2[8]+9.7083);

node1[0]=1 / (1 + exp(sum1[0]));
node1[1]=1 / (1 + exp(sum1[1]));
node1[2]=1 / (1 + exp(sum1[2]));

////////layer 3////////

w3[0]=node1[0]*0.5704;
w3[1]=node1[1]*(-12.9047);
w3[2]=node1[2]*6.5200;

sum2[0]=w3[0]+w3[1]+w3[2]+(7.7827);

output = sum2[0];

delay_ms(100);
Vmax=output;

printf("          Vmax= %f\n\r",Vmax);

```

```

//////////////////////// read volt////////////////////////

```

```

diffV = Vmax-Volt1;

```

```

//////////////////////// check power

```

```

if (diffV >= 0)

```

```

{

```

```
    dutyC = dutyC-1;
}
else
{
    dutyC = dutyC+1;
}
////////////////////////////////////// pwm
if (dutyC < 0)
{
    dutyC = 0;
}
else if (dutyC > 100)
{
    dutyC = 100;
}
else
{
    dutyC = dutyC;
}

set_pwm1_duty(dutyC);
delay_ms(10);

}
}
```

