

บทที่ 6

ตัวอย่างและผลลัพธ์การประยุกต์เครือข่ายประสาท ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่

จากบทที่ผ่านมาได้นำเสนอทฤษฎีการประยุกต์เครือข่ายประสาทของ Hopfield ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่ ประกอบด้วยฟังก์ชันพลังงานสำหรับเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่ 2 แนวทาง ขั้นตอนการเรียนรู้ของเครือข่ายและโครงสร้างการจัดการ ในบทนี้จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการทดสอบระบบจำหน่ายไฟฟ้า 3 ระบบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษา C++ เวอร์ชัน 4.5 ของบอร์แลนด์(Borland C++) โดยคอมไพล์โปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการ 32 บิต การทดสอบนี้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ของ Dell, CPU Pentium Pro. 200 MHz, RAM 32 MB บนระบบปฏิบัติการ Windows NT เวอร์ชัน 4.0 ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงรูปแบบข้อมูลที่จะป้อนให้โปรแกรม

6.1 รูปแบบของข้อมูลป้อนเข้า

รูปแบบของข้อมูลป้อนเข้าที่จะใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ

- 1) ข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า
- 2) ข้อมูลในการปรับสอนเครือข่ายประสาท

6.1.1 ข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าประกอบด้วยค่ากำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟของโหลด ค่าอิมพีแดนซ์ของสาย ชนิดของโหลด ค่ากำลังฐาน (MVA Base) และจำนวนสวิตช์ถ่ายโอน โดยที่ค่ากำลังจริงและกำลังต้านทานกลับของโหลดมีหน่วยเป็น MW และ MVAR ตามลำดับ ส่วนค่าอิมพีแดนซ์ของสายมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (pu.) ตัวอย่างดังแสดงในภาคผนวก ก. สำหรับข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหากปรากฏว่าเป็นระบบที่มีสายป้อนหลายชุดหรือกล่าวอีกอย่างก็คือมี

โหนดอ้างอิง (Slack node) หลายโหนดให้ยุบโหนดเหล่านั้นรวมเข้าเป็นโหนดเดียว เพื่อสามารถคำนวณโหลดโพลาร์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าบางระบบเช่น ระบบ 32 โหนดที่นำมาทดสอบ อาจจะต้องปรับเปลี่ยนข้อมูลโดยการสร้างโหนดเทียม (Artificial node) เพื่อให้เครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่สามารถแยกโหลดออกเป็นกลุ่มได้ การเลือกโหนดที่จะสร้างโหนดเทียม รวมทั้งจำนวนโหนดเทียมที่สร้างขึ้นมานั้น ใช้การลองผิดลองถูก ทั้งนี้อาจพิจารณาเลือกโหนด ที่มีสายแยกเท่ากับวงรอบของระบบหรืออาจจะสร้างระบบสมมูลย์ (Equivalent system) โดยที่โหนดเทียมของระบบสมมูลย์ที่สร้างขึ้นมามีสายแยกเท่ากับวงรอบของระบบ และใช้โหนดนี้เสมือนเป็นโหนดต้นทางของสายป้อน แม้ว่าโดยสภาพเป็นจริงไม่ใช่โหนดอ้างอิงก็ตาม

6.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการปรับสอน

ข้อมูลที่ใช้ในการปรับสอนเครือข่าย DFRP (Distribution feeder reconfiguration problem) ประกอบด้วยค่าคงที่ต่าง ๆ ที่กล่าวมาในบทที่ 5 ได้แก่ A, B, C, D ค่าทั้งหมดนี้หาโดยการลองผิดลองถูกเช่นเดียวกัน การพิจารณาว่าค่าคงที่แต่ละค่าเหมาะสมหรือไม่ ให้พิจารณาพฤติกรรมของเครือข่ายว่าเป็นไปตามต้องการหรือไม่ เช่นค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่าย DFRP ซึ่งมีขอบเขต $[0, 1]$ มีแนวโน้มเข้าสู่ 1 หรือมีแนวโน้มเข้าสู่ 0 อย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ และที่สำคัญอาจพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีหรือไม่ ในการทดสอบที่จะกล่าวถึงต่อไปจะศึกษาความไว (Sensitivity) ของค่าคงที่ต่างๆ เหล่านี้โดยพิจารณาปรับเปลี่ยนค่าคงที่เพียงตัวเดียวเท่านั้น ส่วนตัวอื่นๆ ที่เหลือไม่มีการเปลี่ยนแปลง

6.2 แนวทางการทดสอบเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่

สำหรับแนวทางการทดสอบมีสองแนวทางคือศึกษาสภาพหรือศึกษาพฤติกรรมของระบบทั้งก่อนและหลังจัดเรียงสายป้อนใหม่ โดยพิจารณาที่กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสาย แรงดันไฟฟ้าที่โหนด ต่างๆ และศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้นมา เนื่องจากกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายของระบบจำหน่ายไฟฟ้าขึ้นอยู่กับรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้า หมายความว่าเมื่อสถานะของสวิตช์เปลี่ยนไปทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสาย แรงดันไฟฟ้าและกำลังที่ไหลในสายที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่ [9]

6.2.1 ศึกษาสภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ในการทดสอบนี้จึงตั้งสมมติฐานในเบื้องต้นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากเครือข่ายประสาทการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่น่าเสนอขึ้นอยู่กับรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในตอนเริ่มต้น ในการทดสอบจึงใช้รูปแบบโครงสร้างของระบบไฟฟ้าในตอนเริ่มต้นที่แตกต่างกัน 2 กรณี ดังนี้

1) กรณีที่ 1 ใช้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีรูปแบบโครงสร้างเป็นแบบเรเดียลในปัจจุบันเป็นระบบเริ่มต้นสำหรับวิธีที่น่าเสนอที่พัฒนาขึ้น ในกรณีนี้กำหนดให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่มีสวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิด(OFF) มีค่าเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่กำหนดค่าดังกล่าวเพื่อให้เครือข่ายประสาทสามารถแยกแยะระหว่างโหนดที่สามารถเชื่อมถึงกันได้แต่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดกับโหนดที่ไม่สามารถเชื่อมถึงกันเนื่องจากไม่มีสายระหว่างโหนดทั้งสอง และค่าดังกล่าวนี้ไม่น้อยเกินไปจนมีผลกระทบกับโหนดที่ต่อถึงกัน เช่นกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่ต่ำสุดมีค่า 0.00001 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ากำหนดให้ค่านี้มีค่าเท่ากับ 0.0000001 เปอร์เซ็นต์ เครือข่ายประสาทจะรับทราบข้อมูลที่ผิดพลาดซึ่งส่งผลทำให้การตัดสินใจของเครือข่ายผิดพลาด

2) กรณีที่ 2 ใช้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นแบบวงรอบซึ่งเกิดจากการสับสวิตช์ทุกตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้อยู่ในตำแหน่งปิด(ON) เป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าเริ่มต้นสำหรับวิธีที่น่าเสนอ

เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงไปอาจมีผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายและแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย ในการทดสอบจึงทำการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียและแรงดันที่โหนดต่างๆ เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงไป ในวิทยานิพนธ์นี้ทำการศึกษาที่ภาวะโหลดที่แตกต่างกัน 3 ภาวะดังนี้

1) ภาวะโหลดปกติ(Normal load) เป็นภาวะที่มีโหลดดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

2) ภาวะโหลดน้อย(Light load) เป็นภาวะโหลดที่ทุกโหนดมีค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.5 เท่าของภาวะโหลดปกติ

3) ภาวะโหลดมาก(Heavy load) เป็นภาวะโหลดที่ทุกโหนดมีค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1.2 เท่าของภาวะโหลดปกติ

การกำหนดภาวะโหลดต่างๆ ในลักษณะเช่นนี้เหมือนกับงานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดย Chiang และ Jean-Jumeau ในปี ค.ศ.1990 [20,21]

6.2.2 ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาท

ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่พัฒนาขึ้นพิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังนี้

1) ศึกษาเปรียบเทียบการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทระหว่างการเรียนรู้โดยทั่วไปและการเรียนรู้ที่นำเสนอ การเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทที่นำเสนอนี้มีพื้นฐานจากสภาพความเป็นจริงของระบบหรือจากข้อมูลของระบบที่มีอยู่แต่ไม่สามารถรวมข้อมูลเหล่านั้นเข้าเป็นส่วนหนึ่งของฟังก์ชันพลังงานของปัญหาทำให้การเรียนรู้ใช้เวลานาน การเรียนรู้ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้อาศัยสภาพความเป็นจริงที่โหนดต้นทางจะไม่รวมเป็นกลุ่มโหนดเดียวกันเพื่อไม่ให้เกิดภาวะเป็น วงรอบนั่นเอง ในกรณีเช่นนี้อาจกำหนดให้ผลลัพธ์หรือข้อมูลส่งออกของเครือข่ายที่พัฒนาขึ้นในโหนดต้นทางเหล่านั้นมีค่าเท่ากับ 1 และกระจายอยู่ประจำกลุ่มโหนดต่างๆ การกระทำเช่นนี้ถูกคาดหวังว่าจะทำให้เครือข่ายใช้เวลาในการเรียนรู้ลดลง

2) ศึกษาเปรียบเทียบการเรียนรู้ที่ดีของเครือข่ายประสาทกับการเรียนรู้ที่ไม่ดี โดยที่เครือข่ายทั้งสองลักษณะนี้เกิดจากการปรับสอนที่ดีกับการปรับสอนที่ไม่ดี ในการปรับสอนเครือข่ายประสาทที่ได้จากการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายประสาทของ Hopfield นั้นในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าคงที่สองส่วนคือค่าคงที่ในฟังก์ชันพลังงานได้แก่ A, B, C, D และค่าคงที่ในขั้นตอนการเรียนรู้ได้แก่ λ , ϵ , τ , Δt และค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายที่สุ่มเดา (v_{00}) ตอนเริ่มต้นในการปรับสอนหรือการเลือกค่าดังที่กล่าวในปัจจุบันยังไม่มีวิธีที่สามารถระบุค่าคงที่ในการเรียนรู้ที่แน่นอนกับปัญหาโดยทั่วไป ในการศึกษาจึงใช้การสุ่มค่าแบบลองผิดลองถูก

3) ศึกษาเปรียบเทียบการนิยามฟังก์ชันพลังงานในแนวทาง DFRP1 และแนวทาง DFRP2 ว่ามีผลต่อการจัดเรียงสายป้อนอย่างไร

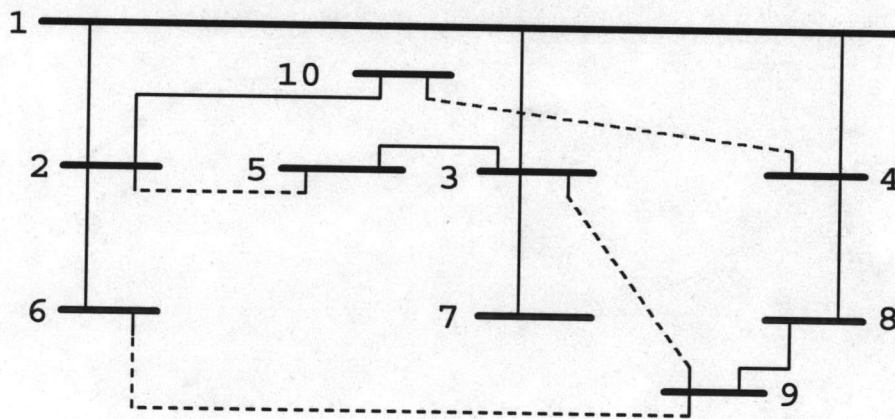
6.2.2.1 การปรับสอนเครือข่ายประสาท

การปรับสอนเครือข่ายประสาทของ Hopfield เป็นการหาชุดค่าคงที่ (Group of constants value) ค่าคงที่ที่ใช้ในเครือข่ายประสาทสำหรับการจัดเรียงสายป้อนใหม่ ดังแสดงในบทที่ 5 ประกอบด้วย A, B, C, D, λ , ϵ , τ , และ Δt อีกปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนรู้ของเครือข่ายคือค่าข้อมูลส่งออกเครือข่ายประสาทที่ได้จากการสุ่มเดาเมื่อเริ่มต้น ในการลองผิดลองถูกผู้วิจัยได้เลือกใช้ชุดค่าคงที่ที่ใช้กับปัญหาอื่นๆ เช่น ปัญหา Travelling salesman problem ปัญหา Job assignment หรือปัญหา List mathing [31, 33, 34, 35] เมื่อขนาดปัญหา $n = 10$ มีการเลือก

ใช้ค่าคงที่ต่างๆ ดังนี้ $A=B=500$, $C=100$, $D=500$, $n'=15$, $\lambda=25$ สำหรับงานของ Hopfield และ Tank [31] $A=B=2$, $D=1$ สำหรับงานของ Abe และคณะ [33] $A=B=2$, $C=4$, $D=1$, $\lambda=2.5$ สำหรับงานของ Brandt และคณะ [35] $A=B=5$, $C=2$, $D=3$ และ $A=B=200$, $C=20$, $D=50$ และ $A=B=200$, $C=3$, $D=50$ สำหรับงานของ Protzel และคณะ [34] จากการทดลองใช้ค่าคงที่ดังกล่าวกับเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ปรากฏว่าค่าคงที่เหล่านั้นไม่สามารถใช้กับเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่พัฒนาขึ้นมาได้

จากการปรับค่าคงที่แต่ละตัวโดยให้ค่าคงที่ตัวอื่นๆ ที่เหลือไม่เปลี่ยนแปลง ปรากฏว่าได้ค่าคงที่ชุดที่เหมาะสมกับเครือข่ายประสาทการจัดเรียงสายป้อนใหม่คือ $A=B=70,000,000$ $C=3,000,000$ $D=0.01$ สำหรับค่า τ , Δt กำหนดให้ $\tau=1.0$ และ $\Delta t=0.1$ เช่นเดียวกับงานของ Hopfield และ Tank งานของ Brandt และคณะ และงานของ Protzel และคณะ [31, 34, 35] ค่า $\lambda=0.0000001$ ถึง 0.000000001 สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกแต่ละรอบการคำนวณ ϵ กำหนดให้ $\epsilon=1 \times 10^{-12}$ (ทฤษฎี $\epsilon=0$)

6.3 ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



ภาพที่ 6.1 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด

ผลที่ได้จากการนำระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาด 10 โหนด ดังภาพที่ 6.1 และมีรายละเอียดข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้างดแสดงในหัวข้อ ข.1 ของภาคผนวก ข. โดยใช้ค่าคงที่ในการเรียนรู้และข้อมูลของเครือข่ายประสาทสำหรับการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนดมีดังนี้

$$A=B=70,000,000 \quad C=3,000,000 \quad D=0.01 \quad \lambda=0.0000001 \quad \epsilon=1 \times 10^{-12}$$

$v_{xi} = [1 + \tanh(\lambda u_{xi})] / 2$ $v_{00} = 1 + \delta$ โดยที่ v_{00} คือ ค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทในตอนเริ่มต้น และค่า δ เป็นตัวเลขจำนวนน้อยๆ ที่ได้จากการสุ่มเดา

6.3.1 สภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด

จากการทดสอบเมื่อใช้รูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเมื่อเริ่มต้นสำหรับวิธีที่นำเสนอที่แตกต่างกันคือแบบเรเดียลและแบบวงรอบ ปรากฏว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้ประกอบด้วยสวิตช์ที่อยู่ในตำแหน่งเปิดในช่วงสายระหว่างโหลดต่างๆ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด

ระบบในปัจจุบัน	(2,5)	(3,9)	(4,10)	(6,9)
ผลที่ได้ เมื่อระบบเริ่มต้นเป็นแบบเรเดียล	(3,5)	(8,9)	(2,10)	(6,9)
ผลที่ได้เมื่อระบบเริ่มต้นเป็นแบบวงรอบ	(3,5)	(8,9)	(2,10)	(6,9)

จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่ารูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในตอนเริ่มต้นทั้งแบบเรเดียลและแบบวงรอบให้ผลลัพธ์เหมือนกัน ที่ภาวะโหลดปกติพบว่ารูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากวิธีที่นำเสนอเป็นรูปแบบโครงสร้างที่ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายได้มากที่สุด [30]

เมื่อนำรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้มาจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอมาวิเคราะห์ดูสภาพของระบบด้วยโปรแกรมโหลดฟลอร์ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่

ภาวะโหลด	กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด (kW)	
	ในปัจจุบัน	ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่
โหลดน้อย	66.8797736	64.3341297
โหลดปกติ	281.3567933	268.4021712
โหลดมาก	413.9986493	393.4473797

ตารางที่ 6.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด
ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่

ภาวะโหลด	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (pu.)	
	ในปัจจุบัน	ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่
โหลดน้อย	0.962186	0.976537
โหลดปกติ	0.920974	0.951904
โหลดมาก	0.903314	0.941683

จากตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ ที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่ทำให้ความสูญเสียในสายทั้งหมดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าลดลงที่ภาวะโหลดทั้งโหลดน้อย โหลดปกติ และโหลดมาก แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน ที่ภาวะโหลดมากแม้รูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอจะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน แต่แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดยังคงต่ำกว่า 0.95 เปรอริยูนิต หากใช้เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าต้องไม่ต่ำกว่า 0.95 เปรอริยูนิต รูปแบบโครงสร้างที่ได้จากเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่ก็ไม่สามารถใช้งานได้

ตารางที่ 6.4 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด
เมื่อใช้แนวทาง DFRP1

ภาวะโหลด	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2	
	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)
โหลดน้อย	1064	0.1467	1069	0.1453
โหลดปกติ	1056	0.1452	1056	0.1470
โหลดมาก	1056	0.1469	1065	0.1453

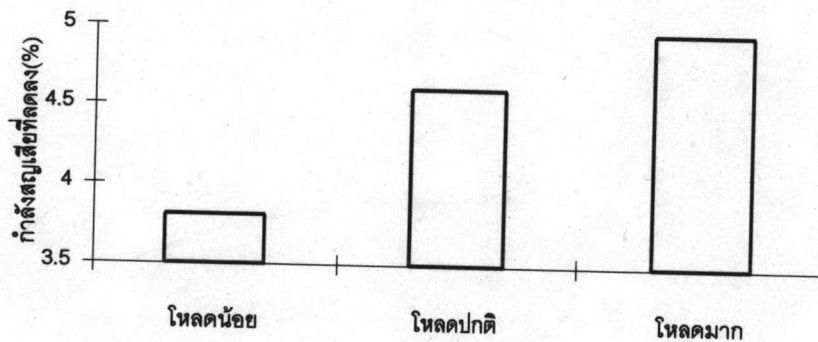
ตารางที่ 6.5 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด
เมื่อใช้แนวทาง DFRP2

ภาวะโหลด	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2	
	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)
โหลดน้อย	258	0.0625	258	0.0531
โหลดปกติ	258	0.0532	258	0.0579
โหลดมาก	258	0.0561	258	0.0578

จากตารางที่ 6.4 และตารางที่ 6.5 สรุปได้ดังนี้

- เครือข่ายประสาททั้งสองแนวทางคือ DFRP1 และ DFRP2 ให้ผลลัพธ์ที่มีรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเหมือนกัน เมื่อพิจารณารอบการคำนวณและเวลาที่ใช้จะเห็นได้ว่าสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลดนี้ แนวทาง DFRP2 จะใช้จำนวนรอบในการคำนวณและเวลาน้อยกว่าแนวทาง DFRP1 เป็นอย่างมาก จำนวนรอบการคำนวณต่างกันประมาณ 4 เท่า และเวลาที่ใช้ในการคำนวณต่างกันประมาณ 3 เท่า

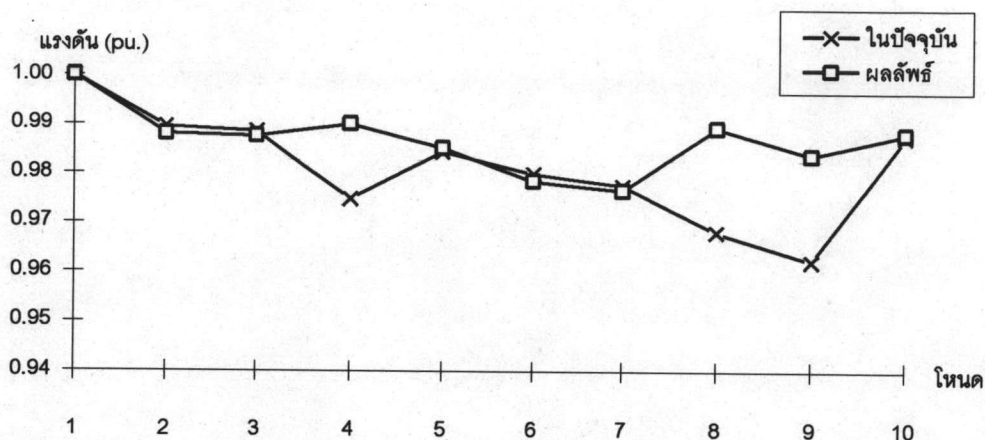
- เมื่อพิจารณารูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในตอนเริ่มต้นสำหรับวิธีที่นำเสนอ กำหนดให้กรณีที่ 1 คือระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันที่มีรูปแบบโครงสร้างเป็นแบบเรเดียล และกรณีที่ 2 เป็นแบบวงรอบที่เกิดจากการสับสวิตช์ทุกตัวในระบบอยู่ในตำแหน่งปิด จะเห็นว่าสำหรับแนวทาง DFRP1 กรณีที่ 2 จะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ากรณีที่ 1 แต่สำหรับแนวทาง DFRP2 จะขึ้นกับภาวะโหลด ที่ภาวะโหลดน้อย กรณีที่ 2 ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ากรณีที่ 1 แต่ที่ภาวะโหลดปกติและโหลดมากปรากฏว่ากรณีที่ 1 ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ากรณีที่ 2 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยจากการประมวลผลจำนวน 10 ครั้ง



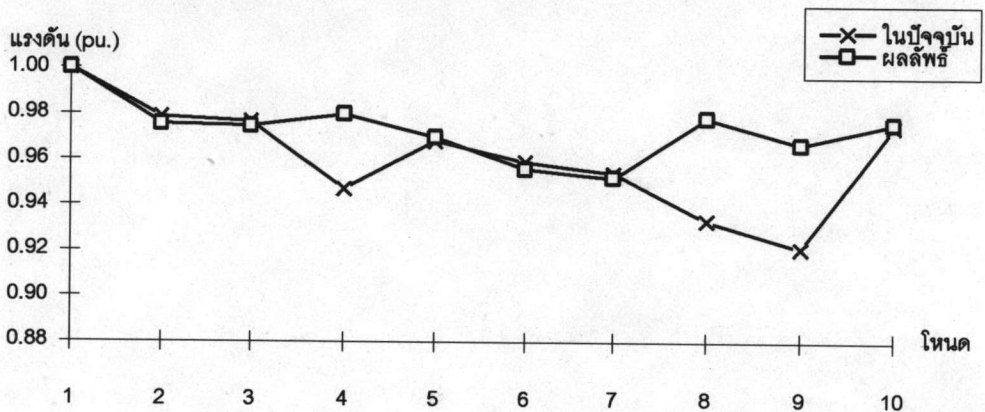
ภาพที่ 6.2 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงที่โหลดภาวะต่างๆ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด

จากภาพที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดที่ลดลงเนื่องจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอนี้จะแปรตามภาวะโหลด ที่ภาวะโหลดมากจะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายได้มากกว่าที่ภาวะโหลดน้อย

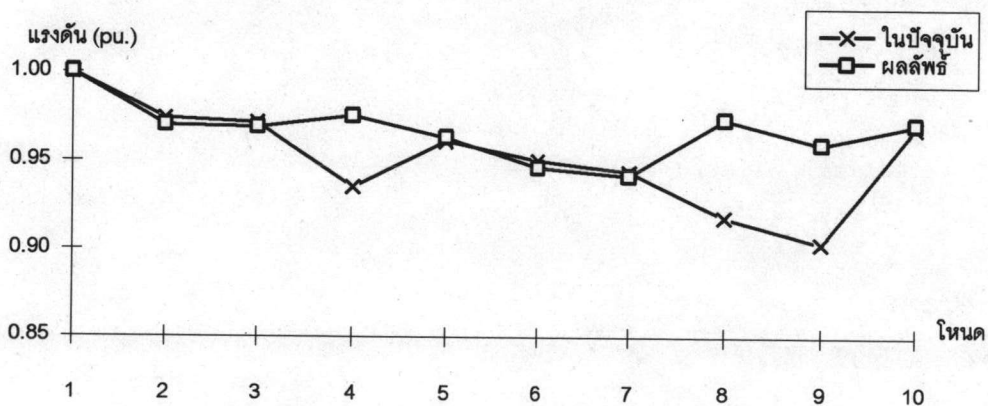
เมื่อศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายแต่ละช่วงสายและค่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันเปรียบเทียบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด ปรากฏผลดังภาพที่ 6.3 ถึง ภาพที่ 6.5



ภาพที่ 6.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดน้อย



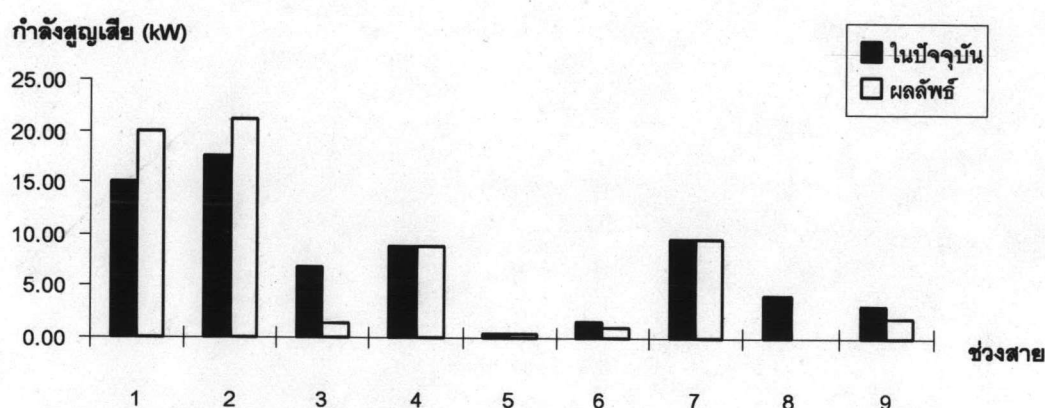
ภาพที่ 6.4 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ



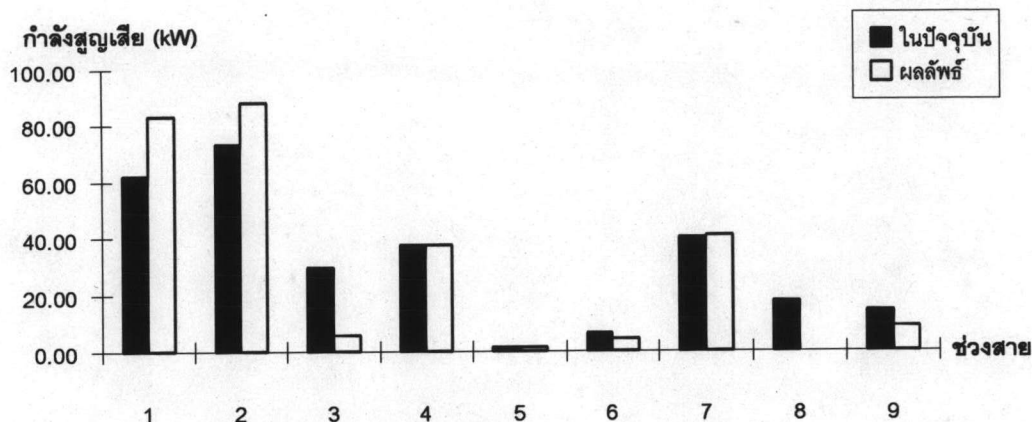
ภาพที่ 6.5 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก

จากภาพที่ 6.3 ถึง ภาพที่ 6.5 แรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายบ่อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอซึ่งเป็นระบบที่กำลังสูญเสียในสายทั้งหมดต่ำกว่ากำลังสูญเสียในสายทั้งหมดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าโดยส่วนมากแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายบ่อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาที่โหนด 4 ซึ่งเป็นโหนดที่รับโหลดมาจากโหนด 10 และโหนด 8 ซึ่งปลดโหลดของโหนด 9 ออกไป พบว่าทั้งโหนด 4 และโหนด 8 มีแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นหลังจากการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ หมายความว่า การสับโหลดเข้าหรือการปลดโหลดออกของแต่ละโหนดไม่สามารถสรุปได้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนดนั้น มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าหรือสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน

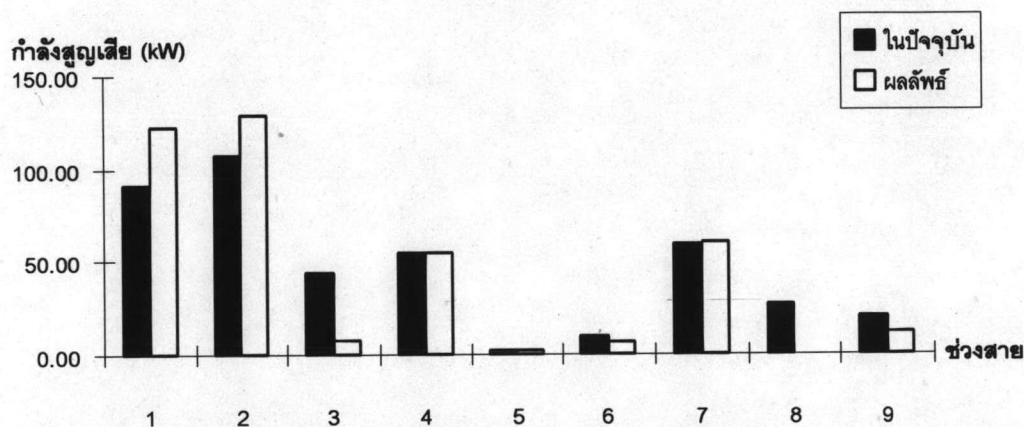
พิจารณาภาวะโหลดต่างๆ กัน ปรากฏว่าที่ภาวะโหลดมากจะทำให้เกิดแรงดันตกในสายมากกว่าที่ภาวะโหลดปกติ เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้าที่โหนด 4 โหนด 8 และโหนด 9 ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันโหนดทั้งสามเป็นโหนดที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าโหนดอื่นๆ หลังจากการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่โหนดดังกล่าวสูงกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 6.6 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ที่ภาวะโหลดน้อย



ภาพที่ 6.7 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ



ภาพที่ 6.8 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก

จากภาพที่ 6.6 ถึงภาพที่ 6.8 เมื่อพิจารณาแต่ละช่วงสายพบว่าบางช่วงสายมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง บางช่วงสายมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มขึ้น หมายความว่า ไม่สามารถนำการลดลงของกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายช่วงใดช่วงหนึ่งมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกสถานะปิด/เปิดของสวิตช์ ต้องพิจารณาผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายทั้งหมด ช่วงสายดังแสดงในภาพที่ 6.6 ถึงภาพที่ 6.8 เป็นสายที่เชื่อมระหว่างโหนดต่างๆ ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงสายและโหนดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด

ช่วงสาย	ในปัจจุบัน		ผลลัพธ์	
	จากโหนด	ถึงโหนด	จากโหนด	ถึงโหนด
1	1	2	1	2
2	1	3	1	3
3	1	4	1	4
4	2	6	2	6
5	2	10	4	10
6	3	5	2	5
7	3	7	3	7
8	4	8	4	8
9	8	9	3	9

จากตารางที่ 6.6 จะพบว่าช่วงสายที่ 5 ช่วงสายที่ 6 และช่วงสายที่ 9 มีจุดเริ่มจากโหนด (From node) ไม่เหมือนกันแต่มีจุดถึงโหนด (To node) เหมือนกัน การเปรียบเทียบกำลังสูญเสียในช่วงสายจึงพิจารณาจากกำลังสูญเสียในสายที่จ่ายไฟไปยังจุดถึงโหนดนั้น

เนื่องจากกำลังสูญเสียในช่วงสายของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบอีก 2 ระบบคือระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนดและระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด มีผลสรุปได้เช่นเดียวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด จึงไม่แสดงกำลังสูญเสียในแต่ละช่วงสายของระบบจำหน่ายไฟฟ้าทั้งสองที่เหลือ

6.3.2 พฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับระบบจำหน่าย 10 โหนด

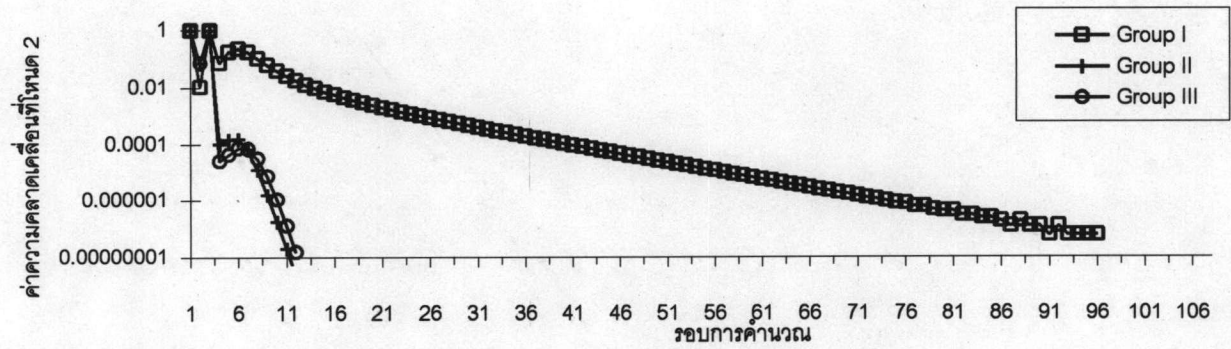
สำหรับพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายศึกษาได้จาก

- การลดลงของค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่าย
- การปรับตัวของข้อมูลส่งออกของเครือข่าย

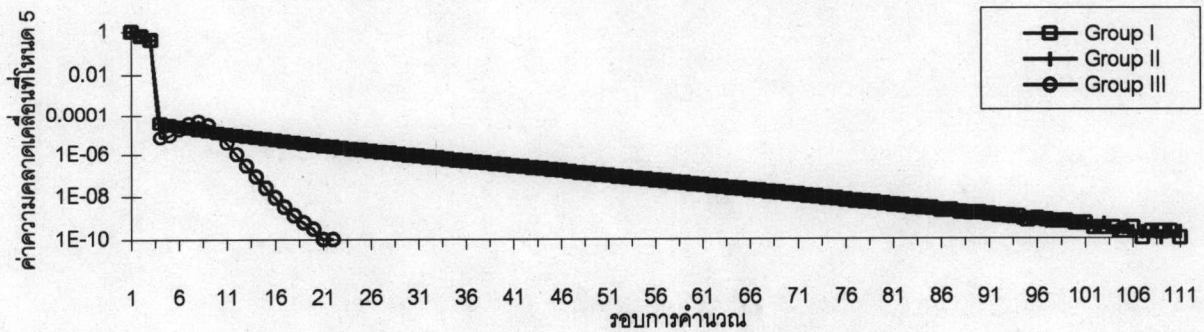
ในการศึกษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด จะพิจารณาที่โหนด 2 ซึ่งเป็นโหนดที่อยู่ใกล้โหนดต้นทางมากที่สุด โหนด 5 ซึ่งเป็นโหนดปลายทาง โหนด 6 ซึ่งเป็นโหนดปลายทางที่มีโหลดมากที่สุด และโหนด 10 ซึ่งเป็นโหนดที่อยู่ปลายแยก (Lateral) อื่นๆ ในการประมวลผลด้วยวิธีที่นำเสนอแทนสายแยกด้วยกลุ่มโหนด 3 กลุ่ม คือ Group I , Group II, Group III ซึ่งได้จากการสังเกตรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้า การปรับตัวของค่าความคลาดเคลื่อนและค่า

ข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนดต่างๆ ปรากฏผลดังภาพที่ 6.9 ถึงภาพที่ 6.16

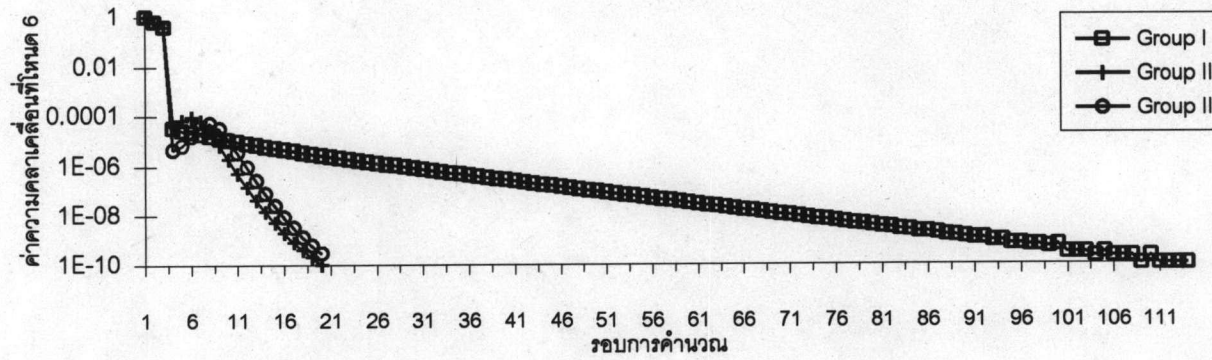
ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอ ปรากฏว่า โหนด 2 โหนด 5 และโหนด 6 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มโหนด Group I ส่วนโหนด 10 ถูกจัดอยู่กลุ่มโหนด Group II ขณะที่รูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน โหนด 2 โหนด 6 และโหนด 10 อยู่ในกลุ่มโหนด Group I ส่วนโหนด 5 อยู่ในกลุ่มโหนด Group II กล่าวอีกอย่างคือมีการถ่ายโอนโหนดของโหนด 10 จากกลุ่มโหนด Group I ไปให้กลุ่มโหนด Group II และถ่ายโอนโหนดของโหนด 5 จากกลุ่มโหนด Group II ไปให้กลุ่มโหนด Group I พิจารณาการลดลงของค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 2 ในภาพที่ 6.9 และโหนด 6 ในภาพที่ 6.11 โหนด 2 และโหนด 6 อยู่ในกลุ่มโหนด Group I และไม่มีการเปลี่ยนกลุ่มโหนด จะเห็นว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายที่โหนด 2 และโหนด 6 ที่สัมพันธ์กับ Group I จะลดลงอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของโหนด 6 และโหนด 10 ที่สัมพันธ์กับ Group I และ Group II จะลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน ลักษณะดังที่เห็นในภาพที่ 6.9 ถึงภาพที่ 6.11 เป็นลักษณะการเรียนรู้ที่ดีเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่งออกเพียงบางค่าเท่านั้นในขณะที่ค่าอื่นๆ แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่งผลทำให้เครือข่ายประสาทตัดสินใจได้ถูกต้อง



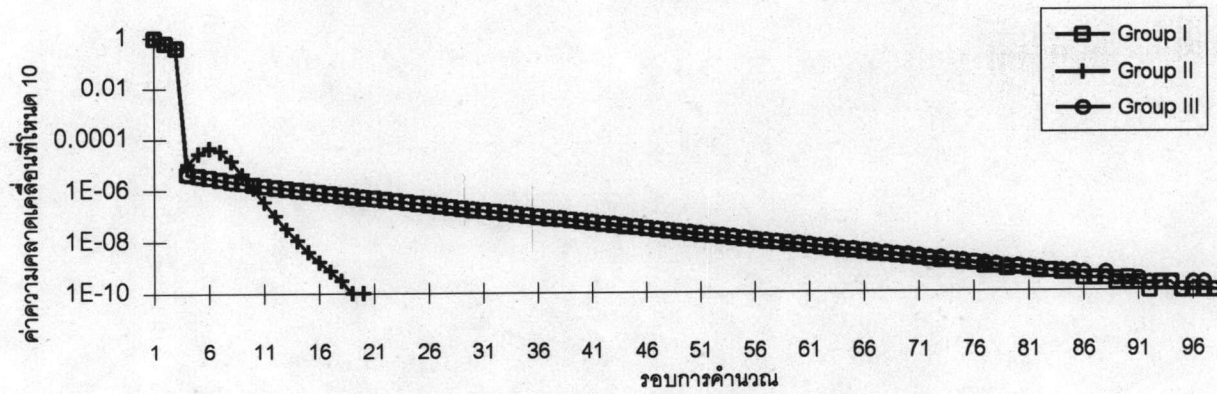
ภาพที่ 6.9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 2 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



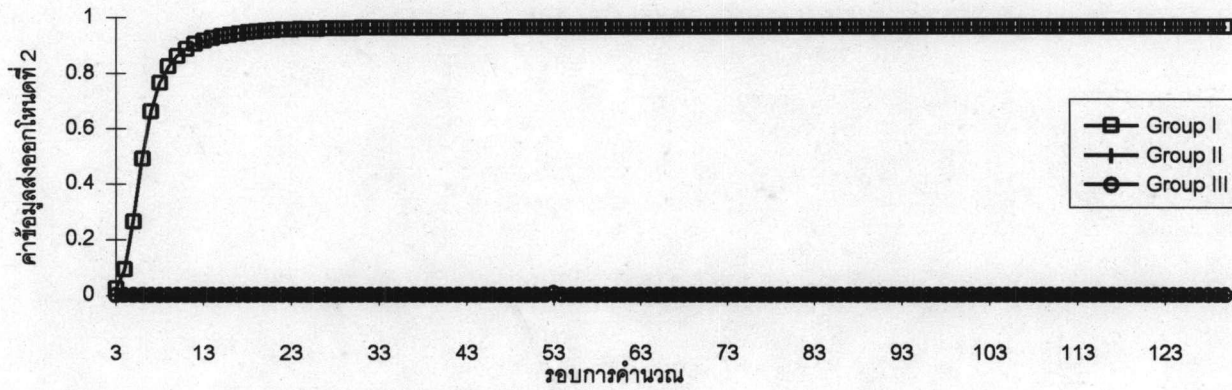
ภาพที่ 6.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



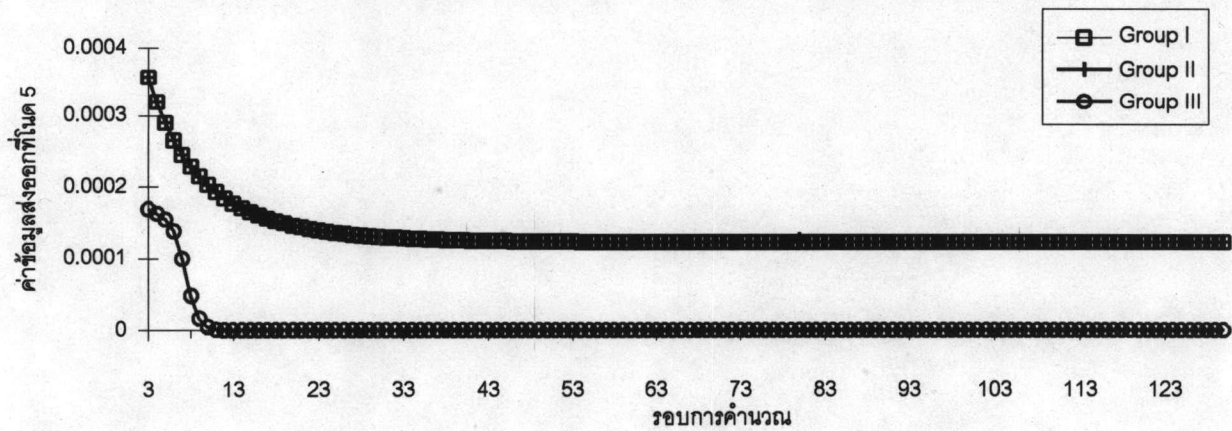
ภาพที่ 6.11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครื่องายประสาที่โหนด 6 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



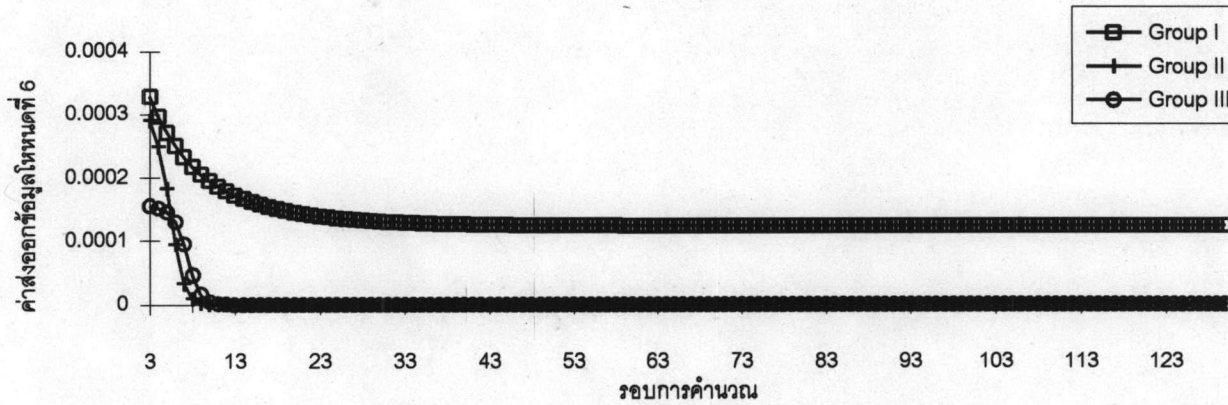
ภาพที่ 6.12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครื่องายประสาที่โหนด 10 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



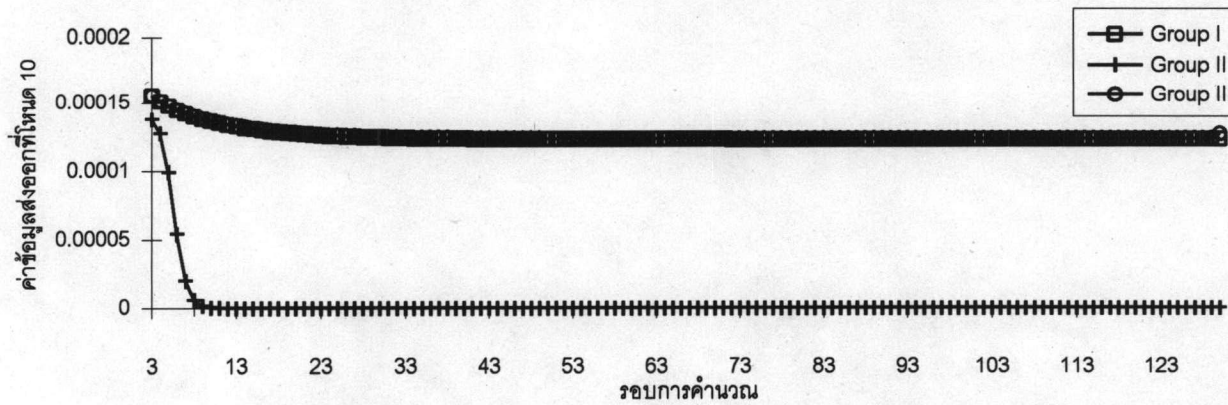
ภาพที่ 6.13 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 2 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



ภาพที่ 6.14 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



ภาพที่ 6.15 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่โหนด 6 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด



ภาพที่ 6.16 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่โหนด 10 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด

พิจารณาข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการจัดโหนด เข้ากลุ่มจากภาพที่ 6.13 ถึงภาพที่ 6.16 จะเห็นว่า

- ค่าข้อมูลส่งออกที่โหนด 2 ที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนด Group I มีค่าเข้าสู่ 1 อย่างชัดเจน ส่วนค่าส่งกลุ่มที่เหลือมีค่าเข้าสู่ 0 หมายความว่าโหนด 2 ถูกจัดเข้ากลุ่ม Group I

- ค่าข้อมูลส่งออกที่โหนด 5 ค่าที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนด Group III จะเข้าสู่ 0 หมายความว่าโหนด 5 ไม่ถูกจัดเข้า Group III แต่เป็นการยากที่จะบอกว่าโหนด 5 อยู่ในกลุ่มโหนด Group I หรือ Group II ในการจัดกลุ่มจึงต้องพิจารณาตัวเลขอย่างละเอียด

- ค่าข้อมูลส่งออกที่โหนด 6 ทั้งสามกลุ่มจะปรับตัวลดลง ค่าที่สัมพันธ์กับ Group II และ Group III จะเข้าสู่ 0 ขณะที่ค่าที่สัมพันธ์กับ Group I จะเข้าสู่ค่าหนึ่ง พิจารณาจากภาพที่ 6.15 สามารถบอกได้ว่าโหนด 6 ถูกจัดเข้ากลุ่ม Group II

- ค่าข้อมูลส่งออกที่โหนด 10 ที่สัมพันธ์กับ Group I และ Group II มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนค่าข้อมูลส่งออกที่สัมพันธ์กับ Group II จะเข้าสู่ศูนย์ หมายความว่าโหนด 10 ไม่อยู่ในกลุ่มโหนด Group II แต่เป็นการยากที่จะบอกว่าโหนด 10 อยู่ในกลุ่มโหนด Group I หรือ Group III ในการจัดกลุ่มจึงต้องพิจารณาตัวเลขอย่างละเอียด

จากภาพที่ 6.13 ถึงภาพที่ 6.15 ซึ่งเป็นค่าข้อมูลส่งออกที่แสดงการจัดโหนดเข้ากลุ่มโหนด Group I เมื่อพิจารณาถึงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนดทั้งสามที่สัมพันธ์กับ Group I จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่าข้อมูลส่งออกที่โหนด 2 จะมีค่ามากกว่าค่าข้อมูลส่งออกที่โหนด 5 และโหนด 6

ในการหาค่าคงที่ในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทโดยการลองผิดลองถูกดังกล่าวมาในหัวข้อ 6.2.2.1 อาจมีชุดค่าคงที่ได้หลายชุดที่ให้ข้อมูลส่งออกของเครือข่ายเหมือนกัน เมื่อ

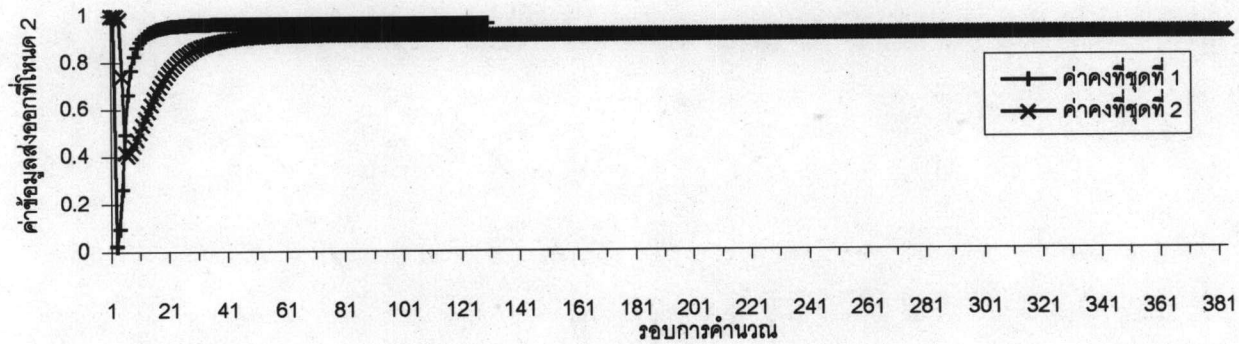
$$\text{ค่าคงที่ชุดที่ 1: } A=B=70,000,000 \quad C=30,000,000 \quad D=0.01$$

$$\lambda=0.0000001 \quad \Delta t=0.1 \quad \tau=1.0 \quad \epsilon=1 \times 10^{-12}$$

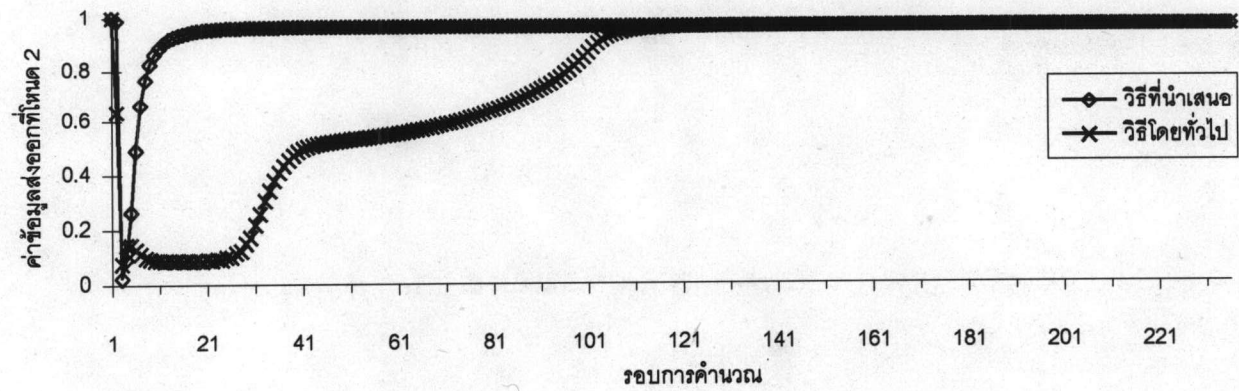
$$\text{ค่าคงที่ชุดที่ 2: } A=B=50,000,000 \quad C=20,000,000 \quad D=0.001$$

$$\lambda=0.0000001 \quad \Delta t=0.1 \quad \tau=1.0 \quad \epsilon=1 \times 10^{-12}$$

จากการใช้ค่าคงที่สองชุดที่แตกต่างกันทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ได้ค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 2 จำนวนรอบการคำนวณและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลดังนี้



ภาพที่ 6.17 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 2 สำหรับระบบจำนวน 10 โหนด เมื่อค่าคงที่ในการเรียนรู้ต่างกัน



ภาพที่ 6.18 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 2 สำหรับระบบจำนวน 10 โหนด เมื่อการเรียนรู้ต่างกัน

ตารางที่ 6.7 จำนวนรอบการคำนวณและเวลาที่ใช้เมื่อค่าคงที่ในการเรียนรู้ต่างกัน

ค่าคงที่	จำนวนรอบการคำนวณ	เวลาทั้งหมด (วินาที)
ชุดที่ 1	129	0.047
ชุดที่ 2	383	0.094

ตารางที่ 6.8 จำนวนรอบการคำนวณและเวลาที่ใช้เมื่อการเรียนรู้ต่างกัน

ชนิดการเรียนรู้	จำนวนรอบการคำนวณ	เวลาทั้งหมด (วินาที)
วิธีโดยทั่วไป	235	0.063
วิธีที่นำเสนอ	129	0.031

แม้ว่าค่าคงที่ทั้งสองชุดให้ค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทเหมือนกัน แต่เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการประมวลผลจากภาพที่ 6.17 และตารางที่ 6.7 จะเห็นว่าค่าคงที่ชุดที่ 1 ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าค่าคงที่ชุดที่ 2

จากการศึกษาพฤติกรรมของการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทในการจัดเรียงสายป้อนใหม่ ในลักษณะที่จัดโหนดเป็นกลุ่มๆ พบว่ามีโหนดที่เป็นสมาชิกของกลุ่มเสมอ เช่น โหนดที่เป็นโหนดต้นทาง สำหรับระบบระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนดได้สร้างโหนดเทียม (Artificial node) เพื่อใช้เป็นโหนดหลักซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มเสมอ สำหรับการปรับสอนที่ปรับปรุงขึ้นเพื่อให้การเรียนรู้ของเครือข่ายดีขึ้นทำได้โดยการกำหนดให้โหนดเทียมที่สร้างขึ้น มีค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทเท่ากับ 1 และกระจายอยู่แต่ละกลุ่ม

จากภาพที่ 6.18 และตารางที่ 6.8 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทโดยวิธีที่นำเสนอจะใช้จำนวนรอบและเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าวิธีโดยทั่วไป ในการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เหลืออีก 2 ระบบ จะใช้การเรียนรู้ที่นำเสนอนี้

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	1			1			1	1				
II		1			1				1		1	
III			1			1				1		1

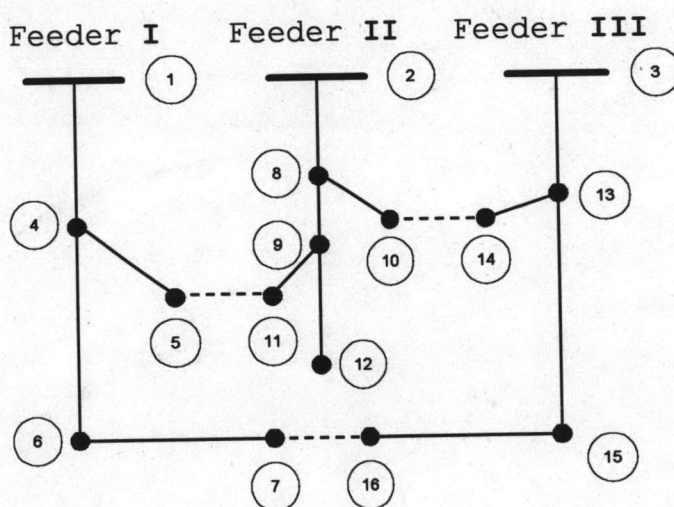
ภาพที่ 6.19 แสดงข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทโดยการเรียนรู้ที่นำเสนอ

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I		1			1				1		1	
II			1			1				1		1
III	1			1			1	1				

ภาพที่ 6.20 แสดงตัวอย่างข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทโดยการเรียนรู้โดยวิธีทั่วไป

รูปแบบข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่ใช้การเรียนรู้โดยวิธีที่นำเสนอจะมีรูปแบบคงตัวดังแสดงในภาพที่ 6.19 โดยโหนด 1 จะอยู่ใน Group I โหนด 2 อยู่ Group II และโหนด 3 อยู่ใน Group III ส่วนรูปแบบข้อมูลส่งออกที่ใช้การเรียนรู้ทั่วไป ไม่สามารถระบุล่วงหน้าได้ว่า โหนด 1 โหนด 2 และโหนด 3 จะอยู่กับ Group ไດ

6.4 ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด



ภาพที่ 6.21 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

ผลจากการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาด 16 โหนดซึ่งมีรายละเอียดของระบบทั้งข้อมูลของโหนดที่เกี่ยวข้องกับกำลังของโหนดและข้อมูลสายแสดงไว้ในหัวข้อ ข. 2 ของภาคผนวก ข. และค่าคงที่ในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทมีดังนี้

$$A = B = 70,000,000, C = 30,000,000, D = 0.01, \lambda = 0.0000001, \Delta t = 0.1$$

$$\tau = 1.0, \varepsilon = 1 \times 10^{-12}, v_{xi} = [1 + \tanh(\lambda u_{xi})]/2, v_{00} = 1 + \delta$$

6.4.1 สภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

ผลที่ได้จากเครือข่ายประสาทคือสถานะของสวิตช์หรือรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด ช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันและระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอแสดงในตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 แสดงช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

ระบบจำหน่ายในปัจจุบัน	(5,11)	(7,16)	(10,14)
ผลที่ได้เมื่อระบบจำหน่ายเริ่มต้นเป็นแบบเรเดียล	(9,11)	(7,16)	(10,14)
ผลที่ได้เมื่อระบบจำหน่ายเริ่มต้นเป็นแบบวงรอบ	(9,11)	(7,16)	(10,14)

จากสถานะของสวิตช์ที่แสดงในตารางที่ 6.9 หมายความว่าสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด รูปแบบโครงสร้างในตอนเริ่มต้นทั้งแบบเรเดียลและแบบวงรอบให้ผลการจัดเรียงสายป้อนใหม่เหมือนกันดังนั้นในการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูญเสียจะไม่คำนึงถึงรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าตอนเริ่มต้น

ตารางที่ 6.10 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่

ภาวะโหลด	กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด (kW)	
	ในปัจจุบัน	ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่
โหลดน้อย	124.5164048	120.075689
โหลดปกติ	511.2977872	493.0882876
โหลดมาก	744.4701559	717.5671398

ตารางที่ 6.11 แสดงแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่

ภาวะโหลด	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (pu.)	
	ในปัจจุบัน	ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่
โหลดน้อย	0.984952	0.984987
โหลดปกติ	0.969269	0.969372
โหลดมาก	0.962803	0.962943

ผลการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอแสดงในตารางที่ 6.9 เกิดจากการถ่ายโอนโหลดที่โหลด 11 จากสายป้อน I ไปยังสายป้อน II เมื่อพิจารณาตารางที่ 6.10 รูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอ ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันที่ภาวะโหลดทั้งโหลดน้อย โหลดปกติ และโหลดมาก

เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาด 16 โหลดในปัจจุบันก่อนทำการจัดเรียงสายป้อนใหม่เปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ได้จากเครือข่ายประสาทดังแสดงในตารางที่ 6.11 จะเห็นได้ว่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังจากจัดเรียงสายป้อนใหม่มีค่าสูงกว่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าก่อนจัดเรียงสายป้อนใหม่และมีขนาดไม่น้อยกว่า 0.95 เปรอริยูนิต ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่มีระดับแรงดันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เนื่องจากเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 5 % เมื่อพิจารณาที่ภาวะโหลดจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ภาวะโหลดน้อยของระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ภาวะโหลดมาก

ตารางที่ 6.12 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด
เมื่อใช้แนวทาง DFRP1

ภาวะโหลด	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2	
	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)
โหลดน้อย	139	0.0465	139	0.0471
โหลดปกติ	139	0.0465	136	0.0375
โหลดมาก	136	0.0468	139	0.04665

ตารางที่ 6.13 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด
เมื่อใช้แนวทาง DFRP2

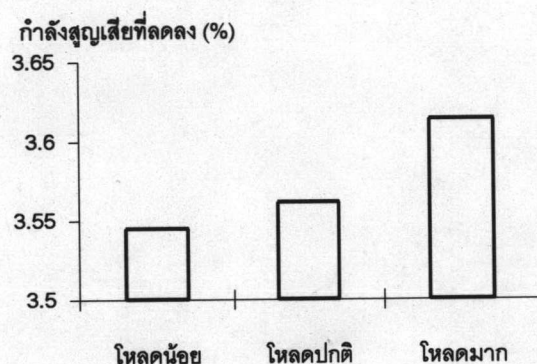
ภาวะโหลด	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2	
	รอบการคำนวณ	เวลา (วินาที)	รอบการคำนวณ	เวลา (วินาที)
โหลดน้อย	122	0.0421	122	0.0343
โหลดปกติ	122	0.0453	122	0.0358
โหลดมาก	122	0.0421	122	0.0342

จากตารางที่ 6.12 และตารางที่ 6.13 ปรากฏรายละเอียดดังนี้

- เมื่อพิจารณารูปแบบโครงสร้างระบบจำหน่ายไฟฟ้าตอนเริ่มต้น จะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่แบบวงรอบจะใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่ารูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล

- เมื่อพิจารณาที่ภาวะโหลดต่างๆ จะเห็นว่าภาวะโหลดไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการคำนวณมากนัก

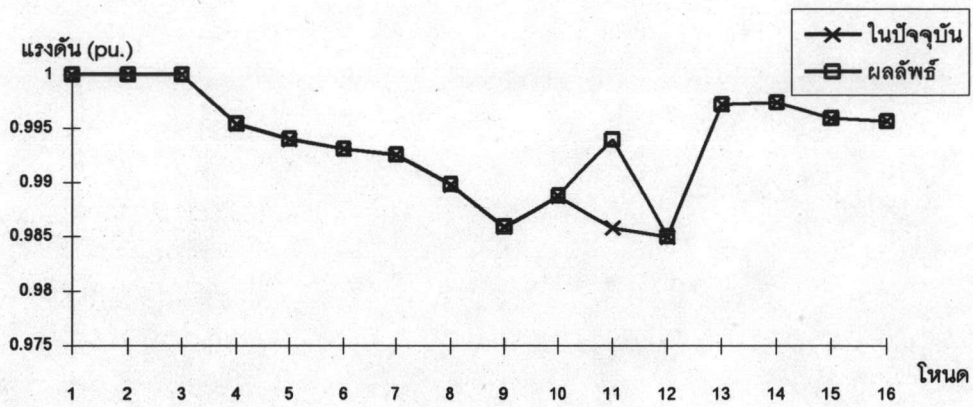
- เมื่อพิจารณาแนวทางที่ใช้จะเห็นว่าแนวทาง DFRP1 ใช้รอบการคำนวณและเวลาในการประมวลผลทั้งหมดมากกว่าแนวทาง DFRP2 แต่ค่าทั้งสองก็ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน



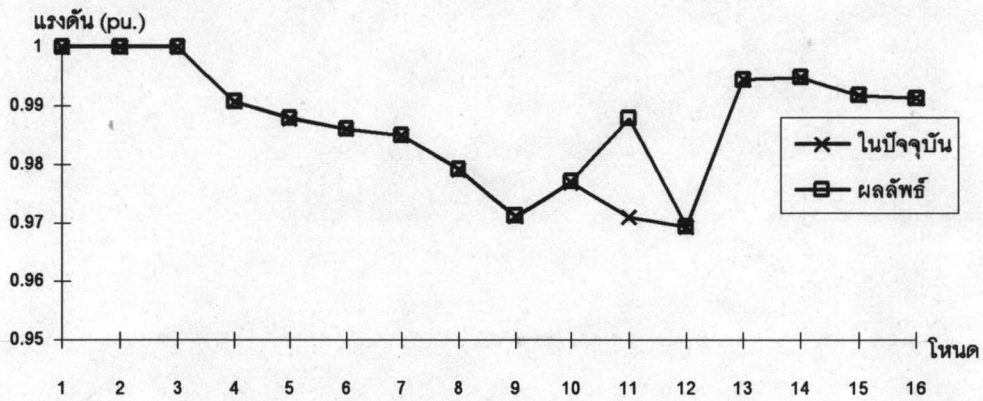
ภาพที่ 6.22 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงที่โหลดภาวะต่างๆ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

จากภาพที่ 6.22 แสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดที่ลดลงเนื่องจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่แปรตามภาวะโหลดนั่นคือกรณีที่โหลดน้อยกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายจะลดลงเป็นเปอร์เซ็นต์น้อยกว่ากรณีโหลดมาก

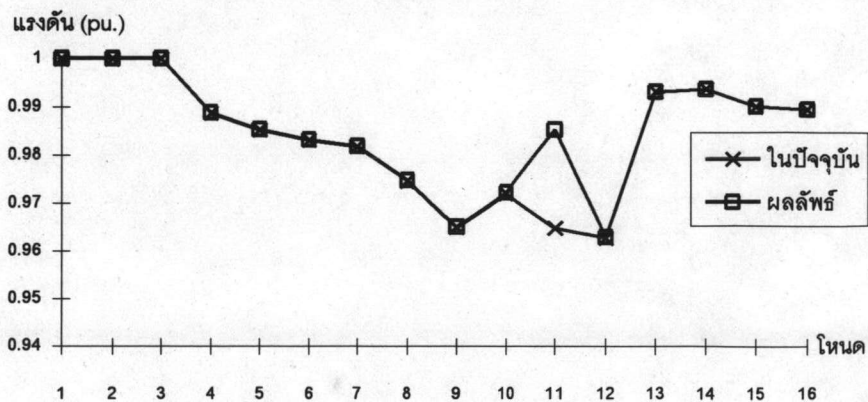
เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายแต่ละช่วงและค่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันเทียบกับระบบที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยเครือข่ายประสาทที่นำเสนอ จากผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด แยกพิจารณาโหลดที่ภาวะต่างๆ ปรากฏผลดังภาพที่ 6.23 ถึงภาพที่ 6.25



ภาพที่ 6.23 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดน้อย

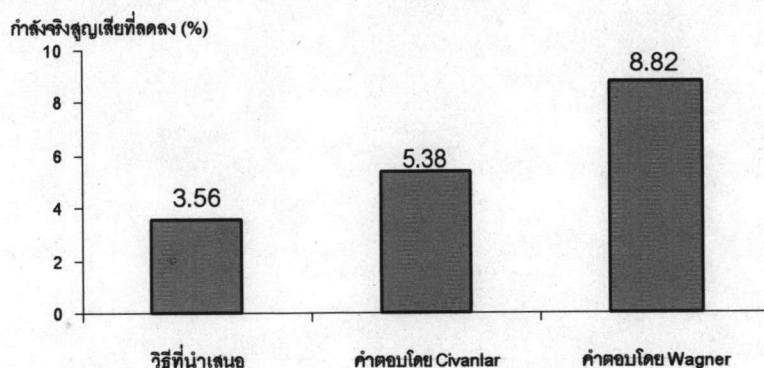


ภาพที่ 6.24 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ



ภาพที่ 6.25 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก

แรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ในภาพที่ 6.23 ถึงภาพที่ 6.25 แสดงแรงดันไฟฟ้าแต่ละจุดโหนด เปรียบเทียบระหว่างระบบจำหน่ายไฟฟ้าก่อนการจัดเรียงสายป้อนใหม่กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่แยกตามภาวะโหลดที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ซึ่งเป็นระบบที่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดต่ำกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่มีแนวโน้มสูงกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาที่ภาวะโหลดต่างกันพบว่าภาวะโหลดน้อยจะมีแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าที่ภาวะโหลดมาก เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้าที่โหนด 11 ซึ่งเป็นโหนดที่มีการถ่ายโอนโหลด(จากสายป้อน II ไปยังสายป้อน I) จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนดนี้หลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนดเดียวกันของระบบจำหน่ายในปัจจุบัน เมื่อนำกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงซึ่งได้จากวิธีที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ปรากฏผลดังภาพที่ 6.26



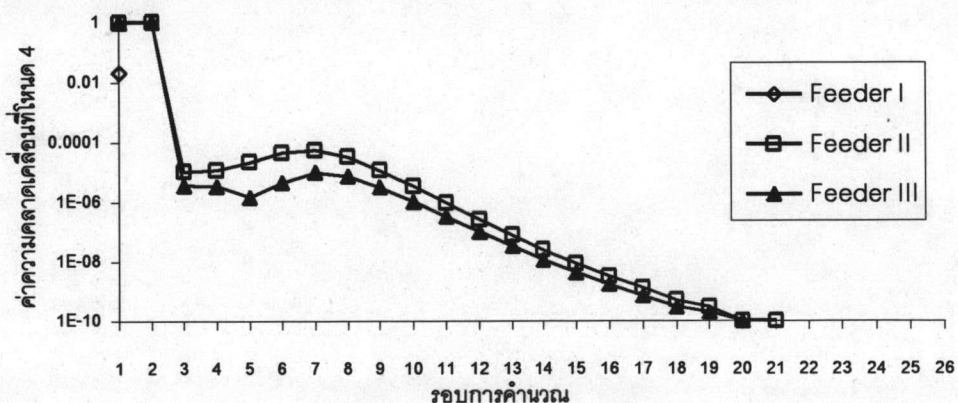
ภาพที่ 6.26 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่ลดลงโดยวิธีต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

จากภาพที่ 6.26 เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดสถานะสวิตช์ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ ปรากฏว่าวิธีที่นำเสนอประกอบด้วยสวิตช์ที่อยู่ในตำแหน่งเปิดคือสวิตช์ที่อยู่ระหว่างโหนด (7,16), (11,9) และ (10,14) ซึ่งเป็นการถ่ายโอนโหลดที่โหนด 11 ของสายป้อน II ไปยังสายป้อน I ส่วนสวิตช์ที่อยู่ในตำแหน่งเปิดเนื่องจากวิธีของ Civanlar และคณะ ในปี ค.ศ. 1988 [10] คือ (7,16), (5,11) และ (8,10) ซึ่งเป็นการถ่ายโอนโหลดที่โหนด 10 ของสายป้อน II ไปยังสายป้อน III สำหรับสวิตช์ที่อยู่ในตำแหน่งเปิดเนื่องจากวิธีของ Wagner และคณะ [29] คือ (7,16), (11,9), (8,10) ซึ่งเป็นการถ่ายโอนโหลดจากโหนด 11 ของสายป้อน II ไปยังสายป้อน I และการถ่ายโอนโหลดที่โหนด 10 ของสายป้อน II ไปยังสายป้อน III คำตอบของ Wagner และคณะ เป็นคำตอบที่ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้มากที่สุดที่จะเป็นไปได้สำหรับการจัดเรียงสายป้อน

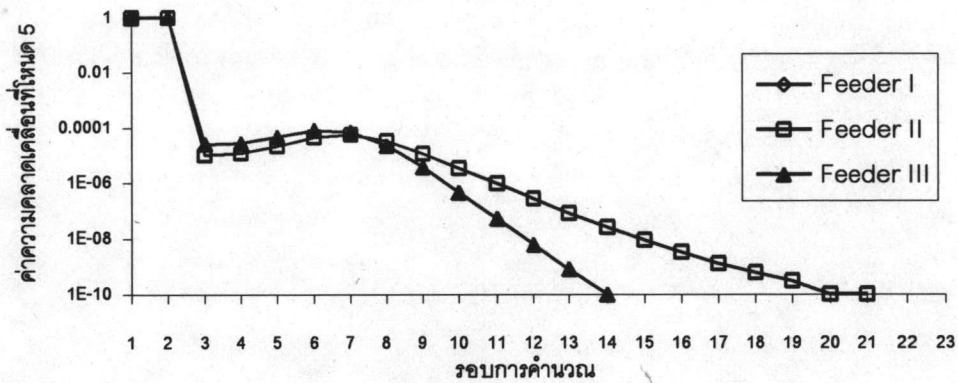
ใหม่ให้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาด 16 โหนด ขณะที่สวิตช์ที่อยู่ในตำแหน่งเปิดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน คือ (7,16), (5,11) และ (10,14) แม้วิธีที่นำเสนอมีเปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงเป็นจำนวนน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์เครือข่ายประสาทของ Hopfield ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดย Bouchard และคณะ ในปี ค.ศ. 1993 [32] ซึ่งเครือข่ายประสาทที่ใช้เป็นเครือข่ายประสาทแบบเดียวกับที่ประยุกต์ใช้จัดเรียงสายป้อนใหม่ในวิทยานิพนธ์นี้ ในการศึกษา Bouchard และคณะ ใช้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาด 16 โหนด ระบบเดียวกับที่ใช้ทดสอบในวิทยานิพนธ์นี้ ปรากฏว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวของ Bouchard และคณะเป็นคำตอบที่ไม่สามารถเป็นจริงได้ คำตอบบางครั้งทำให้โหลดที่โหนดบางจุดถูกตัดออกจากระบบหรือบางครั้งสวิตช์ทุกตัวอยู่ในตำแหน่งปิดซึ่งขัดแย้งกับเงื่อนไขในการศึกษา หรือโหลดบางจุดรับไฟจากสายป้อนสองชุด จึงกล่าวได้ว่าวิทยานิพนธ์นี้ได้ประยุกต์ใช้งานเครือข่ายประสาทในการจัดเรียงสายป้อนใหม่เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายได้

6.4.2 พฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับระบบจำหน่าย 16 โหนด

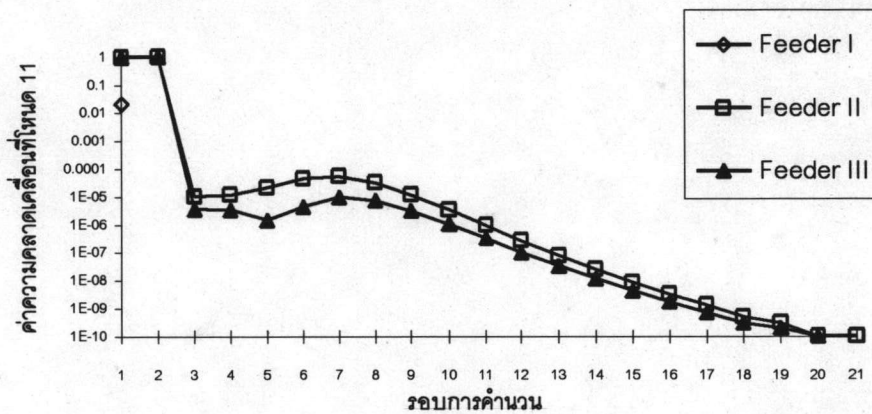
ในการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนดจะพิจารณาที่โหนด 4 ซึ่งเป็นโหนดที่อยู่ใกล้โหนดต้นทาง(โหนด 1)มากที่สุด โหนด 5 ซึ่งเป็นโหนดปลายทางและเป็นโหนดที่มีการเชื่อมโยงกับโหนดอื่น(โหนด 11)หลังจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่ และโหนดสุดท้ายที่จะพิจารณาคือโหนด 11 ซึ่งเป็นโหนดที่มีการถ่ายโอนโหลดปรากฏผลดังภาพที่ 6.27 ถึงภาพที่ 6.29



ภาพที่ 6.27 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่ โหนด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

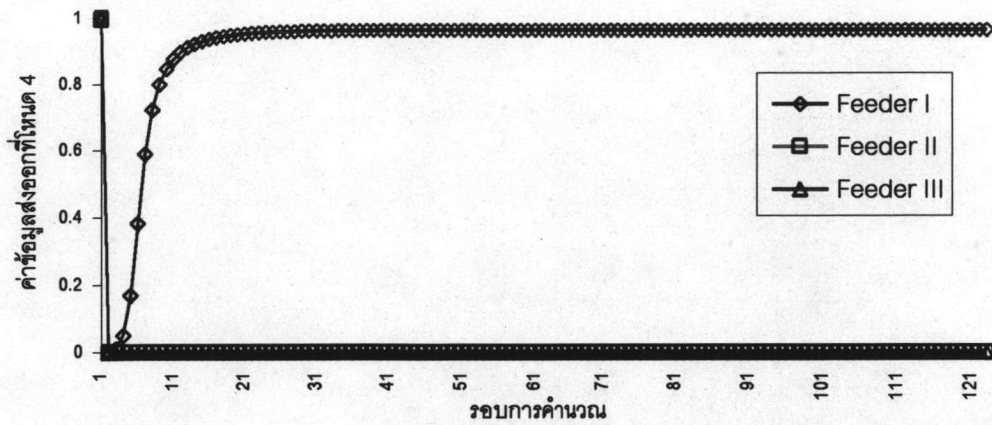


ภาพที่ 6.28 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่ โหนด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

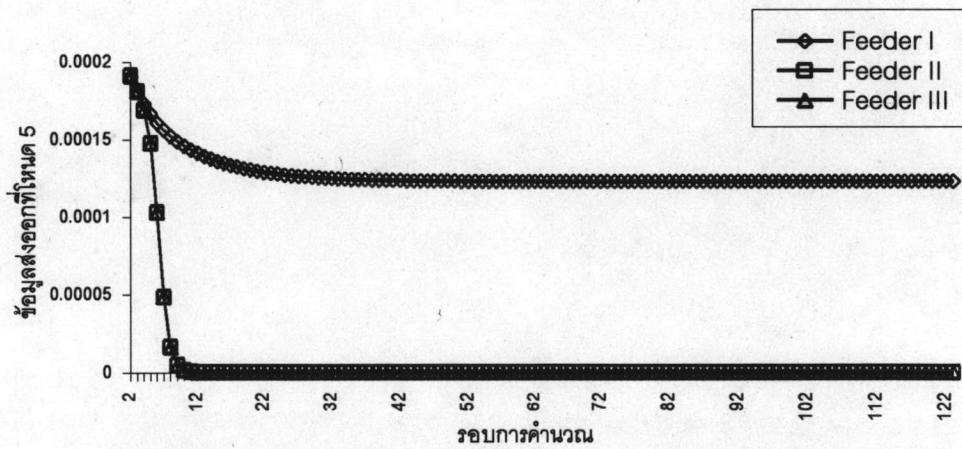


ภาพที่ 6.29 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่ โหนด 11 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

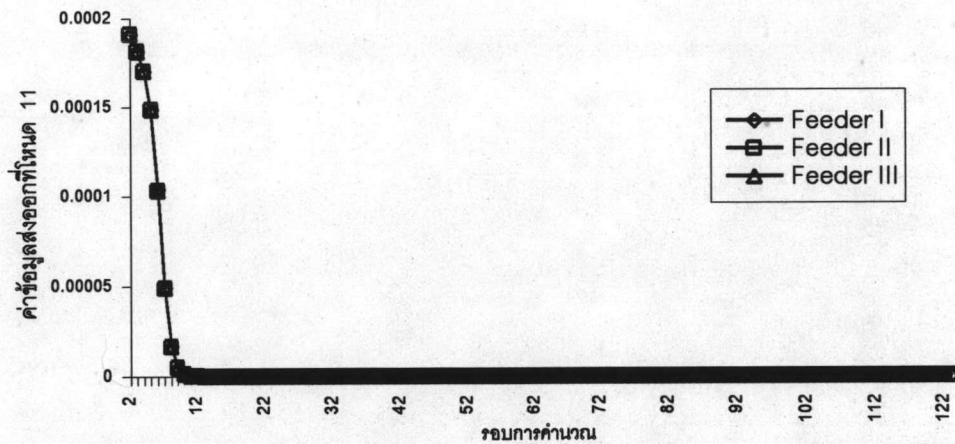
การปรับตัวลดลงของค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่ ดังแสดงในภาพที่ 6.27 ถึง 6.29 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าเครือข่ายประสาที่สามารถจัดโหลดทั้งสามเข้าสู่อุปกรณ์โหนดของสายป้อน I ได้อย่างรวดเร็วดังจะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนลดลงเป็นศูนย์ในรอบการคำนวณที่สองเท่านั้นเอง สำหรับจำนวนรอบการคำนวณที่แตกต่างกันในภาพทั้งสามเป็นเพราะว่านำเสนอค่าเป็นแบบเซมิล็อก (Semilog) จึงไม่นำเสนอค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นศูนย์ สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของโหนดทั้งสามที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนดของสายป้อน II และ III เป็นไปในลักษณะเดียวกัน



ภาพที่ 6.30 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 4
สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด



ภาพที่ 6.31 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 5
สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด



ภาพที่ 6.32 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 11 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด

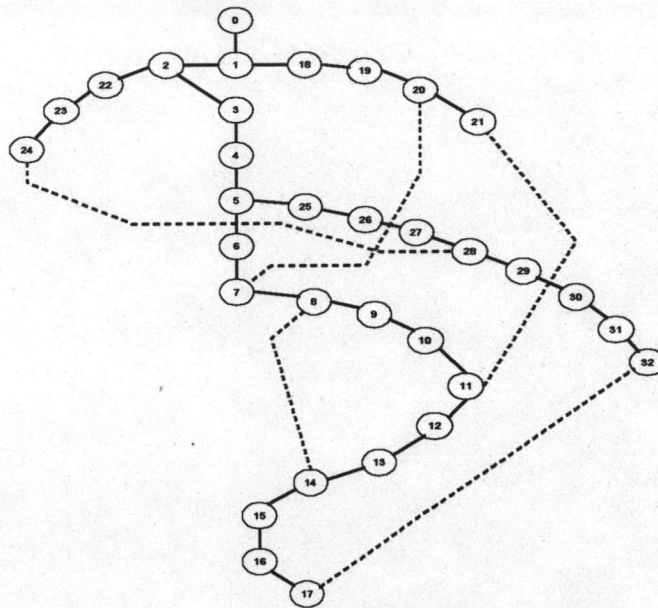
จากภาพที่ 6.30 ถึง 6.32 จะเห็นได้ว่า

- จากภาพที่ 6.30 เครือข่ายสามารถจัดโหนด 4 เข้ากลุ่มโหนดของสายป้อน I ได้ อย่างชัดเจนนั่นคือค่าข้อมูลส่งออกของโหนด 4 ที่สัมพันธ์กับสายป้อน I มีค่ารับเข้าสู่ 1 อย่าง ชัดเจนในขณะที่ค่าข้อมูลส่งออกของโหนด 4 ที่สัมพันธ์กับสายป้อน II และ สายป้อน III จะปรับตัว เข้าสู่ 0 อย่างชัดเจนเช่นเดียวกัน ค่าข้อมูลส่งออกที่สัมพันธ์กับสายป้อน I จะแตกต่างกับค่าที่ สัมพันธ์กับสายป้อน II และ สายป้อน III อย่างชัดเจน

- จากภาพที่ 6.31 การจัดโหนด 5 เข้ากลุ่มโหนดของสายป้อนต่างๆของเครือ ข่ายมีแนวโน้มลักษณะเดียวกับการจัดโหนด 4 เข้ากลุ่มของสายป้อนต่างๆในภาพที่ 6.30 สิ่ง ที่แตกต่างคือค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทของโหนด 4 ที่สัมพันธ์กับสายป้อน I มีค่ามาก กว่าค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทของโหนด 5 ที่สัมพันธ์กับสายป้อน I ซึ่งหมายความว่า เครือข่ายประสาทสามารถบอกได้ว่าโหนด 4 ควรอยู่ในกลุ่มโหนดของสายป้อน I มากกว่าโหนด 5 และเมื่อพิจารณาจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริงในภาพที่ 6.21 จะเห็นโหนด 4 อยู่ใกล้กับโหนดต้น ทางของสายป้อน I มากกว่าโหนด 5 หากโหนด 4 ไม่ต่ออยู่กับสายป้อนชุดที่ 1 โหนด 5 ก็ไม่ สามารถต่ออยู่กับสายป้อน I ได้เช่นเดียวกัน

- จากภาพที่ 6.32 จะเห็นได้ว่าเครือข่ายไม่สามารถจัดโหนด 11 เข้ากลุ่มโหนด ของสายป้อนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้อย่างชัดเจน ค่าข้อมูลส่งออกที่ได้จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก จึง ต้องพิจารณาตัวเลขอย่างละเอียด

6.5 ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด



ภาพที่ 6.33 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด

ผลการทดสอบเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่กับระบบจำหน่าย 32 โหนด ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในหัวข้อ ข.3 ของภาคผนวก ข. โดยใช้ค่าคงที่ในการเรียนรู้ และข้อมูลของเครือข่ายประสาทดังนี้

$$A=B=70,000,000 \quad C=2,500,000 \quad D=0.01 \quad \lambda=0.00000001 \quad \Delta t=0.1$$

$$\tau=1.0 \quad \varepsilon=1E-12 \quad V_{xj}=[1+\tanh(\lambda V_{xj})]/\alpha \quad V_{00}=1+\delta$$

ในการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด เพื่อให้เครือข่ายระบบประสาทดพัฒนาขึ้นสามารถจัดกลุ่มโหลดได้ เมื่อ

- พิจารณาแบ่งกลุ่มโหลดเป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณาโหนด 0 และโหนด 1 ให้ทุกสวิตช์ที่เชื่อมต่อกับโหนดทั้งสองอยู่ในตำแหน่งปิดเสมอ กำหนดให้โหนด 2 และโหนด 18 เป็นโหนดหลักของแต่ละกลุ่ม ปรากฏว่าจากการแบ่งกลุ่มโหลดในลักษณะดังกล่าว จะเกิดรูปแบบโครงสร้างเป็นวงรอบขึ้นซึ่งขัดแย้งกับเงื่อนไขในการจัดเรียงสายป้อนใหม่ จึงไม่สามารถแบ่งกลุ่มโหลดเป็น 2 กลุ่มในลักษณะดังกล่าวได้

- พิจารณาแบ่งกลุ่มโหลดเป็น 4 กลุ่ม กำหนดให้โหนด 3 โหนด 7 โหนด 21 และโหนด 22 เป็นโหนดหลักของแต่ละกลุ่ม โดยให้สวิตช์ที่เชื่อมต่อกับ โหนด 0 โหนด 1 โหนด 2 โหนด 18 โหนด 19 และโหนด 20 ซึ่งเป็นโหนดที่อยู่ใกล้โหนดต้นทางอยู่ในตำแหน่งปิดเสมอ ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เกิดรูปแบบโครงสร้างเป็นแบบวงรอบ ในการทดสอบต่อไปจึงใช้การแบ่งกลุ่มโหนดเป็น 4 กลุ่ม

6.5.1 สภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด

จากการทดสอบเมื่อใช้รูปแบบโครงสร้างเมื่อเริ่มต้นสำหรับวิธีที่นำเสนอเป็นแบบเรเดียล และวงรอบได้ผลลัพธ์เป็นรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าประกอบด้วยสวิตช์ที่อยู่ตำแหน่งเปิดเชื่อมระหว่างโหนดดังตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6.14 แสดงช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด

ระบบจำหน่ายในปัจจุบัน	(7,20)	(8,14)	(11,21)	(17,32)	(24,28)
ผลที่ได้เมื่อระบบจำหน่ายเริ่มต้นเป็นแบบเรเดียล	(5,6)	(9,10)	(13,14)	(14,15)	(26,27)
ผลที่ได้เมื่อระบบจำหน่ายเริ่มต้นเป็นแบบวงรอบ	(5,6)	(9,10)	(13,14)	(14,15)	(26,27)

จากตารางที่ 6.14 การใช้รูปแบบโครงสร้างของระบบที่แตกต่างกันทั้งสองแบบของระบบในตอนเริ่มต้นปรากฏว่าเครือข่ายให้ผลลัพธ์เหมือนกัน ดังนั้นในการศึกษาสภาพของระบบเดียวกันแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูญเสียจะไม่กล่าวถึงรูปแบบโครงสร้างในตอนเริ่มต้นที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6.15 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด ก่อนและหลังจากจัดเรียงสายป้อนใหม่

ภาวะโหลด	กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด (kW)	
	ในปัจจุบัน	ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่
โหลดน้อย	47.135143	38.671273
โหลดปกติ	202.744407	163.469241
โหลดมาก	334.667745	262.483866

ตารางที่ 6.16 แสดงแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด ก่อนและหลังจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่

ภาวะโหลด	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (pu.)	
	ในปัจจุบัน	ผลจากการจัดเรียงสายป้อนใหม่
โหลดน้อย	0.958265	0.963334
โหลดปกติ	0.913092	0.924141
โหลดมาก	0.890763	0.905787

ผลที่ได้จากตารางที่ 6.15 และ ตารางที่ 6.16 แสดงให้เห็นว่าการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยเครือข่ายประสาทที่พัฒนาขึ้นทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายลดลงที่ภาวะโหลดทั้งโหลดน้อย โหลดปกติ และโหลดมาก สำหรับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายหลังการจัดเรียงสายป้อนมีค่าสูงกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน ที่ภาวะโหลดปกติและโหลดมากค่าแรงดันต่ำสุดน้อยกว่า 0.95 เปรอ์ยูนิต หากยึดเกณฑ์แรงดันเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 5 % เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ก็ไม่สามารถใช้คำตอบจากเครือข่ายประสาทได้ แต่เมื่อพิจารณาคำตอบที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติพบว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบ โดย Baran และ Wu[11] มีค่า 0.92 เปรอ์ยูนิตและคำตอบที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดย Goswami และ Basu[13] ซึ่งเป็นระบบที่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายทั้งหมดน้อยที่สุดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดเท่ากับ 0.937 เปรอ์ยูนิต

ตารางที่ 6.17 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด
เมื่อใช้แนวทาง DFRP1

ภาวะโหลด	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2	
	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)
โหลดน้อย	252	0.3935	253	0.3954
โหลดปกติ	252	0.3937	252	0.3969
โหลดมาก	252	0.3953	252	0.3971

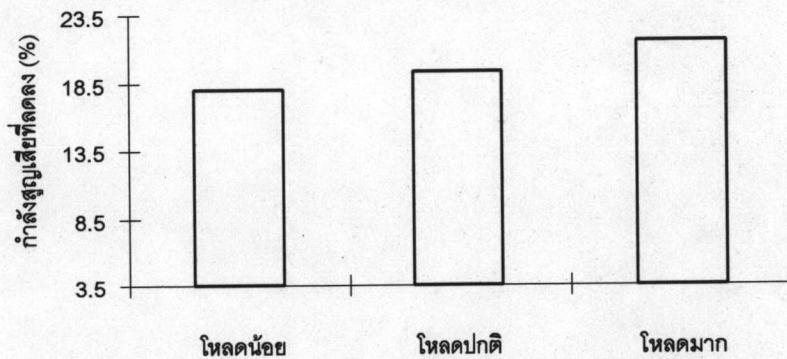
ตารางที่ 6.18 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด
เมื่อใช้แนวทาง DFRP2

ภาวะโหลด	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2	
	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)	รอบการคำนวณ	เวลา(วินาที)
โหลดน้อย	202	0.3342	202	0.3390
โหลดปกติ	202	0.3360	203	0.3374
โหลดมาก	202	0.3328	202	0.3391

จากตารางที่ 6.17 และ 6.18 ซึ่งเป็นผลทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนดสรุปได้ดังนี้

- รูปแบบโครงสร้างตอนเริ่มต้นของวิธีที่นำเสนอ ทั้งกรณีที่ 1 ซึ่งมีรูปแบบโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นแบบวงรอบ และกรณีที่ 1 ซึ่งมีรูปแบบโครงสร้างเป็นแบบเรเดียล สำหรับแนวทาง DFRP1 กรณีที่ 1 ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ากรณีที่ 2 และทั้งสอง

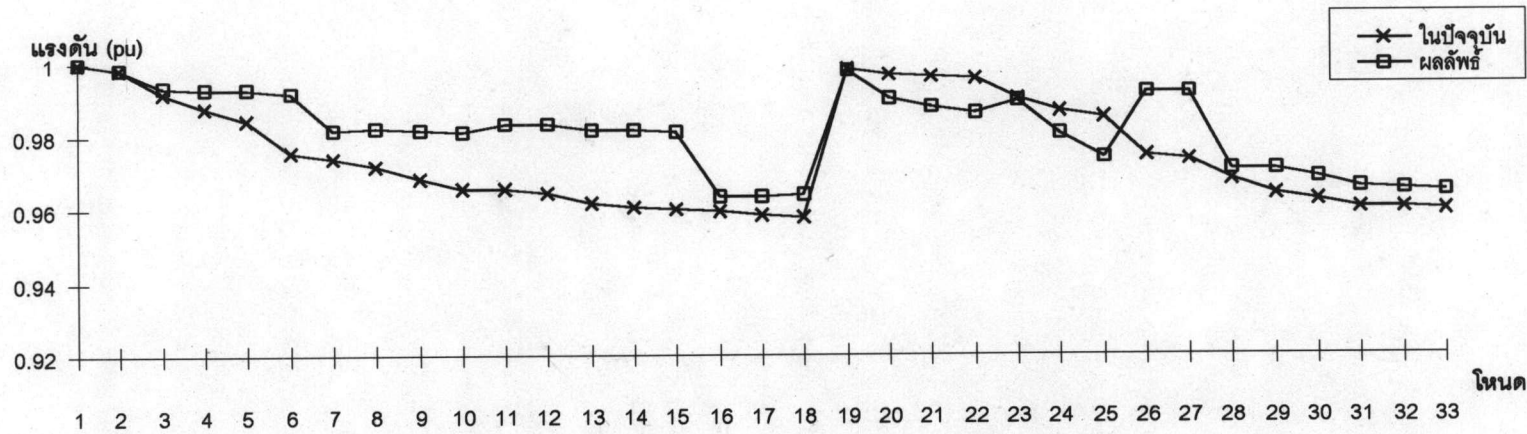
กรณีใช้เวลาในการประมวลผลนานขึ้นเมื่อภาวะโหลดเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 6.17 จะเห็นว่าที่ภาวะโหลดมากใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าที่ภาวะโหลดปกติ ทำนองเดียวกันที่ภาวะโหลดปกติ ใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าที่ภาวะโหลดน้อย ส่วนแนวทาง DFRP2 กรณีที่ 1 ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ากรณีที่ 2 เช่นเดียวกัน แต่สำหรับแนวทาง DRRP2 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลไม่สัมพันธ์กับภาวะโหลด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวทาง DFRP1 และ DFRP2 ปรากฏว่าแนวทาง DFRP2 ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าแนวทาง DFRP1



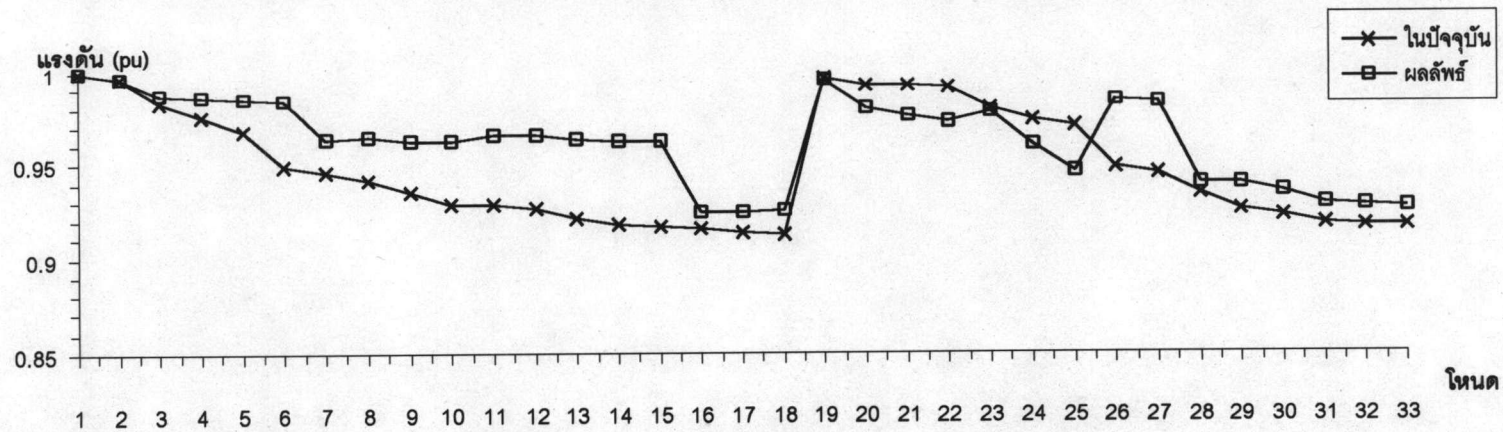
ภาพที่ 6.34 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงที่โหลดภาวะต่างๆ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหลด

จากภาพที่ 6.34 แสดงให้เห็นว่าจากคำตอบที่ได้ ที่ภาวะโหลดมากจะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายได้มากกว่าที่ภาวะโหลดน้อย

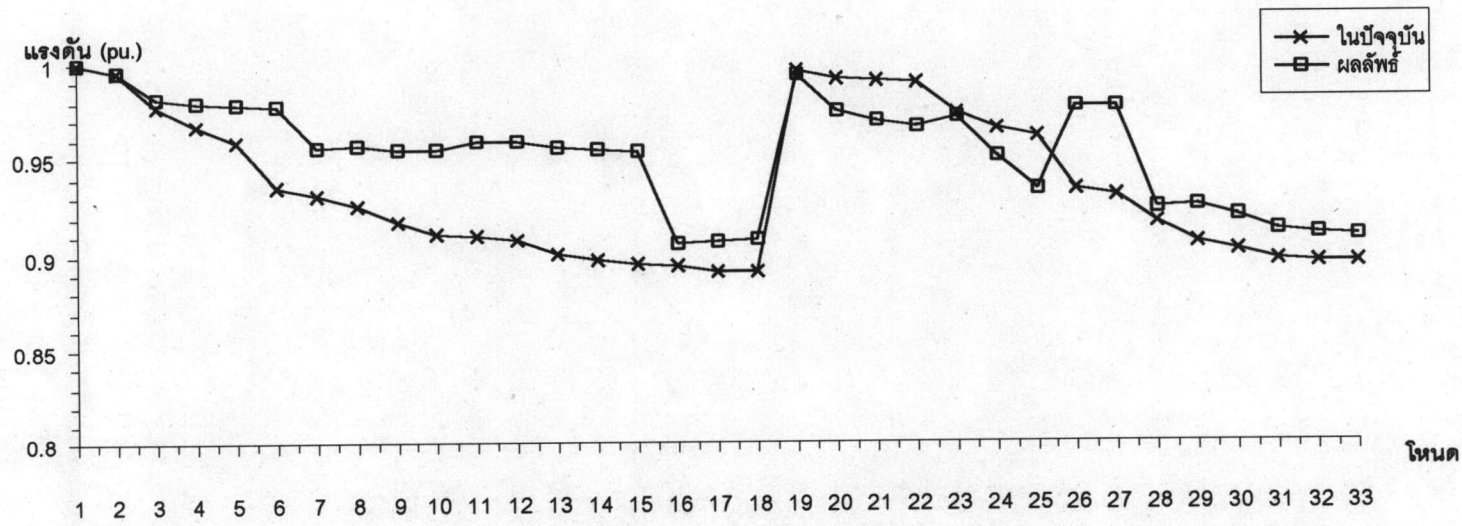
เมื่อศึกษาค่าแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบันเปรียบเทียบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนโดยเครือข่ายประสาที่พัฒนาขึ้น สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหลด ปรากฏผลดังภาพที่ 6.35 ถึง ภาพที่ 6.37



ภาพที่ 6.35 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดน้อย

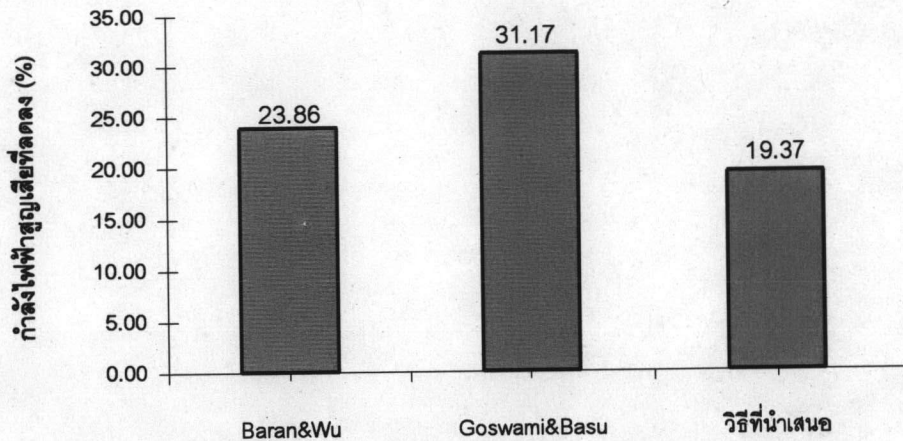


ภาพที่ 6.36 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนดก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ



ภาพที่ 6.37 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนดก่อนและหลังการปรับเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก

จากภาพที่ 6.35 ถึงภาพที่ 6.37 แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบที่ได้จากการจัดเรียงสายป้อนใหม่มีแนวโน้มสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายในปัจจุบัน เมื่อนำผลที่ได้จากกรณีภาวะโหลดปกติ เทียบกับคำตอบโดยวิธีอื่นๆ ปรากฏผลดังนี้

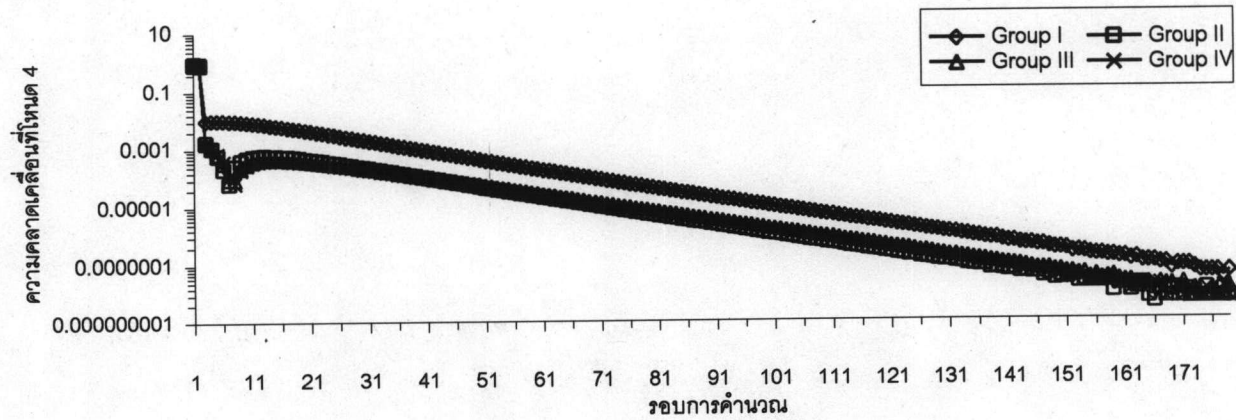


ภาพที่ 6.38 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่ลดลงโดยวิธีต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด

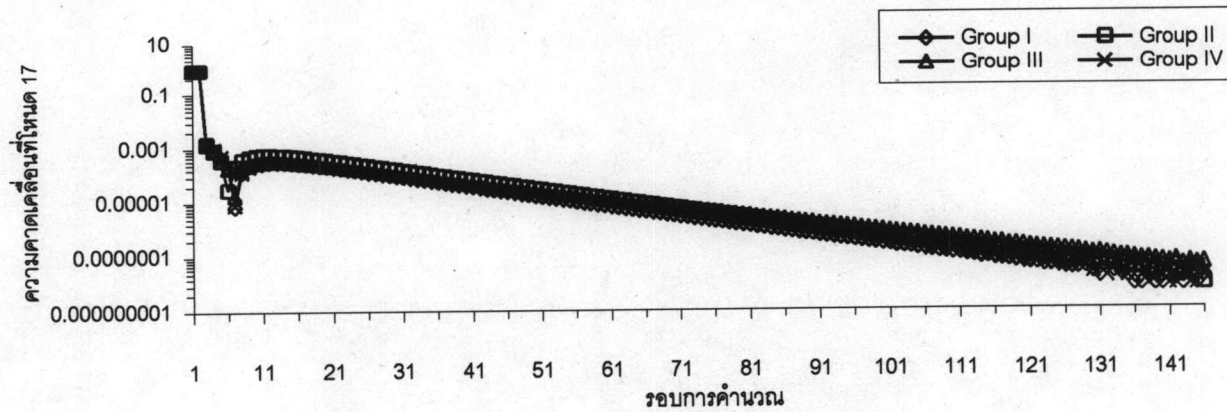
แม้การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีที่นำเสนอไม่ได้คำตอบที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายลดลงมากที่สุดเหมือนกับงานของ Goswami และ Basu [13] และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายลดน้อยกว่างานของ Baran และ Wu [11] แต่เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่ลดลงประมาณ 20 % โดยใช้การคำนวณโหลดเฟลวเพียงครั้งเดียว และแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากผลลัพธ์ของ Baran และ Wu จึงนับได้ว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถจัดเรียงสายป้อนใหม่ได้รวดเร็วและได้คำตอบที่ดี

6.5.2 พฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับระบบจำหน่าย 32 โหนด

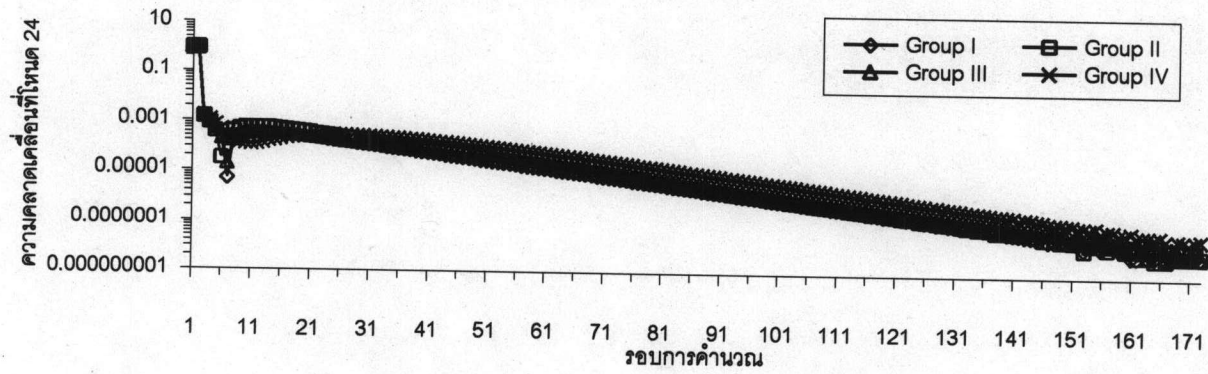
ในการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับระบบจำหน่าย 32 โหนด เลือกพิจารณาโหนด 4 ซึ่งเป็นโหนดที่อยู่ใกล้โหนดหลัก(โหนด 3) โหลด 17 ซึ่งเป็นโหนดปลายทาง และ โหนด 24 ซึ่งเป็นโหนดที่มีโหลดมากที่สุด



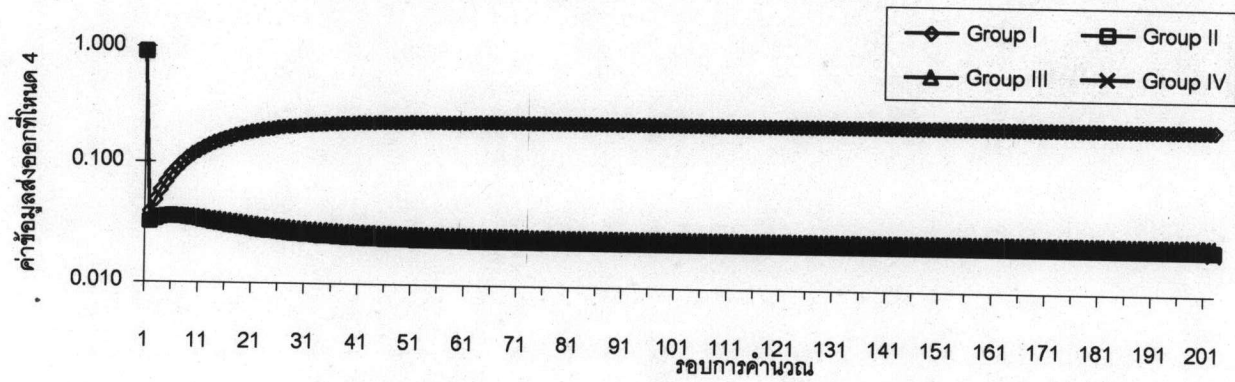
ภาพที่ 6.39 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด



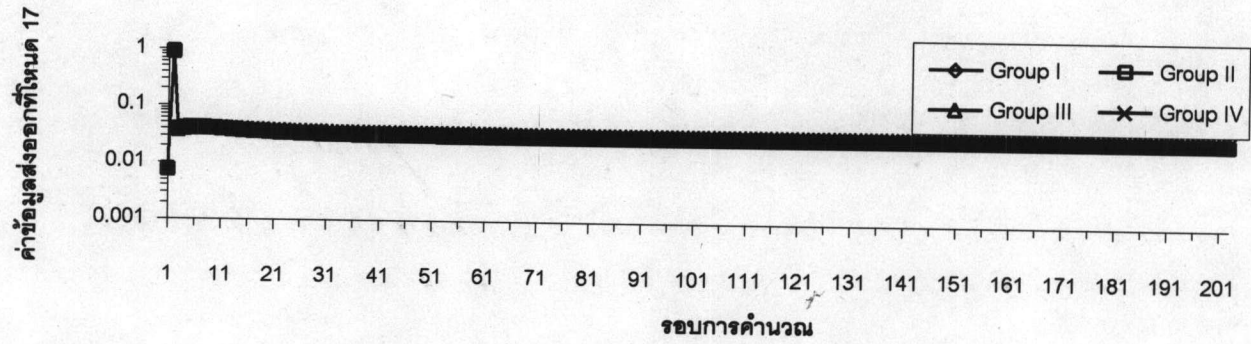
ภาพที่ 6.40 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 17 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด



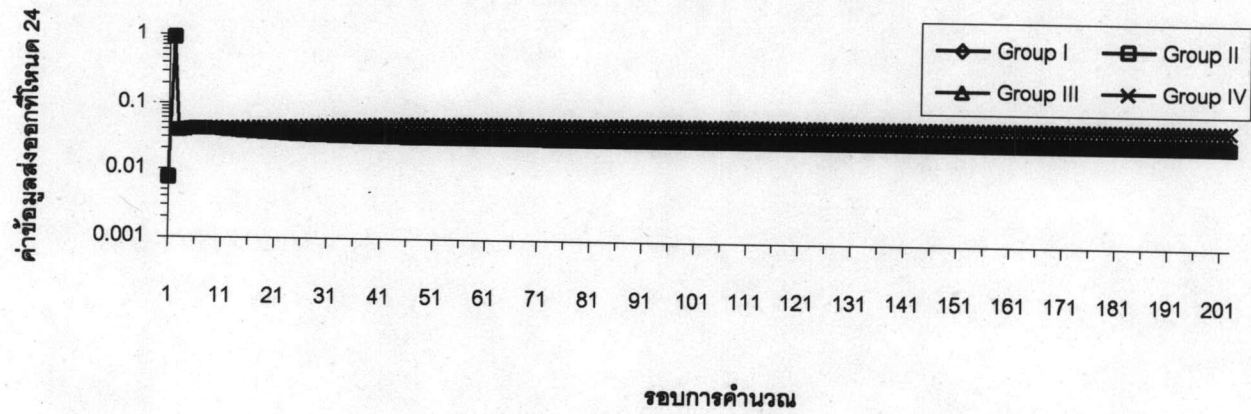
ภาพที่ 6.41 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 24 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด



ภาพที่ 6.42 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหนด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด



ภาพที่ 6.43 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่โหนด 17 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด



ภาพที่ 6.44 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาที่โหนด 24 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด

จากภาพที่ 6.39 ถึง 6.41 แสดงให้เห็นว่าเครือข่ายประสาทมีการเรียนรู้ไม่ติดเนื่องจากค่าข้อมูลส่งออกที่สัมพันธ์กับ Group ทั้ง 4 มีการเปลี่ยนแปลงตลอด เมื่อพิจารณาข้อมูลส่งออกจากเครือข่ายประสาทจะเห็นได้ว่าสำหรับโหนด 4 สามารถระบุได้ว่าโหนด 4 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มโหนด Group I ทั้งนี้จะสังเกตได้ว่า ค่าที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนดอื่นๆที่เหลือทั้งสามกลุ่มไม่ได้ปรับเข้าสู่ 0 อย่างแท้จริง อีกทั้งค่าของโหนด 4 ที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนด Group I ก็ไม่ได้ปรับเข้าสู่ 1 เช่นกัน สำหรับโหนดที่ 17 จากภาพที่ 6.43 ไม่อาจพิจารณาได้ว่าโหนด 17 ถูกจัดเข้ากลุ่มโหนดใดต้องพิจารณาตัวเลขอย่างละเอียด สำหรับโหนด 24 พอบอกได้ว่าโหนด 24 อยู่ในกลุ่มโหนด Group IV แต่จะเห็นได้ว่าค่าที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนด Group IV ไม่ได้แตกต่างจากค่าที่สัมพันธ์กับกลุ่มโหนดอื่นๆ ที่เหลืออย่างชัดเจน

จากพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด อาจกล่าวได้ว่าเครือข่ายประสาทที่พัฒนาขึ้นมีการเรียนรู้ในการจัดเรียงสายป้อนให้กับระบบจำหน่าย 32 โหนดได้ไม่ดี

เนื่องจากการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทของ Hopfield สำหรับปัญหา TSP โดย Hopfield และ Tank [31] นั้นเปอร์เซ็นต์การได้คำตอบที่ดีที่สุดประมาณ 20 % เท่านั้น ในการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้จึงทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์การได้คำตอบของเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่ จากการประมวลผล 1000 ครั้งปรากฏว่าคำตอบที่ได้จากเครือข่ายทั้งแนวทาง DFRP1 และ DFRP2 ให้คำตอบ 100 % หมายความว่าเครือข่ายประสาทสำหรับการจัดเรียงสายป้อนมีความเชื่อถือได้สูง