

การประมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากสถานีไฟฟ้าระบบจำหน่าย โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Maximum Power Demand Estimation of Substation Distribution Using Neural Network

Received:	April	25, 2019
Revised:	October	18, 2019
Accepted:	October	25, 2019

ดำรงศักดิ์ วงศ์ตา (Dumrongsak Wongta)*
ศตวรรษ เมืองชื่น (Satawat Muangchuen)*
อนุชา ยอดเชียงคำ (Anucha Yodchiangkam)*
โกวิท มาศรัตน์ (Kovit Masarat)*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการประมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากกำลังไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าระบบจำหน่ายจังหวัดแพร่ จึงได้ประยุกต์และพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมมาประมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด ด้วยข้อมูลสถานีไฟฟ้าที่มีการวัดและบันทึกผลในระยะเวลา 1 ปี ข้อมูลฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมใช้ช่วงตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง ธันวาคม 2561 ประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า ค่าตัวประกอบกำลัง และกำลังไฟฟ้าของโหลดใช้งานทั้ง 5 พื้นที่ เป็นค่าอินพุตโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นนำข้อมูลในช่วงเดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ 2562 มาใช้ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (absolute of percentage error: APE) ใช้วัดสมรรถนะความผิดพลาดการประมาณกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้ค่าผิดพลาดของการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมไม่เกิน 7 % แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในการประมาณได้

คำสำคัญ : ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด โครงข่ายประสาทเทียม การประมาณ

* อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย
Lecturer., Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chiangrai Collage. ,
Email: ProjectEECRC@gmail.com

Abstract

This research presents an artificial neural network model for estimating maximum power demand from the substation distribution system of Phrae province electricity. Therefore applied and developed artificial neural networks to estimate the peak power demand, peak current demand. With the data of the power substation that has been measured and recorded for a period of 1 year. Neural network training data is used from January to December 2018. Consists of voltage, power factor and power load is used in all 5 areas as input values for artificial neural networks. Then the data from January to February 2019 was used to testing the proposed neural network. The absolute percentage error: APE used to measure performance error estimation power and current. This research obtained an error of 7 % of the neural network test. The proposed neural network model can be used to estimate.

Keywords: Maximum power demand, Artificial neural network, Estimation

Introduction / บทนำ

การวางแผนการจัดการกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าให้เพียงพอต่อเศรษฐกิจที่มีการพัฒนา มีการขยายตัวของเศรษฐกิจ และมีอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตทันสมัยขึ้นอาจจะใช้เทคโนโลยีในการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาขยายตัวของเศรษฐกิจทั้งปัจจุบันและในอนาคต เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลา และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันแตกต่างกันไป ดังนั้นการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นส่วนสำคัญของการวางแผนการจัดการกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการให้เพียงพอต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจ หรืออุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตขึ้น และรองรับการใช้กำลังไฟฟ้าจากเทคโนโลยีสมัยใหม่ตลอดทุกช่วงเวลาได้ ทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพในระบบไฟฟ้าให้เกิดความเชื่อถือได้ มั่นคง ต่อการขยายระบบไฟฟ้าในอนาคต พร้อมทั้งเป็นข้อมูลในการวางแผนขยายกำลังไฟฟ้า ปรับปรุงขนาดสายส่ง อุปกรณ์ป้องกันต่างๆ ในระบบไฟฟ้า ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและเพียงพอได้

การพยากรณ์หรือการคาดการณ์จากกำลังไฟฟ้าโหลดที่ใช้งานอยู่ จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการบริหารกำลังไฟฟ้า ซึ่งการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าจากโหลดแต่ละแบบขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีการบันทึกค่าไว้ใช้กับการพยากรณ์ระยะยาว ระยะปานกลาง หรือระยะสั้น การพยากรณ์ส่วนใหญ่จะประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม [1-3] มีการใช้ข้อมูลสภาพอากาศ อุณหภูมิแวดล้อม ความชื้น หรือข้อมูลสภาวะทางเศรษฐกิจ นำมาใช้เป็นปัจจัยในการพยากรณ์โหลด หรือความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้ และมีความถูกต้องแม่นยำ มีการศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในระบบพลังงานทดแทนที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ [4-5] ประมาณการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ จุดสูงสุดที่ได้ ภายใต้สภาพแวดล้อมความเข้มแสง อุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงได้ อีกทั้งยังมีการทดสอบหาสมรรถนะการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอให้มีความแม่นยำได้ จากข้อมูลที่มีการวัดและบันทึกผลมา

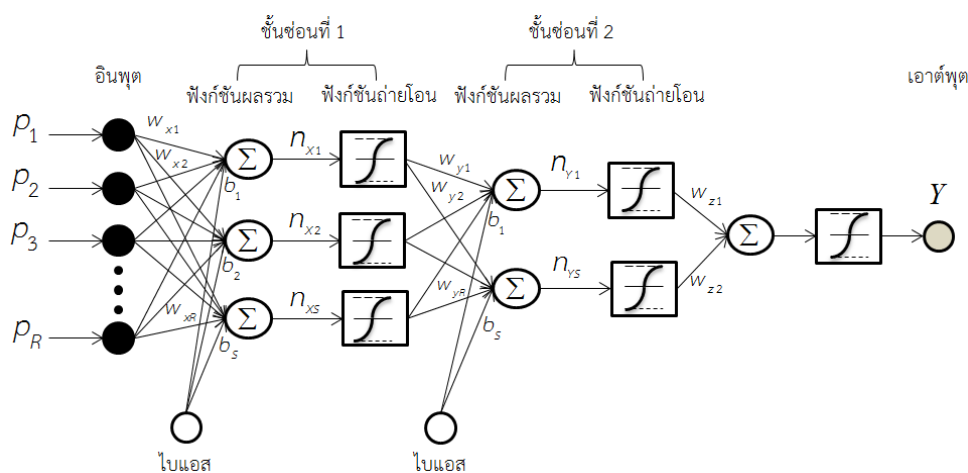
ในงานวิจัยนี้ได้ที่มาจากระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจังหวัดแพร่ ที่มีการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบแรงดัน ซึ่งการจ่ายกำลังโหลดของสถานีไฟฟ้ามีพื้นที่ประมาณ 121 กิโลเมตร ถ้าหากกำลังไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าไม่เพียงพอ เนื่องจากการใช้งานโหลดเพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้ไฟฟ้าดับทั้งจังหวัดได้ จึงมีการศึกษาวิเคราะห์การใช้กำลังไฟฟ้าด้วยแนวคิดในการคาดการณ์ [6] การประมาณกำลังไฟฟ้าจากข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลดแต่ละพื้นที่ ที่มาจากระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจังหวัดแพร่ เพื่อที่จะนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนประเมินความต้องการ และขยายกำลังไฟฟ้าของโหลดที่เกิดขึ้นในอนาคต การปรับปรุงสายส่งไฟฟ้า และอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายให้รองรับกับปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นได้

Materials and Methods / วิธีการวิจัย

โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นระบบที่สามารถเรียนรู้และจดจำข้อมูลได้เป็นอย่างดีสามารถนำมาใช้ในด้านพยากรณ์ หรือการคาดการณ์ล่วงหน้าได้ โครงข่ายประสาทเทียมจะต้องผ่านการเรียนรู้จากการฝึกสอนโครงข่ายด้วยค่าอินพุตและค่าเป้าหมายของข้อมูลที่ไว้วัดและบันทึกผลเรียกว่าชั้นอินพุต (Input Layer) ในระหว่างนี้ข้อมูลอินพุตได้เชื่อมระหว่างกันมารวมในทุก ๆ นิวรอน เรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden Layer) ด้วยตัวเชื่อมนี้มีค่าที่ปรับได้เพื่อช่วยให้การคำนวณหาค่าที่เหมาะสม เรียกว่า ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ค่าตัวทด (Bias) และฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) จนในที่สุดนิวรอนในชั้นซ่อนสุดท้ายจะส่งไปอีกชั้นหนึ่งซึ่งเรียกว่าชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ซึ่งเป็นค่าที่จะนำไปเปรียบเทียบกับความแม่นยำในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าเป้าหมายข้อมูลที่ไว้วัดและบันทึกผล ก่อนที่จะนำโครงข่ายไปทดสอบกับข้อมูลที่ต้องการ

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (back-propagation neural network) เป็นวิธีให้การเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซปตรอนหลายชั้นที่สามารถใช้กับข้อมูลซึ่งข้อมูลมีความซับซ้อน และหลากหลาย ส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับมีไม่น้อยกว่า 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุตของข้อมูลนำเข้า ชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุตที่ได้เป็นผลลัพธ์จากโครงข่าย แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ที่มี 2 ชั้นซ่อน

จากภาพที่ 1 ชั้นซ่อนที่ 1 มี 3 นิวรอน โดยค่าอินพุต P_1 ถึง P_R ป้อนเข้าพร้อมค่าถ่วงน้ำหนัก W_x ซึ่งมีค่าตั้งแต่ W_{x1} ถึง W_{xR} ไปเข้าฟังก์ชันผลรวม และฟังก์ชันถ่ายโอนของแต่ละนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 ค่าเอาต์พุตจากชั้นซ่อนที่ 1 จะไปเข้าฟังก์ชันผลรวม และฟังก์ชันถ่ายโอนของนิวรอนชั้นซ่อนที่ 2 ที่มี 2 นิวรอน พร้อมค่าถ่วงน้ำหนัก W_y ซึ่งมีค่าตั้งแต่ W_{y1} ถึง W_{yR} ไปเข้าฟังก์ชันผลรวม และฟังก์ชันถ่ายโอนของแต่ละนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ค่าเอาต์พุตจากชั้นซ่อนที่ 2 พร้อมค่าถ่วงน้ำหนัก W_z ไปเข้าฟังก์ชันผลรวม และฟังก์ชันถ่ายโอนปรับค่าผิดพลาดที่เหมาะสมจนได้ผลลัพธ์ค่าเอาต์พุตค่า Y ซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์เอาต์พุตสุดท้ายจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ที่มี 2 ชั้นซ่อน สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตนิวรอนของแต่ละชั้นกับค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอสได้ ดังสมการ (1)

$$a = f(n) = f(WP + b) \quad (1)$$

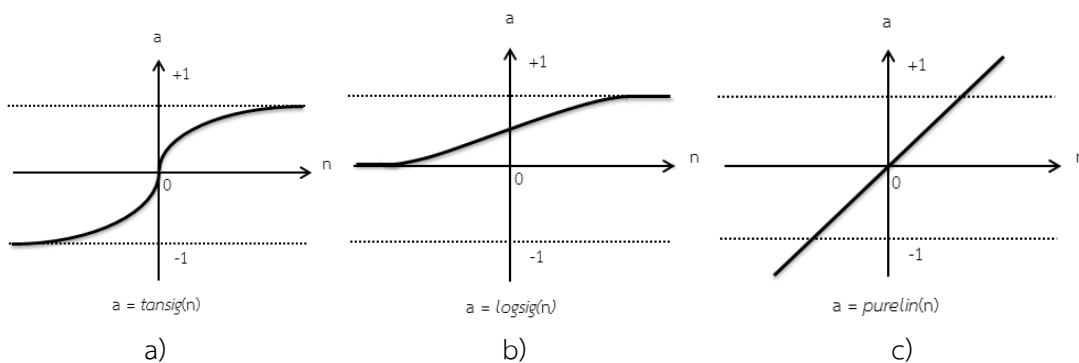
โดยที่ a คือ เอาต์พุตของแต่ละชั้นซ่อนของโครงข่าย

n คือ ค่าที่ได้จากฟังก์ชันผลรวมก่อนเข้าฟังก์ชันถ่ายโอน

W คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละชั้นซ่อน

b คือ ค่าไบแอสโครงข่าย

ในวิธีการวิจัยนี้ได้ใช้ Neural Network Toolbox ของโปรแกรม Matlab ฝึกสอนโครงข่ายด้วย Levenberg-Maquardt algorithm (trainbr) และทดสอบใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน tan-sigmoid transfer function, log-sigmoid transfer function และ linear transfer function (pureline) สลับกันในแต่ละฟังก์ชันถ่ายโอนของแต่ละชั้นในโครงข่ายประสาทเทียม แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนดังภาพที่ 2 และสมการของแต่ละฟังก์ชันถ่ายโอนตามลำดับ ดังนี้



ภาพที่ 2 ฟังก์ชันถ่ายโอน a) tan-sigmoid transfer function b) log-sigmoid transfer function
c) linear transfer function

Tan-sigmoid Transfer Function (tansig)

$$a(n) = \frac{1 - \exp(-n)}{1 + \exp(-n)} \quad (2)$$

Log-sigmoid Transfer Function (logsig)

$$a(n) = \frac{1}{1 + \exp(-n)} \quad (3)$$

Linear Transfer Function (pureline)

$$a(n) = n \quad (4)$$

เอาต์พุตจากโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลเป้าหมายจากค่าที่วัดได้ [7-8] โดยใช้ค่าความเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) และค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (Absolute of Percentage Error: APE) ใช้เป็นดัชนีสมรรถนะแสดงความผิดพลาด ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณ ดังสมการดังนี้

$$MAE = \frac{1}{N} \sum |Y_{ANN} - Y_{Target}| \quad (5)$$

$$APE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{Y_{ANN} - Y_{Target}}{Y_{ANN}} \right| \quad (6)$$

โดยที่ Y_{ANN} คือ ค่าที่ได้จากโครงข่าย

Y_{Target} คือ ค่าจากการวัดจริงใช้เป็นค่าเป้าหมายของโครงข่าย

N คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโครงข่าย

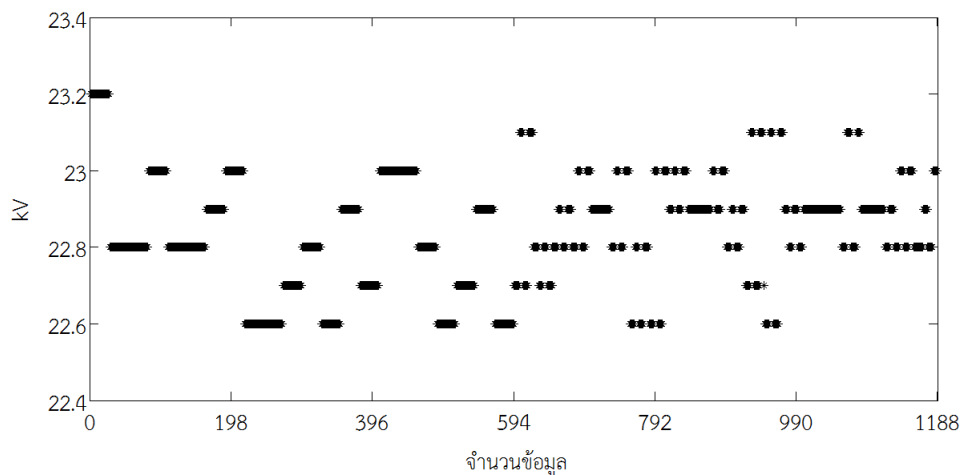
ข้อมูลระบบกำลังไฟฟ้าที่ศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษากำลังไฟฟ้าที่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดแพร่ กำลังไฟฟ้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าจังหวัดแพร่ มีหม้อแปลงไฟฟ้าที่พิกัด 50MVA 22KV รองรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปให้ 5 พื้นที่ ในเขตจังหวัดแพร่ แต่ละพื้นที่จะใช้กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน และระยะทางห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายตั้งแต่ 5, 7, 14 จนถึง 37 กิโลเมตร ข้อมูลที่ได้ศึกษาเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกจริงตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 ถึง ธันวาคม 2561 มีจำนวนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 1,188 ข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลทีบันทึกได้แสดงดังภาพที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

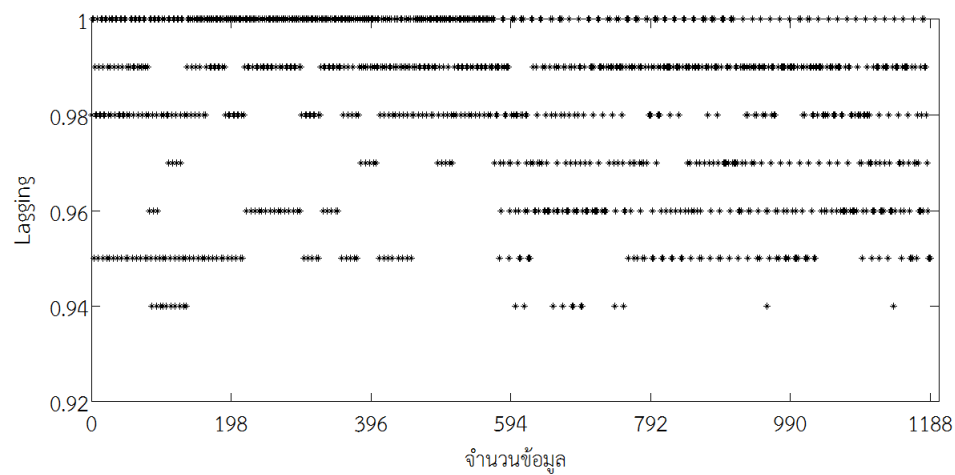
ภาพที่ 3 แรงดันไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้ามีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้โหลดอยู่ในช่วง 22.6kV ถึง 23.2kV จะเห็นว่าสถานีนี้จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้โหลดไม่ต่ำกว่าค่าพิกัดแรงดันที่หม้อแปลง คือ 22 kV ซึ่งระยะทางของโหลดที่ไกลนั้นมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าส่งผลให้เกิดแรงดันตกได้ ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่งซึ่งหม้อแปลงต้องแบกรับกำลังสูญเสียในสายส่งนี้ด้วย จึงนำข้อมูลนี้ใช้ในประมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของสถานีไฟฟ้า

ภาพที่ 4 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า แสดงถึงระบบไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าระบบจำหน่ายนี้รองรับโหลดใช้งาน กรณีหากโหลดใช้งานเป็นขดลวดเหนี่ยวนำจะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำลงไป ระบบไฟฟ้าจะเกิดการจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ข้อมูลนี้เกี่ยวข้องกับการจ่ายกำลังระบบไฟฟ้าจึงนำมาใช้ในการประมาณกำลังไฟฟ้าสูงสุด

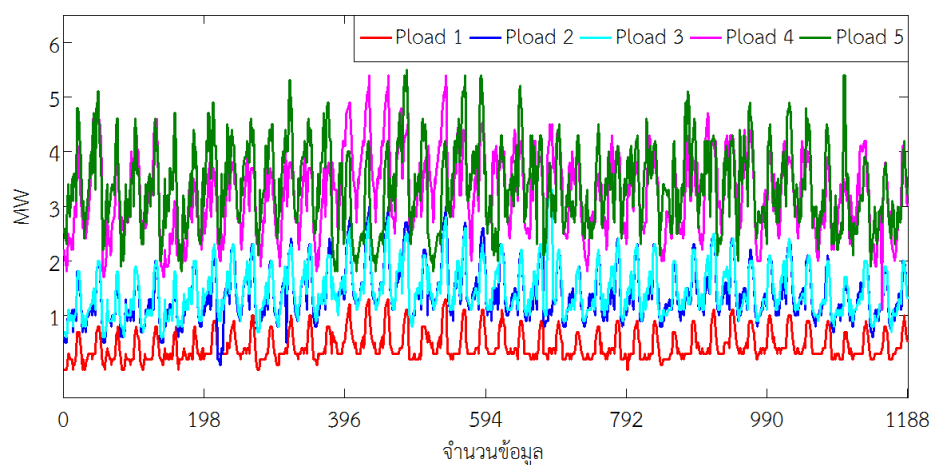
ภาพที่ 5 กำลังไฟฟ้าที่โหลดใช้งานทั้ง 5 พื้นที่ มีช่วงกำลังไฟฟ้าของโหลดตั้งแต่ 0.5 ถึง 5.8 MW จะเห็นว่าในแต่ละพื้นที่จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณผู้ใช้ไฟ ข้อมูลกำลังไฟฟ้าของโหลดใช้งานนี้จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สถานีไฟฟ้าระบบจำหน่ายนี้รองรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าของโหลดได้



ภาพที่ 3 แรงดันไฟฟ้า



ภาพที่ 4 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 5 กำลังไฟฟ้าที่โหลดใช้งานในแต่ละพื้นที่

การคำนวณกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า [13] สามารถใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าสาย กระแสไฟฟ้าสาย และค่ามุมทางไฟฟ้า หรือตัวประกอบกำลังไฟฟ้า มาคำนวณหา กำลังไฟฟ้า ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}P_{3\phi} &= \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta \\Q_{3\phi} &= \sqrt{3}V_L I_L \sin \theta \\S_{3\phi} &= P_{3\phi} + jQ_{3\phi} = VI^*\end{aligned}\quad (7)$$

โดยที่ $P_{3\phi}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงสามเฟสที่โหลดใช้งาน มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

$Q_{3\phi}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสามเฟส มีหน่วยเป็น วาร์ (Var)

$S_{3\phi}$ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏสามเฟส มีหน่วยเป็น โวลต์แอมป์ (VA)

V_L คือ แรงดันไฟฟ้าสาย มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I_L คือ กระแสไฟฟ้าสาย มีหน่วยเป็น แอมป์แอมป์ (A)

θ คือ มุมทางไฟฟ้าของโหลด มีหน่วยเป็น องศา

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับที่นำเสนอ

โครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ข้อมูลอินพุตที่จะนำมาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ เป็นข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดแพร่ กำลังไฟฟ้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าจังหวัดแพร่ มีหม้อแปลงไฟฟ้าที่พิกัด 50MVA 22kV เป็นข้อมูลที่บันทึกจากสถานีไฟฟ้าจังหวัดแพร่ โดยข้อมูลที่จะนำไปฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับเป็นข้อมูลที่วัดและบันทึกผลตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 ถึง ธันวาคม 2561 มีจำนวน 1,188 ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ให้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับมีอินพุต คือ แรงดันไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง และกำลังไฟฟ้าโหลดใช้งาน 5 พื้นที่ เอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดของสถานีไฟฟ้าระบบจำหน่ายที่ต้องจ่ายโหลดทั้งหมด และกระแสไฟฟ้า

การฝึกสอนจะมีการปรับโครงสร้างและฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นซ่อนแต่ละชั้นภายในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อหาโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้สมรรถนะการเรียนรู้ที่ดีที่สุด [9-11] จึงต้องกำหนดรูปแบบการปรับโครงสร้างชั้นซ่อนไว้ในแต่ละกรณี เพื่อเลือกกรณีที่ทำให้ค่าความเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) ที่น้อยที่สุด

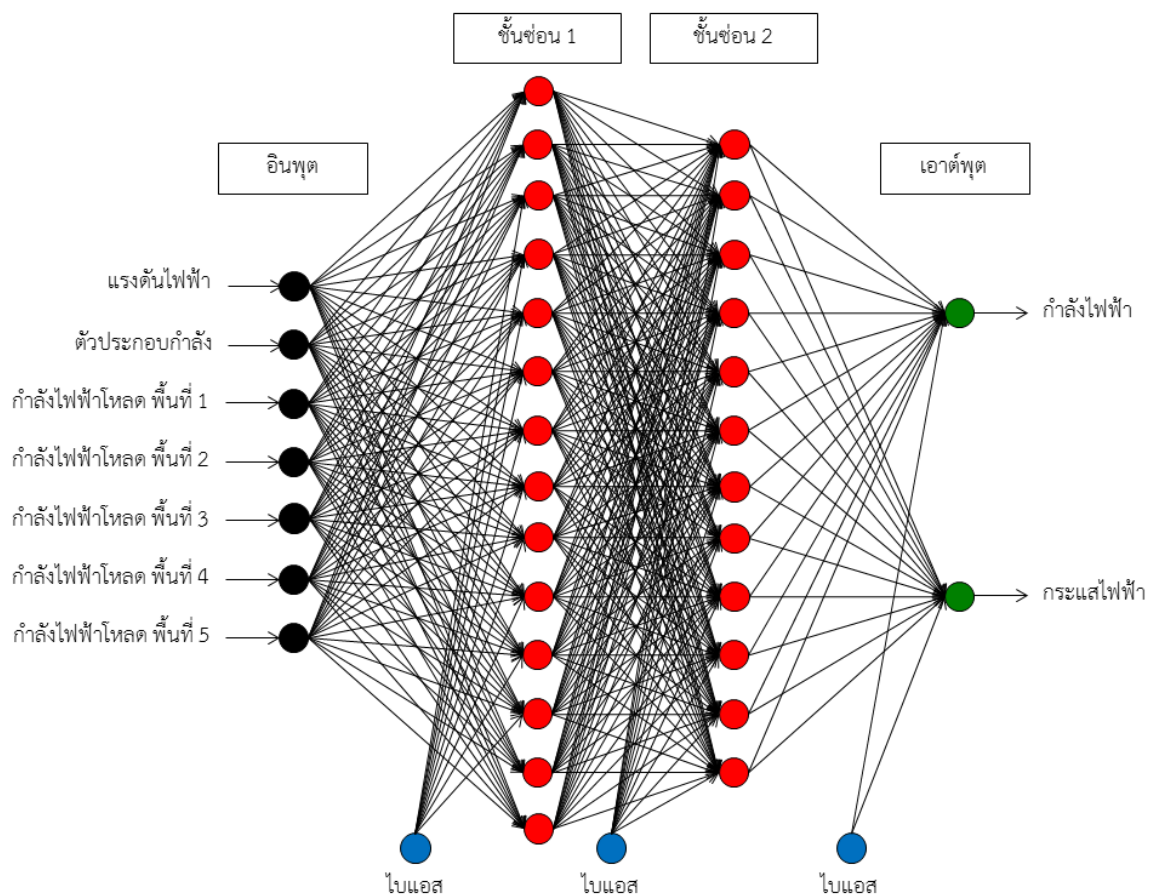
การกำหนดจำนวนนิวรอนชั้นซ่อน ไม่ควรกำหนดจำนวนนิวรอนชั้นซ่อนน้อยกว่าจำนวนอินพุตที่ป้อนเข้าโครงข่ายประสาทเทียม เพราะการคำนวณจดจำข้อมูลจะมีช่วงทำงานที่แคบ จะมีผลให้โครงข่ายไม่แม่นยำ และถ้าหากกำหนดจำนวนนิวรอนมากขึ้นมีผลต่อระยะเวลาในการคำนวณที่นานขึ้น หากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเลือกข้อมูลอินพุตที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์เอาต์พุตได้ดี ผลลัพธ์จากค่าที่กำหนดจำนวนนิวรอนน้อยอาจใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดนิวรอนที่มากกว่าก็ได้ กล่าวคือถ้าเลือกข้อมูลอินพุตได้ดีมีข้อมูลมากพอ การกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนมากสุดนั้นอาจจะไม่เกินกว่าสองเท่าของจำนวนอินพุตก็ได้ผลลัพธ์ที่ดีได้

ตารางที่ 1 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

กรณี	ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function)	ชั้นซ่อนที่ 1 (จำนวน นิวรอน)	ชั้นซ่อนที่ 2 (จำนวนนิวรอน)	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาด สัมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE)	
				การฝึกสอน	
				กำลังไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า
1	Tansig, Pureline	14	-	2.520	4.861
2	Logsig, Pureline	14	-	2.520	4.866
3	Tansig, Tansig, Pureline	12	12	2.160	4.181
4	Tansig, Tansig, Pureline	12	14	1.996	3.846
5	Tansig, Tansig, Pureline	14	12	1.877	3.620
6	Tansig, Tansig, Pureline	14	14	1.913	3.687
7	Logsig, Logsig, Pureline	12	12	2.094	4.040
8	Logsig, Logsig, Pureline	12	14	2.015	3.882
9	Logsig, Logsig, Pureline	14	12	1.933	3.724
10	Logsig, Logsig, Pureline	14	14	1.963	3.783
11	Tansig, Logsig, Pureline	12	12	2.086	4.030
12	Tansig, Logsig, Pureline	12	14	1.980	3.816
13	Tansig, Logsig, Pureline	14	12	1.995	3.847
14	Tansig, Logsig, Pureline	14	14	1.968	3.798
15	Logsig, Tansig, Pureline	12	12	2.066	3.981
16	Logsig, Tansig, Pureline	12	14	1.988	3.831
17	Logsig, Tansig, Pureline	14	12	1.988	3.831
18	Logsig, Tansig, Pureline	14	14	1.953	3.763

จากตารางที่ 1 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้ทดลองปรับจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน โดยเริ่มจาก 8 นิวรอน ถึง 14 นิวรอน (สองเท่าของจำนวนอินพุต) ในงานวิจัยนี้กำหนดเอาต์พุตกำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้ผลลัพธ์ค่าความเฉลี่ยความผิดพลาดสมบูรณ์ (MAE) ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้น้อยกว่า 5 เปอร์เซนต์ จะเห็นว่ากรณีที่ 1 และ 2 ที่มีจำนวนชั้นซ่อนเดียวเป็นการคำนวณข้อมูลจดจำไม่ซับซ้อน แต่ต้องใช้ถึง 14 นิวรอน ถึงจะได้ผลลัพธ์ค่า MAE ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนกรณีที่ 3 ถึง กรณีที่ 18 เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบสองชั้นซ่อน คำนวณข้อมูลจดจำซับซ้อนขึ้นสองชั้น จึงเลือกโครงสร้างของกรณีที่มีค่า MAE ที่ผลลัพธ์ผ่านค่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มาเปรียบเทียบกับเพื่อดูว่าจะเลือกใช้โครงสร้างของกรณีใดที่มีค่า MAE น้อยที่สุด

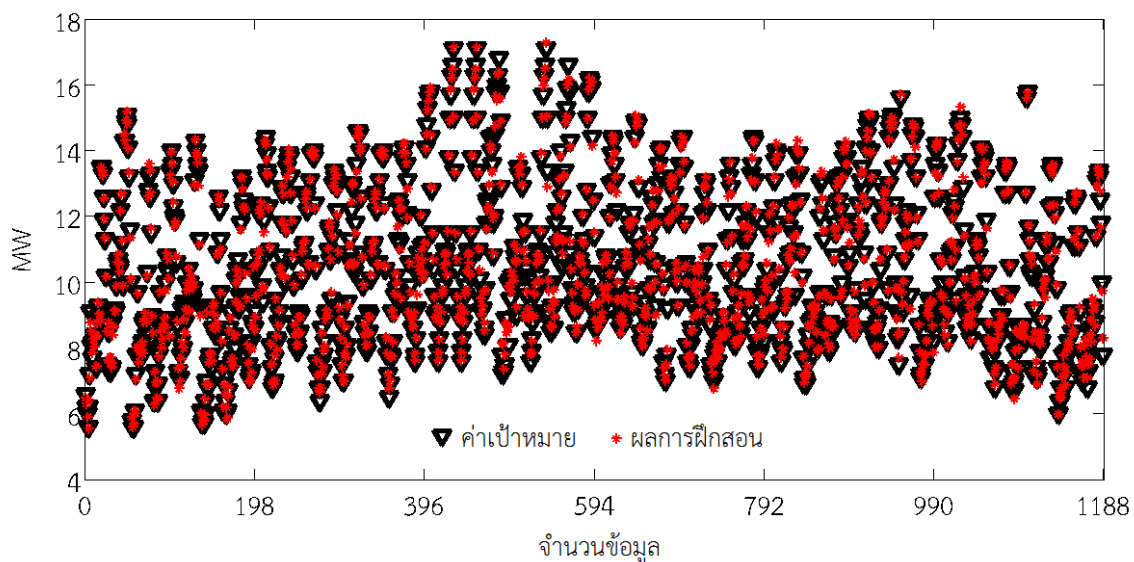
จะเห็นว่ากรณีที่ 5 มีค่า MAE น้อยที่สุดจึงถือได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีการเรียนรู้และจดจำข้อมูลได้ดีที่สุดกว่ารูปแบบกรณีอื่น ๆ จึงได้เลือกรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมกรณีที่ 5 ดังภาพที่ 6



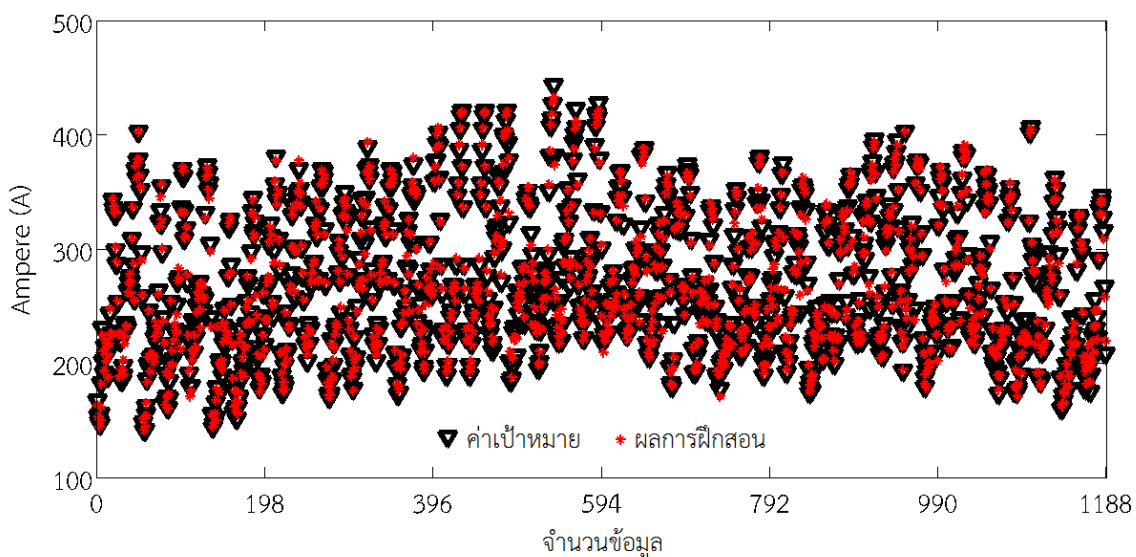
ภาพที่ 6 โครงข่ายประสาทเทียมที่น่าเสนอ

จากภาพที่ 6 แสดงโครงข่ายประสาทดัดเทียมที่ได้จากการฝึกสอนสำหรับประมาณความต้องการไฟฟ้าสังเกตได้ว่าโครงข่ายประสาทดัดเทียมมี 2 ชั้นซ่อน คือ ชั้นซ่อนที่ 1 มี 14 นิวรอน ชั้นซ่อนที่ 2 มี 12 นิวรอน สำหรับฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 ชั้นซ่อนที่ 2 และชั้นเอาต์พุต คือ Tansig, Tansig และ Purelin ตามลำดับ

ผลการฝึกสอนโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบแพร่กลับ ได้ค่าเอาต์พุตเป็นกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายของข้อมูลจากการวัดและบันทึกผล แสดงดังภาพที่ 7, 8 ตามลำดับ

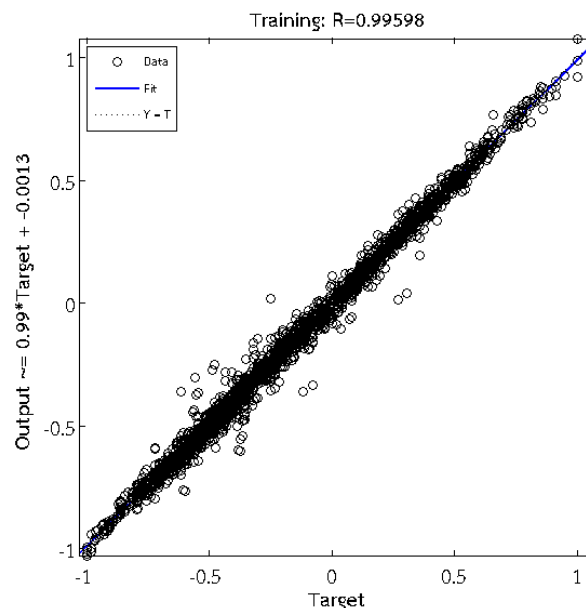


ภาพที่ 7 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากฝึกสอนโครงข่ายประสาทดัดเทียมที่นำเสนอ



ภาพที่ 8 กระแสไฟฟ้าที่ได้จากฝึกสอนโครงข่ายประสาทดัดเทียมที่นำเสนอ

จากภาพที่ 7 และ 8 แสดงกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายจากการวัดจริง ซึ่งจะเห็นว่าการกระจายของข้อมูลผลการฝึกสอนนั้นอยู่ในช่วงเดียวกันกับข้อมูลค่าเป้าหมาย ซึ่งแสดงว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับที่นำเสนอมีความแม่นยำ จึงสามารถนำไปทดสอบหาการประมาณกำลังไฟฟ้า แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเป้าหมายกับค่าเอาต์พุตที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเป้าหมาย และค่าเอาต์พุตที่ได้จากการฝึกสอน

จากภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเป้าหมาย และค่าเอาต์พุตที่ได้จากการฝึกสอน หมายความว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอได้ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแทนซิกมอย สามารถรับค่าอินพุตค่าต่าง ๆ ได้ทั้งค่าที่เป็นบวก และค่าที่เป็นลบ และให้เอาต์พุตในย่าน -1 ถึง +1 และฟังก์ชันถ่ายโอนเชิงเส้นฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมนั้นฝึกสอนข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบเส้นทแยงมุม (Linear Regression) เปรียบเทียบค่าข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมาย (จุดวงกลมสีดำ) แล้วฝึกสอนจนกว่าได้ผลลัพธ์จากการฝึกสอน (เส้นทแยงมุมสีน้ำเงิน) ให้อยู่ในแนวทแยงมุมมากที่สุด แล้วหาค่าความผิดพลาดจากระยะห่างของค่าข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมาย (จุดวงกลมสีดำ) มีระยะห่างมากหรือน้อยเทียบกับผลลัพธ์จากการฝึกสอน (เส้นทแยงมุมสีน้ำเงิน) แสดงเป็นผลรวมค่าความแม่นยำที่เกิดจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม (Training : R)

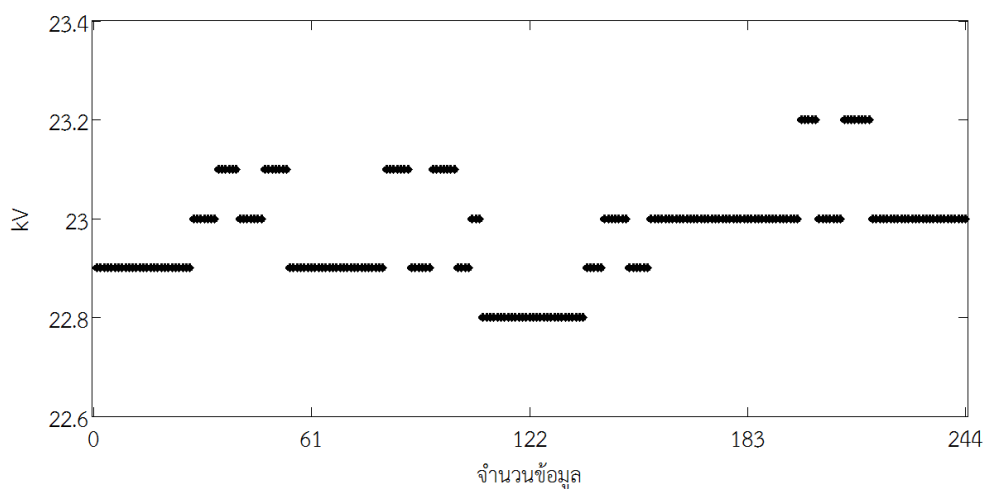
จะสังเกตว่าถ้าข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมายทั้งหมดมีค่าเท่ากับค่าเอาต์พุตที่ได้จากการฝึกสอนค่า Training : R จะได้ค่าเท่ากับ 1 และในการฝึกสอนโครงข่ายที่นำเสนอ มีค่า Training : R =0.99598 ถือได้ว่าการฝึกสอนจดจำข้อมูลใกล้เคียงกับค่าจริง จึงนำไปใช้ทดสอบข้อมูลที่ประมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

Results / ผลการวิจัย

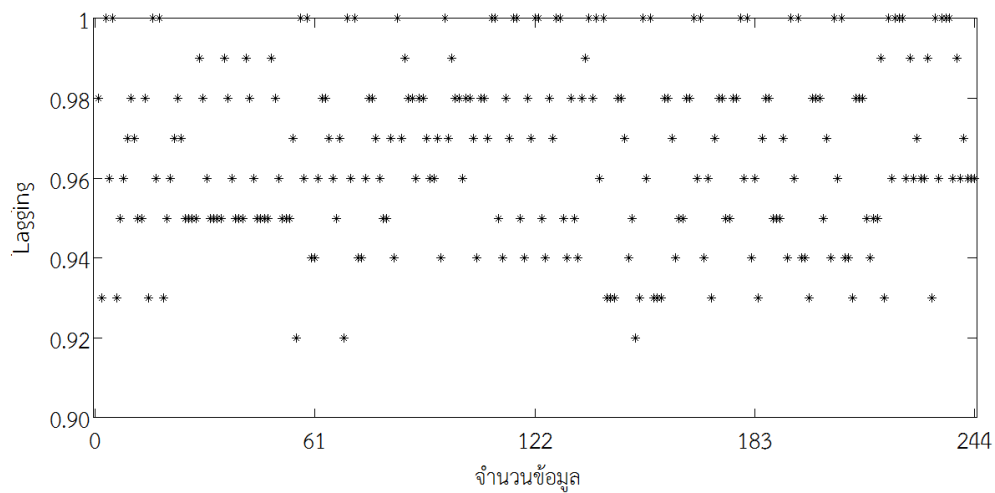
ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับที่นำเสนอ สำหรับการประมาณความต้องการไฟฟ้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดใช้งานทั้ง 5 พื้นที่ และกระแสไฟฟ้าโหลดใช้งาน ในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับที่นำเสนอใช้ข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดแพร่ เป็นข้อมูลที่บันทึกจากสถานีไฟฟ้าสถานที่เดิมที่มีหม้อแปลงไฟฟ้าที่พิกัด 50MVA 22kV วัดและบันทึกผลตั้งแต่เดือน มกราคม 2562 ถึง กุมภาพันธ์ 2562 โดยแบ่งข้อมูลได้เป็น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย กำลังไฟฟ้าโหลดใช้งาน และตัวประกอบกำลัง

การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับที่นำเสนอ

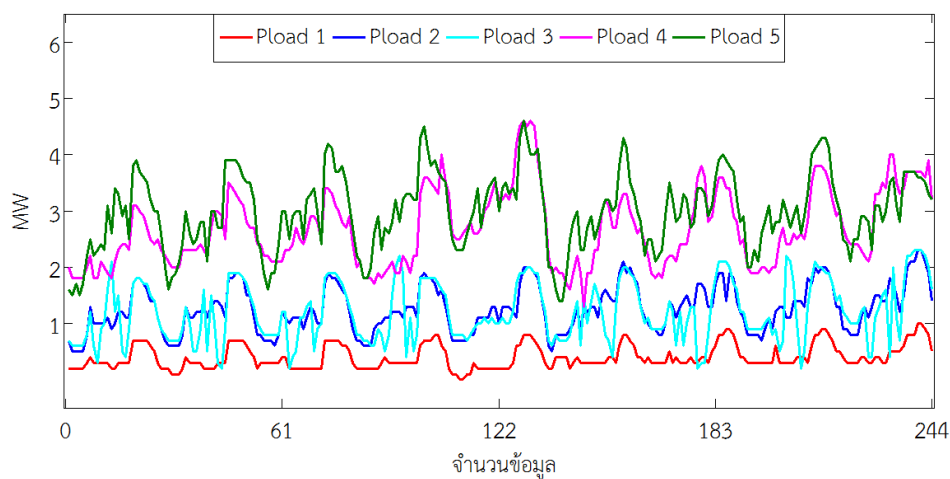
ในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอนั้นจะต้องได้โครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนและปรับโครงสร้างและฟังก์ชันถ่ายโอนให้ได้ผลลัพธ์ที่ค่าผลการฝึกสอนกับค่าเป้าหมายใกล้เคียงกัน สำหรับการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับจะมีอินพุต คือ แรงดันไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง และกำลังไฟฟ้าโหลดใช้งาน 5 พื้นที่ ในงานวิจัยนี้เอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ คือ กำลังไฟฟ้าแหล่งจ่ายที่ต้องจ่ายโหลดทั้งหมด และกระแสไฟฟ้า โครงข่ายประสาทเทียมจะมีข้อมูลทดสอบ จำนวน 244 ข้อมูล แสดงข้อมูลทดสอบอินพุตโครงข่ายประสาทเทียมดังภาพที่ 10, 11 และ 12 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายโหลดที่ทดสอบ



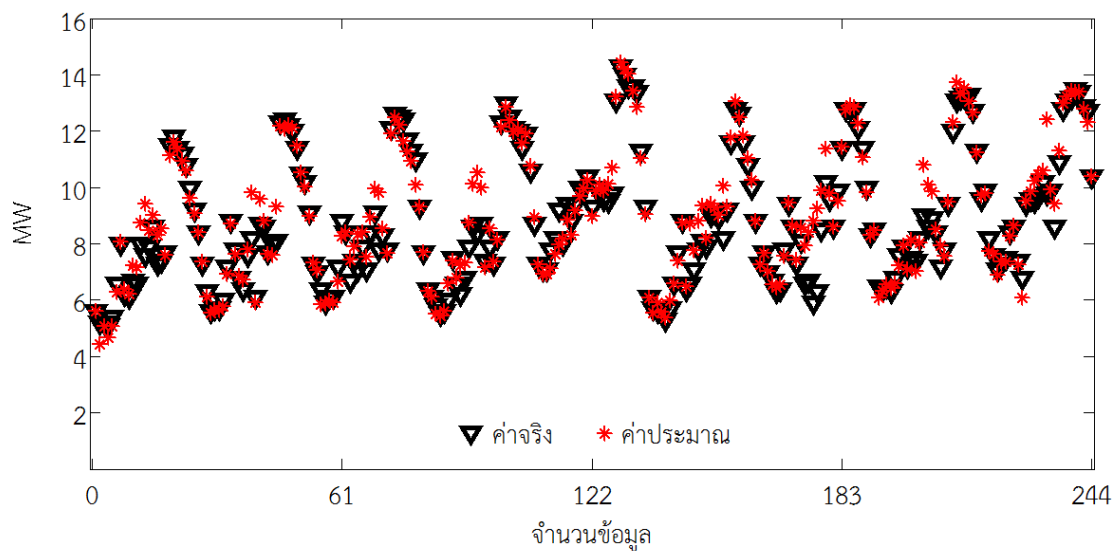
ภาพที่ 11 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ทดสอบของระบบไฟฟ้า



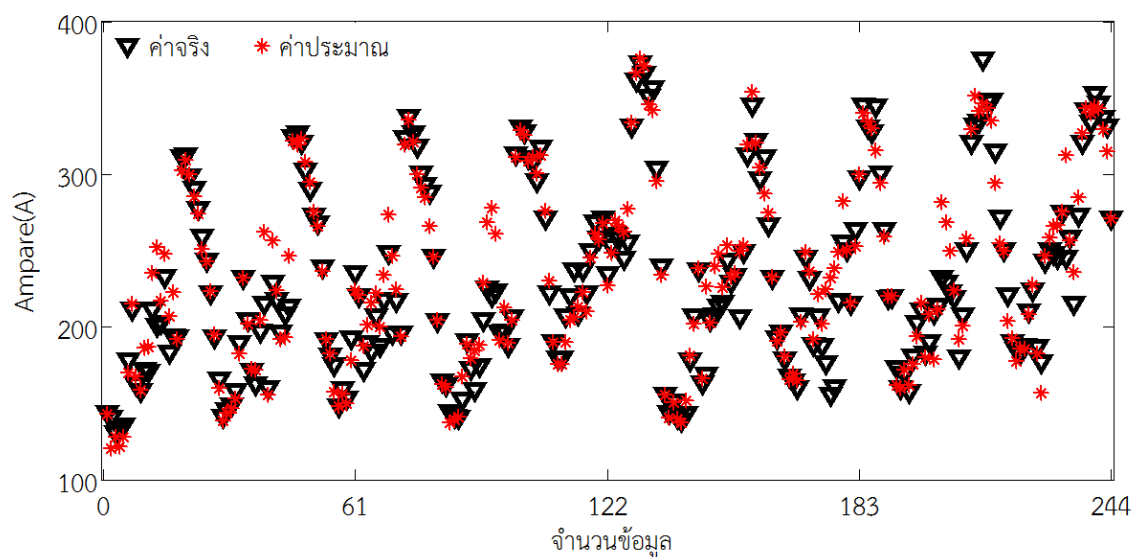
ภาพที่ 12 กำลังไฟฟ้าจริงที่ทดสอบของโหลดใช้งานในแต่ละพื้นที่

ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับจะได้ค่าเอาต์พุตเป็นกำลังไฟฟ้าที่ประมาณได้ และค่ากระแสไฟฟ้าของโหลดที่ใช้งานที่ประมาณได้ สามารถเปรียบเทียบระหว่างค่าประมาณที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กับค่าจริงจากการวัดและบันทึก แสดงดังภาพที่ 13 และ 14 ตามลำดับ (แสดงตัวอย่างข้อมูลตัวเลขในตารางที่ 2)



ภาพที่ 13 กำลังไฟฟ้าที่ประมาณได้จากโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพที่ 14 กระแสไฟฟ้าที่ประมาณได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

จากภาพที่ 13 และ 14 แสดงกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมเปรียบเทียบกับค่าจากการวัดจริง ซึ่งจะเห็นว่าการกระจายของข้อมูลผลการฝึกสอนนั้นอยู่ในช่วงข้อมูลใกล้เคียงกันกับข้อมูลค่าจากการวัดจริง จึงนำไปวิเคราะห์หาค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

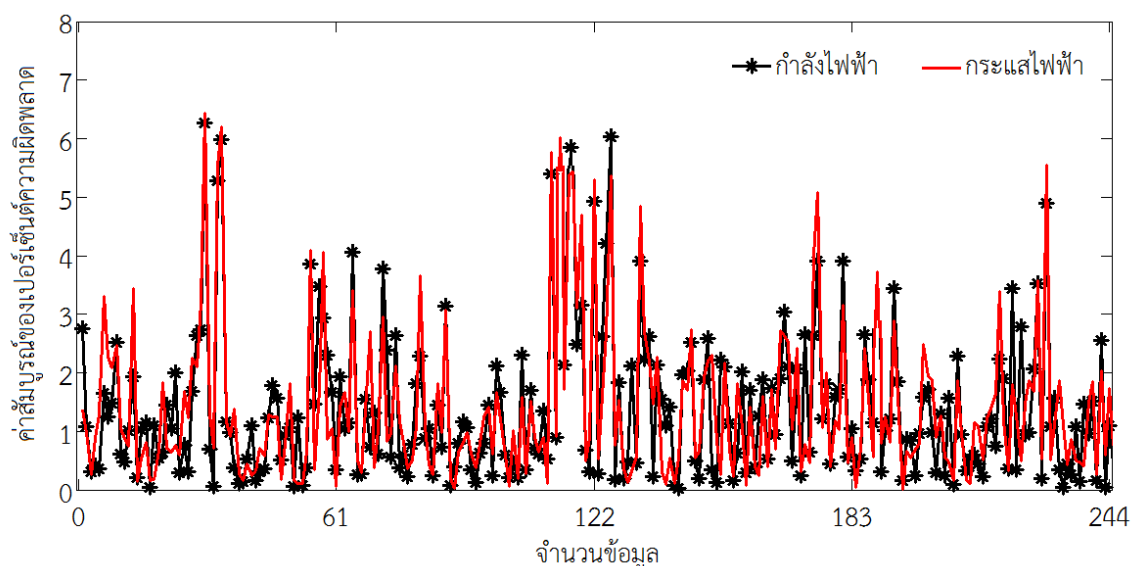
อินพุต							เอาต์พุต			
แรงดันไฟฟ้า (kV)	ตัวประกอบกำลัง (Lagging)	กำลังไฟฟ้าโหลดใช้งานพื้นที่ 1 (MW)	กำลังไฟฟ้าโหลดใช้งานพื้นที่ 2 (MW)	กำลังไฟฟ้าโหลดใช้งานพื้นที่ 3 (MW)	กำลังไฟฟ้าโหลดใช้งานพื้นที่ 4 (MW)	กำลังไฟฟ้าโหลดใช้งานพื้นที่ 5 (MW)	ค่าจริง		ค่าประมาณ	
							กำลัง (MW)	กระแส (A)	กำลัง (MW)	กระแส (A)
22.9	1.0	0.2	0.7	0.7	2.0	1.6	5.60	144.05	5.958	142.493
22.9	0.9	0.2	0.5	0.6	1.8	1.5	5.20	140.99	5.386	135.901
22.9	1.0	0.2	0.5	0.6	1.8	1.7	5.20	131.12	4.973	126.374
22.9	1.0	0.2	0.5	0.6	1.8	1.5	5.10	133.95	5.579	140.503
22.9	1.0	0.2	0.5	0.6	1.8	1.7	5.40	136.14	4.973	136.374
22.9	0.9	0.3	0.8	0.8	2.0	2.2	6.60	178.92	6.597	179.297
22.9	1.0	0.4	1.3	1.2	2.2	2.5	8.00	212.29	8.107	214.526
22.9	1.0	0.3	1.0	0.6	1.8	2.2	6.20	162.81	6.965	158.417
22.9	1.0	0.3	1.0	0.3	1.8	2.3	6.10	158.54	7.132	154.362
22.9	1.0	0.3	1.0	0.9	2.1	2.4	6.70	172.34	7.094	172.381
23.1	1.0	0.7	1.9	1.8	3.6	4.5	13.00	331.57	13.099	335.360
22.9	1.0	0.7	1.8	1.8	3.6	4.1	12.50	328.28	12.585	331.213
22.9	1.0	0.7	1.8	1.8	3.5	3.8	12.10	311.31	12.173	311.947
22.9	1.0	0.8	1.7	1.8	3.4	3.9	12.00	308.71	11.815	302.647
22.9	1.0	0.8	1.5	1.7	3.3	3.7	11.40	296.30	11.216	292.595
23.0	0.9	0.6	1.6	1.6	4.0	3.6	11.90	317.79	11.843	312.328
23.0	1.0	0.5	1.3	1.5	3.5	3.5	10.60	271.52	10.634	273.030
23.0	1.0	0.2	1.0	1.1	3.3	2.9	8.70	222.85	8.974	230.884
22.8	1.0	0.1	0.7	0.8	2.6	2.5	7.30	190.57	7.277	189.934
22.8	1.0	0.1	0.7	0.8	2.5	2.3	7.10	179.79	6.853	173.822
23.2	1.0	0.3	1.3	0.5	2.5	2.8	7.40	209.29	6.774	202.617
23.2	1.0	0.3	1.3	0.7	2.7	3.2	8.20	214.83	7.781	207.645
23.0	1.0	0.3	1.1	2.2	2.4	3.0	9.00	232.90	9.403	237.726

23.0	0.9	0.3	1.1	2.1	2.4	2.7	8.60	229.67	10.242	225.717
23.0	1.0	0.3	1.4	1.7	2.6	2.9	8.90	223.43	9.067	224.334
23.0	1.0	0.4	1.4	1.0	2.5	3.1	8.40	219.62	8.452	222.208
23.0	1.0	0.4	1.4	0.2	2.6	2.6	7.20	180.71	7.375	184.502
23.2	0.9	0.6	1.7	1.8	3.5	4.0	12.00	321.12	12.010	320.067

เอาต์พุตจากการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริง โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (absolute of percentage error: APE) ใช้เป็นดัชนีสมรรถนะแสดงความผิดพลาดการประมาณกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าที่ประมาณความต้องการไฟฟ้า

ถ้าค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมีค่าน้อยซึ่งยอมรับได้ แสดงได้ว่าผลจากการประมาณมีค่าใกล้เคียงกัน และโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำสูง

ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ของการประมาณกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าที่ประมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 APE ของกำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากโครงข่ายประสาทเทียม

Conclusion / สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสำหรับการประมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากกำลังไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าระบบจำหน่ายจังหวัดแพร่ และยังสามารถประมาณกระแสไฟฟ้าจากโหลดที่ใช้งาน โครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอมีอินพุตเป็น แรงดันไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง และกำลังไฟฟ้า โหลดใช้งานทั้งหมด 5 พื้นที่ จากการศึกษาพบว่า การฝึกสอนโครงข่ายจากข้อมูลที่ฝึกสอนมีจำนวนมากทำให้การเรียนรู้และจดจำได้แม่นยำ ทำให้การทดสอบโครงข่ายได้ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (absolute of percentage error: APE) ใช้วัดสมรรถนะความผิดพลาดการประมาณกำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้ค่าผิดพลาดที่ของการทดสอบโครงข่ายไม่เกิน 7 % แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในการประมาณได้

References

- Chupong, C. (2011). *kān phayākōṇ kamlang faifā khōṅ rabop sēn sāng'āthit bāp chuām tō sāisong doī mai chai tuā wat rangsī duāṅ 'āthit kōṇānī sukā rabop thī tittang nai mahāwitthayalai theknōyī rāt mongkhon than burī* [Power Output Forecasting of PV Grid Connected System Without Using Solar Radiation Measurement Case Study at RMUTT]. (Master's Thesis). Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.
- Coury, D. V., & Jorge, D. C. (1998). Artificial Neural Network Approach to Distance Protection of Transmission Lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 13, No. 1, 102-108.
- Energy Policy and Planning office, Ministry of Energy, Thailand. (2012). *kā phayākōṇ khwām tōṅkān faifā nai raya yāo* [Load Forecast]. Bangkok.
- Komsatid, K., & Chutima, P. (2012). Sinkthientrakul, N., & Chiriwipakorn, S.(2006). *kān phayākōṇ khwām tōṅkān faifā khōṅ prathēt Thai nai raya yāo duāi withī khōṅkhāi prasāt thām* [Long-term Thailand Electrical Load Forecasting With an Artificial Neural Network Approach]. *Industrial Engineering Network Conference*. (pp. 1085-1090). Cha-am, Phetchaburi.
- Sathiracheewin, S., & Surapatana, V. (2015). *kān phayākōṇ kamlang faifā sūṅsut khōṅ sathānī faifā duāi theknik kārok ra chā yō lōdō radap mahaphāk long sū radap chunlaphāk* [Peak Load Substation Forecasting by Global-Local Allocation Technique]. *Electrical Engineering Conference (EECON-36)*. (pp. 273-276). Kasetsart University.
- Senjyu, T., Takara, H., Uezato, K., & Funabashi, T. (2002). One-Hour-Ahead Load Forecasting Using Neural Network. *IEEE Transactions on Power System*, Vol. 17, No. 1, 113-118.
- Sinkthientrakul, N., & Chiriwipakorn, S. (2006). *kān phayākōṇ lō dōṛa ya san doī chai khōṅkhāi prasāt thām* [Short-term Load Forecast using Artificial Neural Networks], *Journal of KMITNB*, Vol. 16, No. 2, (April-June) : 37-42.
- Weedy, B. M., Cordy, B. J., Jenkins, N., Ekanayake, J. B., & Strbac, G. (2012). *Electric Power systems*. A John Wiley & Sons., Ltd.
- Wongta, D., Rakpenthai, C., & Pahasa, J. (2016). *kān pramāṅkān phalit kamlang sūṅsut chāk phāṅg sēn sāng'āthit doī chai khōṅkhāi prasāt thām* [Estimation of Maximum Power Generation from Photovoltaic Module Using Neural Network]. *Electrical Engineering Conference (EECON-39)*. (pp. 065-068). Cha-am, Phetchaburi.