

บทที่ 6

การทดสอบและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้เป็นการทดสอบการประมาณค่าตัวแปรสถานะ การเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดด้วยวิธีที่นำเสนอ และรวมไปถึงการเลือกชุดการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดที่เหมาะสมอีกด้วย นอกจากนี้แล้วยังได้มีการทดสอบเปรียบเทียบผลจากการกำหนดข้อจำกัดในการประมาณค่าตัวแปรสถานะเพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ในแต่ละขั้นตอนของการคำนวณอีกด้วย โดยในส่วนของ การทดสอบเราจะแสดงผลการทดสอบการเลือกรูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดด้วยวิธีที่นำเสนอ จากนั้นจะนำผลของรูปแบบการเลือกตำแหน่งเครื่องมือวัดไปใช้เป็นรูปแบบการวางตำแหน่งหลักในการประมาณค่าตัวแปรสถานะต่อไป

การทดสอบในบทนี้ จะใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วย MATLAB ร่วมกับเครื่องมือการคำนวณปัญหาซีดสุดที่เป็นฟังก์ชันหนึ่งในโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะด้วยวิธีที่นำเสนอ

6.1 การทดสอบการเลือกรูปแบบการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดด้วยวิธีที่นำเสนอ

ในการทดสอบนี้เราจะทำการทดสอบหารูปแบบการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดโดยในการทดสอบเราจะทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 4 บัส, ระบบทดสอบ 9 บัส, ระบบทดสอบ 14 บัส และ ระบบทดสอบ 30 บัส โดยผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 6.1 และลักษณะการติดตั้งตำแหน่งเครื่องมือวัดด้วยวิธีที่นำเสนอได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 6.1 ผลการคำนวณเลือกรูปแบบการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดด้วยวิธีที่นำเสนอ

ระบบทดสอบ	รูปแบบการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดด้วยวิธีที่นำเสนอ	จำนวนเครื่องมือวัด	%จำนวนเครื่องมือวัดต่อจำนวนบัสทั้งหมด	จำนวนตำแหน่งโครงสร้างของระบบ
4 บัส	2, 3, 4	3	75.00	0
9 บัส	1, 5, 7, 9	4	44.44	3
14 บัส	1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 14	9	64.29	2
30 บัส	1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 15, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29	17	56.67	6

จากตารางที่ 6.1 จะพบว่าทางเลือกรูปแบบการวางตำแหน่งด้วยวิธีที่นำเสนอ นั้น ให้ผลการคำนวณแตกต่างกันในแง่ของอัตราส่วนระหว่างเครื่องมือวัดต่อจำนวนบัลทั้งหมดในระบบที่เราพิจารณา โดยในจำนวนเครื่องมือวัดนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนตำแหน่งโครงสร้างของระบบ และการเชื่อมต่อของระบบที่เราพิจารณาอีกด้วย และรูปแบบการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดที่นำเสนอเป็นเพียงการวางตำแหน่งเบื้องต้นเพื่อให้สามารถนำไปประมาณค่าตัวแปรสถานะได้ ผลจากการประมาณค่าจากรูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ได้จากการคำนวณในเบื้องต้นนี้ยังไม่ได้รับประกันความแม่นยำของผลการประมาณค่าตัวแปรสถานะดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.3

6.2 การทดสอบการประมาณค่าตัวแปรสถานะด้วยวิธีที่นำเสนอ

ในหัวข้อนี้เราจะทำการประมาณค่าตัวแปรสถานะด้วยวิธีที่นำเสนอโดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนของการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลจากการเพิ่มข้อจำกัดในการประมาณค่า และส่วนของการทดสอบด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยวิธีที่นำเสนอ โดยในส่วนของการทดสอบด้วยวิธีการประมาณค่าที่นำเสนอนั้นเราจะทำการทดสอบกับรูปแบบการวางตำแหน่งด้วยวิธีที่นำเสนอ และรวมไปถึงการติดตั้งเครื่องมือวัดเพิ่มเติมจากรูปแบบการวางตำแหน่งเดิมเพื่อให้เห็นผลและการเปลี่ยนแปลงของการประมาณค่า

6.2.1 การทดสอบการประมาณค่าด้วยวิธีที่นำเสนอ

ในการทดสอบการประมาณค่าด้วยวิธีที่นำเสนอนี้ เราจะทำการทดสอบการประมาณค่าด้วยวิธีที่นำเสนอทั้งแบบไม่มีข้อจำกัดและภายใต้ข้อจำกัด อันประกอบไปด้วยข้อมูลของการรับ-ส่งกำลังจริงที่แต่ละบัล ข้อมูลการรับกำลังรีแอกทีฟที่ตำแหน่งโหลดบัล และข้อมูลขนาดของแรงดันที่บัลดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.3.2 เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการประมาณค่าตัวแปรสถานะ โดยในการทดสอบนี้เราจะทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 4 , 9 , 14 และ 30 บัลโดยใช้รูปแบบการวางตำแหน่งเครื่องมือวัดดังตารางที่ 6.1 ผลการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง ในตารางที่ ง.1 - ง.8

ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของขนาดแรงดันและมุมของแรงดันได้ และค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่ฉีดเข้าสู่ระบบได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2 ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของขนาดแรงดันและมุมของแรงดัน

ระบบทดสอบ	ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน			
	การคำนวณแบบไม่มีข้อจำกัด		การคำนวณภายใต้ข้อจำกัด	
	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)
4 บัส	0.0153	0.3069	0.0089	0.1822
9 บัส	0.0000	0.0027	0.0000	0.0010
14 บัส	0.0001	0.0539	0.0001	0.0543
30 บัส	0.0048	4.5069	0.0040	3.0830

ตารางที่ 6.3 ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่ฉีดเข้าสู่ระบบ

ระบบทดสอบ	ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน			
	การคำนวณแบบไม่มีข้อจำกัด		การคำนวณภายใต้ข้อจำกัด	
	กำลังจริง (MW)	กำลังรีแอกทีฟ (MVAR)	กำลังจริง (MW)	กำลังรีแอกทีฟ (MVAR)
4 บัส	0.0602	16.0228	0.0752	9.3103
9 บัส	0.0330	0.0067	0.0094	0.0000
14 บัส	0.3172	0.0881	0.3090	0.0821
30 บัส	49.3853	24.0075	17.4197	1.3898

จากตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3 จะพบว่าการคำนวณการประมาณค่าตัวแปรสถานะด้วยวิธีที่นำเสนอภายใต้ข้อจำกัดนั้นให้ผลโดยรวมที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าการประมาณค่าโดยไม่มีข้อจำกัด นอกจากนี้แล้วหากเราพิจารณาเพิ่มเติมจากผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่คำนวณจากตัวแปรสถานะที่ประมาณค่าของระบบทดสอบ 30 บัสดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.8 เราจะพบว่าผลจากการประมาณค่าแบบไม่มีข้อจำกัดนั้นทำให้เกิดค่าของการรับ-ส่งกำลังจริงที่ไม่เหมาะสมในตำแหน่งบัสที่ 16 และ 18 กล่าวคือค่ากำลังจริงที่ตำแหน่งโหนดบัสควรมีค่าลบเนื่องจากเป็นตำแหน่งที่รับกำลังไฟฟ้าจริงจากระบบ แต่ผลจากการคำนวณโดยไม่มีข้อจำกัด

พบว่าค่ากำลังจริงที่ฉีดเข้าที่ตำแหน่งดังกล่าวมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นถึงผลจากการประมาณค่าแบบไม่มีข้อจำกัดนั้นอาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่เหมาะสมได้

6.2.2 การทดสอบการประมาณค่าด้วยวิธีที่นำเสนอกับความเพียงพอของจำนวนข้อมูล

ในหัวข้อนี้เราจะทำการทดสอบผลจากการประมาณค่าตัวแปรสถานะเมื่อจำนวนข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนตัวแปรสถานะ ($N_m < N_r$) โดยเราจะทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 14 บัสและติดตั้งเครื่องมือวัดที่ตำแหน่งบัสที่ 1, 3, 4, 5, 6, 9, 12 และ 14

อย่างไรก็ดีข้อมูลบางส่วนที่ได้รับจากเครื่องมือวัดดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.1.1 ไม่อาจนำมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะได้ กล่าวคือในตำแหน่งที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่นั้นข้อมูลของแรงดันจะไม่ถูกนำมาพิจารณาเนื่องจากเราทราบค่าขนาดของแรงดันตำแหน่งที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่แล้ว และสำหรับข้อมูลโหลดกำลังรีแอกทีฟนั้นก็ไม่สามารถนำมาพิจารณาได้เนื่องจากเราไม่ทราบข้อมูลในส่วนของกำลังรีแอกทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตขึ้นมาได้จึงไม่สามารถคำนวณค่ากำลังรีแอกทีฟที่ฉีดเข้าสู่ระบบในตำแหน่งบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ได้ ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่สามารถใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะจากรูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดจะสามารถคำนวณได้จาก

$$N_m = (3 \times N_{m,LOAD}) + N_{m,GEN} \quad (6.1)$$

โดยที่ $N_{m,LOAD}$ คือ จำนวนการติดตั้งเครื่องมือวัดที่โหลดบัส

$N_{m,GEN}$ คือ จำนวนการติดตั้งเครื่องมือวัดที่บัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่

ดังนั้นในการทดสอบนี้เราจะมีจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะเท่ากับ $N_m = (3 \times 5) + 3 = 18$ ข้อมูลรวมกับข้อมูลจากโครงสร้างของระบบ (บัสต่อเชื่อมที่บัสที่ 7 และบัสที่มีเพียง SVC ต่ออยู่ในบัสที่ 8) อีก 3 ข้อมูล รวมเป็น 21 ข้อมูล แต่เมื่อพิจารณาจำนวนตัวแปรสถานะที่นำมาทำการประมาณค่าจะพบว่ามีความเท่ากับ 22 ข้อมูล ผลการทดสอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบการประมาณค่าตัวแปรสถานะเมื่อจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ

บัส	การคำนวณภายใต้ข้อจำกัด		การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า		ค่าความคลาดเคลื่อน	
	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)
1	1.0600	0.0000	1.0600	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.0450	-0.5845	1.0450	-0.5827	0.0000	0.0018
3	1.0100	-1.3590	1.0100	-1.3766	0.0000	0.0176
4	1.0327	-3.6369	1.0325	-3.6692	0.0002	0.0323
5	1.0412	-3.0224	1.0412	-3.0284	0.0000	0.0060
6	1.0700	-4.5274	1.0700	-4.4071	0.0000	0.1203
7	1.0549	-5.7213	1.0548	-5.8688	0.0001	0.1475
8	1.0900	-5.7213	1.0900	-5.8688	0.0000	0.1475
9	1.0454	-6.8286	1.0454	-7.0371	0.0000	0.2085
10	1.0421	-6.5197	1.0418	-6.8572	0.0003	0.3375
11	1.0513	-5.8663	1.0516	-5.7684	0.0003	0.0979
12	1.0545	-5.5545	1.0545	-5.3991	0.0000	0.1554
13	1.0478	-5.7924	1.0481	-5.6028	0.0003	0.1896
14	1.0273	-7.3675	1.0274	-7.4022	0.0001	0.0347

ตารางที่ 6.5 ความคลาดเคลื่อนของค่าตัวแปรสถานะจากการประมาณค่า

ระบบทดสอบ	ความคลาดเคลื่อน RMS ขนาดของแรงดัน(p.u.)	ความคลาดเคลื่อน RMS มุมแรงดัน (องศา)
14 บัส	0.0002	0.1433

จากตารางที่ 6.4 และตารางที่ 6.5 จะพบว่าวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะที่นำเสนอ
นั้นยังสามารถใช้ได้ แม้ว่าจะมีจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอกับจำนวนตัวแปรสถานะที่จะทำการ
ประมาณค่า นั่นคือวิธีการประมาณค่าที่นำเสนอ นั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้กับกรณีที่เราไม่
วัดจำนวนจำกัดจนอาจมีข้อมูลไม่เพียงพอได้

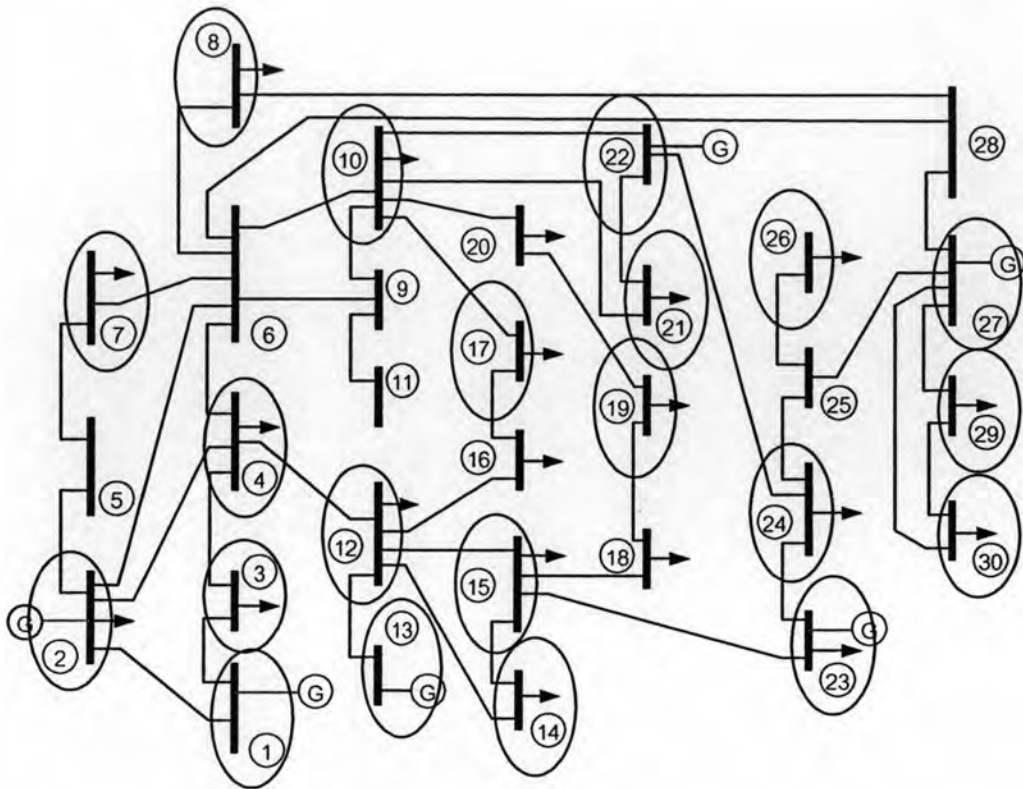
6.2.3 การทดสอบวิธีการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดเพิ่มเติม

ในหัวข้อนี้เราจะทำการทดสอบวิธีการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดเพิ่มเติมโดยกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.3 โดยในการทดสอบนี้เราจะทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 30 บัสเท่านั้น เนื่องจากเมื่อพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าในตารางที่ 6.3 โดยในการทดลองเราจะทำการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของแรงดันเท่ากับ 0.001 p.u. และค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของมุมของแรงดันเท่ากับ 0.1 องศา โดยในการทดลองจะกำหนดรูปแบบโหนดที่ใช้ให้มีจำนวน 20 รูปแบบโหนด ผลการทดสอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดเพิ่มเติม

ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือวัดเพิ่ม	$ dV _{RMS}$ (p.u.)	$ d\delta _{RMS}$ (องศา)	rms dPi (MW)	rms dQi (MVAR)
รูปแบบเบืองตัน	0.00162	2.85701	11.21489	1.41540
3	0.00183	0.51041	4.02455	0.53935
13	0.00037	0.39292	1.17623	0.59358
14	0.00014	0.35639	0.83173	0.44857
30	0.00003	0.04936	0.40435	0.16590

จากตารางที่ 6.6 จะพบว่าเมื่อเราทำการเพิ่มการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ตำแหน่งบัสที่ 3 แค่นี้เพียงตำแหน่งเดียวค่าความคลาดเคลื่อนของมุมของแรงดันก็จะมีค่าน้อยกว่า 1 องศาเมื่อพิจารณากับชุดรูปแบบโหนดทั้ง 20 รูปแบบที่เราได้ทำการสุ่มขึ้นมาและหากเราต้องการให้ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมของแรงดันมีค่าน้อยกว่า 0.1 องศา เราจำเป็นต้องเพิ่มตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดทั้งหมด 4 ตำแหน่งนั่นคือ ตำแหน่งที่ 3 , 13 , 14 และ 30 ดังนั้นรูปแบบในการติดตั้งเครื่องมือวัดที่เหมาะสมสำหรับระบบทดสอบ 30 บัส คือการติดตั้งที่ตำแหน่ง 1 , 2 , 3 , 4 , 7 , 8 , 10 , 12 , 13 , 14 , 15 , 17 , 19 , 21 , 22 , 23 , 24 , 26 , 27 , 29 และ 30 และรูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 รูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดที่เหมาะสมของระบบทดสอบ 30 บัส

จากรูปที่ 6.1 จะพบว่าเพื่อให้ราคาที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เราต้องการนั้น จะต้องมีการติดตั้งเครื่องมือวัดเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกัน

6.2.4 การทดสอบการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาด

ในหัวข้อนี้เราจะทำการทดสอบการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 โดยเราจะทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 14 บัส โดยเราจะกำหนดเหตุการณ์ที่แตกต่างกันเพื่อให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้วิธีที่นำเสนอกับการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดในแบบต่างๆได้

ในการทดสอบทั้งหมดเราจะให้ค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดทั้งหมดเป็น 1% ของค่าฐาน เช่น กำลังไฟฟ้าที่จะผิดพลาดไปได้มีค่าสูงสุดเท่ากับ $\frac{1}{100} \times 100\text{MW} = 1\text{ MW}$ และนอกจากนี้แล้ว เราจะกำหนดให้มีการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ทุกๆจุดในระบบเนื่องจากโดยปกติแล้วการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดนั้นจะใช้กับการคำนวณที่มีข้อมูลมากกว่าจำนวนตัวแปรสถานะดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 รายละเอียดและผลการทดสอบเป็นดังนี้

6.2.4.1 การตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดแบบกลับทิศ

ข้อมูลที่ผิดพลาดในหัวข้อนี้เราจะจำลองเหตุการณ์เมื่อมีการติดตั้งเครื่องมือวัดกระแสภายในเครื่องวัดที่บัสที่ 14 ผิดพลาด ผลคือทำให้ค่ากระแสที่อ่านมาได้จากเครื่องมือวัดกลับทิศซึ่งจะส่งผลให้ค่ากำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่ได้จากเครื่องมือวัดกลับทิศด้วย ในขั้นตอนแรกเราจะทำการประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลทั้งหมดจากเครื่องมือวัด เพื่อจะได้นำค่าตัวแปรสถานะไปทดสอบ โคสแควร์ในขั้นต่อไป

ผลการประมาณค่าตัวแปรสถานะก่อนที่จะมีการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดมีค่าดังตารางที่ 6.7 จากนั้นเราจะนำค่าตัวแปรสถานะดังกล่าวไปทำการคำนวณเพื่อตรวจจับว่าข้อมูลจากเครื่องวัดนั้นมีข้อมูลที่ผิดพลาดหรือไม่ โดยในการตรวจสอบเราจะกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และมีสมารถคำนวณค่าองศาเสรีได้ดังนี้

$$\begin{aligned} K &= N_m - \{(2 \times N_{bus}) - N_g - 1\} \\ &= (32 + 3) - \{(2 \times 14) - 5 - 1\} \\ &= 13 \end{aligned} \quad (6.2)$$

จากนั้นเปรียบเทียบค่า $J(x)$ กับค่าของ $\chi_{K,\alpha}$ ผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 6.8 และเนื่องจาก $J(x) > \chi_{K,\alpha}$ นั้นหมายถึงข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่ามีข้อมูลที่ผิดพลาดรวมอยู่ด้วย ดังนั้นเราจึงทำการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดด้วยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบปกติ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก (5.5) กับค่าการกระจายแบบ Z เมื่อกำหนดค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ซึ่งจะให้ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ว่าไม่มีการผิดพลาดเท่ากับ 1.6449 ผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแบบปกติเป็นดังตารางที่ 6.9 โดยคอลัมน์ประเภทข้อมูลในตารางหมายถึงข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลใดในเครื่องมือวัดนั้นๆ โดยในตารางที่ 6.9 นั้นได้แสดงข้อมูล 5 อันดับแรกที่มีค่าความคลาดเคลื่อนปกติสูงที่สุด

และจากผลการทดสอบก็พบว่าตำแหน่งบัสที่ 14 ในส่วนข้อมูลของค่าโหลดกำลังจริง โหลดกำลังรีแอกทีฟ และขนาดแรงดันเป็นส่วนที่มีแนวโน้มที่จะเป็นข้อมูลที่ผิดพลาดสูงที่สุด และยังมีค่าเกินกว่าค่าสูงสุดที่เรายอมรับได้เมื่อพิจารณาด้วยการกระจายแบบ Z แม้ว่าค่าขนาดของแรงดันนั้นจะไม่ได้มีข้อผิดพลาดแต่ได้ถูกตรวจจับว่ามีข้อผิดพลาดก็ตาม แต่ในการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดที่สมบูรณ์นั้นจะมีกระบวนการตรวจสอบต่อเนื่องไปอีกเพื่อตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดที่แท้จริงได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผลการทดสอบพบว่าเรายังสามารถประยุกต์ใช้การตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดกับวิธีที่นำเสนอได้

ตารางที่ 6.7 ผลการประมาณค่าตัวแปรสถานะในการทดสอบการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดแบบกลับทิศ

บัล	ผลการคำนวณด้วยวิธีที่นำเสนอ	
	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)
1	1.0600	0.0000
2	1.0450	-0.5702
3	1.0100	-1.3808
4	1.0336	-3.5896
5	1.0420	-2.9463
6	1.0700	-4.0055
7	1.0570	-5.6098
8	1.0900	-5.7154
9	1.0496	-6.5428
10	1.0446	-6.4436
11	1.0525	-5.4206
12	1.0556	-4.9572
13	1.0531	-5.0349
14	1.0510	-5.8837

ตารางที่ 6.8 การตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดด้วยวิธีไคสแควร์

$J(x)$	$\chi_{k,\alpha}$	ผลการตรวจสอบ
277.3673	22.3620	$J(x) > \chi_{k,\alpha}$

ตารางที่ 6.9 ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนแบบปกติมาตรฐาน

อันดับที่	ตำแหน่งบัล	ความคลาดเคลื่อนปกติ	ประเภทข้อมูล
1	14	14.8865	กำลังจริง
2	14	5.595	กำลังรีแอกทีฟ
3	14	2.3659	ขนาดแรงดัน
4	10	1.2373	กำลังจริง
5	9	1.2371	กำลังจริง

6.2.4.2 การตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดแบบคลาดเคลื่อน

ข้อมูลที่ผิดพลาดในหัวข้อนี้เราจะจำลองเหตุการณ์เมื่อมีการติดตั้งเครื่องมือวัดกระแสภายในเครื่องวัดผิดพลาด ผลคือทำให้ค่ากระแสที่อ่านมาได้จากเครื่องมือวัดที่ตำแหน่งบัลที่ 3 มีขนาดมากกว่าค่าจริง โดยจะกำหนดให้ค่ากระแสที่วัดได้มีขนาดมากกว่าค่าจริง 5 เท่าเนื่องจากการเลือกใช้ CT Ratio ผิดพลาด ซึ่งจะส่งผลให้ค่ากำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟที่ได้จากเครื่องมือวัดมีขนาดมากขึ้น 5 เท่าเช่นเดียวกัน ในขั้นตอนแรกเราจะทำการประมาณค่าโดยการใช้ข้อมูลทั้งหมดจากเครื่องมือวัด เพื่อจะได้นำค่าตัวแปรสถานะไปทดสอบไคสแควร์ในขั้นต่อไป

ผลการคำนวณตัวแปรสถานะ และผลการทดสอบไคสแควร์เป็นดังตารางที่ 6.10 โดยเราจะเลือกใช้ค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และค่าองศาเสรีเท่ากับ 13 ดัง (6.2) ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 6.11 จะพบว่าค่า $J(x)$ มีค่ามากกว่า $\chi_{\alpha, n}$ ซึ่งเราจะถือว่าการประมาณค่านั้นมีข้อมูลผิดพลาดรวมอยู่ด้วย ดังนั้นเราจึงทำการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนแบบปกติ โดยเปรียบเทียบกับการกระจายแบบ Z ที่กำหนดค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ซึ่งจะได้ค่าสูงสุดของค่าความคลาดเคลื่อนปกติที่เรายอมรับได้เท่ากับ 1.6449 และผลการคำนวณเป็นดังตารางที่ 6.12 โดยในตารางจะแสดงความคลาดเคลื่อนปกติสูงสุด 5 อันดับแรกที่ได้จากการคำนวณเพียงเท่านั้น

จากตารางที่ 6.12 ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนปกติ 5 อันดับแรกจะพบว่าข้อมูลที่มีแนวโน้มที่จะเป็นข้อมูลที่ผิดพลาดมากที่สุดคือ ข้อมูลของโหลดกำลังจริงที่บัลที่ 3 และยังเป็นข้อมูลความคลาดเคลื่อนปกติที่มีค่ามากกว่าค่าสูงสุดที่เรายอมรับได้อีกด้วย ซึ่งผลการคำนวณนั้นถูกต้องตามการจำลองเหตุการณ์ที่เราได้กำหนดไว้

ตารางที่ 6.10 ผลการประมาณค่าตัวแปรสถานะในการทดสอบการตรวจจับข้อมูลที่เกิดพลาดแบบ
คลาดเคลื่อน

บัส	ผลการคำนวณด้วยวิธีที่นำเสนอ	
	ขนาดแรงดัน (p.u.)	มุมแรงดัน (องศา)
1	1.0600	0.0000
2	1.0450	-0.6113
3	1.0100	-1.7047
4	1.0333	-3.6524
5	1.0418	-2.9861
6	1.0700	-4.1543
7	1.0552	-5.6757
8	1.0900	-5.6362
9	1.0457	-6.8023
10	1.0422	-6.5940
11	1.0520	-5.4878
12	1.0550	-5.0978
13	1.0485	-5.3117
14	1.0280	-7.1039

ตารางที่ 6.11 การตรวจจับข้อมูลที่เกิดพลาดด้วยวิธีไคสแควร์

$J(x)$	$\chi_{k,\alpha}$	ผลการตรวจสอบ
37215.9878	22.3620	$J(x) > \chi_{k,\alpha}$

ตารางที่ 6.12 ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนแบบปกติมาตรฐาน

อันดับที่	ตำแหน่งบัล	ความคลาดเคลื่อนปกติ	ประเภทข้อมูล
1	3	192.9075	กำลังจริง
2	14	0.4574	กำลังจริง
3	9	0.4549	กำลังจริง
4	4	0.4544	กำลังจริง
5	10	0.4543	กำลังจริง

จากการทดสอบการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดนั้นเราพบว่าผลจากการประมาณค่าตัวแปรสถานะด้วยวิธีที่นำเสนอ นั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดที่ได้นำเสนอนั้นเป็นเพียงการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดเบื้องต้นเพื่อให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้และความเข้ากันได้ของวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะที่นำเสนอกับการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาด หากเราต้องการความแม่นยำในการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดสูงกว่านี้เราจำเป็นต้องมีการพัฒนาการตรวจสอบข้อมูลยิ่งขึ้นไป