

บทที่ 5

ระบบทดสอบ ผลการคำนวณ และการวิเคราะห์ผล

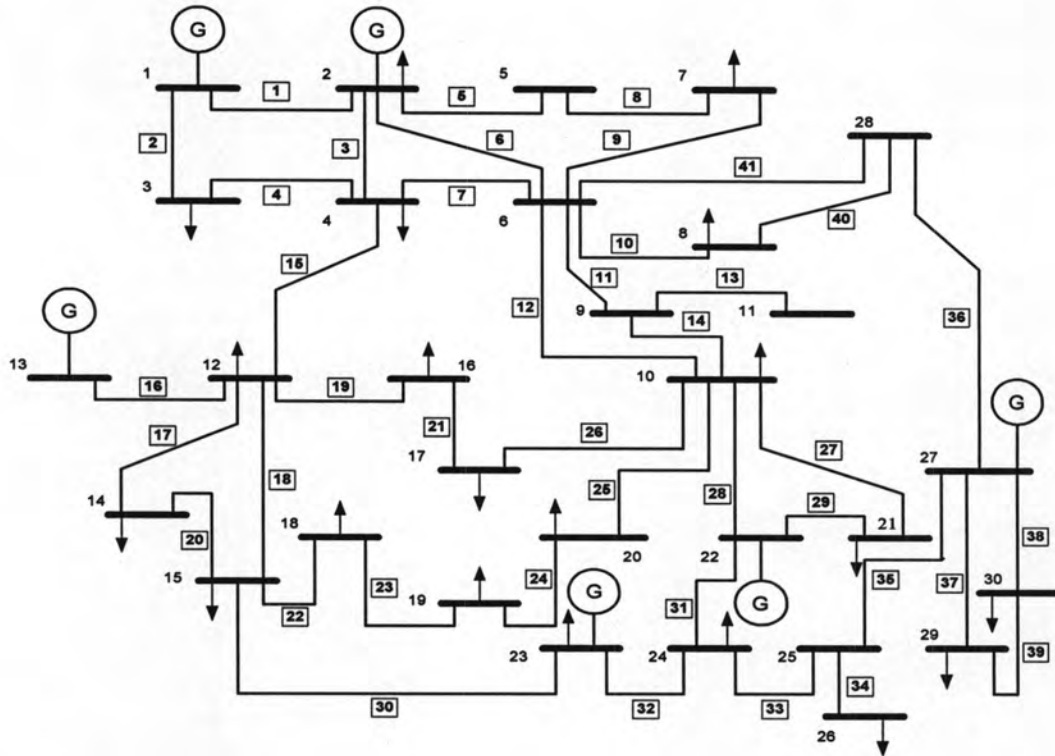
ในบทนี้กล่าวถึงระบบทดสอบ ผลการคำนวณ และผลการทดสอบ การคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น หรือ MLPNN ที่นำเสนอ ซึ่งได้ทดสอบกับระบบทดสอบ 30 บัส และระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส โดยการเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม AC Power flow (ACPF) ซึ่งใช้โปรแกรม Matpower 3.2 [11] ใช้กระบวนการหาคำตอบโดยวิธี Newton-Raphson การฝึกสอนโครงข่าย MLPNN ที่นำเสนอใช้ Neural Network Toolbox ของโปรแกรม MATLAB [12] ด้วยกระบวนการฝึกสอน Levenberg Marquardt (trainlm) และใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ Gradient Descent (learngd) ปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอสสูงสุด 100 รอบ (Epoch) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพิจารณา Performance Gradient ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตัดสินใจสิ้นสุดการฝึกสอน กำหนด Performance Gradient (mse) เป็น 1×10^{-5} [12]-[14] คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการฝึกสอนมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 2.39 GHz. และหน่วยความจำ (RAM) 2.0 GB

ผลการทดสอบประกอบด้วย ประสิทธิภาพหรือค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีที่นำเสนอ MLPNN แบบ 3 ชั้น และ MLPNN แบบ 4 ชั้น, เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะด้วยวิธีดั้งเดิมกับวิธีที่นำเสนอ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด, เปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีจากการจัดอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธีดั้งเดิมกับวิธีที่นำเสนอ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด, ค่าความคลาดเคลื่อนของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุดเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการการนำไปใช้กับกรณีโหลดช่วงต่างๆ และเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณ

การแสดงผลเปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะให้ Contingency No.0 เป็นกรณีที่ระบบไม่เกิดคอนดินเจนซี การแสดงผลเปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะและผลการจัดอันดับคอนดินเจนซี จะแสดงผลเฉพาะ 5 กรณีโหลดทดสอบ จากทั้งหมด 600 กรณี ได้แก่ กรณีกรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 และกรณีโหลดทดสอบที่ 600 กำหนดให้โครงสร้างที่ดีที่สุดหมายถึงโครงข่ายที่ให้ความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบน้อยที่สุด

5.1 ระบบทดสอบ 30 บัส

ระบบทดสอบ 30 บัส [11], [15] ที่ใช้มีองค์ประกอบดังนี้ คือ มี 30 บัส สายส่ง 41 เส้น 6 บัสเครื่องกำเนิด และ 24 บัสโหลด และหมายเลขของคอนดินเจนซีแสดงในรูปที่ 5.1 โดยข้อมูลระบบทดสอบและโหลดที่ใช้ในการทดสอบแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 5.1 ระบบทดสอบ 30 บัส

ข้อกำหนดของฝึกสอนและการทดสอบ

1. ชุดข้อมูลกรณีโหลดสร้างโดยการสุ่มการเปลี่ยนโหลด ในช่วงตั้งแต่ 80-130% ของกรณีโหลดฐานจำนวน 1,200 ชุดข้อมูลกรณีโหลด
2. การเปลี่ยนแปลงของโหลดจะเปลี่ยนแปลงแบบตัวประกอบกำลังคงที่
3. ไม่คิดกรณีโหลดที่บัสเป็นศูนย์ จำนวน 10 บัส คือบัส 1, 5, 6, 9, 11, 13, 22, 25, 27 และ 28
4. โหลดที่เลือกมาใช้ไม่มีการละเมิดขีดจำกัดของทุกเครื่องกำเนิดในระบบและไม่ทำให้กรณีระบบไม่เกิดคอนดินเจนซีละเมิดขีดจำกัดแรงดันและขีดจำกัดการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง
5. จากชุดข้อมูลโหลด 1,200 ชุด แบ่งออกเป็น 600 ชุดสำหรับฝึกสอน และ 600 ชุดสำหรับทดสอบ

6. พิจารณาคอนตินเจนซีการขัดข้องของสายส่ง/หม้อแปลง 1 เส้น (N-1)
7. ไม่พิจารณาคอนตินเจนซีการขัดข้องของสายส่งที่ทำให้เกิด Isolate Bus คือสายส่งเส้นที่ 13, 16 และ 34
8. กำหนด $w_{VI} = w_I = 1$ และ $n = 1$ สำหรับคำนวณค่า PI_V และ PI_{MW}
9. ขาเข้าของโครงข่าย MLPNN ประกอบด้วย 4 โหลด บัส PV และ 36 โหลด บัส PQ รวมเป็น 40 โหลด (20 โหลด P และ 20 โหลด Q) หรือ 40 นิวรอน
10. ขาออกของโครงข่าย MLPNN ประกอบด้วยค่า PI ของคอนตินเจนซีการขัดข้องของสายส่ง/หม้อแปลง ทั้งหมด 38 คอนตินเจนซี หรือ 38 นิวรอน

5.1.1 MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_V

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า PI_V

ฟังก์ชัน กระตุ้น	จำนวน นิวรอน	ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
		การฝึกสอน		การทดสอบ		
H1	H1	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Purelin	5	0.0392	0.89	0.0405	0.90	68
	10	0.0221	0.53	0.0229	0.54	294
	15	0.0196	0.47	0.0202	0.47	433
	20	0.0193	0.46	0.0199	0.46	179
	25	0.0193	0.46	0.0199	0.46	170
	30	0.0193	0.46	0.0199	0.46	164
Logsig	5	0.0326	0.73	0.0336	0.73	113
	10	0.0105	0.25	0.0110	0.26	294
	15	0.0038	0.09	0.0039	0.10	475
	20	0.0026	0.06	0.0031	0.07	423
	25	0.0026	0.06	0.0031	0.07	197
	30	0.0023	0.05	0.0026	0.06	133

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า PI_V (ต่อ)

ฟังก์ชัน กระตุ้น	จำนวน นิวรอน	ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
		การฝึกสอน		การทดสอบ		
H1	H1	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Tansig	5	0.0326	0.73	0.0336	0.73	113
	10	0.0101	0.25	0.0106	0.26	294
	15	0.0044	0.11	0.0046	0.11	475
	20	0.0026	0.06	0.0026	0.08	118
	25	0.0025	0.06	0.0030	0.07	118
	30	0.0019	0.05	0.0021	0.05	110
Radbas	5	0.0326	0.73	0.0336	0.73	113
	10	0.0103	0.25	0.0109	0.26	294
	15	0.0042	0.10	0.0044	0.11	475
	20	0.0025	0.06	0.0029	0.07	673
	25	0.0026	0.06	0.0029	0.07	138
	30	0.0026	0.06	0.0038	0.09	321

จากตารางที่ 5.1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของ MLPNN แบบ 3 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_V ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1) แตกต่างกัน สามารถเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ได้สูงสุดเป็น 30 นิวรอน สังเกตได้ว่าฟังก์ชันแบบเชิงเส้น (Purelin) การเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ตั้งแต่ 20 นิวรอนขึ้นไป ไม่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงได้ ฟังก์ชัน ล็อกซิกมอยด์ (Logsig) และฟังก์ชันแทนซิกมอยด์ (Tansig) การเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิวรอน H1 ส่วนฟังก์ชันเรเดียลเบส (Radbas) ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบไม่ได้ลดลงตาม การเพิ่มจำนวนนิวรอน H1

จาก MLPNN แบบ 3 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Tansig จำนวนนิวรอน H1 เป็น 30 นิวรอน มีค่า MAE= 0.0021 และ MAPE= 0.05% และ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อย ที่สุดเป็นอันดับที่สองคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Logsig จำนวนนิวรอน H1 เป็น 30 นิวรอน มีค่า MAE= 0.0026 และ MAPE= 0.06% จึงนำสองฟังก์ชันกระตุ้นนี้ไปฝึกสอน MLPNN แบบ 4 ชั้น

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า PI_V

ฟังก์ชัน กระตุ้น		จำนวน นิวรอน		ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
				การฝึกสอน		การฝึกสอน		
H1	H2	H1	H2	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Logsig	Logsig	5	5	0.0326	0.73	0.0335	0.73	136
		10	10	0.0142	0.34	0.0148	0.35	327
		15	15	0.0038	0.09	0.0039	0.10	600
		18	18	0.0024	0.06	0.0027	0.07	675
Logsig	Tansig	5	5	0.0327	0.73	0.0336	0.74	137
		10	10	0.0105	0.25	0.0110	0.26	327
		15	15	0.0045	0.11	0.0048	0.12	602
		18	18	0.0031	0.08	0.0033	0.08	855
Tansig	Logsig	5	5	0.0326	0.73	0.0337	0.74	138
		10	10	0.0116	0.28	0.0120	0.29	327
		15	15	0.0043	0.11	0.0046	0.11	601
		18	18	0.0024	0.06	0.0028	0.07	863
Tansig	Tansig	5	5	0.0328	0.73	0.0339	0.74	137
		10	10	0.0116	0.28	0.0120	0.29	328
		15	15	0.0038	0.09	0.0040	0.10	601
		18	18	0.0036	0.09	0.0039	0.09	855

จากตารางที่ 5.2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้น สำหรับ คำนวณค่า PI_V ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1 และ H2) แตกต่างกัน สามารถ เพิ่มจำนวนนิวรอน H1 และ H2 ได้สูงสุดเป็น 18 นิวรอน สังเกตได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนการ ฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิวรอน H1 และ H2 ทุกรูปแบบฟังก์ชัน กระตุ้น H1 และ H2

จาก MLPNN แบบ 4 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 เป็น Logsig และ Logsig ตามลำดับ จำนวนนิวรอน H1 และ H2 เป็น 18 และ 18 นิวรอน ตามลำดับ มีค่า MAE= 0.0027 และ MAPE= 0.07%

จากตารางที่ 5.1 และ ตารางที่ 5.2 โครงข่าย MLPNN ที่ดีที่สุดหรือโครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 40-30-38 ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Tansig มีค่า MAE= 0.0021 และ MAPE= 0.05%

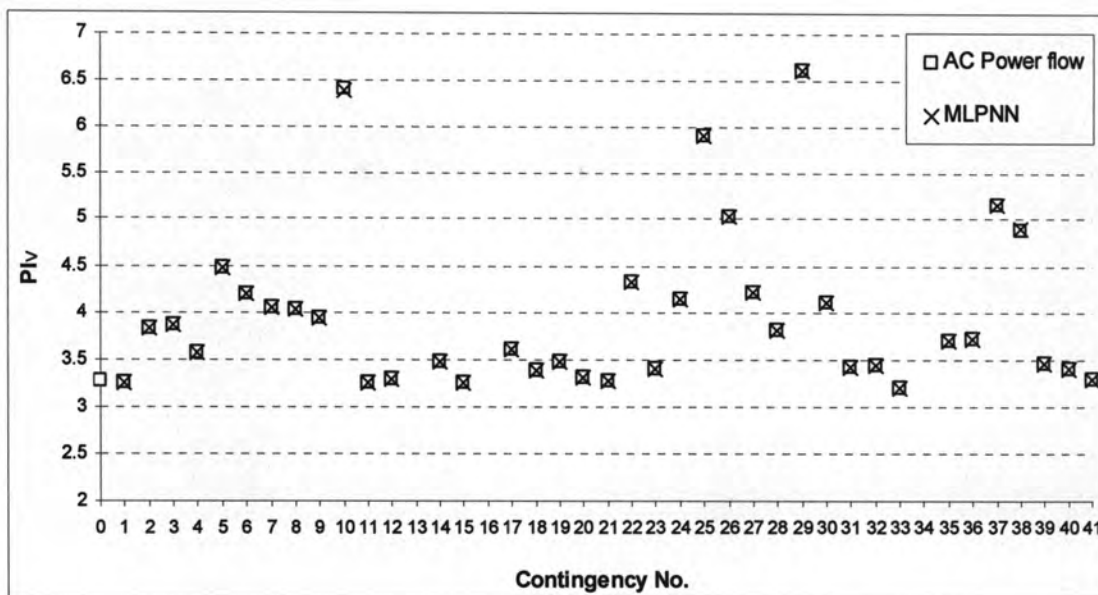
ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Contingency No.	PI_V							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
0	3.5776	-	2.7686	-	3.5814	-	3.3861	-
1	3.5593	3.5589	2.7587	2.7564	3.5619	3.5652	3.3675	3.3671
2	4.2996	4.2964	3.1587	3.1579	4.2470	4.2475	3.9384	3.9354
3	4.3712	4.3693	3.1930	3.1922	4.3069	4.3076	3.9851	3.9830
4	3.9714	3.9729	2.9786	2.9783	3.9641	3.9639	3.6867	3.6845
5	5.1222	5.1167	3.5511	3.5477	4.9677	4.9669	4.5676	4.5639
6	4.8589	4.8555	3.4185	3.4166	4.7138	4.7149	4.3270	4.3243
7	4.8184	4.8128	3.2866	3.2812	4.5445	4.5445	4.2097	4.2050
8	4.5551	4.5514	3.2915	3.2890	4.4660	4.4657	4.1463	4.1434
9	4.1962	4.1956	3.0940	3.0945	4.1817	4.1825	3.9681	3.9675
10	10.3616	10.3433	5.0576	5.0490	8.1972	8.2000	6.9465	6.9431
11	3.5543	3.5542	2.7517	2.7512	3.5626	3.5626	3.3637	3.3615
12	3.6157	3.6151	2.7810	2.7802	3.6145	3.6147	3.4075	3.4056
14	3.9391	3.9388	2.8986	2.8984	3.8825	3.8831	3.6015	3.5990
15	3.5708	3.5713	2.7476	2.7459	3.5757	3.5771	3.3689	3.3661
17	3.8469	3.8456	3.0511	3.0507	3.8044	3.8028	3.6728	3.6723
18	3.6920	3.6943	2.8797	2.8804	3.6843	3.6869	3.5256	3.5269
19	3.8167	3.8127	2.9338	2.9322	3.7700	3.7694	3.5941	3.5915
20	3.6041	3.6031	2.7943	2.7938	3.6031	3.6029	3.4081	3.4060
21	3.5895	3.5881	2.7794	2.7787	3.6040	3.6042	3.3942	3.3893
22	4.3373	4.3373	3.6485	3.6482	4.6457	4.6436	4.6219	4.6100

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Contingency No.	PI_V							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
23	3.6331	3.6251	2.9036	2.9022	3.7150	3.7167	3.5518	3.5462
24	4.2249	4.2197	3.5701	3.5787	4.5310	4.5346	4.4986	4.5028
25	5.3611	5.3621	4.9820	4.9821	6.2392	6.2395	6.3073	6.3105
26	5.2177	5.2169	3.7728	3.7725	4.8051	4.8055	4.9832	4.9816
27	4.6832	4.6782	3.4737	3.4709	4.5270	4.5262	4.3463	4.3452
28	4.1568	4.1546	3.1824	3.1802	4.1356	4.1352	3.9229	3.9212
29	6.7761	6.7601	5.5613	5.5534	7.2685	7.2707	6.7097	6.7066
30	4.4399	4.4398	3.3966	3.3952	4.4373	4.4403	4.1936	4.1956
31	3.7183	3.7188	2.9618	2.9622	3.7342	3.7335	3.5408	3.5364
32	3.7282	3.7293	2.9662	2.9667	3.7618	3.7608	3.5597	3.5566
33	3.5001	3.5013	2.7188	2.7183	3.5120	3.5141	3.3423	3.3407
35	3.9304	3.9322	3.4082	3.4073	3.9834	3.9802	3.9793	3.9774
36	4.2286	4.2253	3.0890	3.0866	4.1049	4.1048	3.8406	3.8392
37	4.9905	4.9960	4.8042	4.8076	5.7902	5.7857	5.4293	5.4281
38	4.7430	4.7478	4.9655	4.9697	5.5683	5.5718	5.1085	5.1073
39	3.7083	3.7081	3.1183	3.1154	3.8280	3.8296	3.5807	3.5773
40	3.7585	3.7571	2.8753	2.8741	3.7358	3.7360	3.5229	3.5212
41	3.6066	3.6061	2.7928	2.7922	3.6062	3.6063	3.4124	3.4109

จากตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของกรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 ค่า PI_V ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่า PI_V จะมีค่าแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละกรณี



รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600

จากรูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุดของกรณีโหลดทดสอบที่ 600 ค่า PI_V ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยกรณีคอนตินเจนซีหมายเลขที่ 29 มีค่า PI_V สูงที่สุดหรือสร้างความรุนแรงต่อระบบสูงสุดซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องเฝ้าระวังกรณีคอนตินเจนซีนี้เป็นพิเศษ

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบอันดับคอนตินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของการคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
1	10	10	29	29	10	10	10	10
2	29	29	10	10	29	29	29	29
3	25	25	25	25	25	25	25	25
4	26	26	38	38	37	37	37	37
5	5	5	37	37	38	38	38	38
6	37	37	26	26	5	5	26	26
7	6	6	22	22	26	26	22	22

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบอันดับคอนตินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของการคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
33	20	20	12	12	21	21	12	12
34	21	21	21	21	20	20	21	21
35	15	15	1	1	15	15	15	1
36	1	1	11	11	11	1	1	15
37	11	11	15	15	1	11	11	11
38	33	33	33	33	33	33	33	33

จากตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบอันดับคอนตินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงข่ายที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 วิธีที่นำเสนอสามารถจัดอันดับคอนตินเจนซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม มีการจัดอันดับผิดพลาดบ้างเล็กน้อยได้แก่ กรณีโหลดทดสอบที่ 3 คอนตินเจนซีหมายเลขที่ 1 กับ 11 เนื่องจากทั้งสองคอนตินเจนซีมีค่า PI_V ใกล้เคียงกันมาก และในกรณีโหลดทดสอบที่ 4 คอนตินเจนซีหมายเลขที่ 1 กับ 15 เช่นกัน ส่วนในกรณีโหลดทดสอบที่ 1 และ 2 วิธีที่นำเสนอจัดอันดับคอนตินเจนซีได้อย่างแม่นยำ

และจากตารางที่ 5.4 นี้ก็จะสังเกตได้อีกว่าการเปลี่ยนแปลงของกรณีโหลดจะมีผลต่ออันดับความรุนแรงของคอนตินเจนซี ดังเช่น คอนตินเจนซีหมายเลขที่ 38 ในกรณีโหลดทดสอบที่ 1 คอนตินเจนซีนี้มีความรุนแรงอยู่ในอันดับที่ 9 ซึ่งเป็นคอนตินเจนซีที่ไม่ต้องเฝ้าระวังมากนัก แต่เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงเป็นกรณีโหลดทดสอบที่ 2 คอนตินเจนซีนี้มีความรุนแรงอยู่ในอันดับที่ 4 ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องมีการเฝ้าระวังมากยิ่งขึ้น ในหลายกรณีโหลด คอนตินเจนซีหมายเลขที่ 10 มีอันดับอยู่ในอันดับที่ 1 ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องเฝ้าระวังหรือหาทางวางแผนแก้ไขหากกรณีคอนตินเจนซีนี้เกิดขึ้น

ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า PI_v กรณีโหลดทดสอบช่วงต่างๆ

โหลด (%) ของกรณีโหลดฐาน		ความคลาดเคลื่อนการทดสอบ	
ต่ำสุด	สูงสุด	MAE	MAPE
80	130	0.0021	0.05
70	130	0.0036	0.10
70	140	0.0058	0.14
80	135	0.0041	0.09
80	140	0.0081	0.17
80	145	0.0125	0.25
80	150	0.0230	0.44
80	155	0.0356	0.67
80	165	0.0498	0.92
80	170	0.0784	1.40
80	175	0.0972	1.73
80	180	0.1158	2.04

จากตารางที่ 5.5 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_v ที่โหลดช่วงต่างๆ ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ ในที่นี้ขึ้นจะอยู่กับผู้ควบคุมระบบจะนำเอาโครงข่ายไปใช้งานต่อไป

สรุปผล MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_v

-โครงข่าย MLPNN ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบการคำนวณค่า PI_v น้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 40-30-38 พังค์ชั้นกระตุ้นในชั้นซ่อน (H1) เป็นพังค์ชั้นแทนซิกมอยด์ มีค่า MAE= 0.0021 และ MAPE= 0.05%

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า PI_v ได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สามารถจัดอันดับคอนดินซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

5.1.2 MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ตารางที่ 5.6 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า PI_{MW}

ฟังก์ชัน กระตุ้น	จำนวน นิวรอน	ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
		การฝึกสอน		การทดสอบ		
H1	H1	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Purelin	5	0.0151	0.69	0.0153	0.69	101
	10	0.0112	0.52	0.0114	0.52	295
	15	0.0098	0.46	0.0098	0.45	478
	20	0.0094	0.44	0.0095	0.44	235
	25	0.0094	0.44	0.0095	0.44	124
	30	0.0094	0.44	0.0095	0.44	121
Logsig	5	0.0122	0.56	0.0123	0.55	113
	10	0.0061	0.28	0.0063	0.29	294
	15	0.0031	0.14	0.0033	0.15	476
	20	0.0012	0.06	0.0013	0.06	791
	25	0.0011	0.05	0.0013	0.06	522
	30	0.0009	0.04	0.0010	0.05	177
Tansig	5	0.0122	0.56	0.0123	0.55	113
	10	0.0061	0.28	0.0064	0.29	294
	15	0.0031	0.15	0.0033	0.15	476
	20	0.0012	0.06	0.0013	0.06	791
	25	0.0011	0.05	0.0013	0.06	305
	30	0.0010	0.05	0.0011	0.05	173
Radbas	5	0.0123	0.56	0.0123	0.56	113
	10	0.0067	0.31	0.0072	0.33	294
	15	0.0031	0.14	0.0033	0.15	476
	20	0.0018	0.09	0.0021	0.10	791
	25	0.0011	0.05	0.0013	0.06	443
	30	0.0011	0.05	0.0016	0.07	736

จากตารางที่ 5.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของ MLPNN แบบ 3 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1) แตกต่างกัน สามารถเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ได้สูงสุดเป็น 30 นิวรอน สังเกตได้ว่าฟังก์ชันแบบเชิงเส้น (Purelin) การเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ตั้งแต่ 20 นิวรอนขึ้นไป ไม่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงได้ ฟังก์ชัน ล็อกซิกมอยด์ (Logsig) และฟังก์ชันแทนซิกมอยด์ (Tansig) การเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิวรอน H1 ส่วน ฟังก์ชันเรเดียลเบส (Radbas) ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบไม่ได้ลดลงตามการเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ซึ่งก็เป็นลักษณะเดียวกับโครงข่าย MLPNN แบบ 3 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_V

จาก MLPNN แบบ 3 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Logsig จำนวนนิวรอน H1 เป็น 30 นิวรอน มีค่า MAE= 0.0010 และ MAPE= 0.05% และ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดเป็นอันดับที่สองคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Tansig จำนวนนิวรอน H1 เป็น 30 นิวรอน มีค่า MAE= 0.0011 และ MAPE= 0.05% จึงนำสองฟังก์ชันกระตุ้นนี้ไปฝึกสอน MLPNN แบบ 4 ชั้น

ตารางที่ 5.7 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า PI_{MW}

ฟังก์ชัน กระตุ้น		จำนวน นิวรอน		ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
				การฝึกสอน		การฝึกสอน		
H1	H2	H1	H2	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Logsig	Logsig	5	5	0.0122	0.55	0.0123	0.55	137
		10	10	0.0061	0.28	0.0063	0.29	327
		15	15	0.0030	0.14	0.0032	0.15	601
		18	18	0.0020	0.09	0.0022	0.10	855
Logsig	Tansig	5	5	0.0121	0.55	0.0122	0.55	137
		10	10	0.0061	0.28	0.0064	0.29	328
		15	15	0.0030	0.14	0.0032	0.15	602
		18	18	0.0018	0.08	0.0020	0.09	853
Tansig	Logsig	5	5	0.0122	0.56	0.0122	0.55	138
		10	10	0.0061	0.28	0.0063	0.29	328
		15	15	0.0031	0.14	0.0033	0.15	601
		18	18	0.0021	0.10	0.0024	0.11	855
Tansig	Tansig	5	5	0.0134	0.61	0.0134	0.60	137
		10	10	0.0066	0.30	0.0068	0.31	328
		15	15	0.0030	0.14	0.0032	0.15	602
		18	18	0.0017	0.08	0.0019	0.09	853

จากตารางที่ 5.7 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้น สำหรับ คำนวณค่า PI_{MW} ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1 และ H2) แตกต่างกัน สามารถเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 และ H2 ได้สูงสุดเป็น 18 นิวรอน สังเกตได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิวรอน H1 และ H2 ทุก รูปแบบฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 ซึ่งก็เป็นลักษณะเดียวกับกับโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_V

จากโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 เป็น Tansig และ Tansig ตามลำดับ จำนวนนิวรอน H1 และ H2 เป็น 18 และ 18 นิวรอน ตามลำดับ มีค่า MAE= 0.0019 และ MAPE= 0.09%

จากตารางที่ 5.6 และ ตารางที่ 5.7 โครงข่าย MLPNN ที่ดีที่สุดหรือโครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 40-30-38 ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Logsig มีค่า MAE= 0.0010 และ MAPE= 0.05%

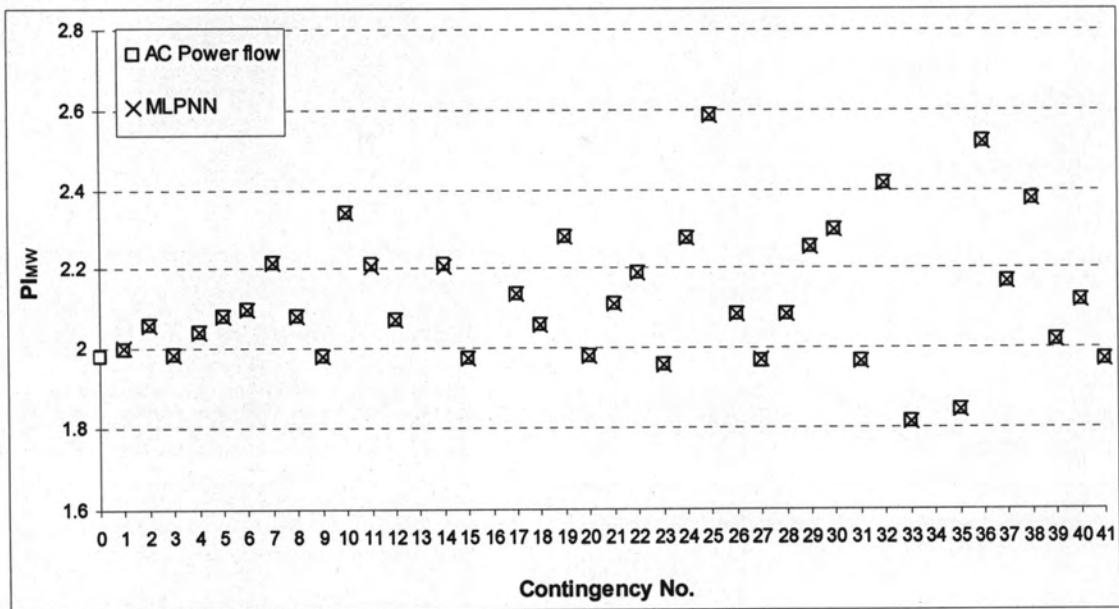
ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Contingency No.	PI_{MW}							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
0	2.0285	-	1.8564	-	2.1432	-	2.0810	-
1	2.0557	2.0566	1.8565	1.8566	2.1610	2.1618	2.0978	2.0983
2	2.1155	2.1154	1.8955	1.8960	2.2339	2.2349	2.1486	2.1478
3	2.0321	2.0328	1.8566	1.8573	2.1478	2.1486	2.0804	2.0805
4	2.0946	2.0957	1.8845	1.8850	2.2166	2.2170	2.1317	2.1314
5	2.1350	2.1350	1.9264	1.9258	2.2565	2.2573	2.1772	2.1771
6	2.1523	2.1532	1.9432	1.9430	2.2800	2.2806	2.1949	2.1951
7	2.2778	2.2778	2.0393	2.0404	2.4098	2.4083	2.3359	2.3346
8	2.1355	2.1356	1.9267	1.9261	2.2569	2.2578	2.1776	2.1775
9	2.0244	2.0254	1.8494	1.8498	2.1347	2.1362	2.0752	2.0752
10	2.8024	2.7998	2.1380	2.1383	2.7068	2.7066	2.5089	2.5087
11	2.1578	2.1569	2.0229	2.0228	2.3648	2.3632	2.2766	2.2753
12	2.0797	2.0799	1.9226	1.9223	2.2299	2.2296	2.1584	2.1579
14	2.1578	2.1569	2.0229	2.0227	2.3648	2.3633	2.2766	2.2753
15	2.0475	2.0469	1.9362	1.9359	2.1365	2.1367	2.1119	2.1113
17	2.1486	2.1499	1.9843	1.9854	2.2282	2.2263	2.2018	2.2029
18	2.1381	2.1370	1.9042	1.9040	2.2020	2.2019	2.1571	2.1582
19	2.3420	2.3426	2.1452	2.1443	2.4611	2.4618	2.3957	2.3952
20	2.0260	2.0264	1.8547	1.8539	2.1423	2.1429	2.0794	2.0792
21	2.1171	2.1183	1.9648	1.9662	2.2458	2.2473	2.2210	2.2208

ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Contingency No.	PI_{MW}							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
22	2.1771	2.1777	2.0283	2.0280	2.3485	2.3490	2.3184	2.3184
23	1.9992	1.9972	1.8502	1.8499	2.1229	2.1234	2.0609	2.0606
24	2.2241	2.2239	2.1171	2.1179	2.4594	2.4600	2.4953	2.4931
25	2.3871	2.3875	2.3421	2.3407	2.7321	2.7325	2.7661	2.7672
26	2.1271	2.1259	1.8688	1.8689	2.1623	2.1625	2.1547	2.1536
27	1.9975	1.9992	1.8449	1.8447	2.1460	2.1474	2.0653	2.0659
28	2.1480	2.1498	1.9464	1.9451	2.2326	2.2328	2.1875	2.1875
29	2.2464	2.2447	2.1206	2.1210	2.4504	2.4501	2.3570	2.3571
30	2.3796	2.3792	2.1576	2.1561	2.5065	2.5063	2.4131	2.4125
31	2.0091	2.0095	1.8467	1.8461	2.1298	2.1310	2.0713	2.0705
32	2.3956	2.3937	2.3987	2.3986	2.6397	2.6405	2.5453	2.5444
33	1.8488	1.8498	1.7498	1.7515	1.9880	1.9899	1.9454	1.9460
35	1.8680	1.8671	1.7896	1.7901	2.0054	2.0053	1.9696	1.9715
36	2.8577	2.8576	2.2496	2.2499	2.6015	2.6023	2.5748	2.5755
37	2.1701	2.1738	2.0582	2.0633	2.3617	2.3612	2.2834	2.2823
38	2.3195	2.3193	2.3898	2.3900	2.6217	2.6218	2.4983	2.4976
39	2.0540	2.0522	1.9366	1.9326	2.1942	2.1950	2.1193	2.1189
40	2.2786	2.2805	1.9620	1.9611	2.3117	2.3126	2.2272	2.2285
41	2.0150	2.0179	1.8502	1.8513	2.1423	2.1423	2.0744	2.0728

จากตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของกรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 สังเกตได้ว่าค่า PI_{MW} ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่า PI_{MW} จะมีค่าแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละกรณี



รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600

จากรูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของกรณีโหลดทดสอบที่ 600 สังเกตได้ว่าค่า PI_{MW} ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งกรณีคอนดินเจนซีหมายเลขที่ 25 มีค่า PI_{MW} สูงที่สุด ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องเฝ้าระวังกรณีคอนดินเจนซีนี้เป็นพิเศษ

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเงินที่ได้ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของ การคำนวณค่า PI_{MW} กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
1	36	36	32	32	25	25	25	25
2	10	10	38	38	10	10	36	36
3	32	32	25	25	32	32	32	32
4	25	25	36	36	38	38	10	10
5	30	30	30	30	36	36	38	38
6	19	19	19	19	30	30	24	24
7	38	38	10	10	19	19	30	30
8	40	40	29	29	24	24	19	19
9	7	7	24	24	29	29	29	29
10	29	29	37	37	7	7	7	7
11	24	24	7	7	14	14	22	22
12	22	22	22	22	11	11	37	37
13	37	37	11	11	37	37	14	14
14	14	14	14	14	22	22	11	11
15	11	11	17	17	40	40	40	40
16	6	6	21	21	6	6	21	21
17	17	17	40	40	8	8	17	17
18	28	28	28	28	5	5	6	6
19	18	18	6	6	21	21	28	28
20	8	8	39	15	2	2	8	8
21	5	5	15	39	28	28	5	5
22	26	26	8	8	12	12	12	18
23	21	21	5	5	17	17	18	12
24	2	2	12	12	4	4	26	26
25	4	4	18	18	18	18	2	2

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของ การคำนวณค่า PI_{MW} กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
26	12	12	2	2	39	39	4	4
27	1	1	4	4	26	26	39	39
28	39	39	26	26	1	1	15	15
29	15	15	3	3	3	3	1	1
30	3	3	1	1	27	27	3	3
31	20	20	20	20	20	20	20	20
32	9	9	41	41	41	41	9	9
33	41	41	23	23	15	15	41	41
34	31	31	9	9	9	9	31	31
35	23	27	31	31	31	31	27	27
36	27	23	27	27	23	23	23	23
37	35	35	35	35	35	35	35	35
38	33	33	33	33	33	33	33	33

จากตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงข่ายที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ของกรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 สังเกตได้ว่าวิธีที่นำเสนอ สามารถจัดอันดับคอนดินเจนซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม มีอันดับผิดพลาดบ้างเล็กน้อยได้แก่ กรณี โหลดทดสอบที่ 1 คอนดินเจนซีหมายเลขที่ 23 กับ 27 กรณีโหลดทดสอบที่ 2 คอนดินเจนซี หมายเลขที่ 39 กับ 15 และ กรณีโหลดทดสอบที่ 4 คอนดินเจนซีหมายเลขที่ 12 กับ 18 เนื่องจาก ทั้งสองคอนดินเจนซีมีค่า PI_{MW} ใกล้เคียงกันมาก ส่วนในกรณีโหลดทดสอบที่ 3 สามารถจัดอันดับคอนดินเจนซีได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

และจากตารางที่ 5.9 นี้ก็จะสังเกตได้ยิ่งกว่าการเปลี่ยนแปลงของกรณีโหลดจะมีผลต่อ อันดับความรุนแรงของคอนดินเจนซี ดังเช่น คอนดินเจนซีหมายเลขที่ 38 ในกรณีโหลดทดสอบที่ 1 คอนดินเจนซีนี้มีความรุนแรงอยู่ในอันดับที่ 7 ซึ่งเป็นคอนดินเจนซีที่ไม่ต้องเฝ้าระวังมากนัก แต่เมื่อ โหลดเปลี่ยนแปลงเป็นกรณีโหลดทดสอบที่ 2 คอนดินเจนซีนี้มีความรุนแรงอยู่ในอันดับที่ 2 ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องมีการเฝ้าระวังมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า PI_{MW} กรณีโหลดทดสอบ
ช่วงต่างๆ

โหลด (%) ของกรณีโหลดฐาน		ความคลาดเคลื่อนทดสอบ	
ต่ำสุด	สูงสุด	MAE	MAPE
80	130	0.0010	0.05
70	130	0.0017	0.08
70	140	0.0026	0.12
80	135	0.0016	0.07
80	140	0.0026	0.11
80	145	0.0043	0.18
80	150	0.0076	0.29
80	155	0.0118	0.45
80	160	0.0159	0.59
80	165	0.0217	0.79
80	170	0.0259	0.92
80	175	0.0342	1.20
80	180	0.0372	1.31

จากตารางที่ 5.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ที่โหลดช่วงต่างๆ ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ในที่นี้ขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมระบบจะนำเอาโครงข่ายไปใช้งานต่อไป

สรุปผล MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_{MW}

-โครงข่าย MLPNN ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบการคำนวณค่า PI_{MW} น้อยที่สุด คือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 40-30-38 ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อน (H1) เป็นฟังก์ชันล็อกซิกมอยด์ มีค่า MAE= 0.0010 และ MAPE= 0.05%

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า PI_{MW} ได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สามารถจัดอันดับคอนตินซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวณค่า PI ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN

วิธีการ	เวลาในการคำนวณ (วินาที)
ACPF	1.1885
MLPNN	0.0001

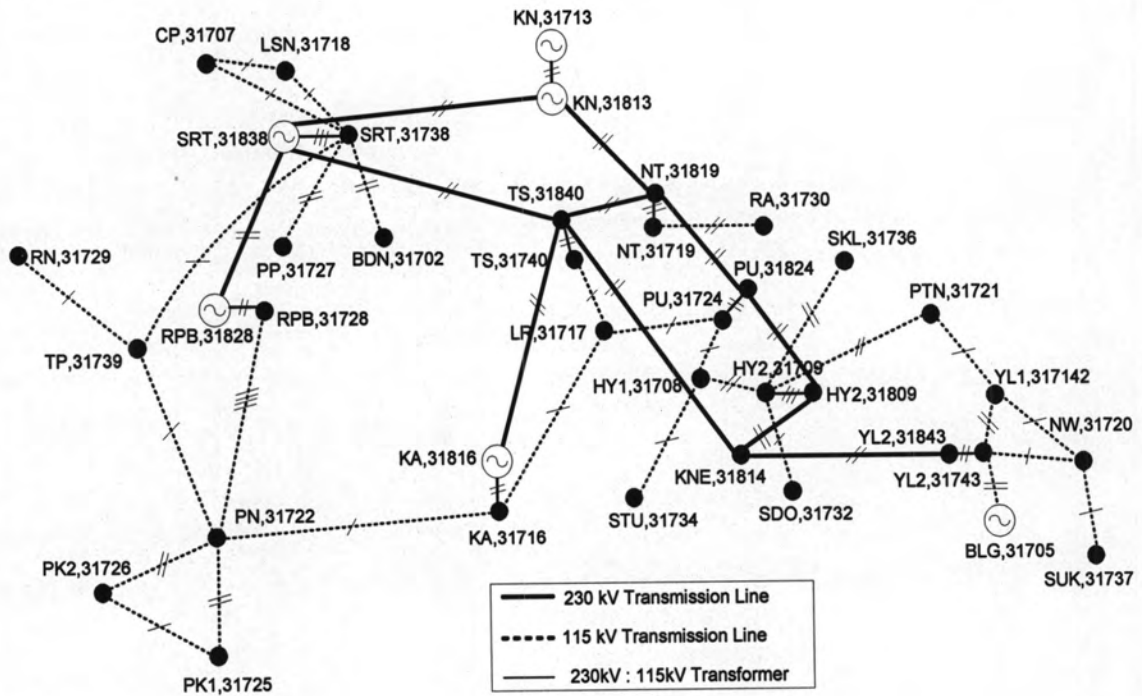
จากตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวณค่า PI โดยวิธีดั้งเดิมกับวิธี MLPNN ที่นำเสนอ ซึ่งจำนวนคอนตินเจนซีที่คำนวณค่า PI จำนวน 38 คอนตินเจนซี เท่ากัน จะเห็นได้ว่าวิธีที่นำเสนอสามารถคำนวณค่า PI ได้อย่างรวดเร็วมากหรือสามารถคำนวณได้อย่างทันทีทันใด

สรุปผลระบบทดสอบ 30 บัส

ทดสอบ 30 บัส โครงข่ายที่ได้รับที่ดีที่สุดสามารถคำนวณดัชนีสมรรถนะได้อย่างแม่นยำ จึงทำให้สามารถจัดอันดับคอนตินเจนซีที่ได้แม่นยำเช่นกัน ในระบบทดสอบนี้ฟังก์ชันเชิงเส้น (Purelin) และฟังก์ชันเรเดียลเบส (Radbas) ไม่เหมาะสมสำหรับการฝึกสอนข้อมูลของระบบทดสอบนี้ เนื่องจากให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการทดสอบสูง ในส่วนฝึกสอนโดยใช้ MLPNN แบบ 4 ชั้น ก็ยังให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบมากกว่าโครงข่าย MLPNN แบบ 3 ชั้น ดังนั้นการใช้โครงข่าย MLPNN แบบ 3 ชั้น และใช้ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อนเป็น ฟังก์ชัน ล็อกซิกมอยด์ (Logsig) หรือ ฟังก์ชันแทนซิกมอยด์ (Tansig) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบทดสอบนี้ วิธีที่นำเสนอใช้ MLPNN แบบโครงสร้างเดียวสำหรับคำนวณค่า PI สามารถเพิ่มจำนวน นิวรอนในชั้นซ่อนสูงสุดได้ 30 นิวรอน แต่มีความสามารถเพียงพอที่จะคำนวณค่า PI ได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม ส่วนความเร็วในการคำนวณโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนแล้วสามารถคำนวณค่า PI ได้รวดเร็วกว่าวิธีดั้งเดิม

5.2 ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส

ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส [15] ที่ใช้มีองค์ประกอบดังนี้ คือ มี 39 บัส สายส่ง 84 เส้น 6 บัสเครื่องกำเนิด และ 33 บัสโหลด ดังรูปที่ 5.4 เนื่องจากคิดเฉพาะกรณีคอนตินเจนซีของสายส่ง/หม้อแปลงขาดข้อง 1 เส้น ดังนั้นจึงคิดเป็น 49 คอนตินเจนซี โดยข้อมูลระบบและหมายเลขคอนตินเจนซีแสดงในภาคผนวก ข



รูปที่ 5.4 ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส

ข้อกำหนดของการฝึกสอนและการทดสอบ

1. ชุดข้อมูลกรณีโหลดสร้างโดยการสุ่มการเปลี่ยนโหลด ในช่วงตั้งแต่ 60-100% ของกรณีโหลดสูงสุดจำนวน 1,200 ชุดข้อมูลกรณีโหลด
2. การเปลี่ยนแปลงของโหลดจะเปลี่ยนแปลงแบบตัวประกอบกำลังคงที่
3. ไม่คิดกรณีโหลดที่บัสเป็นศูนย์จำนวน 11 บัส คือบัส 31743, 31809, 31813, 31814, 31816, 31819, 31824, 31828, 31838, 31840 และ 31843
4. โหลดที่เลือกมาใช้ไม่มีการละเมิดขีดจำกัดของทุกเครื่องกำเนิดในระบบและไม่ทำให้กรณีระบบไม่เกิดคอนดินเจนซีละเมิดขีดจำกัดแรงดันและขีดจำกัดการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง
5. จากชุดข้อมูลโหลด 1,200 ชุด แบ่งออกเป็น 600 ชุดสำหรับฝึกสอน และ 600 ชุดสำหรับทดสอบ
6. พิจารณาคอนดินเจนซีการขัดข้องของสายส่ง/หม้อแปลง 1 เส้น (N-1)
7. ไม่พิจารณาคอนดินเจนซีการขัดข้องของสายส่งที่ทำให้เกิด Isolate Bus คือคอนดินเจนซีที่ 7, 9, 21 และ 33
8. ไม่พิจารณาคอนดินเจนซีการขัดข้องของสายส่งที่ AC Power flow ไม่ Converge หรือ AC Power flow ไม่สามารถคำนวณคำตอบได้ คือ คอนดินเจนซีที่ 18 และ 28
9. กำหนด $w_v = w_l = 1$ และ $n = 1$ สำหรับคำนวณค่า PI_v และ PI_{mw}
10. ขาเข้าของ MLPNN ประกอบด้วย 4 โหลด PV บัสและ 52 โหลด PQ บัส รวมเป็น 56 โหลด (28 โหลด P และ 28 โหลด Q) หรือ 56 นิวรอน
11. ขาออกของ MLPNN ประกอบด้วยค่า PI ของคอนดินเจนซีการขัดข้องของสายส่ง/หม้อแปลงทั้งหมด 43 คอนดินเจนซี หรือ 43 นิวรอน

จากข้อกำหนดในข้อ 4 โหลดระบบที่เก็บได้จริงอยู่ในช่วงประมาณ 80- 100% ของกรณี

โหลดสูงสุด

5.2.1 MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_V ตารางที่ 5.12 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า PI_V

ฟังก์ชัน กระตุ้น	จำนวน นิวรอน	ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
		การฝึกสอน		การทดสอบ		
H1	H1	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Purelin	5	0.0715	1.32	0.0745	1.39	86
	10	0.0641	1.22	0.0681	1.30	627
	15	0.0637	1.20	0.0676	1.29	581
	20	0.0637	1.20	0.0676	1.29	1306
	22	0.0637	1.20	0.0676	1.29	409
Logsig	5	0.0335	0.58	0.0326	0.57	248
	10	0.0102	0.19	0.0108	0.20	614
	15	0.0054	0.09	0.0060	0.11	1039
	20	0.0036	0.06	0.0040	0.07	1363
	22	0.0029	0.06	0.0034	0.06	1410
Tansig	5	0.0335	0.58	0.0326	0.57	256
	10	0.0106	0.19	0.0114	0.21	615
	15	0.0064	0.11	0.0072	0.13	1043
	20	0.0041	0.07	0.0047	0.08	1361
	22	0.0021	0.04	0.0023	0.04	1414
Radbas	5	0.0336	0.58	0.0329	0.58	255
	10	0.0108	0.20	0.0116	0.22	613
	15	0.0083	0.13	0.0097	0.16	1055
	20	0.0054	0.09	0.0067	0.11	1362
	22	0.0039	0.06	0.0048	0.08	1401

จากตารางที่ 5.12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของ MLPNN แบบ 3 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_V ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1) แตกต่างกัน สามารถเพิ่มจำนวน

นิเวรอน H1 ได้สูงสุดเป็น 22 นิเวรอน สังเกตได้ว่าฟังก์ชันแบบเชิงเส้น (Purelin) การเพิ่มจำนวนนิเวรอน H1 ตั้งแต่ 15 นิเวรอนขึ้นไป ไม่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงได้ ฟังก์ชัน ล็อกซิกมอยด์ (Logsig) ฟังก์ชันแทนซิกมอยด์ (Tansig) และฟังก์ชันเรเดียลเบซีส (Radbas) การเพิ่มจำนวนนิเวรอน H1 ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิเวรอน H1

จาก MLPNN แบบ 3 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Tansig จำนวนนิเวรอน H1 เป็น 22 นิเวรอน มีค่า MAE= 0.0023 และ MAPE= 0.04% และ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดเป็นอันดับที่สองคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Logsig จำนวนนิเวรอน H1 เป็น 22 นิเวรอน มีค่า MAE= 0.0034 และ MAPE= 0.06% จึงนำสองฟังก์ชันกระตุ้นนี้ไปฝึกสอน MLPNN แบบ 4 ชั้น

ตารางที่ 5.13 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า PI_v

ฟังก์ชันกระตุ้น		จำนวนนิเวรอน		ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลาการฝึกสอน (วินาที)
				การฝึกสอน		การฝึกสอน		
H1	H2	H1	H2	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Logsig	Logsig	5	5	0.040	0.73	0.0400	0.72	265
		10	10	0.009	0.18	0.0106	0.19	685
		14	14	0.006	0.11	0.0068	0.12	884
Logsig	Tansig	5	5	0.033	0.57	0.0324	0.57	269
		10	10	0.011	0.21	0.0123	0.23	729
		14	14	0.006	0.11	0.0067	0.12	881
Tansig	Logsig	5	5	0.033	0.58	0.0331	0.58	264
		10	10	0.011	0.21	0.0121	0.22	688
		14	14	0.006	0.11	0.0072	0.12	880
Tansig	Tansig	5	5	0.033	0.57	0.0325	0.57	265
		10	10	0.010	0.19	0.0108	0.20	689
		14	14	0.0060	0.10	0.0066	0.11	881

จากตารางที่ 5.13 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้น สำหรับ คำนวณค่า PI_v ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อน (H1 และ H2) แตกต่างกัน สามารถ

เพิ่มจำนวนนิรอรอน H1 และ H2 ได้สูงสุดเป็น 14 นิรอรอน สังเกตได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิรอรอน H1 และ H2 ทุกรูปแบบฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2

จาก MLPNN แบบ 4 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 เป็น Tansig และ Tansig ตามลำดับ จำนวนนิรอรอน H1 และ H2 เป็น 14 และ 14 นิรอรอน ตามลำดับ มีค่า MAE= 0.0066 และ MAPE= 0.11%

จากตารางที่ 5.12 และ ตารางที่ 5.13 โครงข่าย MLPNN ที่ดีที่สุดหรือโครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 56-22-43 ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อน (H1) เป็น Tansig มีค่า MAE= 0.0023 และ MAPE= 0.04%

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Contingency No.	PI_V							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
0	4.6406	-	5.0752	-	4.0726	-	4.3341	-
1	4.5429	4.5439	4.9765	4.9761	3.9697	3.9686	4.2283	4.2291
2	4.0790	4.0782	4.3766	4.3794	3.9392	3.9378	3.8686	3.8684
3	5.9505	5.9530	6.4886	6.4908	5.1266	5.1329	5.2920	5.2933
4	27.4925	27.5467	28.6354	28.6715	25.3126	25.3537	23.0111	23.0164
5	4.4677	4.4772	4.8774	4.8799	4.0072	4.0094	4.2039	4.1973
6	4.8487	4.8528	5.3171	5.3118	4.1226	4.1215	4.5035	4.4995
8	4.4218	4.4240	4.7994	4.8006	3.9992	3.9990	4.1377	4.1375
10	4.4261	4.4282	4.8081	4.8124	3.9924	3.9928	4.1556	4.1596
11	3.9554	3.9562	4.1972	4.1917	3.9993	3.9995	3.8028	3.8032
12	4.6406	4.6412	5.0752	5.0765	4.0726	4.0722	4.3341	4.3347
13	4.5576	4.5645	4.9792	4.9845	4.0094	4.0117	4.2565	4.2586
14	4.5802	4.5823	4.9986	4.9984	4.0621	4.0637	4.2794	4.2799
15	4.5699	4.5588	5.0043	5.0088	3.9881	3.9866	4.2540	4.2582

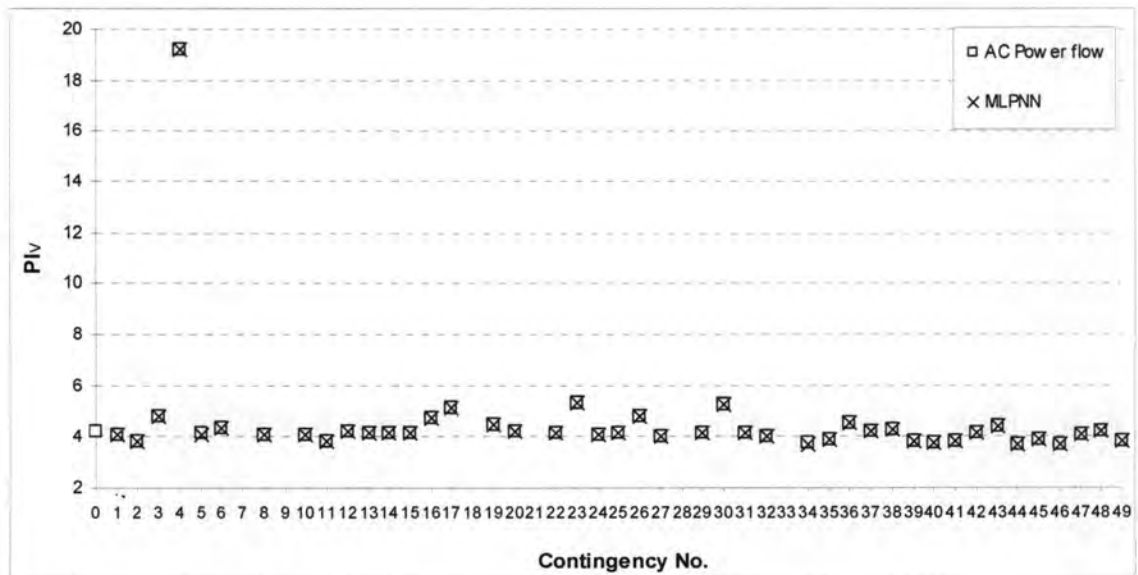
ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Contingency No.	PI_V							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
17	5.7893	5.7899	5.8200	5.8208	5.0866	5.0852	5.2348	5.2354
19	4.7695	4.7688	5.2223	5.2213	4.3170	4.3164	4.5655	4.5671
20	4.5810	4.5843	4.9717	4.9725	4.0837	4.0870	4.3290	4.3304
22	4.5565	4.5558	4.9403	4.9429	4.1142	4.1141	4.2738	4.2746
23	5.6821	5.6823	5.9910	5.9934	5.5390	5.5390	5.4274	5.4278
24	4.2696	4.2705	4.5751	4.5747	4.3364	4.3366	4.0518	4.0522
25	4.5552	4.5555	5.0478	5.0494	3.8619	3.8627	4.2299	4.2300
26	5.1759	5.1745	5.7793	5.7758	4.3057	4.3046	4.8305	4.8319
27	4.4264	4.4295	4.9254	4.9319	3.7103	3.7113	4.1079	4.1089
29	4.5755	4.5762	4.9891	4.9915	4.0407	4.0410	4.2791	4.2798
30	5.6423	5.6449	6.1792	6.1795	5.0536	5.0551	5.3777	5.3807
31	4.5877	4.5887	5.0200	5.0238	4.0166	4.0176	4.2778	4.2794
32	4.4677	4.4664	4.9187	4.9215	3.8967	3.8954	4.1600	4.1615
34	4.2479	4.2495	4.7681	4.7675	3.4853	3.4837	3.9179	3.9181
35	4.4652	4.4637	4.8813	4.8851	3.8138	3.8169	4.0502	4.0539
36	4.8845	4.8849	5.1615	5.1639	4.5113	4.5097	4.6195	4.6207
37	4.6080	4.6087	5.0361	5.0380	4.0569	4.0566	4.3056	4.3062
38	4.7169	4.7176	5.1752	5.1756	4.1112	4.1107	4.3915	4.3910
39	4.0575	4.0583	4.3436	4.3439	3.8614	3.8627	3.8573	3.8586
40	3.8969	3.8967	4.1280	4.1283	3.8272	3.8249	3.7276	3.7281
41	4.1169	4.1187	4.4592	4.4527	3.8620	3.8653	3.8945	3.8937
42	4.5483	4.5480	4.9739	4.9759	4.0070	4.0064	4.2510	4.2516
43	3.9857	3.9903	3.7462	3.7493	5.1253	5.1277	4.1682	4.1705
44	3.9176	3.9186	4.1525	4.1560	3.8113	3.8120	3.7378	3.7388

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Contingency No.	PI_V							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
45	4.2425	4.2438	4.6221	4.6202	3.8375	3.8343	3.9783	3.9777
46	3.8799	3.8794	4.1272	4.1295	3.7948	3.7955	3.7101	3.7115
47	4.4155	4.4170	4.8057	4.8063	3.9521	3.9541	4.1442	4.1447
48	4.6313	4.6317	5.0672	5.0686	4.0611	4.0606	4.3247	4.3254
49	4.0705	4.0689	4.3512	4.3506	3.8967	3.8928	3.8720	3.8724

จากตารางที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN ที่นำเสนอ โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 โดยค่า PI_V ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่า PI_V จะมีค่าแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละกรณี



รูปที่ 5.5 เปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่

จากรูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_V ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN ที่นำเสนอ โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600 ค่า PI_V ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งกรณีคอนดินเจนซีหมายเลขที่ 4 มีค่า PI_V สูงที่สุด สังเกตได้ว่ามีค่า PI_V มากกว่ากรณีที่ระบบไม่ การเกิดคอนดินเจนซีมาก ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องเฝ้าระวังกรณีคอนดินเจนซีนี้เป็นพิเศษ

ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของ การคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
1	4	4	4	4	4	4	4	4
2	3	3	3	3	23	23	23	23
3	17	17	30	30	3	3	30	30
4	23	23	23	23	43	43	3	3
5	30	30	17	17	17	17	17	17
6	16	16	26	26	30	30	16	16
7	26	26	16	16	16	16	26	26
8	36	36	6	6	36	36	36	36
9	6	6	19	19	24	24	19	19
10	19	19	38	38	19	19	6	6
11	38	38	36	36	26	26	38	38
12	12	12	12	12	6	6	12	12
13	48	48	48	48	22	22	20	20
14	37	37	25	25	38	38	48	48
15	31	31	37	37	20	20	37	37
16	20	20	31	31	12	12	14	14
17	14	14	15	15	14	14	29	29
18	29	29	14	14	48	48	31	31
19	15	15	29	29	37	37	22	22

ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบอันดับคอนตินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของ
การคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
21	22	22	1	1	31	31	15	15
22	25	25	42	42	13	13	42	42
23	42	42	20	20	5	5	25	25
24	1	1	22	22	42	42	1	1
25	5	5	27	27	11	11	5	5
26	32	32	32	32	8	8	43	43
27	35	35	35	35	10	10	32	32
28	27	27	5	5	15	15	10	10
29	10	10	10	10	1	1	47	47
30	8	8	47	47	47	47	8	8
31	47	47	8	8	2	2	27	27
32	24	24	34	34	49	32	35	35
33	34	34	45	45	32	49	24	24
34	45	45	24	24	41	41	45	45
35	41	41	41	41	25	25	34	34
36	2	2	2	2	39	39	41	41
37	49	49	49	49	45	45	49	49
38	39	39	39	39	40	40	2	2
39	43	43	11	11	35	35	39	39
40	11	11	44	44	44	44	11	11
41	44	44	40	46	46	46	44	44
42	40	40	46	40	27	27	40	40
43	46	46	43	43	34	34	46	46

จากตารางที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN ที่นำเสนอ โครงข่ายที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 วิธีที่นำเสนอสามารถจัดอันดับคอนดินเจนซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม มีบางคอนดินเจนซีที่อันดับผิดพลาดเล็กน้อย ได้แก่ กรณีโหลดทดสอบที่ 2 คอนดินเจนซีหมายเลขที่ 40 กับ 46 และ กรณีโหลดทดสอบที่ 3 คอนดินเจนซีหมายเลขที่ 49 กับ 32 เนื่องจากทั้งสองคอนดินเจนซีมีค่า PI_V ใกล้เคียงกันมาก ส่วนในกรณีโหลดทดสอบที่ 1 และกรณีโหลดทดสอบที่ 4 สามารถจัดอันดับคอนดินเจนซีได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

และจากตารางที่ 5.15 นี้ก็จะสังเกตได้อีกว่าการเปลี่ยนแปลงของกรณีโหลดจะมีผลต่ออันดับความรุนแรงของคอนดินเจนซี ดังเช่น คอนดินเจนซีหมายเลขที่ 43 ในกรณีโหลดทดสอบที่ 1 คอนดินเจนซีนี้มีความรุนแรงอยู่ในอันดับที่ 39 ซึ่งเป็นคอนดินเจนซีที่ไม่ต้องเฝ้าระวังมากนัก แต่เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงเป็นกรณีโหลดทดสอบที่ 3 คอนดินเจนซีนี้มีความรุนแรงอยู่ในอันดับที่ 4 ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องมีการเฝ้าระวังมากยิ่งขึ้น

จากตารางที่ 5.14 รูปที่ 5.5 และตารางที่ 5.15 คอนดินเจนซีที่ 4 ส่งผลกระทบหรือมีความรุนแรงต่อแรงดันไฟฟ้าระบบมากเป็นอันดับที่ 1 ทั้ง 5 กรณีโหลดทดสอบ ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องเฝ้าระวังกรณีนี้เป็นพิเศษ

ตารางที่ 5.16 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ค่าคำนวณค่า PI_V กรณีโหลดทดสอบ
ช่วงต่างๆ

โหลด (%) ของกรณีโหลดสูงสุด		ความคลาดเคลื่อนการทดสอบ	
ต่ำสุด	สูงสุด	MAE	MAPE
60	100	0.003	0.06
60	101	0.006	0.12
60	102	0.016	0.33
60	103	0.037	0.74
60	104	0.083	1.68
60	105	0.147	2.87
60	106	4.027	3.81
60	107	1902.041	7.70
60	108	1.394	10.16
60	109	29.328	6.86
60	110	10.982	14.87

จากตารางที่ 5.16 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_V ที่โหลดช่วงต่างๆ สังเกตได้ว่าเมื่อช่วงของโหลดกว้างมากถึง 106% ของกรณีโหลดสูงสุด มีค่าเพิ่มขึ้นมากอย่างชัดเจนโดยเฉพาะกรณีที่ช่วงของโหลดกว้างมากถึง 107% ของกรณีโหลดสูงสุดโหลดช่วงนี้อาจจะมีบางกรณีโหลดที่ทำให้ AC Power flow ไม่สามารถคำนวณได้ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ประโยชน์โหลดไม่ควรเกิน 105% ของกรณีโหลดสูงสุด ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมระบบจะนำเอาโครงข่ายไปใช้งานต่อไป

สรุปผล MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_V

-โครงข่าย MLPNN ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบการคำนวณค่า PI_V น้อยที่สุดคือโครงข่ายที่มีโครงสร้าง 56-30-38 ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อน (H1) เป็นฟังก์ชันแทนซิกมอยด์ มีค่า MAE= 0.0023 และ MAPE= 0.04%

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ค่าคำนวณค่า PI_V ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สามารถจัดอันดับคอนตินเจนซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

-โดยส่วนใหญ่กรณีคอนตินเจนซีหมายเลขที่ 4 อันดับคอนตินเจนซีอยู่ในอันดับที่ 1 และมีค่า PI_V สูงกว่า กรณีที่ระบบไม่เกิดการเกิดคอนตินเจนซีมาก ซึ่งผู้ควบคุมระบบต้องเฝ้าระวังหรือหาทางป้องกันและแก้ไขกรณีคอนตินเจนซีนี้นี้เป็นพิเศษ (จากตารางที่ ข.6 และ รูปที่ 5.4 คอนตินเจนซีหมายเลขที่ 4 เป็นสายส่งระหว่าง บัส 31707, ซุมพร กับ บัส 31738, สุราษฎร์ธานี)

-การนำโครงข่ายไปใช้งานกับโหลดนอกช่วงไม่ควรเกิน 105% ของกรณีโหลดสูงสุด

5.2.2 MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ตารางที่ 5.17 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า PI_{MW}

ฟังก์ชัน กระตุ้น	จำนวน นิวรอน	ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
		การฝึกสอน		การทดสอบ		
H1	H1	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Purelin	5	0.0013	0.04	0.0013	0.04	246
	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	617
	15	0.0005	0.01	0.0005	0.01	1048
	20	0.0004	0.01	0.0004	0.01	308
	22	0.0004	0.01	0.0004	0.01	725
Logsig	5	0.0013	0.04	0.0013	0.04	247
	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	617
	15	0.0003	0.01	0.0004	0.01	876
	20	0.0003	0.01	0.0004	0.01	194
	22	0.0002	0.01	0.0003	0.01	135
Tansig	5	0.0013	0.04	0.0013	0.04	247
	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	616
	15	0.0004	0.01	0.0004	0.01	1038
	20	0.0003	0.01	0.0005	0.01	139
	22	0.0003	0.01	0.0004	0.01	203
Radbas	5	0.0016	0.04	0.0017	0.05	248
	10	0.0010	0.03	0.0011	0.03	617
	15	0.0004	0.01	0.0005	0.01	1045
	20	0.0004	0.01	0.0004	0.01	419
	22	0.0003	0.01	0.0006	0.02	175

จากตารางที่ 5.17 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของ MLPNN แบบ 3 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1) แตกต่างกัน สามารถเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 ได้สูงสุดเป็น 22 นิวรอน ในแต่ละฟังก์ชันกระตุ้นให้ค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันมาก

จากโครงข่าย MLPNN แบบ 3 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Logsig จำนวนนิวรอน H1 เป็น 22 นิวรอน มีค่า MAE= 0.0003 และ MAPE= 0.01% และ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดเป็นอันดับที่สองคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Tansig และ Radbas จำนวนนิวรอน H1 เป็น 22 นิวรอน คือมีค่า MAE= 0.0004 และ MAPE= 0.01% เท่ากัน แต่โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 เป็น Tansig ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนน้อยกว่า จึงนำฟังก์ชันกระตุ้น Tansig นี้ไปฝึกสอน MLPNN แบบ 4 ชั้น

ตารางที่ 5.18 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า PI_{mw}

ฟังก์ชัน กระตุ้น		จำนวน นิวรอน		ค่าความคลาดเคลื่อน				เวลา การฝึกสอน (วินาที)
				การฝึกสอน		การฝึกสอน		
H1	H2	H1	H2	MAE	MAPE	MAE	MAPE	
Logsig	Logsig	5	5	0.0014	0.04	0.0014	0.04	270
		10	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	696
		14	14	0.0004	0.01	0.0005	0.01	881
Logsig	Tansig	5	5	0.0014	0.04	0.0014	0.04	270
		10	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	691
		14	14	0.0005	0.01	0.0005	0.01	880
Tansig	Logsig	5	5	0.0014	0.04	0.0014	0.04	199
		10	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	525
		14	14	0.0004	0.01	0.0005	0.01	877
Tansig	Tansig	5	5	0.0016	0.04	0.0017	0.05	197
		10	10	0.0008	0.02	0.0008	0.02	525
		14	14	0.0005	0.01	0.0005	0.01	881

จากตารางที่ 5.18 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้น สำหรับ คำนวณค่า PI_{mw} ที่ฟังก์ชันกระตุ้นและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน (H1 และ H2) แตกต่างกัน สามารถเพิ่มจำนวนนิวรอน H1 และ H2 ได้สูงสุดเป็น 14 นิวรอน สังเกตได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนการฝึกสอนและทดสอบลดลงตามจำนวนการเพิ่มของจำนวนนิวรอน H1 และ H2 ทุกรูปแบบฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 ซึ่งก็เป็นลักษณะเดียวกับโครงข่าย MLPNN แบบ 4 ชั้น สำหรับคำนวณค่า PI_v

จาก MLPNN แบบ 4 ชั้นนี้ โครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบและการฝึกสอนน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 เป็น Logsig และ Logsig ตามลำดับ และ โครงข่ายที่ฟังก์ชันกระตุ้น H1 และ H2 เป็น Tansig และ Logsig ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.17 และ ตารางที่ 5.18 โครงข่าย MLPNN ที่ดีที่สุดหรือโครงข่ายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบน้อยที่สุดคือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 56-22-38 ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อน (H1) เป็น Logsig มีค่า MAE= 0.0003 และ MAPE= 0.01%

ตารางที่ 5.19 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4

Contingency No.	PI_{MW}							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
0	3.5413	-	3.4829	-	3.5733	-	3.5310	-
1	3.5774	3.5772	3.5122	3.5120	3.6049	3.6058	3.5642	3.5639
2	3.6104	3.6107	3.5519	3.5525	3.6433	3.6429	3.6015	3.6012
3	3.5523	3.5525	3.4944	3.4945	3.5832	3.5837	3.5407	3.5414
4	3.7175	3.7178	3.6612	3.6614	3.7459	3.7464	3.6970	3.6969
5	3.5952	3.5954	3.5336	3.5338	3.6251	3.6251	3.5774	3.5779
6	3.6394	3.6396	3.5774	3.5773	3.6744	3.6745	3.6230	3.6236
8	3.5577	3.5577	3.4992	3.4993	3.5909	3.5908	3.5451	3.5449
10	3.6261	3.6259	3.5664	3.5669	3.6556	3.6556	3.6234	3.6242
11	3.7701	3.7700	3.7068	3.7066	3.8216	3.8218	3.7673	3.7675
12	3.5424	3.5428	3.4858	3.4865	3.5742	3.5738	3.5326	3.5322
13	3.5502	3.5503	3.4901	3.4903	3.5774	3.5771	3.5360	3.5360
14	3.6036	3.6037	3.5453	3.5457	3.6312	3.6309	3.5920	3.5922
15	3.5837	3.5838	3.5272	3.5275	3.6155	3.6157	3.5748	3.5746
16	3.5673	3.5674	3.5057	3.5058	3.5940	3.5938	3.5521	3.5521
17	3.7035	3.7039	3.6289	3.6297	3.7089	3.7078	3.6704	3.6710
19	3.5490	3.5491	3.4920	3.4917	3.5817	3.5816	3.5396	3.5396

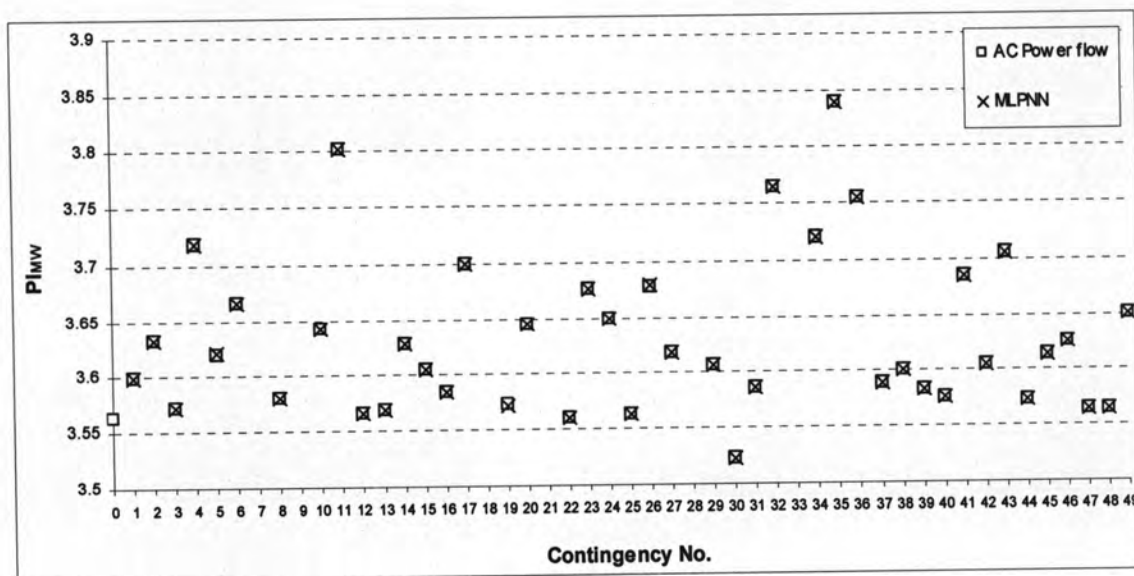
ตารางที่ 5.19 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Contingency No.	PI_{MW}							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
20	3.6229	3.6226	3.5589	3.5583	3.6510	3.6506	3.6148	3.6148
22	3.5378	3.5379	3.4794	3.4796	3.5698	3.5698	3.5275	3.5274
23	3.6547	3.6548	3.5988	3.5989	3.6903	3.6895	3.6442	3.6443
24	3.6227	3.6225	3.5623	3.5623	3.6674	3.6675	3.6098	3.6097
25	3.5408	3.5409	3.4814	3.4815	3.5717	3.5721	3.5294	3.5301
26	3.6553	3.6554	3.6022	3.6026	3.6831	3.6828	3.6445	3.6453
27	3.5949	3.5950	3.5371	3.5378	3.6241	3.6239	3.5845	3.5844
29	3.5844	3.5845	3.5242	3.5247	3.6149	3.6150	3.5732	3.5732
30	3.5002	3.5003	3.4390	3.4391	3.5329	3.5333	3.4893	3.4894
31	3.5633	3.5632	3.5057	3.5059	3.5957	3.5951	3.5529	3.5528
32	3.7391	3.7392	3.6825	3.6824	3.7647	3.7645	3.7290	3.7293
34	3.6960	3.6963	3.6427	3.6429	3.7309	3.7310	3.6915	3.6919
35	3.8191	3.8193	3.7542	3.7543	3.8465	3.8466	3.8019	3.8020
36	3.7278	3.7275	3.6627	3.6625	3.7682	3.7683	3.7198	3.7192
37	3.5665	3.5667	3.5078	3.5080	3.5984	3.5983	3.5560	3.5559
38	3.5783	3.5784	3.5197	3.5197	3.6096	3.6094	3.5674	3.5674
39	3.5600	3.5601	3.5010	3.5011	3.5939	3.5938	3.5503	3.5503
40	3.5526	3.5527	3.4940	3.4941	3.5884	3.5883	3.5444	3.5442
41	3.6602	3.6600	3.5964	3.5961	3.6968	3.6968	3.6531	3.6530
42	3.5817	3.5817	3.5211	3.5211	3.6149	3.6149	3.5723	3.5722
43	3.6786	3.6787	3.6172	3.6172	3.7210	3.7209	3.6729	3.6729
44	3.5516	3.5518	3.4933	3.4935	3.5829	3.5828	3.5415	3.5414
45	3.5905	3.5907	3.5303	3.5304	3.6226	3.6224	3.5790	3.5791
46	3.5997	3.5999	3.5396	3.5399	3.6362	3.6363	3.5910	3.5909

ตารางที่ 5.19 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Contingency No.	PI_{MW}							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
47	3.5418	3.5420	3.4834	3.4836	3.5739	3.5738	3.5315	3.5314
48	3.5425	3.5427	3.4842	3.4844	3.5742	3.5741	3.5321	3.5321
49	3.6272	3.6271	3.5661	3.5660	3.6647	3.6648	3.6196	3.6194

จากตารางที่ 5.19 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN ที่นำเสนอ โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 ค่า PI_{MW} ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่า PI_{MW} จะมีค่าแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดแต่ละกรณี



รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600

จากรูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI_{MW} ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN ที่นำเสนอ โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600 สังเกตได้ว่าค่า PI_{MW} ที่คำนวณได้ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งกรณีคอนดินเจนซีหมายเลขที่ 35 มีค่า PI_{MW} สูงที่สุด

ตารางที่ 5.20 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเงินซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของ การคำนวณค่า PI_{MW} กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 (ต่อ)

Ranking	Contingency No.							
	Load Case No.1		Load Case No.2		Load Case No.3		Load Case No.4	
	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN	ACPF	MLPNN
26	38	38	38	38	38	38	38	38
27	1	1	1	1	1	1	1	1
28	16	16	37	37	37	37	37	37
29	37	37	16	31	31	31	31	31
30	31	31	31	16	16	16	16	16
31	39	39	39	39	39	39	39	39
32	8	8	8	8	8	8	8	8
33	40	40	3	3	40	40	40	40
34	3	3	40	40	3	3	44	3
35	44	44	44	44	44	44	3	44
36	13	13	19	19	19	19	19	19
37	19	19	13	13	13	13	13	13
38	48	12	12	12	12	48	12	12
39	12	48	48	48	48	12	48	48
40	47	47	47	47	47	47	47	47
41	25	25	25	25	25	25	25	25
42	22	22	22	22	22	22	22	22
43	30	30	30	30	30	30	30	30

จากตารางที่ 5.20 แสดงการเปรียบเทียบอันดับคอนดินเงินซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN ที่นำเสนอ โครงข่ายที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 สังเกตได้ว่าวิธีที่ นำเสนอสามารถจัดอันดับคอนดินเงินซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

การเปลี่ยนแปลงของโหลดไม่ได้ส่งผลต่อค่า PI_{MW} และอันดับคอนดินเงินซีมากนัก โดย ส่วนใหญ่แล้วกรณีคอนดินเงินซีหมายเลขที่ 35 มีค่า PI_{MW} สูงที่สุด

ตารางที่ 5.21 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า PI_{MW} กรณีโหลดทดสอบ
ช่วงต่างๆ

โหลด (%) ของกรณีโหลดสูงสุด		ความคลาดเคลื่อนการทดสอบ	
ต่ำสุด	สูงสุด	MAE	MAPE
60	100	0.0003	0.01
60	101	0.0004	0.01
60	102	0.0007	0.02
60	103	0.0014	0.04
60	104	0.0027	0.07
60	105	0.0045	0.12
60	106	0.1373	0.19
60	107	164565.7877	0.14
60	108	0.4265	0.37
60	109	49.5371	0.24
60	110	2.4115	0.57

จากตารางที่ 5.21 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สำหรับคำนวณค่า PI_{MW} ที่โหลดช่วงต่างๆ สังเกตได้ว่าเมื่อช่วงของโหลดกว้างมากถึง 106% ของกรณีโหลดสูงสุด มีค่าเพิ่มขึ้นมากอย่างชัดเจนโดยเฉพาะกรณีที่ช่วงของโหลดกว้างมากถึง 107% ของกรณีโหลดสูงสุดโหลดช่วงนี้อาจจะมีบางกรณีโหลดที่ทำให้ AC Power flow ไม่สามารถคำนวณได้ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการนำไปใช้ประโยชน์โหลดไม่ควรเกิน 105% ของกรณีโหลดสูงสุด ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมระบบจะนำเอาโครงข่ายไปใช้งานต่อไป

สรุปผล MLPNN สำหรับคำนวณค่า PI_{MW}

-โครงข่าย MLPNN ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนการทดสอบการคำนวณค่า PI_{MW} น้อยที่สุด คือ โครงข่ายที่มีโครงสร้าง 56-22-43 ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อน (H1) เป็นฟังก์ชันล็อกซิกมอยด์ มีค่า MAE= 0.0003 และ MAPE= 0.01%

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า PI_{MW} ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

-MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด สามารถจัดอันดับคอนตินนิตี้ได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม

-การเปลี่ยนแปลงของโหลดไม่ได้ส่งผลต่อค่า PI_{MW} และอันดับคอนตินนิตี้มากนัก โดยส่วนใหญ่แล้วกรณีคอนตินนิตี้หมายเลขที่ 35 มีค่า PI_{MW} และอันดับคอนตินนิตี้สูงที่สุด (จาก

ตารางที่ ข.6 และ รูปที่ 5.4 คอนตินเจนซีหมายเลขที่ 35 เป็นหม้อแปลงระหว่าง บัส 31738, สุราษฎร์ธานี กับ บัส 31838, สุราษฎร์ธานี)

-การนำโครงข่ายไปใช้งานกับโหลดนอกช่วงไม่ควรเกิน 105% ของกรณีโหลดสูงสุด เช่นเดียวกับโครงข่าย MLPNN สำหรับคำนวณ PI_v

ตารางที่ 5.22 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวณค่า PI ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN

วิธีการ	เวลาในการคำนวณ (วินาที)
ACPF	2.072
MLPNN	0.0001

จากตารางที่ 5.22 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวณค่า PI โดยวิธีดั้งเดิมกับวิธี MLPNN ที่นำเสนอ ซึ่งจำนวนคอนตินเจนซีที่คำนวณค่า PI จำนวน 43 คอนตินเจนซี เท่ากัน จะเห็นได้ว่าวิธีที่นำเสนอสามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็วมาก ซึ่งใช้เวลาเท่ากับระบบทดสอบ 30 บัสหรือสามารถแสดงผลการคำนวณค่า PI ได้อย่างทันทีทันใดเช่นเดียวกัน

สรุปผลระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส

ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส โครงข่ายที่ได้รับที่ดีที่สุดสามารถคำนวณดัชนีสมรรถนะได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม และสามารถจัดอันดับคอนตินเจนซีได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิมเช่นกัน การใช้ MLPNN แบบ 3 ชั้น และใช้ฟังก์ชันกระตุ้นในชั้นซ่อนเป็น ฟังก์ชันล็อกซิกมอยด์ (Logsig) หรือ ฟังก์ชันแทนซิกมอยด์ (Tansig) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบทดสอบนี้ วิธีที่นำเสนอให้โครงข่าย MLPNN แบบโครงสร้างเดียวสำหรับคำนวณค่า PI สามารถเพิ่มจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนสูงสุดได้ 22 นิวรอน ก็เพียงพอที่จะคำนวณค่า PI ได้ใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม ส่วนความเร็วในการคำนวณโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนแล้วสามารถคำนวณค่า PI ได้รวดเร็วมมาก ถึงแม้ว่าระบบทดสอบจะใหญ่ขึ้นก็ตาม