

พัฒนาระบบควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุด
ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

จักรพงษ์ เมฆปัก

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2556

THE DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK BASED CONTROL SYSTEM IN DC-DC
BOOST CONVERTER FOR MAXIMUM POWER POINT TRACKING IN STAND-ALONE
PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM

Jakkaphong Makfag

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2013

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาระบบควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้า
กระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบ
พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

โดย

จักรพงษ์ เมฆพิก

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมล แสนอุ่ม

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ศรีเชวงทรัพย์)

.....กรรมการ

(ดร. ไพศาล สุตวิสัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมล แสนอุ่ม)

จักรพงษ์ เมฆพันธุ์ : การพัฒนาระบบควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบท
แรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมล แสนอ๋ม, 49 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจ่ายเข้าแบตเตอรี่ เนื่องจากคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นจึงต้องหาจุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่สภาพบรรยากาศใดๆ โดยวิทยานิพนธ์จะใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ไปควบคุมการทำงานของตัวแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันเพื่อไปปรับหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมในการจะดึงเอากำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ โดยส่วนควบคุมของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันจะใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ ทำงานที่ความถี่สวิตช์ 1 kHz จากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถติดตามหาจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้ทั้งในสถานะที่ปริมาณแสงคงที่และสถานะที่แสงมีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดแสดงให้เห็นถึงว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

JAKKAPHONG MAKFAG : THE DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK BASED CONTROL SYSTEM IN DC-DC BOOST CONVERTER FOR MAXIMUM POWER POINT TRACKING IN STAND-ALONE PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM. ADVISOR : ASSISTANCE PROFESSOR DR. WIMOL SAN-UM, 49 PP.

This thesis presents the Development of a Neural Network Based Control System in DC-DC Boost Converter for Maximum Power Point Tracking in Stand-Alone Photovoltaic Power System Neural network which DC power generated by solar cells through the boost converter Compound DC voltage to the voltage supplied to the battery. Because the supply of solar cells is non-linear So find a working solar cell that can power up to any atmosphere. The thesis uses the neural network technique is used to control the operation of the converter Compound DC-DC Boost converter to adjust the impedance to draw maximum power of the solar cells used. The control of the boost converter DC Compound voltage MOSFET is used as a switch. 1 kHz frequency The results showed that the system can track the maximum power point of the constant light conditions and light conditions change suddenly and demonstrate that the most efficient and least error.

TNI

Graduate School

Field of Engineering of Technology

Academic Year 2013

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิมล แสนอุ่ม หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ IES ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้แนวคิดคำปรึกษาแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดจนจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ ประธานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์นี้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ขอขอบพระคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ IES ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องทุกคนในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ IES ที่มีส่วนช่วยในการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

งานวิจัยนี้ได้รับทุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการทำวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ดังนั้นผู้เขียนขอขอบพระคุณขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอนชี้แนะแนวทางในการดำเนินชีวิตอยู่ในสังคม คอยให้การสนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจในทุกๆ ด้านตลอดมาและตลอดไป

จักรพงษ์ เมฆพัก

TNI

THAI - NICHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาแนวทางเหตุผลและปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการพื้นฐาน	5
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	20
3.1 กระบวนการวิจัย	20
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	20
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	21
3.4 การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	22
4 การดำเนินงานวิจัย	23
4.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโซลาร์เซลล์ เซลล์แสงอาทิตย์ (PV Cell)	23
4.2 วิธีการหาจุดจ่ายกำลังสูงสุด	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3 การออกแบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดัน	30
4.4 การออกแบบระบบติดตามกำลังสูงสุดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม	35
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผลการวิจัย	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก. MATLAB Simulink การออกแบบระบบติดตามกำลังสูงสุด ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม	47
ประวัติย่อผู้วิจัย	49

TNI

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 สรุปแผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	4
2.1 สรุปงานวิจัยจำนวนสิบงานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบแปลงผันไฟฟ้า กระแสดตรงแบบทบทแรงดัน.....	16
4.1 ฟังก์ชันการกระตุ้นภายใน MATLAB/Simulink.....	29
4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสดตรงแบบทบทแรงดัน	31
4.3 ชุดข้อมูลการฝึกฝนในการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียม	35
4.4 การเปรียบเทียบจำนวนชั้นซ่อนและค่า Mean Squares Errors (MSE) ของโครงข่าย ประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MPL.....	40
4.5 การเปรียบเทียบจำนวนชั้นซ่อนและค่า Mean Squares Errors (MSE) ของโครงข่าย ประสาทเทียมประเภท Radial Basic Function : RBF	40



THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TNI

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1	โครงสร้างงานวิจัยและขอบเขตการวิจัย..... 3
2.1	หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์..... 6
2.2	กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับรังสีอาทิตย์ต่างๆ 7
2.3	วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์..... 8
2.4	กราฟคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ 8
2.5	วงจรสมมูลของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดัน 12
2.6	เซลล์ประสาท (Neural) ในสมองมนุษย์..... 12
2.7	โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)..... 12
2.8	โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้อัลกอริทึมในการฝึกแบบ Back Propagation..... 13
2.9	สัญลักษณ์ของสัญญาณ PWM..... 15
3.1	Oscilloscope รุ่น GDS-1152A และ Digital Multimeter Fluke 115..... 21
4.1	ผลของโหลดต่อเซลล์แสงอาทิตย์..... 24
4.2	ลักษณะการเบี่ยงเบนจากจุดจ่ายกำลังสูงสุดของวิธี P&O โดยที่ $P_{03} > P_{02} > P_{01}$ แต่ $P_{03} < P_{Max}(S3)$ และ $P_{02} < P_{Max}(S2)$ 25
4.3	กราฟกำลังไฟฟ้า-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์..... 26
4.4	โครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP..... 27
4.5	โครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Radial Basis Function : RBF..... 28
4.6	แบบจำลองวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดัน (Simulink) 32
4.7	ความต่างศักย์ขาออก (V_{out})..... 33
4.8	กระแสขาออก (I_{out})..... 33
4.9	กำลังไฟขาออก (P_{out})..... 34
4.10	ความต่างศักย์กระแสเฟื้อมขาออก (P_{out} Ripple)..... 34
4.11	โครงสร้างการสอนของโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP..... 36
4.12	(ก) ประสิทธิภาพการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1,000 Epochs และ (ข) กราฟการถดถอยเชิงเส้น 37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.13 ประสิทธิภาพการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Radial Basis Function : RBF ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 20 Epochs	39



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาแนวทางเหตุผลและปัญหา

ปัจจุบันวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของระบบการถ่ายโอนพลังงานและเป็นส่วนสำคัญในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมไปถึงโรงงานขนาดใหญ่ ซึ่งการออกแบบในปัจจุบันจะใช้หลักการสวิตช์ซึ่งเป็นหลักทำให้สามารถควบคุมการทำงานของวงจรได้ผ่านความกว้างของพัลส์ที่ป้อนให้แก่วงจรแต่การใช้งานกับระบบที่ไม่มีความเสถียร เช่น ระบบการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ นั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า ที่มีประสิทธิภาพในการรักษาระดับแรงดันที่จ่ายให้แก่โหลดให้คงที่ในขณะที่แหล่งจ่ายและโหลดเกิดการเปลี่ยนแปลงและสามารถตอบสนองได้ทันเวลา

จากปัญหาดังกล่าวทำให้การออกแบบระบบควบคุมป้อนไปข้างหน้ามีความซับซ้อนขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำแนวคิดของโครงข่ายประสาทเทียม เข้ามาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า ซึ่งข้อดีของโครงข่ายประสาทเทียมคือ มีลักษณะการทำงานคล้ายกับสมองของมนุษย์ สามารถเรียนรู้และจดจำจากประสบการณ์ที่ผ่านมาแล้วนำข้อมูลจากอดีตมาสังเคราะห์เพื่อทำนายแนวโน้มของเหตุการณ์ในอนาคตได้ รวมทั้งตอบสนองต่อเหตุการณ์ใหม่ๆ ได้อย่างทันทั่วทั้งที่และยังเกิดข้อผิดพลาดได้ยาก ซึ่งในด้านเทคโนโลยีที่จะทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ เอฟพีเอเอ (FPAA : Field Programmable Analog Array) เนื่องจากมีความรวดเร็วในการประมวลผลและสามารถออกแบบสถาปัตยกรรมภายในได้เอง

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงหวังว่าการจัดทำโครงงานในหัวข้อ “การพัฒนาระบบควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม” จะเป็นส่วนช่วยทำให้เทคโนโลยีการถ่ายโอนพลังงานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดและเป็นการตอบสนองเทคโนโลยีระบบการเปลี่ยนถ่ายพลังงานที่กำลังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์

2. เพื่อออกแบบระบบโครงข่ายประสาทดัดแปลงสำหรับการใช้ควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์

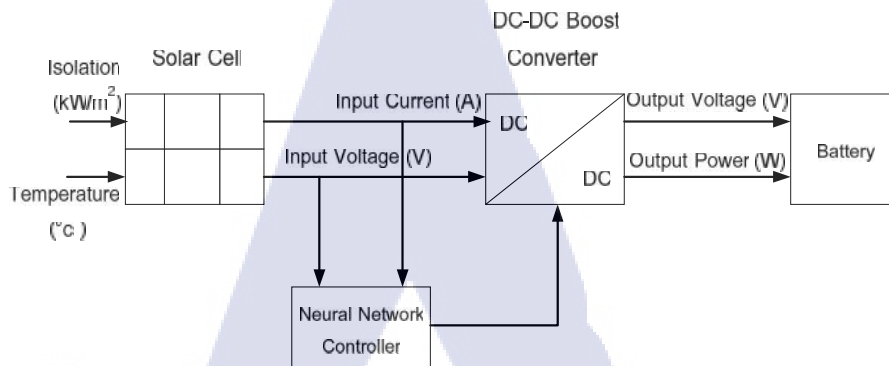
1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยจะมุ่งเน้นวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อลดการกระเพื่อมของสัญญาณเอาต์พุตและการติดตามกำลังสูงสุดด้วยโครงข่ายประสาทดัดแปลงดังแสดงในรูปที่ 1.1 และมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะมุ่งเน้นการศึกษาระบบการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าออกมาโดยจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมแล้วทำการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ส่วนการทำงานจริงจะเลือกรุ่นของเซลล์แสงอาทิตย์รุ่นที่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัย โดยต่อเข้ากับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันและระบบควบคุมด้วยโครงข่ายประสาทดัดแปลง

2. ระบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันจะมุ่งเน้นการศึกษาค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เข้ามาในวงจร ค่าความกว้างของพัลส์ ค่าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ออกจากวงจรรวมถึงโครงสร้างและการทำงานของระบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันหลังจากที่จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แล้วจะนำระบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้งานได้

3. การออกแบบระบบควบคุมด้วยโครงข่ายประสาทดัดแปลงจะมุ่งเน้นศึกษาโครงสร้างและการทำงานของระบบควบคุมด้วยโครงข่ายประสาทดัดแปลง โดยออกแบบให้มีข้อมูลขาเข้าคือแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนข้อมูลขาออกคือความกว้างของพัลส์ที่นำไปควบคุมระบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันจะออกแบบด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แล้วจะทำการติดตั้งด้วยระบบควบคุมด้วยโครงข่ายประสาทดัดแปลงลงในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปใช้งานจริง



รูปที่ 1.1 โครงสร้างงานวิจัยและขอบเขตการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้อุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้าไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์
2. ได้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการใช้ควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic System) หมายถึง ระบบที่เปลี่ยนแสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้าโดยตรงผ่านอุปกรณ์เซลล์แสงอาทิตย์
2. วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน (DC-DC Boost Converter) หมายถึง วงจรที่เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้ากระแสตรงขาเข้าให้มีความมากขึ้น โดยกระแสไฟฟ้าออกยังคงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเช่นเดิม
3. โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ หมายถึง โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำแบบรูปแบบและการอุปมาความรู้อยู่
4. การควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward Control) หมายถึง เทคนิคที่รักษาค่าเอาต์พุตให้คงที่โดยใช้สัญญาณรบกวน เข้ามาเพื่อทำการปรับแต่งค่าให้มีความเหมาะสม ซึ่งเทคนิคนี้นิยมใช้กับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงของตัวาระบ่อยๆ
5. การมอดูเลตแบบปรับความกว้างพัลส์ (Pulse width-Modulation : PWM) หมายถึงการแปลงค่าแอมพลิจูดของสัญญาณให้อยู่ในรูปของความกว้างพัลส์โดยถ้าสัญญาณมีแอมพลิจูดค่าความกว้างพัลส์ก็จะแคบถ้าสัญญาณแอมพลิจูดสูงความกว้างพัลส์ก็จะกว้างค่าแอม

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพื้นฐาน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

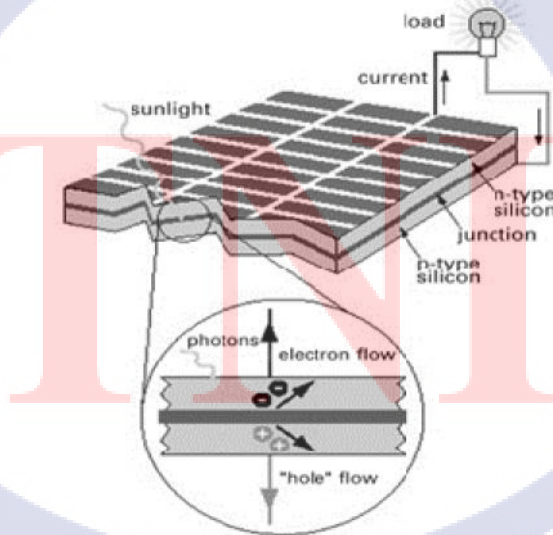
1. ระบบพลังงานแสงอาทิตย์และการติดตามกำลังสูงสุด
2. วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน
3. โครงข่ายประสาทเทียม
4. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการมอดูเลตแบบปรับความกว้างพัลส์
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ระบบพลังงานแสงอาทิตย์และการติดตามกำลังสูงสุด

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำที่สามารถดูดกลืนแสงอาทิตย์ได้ ส่วนมากใช้ซิลิคอน เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวจะถูกเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้าและจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ไปต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าและสามารถทำงานได้รูปที่ 2.1 แสดงหลักการการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยซิลิคอนบางๆ 2 ชั้นประกบกันชั้นหนึ่งจะมีฟอสฟอรัสจำนวนหนึ่งเจือปน เรียกว่า n-type (ขั้วลบ) และอีกชั้นหนึ่งจะมีโบรอนเจือปน เรียกว่า p-type (ขั้วบวก) เมื่อมีแสงมาตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำให้จำนวนอิเล็กตรอนในชั้น n มีมากกว่าในชั้น p และมีค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเกิดขึ้น p-n Junction ถ้ามีการต่อวงจรภายนอกอิเล็กตรอนจะไหลจากด้าน n-type ผ่านโหลดไปยังด้าน p-type เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่าน Load เกิดขึ้นลักษณะแรงดันและเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ละตัวที่ระดับรังสีอาทิตย์ค่าต่างๆ จะเห็นได้ว่าค่ารังสีอาทิตย์มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ถ้ารังสีมีค่าสูง กำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงด้วย นอกจากนี้อุณหภูมิก็จะมีผลต่อสมรรถนะโดยเฉพาะเซลล์แบบ Single-Crystal Silicon ซึ่งสมรรถนะจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เซลล์แสงอาทิตย์มีอยู่ 2 ลักษณะ คือแบบผลึก มีทั้งแบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Solar Cell) และผลึกรวม (Poly Crystalline Solar Cell) และแบบอะมอร์ฟัส (Amorphous Solar Cell) มีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ทั้งสองแบบนี้สร้างมาจากซิลิคอน แต่จะต่างกันตรงที่วิธีการผลิต

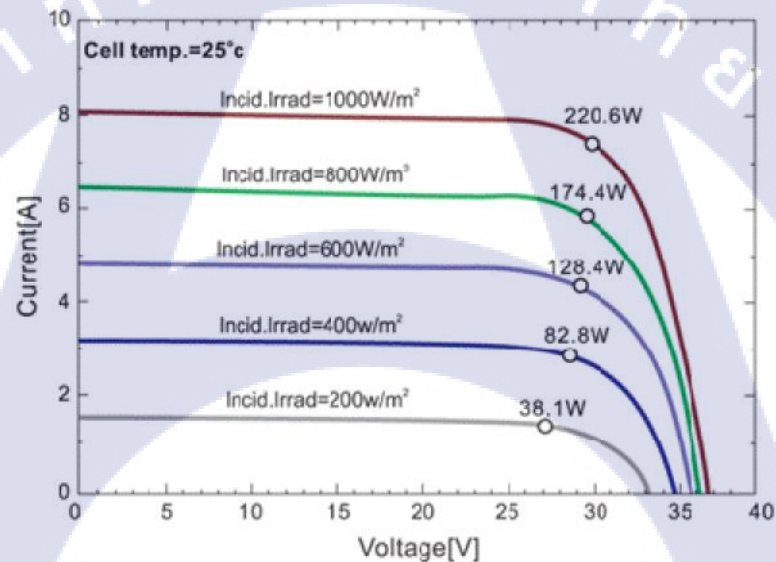
เท่านั้น ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจึงใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากจะนำไปประยุกต์กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือต้องการเก็บพลังงานไว้ก็ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ การใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างมาก ได้มีการนำหรือแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้แทนพลังงานเชื้อเพลิงอื่นๆ ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปจากโลก ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องวิจัยและพัฒนาต่อไปเรื่อยๆ เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานให้ได้ต่อไปในอนาคตในการแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปจะแบ่งได้เป็น 3 ระบบโดยแบ่งตามลักษณะการใช้และการนำไฟฟ้ามาใช้ ได้แก่ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งอิสระ (Stand-Alone Solar System) สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกลหรือในที่ซึ่งไม่มีไฟฟ้าใช้ ระบบเช่นนี้พบมากในพื้นที่ชนบท เขตอุทยานแห่งชาติซึ่งในประเทศไทยจะมีระบบนี้ใช้อยู่ที่เกาะตะรุเตา ห้วยขาแข้งและภูกระดึง หรือมีใช้ในพื้นที่ที่ระบบสายส่งไฟฟ้าหลักไปไม่ถึงนอกจากนี้ยังมีระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดต่อเชื่อมระบบสายส่ง (Grid Connected Solar System) สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้าที่ผลิตได้และจากระบบสายส่ง หรือขายคืนไฟฟ้าที่เกินความต้องการกลับสู่สายส่งการไฟฟ้าได้ระบบสุดท้ายคือ ระบบประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ (Battery Charging System) มีการเก็บไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน เพื่อไปใช้ในเวลากลางคืน โดยการนำไปเพิ่มประจุของชุดแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้าที่ผลิตได้ไว้ในแบตเตอรี่ หลังจากนั้นจะนำไฟฟ้าไปใช้งานที่ต้องการ โดยอาจนำไฟฟ้าที่เก็บไปใช้ในลักษณะที่เหมือนเดิมหรืออาจแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยติดอุปกรณ์เพิ่มก่อนนำไปใช้งานก็ได้ ซึ่งโดยมากจะต่อเข้ากับระบบแรก



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนมากจะเป็นซิลิกอนเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่จำนวนมากบนโลก โดยแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. ซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว (Monocrystalline Si Cells) จะมีประสิทธิภาพ 15-24 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตอบสนองต่อแสงในแถบความยาวคลื่นกว้าง โดยมีประสิทธิภาพที่ดีในช่วงความยาวคลื่นของแสงอาทิตย์ เซลล์ชนิดนี้มีเสถียรภาพทางประสิทธิภาพดี
2. ซิลิกอนแบบหลายผลึก (Polycrystalline Si Cells) จะมีประสิทธิภาพ 10-17 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตอบสนองต่อแสงในแถบความยาวคลื่นกว้าง
3. ซิลิกอนแบบอะมอร์ฟัส (Amorphous Si Cells) จะมีประสิทธิภาพ 8-13 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตอบสนองต่อแสงได้ดีในช่วงความยาวคลื่นสั้นของแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.2 กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับรังสีอาทิตย์ต่างๆ

เซลล์แสงอาทิตย์ เริ่มแรก I_{PH} ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีปัจจัยขึ้นกับอุณหภูมิและความเข้มของแสงตามสมการดังนี้

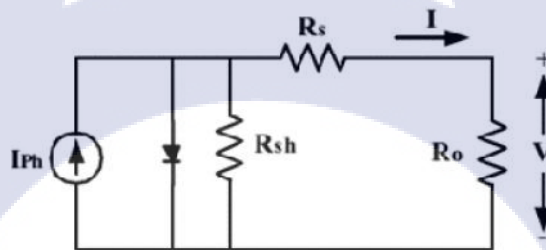
$$I_{PH} = [I_{SC} + k_i (T_C - T_R)]\lambda \quad (2.1)$$

โดยที่ I_{SC} คือ ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ 25°C และที่ 1000W/m^2 , k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ I_{SC} , T_C คือ อุณหภูมิปัจจุบัน, T_R คือ อุณหภูมิอ้างอิง, λ คือ ความเข้มของแสงต่อมา กระแสไฟฟ้าไดโอด I_{D1} จะอธิบายด้วยสมการดังนี้

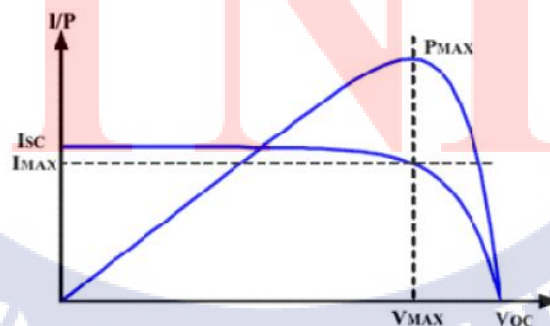
$$I_{D1} = I_{RS} \left(\frac{T_C}{T_R} \right)^3 \exp \left(\frac{qE_G(T_C - T_R)}{T_R T_C K \beta} \right) \left(\exp \left(\frac{q(V_{PV} + I_{PV} R_S)}{\beta K T_C} \right) - 1 \right) \quad (2.2)$$

โดยที่ I_{RS} คือ กระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับ ณ ตำแหน่งอุณหภูมิอ้างอิงและความเข้มแสงมาตรฐาน, q คือ ค่าประจุอิเล็กตรอน, E_G คือ พลังงาน Band-Gap ของเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ในเซลล์, K คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann, β คือ ค่าแฟกเตอร์อุณหภูมิสุดท้ายกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานอนุกรม (R_p) ตามกฎของโอห์มได้สมการคือ

$$I_p = \frac{I_{PV} R_S + V_{PV}}{R_p} \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.4 กราฟคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อพิจารณาเงื่อนไข Open-Load และประยุกต์ใช้กฎของเคอร์ชอฟที่อินพุตโหนด สมการกระแสไฟฟ้าสามารถเขียนได้ในรูป

$$I_{SC} = I_{D1} + I_p + I_{PV} \quad (2.4)$$

หรือเขียนสมการในอีกรูปหนึ่งคือ

$$I_{PV} = I_{PH} - I_{D1} - I_p \quad (2.5)$$

เมื่อนำสมการที่ (2.4) แทนลงในสมการที่ (2.5) จะได้แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ V_{PV}

$$V_{PV} = (I_{PH} - I_{D1} - I_p) R_p - I_{PV} R_S \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นกับกระแสไฟฟ้าสามชนิด ได้แก่ I_{PH} I_{D1} และ I_p ส่วนตัวแปร T_C และ λ คือ ตัวแปรอิสระที่ขึ้นกับสภาพแวดล้อม

การติดตามกำลังสูงสุด

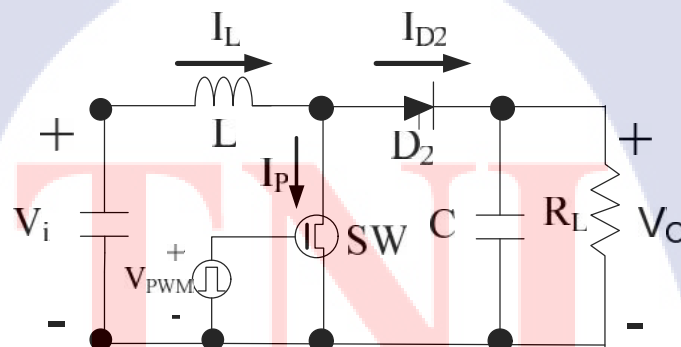
การติดตามกำลังสูงสุดคือ ขั้นตอนวิธีการที่ถูกรวมเข้าไว้ในอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้ในการทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าให้ได้สูงสุดทั้งนี้ กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความเข้มของแสงอาทิตย์ (Solar Radiation), อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (Ambient Temperature) และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Temperature) ระบบ MPPT ได้รับการออกแบบให้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับการตรวจสอบกำลังไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ค่ากำลังผลิตสูงสุดในแต่ละเวลาตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ได้รับ ในรูปของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ด้วยขั้นตอนวิธีของ MPPT ที่จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้ามกขึ้นหากตรวจสอบพบว่ากลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกสูงกว่าจะย้ายจุดควบคุมไปยังแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกของกลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น

หลักการสำคัญของการติดตามกำลังสูงสุดคือ การดึงกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุดโดยการทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดโดยทำการตรวจสอบที่เอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วจึงเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าของ

แบตเตอรี่ในระบบ จากนั้นกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายออกเพื่อทำการประจุลงในแบตเตอรี่และทำการแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการประจุแบตเตอรี่ การติดตามกำลังสูงสุดมีประสิทธิภาพสูงหากทำงานภายใต้สภาวะเหล่านี้ได้แก่ สภาวะอากาศเย็นหรือฤดูหนาว ซึ่งโดยปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ถึงแม้ในช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศเย็น จะมีช่วงเวลาการตกกระทบของแสงอาทิตย์ (Sun Hours) น้อย หากมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยระบบการติดตามกำลังสูงสุดจะทำให้เกิดการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดมากยิ่งขึ้นไปอีก แต่จะมีการสูญเสียพลังงานน้อยมากนอกจากนี้การติดตามกำลังสูงสุดมีประสิทธิภาพสูงหากสภาวะที่มีการประจุแบตเตอรี่ต่ำ เนื่องจากยังมีอัตราการประจุแบตเตอรี่ต่ำ จะทำให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบการติดตามกำลังสูงสุดมากขึ้น

2. วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน

รูปที่ 2.5 แสดงวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย ตัวเหนี่ยวนำ มอสเฟตสวิตช์ ไดโอด ตัวเก็บประจุขาออก ตัวต้านทานโหลด ตัวเก็บประจุขาเข้า นั้นอยู่ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของระบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันจะมีค่าเท่ากับ V_{PV} ส่วนแรงดันไฟฟ้าขาออก V_o สามารถเปลี่ยนค่าได้โดยขึ้นกับความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ของการปรับความกว้างของพัลส์



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน

(Pulse Width Modulation : PWM) โดยสมการกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าสามารถเขียนได้ในรูปเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{V}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -(1-u)/L \\ (1-u)/C_0 & 1/R_L C_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ V_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{PV} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

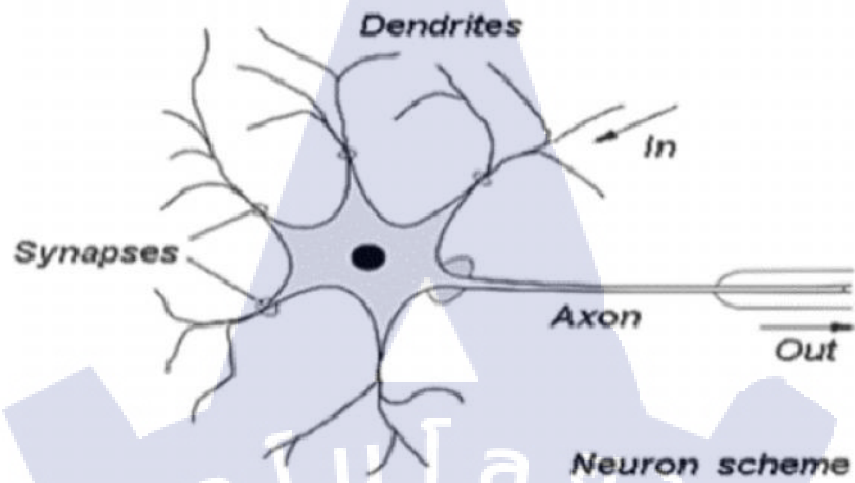
โดยที่ u คือ ความกว้างของพัลส์แรงดันไฟฟ้าขาออกขึ้นกับความกว้างของพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา เมื่อพิจารณากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากสมการที่ 2.1-2.6 สามารถเขียนสมการในรูปของฟังก์ชันคือ

$$V_0 = f(V_{PV,u}) = f(f(T_C, \lambda), u) \quad (2.8)$$

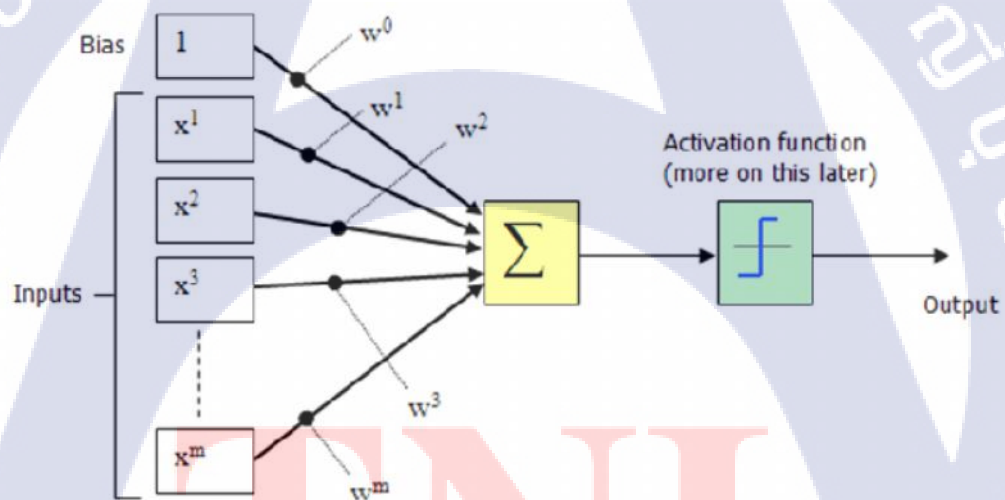
แรงดันไฟฟ้าขาออก V_0 มีค่าเท่ากับฟังก์ชันของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ V_{PV} และความกว้างของพัลส์ u และนอกจากนี้แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ V_{PV} มีค่าเท่ากับฟังก์ชันของอุณหภูมิ T_C และความเข้มแสง λ อนึ่ง ปัจจัยที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้ดีและให้พลังงานไฟฟ้าอย่างเต็มที่รวมไปถึงความเข้มของแสง เซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้ดีเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในทิศตั้งฉาก กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะสูงขึ้นเมื่อแสงอาทิตย์ที่ได้รับมีความเข้มสูง โดยความเข้มของแสงมีผลน้อยต่อแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งสอดคล้องกับวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าอีกทั้งอุณหภูมิการใช้งาน กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิใช้งาน แต่แรงดันไฟฟ้าจากเซลล์รับแสงอาทิตย์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

3. โครงข่ายประสาทเทียม

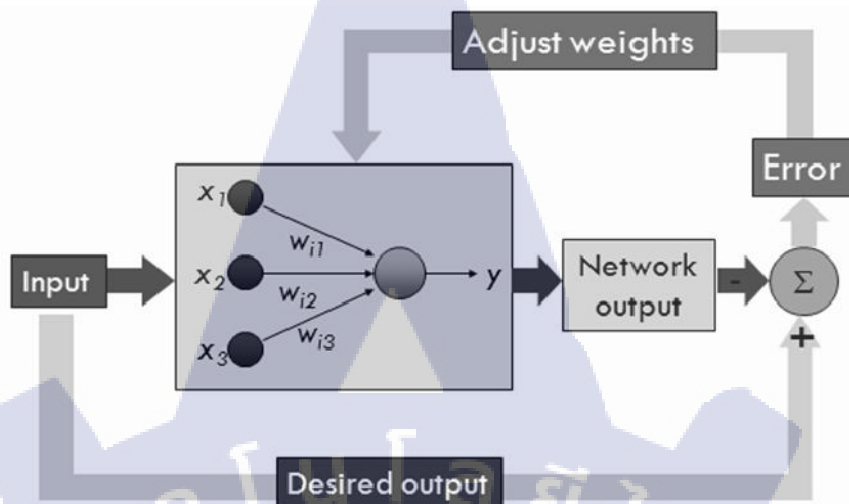
โครงข่ายประสาทเทียมคือโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำแบบรูปแบบ (Pattern Recognition) และการอุปมานความรู้ (Knowledge Deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ซึ่งในโครงข่ายประสาทเทียมจะเป็นประยุกต์ใช้งานความสามารถในการจดจำแบบรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อควบคุมการป้อนกลับของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทวนแรงดัน



รูปที่ 2.6 เซลล์ประสาท (Neural) ในสมองมนุษย์



รูปที่ 2.7 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)



รูปที่ 2.8 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้อัลกอริทึมในการฝึกแบบ Back Propagation

แนวคิดเริ่มต้นของโครงข่ายประสาทเทียมมาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Neural) และจุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท ที่เรียกว่าเดนไดรต์ (Dendrite) ซึ่งเป็นอินพุตและปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่าแอกซอน (Axon) ซึ่งเป็นเหมือนเอาต์พุตของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอนของมันเมื่อเปรียบเทียบกับระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ที่การทำงานจะเริ่มจากนำข้อมูลอินพุตเข้ามาและคูณกับค่าน้ำหนัก (Weight) ของอินพุตตำแหน่งนั้นๆ จากนั้นรวมค่าที่ได้จากทุกๆ อินพุตและนำไปเข้าฟังก์ชันการกระตุ้น (Activate Function) ที่กำหนดไว้แล้วจะได้ค่าเอาต์พุตถูกส่งออกจากเซลล์ประสาทและเอาต์พุตนี้ก็จะถูกส่งไปยังอินพุตของเซลล์ประสาทอื่นๆ

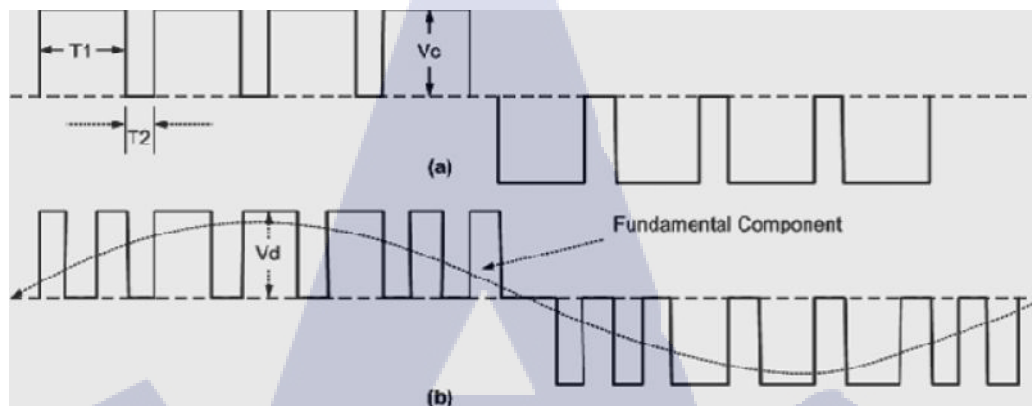
โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียมคือ Back Propagation เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการฝึก (Train) โครงข่ายประสาทเทียมก่อนที่จะนำไปใช้งานโดยหลักการของ Back Propagation จะเป็นการวนรอบการทำงานเพื่อปรับค่าน้ำหนักในเส้นเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท ให้เหมาะสม โดยการปรับค่านี้นี้จะขึ้นกับค่าที่ผิดพลาดที่ได้จากความแตกต่างของค่าเอาต์พุตคำนวณได้ กับค่าเอาต์พุตที่ต้องการ (Desired Output) ซึ่งหลักการดังกล่าวของ Back Propagation นั้นจัดเป็นการเรียนรู้แบบ Supervised ซึ่งเป็นการเรียนแบบที่มีการกำหนดเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมปรับตัว

ชุดข้อมูลที่ใช้สอนจะมีคำตอบ (Desired Output) ไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกหรือไม่ถ้ายังไม่ถูกโครงข่ายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น

4. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการมอดูเลตแบบปรับความกว้างพัลส์

การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width-Modulation : PWM) คือ การแปลงค่าแอมพลิจูดของสัญญาณให้อยู่ในรูปของความกว้างพัลส์โดยถ้าสัญญาณมีแอมพลิจูดค่าความกว้างพัลส์ก็จะแคบถ้าสัญญาณแอมพลิจูดสูงความกว้างพัลส์ก็จะกว้างค่าแอมพลิจูดที่นำมาแปลงเป็นความกว้างพัลส์นี้จะได้มาจากการชักตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณ แล้วนำค่าที่ชักตัวอย่างนี้ไปสร้างพัลส์ที่มีแอมพลิจูดคงที่แต่ความกว้างแปรผันตรงกับขนาดสัญญาณที่ถูกชักตัวอย่างดังนั้นถ้าสัญญาณอินพุตถูกชักตัวอย่าง n ครั้งต่อไฮเคิลก็จะได้สัญญาณพัลส์ออกมา n ลูกต่อไฮเคิลลักษณะสัญญาณ PWM เป็นการสร้างสัญญาณ PWM จากสัญญาณอินพุตที่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมซึ่งไม่แสดงให้เห็นลักษณะของสัญญาณอินพุตในรูปนี้เนื่องจากสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมีแอมพลิจูดคงที่ดังนั้นรูปคลื่น PWM ที่ได้จะมีความกว้างพัลส์คงที่จากรูปมีพัลส์ใน 1 ไฮเคิลแสดงว่ามีการแซมปลิง 8 ครั้งใน 1 ไฮเคิลนั่นเองจากรูปที่ 2.8 เป็นการสร้างพัลส์ PWM จากรูปคลื่นไซน์ซึ่งแสดงในภาพด้วยเส้นประจะเห็นได้ว่ามีค่าแอมพลิจูดต่ำๆ พัลส์จะแคบที่แอมพลิจูดสูงๆ พัลส์จะกว้างทำให้ PWM ของรูปคลื่นมีลักษณะที่เริ่มจากพัลส์แคบๆ ก่อนแล้วค่อยๆ กว้างขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดพีค (Peak) ของพัลส์รูปคลื่นไซน์จะกว้างที่สุดแล้วจะค่อยๆ ลดความกว้างลงเรื่อยๆ จนเป็นศูนย์แล้วจึงเริ่มกลับค่าเป็นลบโดยรูปคลื่นในช่วงบวกและลบจะสมมาตรซึ่งกันและกันจะนำหลักการพื้นฐาน (PWM) มาใช้โดยการนำเอาสัญญาณ 2 สัญญาณมาเปรียบเทียบกันแล้วนำสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบไปสับสวิตช์ควบคุมโหลดจะนำสัญญาณสามเหลี่ยมและสัญญาณไซน์มาเปรียบเทียบกัน

ในการควบคุมระดับแรงดันให้คงที่ของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิงซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เทคนิคการควบคุมความกว้างของพัลส์ (PWM) ซึ่งเป็นการควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่ถูกพัลส์สวิตชิงอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต ไอจีบีที หรืออื่นๆ ผลทำให้เกิดการควบคุมแรงดันที่เอาต์พุตให้ได้ค่าตามที่ต้องการซึ่งข้อดีของการควบคุมแรงดันแบบ (PWM) คือสามารถรักษาระดับแรงดันให้มีความคงที่สูงเพราะมีการป้อนกลับระดับแรงดันจากเอาต์พุตมาใช้ในการควบคุมด้วยรวมทั้งทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานในการควบคุมแรงดันต่ำส่งผลให้มีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อการใช้งานสูง



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์ของสัญญาณ PWM

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยจำนวนห้างานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันชนิดอินเวอร์ตอร์สัฟเพื่อติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจากตารางที่ 2.1 มาเรียน; และอันโตนิโอ (Marian K. Kacimierzuk; and Antonio Massarini. 1997) ได้ใช้การควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าโดยใช้การมอดูเลตแบบปรับความกว้างพัลส์เป็นการวิเคราะห์ห้วงจรสำหรับการใช้งานที่สภาวะคงตัว ในการศึกษาจะมุ่งเน้นการใช้งานที่สภาวะคงตัวเมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า ๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเวลา แต่สำหรับตัวอย่างสถานการณ์แบบนี้อาจเกิดขึ้นเมื่อด้านอินพุตของตัวแปลงแรงดันลดลงตามเวลา แต่การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

นอกจากนี้จะเห็นว่า อภินันท์ อรุโสมถ (2552) ได้นำเสนอทางเลือกในการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าในวงจรแปลงผันกำลัง ซึ่งเป็นการนำเทคนิคการควบคุมที่เรียกว่าการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed-Forward Control) ที่ใช้ในการควบคุมวงจรแปลงผันกำลัง (Power Converter) ซึ่งเทคนิคนี้สามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้ในขณะที่แหล่งจ่ายแรงดันไม่เป็นอุดมคติ โครงสร้างพื้นฐานของแต่ละเทคนิค รวมทั้งข้อดีข้อเสียจะถูกอธิบายและแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานกับวงจรแปลงผันกำลังแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยจำนวนสิบงานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบแปลงผันไฟฟ้า
กระแสตรงแบบทบทแรงดัน

ลำดับที่	เอกสารอ้างอิง	เทคนิคการควบคุมที่นำเสนอในงานวิจัย
1	Marian K. Kacimierzuk; and Antonio Massarini. (1997)	การควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าโดยใช้การมอดูเลตแบบปรับความกว้างพัลส์
2	อภิรักษ์ อรุโสมณ. (2552)	การควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าในวงจรแปลงผันกำลัง
3	Mohamed Azab. (2009)	นำโครงข่ายประสาทเทียมมาปรับปรุงการติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์
4	S. Kamtip; and K. Bhumkittipich. (2011)	นำวงจรแปลงผันไฟฟ้าชนิดอินเวอร์ตลิฟมาใช้กับพลังงานทดแทน
5	R.Seyezhai (2011)	การออกแบบของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันชนิดอินเวอร์ตลิฟสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงระบบ
6	เดชนิตร อัมปริดา; และวันชัย ทรัพย์สิงห์ (2554)	ใช้ MATLAB/Simulink ในการจำลองเซลล์แสงอาทิตย์แบบทันเวลา
7	FarzadSedaghati; Ali Nahavandi; Mohamad Ali Badamchizadeh; Sehraneh Ghaemi; and Mehdi Abedinpour Fallah (2012)	การติดตามหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เป็นไปได้จากระบบโซลาเซลล์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการควบคุมความกว้างพัลส์ ของวงจรแปลงผันกระแสตรงแบบบูส(Boost Converter)
8	Mahmoud A. Younis; Tamer KHATIB; Mushtag NAJEEB; and A Mohd ARIFFIN (2012)	ได้ทำการปรับปรุงการติดตามกำลังสูงสุดในการควบคุมระบบเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
9	SonalPanwar; and R.P.Saini. (2012)	ใช้ MATLAB/Simulink ในการพัฒนาแล้วจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ต้นแบบ
10	Fredy Hernan Martinez Sarmiento; Digeo Fernando Gemez Molano; and Mariela Castiblanco Ortiz (2012)	นำโครงสร้างเซลล์ประสาทเทียมมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อการควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้าโดยตรง

โมฮัมหมัด อาซาด (Mohamed Azab. 2009) ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาปรับปรุงการติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งบทความนี้ต้องการนำเสนอการติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้เสนอขั้นตอนวิธีการตรวจสอบการติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ การคำนวณกำลังสูงสุดได้ถูกใช้เป็นตัวอ้างอิงของระบบควบคุม การควบคุมกำลังงานการ เปิด/ปิด ถูกควบคุมด้วย Hysteresis ถูกใช้ในการควบคุมการทำงานของ Buck Chopper แต่การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ดีจะคำนวณค่ากำลังสูงสุดสำหรับขั้นตอนวิธีการการติดตามกำลังสูงสุด ความแตกต่างที่สำคัญก็คือวิธีการที่เสนอใช้ในการควบคุมโดยตรง การติดตามกำลังสูงสุดมีข้อดีหลายประการ คือ มีความเรียบง่าย มีความรวดเร็วในการเบนเข้าหากันและเป็นอิสระบนตัวเซลล์แสงอาทิตย์ มีวิธีการทดสอบภายใต้สภาวะการใช้งานต่างๆ ผลที่ได้มีการพิสูจน์แล้วว่าการติดตามกำลังสูงสุดทำงานภายใต้การเปลี่ยนแปลงของระดับรังสีอย่างฉับพลัน

อัมหมัด ซาดี ซาโมเซอร์; ตัฟฟิก อับ จาฟาร์ ซาไฟ; และอับดุล ฮาลิม โมดาทิม (Ahmad Saudi Samosir; Taufiq Adb Jaafar Shafie; and Abdul Halim Mohdyatim. 2011) ใช้วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันชนิดอินเวอร์ตลิฟมาใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงโดยวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันชนิดอินเวอร์ตลิฟได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงของยานพาหนะเพื่อพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันชนิดอินเวอร์ตลิฟถูกใช้ในการปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าในปัจจุบันรวมถึงพลังงานของเครื่องยนต์เพื่อตอบสนองความต้องการของยานพาหนะซึ่งเป็นหนึ่งความท้าทายในการออกแบบ สำหรับการประยุกต์ใช้งานจะจัดการที่ด้านอินพุต ในบทความนี้ได้นำเสนอวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันชนิดอินเวอร์ตลิฟมาใช้เพื่อช่วยลดการกระเพื่อมของตัวเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในปัจจุบันและยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวงจร

เอส คัมทิพย์; และเค บุมกิตติพิตช์ (S. Kamtip; and K. Bhumkittipich. 2011) ใช้วงจรแปลงผันไฟฟ้าชนิดอินเวอร์ตลิฟมาใช้กับพลังงานหมุนเวียนซึ่งบทความนี้นำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์วงจรแปลงผันไฟฟ้าชนิดอินเวอร์ตลิฟเพื่อประยุกต์ใช้กับพลังงานทดแทนตามการเปลี่ยนแปลงคำสั่งของการป้อนข้อมูลของแหล่งพลังงานทดแทนที่มีการเปลี่ยนแปลง บทความนี้เสนอการเพิ่มวงจรแปลงผันไฟฟ้าชนิดอินเวอร์ตลิฟในการควบคุมแรงดันเอาต์พุตที่ 600V โดยโครงสร้างของวงจรจะควบคุมช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ช่วง 100V-300V และมีแรงดันเอาต์พุต 600V ซึ่งถูกควบคุมด้วยการเปลี่ยนสัญญาณที่มีการสับเปลี่ยนความถี่และเฟสเดียวกัน สัญญาณอินพุตในปัจจุบันสามารถใช้ร่วมกันระหว่างเซลล์เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือสูงและประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้แล้วยังได้ปรับปรุงลักษณะของระบบดังกล่าว เช่น การบำรุงรักษาและซ่อมแซม นอกจากนี้แล้วประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้รับการออกแบบที่ค่อนข้างดีทั้งหมดนี้ตรวจสอบโดยการสร้างแบบจำลอง

เอ็ม เอส อิตเช็ค; เอ็ม ฮัตตาดิ; และเอ เซอร์โซวรัส (M.S.AitCheikh; M.haddadi; and A.Zerguerras. 2007) ได้เสนอวิธีการสำหรับการควบคุมการติดตามกำลังสูงสุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้การควบคุมแบบอิล็กทรอนิกส์ในการติดตามกำลังสูงสุดของเครื่องกำเนิดพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งสนใจกำลังไฟด้านเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์โดยจะประเมินผ่านสามตัวแปรหลักๆ คือ การแปรผันของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของรอยต่อและข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงแรงดันในการชาร์ต

เดชนิตธร อัมปรีดา; และวันชัย ทรัพย์สิงห์ (2554) ใช้ MATLAB/Simulink ในการจำลองเซลล์แสงอาทิตย์แบบทันเวลา โดยบทความนี้เป็นการนำเสนอ แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสร้างขึ้นจากสมการพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อศึกษาผลกระทบของความเข้มแสง, อุณหภูมิ, ตัวแปรของไดโอด, ตัวต้านทานอนุกรมและขนานต่อจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะนำไปพัฒนาวิเคราะห์ในรูปแบบทันเวลาเพื่อนำไปประยุกต์เชื่อมต่อกับวงจรแหล่งจ่ายจริงด้วยการดอินเตอร์เฟสต่อไปเพื่อเปรียบเทียบผลการจำลองระบบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางพาณิชย์ทำให้สามารถศึกษาคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ อีกทั้งยังสามารถใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมในงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้อีกด้วยซึ่งจากการทดสอบแบบจำลองพบว่าค่าความต้านทานอนุกรมและขนานมีผลต่อค่า Fill Factor, ตัวแปรไดโอดและอุณหภูมิทำงานของเซลล์ส่งผลต่อแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์และความเข้มแสงส่งผลต่อกระแสขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์

ฟาซาด เซดฮาดี; อาลี นาฮาวานดี; มุฮัมหมัด อาลี บาดัมชิซาเดส; เซอรัณ แกมมิ; และม็ดดิ อเบดินพัฟว์ ฟัลเล (Farzad Sedaghati; Ali Nahavandi; Mohamad Ali Badamchizadeh; Sehraneh Ghaemi; and Mehdi Abedinpour Fallah. 2012) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมทำการติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้มาจากการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการติดตามกำลังสูงสุดที่จะกล่าวถึง ค่าความผิดพลาดของอัลกอริทึมที่ใช้ในการฝึกฝนตัวโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งถูกใช้ในการสั่งการให้ฝึกฝน ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมจะได้เปรียบในเรื่องของความเร็วและการติดตามที่แม่นยำเพื่อที่จะติดตามกำลังสูงสุด โดยวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมนี้ถูกใช้ระบุการอ้างอิงจากแรงดันของการติดตามกำลังสูงสุดภายใต้สภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกัน โดยโดยการควบคุมการใช้งานที่ถูกต้องของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อติดตามกำลังสูงสุดซึ่งมีความเป็นไปได้ ในการวิเคราะห์การตรวจสอบผลการจำลองโดยใช้ MATLAB/Simulink

มุฮัมหมัด เอ โยนิส; ทาเมอร์ คาทิพย์; มุสแตง นาจีส; และมุส อะลิฟฟิน (Mahmoud A. Younis; Tamer KHATIB; Mushtag NAJEEB; and A Mohd ARIFFIN. 2012) ได้ทำการปรับปรุงการติดตามกำลังสูงสุดในการควบคุมระบบเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมโดยบทความนี้ต้องการนำเสนอการปรับปรุงแก้ไขในการหาค่ากำลังสูงสุดในการควบคุมระบบเซลล์

แสงอาทิตย์ โครงข่ายประสาทดัดแปลงและวิธีการการแก้ปัญหาแบบ P&O เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์รูปแบบของ MATLAB สำหรับโครงข่ายประสาทดัดแปลง ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์และวิธีการการแก้ปัญหาแบบ P&O ถูกพัฒนาขึ้นแต่ในการพัฒนาการติดตามกำลังสูงสุดโดยใช้โครงข่ายประสาทดัดแปลงเข้ามาประยุกต์ใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อที่จะดึงจุดกำลังที่สูงที่สุด ในการพัฒนาโครงข่ายประสาทดัดแปลงควรที่จะมีการตั้งค่าการแพร่ย้อนกลับรวมถึงค่าพารามิเตอร์ 4 ค่า ได้แก่ รังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของ ISC และ VOC จากแบบจำลองของเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์คือการพัฒนาโครงข่ายประสาทดัดแปลงขึ้นอยู่กับผลการตอบสนองในการควบคุมการติดตามกำลังสูงสุดที่ได้เสนอซึ่งมีความรวดเร็วมากกว่ามากกว่าวิธีการการแก้ปัญหาแบบ P&O แต่ประสิทธิภาพในการติดตามเฉลี่ยของการพัฒนากระบวนการการแก้ปัญหาเป็น 95.51% เทียบกับ 85.99% ของวิธีการการแก้ปัญหาแบบ P&O แต่การพัฒนาถูกควบคุมเพิ่มมากขึ้นในประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

โซแนล พันวา; และอาร์พี โซนี (Sonal Panwar; and R.P.Saini. 2012) ใช้ MATLAB /Simulink มาพัฒนาแล้วจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ต้นแบบซึ่งบทความนี้ได้ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นที่รู้จักกันมากที่สุด รูปแบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้โดยทั่วไปคือใช้ MATLAB/Simulink ปัญหาที่คือการพัฒนาแบบจำลองของตัวพารามิเตอร์ทั้ง 4 ตัวในการนำเสนอในงานชิ้นนี้จะทำการจำลองโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ MATLAB ประกอบกันด้วยการเชื่อมต่อแบบขนานที่มีความเหมาะสมมากสำหรับการติดตามกำลังสูงสุด ผลของความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละรุ่นสามารถใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์และการจำลองด้วยวิธีการติดตามกำลังสูงสุด

เฟรดี เฮอร์นัน มาร์ติเนซ ซาเมนโต; ไดโก เฟร์นันโด เทอร์เมสโมราน; และมาเรียล่า แคสตีบาโก ออติส (Freddy Hernan Martinez Sarmiento; Digeo Fernando Gmez Molano; and Mariela Castiblanco Ortiz. 2012) ได้นำโครงสร้างเซลล์ประสาทดัดแปลงมาเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อการควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้าโดยตรงโดยในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นเทคนิคการพัฒนาที่ดีในการออกแบบและมีประสิทธิภาพการทำงานแต่เครื่องมือเหล่านี้บางส่วนจำเป็นต้องใช้การพิจารณาและกลยุทธ์เพื่อการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดในการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสม บทความนี้ได้แนะนำการควบคุมบนพื้นฐานของประสาทดัดแปลงที่ได้รับการปรับปรุงด้านกลยุทธ์การค้นหาคิวภาพเพื่อประสิทธิภาพที่สำคัญของโครงข่าย ในด้านโครงข่ายและค่าน้ำหนักถูกนำมาใช้ซึ่งประสบผลสำเร็จ ผลที่ได้ช่วยทำให้เราสังเกตไดนามิกของผลการดำเนินงานเพื่อที่จะตอบสนองในเรื่องของเวลาและการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุตสามารถสรุปได้ว่าเกณฑ์ที่ใช้ควบคุมการออกแบบว่ามีความเหมาะสมหรือไม่

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กระบวนการวิจัย

กระบวนการวิจัยรวมไปถึงการวิเคราะห์และหลักการทำงานของวงจรแปลงผันไฟฟ้า กระแสตรงแบบทบแรงดันซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำมาจำลองหลักการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อศึกษาลักษณะพลวัต (Dynamic Characteristic) ของระบบและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 แมทแล็บซิมูลิงค์

ในการทำงานวิจัยชิ้นงานนี้จำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม MATLAB ก่อนย่อมาจากคำว่า Matrix Laboratory ภาษาคอมพิวเตอร์ขั้นสูง (High-Level Language) เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการจำลองพลวัตของระบบ โปรแกรม MATLAB สามารถจำลอง ทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบพลวัตในเชิงเวลาได้โดยการใช้ Simulink ซึ่งเป็นเครื่องมือ (Toolbox) ที่อยู่ในโปรแกรม MATLAB โดยจะทำงานภายใต้หน้าต่างที่เป็นการเชื่อมต่อทางรูปภาพ (GUI) ของ Simulink เท่านั้น การใช้งาน Simulink จะทำได้โดยการนำ Block Diagram แต่ละบล็อกในหน้าต่าง Library Simulink มาต่อกันตามที่เรากำลังต้องการ การสร้างระบบด้วย Simulink ต้องทราบถึงโครงสร้างและกระบวนการโดยรวมของระบบก่อนและสามารถจำลองระบบได้ทั้งระบบที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น ระบบเวลาต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง การจำลองระบบสามารถกระทำได้โดยการป้อนอินพุตให้กับระบบที่สร้างไว้ แล้วดูผลลัพธ์ของระบบต่อเนื่องจากอินพุตที่ป้อนเข้าไปโดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เข้ามาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแปลงข้อมูลขาออกในรูปของค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างพัลส์ เพื่อไปควบคุมวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในสภาวะที่ความเข้มของแสงเปลี่ยนหรืออุณหภูมิเปลี่ยนอย่างกะทันหัน

3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานที่ต้องการได้ โดยมีส่วนประกอบหลักคือ ซีพียู (หน่วยประมวลผล : CPU) หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) หน่วยความจำถาวร (ROM) อินพุต, เอาต์พุต โดยจะใส่ตัวโครงข่าย

ประสาทเทียมลงไปไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเชื่อมต่อวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดัน และระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.3 ออสซิลโลสโคป

งานวิจัยนี้ใช้ INSTEK GDS-1152A ดิจิตอลออสซิลโลสโคปซึ่งเป็นออสซิลโลสโคป 2 แชนแนล ที่มีแบนด์วิดท์ 150 MHz มีอัตราการสุ่ม 1GSa/s Real-time Sampling Rate, 25GSa/s Equivalent-Time และมีหน่วยความจำ 2M นอกจากนี้จะใช้ Digital Multimeter Fluke 115 ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Oscilloscope รุ่น GDS-1152A และ Digital Multimeter Fluke 115

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 ความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ทั้งสองข้อมูลนี้คือข้อมูลที่ได้มาจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ

3.3.2 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจากความเข้มของแสงอาทิตย์และอุณหภูมิสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

3.3.3 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมถูกนำเข้ามาช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแปลงข้อมูลขาออกในรูปของค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างพัลส์ เพื่อไปควบคุมวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในสภาวะที่ความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงหรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน

3.3.4 แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเป็นข้อมูลที่ได้ออกมาจากวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดัน โดยข้อมูลที่รับมาคือแรงดัน ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

3.4 การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ข้อมูลขาเข้า (Input) เป็นการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ซึ่งข้อมูลนี้ ได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

3.4.2 ประมวลผล (Processing) เป็นขั้นตอนการออกแบบระบบและคำนวณสำหรับงานวิจัย โดยข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งไปยังโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนำข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าที่ดีที่สุด จากนั้นจึงรับข้อมูลขาเข้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นำมาควบคุมความกว้างพัลส์ของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันเพื่อให้วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันมีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น

3.4.3 ผลลัพธ์ (Output) เป็นขั้นตอนที่นำผลจากการขั้นตอนที่ได้จากการประมวลผลมาเขียนเป็นรายงานและเสนอในรูปแบบของกราฟ โดยข้อมูลที่น่าเสนอในขั้นตอนนี้คือแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดันที่เปลี่ยนไป โดยงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และข้อมูลที่ได้จากวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบแรงดัน

3.4.4 การเปรียบเทียบระหว่างการจำลองด้วยโปรแกรมแมทแล็บซิมูลิคส์และชิ้นงานจริงหลังจากที่จำลองด้วยโปรแกรมแมทแล็บซิมูลิคส์แล้วจะทำชิ้นงานจริง จากนั้นทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการจำลองและชิ้นงานจริงว่ามีค่าความผิดพลาดมากน้อยแค่ไหน โดยแสดงออกมาเป็นรายงานและกราฟ

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัย

4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโซลาร์เซลล์เซลล์แสงอาทิตย์ (PV Cell)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้เซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SunPower SPR-305-WHT จำนวน 1 เซลล์ เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 305 วัตต์ โดยจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ปริมาณแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ และอุณหภูมิ 25°C ดังนี้

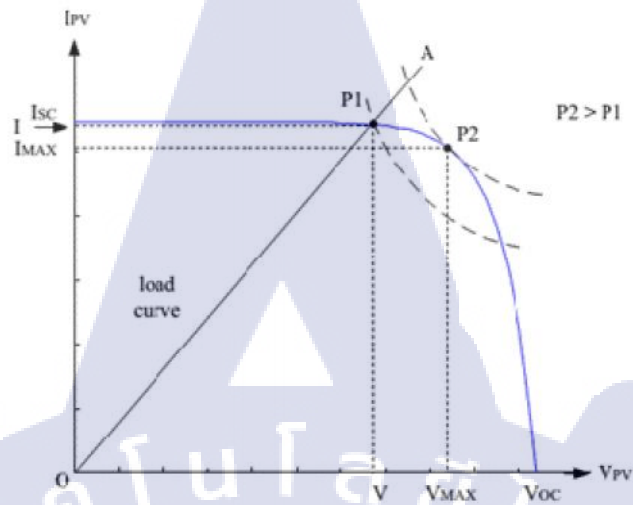
กำลังสูงสุดที่จ่ายได้ ($P_{\max}$)	305 W
แรงดันที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด ($V_{\max}$)	54.7 V
กระแสที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด ($I_{\max}$)	5.58 A
แรงดันขณะเปิดวงจร (V_{oc})	64.2 V
กระแสลัดวงจร (I_{sc})	5.96 A

จากข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์จะได้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งาน ดังนี้

กำลังสูงสุดที่จ่ายได้ ($P_{\max}$)	305 W
แรงดันที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด ($V_{\max}$)	54.7 V
กระแสที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด ($I_{\max}$)	5.58 A
แรงดันขณะเปิดวงจร (V_{oc})	64.2 V
กระแสลัดวงจร (I_{sc})	5.96 A

4.2 วิธีการหาจุดจ่ายกำลังสูงสุด

การจ่ายกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับโหลดพบว่าเส้นกราฟคุณสมบัติของโหลด (Load Line) จะต้องเหมาะสมกับเส้นกราฟระหว่างแรงดันและกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าจากเส้นกราฟคุณสมบัติของเซลล์ดังรูปที่ 4.1 พบว่าจากเส้นกราฟคุณสมบัติของโหลดที่แสดงด้วยเส้น OA เซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายกำลังเป็น P_1 ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากำลังที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายได้สูงสุดคือ P_2 ดังนั้นจึงต้องหาจุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงของแสงอาทิตย์และอุณหภูมิจะต้องเทคนิคต่างๆ ดังนี้



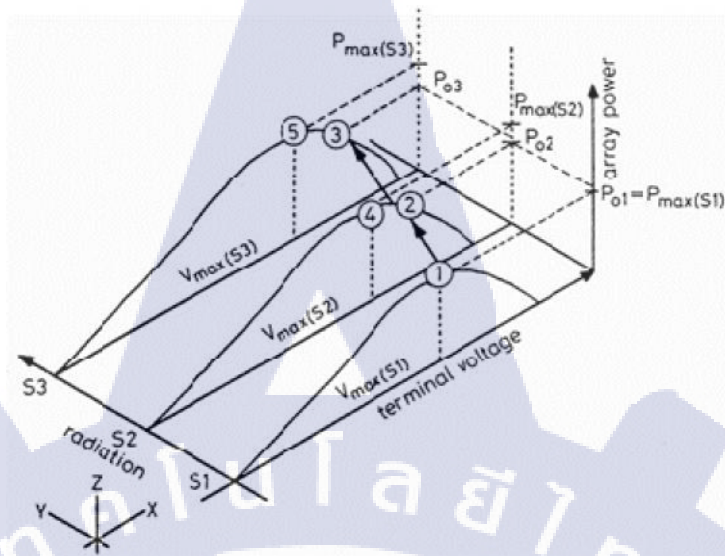
รูปที่ 4.1 ผลของโหลดต่อเซลล์แสงอาทิตย์

4.2.1 วิธีการรบกวนและการสังเกต (Perturbation and Observation : P&O)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนทำงานเป็นคาบเวลาโดยใช้การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในคาบเวลาปัจจุบันกับคาบเวลาก่อนดังสมการ

$$dP = p(k) - p(k-1) \quad (4.1)$$

โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวกระบบจะปรับทิศทางของแรงดัน (เพิ่มหรือลดแรงดัน) ตามทิศทางเดิม และถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นลบระบบจะปรับทิศทางของแรงดันสวนทางกับทิศทางเดิมเพื่อวิ่งเข้าหาจุดจ่ายกำลังสูงสุดซึ่งวิธีนี้จะทำงานได้ดีที่สภาวะคงตัว (สภาวะที่ปริมาณแสงและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ) แต่จะมีข้อเสียคือเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงอย่างรวดเร็วจะทำให้การตามหาจุดจ่ายกำลังสูงสุดผิดพลาดได้ดังรูปที่ 4.2

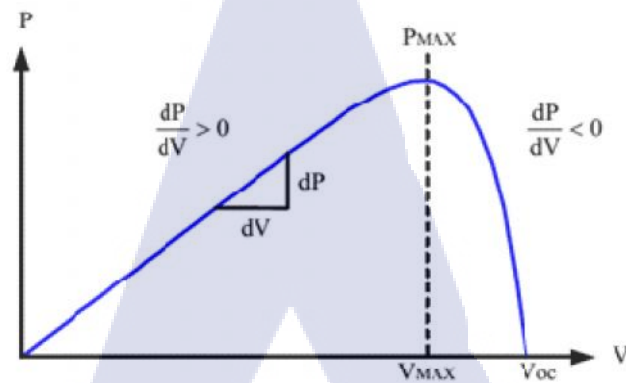


รูปที่ 4.2 ลักษณะการเบี่ยงเบนจากจุดจ่ายกำลังสูงสุดของวิธี P&O โดยที่ $P_{03} > P_{02} > P_{01}$ แต่ $P_{03} < P_{\text{Max}}(S3)$ และ $P_{02} < P_{\text{Max}}(S2)$

จากรูปที่ 4.2 สมมติจุดการทำงานเริ่มต้นของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่จุด 1 ซึ่งเป็นจุดจ่ายกำลังสูงสุดที่ปริมาณแสง S1 เมื่อระบบวนระบบครั้งต่อไปในขณะที่ปริมาณแสงเพิ่มขึ้นเป็น S2 จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่จุดที่ 2 ซึ่งมีกำลังไฟฟ้ามากกว่าจุดที่ 1 แต่น้อยกว่าจุดที่ 4 ซึ่งเป็นจุดจ่ายกำลังสูงสุดของปริมาณแสง S2 ระบบก็จะปรับเพิ่มแรงดันซึ่งทำให้จุดทำงานวิ่งออกจากจุดจ่ายกำลังสูงสุดของปริมาณแสง S2 และเมื่อระบบวนระบบอีกครั้งในขณะที่ปริมาณแสงเพิ่มขึ้นเป็น S3 จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่จุด 3 ซึ่งมีกำลังไฟฟ้ามากกว่าจุดที่ 2 แต่น้อยกว่าจุดที่ 5 ซึ่งเป็นจุดที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของปริมาณ S3 ระบบก็จะปรับเพิ่มแรงดันขึ้นอีกทำให้จุดการทำงานเบี่ยงเบนไปจากจุดจ่ายกำลังสูงสุดทำให้ไม่สามารถถึงกำลังสูงสุดมาใช้ได้ ส่วนการที่ระบบจะสามารถกลับมาหาจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้อย่างถูกต้องอีกครั้งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อปริมาณแสงมีการเปลี่ยนแปลงช้าลง หรือเข้าสู่สภาวะคงตัว

4.2.2 วิธีเพิ่มความนำ (Incremental Conductance : INC)

จากกราฟกำลังไฟฟ้า-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปที่ 4.3 จะได้ความสัมพันธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันเป็น



รูปที่ 4.3 กราฟกำลังไฟฟ้า-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

- ถ้า $\frac{dP}{dV} > 0$ แสดงว่าจุดทำงานอยู่ทางด้านซ้ายของจุดจ่ายกำลังสูงสุด
- ถ้า $\frac{dP}{dV} = 0$ แสดงว่าจุดทำงานอยู่ที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด
- ถ้า $\frac{dP}{dV} < 0$ แสดงว่าจุดทำงานอยู่ทางด้านขวาของจุดจ่ายกำลังสูงสุด

ดังนั้นถ้าเราจัด $\frac{dP}{dV}$ ใหม่ให้อยู่ในรูปของกระแสและแรงดันจะได้สมการเป็น

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(VI)}{dV} \quad (4.2)$$

$$\frac{dP}{dV} = I \frac{dV}{dV} + V \frac{dI}{dV} \quad (4.3)$$

$$\frac{dP}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} \quad (4.4)$$

ดังนั้นที่จุดจ่ายกำลังสูงสุดจะได้ค่าเป็น

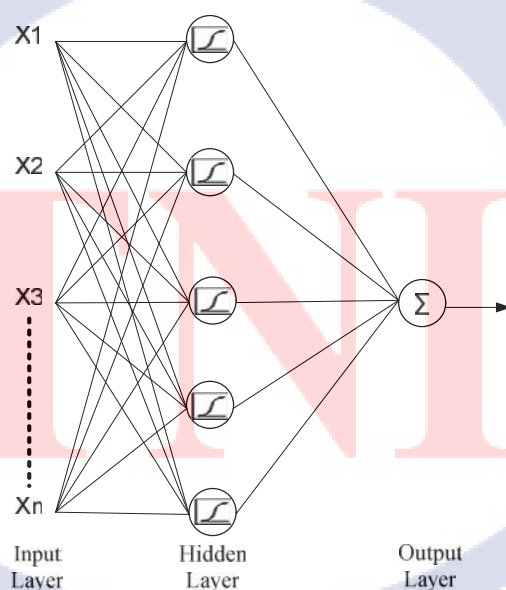
$$\frac{I}{V} + \frac{dI}{dV} = 0 \quad (4.5)$$

โดยที่ $\frac{I}{V}$ คือ ความนำของเซลล์แสงอาทิตย์ และ $\frac{dI}{dV}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความนำ

ซึ่งถ้าผลรวมของสมการ (4.5) มีค่าเป็นบวกแสดงว่าระบบกำลังทำงานทางด้านซ้ายของจุดจ่ายกำลังสูงสุดตัวระบบก็จะปรับค่าแรงดันเพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลรวมมีค่าเป็นลบแสดงว่าระบบทำงานอยู่ทางด้านขวาของจุดจ่ายกำลังสูงสุดระบบก็จะปรับลดค่าแรงดันลดลงและถ้าผลรวมมีค่าเท่ากับศูนย์แสดงว่าระบบทำงานที่จุดจ่ายกำลังสูงสุดระบบก็จะคงแรงดันเดิมนั้นไว้ ซึ่งวิธีนี้สามารถหาจุดจ่ายกำลังสูงสุดได้แม้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงอย่างรวดเร็วแต่ก็มีการคำนวณเพิ่มมากขึ้น

4.2.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP

เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นแบ่งออกเป็น ชั้นรับข้อมูลขาเข้า(Input Layer) ชั้นกลาง (Hidden Layer) และชั้นสุดท้ายที่ใช้ส่งข้อมูลออกไป (Output Layer) จะมีการประมวลผลส่งผ่านข้อมูลไปข้างหน้า (Feed-Forward Networks) โดยจะส่งผ่านจากชั้น Input Layer ไปยังชั้น Output Layer โดยที่ชั้น Hidden Layer ของแต่ละโหนดจะมีฟังก์ชันในการคำนวณค่า Output ที่ได้จากชั้นก่อนหน้านี้ เรียกว่าฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) และ Back-Propagation ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้ร่วมกับวิธี Multi-Layer Perceptron ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนักแต่ละเส้นเชื่อมต่อไปยังโหนดต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าข้อมูลขาออกที่เหมาะสมซึ่งข้อดีและข้อเสียของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron; MLP คือให้ความแม่นยำสูงแต่ก็จะใช้เวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

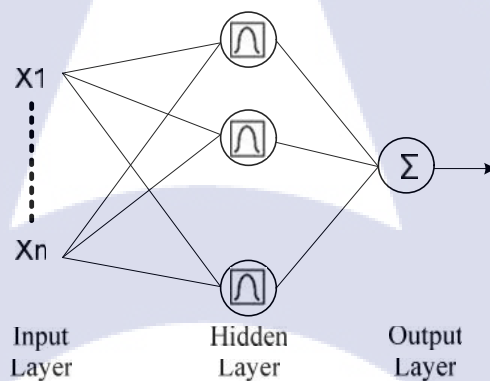


รูปที่ 4.4 โครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP

4.2.4 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Radial Basis Function : RBF

สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีลักษณะโดยทั่วไป คือ จะมีการจัดเซลล์ประสาทเทียมเป็นชั้น ๆ (Layer) ชั้นที่รับข้อมูลเข้าเรียกว่าชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นผลลัพธ์ของโครงข่ายเรียกว่า ชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ส่วนชั้นอื่น ๆ ที่ประมวลผลอยู่ภายในเรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งชั้นซ่อนอาจมีได้หลายชั้น ซึ่งข้อดีของวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Radial Basis Function : RBF คือการใช้เวลาในการทำงานน้อยแต่ให้ค่าความแม่นยำสูง

โดยเรเดียลเบซิสฟังก์ชันเป็นโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมมากในการใช้แก้ปัญหาการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการประมาณค่า (Approximation) เพราะเรเดียลเบซิสฟังก์ชันมีความสามารถในการจำแนกข้อมูลทั้งที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น โครงสร้างพื้นฐานจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงข่ายประสาทเทียม ประเภท Radial Basis Function : RBF

ฟังก์ชันพื้นฐานของเรเดียลเบซิส คือ รัศมีสมมาตรที่จำกัดจากกลุ่ม Input Vector ส่วน Output Vector ที่ได้จากฟังก์ชันหาได้จากระยะทางระหว่างจุดข้อมูลและจุดศูนย์กลางของเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน เขียนในรูปทั่วไปของ Gaussian ฟังก์ชันจะได้ดังสมการ

$$y_i = \sum_j w_j \Phi_j \quad (4.6)$$

$$\phi_i(x) = \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4.7)$$

เมื่อ c_j คือ จุดศูนย์กลางของ RBF
 σ คือ ความกว้างของ RBF
 $\|x - c_j\|$ คือ ขนาดของระยะทางระหว่าง Weight Vector กับ Input Vector

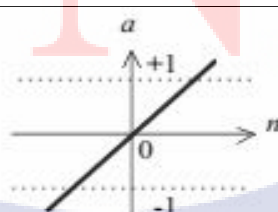
ประสพการณ์ (Weight) ของโครงข่ายประสาทเทียมจะได้รับการหาระยะทางระหว่าง Weight Vector กับ Input Vector ที่เป็นระยะห่างตามยูคลิด

$$\|x - c_i\| = \sum_{n=1}^m [x_n - (c_j)_n]^2 \quad (4.7)$$

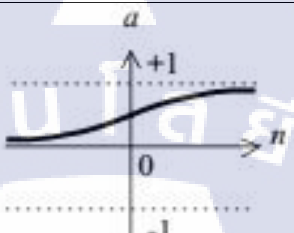
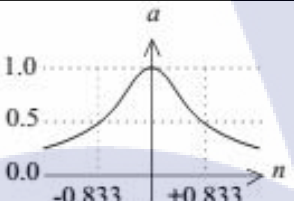
ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) หรือฟังก์ชันการส่งต่อ (Transfer Function) เมื่อเซลล์ประสาทมีการรวบรวมสัญญาณโดยคำนวณผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลขาเข้าแล้ว ค่าผลรวมที่ได้จะนำไปวิเคราะห์หรือคาดคะเนโดยผ่านฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งฟังก์ชันการกระตุ้นแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- ฟังก์ชันการกระตุ้นแบบเชิงเส้น (Linear Transfer Function) เป็นฟังก์ชันการกระตุ้นสามารถเรียนรู้เพียงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูลป้อนเข้าและข้อมูลส่งออกฟังก์ชันการกระตุ้นแบบเชิงเส้นจะหาค่าต่ำสุดของผลรวมค่าเฉลี่ยกำลังสองสัมบูรณ์ (Mean Square Error : MSE) แต่ถ้าอัตราการเรียนรู้มีค่าน้อยโครงข่ายประสาทเทียมจะหาคำตอบที่ใกล้เคียงเท่าที่จะเป็นไปได้ซึ่งแสดงลักษณะเชิงเส้นของโครงข่ายประสาทโดยใช้ฟังก์ชันการกระตุ้นแบบเพียวลิน (Purelin)
- ฟังก์ชันการกระตุ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Transfer Function) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดไฮเปอร์โบลิค แทนเจนต์ ซิกมอยล์ (Hyperbolic Tangent Sigmoid) ล็อก ซิกมอยล์ (Log-Sigmoid)

ตารางที่ 4.1 ฟังก์ชันการกระตุ้นภายใน MATLAB/Simulink

ชื่อฟังก์ชัน	สัญลักษณ์	สมการทางคณิตศาสตร์
Linear Transfer Function		$f(x) = x$

ตารางที่ 4.1 ฟังก์ชันการกระตุ้นภายใน MATLAB/Simulink (ต่อ)

ชื่อฟังก์ชัน	สัญลักษณ์	สมการทางคณิตศาสตร์
Hyperbolic Tangent Sigmoid Transfer Function		$f(x) = \frac{1^x - 1^{-x}}{1^x + 1^{-x}}$
Log-Sigmoid Transfer Function		$f(x) = \frac{1}{1^x + 1^{-x}}$
Gaussian RBF		$\varphi_j(x) = \exp\left[\frac{-1}{2\sigma_j^2} \ x - x_j\ ^2\right]$

4.3 การออกแบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน

4.3.1 การคำนวณหาค่าอุปกรณ์

วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันออกแบบให้ทำงานที่ความถี่สวิตช์ 1 kHz 305 W แรงดันและกระแสอินพุตมีค่าเท่ากับแรงดันและกระแสที่จุดจ่ายกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์คือ 54.7 V และ 5.58 A โดยกำหนดแรงดันไฟตรงเอาต์พุตเท่ากับ 250 V เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสเข้ากับแบตเตอรี่ที่แรงดันไฟ 250 V ค่าระลอกคลื่นกระแสของตัวเหนี่ยวนำ (L_c) เท่ากับ 0.2 A และค่าระลอกคลื่นแรงดันของตัวเก็บประจุ (C_c) เท่ากับ 0.2 V จากข้อกำหนดนี้มาคำนวณหาขนาดตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน ได้ดังนี้

1. คำนวณหาวัฏจักรการทำงานของสวิตช์ (D)

$$V_a = \frac{V_s}{1-D} \quad (4.8)$$

$$250 = \frac{54.7}{1-D}$$

$$D = 0.78$$

2. หาขนาดตัวเหนี่ยวนำ (L_C)

$$L = \frac{V_s D}{f_s \Delta I} \quad (4.9)$$

$$L = \frac{54.7 \times 0.78}{1,000 \times 0.2}$$

$$L = 213 \text{ mH}$$

3. หาขนาดตัวเก็บประจุ (C_C)

$$C_C = \frac{I_a D}{f_s \Delta V_C} \quad (4.10)$$

$$C_C = \frac{28.5 \times 0.78}{1,000 \times 0.2}$$

$$C_C = 111.15 \text{ mF}$$

ในการใช้งานจริงตัวเหนี่ยวนำใช้ขนาด 22 mH ตัวเก็บประจุใช้ขนาด 470 μF เพื่อกรองให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันให้เรียบมากขึ้น สำหรับในการสวิตช์จะใช้โมสเฟต IRFZ44N ส่วนไดโอดใช้ 1N1418 ซึ่งเป็นไดโอดแบบสวิตช์ซึ่ง

4.3.2 การวัดค่ากำลังไฟฟ้าด้วยแหล่งจ่ายดีซีคิงที่

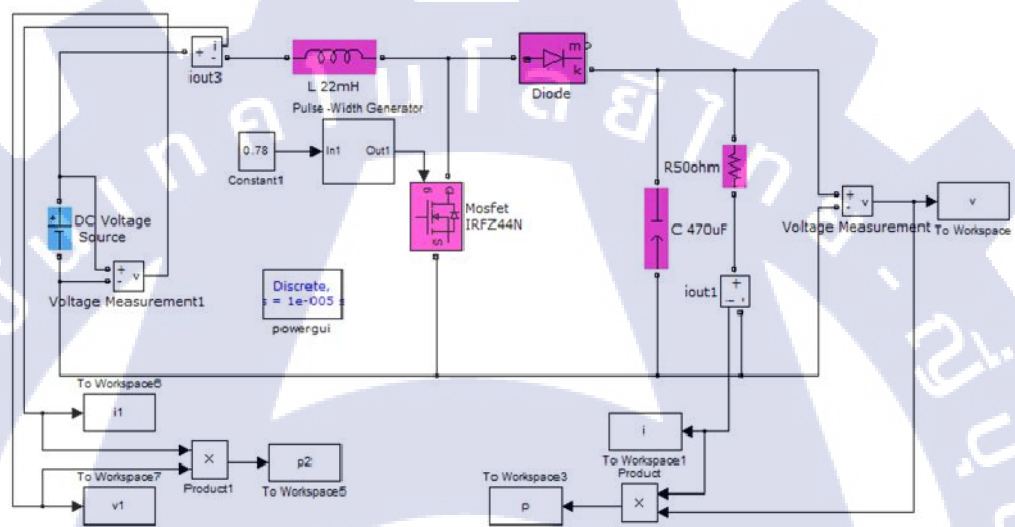
แบบจำลองวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันจะทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยการจำลองแสดงดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน

รายการ/สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันด้านเข้า (V_{in})	54.7	V
ตัวเหนี่ยวนำ (L_C)	22	mH
ความต้านทาน (R)	50	Ohm
ความถี่การสวิตช์ (f_s)	1	kHz

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน (ต่อ)

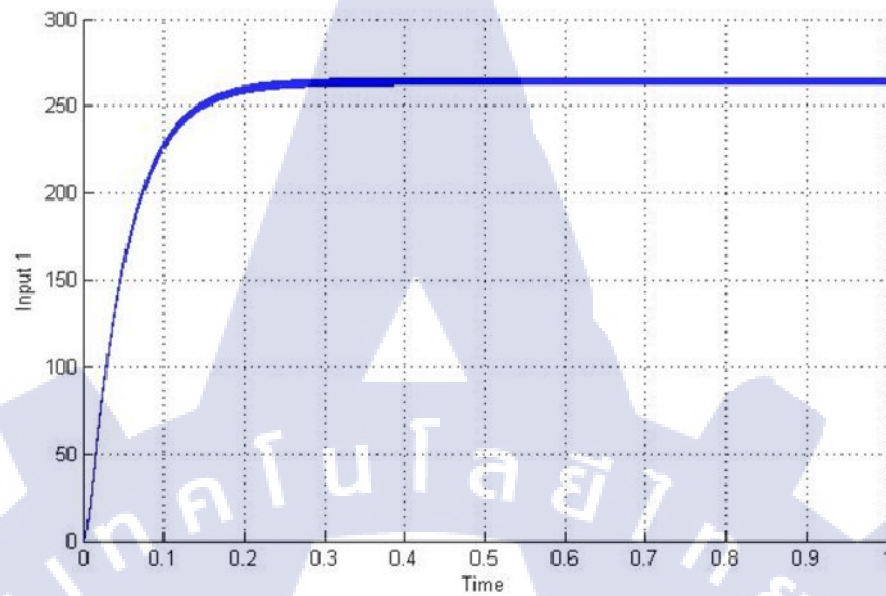
รายการ/สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ตัวเก็บประจุ (C_c)	470	μF
ไดโอด	1N1418	-
วัฏจักรการทำงานของสวิตช์ (D)	0.78	-
สวิตช์ (SW)	MOSFET IRFZ44N	-



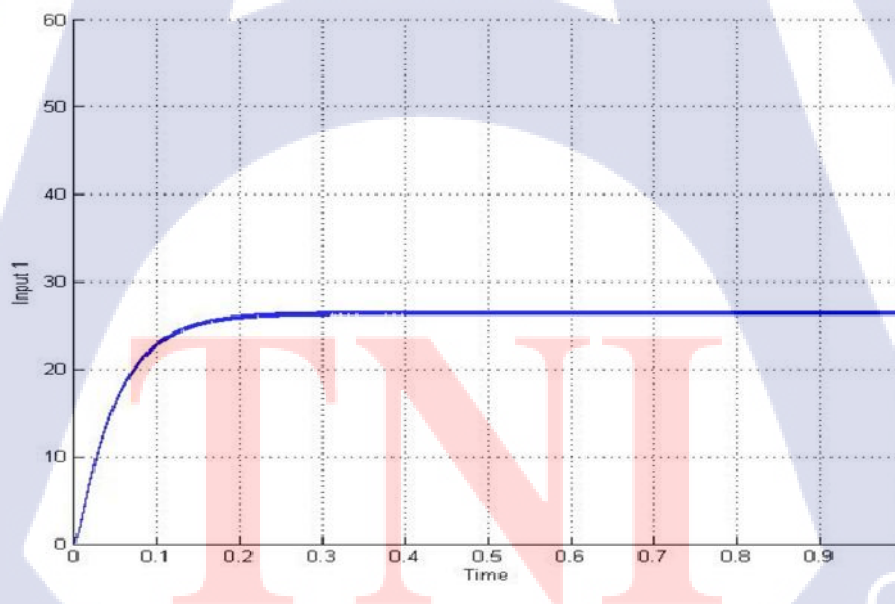
รูปที่ 4.6 แบบจำลองวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดัน (Simulink)

จากนั้นจึงจำลองการทำงานของวงจรและวัดค่าต่างๆ ดังนี้

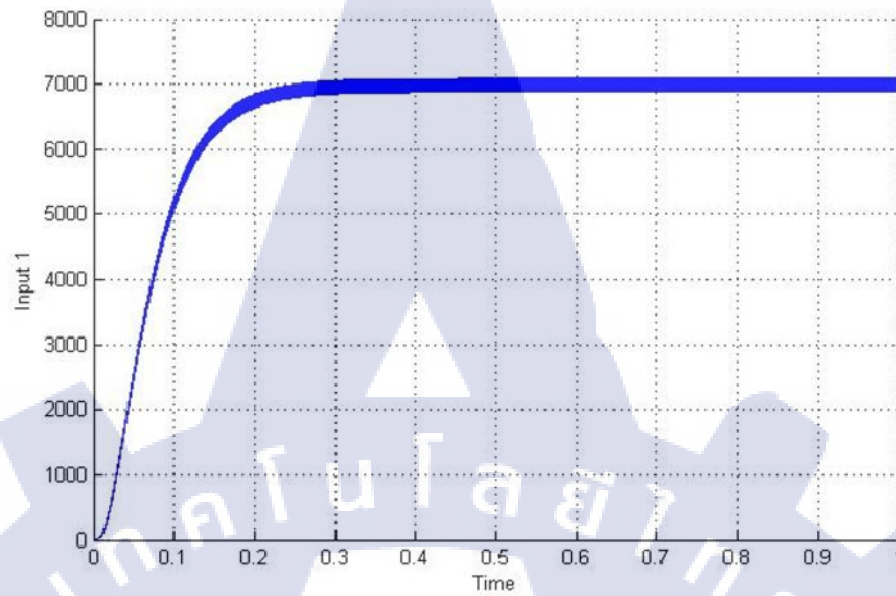
- ความต่างศักย์ขาออก (V_{out})
- กระแสขาออก (I_{out})
- กำลังไฟฟ้าขาออก (P_{out})
- ความต่างศักย์กระเพื่อมขาออก (V_{out} Ripple)



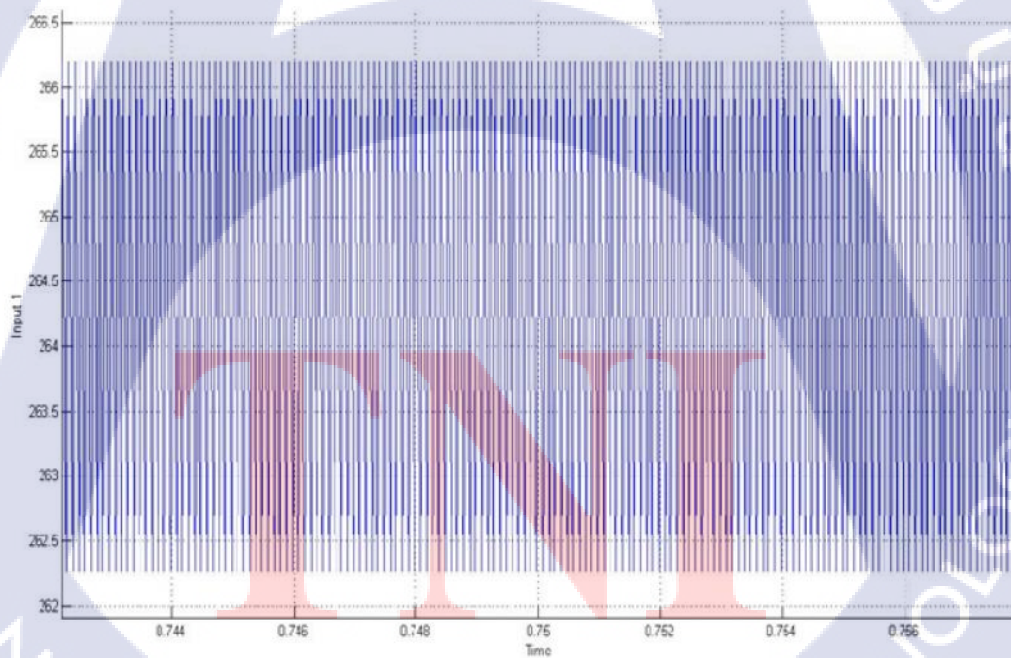
รูปที่ 4.7 ความต่างศักย์ขาออก (V_{out})



รูปที่ 4.8 กระแสขาออก (I_{out})



รูปที่ 4.9 กำลังไฟขาออก (P_{out})



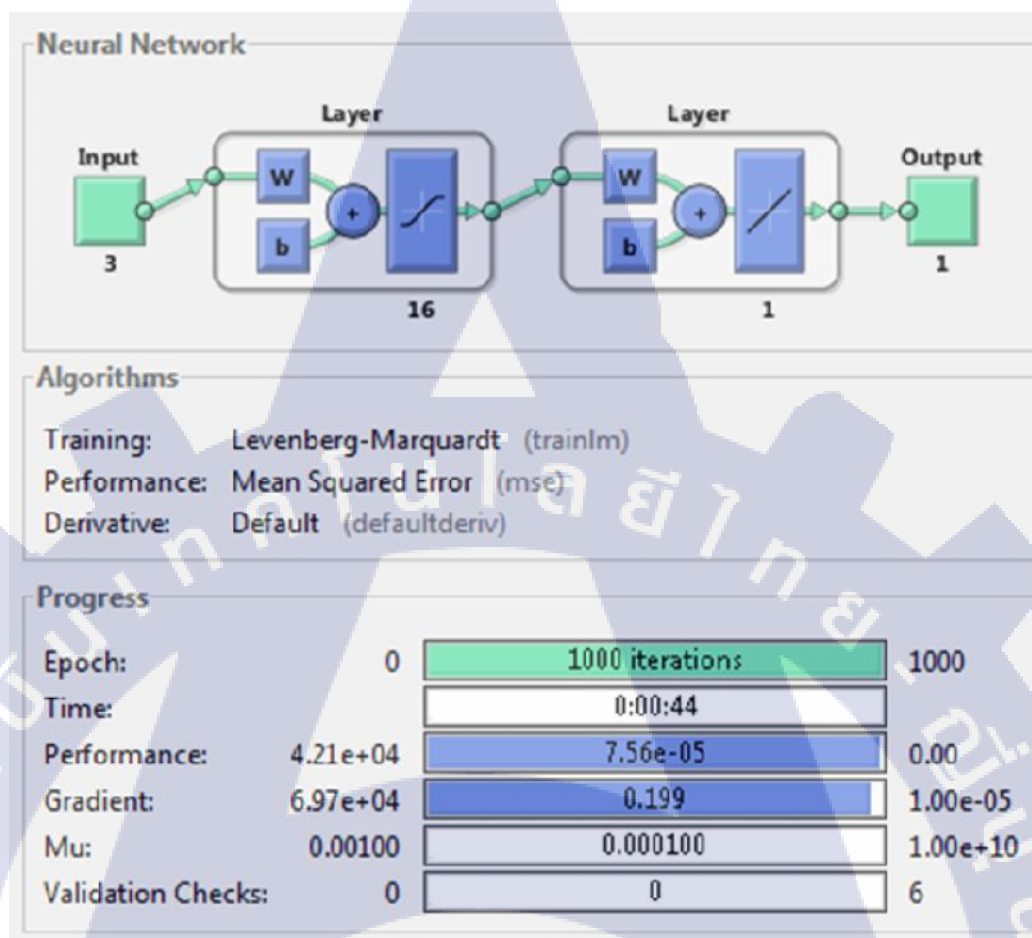
รูปที่ 4.10 ความต่างศักย์กระเพื่อมขาออก (P_{out} Ripple)

4.4 การออกแบบระบบติดตามกำลังสูงสุดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

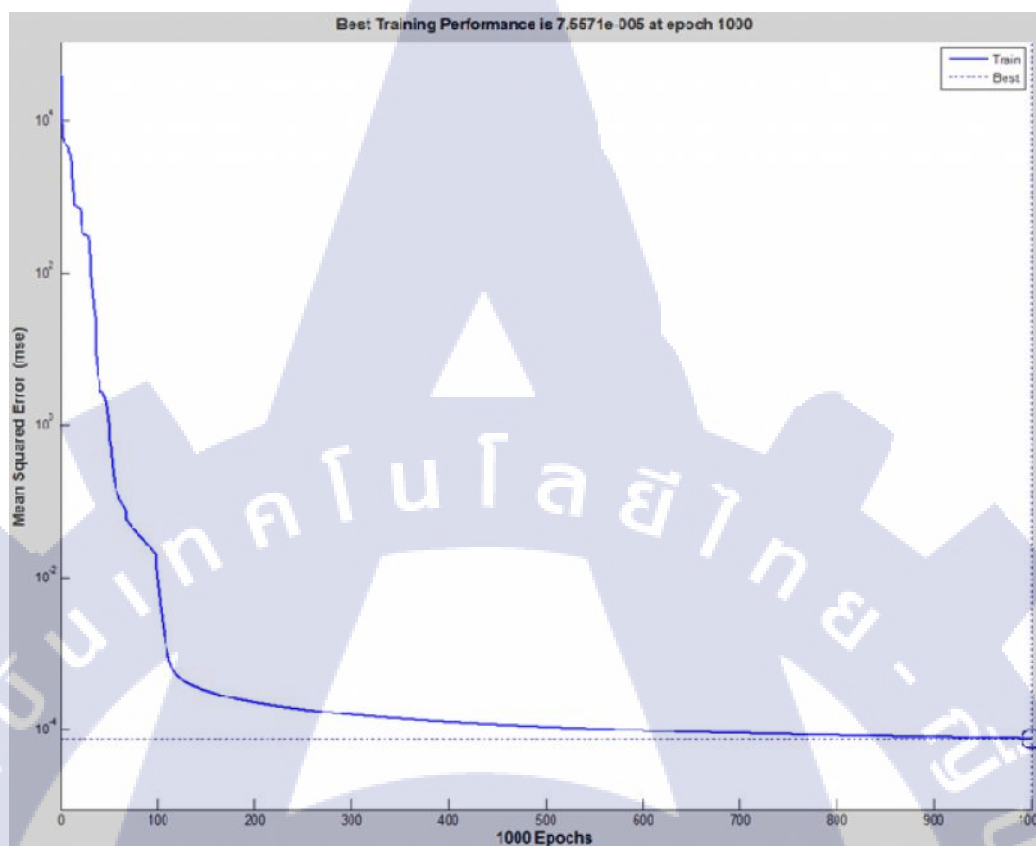
ส่วนของการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมจะกำหนดค่าอุณหภูมิที่ 25°C โดยจะเพิ่มระดับความเข้มแสงขึ้นจาก 50 W/m^2 ถึง $1,000 \text{ W/m}^2$ ในการหากระแสสูงสุดจะคำนวณความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความเข้มแสง ซึ่งตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสอนนั้นถูกใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียมโดยข้อมูลแสดงดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.3 ชุดข้อมูลการฝึกฝนในการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียม

ความเข้มแสง (W/m^2)	แรงดันสูงสุด (V)	กระแสสูงสุด (A)	กำลังสูงสุด (W)
0.05	57.3780	0.2923	16.7716
0.10	58.0240	0.5848	33.9324
0.15	58.3560	0.8772	51.1899
0.20	58.5600	1.1697	68.4976
0.25	58.6940	1.4621	85.8165
0.30	58.7830	1.7545	103.1348
0.35	58.8420	2.0468	120.4378
0.40	58.8780	2.3392	137.7274
0.45	58.8970	2.6315	154.9875
0.50	58.9020	2.9238	172.2177
0.55	58.8970	3.2160	189.4128
0.60	58.8820	3.5083	206.5757
0.65	58.8600	3.8005	223.6974
0.70	58.8320	4.0926	240.7758
0.75	58.7970	4.3848	257.8131
0.80	58.7590	4.6768	274.8041
0.85	58.7150	4.9689	291.7490
0.90	58.6680	5.2609	308.6465
0.95	58.6180	5.5528	325.4940
1	58.5650	5.8447	342.2949



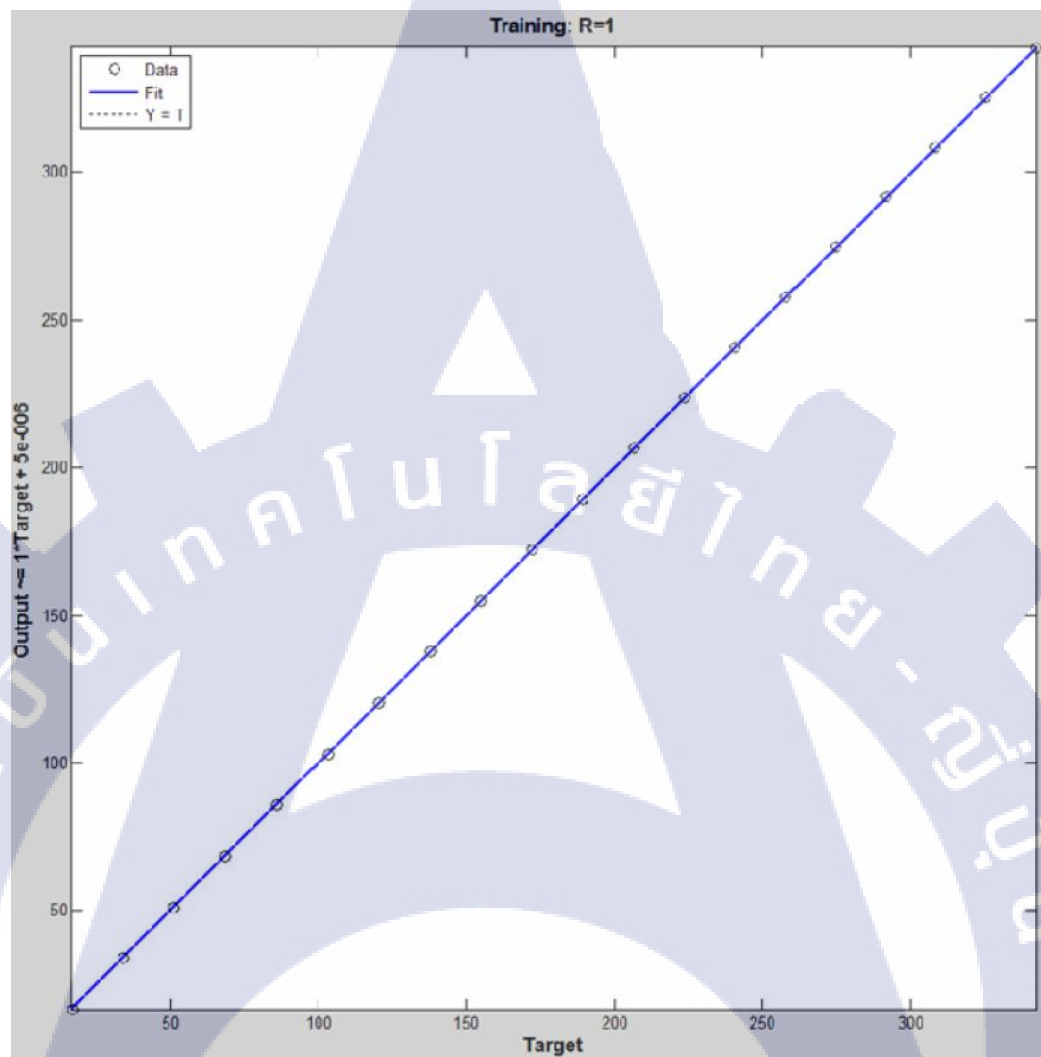
รูปที่ 4.11 โครงสร้างการสอนของโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP



(ก)

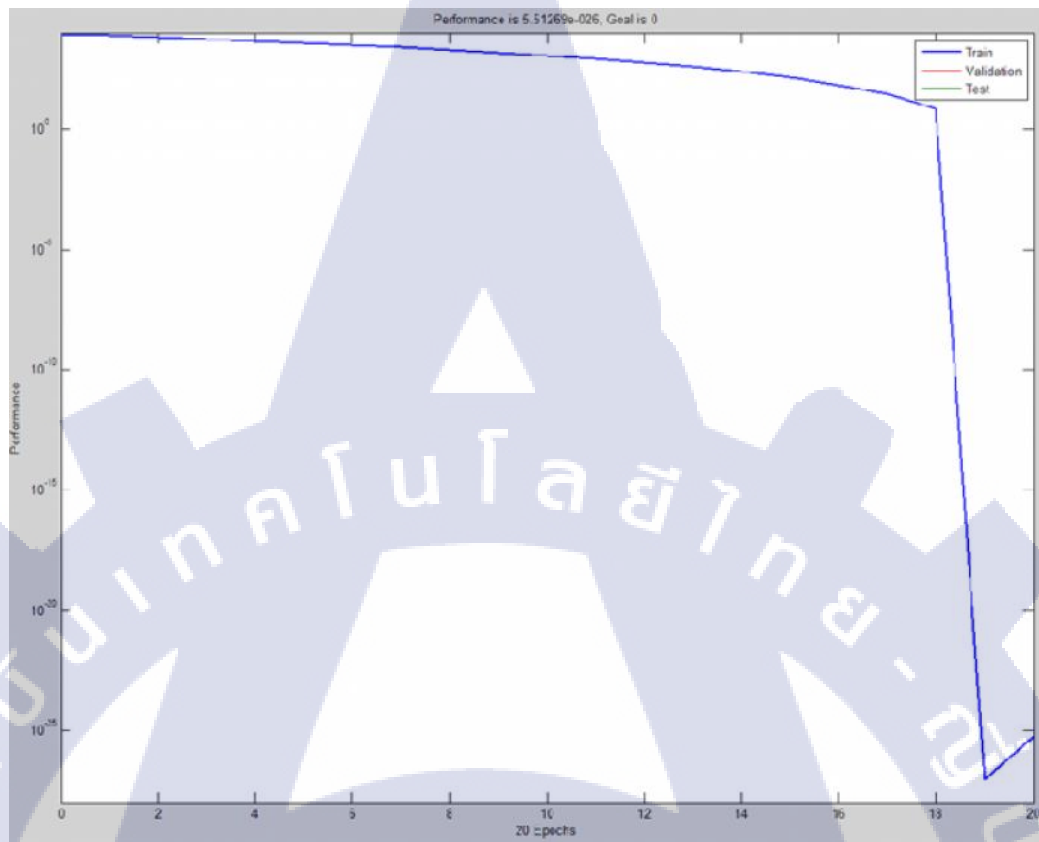
รูปที่ 4.12 (ก) ประสิทธิภาพการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1,000 Epochs และ (ข) กราฟการถดถอยเชิงเส้น

TNI



(ข)

รูปที่ 4.12 (ก) ประสิทธิภาพการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MLP ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 1,000 Epochs และ (ข) กราฟการถดถอยเชิงเส้น (ต่อ)



รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการฝึกฝนโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Radial Basis Function : RBF
ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 20 Epochs

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบจำนวนชั้นซ่อนและค่า Mean Squares Errors (MSE) ของโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Multi-Layer Perceptron : MPL

No. of Nodes	No.of Iterations	MSE	Time
10	1,000	0.00414	40 s
12	1,000	0.00390	36 s
14	1,000	0.00349	42 s
16	1,000	7.5571e-5	42 s
18	1,000	0.00364	51 s
20	1,000	0.00374	43 s

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบจำนวนชั้นซ่อนและค่า Mean Squares Errors (MSE) ของโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Radil Basic Function : RBF

Spread Constant	MSE
10	5.17745e-26
12	4.63291e-26
14	2.81062e-26
16	5.51269e-26
18	3.23471e-26
20	8.40055e-26

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์และการพัฒนาระบบควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 การติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมจากผลการทดลองการติดตามกำลังสูงสุดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 ประเภทพบว่า Multi-Layer Perceptron : MLP ให้ความแม่นยำที่พอรับได้แต่จะใช้เวลาการทำงานเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ Radial Basis Function : RBF ให้ค่าที่มีความแม่นยำสูงแต่จะใช้เวลาการทำงานน้อยลงโดยการเปรียบเทียบค่าชั้นซ่อน Hidden Layer ที่ 16 ชั้นซ่อนค่า Mean Square Error (MSE) มีค่าเท่ากับ 5.51296×10^{-26}

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการออกแบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบทแรงดันขณะที่ทำการทดลองพบว่าเกิดจากค่ากระแสและแรงดันกระแสเพิ่มมีค่าเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะเสนอ 2 ข้อ คือ 1. ในทางปฏิบัติการเลือกค่าตัวเหนี่ยวนำไม่เป็นไปตามที่คำนวณในทฤษฎีข้อเสนอแนะคือเลือกค่าตัวเหนี่ยวนำให้เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหากระแสกระเพื่อม 2. ในทางปฏิบัติการเลือกค่าตัวเก็บประจุไม่เป็นไปตามที่คำนวณในทฤษฎีข้อเสนอแนะคือเลือกค่าตัวเก็บประจุให้เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหากระแสกระเพื่อม

5.2.2 วัฏจักรการทำงานของสวิตช์ในทางปฏิบัติไม่เป็นไปตามที่คำนวณในทฤษฎีข้อเสนอแนะ คือ ปรับค่าวัฏจักรการทำงานของสวิตช์เพื่อให้ได้แรงดันขาออกตามที่ต้องการ

จากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถติดตามกำลังสูงสุดได้ทั้งในสภาวะแสงคงที่และสภาวะที่แสงมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- เดชนิติธร อัมปรีดา; และวันชัย ทรัพย์สิงห์. (2554). **แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา**. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4. 28-30 พฤศจิกายน. ลำปาง : มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- จตุภัทร เมฆพ่าย; และธิดาการ สาณ. (2554). สมรรถนะของข่ายงานระบบประสาทแบบ Multi-Layer Perceptron และ Radial Basis Function สำหรับแผนภูมิควบคุมหลายตัวแปร. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 16(2) : 97-106.
- ธัญชา พิทยาเสถียร; สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา; และคำณ สุนติ. (2010). **An Evaluation of the RBF>MLP Model for Rainfall Forecasting**. Proceeding of the Second Conference on Knowledge and Smart Technologies. (July, 24-25, 2010). Chonburi : Burapa University.
- ธนาวุฒิ ประกอบผล. (2552). โครงข่ายประสาทเทียม. **วารสาร มฉก. วิชาการ**. 73(12) : 73-87.
- ภัทระ สุวรรณไตร; พิสิษฐ์ ลีรัตนกุล; และพงศ์พิชญ์ วิชาสุรณทล. (2010). **Maximum Power Point Tracking by Incremental Conductance Method for Photovoltaic System with Phase Shifted Full-Bridge dc-dc Converter**. The 33th Electrical Engineering Conference, 1-3 December. Bangkok : KMITL, CMU, MUT.
- สร จารุวรรณชัย; สุชาติ แซ่เชื้อ; และอนวัณน์ จางวนิตเลิศ. (2552). **เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบติดตามกำลังสูงสุดของเซลล์สุริยะ**. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 32 (EECON-32), 28-30 ตุลาคม. ปราจีนบุรี : มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อภิรักษ์ อรุโสม. (2552). การควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าในวงจรแปลงผันกำลัง. **วารสารเผยแพร่ความรู้ของสมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย**. 16(4) : 74-79.
- Ahmad Saudi Samosir; Taufiq, Adb Jaafar Shafie; and Abdul Halim Mohdyatim. (2011). Simulation and Implementation of Interleaved Boost DC-DC Converter for Fuel cell Application. **IJPEDS**. 1(2) : 168-174.

- Farzad Sedaghati; Ali Nahavandi; Mohamad Ali Badamchizadeh; Sehraneh Ghaemi; and Mehdi Abedinpour Fallah. (2012). PV Maximum Power-Point Tracking by Using Artificial Neural Network. **Mathematical Problems in Engineering**. 2012 (2012) : 1-10.
- Fredy Hernan Martinez Sarmiento; Digeo Fernando Gemez Molano; and Mariela Castiblanco Ortiz. (2012). Optimization of a Neural Architecture for the Direct Control of a Boost Converter. **Tecnural**. 16(32) : 41-49.
- Gaurang Panchal; Amit Gamata; VPKosta; and Devyani Panchal. (2011). Behaviour Analysis of Multilayer Perceptron with Hidden Neurons and Hidden Layers. **International Journal of Computer Theort and Engineering**. 3(2) : 332-337.
- M.Hatti; A.Meharrar; and M.Tioursi. (2010). **Novel Approach of Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Module Neural Network Based**. EFEEA'10 International Symposium on Environment Friendly Energies in Electrical Application 2-4 November. Ghardaia, Algeria : University of Medea.
- M.S.AitCheikh; M.haddadi; and A.Zerguerras. (2007). Design of a Neural Control Scheme for the Maximum Power Point Tracking (MPPT). **Revue Des Energies Reneuvelables**. 10(1) : 109-118.
- Mahmoud A. Younis; Tamer KHATIB; Mushtag NAJEEB; and A Mohd ARIFFIN. (2012). **An Improved Maximum Power Point Tracking Controller for PV System Using Artificial Neural Network**. Universiti Tenaga Nasional & National University of Malaysia. Przegląd Elektrotechniczny. 88 : 116-121.
- Maitha H. Al Shamisi; Ali H. Assi; and Hassan A. N.Hejase. (2011). **Using MATLAB to Develop Artificial Neural Network Models for Predicting Global Solar Radiation in Al Ain City-UAE**. New York : Intech.
- Marian K. Kacimierczuk; and Antonio Massarini. (1997). Feed Forward Control of DC-DC PWM Boost Converter. **IEEE**. 44(2) : 143-148.
- Mohamed Azab. (2009). A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic System. **International Journal of Electrical and Electronics Engineering**. 3 : 11.

- S. Kamtip; and K. Bhumkittipich. (2011). **Design and Analysis of Interleaved Boost Converter for Renewable Energy Applications**. Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium, Chiang Rai : 9th 2011 Chiang Rai : Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT).
- Sonal Panwar; and R.P.Saini. (2012). **Development and Simulation of Solar Photovoltaic Model Using MATLAB/Simulink and its Parameter Extraction**. ICCCE2012 12&13 April. International Conference on Computing and Control Engineering (ICCCE). Tamilnadu : M.G.R.University
- Sumit Goyal; and Gyanendra Kumar Gotoy. (2011). Radial Basis Artificial Neural Network Computer Engineering Methodology for Predicting Shelf Life Brown Milk Cakes Decorated with Almonds. **International Journal of Latest Trends in Computing**. 2(3) : 434-438.
- (2012a). Artificial Neural Base Models for Estimating Shelf life of Bufri ARPN. **Journal of Science and Technology**. 2(6) : 536-540.
- (2012b). Potential of Artificial Neuron Network Technology for Predicting Shelf Life of Processed Cheese. **Journal of knowledge Management, Economic and Information Technology**. 2(4) : 33-39.
- W.M.UtomoZ; A.HaronA.A; Baker; M.Z.Ahrrad; and Taufik. Voltage Tracking of DC-DC Buck-Boost Converter Using Neural Network Control. **International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE)**. 1(3) : 103-108.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

MATLAB Simulink การออกแบบระบบติดตามกำลังสูงสุด
ด้วยวิธีโคร่งข่ายประสาทเทียม

TNI

```
net = newff([50 1000;57.3780 58.9020;0.2923 5.8447],[16 1],{'tansig','purelin'});
```

```
input3 = [50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900  
950 1000 ; 57.3780 58.0240 58.3560 58.5600 58.6940 58.7830 58.8420 58.8780  
58.8970 58.9020 58.8970 58.8820 58.8600 58.8320 58.7970 58.7590 58.7150 58.6680  
58.6180 58.5650 ; 0.2923 0.5848 0.8772 1.1697 1.4621 1.7545 2.0468 2.3392 2.6315  
2.9238 3.2160 3.5083 3.8005 4.0926 4.3848 4.6768 4.9689 5.2609 5.5528 5.8447];
```

```
target3 = [16.7716 33.9324 51.1899 68.4976 85.8165 103.1348 120.4378 137.7274  
154.9875 172.2177 189.4128 206.5757 223.6974 240.7758 257.8131 274.8041  
291.7490 308.6465 325.4940 342.294];
```

```
test3 =[1.0 ; 1.0];  
net = train(net,input3,target3);  
net.trainParam.epochs = 100000;  
output = sim(net,test3)
```



TNI