

บทที่ 4

การทดสอบและการวิเคราะห์ผล

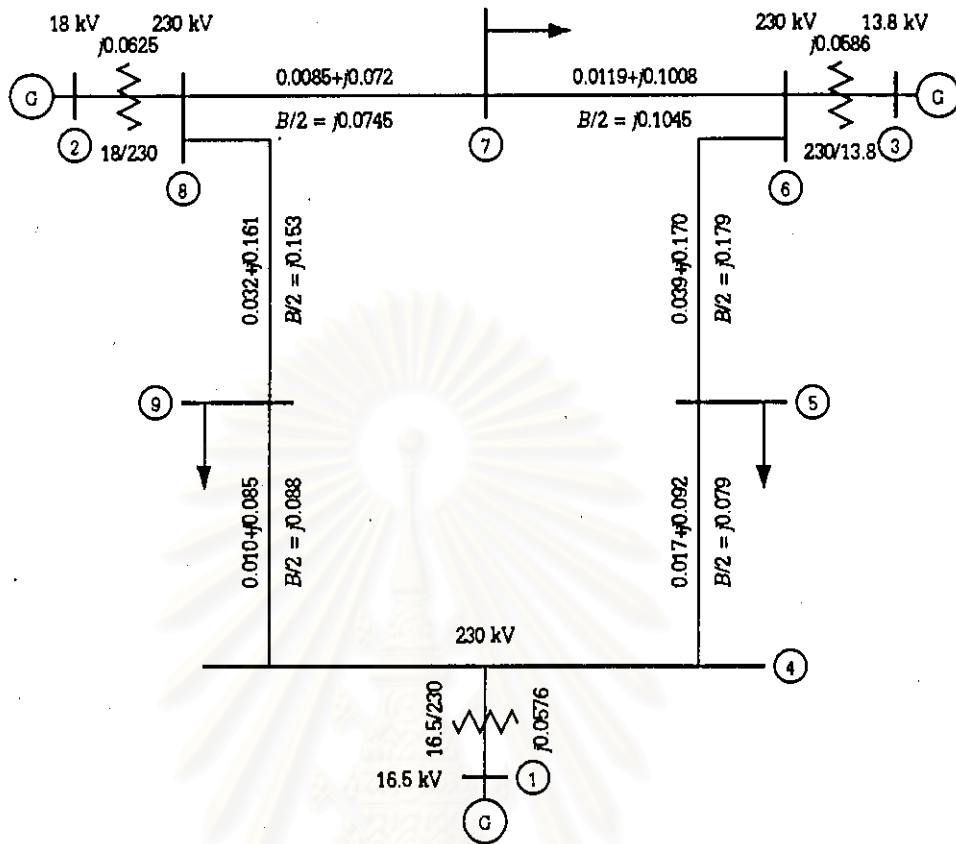
ในบทนี้เป็นการทดสอบผลการแบ่งแยกโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบสมมูลที่สร้างจากสมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI ตามเนื้อหาในบทที่ 3 และ 4 โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วย MATLAB 5 ในบทนี้มี 3 การทดสอบ การทดสอบแรกเป็นการทดสอบการแบ่งแยกระบบทดสอบ 9 บัสเป็น 2 กลุ่ม การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบการแบ่งแยกระบบทดสอบ IEEE 30 บัสเป็น 3 กลุ่มและสร้างระบบสมมูล ส่วนการทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบการแบ่งแยกระบบทดสอบ IEEE 118 บัสเป็น 4, 5 และ 6 กลุ่ม และสร้างระบบสมมูล ในการทดสอบระบบสมมูลจะใช้การวิเคราะห์โหนดโพลาร์กับเหตุการณ์ที่สมมติขึ้นเปรียบเทียบกับระบบเต็ม โปรแกรมวิเคราะห์โหนดโพลาร์ที่ใช้คือโปรแกรม MATPOWER 2 ซึ่งพัฒนาโดย Power System Engineering Research Center (PSERC) ในโปรแกรม MATPOWER 2 จะไม่คิดการเปลี่ยนอัตราส่วนหม้อแปลงและไม่คิดขีดจำกัดใด ๆ ในระบบ

4.1 การทดสอบระบบทดสอบ 9 บัส

ในหัวข้อนี้ จะทำการทดสอบการแบ่งแยกระบบ 9 บัสดังรูปที่ 4.1 ให้เป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6 และใช้กลุ่มเริ่มต้นที่ต่างกัน 2 แบบตามค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการหากลุ่มเริ่มต้นตามสมการ (2.11) การทดสอบนี้จะแสดงให้เห็นรายละเอียดของขั้นตอนที่ใช้ในการจัดกลุ่มตามรูปที่ 2.6 และแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.11) เพื่อหากลุ่มเริ่มต้น นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นความคลาดเคลื่อนในการใช้การย้ายบัสที่ละบัสเพื่อปรับปรุงผลการจัดกลุ่มด้วย

เนื่องจากจำนวนบัสในระบบเท่ากับ 9 และจำนวนกิ่งเท่ากับ 9 ดังนั้นจะคำนวณจำนวนพิกัดที่เหมาะสมตามสมการ (2.7) ได้ดังนี้

$$q = \text{floor}(2b/n) = \text{floor}(2 \times 9/9) = 2$$



รูปที่ 4.1 ระบบทดสอบ 9 บัส

จากเมทริกซ์ของแอดมิตแทนซ์ $Y_{bus} \approx -jB_{bus}$ ที่สร้างโดยละเลยความต้านทานของกึ่ง และไม่รวมตัวต่อขนานทุกชนิดจะได้เมทริกซ์แสดงความไวทางไฟฟ้าระหว่างบัสในโครงข่าย $B = -B_{bus}$ ดังนี้

$$B = \begin{bmatrix} 17.3611 & 0 & 0 & -17.3611 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -16.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 17.0648 & 0 & 0 & -17.0648 & 0 & 0 & 0 \\ -17.3611 & 0 & 0 & 39.9954 & -10.8696 & 0 & 0 & 0 & -11.7647 \\ 0 & 0 & 0 & -10.8696 & 16.7519 & -5.8824 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -17.0648 & 0 & -5.8824 & 32.8678 & -9.9206 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -9.9206 & 23.8095 & -13.8889 & 0 \\ 0 & -16.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & -13.8889 & 36.1001 & -6.2112 \\ 0 & 0 & 0 & -11.7647 & 0 & 0 & 0 & -6.2112 & 17.9759 \end{bmatrix}$$

คำนวณค่าเฉพาะที่น้อยที่สุด 2 ตัวแรกที่ไม่เป็นศูนย์ของเมทริกซ์ B และเวกเตอร์เฉพาะขนาดหนึ่งหน่วยที่สอดคล้องกันได้ดังนี้

$$\lambda_2 = 4.0901, \mathbf{v}_2 = [0.5410 \quad -0.3379 \quad -0.3128 \quad 0.4135 \quad 0.2445 \quad -0.2378 \quad -0.2968 \quad -0.2515 \quad 0.2379]^T$$

$\lambda_3 = 5.7009$, $\mathbf{v}_3 = [-0.0188 \ -0.5467 \ 0.5880 \ -0.0126 \ 0.1960 \ 0.3916 \ -0.0554 \ -0.3519 \ -0.1902]^T$
 และได้เมทริกซ์ของเวกเตอร์แสดงพิกัดเป็น

$$\mathbf{X} = [\mathbf{x}_1 \ \mathbf{x}_2] = [\mathbf{v}_2 \ \mathbf{v}_3] = \begin{bmatrix} 0.5410 & -0.0188 \\ -0.3379 & -0.5467 \\ -0.3128 & 0.5880 \\ 0.4135 & -0.0126 \\ 0.2445 & 0.1960 \\ -0.2378 & 0.3916 \\ -0.2968 & -0.0554 \\ -0.2515 & -0.3519 \\ 0.2379 & -0.1902 \end{bmatrix}$$

ได้เมทริกซ์ของเวกเตอร์แสดงตำแหน่งเป็น

$$\mathbf{Z} = [\mathbf{z}_1 \ \mathbf{z}_2 \ \mathbf{z}_3 \ \mathbf{z}_4 \ \mathbf{z}_5 \ \mathbf{z}_6 \ \mathbf{z}_7 \ \mathbf{z}_8 \ \mathbf{z}_9] = \mathbf{X}^T = \begin{bmatrix} 0.5410 & -0.3379 & -0.3128 & 0.4135 & 0.2445 & -0.2378 & -0.2968 & -0.2515 & 0.2379 \\ -0.0188 & -0.5467 & 0.5880 & -0.0126 & 0.1960 & 0.3916 & -0.0554 & -0.3519 & -0.1902 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นจะได้ผลการวางตำแหน่งดังรูปที่ 4.2

จากนั้นจะทดสอบการจัดกลุ่มตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6 โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักพิกัดตามสมการ (2.11) ที่ต่างกัน 2 กรณีในการหากลุ่มเริ่มต้น ในกรณีแรกใช้ $w_1 = w_2 = 1$ และกรณีที่ 2 ใช้ $w_1 = 2$, $w_2 = 1$

กรณีที่ 1 ใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก $w_1 = w_2 = 1$

คำนวณค่า S_i ตามสมการ (2.11) ได้ผลดังนี้

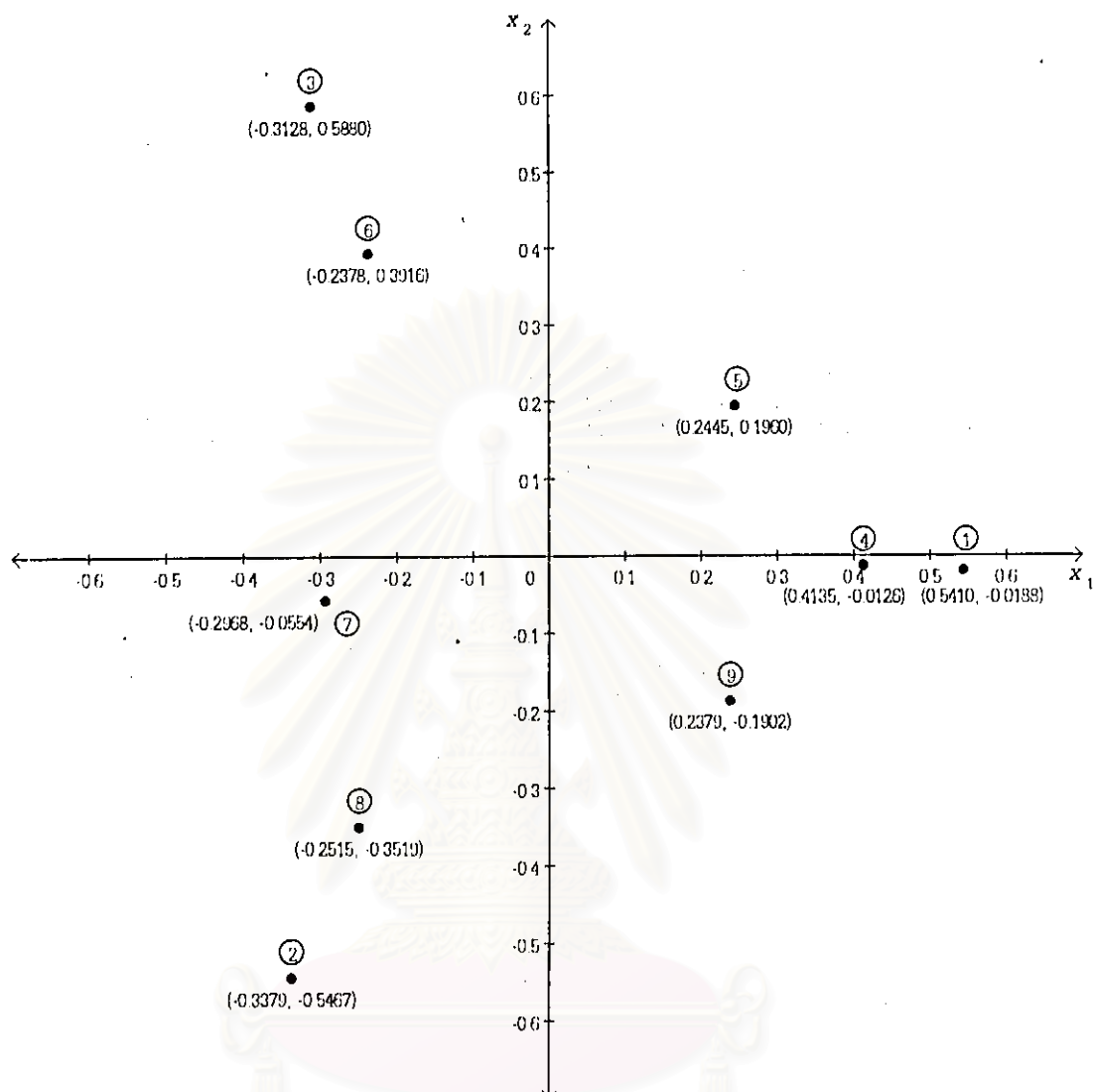
$$S_1 = 0.5410 - 0.0188 = 0.5222$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$S_2 = -0.8847, S_3 = 0.2752, S_4 = 0.4009, S_5 = 0.4405,$$

$$S_6 = 0.1537, S_7 = -0.3522, S_8 = -0.6035, S_9 = 0.0477$$

ดังนั้น $S_{\min} = -0.8847$, $S_{\max} = 0.5222$



รูปที่ 4.2 ผลการวางตำแหน่งของระบบทดสอบ 9 บัส

คำนวณ T_1 ตามสมการ (2.12) ได้ดังนี้

$$T_1 = \text{floor} \left(1 + \frac{k(S_1 - S_{\min})}{(S_{\max} - S_{\min})} \right) = \text{floor} \left(1 + \frac{2(0.5222 + 0.8847)}{(0.5222 + 0.8847)} \right) = 3$$

จากสมการ (2.13) จะได้กลุ่มเริ่มต้นของบัส 1 ดังนี้

$$C_1 = \min\{k, T_1\} = \min\{2, 3\} = 2$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$T_2 = 1, T_3 = 2, T_4 = 2, T_5 = 2, T_6 = 2, T_7 = 1, T_8 = 1, T_9 = 2$$

และได้กลุ่มเริ่มต้นของบัสอื่น ๆ เป็นดังนี้

$$C_2 = 1, C_3 = 2, C_4 = 2, C_5 = 2, C_6 = 2, C_7 = 1, C_8 = 1, C_9 = 2$$

ดังนั้นจะได้กลุ่มเริ่มต้นเป็น $\{2, 7, 8\}$ และ $\{1, 3, 4, 5, 6, 9\}$ ซึ่งคำนวณค่าตลาดเคลื่อนในการจัดกลุ่มตามสมการ (2.10) ได้ 1.1522 หลังจากนั้นทำการย้ายบัสที่ละบัสเพื่อปรับปรุงผลการจัดกลุ่มตามรูปที่ 2.6 ได้ผลการจัดกลุ่มสุดท้ายเป็น $\{2, 7, 8\}$, $\{1, 3, 4, 5, 6, 9\}$ ซึ่งเหมือนกลุ่มเริ่มต้น และไม่ต้องทำการปรับปรุงตามหัวข้อ 2.3

กรณีที่ 2 ใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก $w_1 = 2, w_2 = 1$
คำนวณค่า S_1 ตามสมการ (2.11) ได้ผลดังนี้

$$S_1 = 2 \times 0.5410 - 0.0188 = 1.0632$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$S_2 = -1.2226, S_3 = -0.0376, S_4 = 0.8145, S_5 = 0.6851,$$

$$S_6 = -0.0841, S_7 = -0.6490, S_8 = -0.8550, S_9 = 0.2855$$

ดังนั้น $S_{\min} = -1.2226, S_{\max} = 1.0632$ และคำนวณ T_1 ตามสมการ (2.12) ได้ดังนี้

$$T_1 = \text{floor} \left(1 + \frac{k(S_1 - S_{\min})}{(S_{\max} - S_{\min})} \right) = \text{floor} \left(1 + \frac{2(1.0632 + 1.2226)}{(1.0632 + 1.2226)} \right) = 3$$

จากสมการ (2.13) จะได้กลุ่มเริ่มต้นของบัส 1 ดังนี้

$$C_1 = \min\{k, T_1\} = \min\{2, 3\} = 2$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$T_2 = 1, T_3 = 2, T_4 = 2, T_5 = 2, T_6 = 1, T_7 = 1, T_8 = 1, T_9 = 2$$

และได้กลุ่มเริ่มต้นของบัสอื่น ๆ เป็นดังนี้

$$C_2 = 1, C_3 = 2, C_4 = 2, C_5 = 2, C_6 = 1, C_7 = 1, C_8 = 1, C_9 = 2$$

ดังนั้นจะได้ผลการจัดกลุ่มเริ่มต้นเป็น $\{2, 6, 7, 8\}$, $\{1, 3, 4, 5, 9\}$ ซึ่งมีค่าตลาดเคลื่อนในการจัดกลุ่มเป็น 1.2890 หลังจากนั้นทำการย้ายบัสที่ละบัสจะได้ผลการจัดกลุ่มเป็น $\{2, 3, 6, 7, 8\}$, $\{1, 4, 5, 9\}$ ซึ่งไม่ต้องปรับปรุง และมีค่าตลาดเคลื่อนในการจัดกลุ่มเป็น 1.0706

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการทดสอบข้างต้น จะพบว่าผลการจัดกลุ่มในกรณีที่ 1 ซึ่งใช้ $w_1 = w_2 = 1$ ให้ผลการจัดกลุ่มสุดท้ายที่มีค่าตลาดเคลื่อนมากกว่าในกรณีที่ 2 ซึ่งใช้ $w_1 = 2$ และ $w_2 = 1$ การย้ายบัสที่ละบัสไม่สามารถปรับปรุงผลการจัดกลุ่มเริ่มต้นในกรณีที่ 1 ให้ดีขึ้นเหมือนผลการจัดกลุ่มสุดท้ายในกรณีที่ 2 ได้ เนื่องจากการย้ายบัสที่ละบัสตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6 ไม่สามารถย้ายบัส 3 และ 6 ที่ละบัสจากกลุ่ม $\{1, 3, 4, 5, 6, 9\}$ ไปยังกลุ่ม $\{2, 7, 8\}$ ได้ เพราะถ้าย้ายบัส 3 ก่อนจะได้ $e = 1.2927$ หรือถ้าย้ายบัส 6 ก่อนจะได้ $e = 1.2890$

ก็จะให้ค่า ϵ สูงขึ้นกว่าของกลุ่มเริ่มต้นซึ่งมีค่าเป็น 1.1522 ดังนั้นการย้ายบัสจึงไม่เกิดขึ้น ในขณะที่ถ้าย้ายทั้งบัส 3 และบัส 6 ไปพร้อมกันจะได้ค่า $\epsilon = 1.0706$ ซึ่งน้อยกว่าค่า ϵ เริ่มต้น จะเห็นว่าในการทดสอบนี้ การย้ายบัสทีละบัสไม่สามารถปรับปรุงผลการจัดกลุ่มให้เป็นผลการจัดกลุ่มที่ดีที่สุดได้

เมื่อเปรียบเทียบผลการจัดกลุ่มเริ่มต้นในกรณีที่ 1 กับกรณีที่ 2 จะพบว่ากลุ่มเริ่มต้นในกรณีที่ 2 มีค่าคลาดเคลื่อนสูงกว่า แต่เมื่อพิจารณาจากค่า S ในกรณีที่ 1 จะพบว่ามีความไม่เหมาะสมจนทำให้ทั้งบัส 3 และบัส 6 ไปอยู่ในกลุ่มเดียวกับบัส 4 และบัส 9 ส่วนในกรณีที่ 2 จะเห็นว่าค่า S ที่คำนวณได้ดีขึ้น จนทำให้บัส 6 อยู่คนละกลุ่มกับบัส 4 และบัส 9 นอกจากนี้แม้จะไม่สามารถทำให้บัส 3 ไปอยู่กับบัส 6 แต่การย้ายบัสทีละบัสก็ทำให้บัส 3 ย้ายไปอยู่กับบัส 6 และได้ผลการจัดกลุ่มสุดท้ายในกรณีที่ 2 ที่ดีกว่าในกรณีที่ 1 จะเห็นได้ว่าถ้าใช้การย้ายบัสทีละบัส กลุ่มเริ่มต้นจะมีผลสำคัญต่อผลการจัดกลุ่มสุดท้ายอย่างมาก

4.2 การทดสอบระบบทดสอบ IEEE 30 บัส

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบการสร้างระบบสมมูลของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส โดยสร้างจากผลการแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI สำหรับการทดสอบระบบสมมูลจะใช้เหตุการณ์การเพิ่มของโหลดที่บัส 11 เป็น 5 MW และ 2 MVAR แล้ววิเคราะห์โหนดโพลาร์เปรียบเทียบกับระบบเต็ม

รูปที่ 4.3 แสดงระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ส่วนข้อมูลของระบบอยู่ในภาคผนวก ข.1 จากข้อมูลของกึ่งจะพบว่าอัตราส่วน X/R ของกึ่งหลายกึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในการสร้างเมทริกซ์แสดงความใกล้ชิดทางไฟฟ้า B จะใช้ w_{ij} ตามสมการ (2.1) เป็น $1/\sqrt{R_{ij}^2 + X_{ij}^2}$ จำนวนกึ่งในระบบมี 41 กึ่ง ดังนั้นจะได้จำนวนพิกัดที่เหมาะสมตามสมการ (2.7) ดังนี้

$$q = \text{floor}(2b/n) = \text{floor}(2 \times 41/30) = 3$$

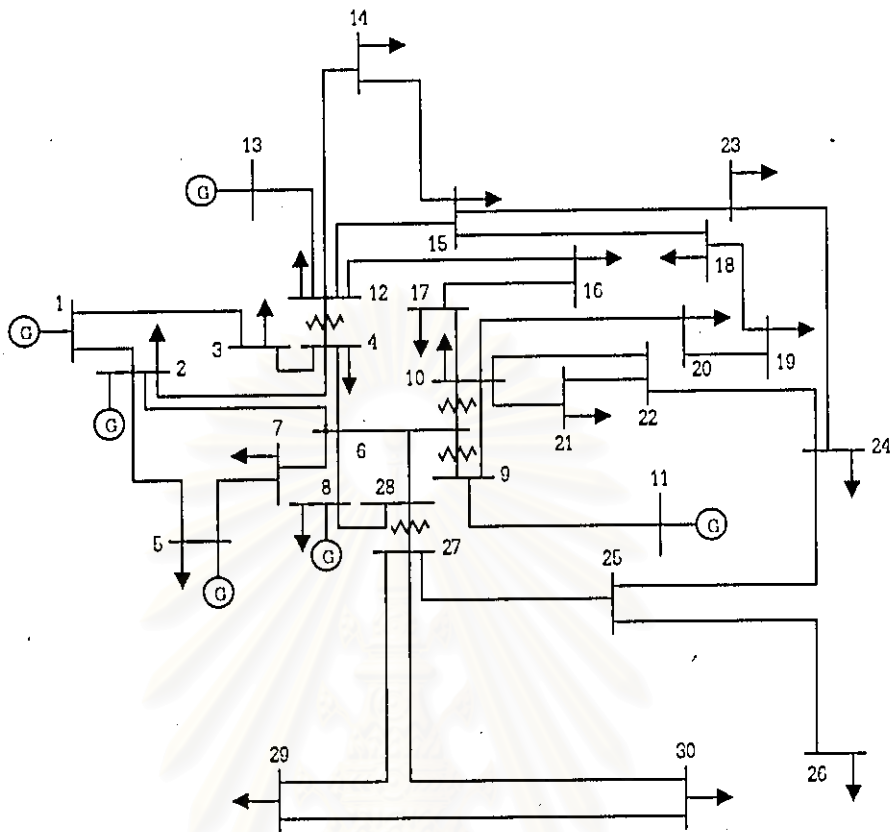
จะได้เวกเตอร์แสดงพิกัดเป็นเวกเตอร์เฉพาะขนาดหนึ่งหน่วย 3 ตัวที่สอดคล้องกับค่าเฉพาะที่มีค่าน้อยที่สุด 3 ตัวแรกที่ไม่เป็นศูนย์ของเมทริกซ์ B การจัดกลุ่มตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6 โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับพิกัดที่ 1 ถึง 3 ตามสมการ (2.11) เป็น 1.50, 1.2 และ 1.0 ตามลำดับ และกำหนดขนาดของกลุ่มที่เล็กที่สุดซึ่งยอมรับได้ในขั้นตอนการปรับปรุงให้เป็น 1 จะได้ผลตามขั้นตอนต่าง ๆ ของการจัดกลุ่มเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มเริ่มต้นซึ่งหาโดยใช้สมการ (2.11) ถึง (2.13) เป็นดังนี้

$$C_1 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30 \}$$

$$C_2 = \{ 25, 27 \}$$

$$C_3 = \{ 26 \}$$



รูปที่ 4.3 ระบบทดสอบ IEEE 30 บัส

ผลการจัดกลุ่มที่ได้จากขั้นตอนในรูปที่ 2.6 เป็นดังนี้

$$C_1 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28 \}$$

$$C_2 = \{ 27, 29, 30 \}$$

$$C_3 = \{ 25, 26 \}$$

ผลการจัดกลุ่มภายหลังการปรับปรุงปัญหาห้อมแปลงที่มีข้อขัดข้องในกลุ่มที่ต่างกันเป็นดังนี้

$$C_1 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 \}$$

$$C_2 = \{ 27, 28, 29, 30 \}$$

$$C_3 = \{ 25, 26 \}$$

ซึ่งไม่มีกลุ่มที่มีปัญหาโครงข่ายย่อยโดดเดี่ยวและปัญหากลุ่มที่มีขนาดเล็กเกินไป ดังนั้นผลการแบ่งแยกข้างต้นจึงเป็นผลการแบ่งแยกสุดท้ายด้วย ขนาดของแต่ละกลุ่มเป็น 24, 4 และ 2 และหาค่าคลาดเคลื่อนในการจัดกลุ่มได้เป็น 1.5035 จะเห็นว่าขนาดของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยกลุ่ม C_1 มีขนาดใหญ่มากเทียบกับกลุ่มที่เหลือ ซึ่งเป็นผลจากการหากลุ่มเริ่มต้นโดยใช้สมการ (2.11) ถึง (2.13) ซึ่งไม่มีการควบคุมขนาดของแต่ละกลุ่ม ต่อไปจะหาผลการจัดกลุ่มโดยใช้สมการ (2.11) และ (2.16) ในการหากลุ่มเริ่มต้น และ

ใช้ขั้นตอนการจัดกลุ่มในรูปที่ 2.7 โดยกำหนดขนาดของกลุ่มที่เล็กที่สุดที่ยอมรับได้เป็น 2 และขนาดของกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดที่ยอมรับได้เป็น 15 ในขั้นตอนการปรับปรุงจะกำหนดขนาดของกลุ่มที่เล็กที่สุดที่ยอมรับได้ให้เป็น 1 จะได้ผลดังนี้

กลุ่มเริ่มต้นซึ่งหาโดยใช้สมการ (2.11) และ (2.16) เป็นดังนี้

$$P_1 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 21 \}$$

$$P_2 = \{ 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 \}$$

$$P_3 = \{ 10, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 \}$$

ผลการจัดกลุ่มตามวิธีในรูปที่ 2.7 เป็นดังนี้

$$P_1 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 28 \}$$

$$P_2 = \{ 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 \}$$

$$P_3 = \{ 25, 26, 27, 29, 30 \}$$

ผลการจัดกลุ่มภายหลังการปรับปรุงปัญหาหรือแปลงที่มีข้อขัดข้องในกลุ่มที่ต่างกัน เป็นดังนี้

$$P_1 = \{ 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 \}$$

$$P_2 = \{ 4, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 \}$$

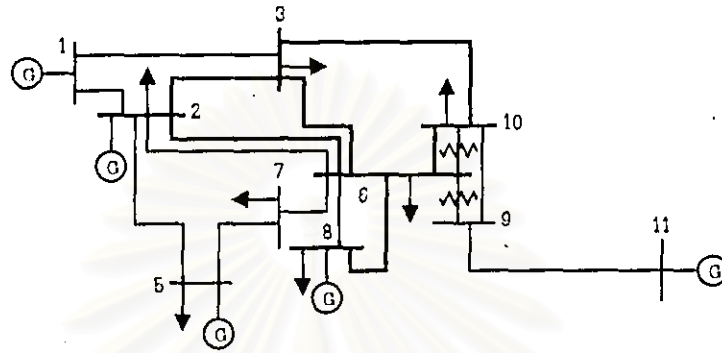
$$P_3 = \{ 25, 26, 27, 28, 29, 30 \}$$

ซึ่งไม่มีปัญหากลุ่มที่มีโครงข่ายย่อยแยกโดดและปัญหากลุ่มที่มีขนาดเล็กเกินไป ดังนั้นผลการแบ่งแยกข้างต้นจึงเป็นผลการแบ่งแยกสุดท้ายด้วย ขนาดของแต่ละกลุ่มเป็น 10, 14 และ 6 และหาค่าคลาดเคลื่อนในการจัดกลุ่มได้เป็น 1.5953 ซึ่งมากกว่าผลการแบ่งแยกอันแรกเล็กน้อยแต่ได้กลุ่มที่มีขนาดไม่ต่างกันมากนัก จะเห็นว่าการใช้สมการ (2.11) และ (2.16) ทำให้ได้กลุ่มเริ่มต้นที่แต่ละกลุ่มมีขนาดเท่า ๆ กัน และการควบคุมขนาดของแต่ละกลุ่มในรูปที่ 2.7 ทำให้ได้ผลการจัดกลุ่มที่มีขนาดของแต่ละกลุ่มอยู่ในช่วงที่กำหนด ในการทดสอบการสร้างระบบสมมูลจะใช้ผลการแบ่งแยกอันหลัง

หลังจากได้ผลการแบ่งแยกจะทำการกำหนดโครงข่ายภายใน บัสขอบเขต และโครงข่ายภายนอกโครงข่ายภายในหาได้จากบัสทั้งหมดซึ่งเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในการทดสอบซึ่งคือบัส 11 และใช้เงื่อนไขในหัวข้อ 3.1 เมื่อใช้ผลการแบ่งแยกที่สองจะได้โครงข่ายภายในคือกลุ่ม P_1 โครงข่ายภายนอกคือกลุ่ม P_2 และ P_3 ซึ่งประกอบไปด้วยบัสซึ่งไม่ได้อยู่ในโครงข่ายภายใน และหาเซตของบัสขอบเขตได้เป็น $\{ 2, 3, 6, 8, 10 \}$

หลังจากได้กำหนดโครงข่ายภายใน บัสขอบเขต และโครงข่ายภายนอก จะแทนโครงข่ายภายนอกด้วยสมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI ซึ่งสร้างจากจุดทำงานเริ่มต้นของระบบ จุดทำงานเริ่มต้นของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ซึ่งได้จากกรวิเคราะห์โหลดโพลีในกรณีฐานแสดงไว้ในตารางที่ ข.1.1 ในภาคผนวก ข.1 ในการสร้างสมมูลภายนอก จะละเลยกิ่งสมมูลในสมมูลภายนอกที่มีขนาดอิมพีแดนซ์สูงกว่า 3 per unit เพื่อปรับปรุงความเบาบางของระบบตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ผลการหารระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 และข้อมูลของระบบสมมูลแสดงไว้ในตารางที่

4.1 และ 4.2 ส่วนผลการหาระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 และข้อมูลของระบบสมมูลแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ในรูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงบัสขอบเขตและกิ่งสมมูลด้วยเส้นหนา ส่วนตัวต่อขนานสมมูลไม่ได้แสดงไว้ แต่แสดงเป็นข้อมูลไว้ในตาราง



รูปที่ 4.4 ระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward

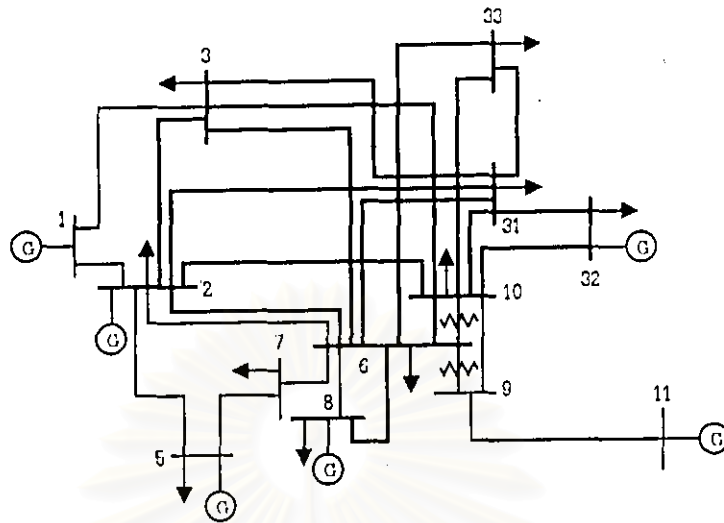
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลบัสของระบบสมมูล ณ จุดทำงานเริ่มต้นของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward

| หมายเลข บัส | ประเภทบัส | การผลิต (MW) | โหลด | | ตัวต่อขนาน (กำลังที่แรงดัน 1.0 p.u.) | | แรงดันสำหรับกรณีฐาน | |
|----------------|------------|-----------------|--------|----------|---|--------------|---------------------|-----------------|
| | | | P (MW) | Q (MVAR) | P_d (MW) | Q_d (MVAR) | V (p.u.) | θ (deg.) |
| 1 | บัสอ้างอิง | - | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0600 | 0.0000 |
| 2 | บัสแรงดัน | 40.000 | 28.456 | 12.685 | 0.000 | 0.000 | 1.0450 | -5.5278 |
| 3 | บัสโหลด | - | 15.930 | -31.459 | 0.000 | -41.221 | 1.0210 | -7.9872 |
| 5 | บัสแรงดัน | 0.000 | 94.200 | 19.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0100 | -14.3765 |
| 6 | บัสโหลด | - | 23.167 | -28.822 | 0.000 | -41.990 | 1.0106 | -11.3659 |
| 7 | บัสโหลด | - | 22.800 | 10.900 | 0.000 | 0.000 | 1.0026 | -13.1292 |
| 8 | บัสแรงดัน | 0.000 | 33.992 | 28.258 | 0.000 | 0.000 | 1.0100 | -12.1094 |
| 9 | บัสโหลด | - | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0510 | -14.4166 |
| 10 | บัสโหลด | - | 65.526 | -79.598 | 0.000 | -62.850 | 1.0452 | -16.0110 |
| 11 | บัสแรงดัน | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0820 | -14.4166 |

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลกึ่งของระบบสมมูล ณ จุดทำงานเริ่มต้นของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward

| จากบัส | ถึงบัส | R (per unit) | X (per unit) | ตัวอัดประจุ สายส่งรวม (per unit) | อัตราส่วน หม้อแปลง | มุมเฟส (องศา) |
|--------|--------|-----------------|-----------------|--|-----------------------|------------------|
| 1 | 2 | 0.01920 | 0.05750 | 0.05280 | - | - |
| 1 | 3 | 0.04520 | 0.18520 | 0.04080 | - | - |
| 2 | 5 | 0.04720 | 0.19830 | 0.04180 | - | - |
| 2 | 6 | 0.05810 | 0.17630 | 0.03740 | - | - |
| 5 | 7 | 0.04600 | 0.11600 | 0.02040 | - | - |
| 6 | 7 | 0.02670 | 0.08200 | 0.01700 | - | - |
| 6 | 8 | 0.01200 | 0.04200 | 0.00900 | - | - |
| 6 | 9 | 0.00000 | 0.20800 | 0.00000 | 0.97800 | 0.00000 |
| 6 | 10 | 0.00000 | 0.55600 | 0.00000 | 0.96900 | 0.00000 |
| 9 | 11 | 0.00000 | 0.20800 | 0.00000 | - | - |
| 9 | 10 | 0.00000 | 0.11000 | 0.00000 | - | - |
| 2 | 3 | 0.13855 | 0.38431 | 0.00000 | - | - |
| 2 | 6 | 0.12491 | 0.41862 | 0.00000 | - | - |
| 3 | 6 | 0.02908 | 0.09139 | 0.00000 | - | - |
| 3 | 10 | 0.29174 | 1.08334 | 0.00000 | - | - |
| 6 | 8 | 0.08269 | 0.27003 | 0.00000 | - | - |
| 6 | 10 | 0.19678 | 0.69780 | 0.00000 | - | - |

หลังจากได้ระบบสมมูล จะทำการทดสอบระบบสมมูล โดยการเพิ่มโหลดที่บัส 11 เป็น 5 MW และ 2 MVAR แล้วทำการวิเคราะห์โวลต์โพล์เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการวิเคราะห์ ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณขนาดแรงดัน มุมเฟสแรงดัน การไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟเทียบกับระบบเต็ม วิธีวิเคราะห์โวลต์โพล์ที่ใช้ คือวิธีนิวตัน-ราฟสัน โดยใช้ทอลเลอเรนซ์ (tolerance) สำหรับความคลาดเคลื่อนของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในเงื่อนไขเพื่อหยุดการทำซ้ำของการวิเคราะห์โวลต์โพล์เป็น 0.0001 per unit



รูปที่ 4.5 ระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลบัสของระบบสมมูล ณ จุดทำงานเริ่มต้นของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI

| หมายเลข บัส | ประเภทบัส | การผลิต (MW) | โหลด | | ตัวต่อขนาน (กำลังที่แรงดัน 1.0 p.u.) | | แรงดันสำหรับกรณีฐาน | |
|----------------|------------|-----------------|--------|----------|---|--------------|---------------------|-----------------|
| | | | P (MW) | Q (MVAR) | P_d (MW) | Q_d (MVAR) | V (p.u.) | θ (deg.) |
| 1 | บัสอ้างอิง | - | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0600 | 0.0000 |
| 2 | บัสแรงดัน | 40.000 | 21.878 | 14.007 | 0.000 | 0.000 | 1.0450 | -5.5278 |
| 3 | บัสโหลด | - | 4.266 | 14.479 | 0.000 | 0.000 | 1.0210 | -7.9872 |
| 5 | บัสแรงดัน | 0.000 | 94.200 | 19.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0100 | -14.3765 |
| 6 | บัสโหลด | - | 2.936 | 12.954 | 0.000 | 0.000 | 1.0106 | -11.3659 |
| 7 | บัสโหลด | - | 22.800 | 10.900 | 0.000 | 0.000 | 1.0026 | -13.1292 |
| 8 | บัสแรงดัน | 0.000 | 33.771 | 28.257 | 0.000 | 0.000 | 1.0100 | -12.1094 |
| 9 | บัสโหลด | - | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0510 | -14.4166 |
| 10 | บัสโหลด | - | 2.821 | 15.975 | 0.000 | 19.000 | 1.0452 | -16.0110 |
| 11 | บัสแรงดัน | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.0820 | -14.4166 |
| 31 | บัสโหลด | - | 90.412 | 3.784 | 0.000 | 0.000 | 1.0371 | -15.7975 |
| 32 | บัสแรงดัน | 0.000 | -5.955 | -10.886 | 0.000 | 0.000 | 1.0710 | -15.2784 |
| 33 | บัสโหลด | - | 15.727 | 2.758 | 0.000 | 0.000 | 0.9942 | -17.5256 |

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลกึ่งของระบบสมมูล ณ จุดทำงานเริ่มต้นของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส ที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI

| จากบัส | ถึงบัส | R (per unit) | X (per unit) | ตัวอัดประจุ สายส่งรวม (per unit) | อัตราส่วน หม้อแปลง | มุมเฟส (องศา) |
|--------|--------|-----------------|-----------------|--|-----------------------|------------------|
| 1 | 2 | 0.01920 | 0.05750 | 0.05280 | - | - |
| 1 | 3 | 0.04520 | 0.18520 | 0.04080 | - | - |
| 2 | 5 | 0.04720 | 0.19830 | 0.04180 | - | - |
| 2 | 6 | 0.05810 | 0.17630 | 0.03740 | - | - |
| 5 | 7 | 0.04600 | 0.11600 | 0.02040 | - | - |
| 6 | 7 | 0.02670 | 0.08200 | 0.01700 | - | - |
| 6 | 8 | 0.01200 | 0.04200 | 0.00900 | - | - |
| 6 | 9 | 0.00000 | 0.20800 | 0.00000 | 0.97800 | 0.00000 |
| 6 | 10 | 0.00000 | 0.55600 | 0.00000 | 0.96900 | 0.00000 |
| 9 | 11 | 0.00000 | 0.20800 | 0.00000 | - | - |
| 9 | 10 | 0.00000 | 0.11000 | 0.00000 | - | - |
| 31 | 32 | 0.00426 | 0.11663 | 0.00000 | - | - |
| 31 | 33 | 0.09911 | 0.60014 | 0.00000 | - | - |
| 31 | 2 | 0.27869 | 1.19793 | 0.00000 | - | - |
| 31 | 3 | 0.06592 | 0.26183 | 0.00000 | - | - |
| 31 | 6 | 0.03817 | 0.25281 | 0.00000 | - | - |
| 31 | 10 | 0.00601 | 0.03721 | 0.00000 | - | - |
| 32 | 10 | 0.02974 | -0.30192 | 0.00000 | - | - |
| 33 | 6 | 0.18805 | 1.10154 | 0.00000 | - | - |
| 33 | 10 | 0.99442 | -2.02863 | 0.00000 | - | - |
| 2 | 3 | 0.14901 | 0.39985 | 0.00000 | - | - |
| 2 | 6 | 0.13696 | 0.43845 | 0.00000 | - | - |
| 2 | 10 | -0.54357 | -2.61854 | 0.00000 | - | - |
| 3 | 6 | 0.03180 | 0.09569 | 0.00000 | - | - |
| 3 | 10 | -0.12969 | -0.57260 | 0.00000 | - | - |
| 6 | 8 | 0.09023 | 0.28171 | 0.00000 | - | - |
| 6 | 10 | -0.06245 | -0.59640 | 0.00000 | - | - |

ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งเวลาในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ สำหรับเหตุการณ์การเพิ่มโหลดที่บัส 11 เป็น 5 MW และ 2 MVAR ตารางที่ 4.6 ถึง 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้ผลการแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม ตารางที่ 4.10 แสดงขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดัน และการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟของระบบสมมูลเปรียบเทียบกับระบบเต็ม

ตารางที่ 4.5 จำนวนบัส จำนวนบัสแรงดัน จำนวนกิ่ง จำนวนรอบ และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ ของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส และระบบสมมูลแบบต่าง ๆ

| จำนวนกลุ่ม | สมมูลภายนอก | จำนวนบัส | จำนวนบัสแรงดัน | จำนวนกิ่ง | จำนวนรอบ | เวลา (วินาที) |
|------------|---------------|----------|----------------|-----------|----------|---------------|
| 1 | ระบบเต็ม | 30 | 6 | 41 | 2 | 0.135 |
| 3 | Extended Ward | 10 | 5 | 17 | 2 | 0.111 |
| | REI | 13 | 6 | 27 | 2 | 0.115 |

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 1.0600 | 1.0600 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 1.0450 | 1.0450 | 0.0000 | -5.6486 | -5.6486 |
| 3 | 1.0205 | 1.0205 | 0.0010 | -8.1769 | -8.1820 |
| 5 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | -14.5799 | -14.5833 |
| 6 | 1.0101 | 1.0101 | -0.0007 | -11.6461 | -11.6530 |
| 7 | 1.0023 | 1.0023 | -0.0004 | -13.3784 | -13.3838 |
| 8 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | -12.3996 | -12.4051 |
| 9 | 1.0504 | 1.0504 | 0.0016 | -15.0315 | -15.0507 |
| 10 | 1.0443 | 1.0444 | 0.0047 | -16.5139 | -16.5395 |
| 11 | 1.0820 | 1.0820 | 0.0000 | -15.5558 | -15.5750 |

ตารางที่ 4.7 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม

| กิ่ง | | P_j (MW) | | Error (%) | Q_j (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | 181.7093 | 181.7112 | 0.0010 | -26.6351 | -26.6355 | 0.0016 |
| 1 | 3 | 84.9793 | 85.0290 | 0.0585 | 5.5135 | 5.5027 | -0.1955 |
| 2 | 5 | 83.8102 | 83.8402 | 0.0358 | 2.6667 | 2.6643 | -0.0876 |
| 2 | 6 | 63.5578 | 63.6241 | 0.1044 | 0.9967 | 0.9862 | -1.0554 |
| 5 | 7 | -13.4364 | -13.4086 | -0.2071 | 11.2231 | 11.2150 | -0.0716 |
| 6 | 7 | 36.7397 | 36.7109 | -0.0784 | -2.6455 | -2.6402 | -0.1999 |
| 6 | 8 | 29.6292 | 29.5714 | -0.1950 | -8.5578 | -8.5582 | 0.0047 |
| 6 | 9 | 30.7991 | 30.9116 | 0.3652 | -7.8383 | -7.8436 | 0.0675 |
| 6 | 10 | 16.6143 | 16.6787 | 0.3876 | 0.3383 | 0.3332 | -1.4954 |
| 9 | 11 | 5.0000 | 5.0000 | 0.0000 | -15.9324 | -15.9239 | -0.0532 |
| 9 | 10 | 25.7991 | 25.9116 | 0.4360 | 6.1245 | 6.0970 | -0.4488 |

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์โหลดโพลว์เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 1.0600 | 1.0600 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 1.0450 | 1.0450 | 0.0000 | -5.6486 | -5.6498 |
| 3 | 1.0205 | 1.0205 | 0.0012 | -8.1769 | -8.1795 |
| 5 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | -14.5799 | -14.5816 |
| 6 | 1.0101 | 1.0101 | -0.0005 | -11.6461 | -11.6483 |
| 7 | 1.0023 | 1.0023 | -0.0003 | -13.3784 | -13.3803 |
| 8 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | -12.3996 | -12.4004 |
| 9 | 1.0504 | 1.0504 | 0.0012 | -15.0315 | -15.0371 |
| 10 | 1.0443 | 1.0444 | 0.0030 | -16.5139 | -16.5213 |
| 11 | 1.0820 | 1.0820 | 0.0000 | -15.5558 | -15.5614 |

ตารางที่ 4.9 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกึ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | 181.7093 | 181.7458 | 0.0200 | -26.6351 | -26.6434 | 0.0311 |
| 1 | 3 | 84.9793 | 85.0044 | 0.0296 | 5.5135 | 5.5040 | -0.1720 |
| 2 | 5 | 83.8102 | 83.8148 | 0.0056 | 2.6667 | 2.6663 | -0.0136 |
| 2 | 6 | 63.5578 | 63.5676 | 0.0154 | 0.9967 | 0.9974 | 0.0708 |
| 5 | 7 | -13.4364 | -13.4321 | -0.0321 | 11.2231 | 11.2238 | 0.0070 |
| 6 | 7 | 36.7397 | 36.7353 | -0.0121 | -2.6455 | -2.6466 | 0.0425 |
| 6 | 8 | 29.6292 | 29.5732 | -0.1890 | -8.5578 | -8.5544 | -0.0399 |
| 6 | 9 | 30.7991 | 30.8310 | 0.1036 | -7.8383 | -7.8452 | 0.0876 |
| 6 | 10 | 16.6143 | 16.6326 | 0.1103 | 0.3383 | 0.3329 | -1.5727 |
| 9 | 11 | 5.0000 | 5.0000 | 0.0000 | -15.9324 | -15.9262 | -0.0389 |
| 9 | 10 | 25.7991 | 25.8310 | 0.1236 | 6.1245 | 6.1074 | -0.2798 |

ตารางที่ 4.10 ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดของการคำนวณขนาดแรงดัน และการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟของระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม

| การคำนวณ | Extended Ward | | REI | |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| ขนาดแรงดัน | 0.0008 | 0.0047 | 0.0006 | 0.0030 |
| การไหลของกำลังแอกทีฟ | 0.1699 | 0.4360 | 0.0583 | 0.1890 |
| การไหลของกำลังรีแอกทีฟ | 0.3347 | 1.4954 | 0.2142 | 1.5727 |

ตารางที่ 4.11 ถึง 4.13 แสดงกำลังสูญเสียในกึ่งของระบบเต็ม และระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI เพื่อให้เห็นคุณสมบัติพิเศษของการใช้สมมูลภายนอกแบบ REI ที่สามารถประมาณกำลังสูญเสียในกึ่งของโครงข่ายภายใน และกำลังสูญเสียรวมของระบบเต็มได้ ส่วนการใช้โครงข่ายภายนอกแบบ Extended Ward จะประมาณได้เฉพาะกำลังสูญเสียในกึ่งของโครงข่ายภายในเท่านั้น

ตารางที่ 4.11 กำลังสูญเสียในกิ่งที่คำนวณได้จากระบบเต็ม

| กิ่ง | | ประเภทของกิ่ง | กำลังสูญเสีย | |
|--------|--------|----------------|--------------|----------|
| จากบัส | ถึงบัส | | P (MW) | Q (MVAR) |
| 1 | 2 | โครงข่ายภายใน | 5.7379 | 17.1837 |
| 1 | 3 | โครงข่ายภายใน | 2.9296 | 12.0034 |
| 2 | 4 | โครงข่ายภายนอก | 1.1690 | 3.5624 |
| 3 | 4 | โครงข่ายภายนอก | 0.8051 | 2.3117 |
| 2 | 5 | โครงข่ายภายใน | 3.0466 | 12.7996 |
| 2 | 6 | โครงข่ายภายใน | 2.1541 | 6.5366 |
| 4 | 6 | โครงข่ายภายนอก | 0.6292 | 2.1889 |
| 5 | 7 | โครงข่ายภายใน | 0.1492 | 0.3763 |
| 6 | 7 | โครงข่ายภายใน | 0.3541 | 1.0874 |
| 6 | 8 | โครงข่ายภายใน | 0.1110 | 0.3884 |
| 6 | 9 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 1.9696 |
| 6 | 10 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 1.4131 |
| 9 | 11 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 0.5257 |
| 9 | 10 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 0.7010 |
| 4 | 12 | โครงข่ายภายนอก | 0.0000 | 4.8551 |
| 12 | 13 | โครงข่ายภายนอก | 0.0000 | 0.1358 |
| 12 | 14 | โครงข่ายภายนอก | 0.0758 | 0.1575 |
| 12 | 15 | โครงข่ายภายนอก | 0.2242 | 0.4416 |
| 12 | 16 | โครงข่ายภายนอก | 0.0584 | 0.1228 |
| 14 | 15 | โครงข่ายภายนอก | 0.0065 | 0.0058 |
| 16 | 17 | โครงข่ายภายนอก | 0.0141 | 0.0328 |
| 15 | 18 | โครงข่ายภายนอก | 0.0420 | 0.0854 |
| 18 | 19 | โครงข่ายภายนอก | 0.0058 | 0.0118 |
| 19 | 20 | โครงข่ายภายนอก | 0.0160 | 0.0321 |
| 10 | 20 | โครงข่ายภายนอก | 0.0776 | 0.1732 |
| 10 | 17 | โครงข่ายภายนอก | 0.0136 | 0.0353 |
| 10 | 21 | โครงข่ายภายนอก | 0.1092 | 0.2350 |

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

| กึ่ง | | ประเภทของกึ่ง | กำลังสูญเสีย | |
|--------------------------------|--------|----------------|--------------|----------|
| จากบัส | ถึงบัส | | P (MW) | Q (MVAR) |
| 10 | 22 | โครงข่ายภายนอก | 0.0513 | 0.1058 |
| 21 | 22 | โครงข่ายภายนอก | 0.0007 | 0.0014 |
| 15 | 23 | โครงข่ายภายนอก | 0.0327 | 0.0660 |
| 22 | 24 | โครงข่ายภายนอก | 0.0412 | 0.0641 |
| 23 | 24 | โครงข่ายภายนอก | 0.0066 | 0.0136 |
| 24 | 25 | โครงข่ายภายนอก | 0.0120 | 0.0209 |
| 25 | 26 | โครงข่ายภายนอก | 0.0447 | 0.0667 |
| 25 | 27 | โครงข่ายภายนอก | 0.0270 | 0.0516 |
| 28 | 27 | โครงข่ายภายนอก | 0.0000 | 1.3259 |
| 27 | 29 | โครงข่ายภายนอก | 0.0863 | 0.1630 |
| 27 | 30 | โครงข่ายภายนอก | 0.1623 | 0.3054 |
| 29 | 30 | โครงข่ายภายนอก | 0.0336 | 0.0634 |
| 8 | 28 | โครงข่ายภายนอก | 0.0023 | 0.0072 |
| 6 | 28 | โครงข่ายภายนอก | 0.0592 | 0.2100 |
| กำลังสูญเสียรวมในโครงข่ายภายใน | | | 14.4825 | 54.9848 |
| กำลังสูญเสียรวมทั้งระบบ | | | 18.2889 | 71.8370 |

ตารางที่ 4.12 กำลังสูญเสียในกึ่งที่คำนวณได้จากระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward

| กึ่ง | | ประเภทของกึ่ง | กำลังสูญเสีย | |
|--------|--------|---------------|--------------|----------|
| จากบัส | ถึงบัส | | P (MW) | Q (MVAR) |
| 1 | 2 | โครงข่ายภายใน | 5.7380 | 17.1841 |
| 1 | 3 | โครงข่ายภายใน | 2.9329 | 12.0170 |
| 2 | 5 | โครงข่ายภายใน | 3.0488 | 12.8087 |
| 2 | 6 | โครงข่ายภายใน | 2.1586 | 6.5501 |
| 5 | 7 | โครงข่ายภายใน | 0.1488 | 0.3752 |
| 6 | 7 | โครงข่ายภายใน | 0.3535 | 1.0857 |
| 6 | 8 | โครงข่ายภายใน | 0.1106 | 0.3870 |

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

| กึ่ง | | ประเภทของกึ่ง | กำลังสูญเสีย | |
|--------------------------------|--------|---------------|--------------|----------|
| จากบัส | ถึงบัส | | P (MW) | Q (MVAR) |
| 6 | 9 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 1.9833 |
| 6 | 10 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 1.4240 |
| 9 | 11 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 0.5251 |
| 9 | 10 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 0.7064 |
| 2 | 3 | สมมุติภายนอก | 0.2228 | 0.6181 |
| 2 | 6 | สมมุติภายนอก | 0.8379 | 2.8081 |
| 3 | 6 | สมมุติภายนอก | 1.2302 | 3.8662 |
| 3 | 10 | สมมุติภายนอก | 0.5379 | 1.9974 |
| 6 | 8 | สมมุติภายนอก | 0.0182 | 0.0595 |
| 6 | 10 | สมมุติภายนอก | 0.3312 | 1.1744 |
| กำลังสูญเสียรวมในโครงข่ายภายใน | | | 14.4912 | 55.0466 |
| กำลังสูญเสียรวมในระบบสมมุติ | | | 17.6694 | 65.5703 |

ตารางที่ 4.13 กำลังสูญเสียในกึ่งที่คำนวณได้จากระบบสมมุติที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่ม และใช้สมมุติภายนอกแบบ REI

| กึ่ง | | ประเภทของกึ่ง | กำลังสูญเสีย | |
|--------|--------|---------------|--------------|----------|
| จากบัส | ถึงบัส | | P (MW) | Q (MVAR) |
| 1 | 2 | โครงข่ายภายใน | 5.7402 | 17.1907 |
| 1 | 3 | โครงข่ายภายใน | 2.9312 | 12.0102 |
| 2 | 5 | โครงข่ายภายใน | 3.0469 | 12.8010 |
| 2 | 6 | โครงข่ายภายใน | 2.1548 | 6.5386 |
| 5 | 7 | โครงข่ายภายใน | 0.1492 | 0.3762 |
| 6 | 7 | โครงข่ายภายใน | 0.3540 | 1.0872 |
| 6 | 8 | โครงข่ายภายใน | 0.1106 | 0.3870 |
| 6 | 9 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 1.9736 |
| 6 | 10 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 1.4162 |
| 9 | 11 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 0.5253 |
| 9 | 10 | โครงข่ายภายใน | 0.0000 | 0.7024 |

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

| กึ่ง | | ประเภทของกึ่ง | กำลังสูญเสีย | |
|--------------------------------|--------|---------------|--------------|----------|
| จากบัส | ถึงบัส | | P (MW) | Q (MVAR) |
| 31 | 32 | สมมุติภายนอก | 0.0409 | 1.1187 |
| 31 | 33 | สมมุติภายนอก | 0.0715 | 0.4328 |
| 31 | 2 | สมมุติภายนอก | 0.6798 | 2.9221 |
| 31 | 3 | สมมุติภายนอก | 1.9077 | 7.5774 |
| 31 | 6 | สมมุติภายนอก | 0.4311 | 2.8551 |
| 31 | 10 | สมมุติภายนอก | 0.0389 | 0.2411 |
| 32 | 10 | สมมุติภายนอก | 0.0309 | -0.3141 |
| 33 | 6 | สมมุติภายนอก | 0.1832 | 1.0731 |
| 33 | 10 | สมมุติภายนอก | 0.0612 | -0.1248 |
| 2 | 3 | สมมุติภายนอก | 0.2192 | 0.5881 |
| 2 | 6 | สมมุติภายนอก | 0.8295 | 2.6556 |
| 2 | 10 | สมมุติภายนอก | -0.2977 | -1.4343 |
| 3 | 6 | สมมุติภายนอก | 1.2154 | 3.6574 |
| 3 | 10 | สมมุติภายนอก | -0.8699 | -3.8409 |
| 6 | 8 | สมมุติภายนอก | 0.0181 | 0.0566 |
| 6 | 10 | สมมุติภายนอก | -0.1529 | -1.4601 |
| กำลังสูญเสียรวมในโครงข่ายภายใน | | | 14.4869 | 55.0084 |
| กำลังสูญเสียรวมในระบบสมมูล | | | 18.8938 | 71.0122 |

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 4.5 เมื่อใช้จำนวนกลุ่มในการแบ่งแยกเท่ากัน จะเห็นว่าระบบสมมูลที่ใช้สมมุติภายนอกแบบ Extended Ward จะมีจำนวนบัส จำนวนบัสแรงดัน และจำนวนกึ่งที่น้อยกว่าระบบสมมูลที่ใช้สมมุติภายนอกแบบ REI และเนื่องด้วยจำนวนบัสที่น้อยกว่าทำให้การวิเคราะห์โหนดโพลาร์สำหรับระบบสมมูลที่ใช้สมมุติภายนอกแบบ Extended Ward เร็วกว่าด้วย อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โหนดโพลาร์สำหรับระบบสมมูลไม่ได้เร็วกว่าการใช้ระบบเต็มมากนัก ทั้งนี้เป็นเพราะระบบที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเล็ก

พิจารณาข้อมูลของระบบสมมูลที่ใช้สมมุติภายนอกแบบ Extended Ward ในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่ามีส่วนต่อขนานสมมูลขนาดใหญ่ที่บัสขอบเขต โดยเฉพาะที่บัส 10 ตัวต่อขนานนี้ก็คือตัวต่อขนานสมมูลในรูปที่ 3.7 นั่นเอง ซึ่งจะเป็นตัวชดเชยกำลังรีแอกทีฟที่มาจากโครงข่ายภายใน

นอกเมื่อจุดทำงานของระบบเปลี่ยนไปจากจุดทำงานเริ่มต้น ตัวต่อขนานสมมูลที่บัลลอบเขตเหล่านี้หากมีขนาดใหญ่มาก อาจทำให้การลู่เข้าของการวิเคราะห์โพลีไฟลด์ช้าลงได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดแรงดันเล็กน้อยที่บัลลอบเขตซึ่งมีตัวต่อขนานสมมูลขนาดใหญ่ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังรีแอกทีฟขนาดใหญ่ที่มาจากตัวต่อขนานสมมูล

พิจารณาข้อมูลของระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 จากข้อมูลของบัลในตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าบัลหมายเลข 31, 32 และ 33 เพิ่มเข้ามา บัล 31 และบัล 32 คือปม REI ซึ่งแทนบัลโพลีไฟลด์และบัลแรงดันตามลำดับในกลุ่ม P_2 ส่วนบัล 33 คือปม REI ซึ่งแทนบัลโพลีไฟลด์ในกลุ่ม P_3 และเนื่องจากกลุ่ม P_3 ไม่มีบัลแรงดัน ดังนั้นจะไม่มีปม REI ซึ่งแทนบัลแรงดันสำหรับกลุ่ม P_3 นอกจากนี้จะไม่มีตัวต่อขนานสมมูลที่บัลลอบเขตและปม REI ด้วย ปม REI ที่แทนบัลแรงดันในโครงข่ายภายนอกจะเป็นตัวชดเชยกำลังรีแอกทีฟที่มาจากโครงข่ายภายนอก ในขณะที่สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward จะใช้ตัวต่อขนานสมมูลเป็นตัวชดเชยกำลังรีแอกทีฟที่มาจากโครงข่ายภายนอก จากข้อมูลของกึ่งในตารางที่ 4.4 จะพบว่ากึ่งสมมูลจำนวนมากสำหรับสมมูลภายนอกแบบ REI เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของกึ่งของสมมูลภายนอกแบบ Extended Ward ในตารางที่ 4.2 ดังนั้นความเบาบางของสมมูลภายนอกแบบ REI จะน้อยกว่า นอกจากนี้จะพบว่ากึ่งสมมูลบางกึ่งของสมมูลภายนอกแบบ REI มีค่าผิดปกติ เช่น กึ่งสมมูล 2-10, 3-10 และ 6-10 มีความต้านทานของกึ่งเป็นลบ เป็นต้น กึ่งสมมูลที่ผิดปกติเหล่านี้เกิดจากการเติมแอดมิตแทนซ์เทียมตามสมการ (3.16) และ (3.17) ในระหว่างการสร้างสมมูลภายนอกแบบ REI

พิจารณาผลการวิเคราะห์โพลีไฟลด์ของระบบสมมูลที่ใช้ผลการแบ่งแยกเป็น 3 กลุ่มเปรียบเทียบกับระบบเต็มในตารางที่ 4.6 ถึง 4.9 จากตารางที่ 4.6 และ 4.8 จะพบว่าระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Ward และ REI ให้ความถูกต้องสูงในการคำนวณขนาดแรงดันและมุมเฟสแรงดันที่บัลในโครงข่ายภายใน จากตารางที่ 4.7 และ 4.9 จะพบว่าการคำนวณการไหลของกำลังในกึ่งก็มีความถูกต้องสูงเช่นเดียวกัน การคำนวณการไหลของกำลังในกึ่งที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดเกิดขึ้นจากการคำนวณกำลังรีแอกทีฟในกึ่ง 6-10 ของระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 1.5727% ทั้ง ๆ ที่การคำนวณขนาดแรงดันและมุมเฟสแรงดันที่บัล 6 และบัล 10 มีความถูกต้องสูงมาก ทั้งนี้เป็นเพราะขนาดการไหลของกำลังรีแอกทีฟในกึ่ง 6-10 เมื่อคำนวณจากระบบเต็มมีค่าเพียง 0.3383 MVAR หรือคิดเป็น 0.003383 per unit และเมื่อคำนวณจากระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI จะมีค่า 0.3329 MVAR หรือคิดเป็น 0.003329 per unit ในขณะที่ทอเลอแรนซ์สำหรับการคำนวณความคลาดเคลื่อนในกำลังรีแอกทีฟ และรีแอกทีฟที่ใช้เป็นเงื่อนไขเพื่อหยุดการทำซ้ำในการวิเคราะห์โพลีไฟลด์เป็น 0.0001 per unit ทำให้ความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในการคำนวณการไหลของกำลังรีแอกทีฟในกึ่ง 6-10 ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ สำหรับตารางที่ 4.10 ได้สรุปขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดของการคำนวณขนาดแรงดัน และการไหลของกำลังรีแอกทีฟและรีแอกทีฟของระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม ซึ่งจะเห็นว่าระบบสมมูลที่ใช้

โครงข่ายภายนอกสมมูลภายนอกแบบ Extend Ward และ REI ให้ความถูกต้องในการคำนวณสูงใกล้เคียงกัน แต่สมมูลภายนอกแบบ REI ใช้จำนวนบัสมากกว่า

จากตารางที่ 4.11 ถึง 4.13 จะพบว่าระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI สามารถคำนวณกำลังสูญเสียในแต่ละกิ่งของโครงข่ายภายในได้ใกล้เคียงกับในระบบเต็ม นอกจากนี้ระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI จะสามารถประมาณกำลังสูญเสียรวมของระบบเต็มได้ด้วย จากตารางที่ 4.11 และ 4.13 กำลังสูญเสียรวมในระบบเต็มเป็น 18.2889 MW และ 71.8370 MVAR ส่วนกำลังสูญเสียรวมในระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI เป็น 18.8938 MW และ 71.0122 MVAR ซึ่งใกล้เคียงกัน ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณกำลังสูญเสียรวมข้างต้นนั้น ส่วนหนึ่งมาจากการไม่รวมตัวต่อขนานของโครงข่ายภายนอกในขณะที่สร้างสมมูลภายนอกแบบ REI แต่ชุดเซยกกำลังในตัวต่อขนานเหล่านี้ในขณะที่ทำการปรับขอบเขตดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 สำหรับคุณสมบัติการประมาณกำลังสูญเสียรวมของระบบจะไม่มีในระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เช่นกัน

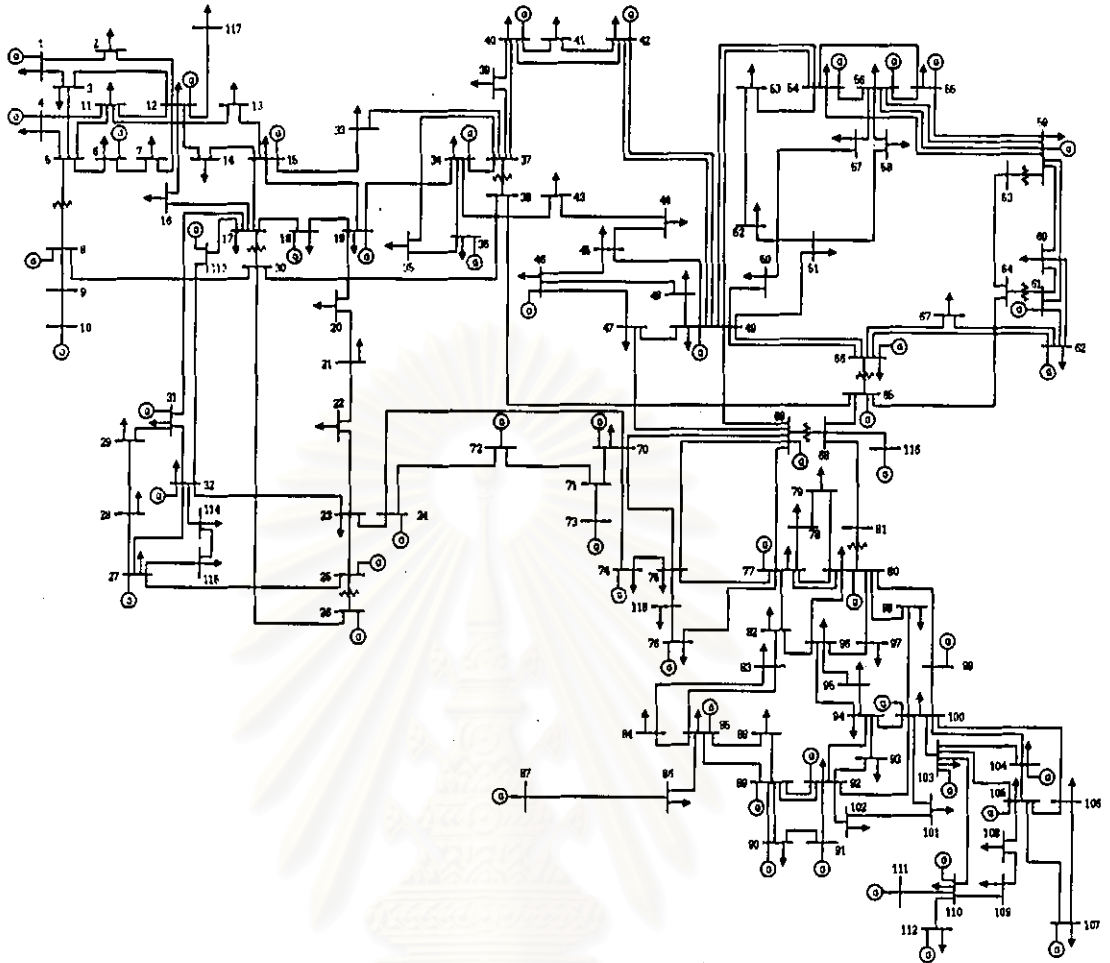
4.3 การทดสอบระบบทดสอบ IEEE 118 บัส

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบระบบสมมูลของระบบทดสอบ IEEE 118 บัส ดังรูปที่ 4.6 โดยใช้การแบ่งแยกเป็น 4, 5 และ 6 กลุ่ม ร่วมกับการใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI การทดสอบจะมี 2 เหตุการณ์ เหตุการณ์ที่ 1 เป็นเหตุการณ์ซึ่งสายส่งที่เชื่อมบัส 25 กับบัส 27 หลุด ส่วนเหตุการณ์ที่ 2 เป็นเหตุการณ์ที่มีการเพิ่มขึ้นของโหลด 50% ที่บัส 103 กับ 105 และ 30% ที่บัส 104, 107 และ 110

รายละเอียดของระบบทดสอบ IEEE 118 บัสอยู่ในภาคผนวก ข.2 จำนวนกิ่งในระบบมี 186 กิ่ง ดังนั้นคำนวณจำนวนพิกัดที่เหมาะสมตามสมการ (2.7) ได้ดังนี้

$$q = \text{ceil}(2b/n) = \text{ceil}(2 \times 186/118) = 4$$

ในการจัดกลุ่มจะทำตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6 โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับพิกัดที่ 1 ถึง 4 ตามสมการ (2.11) เป็น 1.75, 1.4, 1.2 และ 1.0 ตามลำดับ ภายหลังจากจัดกลุ่มจะทำการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของหม้อแปลงอยู่ในกลุ่มที่ต่างกัน และปัญหาของกลุ่มที่มีโครงข่ายย่อยแยกโดด เนื่องจากระบบไม่ใหญ่มากนัก และเพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตามต้องการ จะกำหนดขนาดของกลุ่มที่เล็กที่สุดที่ยอมรับได้ในขั้นตอนการปรับปรุงให้เป็น 1 นั่นคือจะไม่มีการยุบกลุ่มถ้าขนาดของกลุ่มไม่เป็นศูนย์ ผลการแบ่งแยกเป็น 4, 5 และ 6 กลุ่มที่ได้เป็นดังนี้



รูปที่ 4.6 ระบบทดสอบ IEEE 118 บัส

ผลการแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม

$$P_1^4 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 116, 117 \}$$

$$P_2^4 = \{ 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 113, 114, 115, 118 \}$$

$$P_3^4 = \{ 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 \}$$

$$P_4^4 = \{ 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102 \}$$

ขนาดของกลุ่ม P_1^4 , P_2^4 , P_3^4 และ P_4^4 เป็น 59, 22, 10 และ 27 ตามลำดับ

ผลการแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม

$P_1^5 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 117 \}$

$P_2^5 = \{ 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 70, 71, 72, 73, 113, 114, 115 \}$

$P_3^5 = \{ 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 \}$

$P_4^5 = \{ 68, 69, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 116, 118 \}$

$P_5^5 = \{ 86, 87 \}$

ขนาดของกลุ่ม $P_1^5, P_2^5, P_3^5, P_4^5$ และ P_5^5 เป็น 56, 19, 10, 31 และ 2 ตามลำดับ

ผลการแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม

$P_1^6 = \{ 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 116 \}$

$P_2^6 = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 113, 117 \}$

$P_3^6 = \{ 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 70, 71, 72, 73, 114, 115 \}$

$P_4^6 = \{ 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 \}$

$P_5^6 = \{ 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 118 \}$

$P_6^6 = \{ 86, 87 \}$

ขนาดของกลุ่ม $P_1^6, P_2^6, P_3^6, P_4^6, P_5^6$ และ P_6^6 เป็น 32, 28, 18, 10, 28 และ 2 ตามลำดับ

หลังจากที่ได้ผลการแบ่งแยกจะทำการหาโครงข่ายภายในจากบัสที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์ ในเหตุการณ์ที่ 1 บัสที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์ คือ บัส 25 และ บัส 27 ส่วนในเหตุการณ์ที่ 2 บัสที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ คือ บัส 103, 104, 105, 107 และ 110 การหาโครงข่ายภายในสามารถทำได้ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1 นอกจากนั้นเนื่องจากบัสอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์โหนดโพลาร์สำหรับกรณีฐาน คือ บัส 69 และบัสนี้ได้ใช้เป็นบัสอ้างอิงสำหรับการวิเคราะห์โหนดโพลาร์ของระบบแบบเต็มสำหรับเหตุการณ์ที่ 1 และเหตุการณ์ที่ 2 ด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์โหนดโพลาร์ที่สามารถเปรียบเทียบกับระบบเต็มได้ ระบบสมมูลที่ใช้ในการทดสอบจะใช้บัส 69 เป็นบัสอ้างอิงเช่นกัน แต่การกำหนดโครงข่ายภายใน โครงข่ายภายนอก

และหาสมมูลภายนอกตามบทที่ 3 อาจทำให้บัส 69 ไปอยู่ในโครงข่ายภายนอก และได้ระบบสมมูลที่ไม่มีบัส 69 ดังนั้นจะทำการปรับปรุงเพิ่มเติม เพื่อให้บัส 69 อยู่ในระบบสมมูลเสมอ สำหรับสมมูลภายนอกแบบ Extended Ward ถ้าบัส 69 อยู่ในโครงข่ายภายนอก จะทำการเปลี่ยนให้เป็นบัสขอบเขต ทำให้ได้ระบบสมมูลที่มีบัส 69 รวมอยู่ด้วย แต่สำหรับสมมูลภายนอกแบบ REI ถ้าบัส 69 อยู่ในโครงข่ายภายนอก จะเพิ่มบัส REI ที่เป็นบัสอ้างอิงในกลุ่มของบัส 69 โดยบัส REI นี้ สร้างจากบัส 69 เท่านั้น ทำให้ได้ระบบสมมูลที่มีบัส REI ข้างต้นเป็นบัสอ้างอิงแทนบัส 69

จากนั้นจะได้โครงข่ายภายนอกซึ่งประกอบไปด้วยบัสซึ่งไม่ได้อยู่ในโครงข่ายภายใน และได้บัสขอบเขตซึ่งเป็นบัสในโครงข่ายภายในซึ่งเชื่อมต่อโดยตรงกับบัสในโครงข่ายภายนอก ในตารางที่ 4.14 และ 4.15 แสดงรายละเอียดของโครงข่ายภายในและบัสขอบเขตของระบบสมมูลที่ใช้ผลการแบ่งแยกเป็น 4, 5 และ 6 กลุ่มข้างต้น และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และแบบ REI ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 โครงข่ายภายในและบัสขอบเขตของระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward ที่ใช้ในการทดสอบระบบทดสอบ IEEE 118 บัส

| เหตุการณ์ | จำนวนกลุ่ม | โครงข่ายภายใน | บัสขอบเขต |
|--|------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1) สายส่งที่เชื่อมบัส 25 กับบัส 27 หลุด | 4 | $P_1^4 \cup P_2^4$ | { 68, 69, 75, 118 } |
| | 5 | $P_1^5 \cup P_2^5 \cup \{69\}$ | {47, 49, 65, 69, 70 } |
| | 6 | $P_2^6 \cup P_3^6 \cup \{69\}$ | { 34, 37, 38, 69, 70 } |
| 2) โหลดเพิ่ม 50% ที่บัส 103 และ 105 และโหลดเพิ่ม 30% ที่บัส 104, 107 และ 110 | 4 | $P_3^4 \cup P_4^4 \cup \{69\}$ | { 69 76 77 81 } |
| | 5 | $P_3^5 \cup P_4^5$ | { 68 69 74 75 85 } |
| | 6 | $P_4^6 \cup P_5^6 \cup \{69\}$ | { 69, 74, 75, 77, 81, 85 } |

ตารางที่ 4.15 โครงข่ายภายในและบัสขอบเขตของระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI ที่ใช้ในการทดสอบระบบทดสอบ IEEE 118 บัส

| เหตุการณ์ | จำนวนกลุ่ม | โครงข่ายภายใน | บัสขอบเขต |
|--|------------|--------------------|------------------------|
| 1) สายส่งที่เชื่อมบัส 25 กับบัส 27 หลุด | 4 | $P_1^4 \cup P_2^4$ | { 68, 69, 75, 118 } |
| | 5 | $P_1^5 \cup P_2^5$ | {47, 49, 65, 70 } |
| | 6 | $P_2^6 \cup P_3^6$ | { 34, 37, 38, 70 } |
| 2) โหลดเพิ่ม 50% ที่บัส 103 และ 105 และโหลดเพิ่ม 30% ที่บัส 104, 107 และ 110 | 4 | $P_3^4 \cup P_4^4$ | { 76 77 81 } |
| | 5 | $P_3^5 \cup P_4^5$ | { 68 69 74 75 85 } |
| | 6 | $P_4^6 \cup P_5^6$ | { 74, 75, 77, 81, 85 } |

หลังจากได้กำหนดโครงข่ายภายใน บัสขอบเขต และโครงข่ายภายนอก จะทำการสร้างสมมูลภายนอกแบบ Extended Ward และ REI จากจุดทำงานเริ่มต้นซึ่งได้จากการผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ในกรณีฐานของระบบเต็ม ผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ในกรณีฐานของระบบ IEEE 118 บัสแสดงไว้ในตารางที่ ข.2.1 ในภาคผนวก ข.2 ในการสร้างสมมูลภายนอกจะทำการละเลยกิ่งสมมูลในสมมูลภายนอกที่มีขนาดอิมพีแดนซ์สูงกว่า 3 per unit เพื่อปรับปรุงความเบาบางของระบบสมมูลตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

ขั้นตอนการทดสอบต่อมาเป็นการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันสำหรับทั้ง 2 เหตุการณ์กับระบบเต็มและระบบสมมูลแบบต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการวิเคราะห์ ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณขนาดแรงดัน มุมเฟสแรงดัน การไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟ โดยทอเลอเรนซ์สำหรับความคลาดเคลื่อนในกำลังแอกทีฟ และรีแอกทีฟที่ใช้เป็นเงื่อนไขเพื่อหยุดการทำซ้ำในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์เป็น 0.0001 per unit

4.3.1 ผลการทดสอบสำหรับเหตุการณ์ที่ 1

หัวข้อนี้จะแสดงผลการทดสอบสำหรับเหตุการณ์ที่ 1 ซึ่งสายส่งที่เชื่อมระหว่างบัส 25 กับบัส 27 หลุด ตารางที่ 4.16 แสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งเวลาในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์สำหรับเหตุการณ์ที่ 1 ตารางที่ 4.17 ถึง 4.28 แสดงผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์สำหรับเหตุการณ์ที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูล ตารางที่ 4.29 ถึง 4.31 แสดงขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดัน และการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟเทียบกับระบบเต็มเปรียบเทียบกันระหว่างระบบสมมูลแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.16 จำนวนบัส จำนวนบัสแรงดัน จำนวนกิ่ง จำนวนรอบ และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ของระบบเต็ม และระบบสมมูลแบบต่าง ๆ สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| จำนวนกลุ่ม | สมมูลภายนอก | จำนวนบัส | จำนวนบัสแรงดัน | จำนวนกิ่ง | จำนวนรอบ | เวลา (วินาที) |
|------------|---------------|----------|----------------|-----------|----------|---------------|
| 1 | ระบบเต็ม | 118 | 54 | 185 | 3 | 0.279 |
| 4 | Extended Ward | 81 | 36 | 130 | 3 | 0.232 |
| | REI | 85 | 38 | 143 | 3 | 0.235 |
| 5 | Extended Ward | 76 | 34 | 119 | 3 | 0.221 |
| | REI | 82 | 37 | 136 | 3 | 0.230 |
| 6 | Extended Ward | 47 | 22 | 68 | 3 | 0.180 |
| | REI | 55 | 26 | 94 | 3 | 0.196 |

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์โหนดโพล์เบรียม เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 9.9993 | 9.9991 |
| 2 | 0.9714 | 0.9714 | 0.0000 | 10.5082 | 10.5080 |
| 3 | 0.9677 | 0.9677 | 0.0000 | 10.8958 | 10.8956 |
| 4 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 14.6756 | 14.6755 |
| 5 | 1.0020 | 1.0020 | 0.0000 | 15.1304 | 15.1302 |
| 6 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 12.3371 | 12.3369 |
| 7 | 0.9893 | 0.9893 | 0.0000 | 11.8669 | 11.8667 |
| 8 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 20.2657 | 20.2655 |
| 9 | 1.0429 | 1.0429 | 0.0000 | 27.5198 | 27.5196 |
| 10 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 35.1007 | 35.1005 |
| 11 | 0.9851 | 0.9851 | 0.0000 | 12.0164 | 12.0162 |
| 12 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 11.4661 | 11.4659 |
| 13 | 0.9682 | 0.9682 | 0.0000 | 10.5562 | 10.5561 |
| 14 | 0.9836 | 0.9836 | 0.0000 | 10.6607 | 10.6605 |
| 15 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 10.1156 | 10.1155 |
| 16 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.9705 | 10.9703 |
| 17 | 0.9951 | 0.9951 | 0.0000 | 12.3615 | 12.3613 |
| 18 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 10.3101 | 10.3099 |
| 19 | 0.9620 | 0.9620 | 0.0000 | 10.0050 | 10.0048 |
| 20 | 0.9551 | 0.9551 | 0.0000 | 11.1356 | 11.1354 |
| 21 | 0.9547 | 0.9547 | 0.0000 | 12.9154 | 12.9152 |
| 22 | 0.9649 | 0.9649 | 0.0000 | 15.6968 | 15.6966 |
| 23 | 0.9946 | 0.9946 | 0.0000 | 20.9878 | 20.9876 |
| 24 | 0.9920 | 0.9920 | 0.0000 | 20.8253 | 20.8250 |
| 25 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 31.7173 | 31.7171 |
| 26 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 32.3496 | 32.3494 |
| 27 | 0.9680 | 0.9680 | 0.0000 | 6.0032 | 6.0030 |
| 28 | 0.9611 | 0.9611 | 0.0000 | 5.9095 | 5.9093 |
| 29 | 0.9625 | 0.9625 | 0.0000 | 6.7379 | 6.7377 |
| 30 | 0.9821 | 0.9821 | 0.0000 | 18.4918 | 18.4917 |
| 31 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 7.5022 | 7.5020 |

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 32 | 0.9630 | 0.9630 | 0.0000 | 9.0285 | 9.0283 |
| 33 | 0.9708 | 0.9708 | 0.0000 | 9.8319 | 9.8317 |
| 34 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.8465 | 10.8463 |
| 35 | 0.9804 | 0.9804 | 0.0000 | 10.3973 | 10.3972 |
| 36 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 10.3955 | 10.3954 |
| 37 | 0.9905 | 0.9905 | 0.0000 | 11.3201 | 11.3199 |
| 38 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 16.5733 | 16.5731 |
| 39 | 0.9699 | 0.9699 | 0.0000 | 7.9964 | 7.9962 |
| 40 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 6.9544 | 6.9543 |
| 41 | 0.9668 | 0.9668 | 0.0000 | 6.5419 | 6.5417 |
| 42 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 8.2292 | 8.2291 |
| 43 | 0.9769 | 0.9769 | 0.0000 | 10.9204 | 10.9203 |
| 44 | 0.9841 | 0.9841 | 0.0000 | 13.5873 | 13.5872 |
| 45 | 0.9861 | 0.9861 | 0.0000 | 15.4839 | 15.4838 |
| 46 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 18.3372 | 18.3371 |
| 47 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 20.6026 | 20.6025 |
| 48 | 1.0206 | 1.0206 | 0.0000 | 19.7945 | 19.7944 |
| 49 | 1.0250 | 1.0250 | 0.0000 | 20.8014 | 20.8013 |
| 50 | 1.0011 | 1.0011 | 0.0000 | 18.7660 | 18.7659 |
| 51 | 0.9669 | 0.9669 | 0.0000 | 16.1516 | 16.1514 |
| 52 | 0.9568 | 0.9568 | 0.0000 | 15.1993 | 15.1992 |
| 53 | 0.9460 | 0.9460 | 0.0000 | 14.2276 | 14.2275 |
| 54 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 15.1418 | 15.1416 |
| 55 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 14.8530 | 14.8529 |
| 56 | 0.9540 | 0.9540 | 0.0000 | 15.0390 | 15.0389 |
| 57 | 0.9706 | 0.9706 | 0.0000 | 16.2387 | 16.2385 |
| 58 | 0.9590 | 0.9590 | 0.0000 | 15.3827 | 15.3826 |
| 59 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 19.2543 | 19.2542 |
| 60 | 0.9932 | 0.9932 | 0.0000 | 23.0401 | 23.0400 |
| 61 | 0.9950 | 0.9950 | 0.0000 | 23.9320 | 23.9319 |
| 62 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 23.3140 | 23.3139 |
| 63 | 0.9687 | 0.9687 | 0.0000 | 22.6381 | 22.6380 |

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 64 | 0.9837 | 0.9837 | 0.0000 | 24.4067 | 24.4066 |
| 65 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 27.5395 | 27.5394 |
| 66 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 27.3626 | 27.3625 |
| 67 | 1.0197 | 1.0197 | 0.0000 | 24.7253 | 24.7251 |
| 68 | 1.0033 | 1.0033 | -0.0004 | 27.4836 | 27.4835 |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 70 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 22.5335 | 22.5331 |
| 71 | 0.9868 | 0.9868 | 0.0000 | 22.1048 | 22.1044 |
| 72 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 20.9167 | 20.9164 |
| 73 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 21.8932 | 21.8929 |
| 74 | 0.9580 | 0.9580 | 0.0000 | 21.6063 | 21.6057 |
| 75 | 0.9673 | 0.9673 | -0.0011 | 22.8753 | 22.8749 |
| 113 | 0.9930 | 0.9930 | 0.0000 | 11.8045 | 11.8043 |
| 114 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 7.1913 | 7.1911 |
| 115 | 0.9597 | 0.9597 | 0.0000 | 6.9268 | 6.9266 |
| 116 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 27.0486 | 27.0485 |
| 117 | 0.9738 | 0.9738 | 0.0000 | 9.9251 | 9.9249 |
| 118 | 0.9494 | 0.9494 | -0.0011 | 21.8852 | 21.8846 |

ตารางที่ 4.18 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| กิ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | -11.8961 | -11.8961 | 0.0000 | -13.1893 | -13.1893 | 0.0000 |
| 1 | 3 | -39.1039 | -39.1039 | 0.0000 | -16.9385 | -16.9385 | 0.0000 |
| 4 | 5 | -105.3458 | -105.3458 | 0.0000 | -26.8045 | -26.8045 | 0.0000 |
| 3 | 5 | -69.1683 | -69.1683 | 0.0000 | -14.1975 | -14.1975 | 0.0000 |
| 5 | 6 | 90.5263 | 90.5264 | 0.0000 | 3.8297 | 3.8297 | 0.0000 |
| 6 | 7 | 37.5526 | 37.5526 | 0.0000 | -5.2205 | -5.2205 | 0.0000 |
| 8 | 9 | -440.6350 | -440.6350 | 0.0000 | -89.7336 | -89.7336 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 8 | 5 | 346.1472 | 346.1472 | 0.0000 | 125.2551 | 125.2551 | 0.0000 |
| 9 | 10 | -445.2546 | -445.2546 | 0.0000 | -24.4289 | -24.4289 | 0.0000 |
| 4 | 11 | 66.3458 | 66.3458 | 0.0000 | -0.7059 | -0.7059 | 0.0001 |
| 5 | 11 | 79.6241 | 79.6241 | 0.0000 | 2.4986 | 2.4986 | 0.0000 |
| 11 | 12 | 36.9051 | 36.9051 | 0.0000 | -36.0786 | -36.0786 | 0.0000 |
| 2 | 12 | -31.9912 | -31.9912 | 0.0000 | -20.1462 | -20.1462 | 0.0000 |
| 3 | 12 | -9.1901 | -9.1901 | 0.0000 | -12.5776 | -12.5776 | 0.0000 |
| 7 | 12 | 18.4854 | 18.4854 | 0.0000 | -6.9863 | -6.9863 | 0.0000 |
| 11 | 13 | 36.8571 | 36.8571 | 0.0000 | 10.9509 | 10.9509 | 0.0000 |
| 12 | 14 | 20.2663 | 20.2663 | 0.0000 | 2.0884 | 2.0884 | 0.0000 |
| 13 | 15 | 2.5133 | 2.5133 | 0.0000 | -4.3889 | -4.3889 | 0.0000 |
| 14 | 15 | 6.1742 | 6.1742 | 0.0000 | 2.5541 | 2.5541 | 0.0000 |
| 12 | 16 | 11.2142 | 11.2143 | 0.0001 | 3.3246 | 3.3246 | -0.0002 |
| 15 | 17 | -94.2858 | -94.2857 | -0.0001 | -27.6687 | -27.6687 | 0.0002 |
| 16 | 17 | -13.8171 | -13.8171 | -0.0001 | -4.7140 | -4.7140 | 0.0001 |
| 17 | 18 | 75.0943 | 75.0942 | 0.0000 | 25.8824 | 25.8824 | 0.0001 |
| 18 | 19 | 14.3064 | 14.3064 | -0.0002 | 17.9490 | 17.9490 | 0.0000 |
| 19 | 20 | -13.6026 | -13.6024 | -0.0011 | 7.4043 | 7.4043 | -0.0008 |
| 15 | 19 | 9.6766 | 9.6767 | 0.0004 | 16.2775 | 16.2775 | -0.0001 |
| 20 | 21 | -31.6740 | -31.6738 | -0.0005 | 6.8109 | 6.8108 | -0.0008 |
| 21 | 22 | -45.8874 | -45.8873 | -0.0003 | -0.2100 | -0.2101 | 0.0213 |
| 22 | 23 | -56.3705 | -56.3704 | -0.0003 | -5.1858 | -5.1858 | 0.0006 |
| 23 | 24 | 6.6270 | 6.6279 | 0.0132 | 0.9556 | 0.9554 | -0.0215 |
| 23 | 25 | -242.7791 | -242.7795 | 0.0002 | -3.0013 | -3.0011 | -0.0058 |
| 26 | 25 | 32.0746 | 32.0751 | 0.0013 | 20.3587 | 20.3587 | 0.0000 |
| 27 | 28 | 3.3619 | 3.3619 | -0.0012 | 6.0624 | 6.0624 | 0.0002 |
| 28 | 29 | -13.6506 | -13.6507 | 0.0003 | 1.0160 | 1.0160 | 0.0010 |
| 30 | 17 | 280.1876 | 280.1878 | 0.0001 | 88.4992 | 88.4992 | 0.0000 |
| 8 | 30 | 66.4878 | 66.4878 | 0.0000 | 35.0932 | 35.0931 | -0.0001 |
| 26 | 30 | 281.9254 | 281.9249 | -0.0001 | -0.3684 | -0.3685 | 0.0212 |
| 17 | 31 | 53.3465 | 53.3467 | 0.0003 | 1.9620 | 1.9620 | -0.0015 |
| 29 | 31 | -37.6996 | -37.6996 | 0.0001 | -0.9773 | -0.9773 | -0.0010 |

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_g (MW) | | Error (%) | Q_g (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 23 | 32 | 171.6104 | 171.6101 | -0.0002 | -7.7062 | -7.7061 | -0.0004 |
| 31 | 32 | -21.8884 | -21.8883 | -0.0005 | 9.7109 | 9.7108 | -0.0003 |
| 27 | 32 | -57.4140 | -57.4139 | 0.0000 | 24.6433 | 24.6432 | 0.0000 |
| 15 | 33 | 3.2513 | 3.2512 | -0.0039 | -3.1320 | -3.1319 | -0.0013 |
| 19 | 34 | -7.5267 | -7.5268 | 0.0019 | -9.1600 | -9.1599 | -0.0005 |
| 35 | 36 | 1.1207 | 1.1207 | 0.0000 | 3.6297 | 3.6297 | -0.0001 |
| 35 | 37 | -34.1207 | -34.1207 | 0.0000 | -12.6297 | -12.6297 | 0.0000 |
| 33 | 37 | -19.7540 | -19.7541 | 0.0006 | -9.1417 | -9.1416 | -0.0004 |
| 34 | 36 | 29.9627 | 29.9627 | 0.0000 | 4.7851 | 4.7851 | 0.0000 |
| 34 | 37 | -96.8289 | -96.8289 | 0.0000 | -41.3183 | -41.3183 | -0.0001 |
| 38 | 37 | 248.2316 | 248.2315 | 0.0000 | 110.0653 | 110.0653 | 0.0000 |
| 37 | 39 | 53.8756 | 53.8755 | -0.0002 | 3.0746 | 3.0747 | 0.0008 |
| 37 | 40 | 43.0147 | 43.0146 | -0.0003 | -3.5249 | -3.5249 | -0.0008 |
| 30 | 38 | 61.5507 | 61.5501 | -0.0009 | 15.8847 | 15.8848 | 0.0004 |
| 39 | 40 | 25.9195 | 25.9194 | -0.0004 | -8.4882 | -8.4882 | -0.0004 |
| 40 | 41 | 14.4808 | 14.4807 | -0.0008 | 1.4935 | 1.4936 | 0.0023 |
| 40 | 42 | -12.8096 | -12.8097 | 0.0009 | -6.1290 | -6.1290 | -0.0006 |
| 41 | 42 | -22.5521 | -22.5523 | 0.0005 | -7.4712 | -7.4712 | -0.0005 |
| 43 | 44 | -17.7452 | -17.7453 | 0.0008 | -0.9415 | -0.9415 | -0.0049 |
| 34 | 43 | 0.2619 | 0.2617 | -0.0527 | 2.0248 | 2.0248 | 0.0023 |
| 44 | 45 | -33.9482 | -33.9484 | 0.0004 | 5.7584 | 5.7585 | 0.0006 |
| 45 | 46 | -36.9460 | -36.9461 | 0.0003 | -3.5255 | -3.5254 | -0.0005 |
| 46 | 47 | -31.6253 | -31.6254 | 0.0004 | -0.9752 | -0.9751 | -0.0080 |
| 46 | 48 | -14.8837 | -14.8836 | -0.0002 | -5.7861 | -5.7861 | 0.0002 |
| 47 | 49 | -8.9421 | -8.9417 | -0.0045 | -11.1554 | -11.1556 | 0.0017 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8530 | 0.0002 | 5.7021 | 5.7021 | 0.0009 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8530 | 0.0002 | 5.7021 | 5.7021 | 0.0009 |
| 45 | 49 | -50.2796 | -50.2797 | 0.0001 | -1.9332 | -1.9332 | -0.0002 |
| 48 | 49 | -35.0224 | -35.0223 | -0.0001 | 3.2450 | 3.2450 | -0.0003 |
| 49 | 50 | 53.5866 | 53.5867 | 0.0001 | 13.4436 | 13.4436 | -0.0001 |
| 49 | 51 | 66.5388 | 66.5388 | 0.0001 | 20.4599 | 20.4599 | 0.0000 |
| 51 | 52 | 28.5317 | 28.5317 | 0.0001 | 6.2537 | 6.2537 | -0.0001 |

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_n (MW) | | Error (%) | Q_n (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 52 | 53 | 10.3445 | 10.3446 | 0.0001 | 2.0032 | 2.0032 | -0.0002 |
| 53 | 54 | -12.7094 | -12.7094 | -0.0001 | -5.5412 | -5.5412 | 0.0001 |
| 49 | 54 | 37.6870 | 37.6870 | 0.0001 | 13.0818 | 13.0818 | -0.0001 |
| 49 | 54 | 37.6674 | 37.6674 | 0.0001 | 11.2129 | 11.2129 | -0.0001 |
| 54 | 55 | 7.0511 | 7.0511 | 0.0002 | 1.4620 | 1.4620 | -0.0002 |
| 54 | 56 | 18.4578 | 18.4578 | 0.0002 | 4.3665 | 4.3665 | -0.0003 |
| 55 | 56 | -21.3648 | -21.3648 | 0.0001 | -5.8424 | -5.8424 | -0.0002 |
| 56 | 57 | -22.9199 | -22.9199 | 0.0002 | -9.1344 | -9.1344 | -0.0002 |
| 50 | 57 | 35.8040 | 35.8040 | 0.0001 | 9.1628 | 9.1628 | -0.0001 |
| 56 | 58 | -6.6108 | -6.6108 | 0.0005 | -3.7185 | -3.7185 | -0.0004 |
| 51 | 58 | 18.7299 | 18.7300 | 0.0002 | 3.1822 | 3.1822 | -0.0004 |
| 54 | 59 | -30.4640 | -30.4639 | -0.0001 | -7.4825 | -7.4825 | 0.0002 |
| 56 | 59 | -28.0302 | -28.0301 | -0.0001 | -4.1459 | -4.1459 | 0.0004 |
| 56 | 59 | -29.3834 | -29.3834 | -0.0001 | -3.8772 | -3.8773 | 0.0004 |
| 55 | 59 | -34.5944 | -34.5944 | -0.0001 | -8.2380 | -8.2380 | 0.0002 |
| 59 | 60 | -43.3619 | -43.3619 | -0.0001 | 3.5875 | 3.5875 | -0.0002 |
| 59 | 61 | -51.7683 | -51.7683 | -0.0001 | 5.0474 | 5.0474 | -0.0002 |
| 60 | 61 | -112.1368 | -112.1368 | 0.0000 | 8.5320 | 8.5320 | -0.0001 |
| 60 | 62 | -9.8490 | -9.8490 | 0.0001 | -7.1199 | -7.1199 | 0.0000 |
| 61 | 62 | 25.5526 | 25.5526 | -0.0001 | -13.8701 | -13.8701 | -0.0001 |
| 63 | 59 | 151.9866 | 151.9865 | -0.0001 | 67.4668 | 67.4668 | 0.0000 |
| 63 | 64 | -151.9866 | -151.9865 | -0.0001 | -67.4668 | -67.4668 | 0.0000 |
| 64 | 61 | 30.7189 | 30.7188 | -0.0003 | 13.9567 | 13.9567 | 0.0001 |
| 38 | 65 | -186.9263 | -186.9268 | 0.0003 | -57.2497 | -57.2496 | -0.0002 |
| 64 | 65 | -183.1891 | -183.1889 | -0.0001 | -66.4606 | -66.4606 | 0.0000 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6841 | -0.0002 | 4.4721 | 4.4721 | -0.0018 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6841 | -0.0002 | 4.4721 | 4.4721 | -0.0018 |
| 62 | 66 | -37.1210 | -37.1210 | 0.0001 | -17.2769 | -17.2769 | 0.0000 |
| 62 | 67 | -24.2618 | -24.2619 | 0.0001 | -14.4257 | -14.4257 | 0.0000 |
| 65 | 66 | 9.4190 | 9.4185 | -0.0052 | 72.2523 | 72.2523 | 0.0000 |
| 66 | 67 | 53.1181 | 53.1181 | 0.0000 | 19.2782 | 19.2782 | 0.0000 |
| 65 | 68 | 7.0428 | 7.0431 | 0.0032 | -21.8814 | -21.8564 | -0.1143 |

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

| กิ่ง | | P_u (MW) | | Error (%) | Q_u (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 47 | 69 | -57.0596 | -57.0601 | 0.0010 | 12.1521 | 12.1523 | 0.0021 |
| 49 | 69 | -47.6223 | -47.6228 | 0.0012 | 11.1753 | 11.1755 | 0.0024 |
| 68 | 69 | -131.7835 | -131.7891 | 0.0042 | 113.1036 | 113.0910 | -0.0111 |
| 69 | 70 | 109.5205 | 109.5254 | 0.0045 | 15.9571 | 15.9566 | -0.0032 |
| 24 | 70 | -7.0598 | -7.0594 | -0.0064 | -2.9459 | -2.9459 | 0.0005 |
| 70 | 71 | 17.4519 | 17.4514 | -0.0024 | -12.5571 | -12.5570 | -0.0008 |
| 24 | 72 | 0.6792 | 0.6796 | 0.0619 | 3.5039 | 3.5038 | -0.0030 |
| 71 | 72 | 11.3983 | 11.3979 | -0.0037 | -1.1225 | -1.1224 | -0.0087 |
| 71 | 73 | 6.0124 | 6.0124 | 0.0000 | -10.7477 | -10.7476 | 0.0000 |
| 70 | 74 | 15.9538 | 15.9563 | 0.0159 | 12.9650 | 12.9643 | -0.0056 |
| 70 | 75 | -0.4470 | -0.4440 | -0.6733 | 10.0533 | 10.0598 | 0.0645 |
| 69 | 75 | 110.7446 | 110.7522 | 0.0069 | 20.3580 | 20.3652 | 0.0353 |
| 74 | 75 | -52.2399 | -52.2374 | -0.0048 | -6.0528 | -6.0284 | -0.4028 |
| 17 | 113 | 31.2126 | 31.2128 | 0.0005 | -2.6866 | -2.6866 | 0.0009 |
| 32 | 113 | -24.6925 | -24.6926 | 0.0006 | -8.5999 | -8.5998 | -0.0006 |
| 32 | 114 | 47.4062 | 47.4062 | 0.0000 | -5.3278 | -5.3278 | 0.0000 |
| 27 | 115 | -16.9479 | -16.9479 | -0.0001 | 13.8126 | 13.8126 | 0.0000 |
| 114 | 115 | 39.0760 | 39.0760 | 0.0000 | -8.3200 | -8.3200 | 0.0000 |
| 68 | 116 | 184.1258 | 184.1259 | 0.0000 | -66.1498 | -66.2482 | 0.1488 |
| 12 | 117 | 20.1525 | 20.1525 | 0.0000 | 5.1973 | 5.1973 | 0.0000 |
| 75 | 118 | 40.2610 | 40.2640 | 0.0075 | 23.5527 | 23.5507 | -0.0084 |

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์โหนดโพลาร์ปริซึม เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 9.9993 | 9.9998 |
| 2 | 0.9714 | 0.9714 | 0.0000 | 10.5082 | 10.5087 |
| 3 | 0.9677 | 0.9677 | 0.0000 | 10.8958 | 10.8963 |
| 4 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 14.6756 | 14.6762 |
| 5 | 1.0020 | 1.0020 | 0.0000 | 15.1304 | 15.1309 |

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 6 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 12.3371 | 12.3376 |
| 7 | 0.9893 | 0.9893 | 0.0000 | 11.8669 | 11.8674 |
| 8 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 20.2657 | 20.2662 |
| 9 | 1.0429 | 1.0429 | 0.0000 | 27.5198 | 27.5203 |
| 10 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 35.1007 | 35.1013 |
| 11 | 0.9851 | 0.9851 | 0.0000 | 12.0164 | 12.0169 |
| 12 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 11.4661 | 11.4666 |
| 13 | 0.9682 | 0.9682 | 0.0000 | 10.5562 | 10.5568 |
| 14 | 0.9836 | 0.9836 | 0.0000 | 10.6607 | 10.6612 |
| 15 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 10.1156 | 10.1162 |
| 16 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.9705 | 10.9711 |
| 17 | 0.9951 | 0.9951 | 0.0000 | 12.3615 | 12.3620 |
| 18 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 10.3101 | 10.3106 |
| 19 | 0.9620 | 0.9620 | 0.0000 | 10.0050 | 10.0055 |
| 20 | 0.9551 | 0.9551 | 0.0000 | 11.1356 | 11.1361 |
| 21 | 0.9547 | 0.9547 | 0.0000 | 12.9154 | 12.9159 |
| 22 | 0.9649 | 0.9649 | 0.0000 | 15.6968 | 15.6973 |
| 23 | 0.9946 | 0.9946 | 0.0000 | 20.9878 | 20.9884 |
| 24 | 0.9920 | 0.9920 | 0.0000 | 20.8253 | 20.8258 |
| 25 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 31.7173 | 31.7178 |
| 26 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 32.3496 | 32.3502 |
| 27 | 0.9680 | 0.9680 | 0.0000 | 6.0032 | 6.0037 |
| 28 | 0.9611 | 0.9611 | 0.0000 | 5.9095 | 5.9100 |
| 29 | 0.9625 | 0.9625 | 0.0000 | 6.7379 | 6.7384 |
| 30 | 0.9821 | 0.9821 | 0.0000 | 18.4918 | 18.4924 |
| 31 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 7.6022 | 7.5027 |
| 32 | 0.9630 | 0.9630 | 0.0000 | 9.0285 | 9.0290 |
| 33 | 0.9708 | 0.9708 | 0.0000 | 9.8319 | 9.8324 |
| 34 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.8465 | 10.8470 |
| 35 | 0.9804 | 0.9804 | 0.0000 | 10.3973 | 10.3978 |
| 36 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 10.3955 | 10.3960 |
| 37 | 0.9905 | 0.9905 | 0.0000 | 11.3201 | 11.3206 |

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 38 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 16.5733 | 16.5738 |
| 39 | 0.9699 | 0.9699 | 0.0000 | 7.9964 | 7.9969 |
| 40 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 6.9544 | 6.9549 |
| 41 | 0.9668 | 0.9668 | 0.0000 | 6.5419 | 6.5424 |
| 42 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 8.2292 | 8.2297 |
| 43 | 0.9769 | 0.9769 | 0.0000 | 10.9204 | 10.9209 |
| 44 | 0.9841 | 0.9841 | 0.0000 | 13.5873 | 13.5878 |
| 45 | 0.9861 | 0.9861 | 0.0000 | 15.4839 | 15.4844 |
| 46 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 18.3372 | 18.3377 |
| 47 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 20.6026 | 20.6030 |
| 48 | 1.0206 | 1.0206 | 0.0000 | 19.7945 | 19.7949 |
| 49 | 1.0250 | 1.0250 | 0.0000 | 20.8014 | 20.8019 |
| 50 | 1.0011 | 1.0011 | 0.0000 | 18.7660 | 18.7665 |
| 51 | 0.9669 | 0.9669 | 0.0000 | 16.1516 | 16.1520 |
| 52 | 0.9568 | 0.9568 | 0.0000 | 15.1993 | 15.1998 |
| 53 | 0.9460 | 0.9460 | 0.0000 | 14.2276 | 14.2281 |
| 54 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 15.1418 | 15.1423 |
| 55 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 14.8530 | 14.8535 |
| 56 | 0.9540 | 0.9540 | 0.0000 | 15.0390 | 15.0395 |
| 57 | 0.9706 | 0.9706 | 0.0000 | 16.2387 | 16.2391 |
| 58 | 0.9590 | 0.9590 | 0.0000 | 15.3827 | 15.3832 |
| 59 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 19.2543 | 19.2549 |
| 60 | 0.9932 | 0.9932 | 0.0000 | 23.0401 | 23.0406 |
| 61 | 0.9950 | 0.9950 | 0.0000 | 23.9320 | 23.9326 |
| 62 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 23.3140 | 23.3146 |
| 63 | 0.9687 | 0.9687 | 0.0000 | 22.6381 | 22.6387 |
| 64 | 0.9837 | 0.9837 | 0.0000 | 24.4067 | 24.4073 |
| 65 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 27.5395 | 27.5401 |
| 66 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 27.3626 | 27.3631 |
| 67 | 1.0197 | 1.0197 | 0.0000 | 24.7253 | 24.7258 |
| 68 | 1.0033 | 1.0033 | -0.0001 | 27.4836 | 27.4842 |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 70 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 22.5335 | 22.5339 |
| 71 | 0.9868 | 0.9868 | 0.0000 | 22.1048 | 22.1053 |
| 72 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 20.9167 | 20.9172 |
| 73 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 21.8932 | 21.8937 |
| 74 | 0.9580 | 0.9580 | 0.0000 | 21.6063 | 21.6070 |
| 75 | 0.9673 | 0.9673 | -0.0008 | 22.8753 | 22.8763 |
| 113 | 0.9930 | 0.9930 | 0.0000 | 11.8045 | 11.8051 |
| 114 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 7.1913 | 7.1919 |
| 115 | 0.9597 | 0.9597 | 0.0000 | 6.9268 | 6.9273 |
| 116 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 27.0486 | 27.0493 |
| 117 | 0.9738 | 0.9738 | 0.0000 | 9.9251 | 9.9256 |
| 118 | 0.9494 | 0.9494 | -0.0011 | 21.8852 | 21.8869 |

ตารางที่ 4.20 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| กิ่ง | | P_p (MW) | | Error (%) | Q_p (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | -11.8961 | -11.8961 | 0.0000 | -13.1893 | -13.1893 | 0.0000 |
| 1 | 3 | -39.1039 | -39.1039 | 0.0000 | -16.9385 | -16.9385 | 0.0000 |
| 4 | 5 | -105.3458 | -105.3459 | 0.0000 | -26.8045 | -26.8045 | 0.0000 |
| 3 | 5 | -69.1683 | -69.1683 | 0.0000 | -14.1975 | -14.1975 | 0.0000 |
| 5 | 6 | 90.5263 | 90.5264 | 0.0000 | 3.8297 | 3.8297 | 0.0000 |
| 6 | 7 | 37.5526 | 37.5526 | 0.0000 | -5.2205 | -5.2205 | 0.0000 |
| 8 | 9 | -440.6350 | -440.6350 | 0.0000 | -89.7336 | -89.7336 | 0.0000 |
| 8 | 5 | 346.1472 | 346.1472 | 0.0000 | 125.2551 | 125.2551 | 0.0000 |
| 9 | 10 | -445.2546 | -445.2546 | 0.0000 | -24.4289 | -24.4289 | 0.0000 |
| 4 | 11 | 66.3458 | 66.3459 | 0.0000 | -0.7059 | -0.7059 | 0.0002 |
| 5 | 11 | 79.6241 | 79.6241 | 0.0000 | 2.4986 | 2.4986 | 0.0000 |
| 11 | 12 | 36.9051 | 36.9051 | 0.0000 | -36.0786 | -36.0786 | 0.0000 |
| 2 | 12 | -31.9912 | -31.9912 | 0.0000 | -20.1462 | -20.1462 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 3 | 12 | -9.1901 | -9.1901 | 0.0000 | -12.5776 | -12.5776 | 0.0000 |
| 7 | 12 | 18.4854 | 18.4854 | 0.0000 | -6.9863 | -6.9863 | 0.0000 |
| 11 | 13 | 36.8571 | 36.8571 | 0.0000 | 10.9509 | 10.9509 | 0.0000 |
| 12 | 14 | 20.2663 | 20.2663 | 0.0000 | 2.0884 | 2.0884 | -0.0001 |
| 13 | 15 | 2.5133 | 2.5133 | 0.0003 | -4.3889 | -4.3889 | 0.0000 |
| 14 | 15 | 6.1742 | 6.1742 | 0.0001 | 2.5541 | 2.5541 | -0.0001 |
| 12 | 16 | 11.2142 | 11.2143 | 0.0000 | 3.3246 | 3.3246 | 0.0000 |
| 15 | 17 | -94.2858 | -94.2858 | 0.0000 | -27.6687 | -27.6687 | 0.0000 |
| 16 | 17 | -13.8171 | -13.8171 | 0.0000 | -4.7140 | -4.7140 | 0.0000 |
| 17 | 18 | 75.0943 | 75.0943 | 0.0000 | 25.8824 | 25.8824 | 0.0000 |
| 18 | 19 | 14.3064 | 14.3065 | 0.0001 | 17.9490 | 17.9490 | 0.0000 |
| 19 | 20 | -13.6026 | -13.6026 | -0.0002 | 7.4043 | 7.4043 | -0.0001 |
| 15 | 19 | 9.6766 | 9.6766 | 0.0002 | 16.2775 | 16.2775 | 0.0000 |
| 20 | 21 | -31.6740 | -31.6740 | -0.0001 | 6.8109 | 6.8109 | -0.0001 |
| 21 | 22 | -45.8874 | -45.8874 | 0.0000 | -0.2100 | -0.2101 | 0.0031 |
| 22 | 23 | -56.3705 | -56.3705 | 0.0000 | -5.1858 | -5.1858 | 0.0001 |
| 23 | 24 | 6.6270 | 6.6271 | 0.0025 | 0.9556 | 0.9555 | -0.0042 |
| 23 | 25 | -242.7791 | -242.7792 | 0.0000 | -3.0013 | -3.0013 | -0.0012 |
| 26 | 25 | 32.0746 | 32.0747 | 0.0003 | 20.3587 | 20.3587 | 0.0000 |
| 27 | 28 | 3.3619 | 3.3619 | -0.0002 | 6.0624 | 6.0624 | 0.0000 |
| 28 | 29 | -13.6506 | -13.6506 | 0.0001 | 1.0160 | 1.0160 | 0.0002 |
| 30 | 17 | 280.1876 | 280.1877 | 0.0000 | 88.4992 | 88.4991 | 0.0000 |
| 8 | 30 | 66.4878 | 66.4878 | 0.0000 | 35.0932 | 35.0932 | 0.0001 |
| 26 | 30 | 281.9254 | 281.9253 | 0.0000 | -0.3684 | -0.3684 | 0.0003 |
| 17 | 31 | 53.3465 | 53.3465 | 0.0000 | 1.9620 | 1.9620 | -0.0003 |
| 29 | 31 | -37.6996 | -37.6996 | 0.0000 | -0.9773 | -0.9773 | -0.0002 |
| 23 | 32 | 171.6104 | 171.6104 | 0.0000 | -7.7062 | -7.7062 | -0.0001 |
| 31 | 32 | -21.8884 | -21.8884 | -0.0001 | 9.7109 | 9.7109 | -0.0001 |
| 27 | 32 | -57.4140 | -57.4139 | 0.0000 | 24.6433 | 24.6433 | 0.0000 |
| 15 | 33 | 3.2513 | 3.2514 | 0.0004 | -3.1320 | -3.1320 | 0.0001 |
| 19 | 34 | -7.5267 | -7.5267 | -0.0002 | -9.1600 | -9.1600 | 0.0001 |
| 35 | 36 | 1.1207 | 1.1207 | 0.0018 | 3.6297 | 3.6297 | -0.0003 |

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 35 | 37 | -34.1207 | -34.1207 | 0.0001 | -12.6297 | -12.6297 | -0.0001 |
| 33 | 37 | -19.7540 | -19.7540 | -0.0001 | -9.1417 | -9.1417 | 0.0000 |
| 34 | 36 | 29.9627 | 29.9627 | -0.0001 | 4.7851 | 4.7851 | 0.0001 |
| 34 | 37 | -96.8289 | -96.8291 | 0.0002 | -41.3183 | -41.3182 | -0.0002 |
| 38 | 37 | 248.2316 | 248.2322 | 0.0002 | 110.0653 | 110.0653 | -0.0001 |
| 37 | 39 | 53.8756 | 53.8758 | 0.0003 | 3.0746 | 3.0746 | -0.0012 |
| 37 | 40 | 43.0147 | 43.0148 | 0.0004 | -3.5249 | -3.5249 | 0.0013 |
| 30 | 38 | 61.5507 | 61.5505 | -0.0003 | 15.8847 | 15.8848 | 0.0005 |
| 39 | 40 | 25.9195 | 25.9197 | 0.0006 | -8.4882 | -8.4883 | 0.0007 |
| 40 | 41 | 14.4808 | 14.4810 | 0.0011 | 1.4935 | 1.4935 | -0.0033 |
| 40 | 42 | -12.8096 | -12.8094 | -0.0012 | -6.1290 | -6.1291 | 0.0008 |
| 41 | 42 | -22.5521 | -22.5520 | -0.0007 | -7.4712 | -7.4713 | 0.0007 |
| 43 | 44 | -17.7452 | -17.7450 | -0.0013 | -0.9415 | -0.9416 | 0.0078 |
| 34 | 43 | 0.2619 | 0.2621 | 0.0859 | 2.0248 | 2.0247 | -0.0037 |
| 44 | 45 | -33.9482 | -33.9480 | -0.0007 | 5.7584 | 5.7584 | -0.0009 |
| 45 | 46 | -36.9460 | -36.9457 | -0.0007 | -3.5255 | -3.5255 | 0.0020 |
| 46 | 47 | -31.6253 | -31.6248 | -0.0015 | -0.9752 | -0.9755 | 0.0290 |
| 46 | 48 | -14.8837 | -14.8839 | 0.0012 | -5.7861 | -5.7860 | -0.0012 |
| 47 | 49 | -8.9421 | -8.9439 | 0.0192 | -11.1554 | -11.1546 | -0.0070 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8527 | -0.0002 | 5.7021 | 5.7020 | -0.0013 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8527 | -0.0002 | 5.7021 | 5.7020 | -0.0013 |
| 45 | 49 | -50.2796 | -50.2797 | 0.0001 | -1.9332 | -1.9331 | -0.0018 |
| 48 | 49 | -35.0224 | -35.0226 | 0.0005 | 3.2450 | 3.2451 | 0.0018 |
| 49 | 50 | 53.5866 | 53.5864 | -0.0004 | 13.4436 | 13.4437 | 0.0004 |
| 49 | 51 | 66.5388 | 66.5385 | -0.0004 | 20.4599 | 20.4599 | 0.0003 |
| 51 | 52 | 28.5317 | 28.5316 | -0.0003 | 6.2537 | 6.2537 | 0.0004 |
| 52 | 53 | 10.3445 | 10.3445 | -0.0008 | 2.0032 | 2.0033 | 0.0014 |
| 53 | 54 | -12.7094 | -12.7095 | 0.0006 | -5.5412 | -5.5411 | -0.0005 |
| 49 | 54 | 37.6870 | 37.6867 | -0.0006 | 13.0818 | 13.0818 | 0.0003 |
| 49 | 54 | 37.6674 | 37.6671 | -0.0006 | 11.2129 | 11.2130 | 0.0004 |
| 54 | 55 | 7.0511 | 7.0510 | -0.0010 | 1.4620 | 1.4621 | 0.0011 |
| 54 | 56 | 18.4578 | 18.4575 | -0.0012 | 4.3665 | 4.3665 | 0.0014 |

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

| ถึง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 55 | 56 | -21.3648 | -21.3646 | -0.0008 | -5.8424 | -5.8424 | 0.0010 |
| 56 | 57 | -22.9199 | -22.9197 | -0.0009 | -9.1344 | -9.1345 | 0.0010 |
| 50 | 57 | 35.8040 | 35.8037 | -0.0006 | 9.1628 | 9.1628 | 0.0007 |
| 56 | 58 | -6.6108 | -6.6106 | -0.0026 | -3.7185 | -3.7186 | 0.0021 |
| 51 | 58 | 18.7299 | 18.7298 | -0.0009 | 3.1822 | 3.1823 | 0.0023 |
| 54 | 59 | -30.4640 | -30.4642 | 0.0008 | -7.4825 | -7.4824 | -0.0010 |
| 56 | 59 | -28.0302 | -28.0304 | 0.0007 | -4.1459 | -4.1458 | -0.0021 |
| 56 | 59 | -29.3834 | -29.3836 | 0.0007 | -3.8772 | -3.8772 | -0.0023 |
| 55 | 59 | -34.5944 | -34.5946 | 0.0007 | -8.2380 | -8.2379 | -0.0009 |
| 59 | 60 | -43.3619 | -43.3621 | 0.0003 | 3.5875 | 3.5876 | 0.0011 |
| 59 | 61 | -51.7683 | -51.7685 | 0.0003 | 5.0474 | 5.0474 | 0.0009 |
| 60 | 61 | -112.1368 | -112.1370 | 0.0002 | 8.5320 | 8.5320 | 0.0005 |
| 60 | 62 | -9.8490 | -9.8489 | -0.0007 | -7.1199 | -7.1199 | 0.0002 |
| 61 | 62 | 25.5526 | 25.5528 | 0.0007 | -13.8701 | -13.8702 | 0.0003 |
| 63 | 59 | 151.9866 | 151.9873 | 0.0004 | 67.4668 | 67.4667 | -0.0001 |
| 63 | 64 | -151.9866 | -151.9873 | 0.0004 | -67.4668 | -67.4667 | -0.0001 |
| 64 | 61 | 30.7189 | 30.7194 | 0.0018 | 13.9567 | 13.9566 | -0.0007 |
| 38 | 65 | -186.9263 | -186.9271 | 0.0004 | -57.2497 | -57.2495 | -0.0003 |
| 64 | 65 | -183.1891 | -183.1904 | 0.0007 | -66.4606 | -66.4605 | -0.0001 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6858 | 0.0011 | 4.4721 | 4.4726 | 0.0101 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6858 | 0.0011 | 4.4721 | 4.4726 | 0.0101 |
| 62 | 66 | -37.1210 | -37.1209 | -0.0003 | -17.2769 | -17.2770 | 0.0002 |
| 62 | 67 | -24.2618 | -24.2617 | -0.0005 | -14.4257 | -14.4258 | 0.0002 |
| 65 | 66 | 9.4190 | 9.4217 | 0.0287 | 72.2523 | 72.2523 | 0.0000 |
| 66 | 67 | 53.1181 | 53.1180 | -0.0002 | 19.2782 | 19.2782 | 0.0001 |
| 65 | 68 | 7.0428 | 7.0382 | -0.0664 | -21.8814 | -21.8773 | -0.0184 |
| 47 | 69 | -57.0596 | -57.0574 | -0.0038 | 12.1521 | 12.1511 | -0.0084 |
| 49 | 69 | -47.6223 | -47.6200 | -0.0047 | 11.1753 | 11.1742 | -0.0097 |
| 68 | 69 | -131.7835 | -131.7508 | -0.0248 | 113.1036 | 113.1003 | -0.0029 |
| 69 | 70 | 109.5205 | 109.5138 | -0.0061 | 15.9571 | 15.9578 | 0.0043 |
| 24 | 70 | -7.0598 | -7.0597 | -0.0012 | -2.9459 | -2.9459 | 0.0001 |
| 70 | 71 | 17.4519 | 17.4518 | -0.0005 | -12.5571 | -12.5571 | -0.0001 |

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 24 | 72 | 0.6792 | 0.6793 | 0.0115 | 3.5039 | 3.5039 | -0.0006 |
| 71 | 72 | 11.3983 | 11.3982 | -0.0007 | -1.1225 | -1.1225 | -0.0016 |
| 71 | 73 | 6.0124 | 6.0124 | 0.0000 | -10.7477 | -10.7477 | 0.0000 |
| 70 | 74 | 15.9538 | 15.9511 | -0.0168 | 12.9650 | 12.9658 | 0.0059 |
| 70 | 75 | -0.4470 | -0.4504 | 0.7612 | 10.0533 | 10.0597 | 0.0633 |
| 69 | 75 | 110.7446 | 110.7331 | -0.0103 | 20.3580 | 20.3665 | 0.0418 |
| 74 | 75 | -52.2399 | -52.2425 | 0.0051 | -6.0528 | -6.0339 | -0.3127 |
| 17 | 113 | 31.2126 | 31.2126 | 0.0001 | -2.6866 | -2.6866 | 0.0005 |
| 32 | 113 | -24.6925 | -24.6925 | 0.0001 | -8.5999 | -8.5999 | -0.0001 |
| 32 | 114 | 47.4062 | 47.4062 | 0.0000 | -5.3278 | -5.3278 | 0.0000 |
| 27 | 115 | -16.9479 | -16.9479 | 0.0000 | 13.8126 | 13.8126 | 0.0000 |
| 114 | 115 | 39.0760 | 39.0760 | 0.0000 | -8.3200 | -8.3200 | 0.0000 |
| 68 | 116 | 184.1258 | 184.1258 | 0.0000 | -66.1498 | -66.1641 | 0.0216 |
| 12 | 117 | 20.1525 | 20.1525 | 0.0000 | 5.1973 | 5.1973 | 0.0000 |
| 75 | 118 | 40.2610 | 40.2405 | -0.0508 | 23.5527 | 23.5642 | 0.0487 |

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 9.9993 | 10.0006 |
| 2 | 0.9714 | 0.9714 | 0.0000 | 10.5082 | 10.5095 |
| 3 | 0.9677 | 0.9677 | 0.0000 | 10.8958 | 10.8970 |
| 4 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 14.6756 | 14.6769 |
| 5 | 1.0020 | 1.0020 | 0.0000 | 15.1304 | 15.1317 |
| 6 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 12.3371 | 12.3384 |
| 7 | 0.9893 | 0.9893 | 0.0000 | 11.8669 | 11.8681 |
| 8 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 20.2657 | 20.2670 |
| 9 | 1.0429 | 1.0429 | 0.0000 | 27.5198 | 27.5211 |
| 10 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 35.1007 | 35.1020 |
| 11 | 0.9851 | 0.9851 | 0.0000 | 12.0164 | 12.0177 |

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

| ปี | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 12 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 11.4661 | 11.4674 |
| 13 | 0.9682 | 0.9682 | 0.0000 | 10.5562 | 10.5575 |
| 14 | 0.9836 | 0.9836 | 0.0000 | 10.6607 | 10.6620 |
| 15 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 10.1156 | 10.1169 |
| 16 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.9705 | 10.9718 |
| 17 | 0.9951 | 0.9951 | 0.0000 | 12.3615 | 12.3628 |
| 18 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 10.3101 | 10.3114 |
| 19 | 0.9620 | 0.9620 | 0.0000 | 10.0050 | 10.0063 |
| 20 | 0.9551 | 0.9551 | 0.0000 | 11.1356 | 11.1368 |
| 21 | 0.9547 | 0.9547 | 0.0000 | 12.9154 | 12.9166 |
| 22 | 0.9649 | 0.9649 | 0.0000 | 15.6968 | 15.6980 |
| 23 | 0.9946 | 0.9946 | 0.0000 | 20.9878 | 20.9889 |
| 24 | 0.9920 | 0.9920 | 0.0000 | 20.8253 | 20.8263 |
| 25 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 31.7173 | 31.7185 |
| 26 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 32.3496 | 32.3509 |
| 27 | 0.9680 | 0.9680 | 0.0000 | 6.0032 | 6.0044 |
| 28 | 0.9611 | 0.9611 | 0.0000 | 5.9095 | 5.9107 |
| 29 | 0.9625 | 0.9625 | 0.0000 | 6.7379 | 6.7391 |
| 30 | 0.9821 | 0.9821 | 0.0000 | 18.4918 | 18.4931 |
| 31 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 7.5022 | 7.5034 |
| 32 | 0.9630 | 0.9630 | 0.0000 | 9.0285 | 9.0297 |
| 33 | 0.9708 | 0.9708 | 0.0000 | 9.8319 | 9.8332 |
| 34 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.8465 | 10.8478 |
| 35 | 0.9804 | 0.9804 | 0.0000 | 10.3973 | 10.3987 |
| 36 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 10.3955 | 10.3969 |
| 37 | 0.9905 | 0.9905 | 0.0000 | 11.3201 | 11.3214 |
| 38 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 16.5733 | 16.5747 |
| 39 | 0.9699 | 0.9699 | 0.0000 | 7.9964 | 7.9977 |
| 40 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 6.9544 | 6.9557 |
| 41 | 0.9668 | 0.9668 | 0.0000 | 6.5419 | 6.5432 |
| 42 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 8.2292 | 8.2305 |
| 43 | 0.9769 | 0.9769 | 0.0000 | 10.9204 | 10.9217 |

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 44 | 0.9841 | 0.9841 | 0.0000 | 13.5873 | 13.5886 |
| 45 | 0.9861 | 0.9861 | 0.0000 | 15.4839 | 15.4852 |
| 46 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 18.3372 | 18.3384 |
| 47 | 1.0170 | 1.0170 | -0.0001 | 20.6026 | 20.6037 |
| 48 | 1.0206 | 1.0206 | 0.0000 | 19.7945 | 19.7958 |
| 49 | 1.0250 | 1.0250 | 0.0000 | 20.8014 | 20.8027 |
| 50 | 1.0011 | 1.0011 | 0.0000 | 18.7660 | 18.7673 |
| 51 | 0.9669 | 0.9669 | 0.0000 | 16.1516 | 16.1529 |
| 52 | 0.9568 | 0.9568 | 0.0000 | 15.1993 | 15.2007 |
| 53 | 0.9460 | 0.9460 | 0.0000 | 14.2276 | 14.2290 |
| 54 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 15.1418 | 15.1432 |
| 55 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 14.8530 | 14.8544 |
| 56 | 0.9540 | 0.9540 | 0.0000 | 15.0390 | 15.0405 |
| 57 | 0.9706 | 0.9706 | 0.0000 | 16.2387 | 16.2400 |
| 58 | 0.9590 | 0.9590 | 0.0000 | 15.3827 | 15.3841 |
| 59 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 19.2543 | 19.2559 |
| 60 | 0.9932 | 0.9932 | 0.0000 | 23.0401 | 23.0416 |
| 61 | 0.9950 | 0.9950 | 0.0000 | 23.9320 | 23.9336 |
| 62 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 23.3140 | 23.3156 |
| 63 | 0.9687 | 0.9687 | 0.0000 | 22.6381 | 22.6397 |
| 64 | 0.9837 | 0.9837 | 0.0000 | 24.4067 | 24.4083 |
| 65 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 27.5395 | 27.5411 |
| 66 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 27.3626 | 27.3641 |
| 67 | 1.0197 | 1.0197 | 0.0000 | 24.7253 | 24.7268 |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 70 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 22.5335 | 22.5340 |
| 71 | 0.9868 | 0.9868 | 0.0000 | 22.1048 | 22.1054 |
| 72 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 20.9167 | 20.9175 |
| 73 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 21.8932 | 21.8938 |
| 113 | 0.9930 | 0.9930 | 0.0000 | 11.8045 | 11.8058 |
| 114 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 7.1913 | 7.1925 |

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 115 | 0.9597 | 0.9597 | 0.0000 | 6.9268 | 6.9280 |
| 117 | 0.9738 | 0.9738 | 0.0000 | 9.9251 | 9.9264 |

ตารางที่ 4.22 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| กิ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | -11.8961 | -11.8961 | -0.0001 | -13.1893 | -13.1893 | 0.0000 |
| 1 | 3 | -39.1039 | -39.1039 | 0.0000 | -16.9385 | -16.9385 | 0.0000 |
| 4 | 5 | -105.3458 | -105.3459 | 0.0000 | -26.8045 | -26.8045 | 0.0000 |
| 3 | 5 | -69.1683 | -69.1684 | 0.0000 | -14.1975 | -14.1975 | 0.0000 |
| 5 | 6 | 90.5263 | 90.5264 | 0.0000 | 3.8297 | 3.8297 | -0.0001 |
| 6 | 7 | 37.5526 | 37.5527 | 0.0001 | -5.2205 | -5.2205 | 0.0001 |
| 8 | 9 | -440.6350 | -440.6350 | 0.0000 | -89.7336 | -89.7336 | 0.0000 |
| 8 | 5 | 346.1472 | 346.1473 | 0.0000 | 125.2551 | 125.2551 | 0.0000 |
| 9 | 10 | -445.2546 | -445.2546 | 0.0000 | -24.4289 | -24.4289 | 0.0000 |
| 4 | 11 | 66.3458 | 66.3459 | 0.0000 | -0.7059 | -0.7059 | 0.0010 |
| 5 | 11 | 79.6241 | 79.6242 | 0.0000 | 2.4986 | 2.4986 | -0.0003 |
| 11 | 12 | 36.9051 | 36.9051 | 0.0001 | -36.0786 | -36.0787 | 0.0000 |
| 2 | 12 | -31.9912 | -31.9912 | 0.0000 | -20.1462 | -20.1462 | 0.0000 |
| 3 | 12 | -9.1901 | -9.1901 | -0.0001 | -12.5776 | -12.5776 | 0.0000 |
| 7 | 12 | 18.4854 | 18.4855 | 0.0002 | -6.9863 | -6.9863 | 0.0001 |
| 11 | 13 | 36.8571 | 36.8571 | 0.0001 | 10.9509 | 10.9509 | -0.0001 |
| 12 | 14 | 20.2663 | 20.2663 | 0.0001 | 2.0884 | 2.0884 | -0.0003 |
| 13 | 15 | 2.5133 | 2.5134 | 0.0008 | -4.3889 | -4.3889 | 0.0002 |
| 14 | 15 | 6.1742 | 6.1743 | 0.0004 | 2.5541 | 2.5541 | -0.0003 |
| 12 | 16 | 11.2142 | 11.2143 | 0.0006 | 3.3246 | 3.3246 | -0.0006 |
| 15 | 17 | -94.2858 | -94.2856 | -0.0002 | -27.6687 | -27.6688 | 0.0004 |
| 16 | 17 | -13.8171 | -13.8170 | -0.0005 | -4.7140 | -4.7141 | 0.0005 |
| 17 | 18 | 75.0943 | 75.0942 | 0.0000 | 25.8824 | 25.8824 | 0.0001 |

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 18 | 19 | 14.3064 | 14.3064 | -0.0002 | 17.9490 | 17.9490 | 0.0000 |
| 19 | 20 | -13.6026 | -13.6020 | -0.0041 | 7.4043 | 7.4041 | -0.0031 |
| 15 | 19 | 9.6766 | 9.6768 | 0.0019 | 16.2775 | 16.2774 | -0.0003 |
| 20 | 21 | -31.6740 | -31.6734 | -0.0018 | 6.8109 | 6.8107 | -0.0030 |
| 21 | 22 | -45.8874 | -45.8869 | -0.0012 | -0.2100 | -0.2102 | 0.0794 |
| 22 | 23 | -56.3705 | -56.3699 | -0.0010 | -5.1858 | -5.1859 | 0.0021 |
| 23 | 24 | 6.6270 | 6.6304 | 0.0509 | 0.9556 | 0.9548 | -0.0835 |
| 23 | 25 | -242.7791 | -242.7807 | 0.0006 | -3.0013 | -3.0006 | -0.0228 |
| 26 | 25 | 32.0746 | 32.0763 | 0.0052 | 20.3587 | 20.3587 | 0.0001 |
| 27 | 28 | 3.3619 | 3.3617 | -0.0045 | 6.0624 | 6.0624 | 0.0007 |
| 28 | 29 | -13.6506 | -13.6508 | 0.0011 | 1.0160 | 1.0160 | 0.0039 |
| 30 | 17 | 280.1876 | 280.1884 | 0.0003 | 88.4992 | 88.4992 | 0.0001 |
| 8 | 30 | 66.4878 | 66.4877 | -0.0002 | 35.0932 | 35.0932 | 0.0000 |
| 26 | 30 | 281.9254 | 281.9237 | -0.0006 | -0.3684 | -0.3687 | 0.0703 |
| 17 | 31 | 53.3465 | 53.3471 | 0.0011 | 1.9620 | 1.9619 | -0.0058 |
| 29 | 31 | -37.6996 | -37.6997 | 0.0004 | -0.9773 | -0.9772 | -0.0037 |
| 23 | 32 | 171.6104 | 171.6092 | -0.0007 | -7.7062 | -7.7061 | -0.0016 |
| 31 | 32 | -21.8884 | -21.8880 | -0.0018 | 9.7109 | 9.7107 | -0.0013 |
| 27 | 32 | -57.4140 | -57.4139 | -0.0002 | 24.6433 | 24.6432 | -0.0001 |
| 15 | 33 | 3.2513 | 3.2510 | -0.0113 | -3.1320 | -3.1318 | -0.0038 |
| 19 | 34 | -7.5267 | -7.5271 | 0.0053 | -9.1600 | -9.1598 | -0.0014 |
| 35 | 36 | 1.1207 | 1.1207 | 0.0062 | 3.6297 | 3.6296 | -0.0012 |
| 35 | 37 | -34.1207 | -34.1207 | 0.0002 | -12.6297 | -12.6296 | -0.0004 |
| 33 | 37 | -19.7540 | -19.7544 | 0.0019 | -9.1417 | -9.1415 | -0.0013 |
| 34 | 36 | 29.9627 | 29.9627 | -0.0002 | 4.7851 | 4.7851 | 0.0005 |
| 34 | 37 | -96.8289 | -96.8296 | 0.0007 | -41.3183 | -41.3179 | -0.0009 |
| 38 | 37 | 248.2316 | 248.2330 | 0.0005 | 110.0653 | 110.0650 | -0.0003 |
| 37 | 39 | 53.8756 | 53.8757 | 0.0002 | 3.0746 | 3.0746 | -0.0012 |
| 37 | 40 | 43.0147 | 43.0148 | 0.0003 | -3.5249 | -3.5249 | 0.0012 |
| 30 | 38 | 61.5507 | 61.5482 | -0.0041 | 15.8847 | 15.8852 | 0.0029 |
| 39 | 40 | 25.9195 | 25.9196 | 0.0005 | -8.4882 | -8.4883 | 0.0006 |
| 40 | 41 | 14.4808 | 14.4809 | 0.0008 | 1.4935 | 1.4935 | -0.0025 |

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 40 | 42 | -12.8096 | -12.8094 | -0.0010 | -6.1290 | -6.1291 | 0.0007 |
| 41 | 42 | -22.5521 | -22.5520 | -0.0005 | -7.4712 | -7.4712 | 0.0005 |
| 43 | 44 | -17.7452 | -17.7449 | -0.0017 | -0.9415 | -0.9416 | 0.0099 |
| 34 | 43 | 0.2619 | 0.2622 | 0.1156 | 2.0248 | 2.0247 | -0.0046 |
| 44 | 45 | -33.9482 | -33.9479 | -0.0009 | 5.7584 | 5.7584 | -0.0011 |
| 45 | 46 | -36.9460 | -36.9453 | -0.0019 | -3.5255 | -3.5257 | 0.0066 |
| 46 | 47 | -31.6253 | -31.6238 | -0.0045 | -0.9752 | -0.9746 | -0.0625 |
| 46 | 48 | -14.8837 | -14.8844 | 0.0048 | -5.7861 | -5.7858 | -0.0045 |
| 47 | 49 | -8.9421 | -8.9479 | 0.0644 | -11.1554 | -11.1559 | 0.0039 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8528 | -0.0002 | 5.7021 | 5.7020 | -0.0010 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8528 | -0.0002 | 5.7021 | 5.7020 | -0.0010 |
| 45 | 49 | -50.2796 | -50.2800 | 0.0008 | -1.9332 | -1.9330 | -0.0098 |
| 48 | 49 | -35.0224 | -35.0231 | 0.0021 | 3.2450 | 3.2453 | 0.0069 |
| 49 | 50 | 53.5866 | 53.5860 | -0.0011 | 13.4436 | 13.4438 | 0.0010 |
| 49 | 51 | 66.5388 | 66.5381 | -0.0010 | 20.4599 | 20.4600 | 0.0007 |
| 51 | 52 | 28.5317 | 28.5314 | -0.0007 | 6.2537 | 6.2537 | 0.0010 |
| 52 | 53 | 10.3445 | 10.3443 | -0.0020 | 2.0032 | 2.0033 | 0.0035 |
| 53 | 54 | -12.7094 | -12.7096 | 0.0016 | -5.5412 | -5.5411 | -0.0014 |
| 49 | 54 | 37.6870 | 37.6864 | -0.0016 | 13.0818 | 13.0819 | 0.0007 |
| 49 | 54 | 37.6674 | 37.6668 | -0.0016 | 11.2129 | 11.2130 | 0.0010 |
| 54 | 55 | 7.0511 | 7.0509 | -0.0025 | 1.4620 | 1.4621 | 0.0028 |
| 54 | 56 | 18.4578 | 18.4572 | -0.0030 | 4.3665 | 4.3666 | 0.0036 |
| 55 | 56 | -21.3648 | -21.3643 | -0.0021 | -5.8424 | -5.8425 | 0.0025 |
| 56 | 57 | -22.9199 | -22.9194 | -0.0023 | -9.1344 | -9.1347 | 0.0027 |
| 50 | 57 | 35.8040 | 35.8034 | -0.0016 | 9.1628 | 9.1629 | 0.0019 |
| 56 | 58 | -6.6108 | -6.6103 | -0.0066 | -3.7185 | -3.7187 | 0.0054 |
| 51 | 58 | 18.7299 | 18.7295 | -0.0024 | 3.1822 | 3.1824 | 0.0058 |
| 54 | 59 | -30.4640 | -30.4646 | 0.0021 | -7.4825 | -7.4823 | -0.0025 |
| 56 | 59 | -28.0302 | -28.0307 | 0.0019 | -4.1459 | -4.1457 | -0.0053 |
| 56 | 59 | -29.3834 | -29.3840 | 0.0019 | -3.8772 | -3.8770 | -0.0060 |
| 55 | 59 | -34.5944 | -34.5950 | 0.0018 | -8.2380 | -8.2378 | -0.0023 |
| 59 | 60 | -43.3619 | -43.3623 | 0.0008 | 3.5875 | 3.5876 | 0.0029 |

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

| ถึง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 59 | 61 | -51.7683 | -51.7687 | 0.0008 | 5.0474 | 5.0475 | 0.0024 |
| 60 | 61 | -112.1368 | -112.1374 | 0.0005 | 8.5320 | 8.5321 | 0.0012 |
| 60 | 62 | -9.8490 | -9.8488 | -0.0019 | -7.1199 | -7.1199 | 0.0006 |
| 61 | 62 | 25.5526 | 25.5531 | 0.0018 | -13.8701 | -13.8702 | 0.0007 |
| 63 | 59 | 151.9866 | 151.9883 | 0.0011 | 67.4668 | 67.4667 | -0.0002 |
| 63 | 64 | -151.9866 | -151.9883 | 0.0011 | -67.4668 | -67.4667 | -0.0002 |
| 64 | 61 | 30.7189 | 30.7203 | 0.0046 | 13.9567 | 13.9564 | -0.0017 |
| 38 | 65 | -186.9263 | -186.9302 | 0.0020 | -57.2497 | -57.2487 | -0.0017 |
| 64 | 65 | -183.1891 | -183.1923 | 0.0017 | -66.4606 | -66.4603 | -0.0004 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6880 | 0.0027 | 4.4721 | 4.4733 | 0.0258 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6880 | 0.0027 | 4.4721 | 4.4733 | 0.0258 |
| 62 | 66 | -37.1210 | -37.1207 | -0.0009 | -17.2769 | -17.2770 | 0.0006 |
| 62 | 67 | -24.2618 | -24.2615 | -0.0013 | -14.4257 | -14.4258 | 0.0006 |
| 65 | 66 | 9.4190 | 9.4259 | 0.0733 | 72.2523 | 72.2523 | 0.0000 |
| 66 | 67 | 53.1181 | 53.1178 | -0.0006 | 19.2782 | 19.2782 | 0.0002 |
| 47 | 69 | -57.0596 | -57.0534 | -0.0109 | 12.1521 | 12.1485 | -0.0294 |
| 49 | 69 | -47.6223 | -47.6159 | -0.0134 | 11.1753 | 11.1721 | -0.0280 |
| 69 | 70 | 109.5205 | 109.5125 | -0.0073 | 15.9571 | 15.9579 | 0.0051 |
| 24 | 70 | -7.0598 | -7.0581 | -0.0247 | -2.9459 | -2.9459 | 0.0021 |
| 70 | 71 | 17.4519 | 17.4502 | -0.0094 | -12.5571 | -12.5567 | -0.0030 |
| 24 | 72 | 0.6792 | 0.6808 | 0.2392 | 3.5039 | 3.5035 | -0.0116 |
| 71 | 72 | 11.3983 | 11.3967 | -0.0144 | -1.1225 | -1.1221 | -0.0335 |
| 71 | 73 | 6.0124 | 6.0124 | 0.0000 | -10.7477 | -10.7476 | -0.0002 |
| 17 | 113 | 31.2126 | 31.2132 | 0.0018 | -2.6866 | -2.6867 | 0.0045 |
| 32 | 113 | -24.6925 | -24.6930 | 0.0022 | -8.5999 | -8.5997 | -0.0022 |
| 32 | 114 | 47.4062 | 47.4062 | -0.0001 | -5.3278 | -5.3278 | -0.0002 |
| 27 | 115 | -16.9479 | -16.9479 | -0.0003 | 13.8126 | 13.8126 | -0.0001 |
| 114 | 115 | 39.0760 | 39.0760 | -0.0001 | -8.3200 | -8.3200 | -0.0001 |
| 12 | 117 | 20.1525 | 20.1525 | 0.0000 | 5.1973 | 5.1973 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์โพลีไฟลว์เปรีช เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 9.9993 | 10.0012 |
| 2 | 0.9714 | 0.9714 | 0.0000 | 10.5082 | 10.5101 |
| 3 | 0.9677 | 0.9677 | 0.0000 | 10.8958 | 10.8977 |
| 4 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 14.6756 | 14.6776 |
| 5 | 1.0020 | 1.0020 | 0.0000 | 15.1304 | 15.1323 |
| 6 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 12.3371 | 12.3390 |
| 7 | 0.9893 | 0.9893 | 0.0000 | 11.8669 | 11.8688 |
| 8 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 20.2657 | 20.2676 |
| 9 | 1.0429 | 1.0429 | 0.0000 | 27.5198 | 27.5217 |
| 10 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 35.1007 | 35.1027 |
| 11 | 0.9851 | 0.9851 | 0.0000 | 12.0164 | 12.0183 |
| 12 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 11.4661 | 11.4680 |
| 13 | 0.9682 | 0.9682 | 0.0000 | 10.5562 | 10.5582 |
| 14 | 0.9836 | 0.9836 | 0.0000 | 10.6607 | 10.6626 |
| 15 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 10.1156 | 10.1176 |
| 16 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.9705 | 10.9724 |
| 17 | 0.9951 | 0.9951 | 0.0000 | 12.3615 | 12.3634 |
| 18 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 10.3101 | 10.3120 |
| 19 | 0.9620 | 0.9620 | 0.0000 | 10.0050 | 10.0069 |
| 20 | 0.9551 | 0.9551 | 0.0000 | 11.1356 | 11.1374 |
| 21 | 0.9547 | 0.9547 | 0.0000 | 12.9154 | 12.9172 |
| 22 | 0.9649 | 0.9649 | 0.0000 | 15.6968 | 15.6986 |
| 23 | 0.9946 | 0.9946 | 0.0000 | 20.9878 | 20.9896 |
| 24 | 0.9920 | 0.9920 | 0.0000 | 20.8253 | 20.8270 |
| 25 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 31.7173 | 31.7191 |
| 26 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 32.3496 | 32.3515 |
| 27 | 0.9680 | 0.9680 | 0.0000 | 6.0032 | 6.0051 |
| 28 | 0.9611 | 0.9611 | 0.0000 | 5.9095 | 5.9114 |
| 29 | 0.9625 | 0.9625 | 0.0000 | 6.7379 | 6.7398 |
| 30 | 0.9821 | 0.9821 | 0.0000 | 18.4918 | 18.4938 |
| 31 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 7.5022 | 7.5041 |

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 32 | 0.9630 | 0.9630 | 0.0000 | 9.0285 | 9.0303 |
| 33 | 0.9708 | 0.9708 | 0.0000 | 9.8319 | 9.8338 |
| 34 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.8465 | 10.8484 |
| 35 | 0.9804 | 0.9804 | 0.0000 | 10.3973 | 10.3993 |
| 36 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 10.3955 | 10.3975 |
| 37 | 0.9905 | 0.9905 | 0.0000 | 11.3201 | 11.3220 |
| 38 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 16.5733 | 16.5753 |
| 39 | 0.9699 | 0.9699 | 0.0000 | 7.9964 | 7.9983 |
| 40 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 6.9544 | 6.9563 |
| 41 | 0.9668 | 0.9668 | 0.0000 | 6.5419 | 6.5438 |
| 42 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 8.2292 | 8.2311 |
| 43 | 0.9769 | 0.9769 | 0.0000 | 10.9204 | 10.9223 |
| 44 | 0.9841 | 0.9841 | 0.0000 | 13.5873 | 13.5891 |
| 45 | 0.9861 | 0.9861 | 0.0000 | 15.4839 | 15.4857 |
| 46 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 18.3372 | 18.3389 |
| 47 | 1.0170 | 1.0170 | -0.0001 | 20.6026 | 20.6042 |
| 48 | 1.0206 | 1.0206 | 0.0000 | 19.7945 | 19.7962 |
| 49 | 1.0250 | 1.0250 | 0.0000 | 20.8014 | 20.8032 |
| 50 | 1.0011 | 1.0011 | 0.0000 | 18.7660 | 18.7678 |
| 51 | 0.9669 | 0.9669 | 0.0000 | 16.1516 | 16.1534 |
| 52 | 0.9568 | 0.9568 | 0.0000 | 15.1993 | 15.2012 |
| 53 | 0.9460 | 0.9460 | 0.0000 | 14.2276 | 14.2296 |
| 54 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 15.1418 | 15.1437 |
| 55 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 14.8530 | 14.8549 |
| 56 | 0.9540 | 0.9540 | 0.0000 | 15.0390 | 15.0410 |
| 57 | 0.9706 | 0.9706 | 0.0000 | 16.2387 | 16.2406 |
| 58 | 0.9590 | 0.9590 | 0.0000 | 15.3827 | 15.3847 |
| 59 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 19.2543 | 19.2564 |
| 60 | 0.9932 | 0.9932 | 0.0000 | 23.0401 | 23.0422 |
| 61 | 0.9950 | 0.9950 | 0.0000 | 23.9320 | 23.9342 |
| 62 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 23.3140 | 23.3161 |
| 63 | 0.9687 | 0.9687 | 0.0000 | 22.6381 | 22.6403 |

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 64 | 0.9837 | 0.9837 | 0.0000 | 24.4067 | 24.4089 |
| 65 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 27.5395 | 27.5418 |
| 66 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 27.3626 | 27.3646 |
| 67 | 1.0197 | 1.0197 | 0.0000 | 24.7253 | 24.7274 |
| 70 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 22.5335 | 22.5348 |
| 71 | 0.9868 | 0.9868 | 0.0000 | 22.1048 | 22.1061 |
| 72 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 20.9167 | 20.9182 |
| 73 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 21.8932 | 21.8946 |
| 113 | 0.9930 | 0.9930 | 0.0000 | 11.8045 | 11.8064 |
| 114 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 7.1913 | 7.1932 |
| 115 | 0.9597 | 0.9597 | 0.0000 | 6.9268 | 6.9287 |
| 117 | 0.9738 | 0.9738 | 0.0000 | 9.9251 | 9.9270 |

ตารางที่ 4.24 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| กิ่ง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | -11.8961 | -11.8961 | -0.0001 | -13.1893 | -13.1893 | 0.0000 |
| 1 | 3 | -39.1039 | -39.1039 | 0.0000 | -16.9385 | -16.9385 | 0.0000 |
| 4 | 5 | -105.3458 | -105.3459 | 0.0000 | -26.8045 | -26.8045 | 0.0000 |
| 3 | 5 | -69.1683 | -69.1684 | 0.0000 | -14.1975 | -14.1975 | 0.0000 |
| 5 | 6 | 90.5263 | 90.5264 | 0.0000 | 3.8297 | 3.8297 | -0.0001 |
| 6 | 7 | 37.5526 | 37.5527 | 0.0001 | -5.2205 | -5.2205 | 0.0001 |
| 8 | 9 | -440.6350 | -440.6350 | 0.0000 | -89.7336 | -89.7336 | 0.0000 |
| 8 | 5 | 346.1472 | 346.1473 | 0.0000 | 125.2551 | 125.2551 | 0.0000 |
| 9 | 10 | -445.2546 | -445.2546 | 0.0000 | -24.4289 | -24.4289 | 0.0000 |
| 4 | 11 | 66.3458 | 66.3459 | 0.0000 | -0.7059 | -0.7059 | 0.0010 |
| 5 | 11 | 79.6241 | 79.6242 | 0.0000 | 2.4986 | 2.4986 | -0.0003 |
| 11 | 12 | 36.9051 | 36.9051 | 0.0001 | -36.0786 | -36.0787 | 0.0000 |
| 2 | 12 | -31.9912 | -31.9912 | 0.0000 | -20.1462 | -20.1462 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

| ถึง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 3 | 12 | -9.1901 | -9.1901 | -0.0001 | -12.5776 | -12.5776 | 0.0000 |
| 7 | 12 | 18.4854 | 18.4855 | 0.0002 | -6.9863 | -6.9863 | 0.0001 |
| 11 | 13 | 36.8571 | 36.8571 | 0.0001 | 10.9509 | 10.9509 | -0.0001 |
| 12 | 14 | 20.2663 | 20.2663 | 0.0002 | 2.0884 | 2.0884 | -0.0004 |
| 13 | 15 | 2.5133 | 2.5134 | 0.0011 | -4.3889 | -4.3889 | 0.0002 |
| 14 | 15 | 6.1742 | 6.1743 | 0.0005 | 2.5541 | 2.5541 | -0.0004 |
| 12 | 16 | 11.2142 | 11.2143 | 0.0005 | 3.3246 | 3.3246 | -0.0005 |
| 15 | 17 | -94.2858 | -94.2857 | -0.0001 | -27.6687 | -27.6688 | 0.0002 |
| 16 | 17 | -13.8171 | -13.8170 | -0.0004 | -4.7140 | -4.7141 | 0.0004 |
| 17 | 18 | 75.0943 | 75.0943 | 0.0000 | 25.8824 | 25.8824 | 0.0000 |
| 18 | 19 | 14.3064 | 14.3065 | 0.0001 | 17.9490 | 17.9490 | 0.0000 |
| 19 | 20 | -13.6026 | -13.6022 | -0.0032 | 7.4043 | 7.4041 | -0.0024 |
| 15 | 19 | 9.6766 | 9.6768 | 0.0018 | 16.2775 | 16.2774 | -0.0003 |
| 20 | 21 | -31.6740 | -31.6735 | -0.0014 | 6.8109 | 6.8107 | -0.0024 |
| 21 | 22 | -45.8874 | -45.8870 | -0.0010 | -0.2100 | -0.2102 | 0.0024 |
| 22 | 23 | -56.3705 | -56.3701 | -0.0008 | -5.1858 | -5.1859 | 0.0017 |
| 23 | 24 | 6.6270 | 6.6297 | 0.0408 | 0.9556 | 0.9549 | -0.0073 |
| 23 | 25 | -242.7791 | -242.7804 | 0.0005 | -3.0013 | -3.0007 | -0.0184 |
| 26 | 25 | 32.0746 | 32.0760 | 0.0042 | 20.3587 | 20.3587 | 0.0001 |
| 27 | 28 | 3.3619 | 3.3618 | -0.0036 | 6.0624 | 6.0624 | 0.0005 |
| 28 | 29 | -13.6506 | -13.6507 | 0.0009 | 1.0160 | 1.0160 | 0.0032 |
| 30 | 17 | 280.1876 | 280.1883 | 0.0003 | 88.4992 | 88.4992 | 0.0000 |
| 8 | 30 | 66.4878 | 66.4877 | -0.0002 | 35.0932 | 35.0932 | 0.0001 |
| 26 | 30 | 281.9254 | 281.9240 | -0.0005 | -0.3684 | -0.3686 | 0.0509 |
| 17 | 31 | 53.3465 | 53.3470 | 0.0009 | 1.9620 | 1.9619 | -0.0048 |
| 29 | 31 | -37.6996 | -37.6997 | 0.0003 | -0.9773 | -0.9773 | -0.0029 |
| 23 | 32 | 171.6104 | 171.6094 | -0.0006 | -7.7062 | -7.7061 | -0.0012 |
| 31 | 32 | -21.8884 | -21.8881 | -0.0014 | 9.7109 | 9.7108 | -0.0011 |
| 27 | 32 | -57.4140 | -57.4139 | -0.0001 | 24.6433 | 24.6432 | -0.0001 |
| 15 | 33 | 3.2513 | 3.2511 | -0.0073 | -3.1320 | -3.1319 | -0.0025 |
| 19 | 34 | -7.5267 | -7.5269 | 0.0034 | -9.1600 | -9.1599 | -0.0009 |
| 35 | 36 | 1.1207 | 1.1208 | 0.0078 | 3.6297 | 3.6296 | -0.0014 |

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

| ถึง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 35 | 37 | -34.1207 | -34.1208 | 0.0003 | -12.6297 | -12.6296 | -0.0004 |
| 33 | 37 | -19.7540 | -19.7542 | 0.0012 | -9.1417 | -9.1416 | -0.0009 |
| 34 | 36 | 29.9627 | 29.9627 | -0.0003 | 4.7851 | 4.7852 | 0.0006 |
| 34 | 37 | -96.8289 | -96.8297 | 0.0008 | -41.3183 | -41.3179 | -0.0010 |
| 38 | 37 | 248.2316 | 248.2335 | 0.0008 | 110.0653 | 110.0649 | -0.0004 |
| 37 | 39 | 53.8756 | 53.8760 | 0.0007 | 3.0746 | 3.0745 | -0.0030 |
| 37 | 40 | 43.0147 | 43.0151 | 0.0009 | -3.5249 | -3.5250 | 0.0032 |
| 30 | 38 | 61.5507 | 61.5486 | -0.0035 | 15.8847 | 15.8852 | 0.0029 |
| 39 | 40 | 25.9195 | 25.9199 | 0.0014 | -8.4882 | -8.4884 | 0.0016 |
| 40 | 41 | 14.4808 | 14.4812 | 0.0025 | 1.4935 | 1.4934 | -0.0075 |
| 40 | 42 | -12.8096 | -12.8092 | -0.0028 | -6.1290 | -6.1291 | 0.0019 |
| 41 | 42 | -22.5521 | -22.5518 | -0.0016 | -7.4712 | -7.4713 | 0.0016 |
| 43 | 44 | -17.7452 | -17.7446 | -0.0035 | -0.9415 | -0.9417 | 0.0212 |
| 34 | 43 | 0.2619 | 0.2625 | 0.2394 | 2.0248 | 2.0246 | -0.0100 |
| 44 | 45 | -33.9482 | -33.9476 | -0.0019 | 5.7584 | 5.7583 | -0.0024 |
| 45 | 46 | -36.9460 | -36.9450 | -0.0028 | -3.5255 | -3.5258 | 0.0087 |
| 46 | 47 | -31.6253 | -31.6233 | -0.0062 | -0.9752 | -0.9751 | -0.0122 |
| 46 | 48 | -14.8837 | -14.8846 | 0.0061 | -5.7861 | -5.7857 | -0.0057 |
| 47 | 49 | -8.9421 | -8.9498 | 0.0853 | -11.1554 | -11.1547 | -0.0069 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8525 | -0.0006 | 5.7021 | 5.7019 | -0.0030 |
| 42 | 49 | -65.8529 | -65.8525 | -0.0006 | 5.7021 | 5.7019 | -0.0030 |
| 45 | 49 | -50.2796 | -50.2800 | 0.0007 | -1.9332 | -1.9330 | -0.0111 |
| 48 | 49 | -35.0224 | -35.0233 | 0.0026 | 3.2450 | 3.2453 | 0.0087 |
| 49 | 50 | 53.5866 | 53.5858 | -0.0015 | 13.4436 | 13.4438 | 0.0014 |
| 49 | 51 | 66.5388 | 66.5378 | -0.0015 | 20.4599 | 20.4601 | 0.0009 |
| 51 | 52 | 28.5317 | 28.5314 | -0.0011 | 6.2537 | 6.2538 | 0.0014 |
| 52 | 53 | 10.3445 | 10.3442 | -0.0029 | 2.0032 | 2.0033 | 0.0049 |
| 53 | 54 | -12.7094 | -12.7097 | 0.0023 | -5.5412 | -5.5411 | -0.0020 |
| 49 | 54 | 37.6870 | 37.6861 | -0.0023 | 13.0818 | 13.0819 | 0.0010 |
| 49 | 54 | 37.6674 | 37.6665 | -0.0023 | 11.2129 | 11.2131 | 0.0015 |
| 54 | 55 | 7.0511 | 7.0508 | -0.0035 | 1.4620 | 1.4621 | 0.0040 |
| 54 | 56 | 18.4578 | 18.4570 | -0.0042 | 4.3665 | 4.3667 | 0.0051 |

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

| ถึง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 55 | 56 | -21.3648 | -21.3642 | -0.0029 | -5.8424 | -5.8426 | 0.0035 |
| 56 | 57 | -22.9199 | -22.9192 | -0.0033 | -9.1344 | -9.1348 | 0.0037 |
| 50 | 57 | 35.8040 | 35.8032 | -0.0022 | 9.1628 | 9.1630 | 0.0026 |
| 56 | 58 | -6.6108 | -6.6102 | -0.0093 | -3.7185 | -3.7188 | 0.0076 |
| 51 | 58 | 18.7299 | 18.7293 | -0.0033 | 3.1822 | 3.1825 | 0.0082 |
| 54 | 59 | -30.4640 | -30.4649 | 0.0030 | -7.4825 | -7.4822 | -0.0036 |
| 56 | 59 | -28.0302 | -28.0309 | 0.0027 | -4.1459 | -4.1456 | -0.0074 |
| 56 | 59 | -29.3834 | -29.3842 | 0.0026 | -3.8772 | -3.8769 | -0.0084 |
| 55 | 59 | -34.5944 | -34.5953 | 0.0025 | -8.2380 | -8.2377 | -0.0032 |
| 59 | 60 | -43.3619 | -43.3624 | 0.0012 | 3.5875 | 3.5877 | 0.0041 |
| 59 | 61 | -51.7683 | -51.7689 | 0.0011 | 5.0474 | 5.0475 | 0.0033 |
| 60 | 61 | -112.1368 | -112.1376 | 0.0007 | 8.5320 | 8.5321 | 0.0017 |
| 60 | 62 | -9.8490 | -9.8488 | -0.0026 | -7.1199 | -7.1200 | 0.0009 |
| 61 | 62 | 25.5526 | 25.5533 | 0.0026 | -13.8701 | -13.8703 | 0.0010 |
| 63 | 59 | 151.9866 | 151.9890 | 0.0016 | 67.4668 | 67.4666 | -0.0003 |
| 63 | 64 | -151.9866 | -151.9890 | 0.0016 | -67.4668 | -67.4666 | -0.0003 |
| 64 | 61 | 30.7189 | 30.7209 | 0.0065 | 13.9567 | 13.9563 | -0.0024 |
| 38 | 65 | -186.9263 | -186.9304 | 0.0021 | -57.2497 | -57.2487 | -0.0017 |
| 64 | 65 | -183.1891 | -183.1935 | 0.0024 | -66.4606 | -66.4602 | -0.0005 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6895 | 0.0038 | 4.4721 | 4.4738 | 0.0363 |
| 49 | 66 | -132.6844 | -132.6895 | 0.0038 | 4.4721 | 4.4738 | 0.0363 |
| 62 | 66 | -37.1210 | -37.1206 | -0.0012 | -17.2769 | -17.2771 | 0.0008 |
| 62 | 67 | -24.2618 | -24.2614 | -0.0019 | -14.4257 | -14.4258 | 0.0009 |
| 65 | 66 | 9.4190 | 9.4287 | 0.1033 | 72.2523 | 72.2523 | 0.0000 |
| 66 | 67 | 53.1181 | 53.1176 | -0.0009 | 19.2782 | 19.2782 | 0.0003 |
| 24 | 70 | -7.0598 | -7.0584 | -0.0198 | -2.9459 | -2.9459 | 0.0017 |
| 70 | 71 | 17.4519 | 17.4505 | -0.0076 | -12.5571 | -12.5568 | -0.0024 |
| 24 | 72 | 0.6792 | 0.6805 | 0.1919 | 3.5039 | 3.5035 | -0.0093 |
| 71 | 72 | 11.3983 | 11.3970 | -0.0116 | -1.1225 | -1.1222 | -0.0269 |
| 71 | 73 | 6.0124 | 6.0124 | 0.0000 | -10.7477 | -10.7476 | -0.0001 |
| 17 | 113 | 31.2126 | 31.2131 | 0.0014 | -2.6866 | -2.6867 | 0.0040 |
| 32 | 113 | -24.6925 | -24.6929 | 0.0017 | -8.5999 | -8.5997 | -0.0018 |

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

| กิโลวัตต์ | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|-----------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 32 | 114 | 47.4062 | 47.4062 | -0.0001 | -5.3278 | -5.3278 | -0.0001 |
| 27 | 115 | -16.9479 | -16.9479 | -0.0002 | 13.8126 | 13.8126 | -0.0001 |
| 114 | 115 | 39.0760 | 39.0760 | -0.0001 | -8.3200 | -8.3200 | -0.0001 |
| 12 | 117 | 20.1525 | 20.1525 | 0.0000 | 5.1973 | 5.1973 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์โพลาร์ไฟลด์เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 9.9993 | 9.9775 |
| 2 | 0.9714 | 0.9714 | 0.0000 | 10.5082 | 10.4864 |
| 3 | 0.9677 | 0.9677 | 0.0000 | 10.8958 | 10.8740 |
| 4 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 14.6756 | 14.6539 |
| 5 | 1.0020 | 1.0020 | 0.0000 | 15.1304 | 15.1086 |
| 6 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 12.3371 | 12.3153 |
| 7 | 0.9893 | 0.9893 | 0.0000 | 11.8669 | 11.8450 |
| 8 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 20.2657 | 20.2440 |
| 9 | 1.0429 | 1.0429 | 0.0000 | 27.5198 | 27.4981 |
| 10 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 35.1007 | 35.0790 |
| 11 | 0.9851 | 0.9851 | 0.0000 | 12.0164 | 11.9946 |
| 12 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 11.4661 | 11.4443 |
| 13 | 0.9682 | 0.9682 | 0.0000 | 10.5562 | 10.5343 |
| 14 | 0.9836 | 0.9836 | 0.0000 | 10.6607 | 10.6387 |
| 15 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 10.1156 | 10.0934 |
| 16 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0003 | 10.9705 | 10.9488 |
| 17 | 0.9951 | 0.9951 | 0.0008 | 12.3615 | 12.3399 |
| 18 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 10.3101 | 10.2882 |
| 19 | 0.9620 | 0.9620 | 0.0000 | 10.0050 | 9.9827 |
| 20 | 0.9551 | 0.9551 | -0.0005 | 11.1356 | 11.1152 |
| 21 | 0.9547 | 0.9547 | -0.0008 | 12.9154 | 12.8965 |
| 22 | 0.9649 | 0.9649 | -0.0008 | 15.6968 | 15.6795 |

ตารางที่ 4.25 (ต่อ)

| ปี | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 23 | 0.9946 | 0.9946 | -0.0002 | 20.9878 | 20.9732 |
| 24 | 0.9920 | 0.9920 | 0.0000 | 20.8253 | 20.8147 |
| 25 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 31.7173 | 31.6997 |
| 26 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 32.3496 | 32.3308 |
| 27 | 0.9680 | 0.9680 | 0.0000 | 6.0032 | 5.9848 |
| 28 | 0.9611 | 0.9611 | 0.0000 | 5.9095 | 5.8908 |
| 29 | 0.9625 | 0.9625 | 0.0000 | 6.7379 | 6.7189 |
| 30 | 0.9821 | 0.9821 | 0.0034 | 18.4918 | 18.4701 |
| 31 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 7.5022 | 7.4830 |
| 32 | 0.9630 | 0.9630 | 0.0000 | 9.0285 | 9.0103 |
| 33 | 0.9708 | 0.9708 | -0.0012 | 9.8319 | 9.8070 |
| 34 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.8465 | 10.8179 |
| 35 | 0.9804 | 0.9804 | -0.0004 | 10.3973 | 10.3690 |
| 36 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 10.3955 | 10.3671 |
| 37 | 0.9905 | 0.9904 | -0.0024 | 11.3201 | 11.2923 |
| 38 | 0.9598 | 0.9599 | 0.0140 | 16.5733 | 16.5495 |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 70 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 22.5335 | 22.5396 |
| 71 | 0.9868 | 0.9868 | 0.0000 | 22.1048 | 22.1095 |
| 72 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 20.9167 | 20.9140 |
| 73 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 21.8932 | 21.8979 |
| 113 | 0.9930 | 0.9930 | 0.0000 | 11.8045 | 11.7835 |
| 114 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 7.1913 | 7.1731 |
| 115 | 0.9597 | 0.9597 | 0.0000 | 6.9268 | 6.9086 |
| 117 | 0.9738 | 0.9738 | 0.0000 | 9.9251 | 9.9033 |

ตารางที่ 4.26 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| กิ่ง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | -11.8961 | -11.8960 | -0.0010 | -13.1893 | -13.1893 | 0.0003 |
| 1 | 3 | -39.1039 | -39.1040 | 0.0003 | -16.9385 | -16.9385 | -0.0002 |
| 4 | 5 | -105.3458 | -105.3467 | 0.0008 | -26.8045 | -26.8045 | -0.0001 |
| 3 | 5 | -69.1683 | -69.1686 | 0.0004 | -14.1975 | -14.1975 | -0.0005 |
| 5 | 6 | 90.5263 | 90.5269 | 0.0006 | 3.8297 | 3.8297 | -0.0017 |
| 6 | 7 | 37.5526 | 37.5532 | 0.0014 | -5.2205 | -5.2206 | 0.0023 |
| 8 | 9 | -440.6350 | -440.6350 | 0.0000 | -89.7336 | -89.7336 | 0.0000 |
| 8 | 5 | 346.1472 | 346.1499 | 0.0008 | 125.2551 | 125.2552 | 0.0001 |
| 9 | 10 | -445.2546 | -445.2546 | 0.0000 | -24.4289 | -24.4289 | 0.0000 |
| 4 | 11 | 66.3458 | 66.3467 | 0.0013 | -0.7059 | -0.7061 | 0.0257 |
| 5 | 11 | 79.6241 | 79.6251 | 0.0012 | 2.4986 | 2.4985 | -0.0070 |
| 11 | 12 | 36.9051 | 36.9047 | -0.0012 | -36.0786 | -36.0786 | 0.0000 |
| 2 | 12 | -31.9912 | -31.9911 | -0.0004 | -20.1462 | -20.1462 | 0.0002 |
| 3 | 12 | -9.1901 | -9.1899 | -0.0017 | -12.5776 | -12.5776 | 0.0004 |
| 7 | 12 | 18.4854 | 18.4860 | 0.0028 | -6.9863 | -6.9864 | 0.0018 |
| 11 | 13 | 36.8571 | 36.8593 | 0.0059 | 10.9509 | 10.9504 | -0.0050 |
| 12 | 14 | 20.2663 | 20.2689 | 0.0131 | 2.0884 | 2.0877 | -0.0345 |
| 13 | 15 | 2.5133 | 2.5155 | 0.0853 | -4.3889 | -4.3896 | 0.0150 |
| 14 | 15 | 6.1742 | 6.1769 | 0.0427 | 2.5541 | 2.5533 | -0.0311 |
| 12 | 16 | 11.2142 | 11.2120 | -0.0204 | 3.3246 | 3.3222 | -0.0739 |
| 15 | 17 | -94.2858 | -94.3158 | 0.0318 | -27.6687 | -27.6763 | 0.0274 |
| 16 | 17 | -13.8171 | -13.8194 | 0.0164 | -4.7140 | -4.7164 | 0.0507 |
| 17 | 18 | 75.0943 | 75.1078 | 0.0181 | 25.8824 | 25.8955 | 0.0507 |
| 18 | 19 | 14.3064 | 14.3197 | 0.0926 | 17.9490 | 17.9461 | -0.0163 |
| 19 | 20 | -13.6026 | -13.6270 | 0.1793 | 7.4043 | 7.4143 | 0.1347 |
| 15 | 19 | 9.6766 | 9.6771 | 0.0048 | 16.2775 | 16.2774 | -0.0009 |
| 20 | 21 | -31.6740 | -31.6986 | 0.0777 | 6.8109 | 6.8198 | 0.1306 |
| 21 | 22 | -45.8874 | -45.9124 | 0.0544 | -0.2100 | -0.2028 | -3.4661 |
| 22 | 23 | -56.3705 | -56.3960 | 0.0452 | -5.1858 | -5.1810 | -0.0917 |

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

| กิ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 23 | 24 | 6.6270 | 6.4927 | -2.0260 | 0.9556 | 0.9870 | 3.2915 |
| 23 | 25 | -242.7791 | -242.7192 | -0.0247 | -3.0013 | -3.0281 | 0.8940 |
| 26 | 25 | 32.0746 | 32.0102 | -0.2009 | 20.3587 | 20.3580 | -0.0035 |
| 27 | 28 | 3.3619 | 3.3677 | 0.1734 | 6.0624 | 6.0608 | -0.0254 |
| 28 | 29 | -13.6506 | -13.6448 | -0.0427 | 1.0160 | 1.0144 | -0.1528 |
| 30 | 17 | 280.1876 | 280.1903 | 0.0009 | 88.4992 | 88.5708 | 0.0809 |
| 8 | 30 | 66.4878 | 66.4852 | -0.0040 | 35.0932 | 35.0271 | -0.1884 |
| 26 | 30 | 281.9254 | 281.9898 | 0.0229 | -0.3684 | -0.3979 | 8.0036 |
| 17 | 31 | 53.3465 | 53.3243 | -0.0416 | 1.9620 | 1.9718 | 0.4982 |
| 29 | 31 | -37.6996 | -37.6937 | -0.0156 | -0.9773 | -0.9787 | 0.1415 |
| 23 | 32 | 171.6104 | 171.6582 | 0.0279 | -7.7062 | -7.7110 | 0.0630 |
| 31 | 32 | -21.8884 | -21.9036 | 0.0693 | 9.7109 | 9.7159 | 0.0519 |
| 27 | 32 | -57.4140 | -57.4177 | 0.0066 | 24.6433 | 24.6446 | 0.0056 |
| 15 | 33 | 3.2513 | 3.2856 | 1.0549 | -3.1320 | -3.1336 | 0.0507 |
| 19 | 34 | -7.5267 | -7.4886 | -0.5056 | -9.1600 | -9.1722 | 0.1332 |
| 35 | 36 | 1.1207 | 1.1279 | 0.6430 | 3.6297 | 3.5885 | -1.1348 |
| 35 | 37 | -34.1207 | -34.1279 | 0.0211 | -12.6297 | -12.5885 | -0.3261 |
| 33 | 37 | -19.7540 | -19.7198 | -0.1732 | -9.1417 | -9.1436 | 0.0211 |
| 34 | 36 | 29.9627 | 29.9555 | -0.0242 | 4.7851 | 4.7874 | 0.0479 |
| 34 | 37 | -96.8289 | -96.8862 | 0.0591 | -41.3183 | -41.0503 | -0.6486 |
| 38 | 37 | 248.2316 | 248.4475 | 0.0870 | 110.0653 | 110.5559 | 0.4457 |
| 30 | 38 | 61.5507 | 61.6076 | 0.0924 | 15.8847 | 15.6982 | -1.1740 |
| 69 | 70 | 109.5205 | 109.4368 | -0.0764 | 15.9571 | 15.9656 | 0.0535 |
| 24 | 70 | -7.0598 | -7.1292 | 0.9825 | -2.9459 | -2.9434 | -0.0832 |
| 70 | 71 | 17.4519 | 17.5175 | 0.3762 | -12.5571 | -12.5719 | 0.1177 |
| 24 | 72 | 0.6792 | 0.6145 | -9.5238 | 3.5039 | 3.5201 | 0.4629 |
| 71 | 72 | 11.3983 | 11.4637 | 0.5739 | -1.1225 | -1.1375 | 1.3335 |
| 71 | 73 | 6.0124 | 6.0124 | 0.0000 | -10.7477 | -10.7484 | 0.0073 |
| 17 | 113 | 31.2126 | 31.1908 | -0.0700 | -2.6866 | -2.6538 | -1.2196 |
| 32 | 113 | -24.6925 | -24.6714 | -0.0854 | -8.5999 | -8.6074 | 0.0874 |
| 32 | 114 | 47.4062 | 47.4083 | 0.0044 | -5.3278 | -5.3281 | 0.0061 |
| 27 | 115 | -16.9479 | -16.9500 | 0.0121 | 13.8126 | 13.8131 | 0.0039 |

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

| ถึง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 114 | 115 | 39.0760 | 39.0781 | 0.0053 | -8.3200 | -8.3205 | 0.0055 |
| 12 | 117 | 20.1525 | 20.1525 | 0.0000 | 5.1973 | 5.1973 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์เปรียบ เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 1 | 0.9550 | 0.9550 | 0.0000 | 9.9993 | 9.9922 |
| 2 | 0.9714 | 0.9714 | 0.0000 | 10.5082 | 10.5011 |
| 3 | 0.9677 | 0.9677 | 0.0000 | 10.8958 | 10.8887 |
| 4 | 0.9980 | 0.9980 | 0.0000 | 14.6756 | 14.6685 |
| 5 | 1.0020 | 1.0020 | 0.0000 | 15.1304 | 15.1232 |
| 6 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 12.3371 | 12.3300 |
| 7 | 0.9893 | 0.9893 | 0.0000 | 11.8669 | 11.8598 |
| 8 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 20.2657 | 20.2585 |
| 9 | 1.0429 | 1.0429 | 0.0000 | 27.5198 | 27.5126 |
| 10 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 35.1007 | 35.0935 |
| 11 | 0.9851 | 0.9851 | 0.0000 | 12.0164 | 12.0093 |
| 12 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 11.4661 | 11.4591 |
| 13 | 0.9682 | 0.9682 | 0.0000 | 10.5562 | 10.5493 |
| 14 | 0.9836 | 0.9836 | 0.0000 | 10.6607 | 10.6538 |
| 15 | 0.9700 | 0.9700 | 0.0000 | 10.1156 | 10.1092 |
| 16 | 0.9840 | 0.9839 | -0.0004 | 10.9705 | 10.9636 |
| 17 | 0.9951 | 0.9951 | -0.0012 | 12.3615 | 12.3547 |
| 18 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 10.3101 | 10.3035 |
| 19 | 0.9620 | 0.9620 | 0.0000 | 10.0050 | 9.9988 |
| 20 | 0.9551 | 0.9551 | 0.0000 | 11.1356 | 11.1294 |
| 21 | 0.9547 | 0.9547 | 0.0000 | 12.9154 | 12.9092 |
| 22 | 0.9649 | 0.9649 | 0.0000 | 15.6968 | 15.6906 |
| 23 | 0.9946 | 0.9946 | 0.0000 | 20.9878 | 20.9817 |
| 24 | 0.9920 | 0.9920 | 0.0000 | 20.8253 | 20.8195 |

ตารางที่ 4.27 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 25 | 1.0500 | 1.0500 | 0.0000 | 31.7173 | 31.7108 |
| 26 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 32.3496 | 32.3431 |
| 27 | 0.9680 | 0.9680 | 0.0000 | 6.0032 | 5.9966 |
| 28 | 0.9611 | 0.9611 | 0.0000 | 5.9095 | 5.9028 |
| 29 | 0.9625 | 0.9625 | 0.0000 | 6.7379 | 6.7312 |
| 30 | 0.9821 | 0.9820 | -0.0049 | 18.4918 | 18.4845 |
| 31 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 7.5022 | 7.4954 |
| 32 | 0.9630 | 0.9630 | 0.0000 | 9.0285 | 9.0219 |
| 33 | 0.9708 | 0.9708 | -0.0029 | 9.8319 | 9.8273 |
| 34 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 10.8465 | 10.8443 |
| 35 | 0.9804 | 0.9804 | -0.0010 | 10.3973 | 10.3948 |
| 36 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 10.3955 | 10.3930 |
| 37 | 0.9905 | 0.9904 | -0.0059 | 11.3201 | 11.3176 |
| 38 | 0.9598 | 0.9596 | -0.0192 | 16.5733 | 16.5645 |
| 70 | 0.9840 | 0.9840 | 0.0000 | 22.5335 | 22.5292 |
| 71 | 0.9868 | 0.9868 | 0.0000 | 22.1048 | 22.1004 |
| 72 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 20.9167 | 20.9116 |
| 73 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 21.8932 | 21.8888 |
| 113 | 0.9930 | 0.9930 | 0.0000 | 11.8045 | 11.7976 |
| 114 | 0.9598 | 0.9598 | 0.0000 | 7.1913 | 7.1847 |
| 115 | 0.9597 | 0.9597 | 0.0000 | 6.9268 | 6.9202 |
| 117 | 0.9738 | 0.9738 | 0.0000 | 9.9251 | 9.9181 |

ตารางที่ 4.28 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| กิ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 1 | 2 | -11.8961 | -11.8965 | 0.0032 | -13.1893 | -13.1892 | -0.0009 |
| 1 | 3 | -39.1039 | -39.1035 | -0.0010 | -16.9385 | -16.9386 | 0.0006 |
| 4 | 5 | -105.3458 | -105.3438 | -0.0019 | -26.8045 | -26.8045 | 0.0001 |

ตารางที่ 4.28 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 3 | 5 | -69.1883 | -69.1674 | -0.0013 | -14.1975 | -14.1978 | 0.0017 |
| 5 | 6 | 90.5263 | 90.5246 | -0.0019 | 3.8297 | 3.8300 | 0.0059 |
| 6 | 7 | 37.5526 | 37.5509 | -0.0045 | -5.2205 | -5.2201 | -0.0072 |
| 8 | 9 | -440.6350 | -440.6350 | 0.0000 | -89.7336 | -89.7336 | 0.0000 |
| 8 | 5 | 346.1472 | 346.1403 | -0.0020 | 125.2551 | 125.2546 | -0.0004 |
| 9 | 10 | -445.2546 | -445.2546 | 0.0000 | -24.4289 | -24.4289 | 0.0000 |
| 4 | 11 | 66.3458 | 66.3438 | -0.0030 | -0.7059 | -0.7055 | -0.0041 |
| 5 | 11 | 79.6241 | 79.6218 | -0.0029 | 2.4986 | 2.4991 | 0.0174 |
| 11 | 12 | 36.9051 | 36.9039 | -0.0033 | -36.0786 | -36.0781 | -0.0016 |
| 2 | 12 | -31.9912 | -31.9916 | 0.0012 | -20.1462 | -20.1461 | -0.0006 |
| 3 | 12 | -9.1901 | -9.1906 | 0.0054 | -12.5776 | -12.5774 | -0.0012 |
| 7 | 12 | 18.4854 | 18.4838 | -0.0091 | -6.9863 | -6.9859 | -0.0058 |
| 11 | 13 | 36.8571 | 36.8541 | -0.0080 | 10.9509 | 10.9517 | 0.0068 |
| 12 | 14 | 20.2663 | 20.2628 | -0.0172 | 2.0884 | 2.0894 | 0.0453 |
| 13 | 15 | 2.5133 | 2.5104 | -0.1160 | -4.3889 | -4.3880 | -0.0205 |
| 14 | 15 | 6.1742 | 6.1708 | -0.0561 | 2.5541 | 2.5551 | 0.0408 |
| 12 | 16 | 11.2142 | 11.2140 | -0.0026 | 3.3246 | 3.3293 | 0.1424 |
| 15 | 17 | -94.2858 | -94.2651 | -0.0220 | -27.6687 | -27.6483 | -0.0736 |
| 16 | 17 | -13.8171 | -13.8174 | 0.0021 | -4.7140 | -4.7093 | -0.0996 |
| 17 | 18 | 75.0943 | 75.0806 | -0.0182 | 25.8824 | 25.8608 | -0.0835 |
| 18 | 19 | 14.3064 | 14.2931 | -0.0930 | 17.9490 | 17.9520 | 0.0164 |
| 19 | 20 | -13.6026 | -13.6025 | -0.0004 | 7.4043 | 7.4043 | 0.0001 |
| 15 | 19 | 9.6766 | 9.6654 | -0.1164 | 16.2775 | 16.2809 | 0.0209 |
| 20 | 21 | -31.6740 | -31.6739 | -0.0002 | 6.8109 | 6.8109 | 0.0002 |
| 21 | 22 | -45.8874 | -45.8874 | -0.0001 | -0.2100 | -0.2100 | -0.0072 |
| 22 | 23 | -56.3705 | -56.3705 | -0.0001 | -5.1858 | -5.1858 | -0.0004 |
| 23 | 24 | 6.6270 | 6.6148 | -0.1832 | 0.9556 | 0.9586 | 0.3159 |
| 23 | 25 | -242.7791 | -242.7733 | -0.0024 | -3.0013 | -3.0038 | 0.0833 |
| 26 | 25 | 32.0746 | 32.0683 | -0.0197 | 20.3587 | 20.3587 | -0.0003 |
| 27 | 28 | 3.3619 | 3.3627 | 0.0247 | 6.0624 | 6.0621 | -0.0036 |
| 28 | 29 | -13.6506 | -13.6498 | -0.0061 | 1.0160 | 1.0157 | -0.0218 |
| 30 | 17 | 280.1876 | 280.1469 | -0.0145 | 88.4992 | 88.3912 | -0.1220 |

ตารางที่ 4.28 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 8 | 30 | 66.4878 | 66.4948 | 0.0105 | 35.0932 | 35.1903 | 0.2767 |
| 26 | 30 | 281.9254 | 281.9317 | 0.0022 | -0.3684 | -0.3098 | -15.9058 |
| 17 | 31 | 53.3465 | 53.3434 | -0.0059 | 1.9620 | 1.9549 | -0.3604 |
| 29 | 31 | -37.6996 | -37.6988 | -0.0022 | -0.9773 | -0.9775 | 0.0202 |
| 23 | 32 | 171.6104 | 171.6168 | 0.0037 | -7.7062 | -7.7067 | 0.0063 |
| 31 | 32 | -21.8884 | -21.8906 | 0.0099 | 9.7109 | 9.7116 | 0.0074 |
| 27 | 32 | -57.4140 | -57.4145 | 0.0009 | 24.6433 | 24.6435 | 0.0008 |
| 15 | 33 | 3.2513 | 3.2355 | -0.4865 | -3.1320 | -3.1054 | -0.8493 |
| 19 | 34 | -7.5267 | -7.5513 | 0.3266 | -9.1600 | -9.1521 | -0.0860 |
| 35 | 36 | 1.1207 | 1.0984 | -1.9920 | 3.6297 | 3.5381 | -2.5224 |
| 35 | 37 | -34.1207 | -34.0984 | -0.0654 | -12.6297 | -12.5381 | -0.7249 |
| 33 | 37 | -19.7540 | -19.7697 | 0.0797 | -9.1417 | -9.1149 | -0.2928 |
| 34 | 36 | 29.9627 | 29.9852 | 0.0748 | 4.7851 | 4.7780 | -0.1482 |
| 34 | 37 | -96.8289 | -96.6002 | -0.2362 | -41.3183 | -40.7652 | -1.3386 |
| 38 | 37 | 248.2316 | 247.8723 | -0.1448 | 110.0653 | 109.6389 | -0.3875 |
| 30 | 38 | 61.5507 | 61.6034 | 0.0856 | 15.8847 | 16.1278 | 1.5305 |
| 24 | 70 | -7.0598 | -7.0661 | 0.0888 | -2.9459 | -2.9456 | -0.0075 |
| 70 | 71 | 17.4519 | 17.4578 | 0.0340 | -12.5571 | -12.5585 | 0.0106 |
| 24 | 72 | 0.6792 | 0.6734 | -0.8611 | 3.5039 | 3.5053 | 0.0418 |
| 71 | 72 | 11.3983 | 11.4042 | 0.0519 | -1.1225 | -1.1239 | 0.1206 |
| 71 | 73 | 6.0124 | 6.0124 | 0.0000 | -10.7477 | -10.7477 | 0.0007 |
| 17 | 113 | 31.2126 | 31.2100 | -0.0085 | -2.6866 | -2.7263 | 1.4769 |
| 32 | 113 | -24.6925 | -24.6899 | -0.0105 | -8.5999 | -8.6008 | 0.0107 |
| 32 | 114 | 47.4062 | 47.4065 | 0.0006 | -5.3278 | -5.3278 | 0.0009 |
| 27 | 115 | -16.9479 | -16.9482 | 0.0017 | 13.8126 | 13.8127 | 0.0006 |
| 114 | 115 | 39.0760 | 39.0763 | 0.0008 | -8.3200 | -8.3201 | 0.0008 |
| 12 | 117 | 20.1525 | 20.1525 | 0.0000 | 5.1973 | 5.1973 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.29 ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดันของบัสในระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| จำนวนกลุ่ม | Extended Ward | | REI | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| 4 | 0.0000 | 0.0011 | 0.0000 | 0.0011 |
| 5 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0001 |
| 6 | 0.0005 | 0.0140 | 0.0008 | 0.0192 |

ตารางที่ 4.30 ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| จำนวนกลุ่ม | Extended Ward | | REI | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| 4 | 0.0072 | 0.6733 | 0.0092 | 0.7612 |
| 5 | 0.0067 | 0.2392 | 0.0078 | 0.2394 |
| 6 | 0.2814 | 9.5238 | 0.0859 | 1.9920 |

ตารางที่ 4.31 ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณการไหลของกำลังรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 1

| จำนวนกลุ่ม | Extended Ward | | REI | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| 4 | 0.0075 | 0.4028 | 0.0053 | 0.3127 |
| 5 | 0.0056 | 0.0835 | 0.0049 | 0.0673 |
| 6 | 0.3957 | 8.0036 | 0.4410 | 15.9058 |

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 4.16 จะพบว่าจำนวนบัส และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบสมมูลเทียบกับระบบเต็มมีแนวโน้มลดลงตามการแบ่งแยกที่ใช้จำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจำนวนบัส จำนวนบัสแรงดัน และจำนวนกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้ผลการแบ่งแยกที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากัน จะพบว่าจำนวนบัสของระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI จะมากกว่าระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward เพราะในสมมูลภายนอกแบบ REI จะมีปม REI เพิ่มเข้ามา จำนวนรอบในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์สำหรับระบบเต็ม และระบบสมมูลในตารางที่ 4.16 เป็น 3 เท่ากันหมด ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยระบบสมมูลจึงเร็วกว่าในระบบเต็ม

และการวิเคราะห์ระบบสมมูลที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward จะเร็วกว่าที่ใช้สมมูลภายนอกแบบ REI เมื่อใช้จำนวนกลุ่มเท่ากัน ทั้งนี้เพราะมีจำนวนบัสที่น้อยกว่า

จากตารางที่ 4.17 ถึง 4.28 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์ของระบบสมมูลที่ใช้ผลการแบ่งแยกเป็น 4, 5 และ 6 กลุ่มเปรียบเทียบกับระบบเต็ม จะพบว่าระบบสมมูลให้ความถูกต้องสูงในการคำนวณขนาดแรงดัน มุมเฟสแรงดันของบัสในโครงข่ายภายใน ส่วนการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของโครงข่ายภายในมีความถูกต้องสูงเกือบทุกกิ่ง ยกเว้นเพียงบางกิ่งที่มีการไหลของกำลังต่ำ ๆ เทียบกับทอเลอแรนซ์ที่ใช้ในการหยุดการทำงานซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0001 per unit เช่น ในตารางที่ 4.28 สำหรับสมมูลภายนอกแบบ REI ซึ่งใช้ 6 กลุ่ม มีขนาดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังรีแอกทีฟสูงถึง 15.9058% เกิดขึ้นในสายส่งที่เชื่อมบัส 26 กับบัส 30 ซึ่งมีขนาดการไหลของกำลังรีแอกทีฟเพียง 0.3684 MW หรือ 0.003684 per unit เมื่อคำนวณจากระบบเต็ม

จากตารางที่ 4.29 ถึง 4.31 จะเห็นว่าขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดัน การไหลของกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟในสายส่งของระบบสมมูลเทียบกับระบบเต็มมีค่าน้อยมากเมื่อใช้จำนวนกลุ่มเป็น 4 และ 5 และสูงขึ้นมากเมื่อเพิ่มจำนวนกลุ่มเป็น 6 ทั้งนี้เป็นเพราะขนาดของระบบสมมูลเล็กลงมากเมื่อเพิ่มจำนวนกลุ่มเป็น 6 แต่ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยก็ยังอยู่ในระดับที่น่าพอใจ หากเปรียบเทียบการใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward กับแบบ REI แล้ว จะพบว่าให้ความถูกต้องสูงใกล้เคียงกันทั้งคู่ แต่ที่จำนวนกลุ่มในการแบ่งแยกเท่ากัน สมมูลภายนอกแบบ REI จะใช้จำนวนบัสมากกว่า

4.3.2 ผลการทดสอบสำหรับเหตุการณ์ที่ 2

หัวข้อนี้จะแสดงผลการทดสอบสำหรับเหตุการณ์ที่ 2 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่มีการเพิ่มขึ้นของโหลด 50% ที่บัส 103 กับ 105 และ 30% ที่บัส 104, 107 และ 110 ตารางที่ 4.32 แสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งเวลาในการวิเคราะห์โหลดโพลาร์สำหรับเหตุการณ์ที่ 2 ตารางที่ 4.33 ถึง 4.44 แสดงผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์สำหรับเหตุการณ์ที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูล ตารางที่ 4.45 ถึง 4.47 แสดงขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดัน และการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟเทียบกับระบบเต็มเปรียบเทียบกันระหว่างระบบสมมูลแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.32 จำนวนบัส จำนวนบัสแรงดัน จำนวนกึ่ง จำนวนรอบ และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โหลดไฟลว์ของระบบเต็ม และระบบสมมูลแบบต่าง ๆ สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| จำนวนกลุ่ม | สมมูลภายนอก | จำนวนบัส | จำนวนบัสแรงดัน | จำนวนกึ่ง | จำนวนรอบ | เวลา (วินาที) |
|------------|---------------|----------|----------------|-----------|----------|---------------|
| 1 | ระบบเต็ม | 118 | 54 | 186 | 2 | 0.213 |
| 4 | Extended Ward | 38 | 19 | 62 | 2 | 0.138 |
| | REI | 42 | 21 | 79 | 2 | 0.146 |
| 5 | Extended Ward | 41 | 20 | 70 | 2 | 0.140 |
| | REI | 47 | 23 | 84 | 2 | 0.151 |
| 6 | Extended Ward | 39 | 19 | 65 | 2 | 0.139 |
| | REI | 47 | 23 | 86 | 2 | 0.151 |

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์โหลดไฟลว์เปรียบเทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มูมเพสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 76 | 0.9430 | 0.9430 | 0.0000 | 20.8542 | 20.8596 |
| 77 | 1.0060 | 1.0060 | 0.0000 | 25.3100 | 25.3143 |
| 78 | 1.0034 | 1.0034 | 0.0000 | 24.9731 | 24.9775 |
| 79 | 1.0092 | 1.0092 | 0.0000 | 25.2087 | 25.2132 |
| 80 | 1.0400 | 1.0400 | 0.0000 | 27.2772 | 27.2823 |
| 81 | 0.9965 | 0.9965 | -0.0007 | 27.1248 | 27.1311 |
| 82 | 0.9889 | 0.9889 | 0.0000 | 24.8651 | 24.8697 |
| 83 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 25.8661 | 25.8707 |
| 84 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 28.0962 | 28.1009 |
| 85 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.5037 | 29.5084 |
| 86 | 0.9867 | 0.9867 | 0.0000 | 28.1343 | 28.1390 |
| 87 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 28.3935 | 28.3982 |
| 88 | 0.9877 | 0.9877 | 0.0000 | 32.3757 | 32.3805 |
| 89 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 36.2534 | 36.2582 |
| 90 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.8030 | 29.8078 |
| 91 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 29.7624 | 29.7672 |

ตารางที่ 4.33 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 92 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 30.2124 | 30.2172 |
| 93 | 0.9856 | 0.9856 | 0.0000 | 27.2279 | 27.2328 |
| 94 | 0.9901 | 0.9901 | 0.0000 | 25.1023 | 25.1072 |
| 95 | 0.9808 | 0.9808 | 0.0000 | 24.5046 | 24.5094 |
| 96 | 0.9929 | 0.9929 | 0.0000 | 24.8091 | 24.8139 |
| 97 | 1.0113 | 1.0113 | 0.0000 | 25.6906 | 25.6955 |
| 98 | 1.0230 | 1.0230 | 0.0000 | 24.6666 | 24.6716 |
| 99 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 23.3261 | 23.3310 |
| 100 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 23.5079 | 23.5128 |
| 101 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 25.4678 | 25.4726 |
| 102 | 0.9888 | 0.9888 | 0.0000 | 28.5269 | 28.5317 |
| 103 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 18.5057 | 18.5107 |
| 104 | 0.9710 | 0.9710 | 0.0000 | 15.2398 | 15.2447 |
| 105 | 0.9650 | 0.9650 | 0.0000 | 13.8750 | 13.8799 |
| 106 | 0.9602 | 0.9602 | 0.0000 | 13.8080 | 13.8129 |
| 107 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 9.9523 | 9.9572 |
| 108 | 0.9662 | 0.9662 | 0.0000 | 12.5951 | 12.6000 |
| 109 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 12.1100 | 12.1149 |
| 110 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 11.1776 | 11.1825 |
| 111 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 12.8227 | 12.8276 |
| 112 | 0.9750 | 0.9750 | 0.0000 | 8.0784 | 8.0833 |

ตารางที่ 4.34 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| กิ่ง | | P_p (MW) | | Error (%) | Q_p (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 76 | 77 | -56.2019 | -56.1903 | -0.0206 | -22.9795 | -22.9840 | 0.0195 |
| 69 | 77 | 86.3555 | 86.2842 | -0.0825 | 1.1903 | 1.2058 | 1.3074 |
| 77 | 78 | 49.7337 | 49.7202 | -0.0272 | 5.5102 | 5.5136 | 0.0616 |
| 78 | 79 | -21.3596 | -21.3731 | 0.0630 | -19.5216 | -19.5180 | -0.0182 |

ตารางที่ 4.34 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 77 | 80 | -87.5650 | -87.5931 | 0.0320 | -40.9479 | -40.9370 | -0.0267 |
| 77 | 80 | -40.0226 | -40.0361 | 0.0338 | -21.9354 | -21.9311 | -0.0196 |
| 79 | 80 | -60.4043 | -60.4178 | 0.0223 | -30.6940 | -30.6905 | -0.0112 |
| 81 | 80 | -7.9660 | -7.9026 | -0.7959 | 74.1811 | 74.1584 | -0.0306 |
| 77 | 82 | 14.3464 | 14.3393 | -0.0497 | 11.0014 | 11.0037 | 0.0207 |
| 82 | 83 | -39.3634 | -39.3646 | 0.0032 | 21.2764 | 21.2770 | 0.0030 |
| 83 | 84 | -21.5984 | -21.5989 | 0.0023 | 13.2338 | 13.2341 | 0.0022 |
| 83 | 85 | -38.0037 | -38.0044 | 0.0020 | 10.6610 | 10.6613 | 0.0029 |
| 84 | 85 | -33.0341 | -33.0346 | 0.0016 | 7.8041 | 7.8043 | 0.0033 |
| 85 | 86 | 17.1725 | 17.1725 | 0.0000 | -7.3537 | -7.3537 | 0.0000 |
| 86 | 87 | -3.9469 | -3.9469 | 0.0000 | -15.0910 | -15.0910 | 0.0000 |
| 85 | 88 | -46.2832 | -46.2839 | 0.0014 | 6.3462 | 6.3464 | 0.0031 |
| 85 | 89 | -67.0000 | -67.0007 | 0.0010 | -0.4453 | -0.4451 | -0.0394 |
| 88 | 89 | -94.7370 | -94.7377 | 0.0007 | -3.2828 | -3.2827 | -0.0039 |
| 89 | 90 | 58.5729 | 58.5729 | -0.0001 | -4.7803 | -4.7803 | -0.0002 |
| 89 | 90 | 111.5056 | 111.5055 | -0.0001 | -5.5252 | -5.5251 | -0.0002 |
| 90 | 91 | 2.3870 | 2.3868 | -0.0065 | 4.1281 | 4.1281 | 0.0011 |
| 89 | 92 | 207.3722 | 207.3713 | -0.0004 | -2.6282 | -2.6281 | -0.0031 |
| 89 | 92 | 65.4259 | 65.4257 | -0.0004 | -5.3243 | -5.3242 | -0.0008 |
| 91 | 92 | -7.6215 | -7.6217 | 0.0020 | -6.9314 | -6.9313 | -0.0007 |
| 92 | 93 | 56.6931 | 56.6929 | -0.0004 | -11.6407 | -11.6407 | 0.0000 |
| 92 | 94 | 51.2385 | 51.2383 | -0.0005 | -15.1915 | -15.1915 | 0.0000 |
| 93 | 94 | 43.8176 | 43.8174 | -0.0005 | -19.3912 | -19.3911 | -0.0001 |
| 94 | 95 | 27.3179 | 27.3183 | 0.0016 | 12.5276 | 12.5274 | -0.0016 |
| 80 | 96 | 28.7004 | 28.7029 | 0.0087 | 19.1440 | 19.1436 | -0.0024 |
| 82 | 96 | -0.4183 | -0.4241 | 1.3952 | -9.9479 | -9.9462 | -0.0176 |
| 94 | 96 | 4.3829 | 4.3834 | 0.0114 | -5.6699 | -5.6702 | 0.0041 |
| 80 | 97 | 36.1306 | 36.1331 | 0.0069 | 23.8942 | 23.8937 | -0.0019 |
| 80 | 98 | 46.4423 | 46.4434 | 0.0024 | 5.5831 | 5.5830 | -0.0026 |
| 80 | 99 | 36.9458 | 36.9469 | 0.0030 | 5.2624 | 5.2622 | -0.0031 |
| 92 | 100 | 36.6026 | 36.6022 | -0.0012 | -17.0802 | -17.0802 | -0.0002 |
| 94 | 100 | 31.4624 | 31.4610 | -0.0044 | -57.8471 | -57.8466 | -0.0009 |

ตารางที่ 4.34 (ต่อ)

| ถึง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 95 | 96 | -14.8056 | -14.8051 | -0.0029 | -17.8004 | -17.8007 | 0.0012 |
| 96 | 97 | -20.6789 | -20.6814 | 0.0118 | -17.6707 | -17.6701 | -0.0037 |
| 98 | 100 | 11.9566 | 11.9577 | 0.0092 | -1.5778 | -1.5780 | 0.0157 |
| 99 | 100 | -5.6555 | -5.6544 | -0.0191 | -8.5394 | -8.5396 | 0.0028 |
| 100 | 101 | -21.5730 | -21.5726 | -0.0019 | 24.4543 | 24.4542 | -0.0005 |
| 92 | 102 | 49.7227 | 49.7223 | -0.0008 | -8.8425 | -8.8425 | -0.0004 |
| 101 | 102 | -43.8808 | -43.8804 | -0.0009 | 11.3589 | 11.3588 | -0.0009 |
| 100 | 103 | 161.9543 | 161.9543 | 0.0000 | -31.1180 | -31.1180 | 0.0000 |
| 100 | 104 | 72.2620 | 72.2620 | 0.0000 | 9.1904 | 9.1904 | 0.0000 |
| 103 | 104 | 39.4682 | 39.4682 | 0.0000 | 12.1859 | 12.1859 | 0.0000 |
| 103 | 105 | 52.5766 | 52.5766 | 0.0000 | 10.5362 | 10.5362 | 0.0000 |
| 100 | 106 | 74.8964 | 74.8964 | 0.0000 | 8.3439 | 8.3439 | 0.0000 |
| 104 | 105 | 59.1860 | 59.1860 | 0.0000 | 0.0873 | 0.0873 | 0.0000 |
| 105 | 106 | 3.9092 | 3.9092 | 0.0000 | 6.8649 | 6.8649 | 0.0000 |
| 105 | 107 | 33.8315 | 33.8315 | 0.0000 | -3.9646 | -3.9646 | 0.0000 |
| 105 | 108 | 25.6193 | 25.6193 | 0.0000 | -11.6442 | -11.6442 | 0.0000 |
| 106 | 107 | 32.4356 | 32.4356 | 0.0000 | -6.1557 | -6.1557 | 0.0000 |
| 108 | 109 | 23.4028 | 23.4028 | 0.0000 | -11.5082 | -11.5082 | 0.0000 |
| 103 | 110 | 71.2276 | 71.2276 | 0.0000 | 7.3428 | 7.3428 | 0.0000 |
| 109 | 110 | 15.3272 | 15.3272 | 0.0000 | -14.0056 | -14.0056 | 0.0000 |
| 110 | 111 | -35.7029 | -35.7029 | 0.0000 | 0.9561 | 0.9561 | 0.0000 |
| 110 | 112 | 69.4586 | 69.4586 | 0.0000 | -30.6142 | -30.6142 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์โหลดโพลีวีเรียส เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 76 | 0.9430 | 0.9430 | 0.0000 | 20.8542 | 20.8649 |
| 77 | 1.0060 | 1.0060 | 0.0000 | 25.3100 | 25.3178 |
| 78 | 1.0034 | 1.0034 | 0.0000 | 24.9731 | 24.9811 |
| 79 | 1.0092 | 1.0092 | 0.0000 | 25.2087 | 25.2170 |

ตารางที่ 4.35 (ต่อ)

| ปี | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 80 | 1.0400 | 1.0400 | 0.0000 | 27.2772 | 27.2867 |
| 81 | 0.9965 | 0.9965 | -0.0006 | 27.1248 | 27.1368 |
| 82 | 0.9889 | 0.9889 | 0.0000 | 24.8651 | 24.8736 |
| 83 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 25.8661 | 25.8747 |
| 84 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 28.0962 | 28.1049 |
| 85 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.5037 | 29.5125 |
| 86 | 0.9867 | 0.9867 | 0.0000 | 28.1343 | 28.1430 |
| 87 | 1.0150 | 1.0150 | 0.0000 | 28.3935 | 28.4022 |
| 88 | 0.9877 | 0.9877 | 0.0000 | 32.3757 | 32.3846 |
| 89 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 36.2534 | 36.2623 |
| 90 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.8030 | 29.8119 |
| 91 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 29.7624 | 29.7713 |
| 92 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 30.2124 | 30.2213 |
| 93 | 0.9856 | 0.9856 | 0.0000 | 27.2279 | 27.2369 |
| 94 | 0.9901 | 0.9901 | 0.0000 | 25.1023 | 25.1113 |
| 95 | 0.9808 | 0.9808 | 0.0000 | 24.5046 | 24.5136 |
| 96 | 0.9929 | 0.9929 | 0.0000 | 24.8091 | 24.8180 |
| 97 | 1.0113 | 1.0113 | 0.0000 | 25.6906 | 25.6998 |
| 98 | 1.0230 | 1.0230 | 0.0000 | 24.6666 | 24.6759 |
| 99 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 23.3261 | 23.3353 |
| 100 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 23.5079 | 23.5170 |
| 101 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 25.4678 | 25.4768 |
| 102 | 0.9888 | 0.9888 | 0.0000 | 28.5269 | 28.5359 |
| 103 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 18.5057 | 18.5149 |
| 104 | 0.9710 | 0.9710 | 0.0000 | 15.2398 | 15.2489 |
| 105 | 0.9650 | 0.9650 | 0.0000 | 13.8750 | 13.8841 |
| 106 | 0.9602 | 0.9602 | 0.0000 | 13.8080 | 13.8171 |
| 107 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 9.9523 | 9.9614 |
| 108 | 0.9662 | 0.9662 | 0.0000 | 12.5951 | 12.6042 |
| 109 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 12.1100 | 12.1191 |
| 110 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 11.1776 | 11.1867 |

ตารางที่ 4.35 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 111 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 12.8227 | 12.8318 |
| 112 | 0.9750 | 0.9750 | 0.0000 | 8.0784 | 8.0875 |

ตารางที่ 4.36 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 4 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| กิ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 76 | 77 | -56.2019 | -56.1716 | -0.0539 | -22.9795 | -22.9912 | 0.0510 |
| 77 | 78 | 49.7337 | 49.7056 | -0.0565 | 5.5102 | 5.5173 | 0.1282 |
| 78 | 79 | -21.3596 | -21.3876 | 0.1312 | -19.5216 | -19.5142 | -0.0379 |
| 77 | 80 | -87.5650 | -87.6234 | 0.0667 | -40.9479 | -40.9252 | -0.0555 |
| 77 | 80 | -40.0226 | -40.0508 | 0.0703 | -21.9354 | -21.9265 | -0.0407 |
| 79 | 80 | -60.4043 | -60.4324 | 0.0465 | -30.6940 | -30.6868 | -0.0234 |
| 81 | 80 | -7.9660 | -7.8340 | -1.6569 | 74.1811 | 74.1605 | -0.0278 |
| 77 | 82 | 14.3464 | 14.3316 | -0.1035 | 11.0014 | 11.0061 | 0.0430 |
| 82 | 83 | -39.3634 | -39.3660 | 0.0066 | 21.2764 | 21.2777 | 0.0063 |
| 83 | 84 | -21.5984 | -21.5994 | 0.0048 | 13.2338 | 13.2344 | 0.0047 |
| 83 | 85 | -38.0037 | -38.0053 | 0.0042 | 10.6610 | 10.6616 | 0.0060 |
| 84 | 85 | -33.0341 | -33.0351 | 0.0033 | 7.8041 | 7.8046 | 0.0068 |
| 85 | 86 | 17.1725 | 17.1725 | 0.0000 | -7.3537 | -7.3537 | 0.0000 |
| 86 | 87 | -3.9469 | -3.9469 | 0.0000 | -15.0910 | -15.0910 | 0.0000 |
| 85 | 88 | -46.2832 | -46.2846 | 0.0029 | 6.3462 | 6.3466 | 0.0064 |
| 85 | 89 | -67.0000 | -67.0014 | 0.0021 | -0.4453 | -0.4449 | -0.0821 |
| 88 | 89 | -94.7370 | -94.7384 | 0.0015 | -3.2828 | -3.2826 | -0.0082 |
| 89 | 90 | 58.5729 | 58.5728 | -0.0002 | -4.7803 | -4.7802 | -0.0004 |
| 89 | 90 | 111.5056 | 111.5054 | -0.0002 | -5.5252 | -5.5251 | -0.0005 |
| 90 | 91 | 2.3870 | 2.3866 | -0.0135 | 4.1281 | 4.1282 | 0.0024 |
| 89 | 92 | 207.3722 | 207.3703 | -0.0009 | -2.6282 | -2.6280 | -0.0065 |
| 89 | 92 | 65.4259 | 65.4253 | -0.0009 | -5.3243 | -5.3242 | -0.0016 |
| 91 | 92 | -7.6215 | -7.6218 | 0.0042 | -6.9314 | -6.9313 | -0.0015 |

ตารางที่ 4.36 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 92 | 93 | 56.6931 | 56.6926 | -0.0009 | -11.6407 | -11.6407 | 0.0000 |
| 92 | 94 | 51.2385 | 51.2380 | -0.0010 | -15.1915 | -15.1915 | 0.0000 |
| 93 | 94 | 43.8176 | 43.8171 | -0.0011 | -19.3912 | -19.3911 | -0.0003 |
| 94 | 95 | 27.3179 | 27.3188 | 0.0033 | 12.5276 | 12.5272 | -0.0033 |
| 80 | 96 | 28.7004 | 28.7056 | 0.0181 | 19.1440 | 19.1431 | -0.0050 |
| 82 | 96 | -0.4183 | -0.4304 | 2.9054 | -9.9479 | -9.9443 | -0.0365 |
| 94 | 96 | 4.3829 | 4.3840 | 0.0238 | -5.6699 | -5.6704 | 0.0085 |
| 80 | 97 | 36.1306 | 36.1358 | 0.0143 | 23.8942 | 23.8932 | -0.0039 |
| 80 | 98 | 46.4423 | 46.4447 | 0.0050 | 5.5831 | 5.5828 | -0.0055 |
| 80 | 99 | 36.9458 | 36.9481 | 0.0063 | 5.2624 | 5.2620 | -0.0066 |
| 92 | 100 | 36.6026 | 36.6017 | -0.0024 | -17.0802 | -17.0801 | -0.0005 |
| 94 | 100 | 31.4624 | 31.4595 | -0.0092 | -57.8471 | -57.8461 | -0.0018 |
| 95 | 96 | -14.8056 | -14.8047 | -0.0061 | -17.8004 | -17.8009 | 0.0024 |
| 96 | 97 | -20.6789 | -20.6840 | 0.0246 | -17.6707 | -17.6694 | -0.0077 |
| 98 | 100 | 11.9566 | 11.9589 | 0.0191 | -1.5778 | -1.5783 | 0.0327 |
| 99 | 100 | -5.6555 | -5.6532 | -0.0397 | -8.5394 | -8.5399 | 0.0059 |
| 100 | 101 | -21.5730 | -21.5722 | -0.0039 | 24.4543 | 24.4540 | -0.0011 |
| 92 | 102 | 49.7227 | 49.7218 | -0.0018 | -8.8425 | -8.8425 | -0.0008 |
| 101 | 102 | -43.8808 | -43.8799 | -0.0019 | 11.3589 | 11.3587 | -0.0019 |
| 100 | 103 | 161.9543 | 161.9543 | 0.0000 | -31.1180 | -31.1180 | 0.0000 |
| 100 | 104 | 72.2620 | 72.2620 | 0.0000 | 9.1904 | 9.1904 | 0.0000 |
| 103 | 104 | 39.4682 | 39.4682 | 0.0000 | 12.1859 | 12.1859 | 0.0000 |
| 103 | 105 | 52.5766 | 52.5766 | 0.0000 | 10.5362 | 10.5362 | 0.0000 |
| 100 | 106 | 74.8964 | 74.8964 | 0.0000 | 8.3439 | 8.3439 | 0.0000 |
| 104 | 105 | 59.1860 | 59.1860 | 0.0000 | 0.0873 | 0.0873 | 0.0000 |
| 105 | 106 | 3.9092 | 3.9092 | 0.0000 | 6.8649 | 6.8649 | 0.0000 |
| 105 | 107 | 33.8315 | 33.8315 | 0.0000 | -3.9646 | -3.9646 | 0.0000 |
| 105 | 108 | 25.6193 | 25.6193 | 0.0000 | -11.6442 | -11.6442 | 0.0000 |
| 106 | 107 | 32.4356 | 32.4356 | 0.0000 | -6.1557 | -6.1557 | 0.0000 |
| 108 | 109 | 23.4028 | 23.4028 | 0.0000 | -11.5082 | -11.5082 | 0.0000 |
| 103 | 110 | 71.2276 | 71.2276 | 0.0000 | 7.3428 | 7.3428 | 0.0000 |
| 109 | 110 | 15.3272 | 15.3272 | 0.0000 | -14.0056 | -14.0056 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.36 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_g (MW) | | Error (%) | Q_g (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 110 | 111 | -35.7029 | -35.7029 | 0.0000 | 0.9561 | 0.9561 | 0.0000 |
| 110 | 112 | 69.4586 | 69.4586 | 0.0000 | -30.6142 | -30.6142 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.37 ผลการวิเคราะห์โหนดโพลาร์ปริซึม เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 68 | 1.0032 | 1.0032 | -0.0026 | 26.9984 | 26.9990 |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 74 | 0.9580 | 0.9580 | 0.0000 | 21.1276 | 21.1250 |
| 75 | 0.9671 | 0.9671 | -0.0045 | 22.3410 | 22.3396 |
| 76 | 0.9430 | 0.9430 | 0.0000 | 20.8542 | 20.8527 |
| 77 | 1.0060 | 1.0060 | 0.0000 | 25.3100 | 25.3097 |
| 78 | 1.0034 | 1.0034 | 0.0000 | 24.9731 | 24.9729 |
| 79 | 1.0092 | 1.0092 | 0.0000 | 25.2087 | 25.2085 |
| 80 | 1.0400 | 1.0400 | 0.0000 | 27.2772 | 27.2772 |
| 81 | 0.9965 | 0.9965 | -0.0016 | 27.1248 | 27.1252 |
| 82 | 0.9889 | 0.9889 | 0.0000 | 24.8651 | 24.8649 |
| 83 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 25.8661 | 25.8660 |
| 84 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 28.0962 | 28.0962 |
| 85 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.5037 | 29.5037 |
| 88 | 0.9877 | 0.9877 | 0.0000 | 32.3757 | 32.3757 |
| 89 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 36.2534 | 36.2534 |
| 90 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.8030 | 29.8030 |
| 91 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 29.7624 | 29.7624 |
| 92 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 30.2124 | 30.2124 |
| 93 | 0.9856 | 0.9856 | 0.0000 | 27.2279 | 27.2279 |
| 94 | 0.9901 | 0.9901 | 0.0000 | 25.1023 | 25.1023 |
| 95 | 0.9808 | 0.9808 | 0.0000 | 24.5046 | 24.5045 |
| 96 | 0.9929 | 0.9929 | 0.0000 | 24.8091 | 24.8090 |
| 97 | 1.0113 | 1.0113 | 0.0000 | 25.6906 | 25.6905 |

ตารางที่ 4.37 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 98 | 1.0230 | 1.0230 | 0.0000 | 24.6666 | 24.6666 |
| 99 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 23.3261 | 23.3260 |
| 100 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 23.5079 | 23.5078 |
| 101 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 25.4678 | 25.4677 |
| 102 | 0.9888 | 0.9888 | 0.0000 | 28.5269 | 28.5269 |
| 103 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 18.5057 | 18.5057 |
| 104 | 0.9710 | 0.9710 | 0.0000 | 15.2398 | 15.2398 |
| 105 | 0.9650 | 0.9650 | 0.0000 | 13.8750 | 13.8750 |
| 106 | 0.9602 | 0.9602 | 0.0000 | 13.8080 | 13.8080 |
| 107 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 9.9523 | 9.9522 |
| 108 | 0.9662 | 0.9662 | 0.0000 | 12.5951 | 12.5951 |
| 109 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 12.1100 | 12.1099 |
| 110 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 11.1776 | 11.1776 |
| 111 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 12.8227 | 12.8226 |
| 112 | 0.9750 | 0.9750 | 0.0000 | 8.0784 | 8.0783 |
| 116 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 26.5634 | 26.5639 |
| 118 | 0.9493 | 0.9493 | -0.0025 | 21.1879 | 21.1865 |

ตารางที่ 4.38 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| กิ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 68 | 69 | -157.1658 | -157.1308 | -0.0223 | 114.2833 | 114.1991 | -0.0736 |
| 69 | 75 | 117.8996 | 117.9248 | 0.0214 | 19.1093 | 19.1402 | 0.1620 |
| 74 | 75 | -50.1055 | -50.1208 | 0.0306 | -6.3490 | -6.2405 | -1.7095 |
| 76 | 77 | -56.2019 | -56.2135 | 0.0206 | -22.9795 | -22.9750 | -0.0195 |
| 69 | 77 | 86.3555 | 86.3606 | 0.0059 | 1.1903 | 1.1891 | -0.0937 |
| 75 | 77 | -28.1238 | -28.1367 | 0.0460 | -12.0204 | -12.0361 | 0.1305 |
| 77 | 78 | 49.7337 | 49.7294 | -0.0087 | 5.5102 | 5.5113 | 0.0198 |
| 78 | 79 | -21.3596 | -21.3639 | 0.0202 | -19.5216 | -19.5205 | -0.0058 |

ตารางที่ 4.38 (ต่อ)

| ถึง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 77 | 80 | -87.5650 | -87.5740 | 0.0103 | -40.9479 | -40.9444 | -0.0086 |
| 77 | 80 | -40.0226 | -40.0269 | 0.0108 | -21.9354 | -21.9340 | -0.0063 |
| 79 | 80 | -60.4043 | -60.4086 | 0.0072 | -30.6940 | -30.6929 | -0.0036 |
| 68 | 81 | -7.9445 | -7.9256 | -0.2380 | -6.3485 | -6.3966 | 0.7580 |
| 81 | 80 | -7.9660 | -7.9470 | -0.2381 | 74.1811 | 74.1303 | -0.0684 |
| 77 | 82 | 14.3464 | 14.3432 | -0.0226 | 11.0014 | 11.0025 | 0.0102 |
| 82 | 83 | -39.3634 | -39.3651 | 0.0044 | 21.2764 | 21.2771 | 0.0034 |
| 83 | 84 | -21.5984 | -21.5991 | 0.0032 | 13.2338 | 13.2341 | 0.0026 |
| 83 | 85 | -38.0037 | -38.0047 | 0.0027 | 10.6610 | 10.6613 | 0.0031 |
| 84 | 85 | -33.0341 | -33.0348 | 0.0022 | 7.8041 | 7.8044 | 0.0037 |
| 85 | 88 | -46.2832 | -46.2829 | -0.0007 | 6.3462 | 6.3461 | -0.0015 |
| 85 | 89 | -67.0000 | -66.9997 | -0.0005 | -0.4453 | -0.4453 | 0.0186 |
| 88 | 89 | -94.7370 | -94.7367 | -0.0003 | -3.2828 | -3.2829 | 0.0019 |
| 89 | 90 | 58.5729 | 58.5730 | 0.0000 | -4.7803 | -4.7803 | 0.0001 |
| 89 | 90 | 111.5056 | 111.5057 | 0.0000 | -5.5252 | -5.5252 | 0.0001 |
| 90 | 91 | 2.3870 | 2.3870 | 0.0031 | 4.1281 | 4.1280 | -0.0005 |
| 89 | 92 | 207.3722 | 207.3727 | 0.0002 | -2.6282 | -2.6283 | 0.0015 |
| 89 | 92 | 65.4259 | 65.4261 | 0.0002 | -5.3243 | -5.3243 | 0.0004 |
| 91 | 92 | -7.6215 | -7.6214 | -0.0010 | -6.9314 | -6.9314 | 0.0003 |
| 92 | 93 | 56.6931 | 56.6933 | 0.0004 | -11.6407 | -11.6408 | 0.0004 |
| 92 | 94 | 51.2385 | 51.2388 | 0.0005 | -15.1915 | -15.1915 | 0.0003 |
| 93 | 94 | 43.8176 | 43.8178 | 0.0005 | -19.3912 | -19.3912 | 0.0004 |
| 94 | 95 | 27.3179 | 27.3182 | 0.0012 | 12.5276 | 12.5275 | -0.0009 |
| 80 | 96 | 28.7004 | 28.7008 | 0.0014 | 19.1440 | 19.1440 | -0.0003 |
| 82 | 96 | -0.4183 | -0.4198 | 0.3621 | -9.9479 | -9.9475 | -0.0044 |
| 94 | 96 | 4.3829 | 4.3833 | 0.0088 | -5.6699 | -5.6701 | 0.0023 |
| 80 | 97 | 36.1306 | 36.1310 | 0.0011 | 23.8942 | 23.8941 | -0.0003 |
| 80 | 98 | 46.4423 | 46.4424 | 0.0001 | 5.5831 | 5.5831 | -0.0002 |
| 80 | 99 | 36.9458 | 36.9458 | 0.0002 | 5.2624 | 5.2624 | -0.0002 |
| 92 | 100 | 36.6026 | 36.6027 | 0.0002 | -17.0802 | -17.0802 | 0.0000 |
| 94 | 100 | 31.4624 | 31.4621 | -0.0009 | -57.8471 | -57.8471 | -0.0001 |
| 95 | 96 | -14.8056 | -14.8052 | -0.0023 | -17.8004 | -17.8006 | 0.0007 |

ตารางที่ 4.38 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 96 | 97 | -20.6789 | -20.6793 | 0.0019 | -17.6707 | -17.6706 | -0.0005 |
| 98 | 100 | 11.9566 | 11.9567 | 0.0005 | -1.5778 | -1.5778 | 0.0009 |
| 99 | 100 | -5.6555 | -5.6554 | -0.0011 | -8.5394 | -8.5394 | 0.0002 |
| 100 | 101 | -21.5730 | -21.5731 | 0.0003 | 24.4543 | 24.4543 | 0.0001 |
| 92 | 102 | 49.7227 | 49.7228 | 0.0002 | -8.8425 | -8.8425 | 0.0001 |
| 101 | 102 | -43.8808 | -43.8809 | 0.0002 | 11.3589 | 11.3589 | 0.0002 |
| 100 | 103 | 161.9543 | 161.9543 | 0.0000 | -31.1180 | -31.1180 | 0.0000 |
| 100 | 104 | 72.2620 | 72.2620 | 0.0000 | 9.1904 | 9.1904 | 0.0000 |
| 103 | 104 | 39.4682 | 39.4682 | 0.0000 | 12.1859 | 12.1859 | 0.0000 |
| 103 | 105 | 52.5766 | 52.5766 | 0.0000 | 10.5362 | 10.5362 | 0.0000 |
| 100 | 106 | 74.8964 | 74.8964 | 0.0000 | 8.3439 | 8.3439 | 0.0000 |
| 104 | 105 | 59.1860 | 59.1860 | 0.0000 | 0.0873 | 0.0873 | 0.0000 |
| 105 | 106 | 3.9092 | 3.9092 | 0.0000 | 6.8649 | 6.8649 | 0.0000 |
| 105 | 107 | 33.8315 | 33.8315 | 0.0000 | -3.9646 | -3.9646 | 0.0000 |
| 105 | 108 | 25.6193 | 25.6193 | 0.0000 | -11.6442 | -11.6442 | 0.0000 |
| 106 | 107 | 32.4356 | 32.4356 | 0.0000 | -6.1557 | -6.1557 | 0.0000 |
| 108 | 109 | 23.4028 | 23.4028 | 0.0000 | -11.5082 | -11.5082 | 0.0000 |
| 103 | 110 | 71.2276 | 71.2276 | 0.0000 | 7.3428 | 7.3428 | 0.0000 |
| 109 | 110 | 15.3272 | 15.3272 | 0.0000 | -14.0056 | -14.0056 | 0.0000 |
| 110 | 111 | -35.7029 | -35.7029 | 0.0000 | 0.9561 | 0.9561 | 0.0000 |
| 110 | 112 | 69.4586 | 69.4586 | 0.0000 | -30.6142 | -30.6142 | 0.0000 |
| 68 | 116 | 184.1260 | 184.1262 | 0.0001 | -66.4848 | -67.1187 | 0.9534 |
| 75 | 118 | 45.2301 | 45.2180 | -0.0268 | 22.0597 | 22.0210 | -0.1752 |
| 76 | 118 | -11.7981 | -11.7865 | -0.0980 | -7.9404 | -7.9035 | -0.4650 |

ตารางที่ 4.39 ผลการวิเคราะห์โพลีพลีเบรีย เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 68 | 1.0032 | 1.0033 | 0.0013 | 26.9984 | 27.0053 |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 74 | 0.9580 | 0.9580 | 0.0000 | 21.1276 | 21.1259 |
| 75 | 0.9671 | 0.9671 | -0.0046 | 22.3410 | 22.3407 |
| 76 | 0.9430 | 0.9430 | 0.0000 | 20.8542 | 20.8546 |
| 77 | 1.0060 | 1.0060 | 0.0000 | 25.3100 | 25.3127 |
| 78 | 1.0034 | 1.0034 | 0.0000 | 24.9731 | 24.9760 |
| 79 | 1.0092 | 1.0092 | 0.0000 | 25.2087 | 25.2118 |
| 80 | 1.0400 | 1.0400 | 0.0000 | 27.2772 | 27.2812 |
| 81 | 0.9965 | 0.9965 | 0.0007 | 27.1248 | 27.1306 |
| 82 | 0.9889 | 0.9889 | 0.0000 | 24.8651 | 24.8684 |
| 83 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 25.8661 | 25.8695 |
| 84 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 28.0962 | 28.0998 |
| 85 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.5037 | 29.5073 |
| 88 | 0.9877 | 0.9877 | 0.0000 | 32.3757 | 32.3794 |
| 89 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 36.2534 | 36.2571 |
| 90 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.8030 | 29.8066 |
| 91 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 29.7624 | 29.7661 |
| 92 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 30.2124 | 30.2161 |
| 93 | 0.9856 | 0.9856 | 0.0000 | 27.2279 | 27.2316 |
| 94 | 0.9901 | 0.9901 | 0.0000 | 25.1023 | 25.1060 |
| 95 | 0.9808 | 0.9808 | 0.0000 | 24.5046 | 24.5082 |
| 96 | 0.9929 | 0.9929 | 0.0000 | 24.8091 | 24.8127 |
| 97 | 1.0113 | 1.0113 | 0.0000 | 25.6906 | 25.6944 |
| 98 | 1.0230 | 1.0230 | 0.0000 | 24.6666 | 24.6705 |
| 99 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 23.3261 | 23.3299 |
| 100 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 23.5079 | 23.5116 |
| 101 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 25.4678 | 25.4715 |
| 102 | 0.9888 | 0.9888 | 0.0000 | 28.5269 | 28.5306 |
| 103 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 18.5057 | 18.5095 |
| 104 | 0.9710 | 0.9710 | 0.0000 | 15.2398 | 15.2435 |

ตารางที่ 4.39 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 105 | 0.9650 | 0.9650 | 0.0000 | 13.8750 | 13.8788 |
| 106 | 0.9602 | 0.9602 | 0.0000 | 13.8080 | 13.8117 |
| 107 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 9.9523 | 9.9560 |
| 108 | 0.9662 | 0.9662 | 0.0000 | 12.5951 | 12.5989 |
| 109 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 12.1100 | 12.1137 |
| 110 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 11.1776 | 11.1813 |
| 111 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 12.8227 | 12.8264 |
| 112 | 0.9750 | 0.9750 | 0.0000 | 8.0784 | 8.0821 |
| 116 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 26.5634 | 26.5704 |
| 118 | 0.9493 | 0.9493 | -0.0025 | 21.1879 | 21.1879 |

ตารางที่ 4.40 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 5 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| กิ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 68 | 69 | -157.1658 | -156.8093 | -0.2268 | 114.2833 | 114.3051 | 0.0191 |
| 69 | 75 | 117.8996 | 117.9102 | 0.0090 | 19.1093 | 19.1433 | 0.1783 |
| 74 | 75 | -50.1055 | -50.1259 | 0.0407 | -6.3490 | -6.2378 | -1.7527 |
| 76 | 77 | -56.2019 | -56.2245 | 0.0403 | -22.9795 | -22.9707 | -0.0381 |
| 69 | 77 | 86.3555 | 86.3104 | -0.0522 | 1.1903 | 1.2001 | 0.8266 |
| 75 | 77 | -28.1238 | -28.1512 | 0.0976 | -12.0204 | -12.0311 | 0.0891 |
| 77 | 78 | 49.7337 | 49.7132 | -0.0411 | 5.5102 | 5.5153 | 0.0933 |
| 78 | 79 | -21.3596 | -21.3800 | 0.0954 | -19.5216 | -19.5162 | -0.0276 |
| 77 | 80 | -87.5650 | -87.6075 | 0.0485 | -40.9479 | -40.9314 | -0.0404 |
| 77 | 80 | -40.0226 | -40.0431 | 0.0512 | -21.9354 | -21.9289 | -0.0296 |
| 79 | 80 | -60.4043 | -60.4247 | 0.0338 | -30.6940 | -30.6887 | -0.0170 |
| 68 | 81 | -7.9445 | -7.8498 | -1.1918 | -6.3485 | -6.3288 | -0.3113 |
| 81 | 80 | -7.9660 | -7.8713 | -1.1886 | 74.1811 | 74.2025 | 0.0288 |
| 77 | 82 | 14.3464 | 14.3347 | -0.0819 | 11.0014 | 11.0052 | 0.0348 |
| 82 | 83 | -39.3634 | -39.3666 | 0.0081 | 21.2764 | 21.2779 | 0.0071 |

ตารางที่ 4.40 (ต่อ)

| ถึง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 83 | 84 | -21.5984 | -21.5997 | 0.0060 | 13.2338 | 13.2345 | 0.0053 |
| 83 | 85 | -38.0037 | -38.0056 | 0.0051 | 10.6610 | 10.6617 | 0.0065 |
| 84 | 85 | -33.0341 | -33.0354 | 0.0041 | 7.8041 | 7.8047 | 0.0076 |
| 85 | 88 | -46.2832 | -46.2837 | 0.0010 | 6.3462 | 6.3463 | 0.0022 |
| 85 | 89 | -67.0000 | -67.0005 | 0.0007 | -0.4453 | -0.4451 | -0.0285 |
| 88 | 89 | -94.7370 | -94.7375 | 0.0005 | -3.2828 | -3.2827 | -0.0029 |
| 89 | 90 | 58.5729 | 58.5729 | -0.0001 | -4.7803 | -4.7803 | -0.0001 |
| 89 | 90 | 111.5056 | 111.5056 | -0.0001 | -5.5252 | -5.5251 | -0.0002 |
| 90 | 91 | 2.3870 | 2.3869 | -0.0047 | 4.1281 | 4.1281 | 0.0008 |
| 89 | 92 | 207.3722 | 207.3716 | -0.0003 | -2.6282 | -2.6282 | -0.0023 |
| 89 | 92 | 65.4259 | 65.4257 | -0.0003 | -5.3243 | -5.3243 | -0.0005 |
| 91 | 92 | -7.6215 | -7.6216 | 0.0015 | -6.9314 | -6.9313 | -0.0005 |
| 92 | 93 | 56.6931 | 56.6931 | -0.0001 | -11.6407 | -11.6408 | 0.0004 |
| 92 | 94 | 51.2385 | 51.2385 | -0.0001 | -15.1915 | -15.1915 | 0.0003 |
| 93 | 94 | 43.8176 | 43.8176 | -0.0001 | -19.3912 | -19.3912 | 0.0002 |
| 94 | 95 | 27.3179 | 27.3187 | 0.0032 | 12.5276 | 12.5272 | -0.0028 |
| 80 | 96 | 28.7004 | 28.7038 | 0.0118 | 19.1440 | 19.1434 | -0.0032 |
| 82 | 96 | -0.4183 | -0.4268 | 2.0282 | -9.9479 | -9.9454 | -0.0253 |
| 94 | 96 | 4.3829 | 4.3839 | 0.0224 | -5.6699 | -5.6703 | 0.0071 |
| 80 | 97 | 36.1306 | 36.1340 | 0.0093 | 23.8942 | 23.8936 | -0.0025 |
| 80 | 98 | 46.4423 | 46.4437 | 0.0030 | 5.5831 | 5.5829 | -0.0033 |
| 80 | 99 | 36.9458 | 36.9472 | 0.0038 | 5.2624 | 5.2622 | -0.0039 |
| 92 | 100 | 36.6026 | 36.6022 | -0.0012 | -17.0802 | -17.0802 | -0.0003 |
| 94 | 100 | 31.4624 | 31.4604 | -0.0061 | -57.8471 | -57.8464 | -0.0012 |
| 95 | 96 | -14.8056 | -14.8047 | -0.0058 | -17.8004 | -17.8008 | 0.0021 |
| 96 | 97 | -20.6789 | -20.6822 | 0.0160 | -17.6707 | -17.6699 | -0.0049 |
| 98 | 100 | 11.9566 | 11.9580 | 0.0115 | -1.5778 | -1.5781 | 0.0197 |
| 99 | 100 | -5.6555 | -5.6541 | -0.0239 | -8.5394 | -8.5397 | 0.0036 |
| 100 | 101 | -21.5730 | -21.5726 | -0.0019 | 24.4543 | 24.4542 | -0.0005 |
| 92 | 102 | 49.7227 | 49.7223 | -0.0009 | -8.8425 | -8.8425 | -0.0004 |
| 101 | 102 | -43.8808 | -43.8804 | -0.0009 | 11.3589 | 11.3588 | -0.0009 |
| 100 | 103 | 161.9543 | 161.9543 | 0.0000 | -31.1180 | -31.1180 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.40 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 100 | 104 | 72.2620 | 72.2620 | 0.0000 | 9.1904 | 9.1904 | 0.0000 |
| 103 | 104 | 39.4682 | 39.4682 | 0.0000 | 12.1859 | 12.1859 | 0.0000 |
| 103 | 105 | 52.5766 | 52.5766 | 0.0000 | 10.5362 | 10.5362 | 0.0000 |
| 100 | 106 | 74.8964 | 74.8964 | 0.0000 | 8.3439 | 8.3439 | 0.0000 |
| 104 | 105 | 59.1860 | 59.1860 | 0.0000 | 0.0873 | 0.0873 | 0.0000 |
| 105 | 106 | 3.9092 | 3.9092 | 0.0000 | 6.8649 | 6.8649 | 0.0000 |
| 105 | 107 | 33.8315 | 33.8315 | 0.0000 | -3.9646 | -3.9646 | 0.0000 |
| 105 | 108 | 25.6193 | 25.6193 | 0.0000 | -11.6442 | -11.6442 | 0.0000 |
| 106 | 107 | 32.4356 | 32.4356 | 0.0000 | -6.1557 | -6.1557 | 0.0000 |
| 108 | 109 | 23.4028 | 23.4028 | 0.0000 | -11.5082 | -11.5082 | 0.0000 |
| 103 | 110 | 71.2276 | 71.2276 | 0.0000 | 7.3428 | 7.3428 | 0.0000 |
| 109 | 110 | 15.3272 | 15.3272 | 0.0000 | -14.0056 | -14.0056 | 0.0000 |
| 110 | 111 | -35.7029 | -35.7029 | 0.0000 | 0.9561 | 0.9561 | 0.0000 |
| 110 | 112 | 69.4586 | 69.4586 | 0.0000 | -30.6142 | -30.6142 | 0.0000 |
| 68 | 116 | 184.1260 | 184.1259 | -0.0001 | -66.4848 | -66.1726 | -0.4697 |
| 75 | 118 | 45.2301 | 45.2068 | -0.0517 | 22.0597 | 22.0235 | -0.1638 |
| 76 | 118 | -11.7981 | -11.7755 | -0.1918 | -7.9404 | -7.9066 | -0.4256 |

ตารางที่ 4.41 ผลการวิเคราะห์โหลดโพลาร์เปรียบ เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 69 | 1.0350 | 1.0350 | 0.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| 74 | 0.9580 | 0.9580 | 0.0000 | 21.1276 | 21.1432 |
| 75 | 0.9671 | 0.9671 | -0.0036 | 22.3410 | 22.3533 |
| 76 | 0.9430 | 0.9430 | 0.0000 | 20.8542 | 20.8615 |
| 77 | 1.0060 | 1.0060 | 0.0000 | 25.3100 | 25.3113 |
| 78 | 1.0034 | 1.0034 | 0.0000 | 24.9731 | 24.9742 |
| 79 | 1.0092 | 1.0092 | 0.0000 | 25.2087 | 25.2093 |
| 80 | 1.0400 | 1.0400 | 0.0000 | 27.2772 | 27.2767 |
| 81 | 0.9965 | 0.9965 | 0.0002 | 27.1248 | 27.1217 |

ตารางที่ 4.41 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 82 | 0.9889 | 0.9889 | 0.0000 | 24.8651 | 24.8656 |
| 83 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 25.8661 | 25.8665 |
| 84 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 28.0962 | 28.0966 |
| 85 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.5037 | 29.5041 |
| 88 | 0.9877 | 0.9877 | 0.0000 | 32.3757 | 32.3760 |
| 89 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 36.2534 | 36.2536 |
| 90 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.8030 | 29.8031 |
| 91 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 29.7624 | 29.7625 |
| 92 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 30.2124 | 30.2125 |
| 93 | 0.9856 | 0.9856 | 0.0000 | 27.2279 | 27.2280 |
| 94 | 0.9901 | 0.9901 | 0.0000 | 25.1023 | 25.1023 |
| 95 | 0.9808 | 0.9808 | 0.0000 | 24.5046 | 24.5046 |
| 96 | 0.9929 | 0.9929 | 0.0000 | 24.8091 | 24.8092 |
| 97 | 1.0113 | 1.0113 | 0.0000 | 25.6906 | 25.6904 |
| 98 | 1.0230 | 1.0230 | 0.0000 | 24.6666 | 24.6662 |
| 99 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 23.3261 | 23.3258 |
| 100 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 23.5079 | 23.5077 |
| 101 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 25.4678 | 25.4677 |
| 102 | 0.9888 | 0.9888 | 0.0000 | 28.5269 | 28.5269 |
| 103 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 18.5057 | 18.5056 |
| 104 | 0.9710 | 0.9710 | 0.0000 | 15.2398 | 15.2397 |
| 105 | 0.9650 | 0.9650 | 0.0000 | 13.8750 | 13.8749 |
| 106 | 0.9602 | 0.9602 | 0.0000 | 13.8080 | 13.8079 |
| 107 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 9.9523 | 9.9522 |
| 108 | 0.9662 | 0.9662 | 0.0000 | 12.5951 | 12.5950 |
| 109 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 12.1100 | 12.1099 |
| 110 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 11.1776 | 11.1775 |
| 111 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 12.8227 | 12.8226 |
| 112 | 0.9750 | 0.9750 | 0.0000 | 8.0784 | 8.0783 |
| 118 | 0.9493 | 0.9493 | -0.0020 | 21.1879 | 21.1979 |

ตารางที่ 4.42 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ Extended Ward คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| กิ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 69 | 75 | 117.8996 | 117.7409 | -0.1346 | 19.1093 | 19.1678 | 0.3065 |
| 74 | 75 | -50.1055 | -49.9613 | -0.2879 | -6.3490 | -6.3133 | -0.5627 |
| 76 | 77 | -56.2019 | -56.1418 | -0.1069 | -22.9795 | -23.0027 | 0.1012 |
| 69 | 77 | 86.3555 | 86.3340 | -0.0249 | 1.1903 | 1.1950 | 0.3949 |
| 75 | 77 | -28.1238 | -28.0433 | -0.2864 | -12.0204 | -12.0655 | 0.3750 |
| 77 | 78 | 49.7337 | 49.7628 | 0.0585 | 5.5102 | 5.5029 | -0.1326 |
| 78 | 79 | -21.3596 | -21.3306 | -0.1357 | -19.5216 | -19.5292 | 0.0392 |
| 77 | 80 | -87.5650 | -87.5047 | -0.0690 | -40.9479 | -40.9714 | 0.0574 |
| 77 | 80 | -40.0226 | -39.9935 | -0.0727 | -21.9354 | -21.9446 | 0.0421 |
| 79 | 80 | -60.4043 | -60.3753 | -0.0481 | -30.6940 | -30.7014 | 0.0242 |
| 81 | 80 | -7.9660 | -8.1039 | 1.7313 | 74.1811 | 74.1887 | 0.0102 |
| 77 | 82 | 14.3464 | 14.3608 | 0.1003 | 11.0014 | 10.9969 | -0.0410 |
| 82 | 83 | -39.3634 | -39.3620 | -0.0035 | 21.2764 | 21.2755 | -0.0041 |
| 83 | 84 | -21.5984 | -21.5978 | -0.0025 | 13.2338 | 13.2334 | -0.0030 |
| 83 | 85 | -38.0037 | -38.0028 | -0.0022 | 10.6610 | 10.6606 | -0.0040 |
| 84 | 85 | -33.0341 | -33.0335 | -0.0017 | 7.8041 | 7.8037 | -0.0044 |
| 85 | 88 | -46.2832 | -46.2813 | -0.0042 | 6.3462 | 6.3456 | -0.0091 |
| 85 | 89 | -67.0000 | -66.9980 | -0.0030 | -0.4453 | -0.4458 | 0.1162 |
| 88 | 89 | -94.7370 | -94.7350 | -0.0021 | -3.2828 | -3.2832 | 0.0116 |
| 89 | 90 | 58.5729 | 58.5731 | 0.0003 | -4.7803 | -4.7803 | 0.0005 |
| 89 | 90 | 111.5056 | 111.5060 | 0.0003 | -5.5252 | -5.5252 | 0.0007 |
| 90 | 91 | 2.3870 | 2.3874 | 0.0191 | 4.1281 | 4.1279 | -0.0033 |
| 89 | 92 | 207.3722 | 207.3750 | 0.0013 | -2.6282 | -2.6285 | 0.0092 |
| 89 | 92 | 65.4259 | 65.4268 | 0.0013 | -5.3243 | -5.3244 | 0.0022 |
| 91 | 92 | -7.6215 | -7.6211 | -0.0060 | -6.9314 | -6.9315 | 0.0021 |
| 92 | 93 | 56.6931 | 56.6939 | 0.0014 | -11.6407 | -11.6408 | 0.0004 |
| 92 | 94 | 51.2385 | 51.2394 | 0.0016 | -15.1915 | -15.1915 | 0.0003 |
| 93 | 94 | 43.8176 | 43.8184 | 0.0018 | -19.3912 | -19.3913 | 0.0006 |
| 94 | 95 | 27.3179 | 27.3171 | -0.0027 | 12.5276 | 12.5280 | 0.0031 |

ตารางที่ 4.42 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 80 | 96 | 28.7004 | 28.6947 | -0.0201 | 19.1440 | 19.1451 | 0.0056 |
| 82 | 96 | -0.4183 | -0.4054 | -3.0900 | -9.9479 | -9.9518 | 0.0390 |
| 94 | 96 | 4.3829 | 4.3821 | -0.0195 | -5.6699 | -5.6695 | -0.0078 |
| 80 | 97 | 36.1306 | 36.1248 | -0.0159 | 23.8942 | 23.8952 | 0.0043 |
| 80 | 98 | 46.4423 | 46.4396 | -0.0058 | 5.5831 | 5.5835 | 0.0063 |
| 80 | 99 | 36.9458 | 36.9431 | -0.0073 | 5.2624 | 5.2628 | 0.0076 |
| 92 | 100 | 36.6026 | 36.6038 | 0.0031 | -17.0802 | -17.0803 | 0.0007 |
| 94 | 100 | 31.4624 | 31.4655 | 0.0100 | -57.8471 | -57.8483 | 0.0021 |
| 95 | 96 | -14.8056 | -14.8063 | 0.0050 | -17.8004 | -17.8000 | -0.0022 |
| 96 | 97 | -20.6789 | -20.6733 | -0.0273 | -17.6707 | -17.6723 | 0.0086 |
| 98 | 100 | 11.9566 | 11.9539 | -0.0221 | -1.5778 | -1.5772 | -0.0380 |
| 99 | 100 | -5.6555 | -5.6581 | 0.0460 | -8.5394 | -8.5388 | -0.0069 |
| 100 | 101 | -21.5730 | -21.5741 | 0.0049 | 24.4543 | 24.4546 | 0.0014 |
| 92 | 102 | 49.7227 | 49.7238 | 0.0023 | -8.8425 | -8.8426 | 0.0010 |
| 101 | 102 | -43.8808 | -43.8819 | 0.0025 | 11.3589 | 11.3592 | 0.0024 |
| 100 | 103 | 161.9543 | 161.9543 | 0.0000 | -31.1180 | -31.1180 | 0.0000 |
| 100 | 104 | 72.2620 | 72.2620 | 0.0000 | 9.1904 | 9.1904 | 0.0000 |
| 103 | 104 | 39.4682 | 39.4682 | 0.0000 | 12.1859 | 12.1859 | 0.0000 |
| 103 | 105 | 52.5766 | 52.5766 | 0.0000 | 10.5362 | 10.5362 | 0.0000 |
| 100 | 106 | 74.8964 | 74.8964 | 0.0000 | 8.3439 | 8.3439 | 0.0000 |
| 104 | 105 | 59.1860 | 59.1860 | 0.0000 | 0.0873 | 0.0873 | 0.0000 |
| 105 | 106 | 3.9092 | 3.9092 | 0.0000 | 6.8649 | 6.8649 | 0.0000 |
| 105 | 107 | 33.8315 | 33.8315 | 0.0000 | -3.9646 | -3.9646 | 0.0000 |
| 105 | 108 | 25.6193 | 25.6193 | 0.0000 | -11.6442 | -11.6442 | 0.0000 |
| 106 | 107 | 32.4356 | 32.4356 | 0.0000 | -6.1557 | -6.1557 | 0.0000 |
| 108 | 109 | 23.4028 | 23.4028 | 0.0000 | -11.5082 | -11.5082 | 0.0000 |
| 103 | 110 | 71.2276 | 71.2276 | 0.0000 | 7.3428 | 7.3428 | 0.0000 |
| 109 | 110 | 15.3272 | 15.3272 | 0.0000 | -14.0056 | -14.0056 | 0.0000 |
| 110 | 111 | -35.7029 | -35.7029 | 0.0000 | 0.9561 | 0.9561 | 0.0000 |
| 110 | 112 | 69.4586 | 69.4586 | 0.0000 | -30.6142 | -30.6142 | 0.0000 |
| 75 | 118 | 45.2301 | 45.2909 | 0.1343 | 22.0597 | 22.0101 | -0.2245 |
| 76 | 118 | -11.7981 | -11.8582 | 0.5092 | -7.9404 | -7.8887 | -0.6522 |

ตารางที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์โพลีไฟลว์เปรียบเทียบ เทียบระหว่างระบบเต็มกับระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| ปี | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 74 | 0.9580 | 0.9580 | 0.0000 | 21.1276 | 21.1320 |
| 75 | 0.9671 | 0.9671 | -0.0041 | 22.3410 | 22.3456 |
| 76 | 0.9430 | 0.9430 | 0.0000 | 20.8542 | 20.8587 |
| 77 | 1.0060 | 1.0060 | 0.0000 | 25.3100 | 25.3156 |
| 78 | 1.0034 | 1.0034 | 0.0000 | 24.9731 | 24.9788 |
| 79 | 1.0092 | 1.0092 | 0.0000 | 25.2087 | 25.2147 |
| 80 | 1.0400 | 1.0400 | 0.0000 | 27.2772 | 27.2841 |
| 81 | 0.9965 | 0.9965 | 0.0065 | 27.1248 | 27.1337 |
| 82 | 0.9889 | 0.9889 | 0.0000 | 24.8651 | 24.8713 |
| 83 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 25.8661 | 25.8724 |
| 84 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 28.0962 | 28.1027 |
| 85 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.5037 | 29.5102 |
| 88 | 0.9877 | 0.9877 | 0.0000 | 32.3757 | 32.3823 |
| 89 | 1.0050 | 1.0050 | 0.0000 | 36.2534 | 36.2600 |
| 90 | 0.9850 | 0.9850 | 0.0000 | 29.8030 | 29.8095 |
| 91 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 29.7624 | 29.7690 |
| 92 | 0.9900 | 0.9900 | 0.0000 | 30.2124 | 30.2190 |
| 93 | 0.9856 | 0.9856 | 0.0000 | 27.2279 | 27.2345 |
| 94 | 0.9901 | 0.9901 | 0.0000 | 25.1023 | 25.1089 |
| 95 | 0.9808 | 0.9808 | 0.0000 | 24.5046 | 24.5111 |
| 96 | 0.9929 | 0.9929 | 0.0000 | 24.8091 | 24.8156 |
| 97 | 1.0113 | 1.0113 | 0.0000 | 25.6906 | 25.6973 |
| 98 | 1.0230 | 1.0230 | 0.0000 | 24.6666 | 24.6734 |
| 99 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 23.3261 | 23.3328 |
| 100 | 1.0170 | 1.0170 | 0.0000 | 23.5079 | 23.5145 |
| 101 | 0.9910 | 0.9910 | 0.0000 | 25.4678 | 25.4744 |
| 102 | 0.9888 | 0.9888 | 0.0000 | 28.5269 | 28.5335 |
| 103 | 1.0100 | 1.0100 | 0.0000 | 18.5057 | 18.5124 |
| 104 | 0.9710 | 0.9710 | 0.0000 | 15.2398 | 15.2465 |
| 105 | 0.9650 | 0.9650 | 0.0000 | 13.8750 | 13.8817 |
| 106 | 0.9602 | 0.9602 | 0.0000 | 13.8080 | 13.8147 |

ตารางที่ 4.43 (ต่อ)

| บัส | ขนาดแรงดัน (per unit) | | Error (%) | มุมเฟสแรงดัน (องศา) | |
|-----|-----------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล |
| 107 | 0.9520 | 0.9520 | 0.0000 | 9.9523 | 9.9589 |
| 108 | 0.9662 | 0.9662 | 0.0000 | 12.5951 | 12.6018 |
| 109 | 0.9670 | 0.9670 | 0.0000 | 12.1100 | 12.1166 |
| 110 | 0.9730 | 0.9730 | 0.0000 | 11.1776 | 11.1842 |
| 111 | 0.9800 | 0.9800 | 0.0000 | 12.8227 | 12.8293 |
| 112 | 0.9750 | 0.9750 | 0.0000 | 8.0784 | 8.0850 |
| 118 | 0.9493 | 0.9493 | -0.0022 | 21.1879 | 21.1925 |

ตารางที่ 4.44 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลที่ใช้การแบ่งแยกเป็น 6 กลุ่ม และใช้สมมูลภายนอกแบบ REI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| กิ่ง | | P_y (MW) | | Error (%) | Q_y (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 74 | 75 | -50.1055 | -50.0874 | -0.0362 | -6.3490 | -6.2619 | -1.3731 |
| 76 | 77 | -56.2019 | -56.2120 | 0.0179 | -22.9795 | -22.9756 | -0.0170 |
| 75 | 77 | -28.1238 | -28.1350 | 0.0399 | -12.0204 | -12.0347 | 0.1186 |
| 77 | 78 | 49.7337 | 49.7116 | -0.0445 | 5.5102 | 5.5158 | 0.1010 |
| 78 | 79 | -21.3596 | -21.3817 | 0.1033 | -19.5216 | -19.5158 | -0.0298 |
| 77 | 80 | -87.5650 | -87.6110 | 0.0525 | -40.9479 | -40.9300 | -0.0437 |
| 77 | 80 | -40.0226 | -40.0448 | 0.0554 | -21.9354 | -21.9284 | -0.0321 |
| 79 | 80 | -60.4043 | -60.4264 | 0.0366 | -30.6940 | -30.6883 | -0.0184 |
| 81 | 80 | -7.9660 | -7.8634 | -1.2876 | 74.1811 | 74.3851 | 0.2750 |
| 77 | 82 | 14.3464 | 14.3338 | -0.0882 | 11.0014 | 11.0055 | 0.0374 |
| 82 | 83 | -39.3634 | -39.3667 | 0.0085 | 21.2764 | 21.2780 | 0.0075 |
| 83 | 84 | -21.5984 | -21.5997 | 0.0063 | 13.2338 | 13.2345 | 0.0055 |
| 83 | 85 | -38.0037 | -38.0057 | 0.0054 | 10.6610 | 10.6617 | 0.0068 |
| 84 | 85 | -33.0341 | -33.0355 | 0.0043 | 7.8041 | 7.8047 | 0.0080 |
| 85 | 88 | -46.2832 | -46.2838 | 0.0012 | 6.3462 | 6.3463 | 0.0026 |
| 85 | 89 | -67.0000 | -67.0006 | 0.0009 | -0.4453 | -0.4451 | -0.0335 |
| 88 | 89 | -94.7370 | -94.7375 | 0.0006 | -3.2828 | -3.2827 | -0.0034 |
| 89 | 90 | 58.5729 | 58.5729 | -0.0001 | -4.7803 | -4.7803 | -0.0002 |

ตารางที่ 4.44 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_{ij} (MW) | | Error (%) | Q_{ij} (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|--------------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 89 | 90 | 111.5056 | 111.5056 | -0.0001 | -5.5252 | -5.5251 | -0.0002 |
| 90 | 91 | 2.3870 | 2.3868 | -0.0055 | 4.1281 | 4.1281 | 0.0010 |
| 89 | 92 | 207.3722 | 207.3715 | -0.0004 | -2.6282 | -2.6281 | -0.0026 |
| 89 | 92 | 65.4259 | 65.4257 | -0.0004 | -5.3243 | -5.3243 | -0.0006 |
| 91 | 92 | -7.6215 | -7.6216 | 0.0017 | -6.9314 | -6.9313 | -0.0006 |
| 92 | 93 | 56.6931 | 56.6930 | -0.0001 | -11.6407 | -11.6408 | 0.0004 |
| 92 | 94 | 51.2385 | 51.2385 | -0.0002 | -15.1915 | -15.1915 | 0.0003 |
| 93 | 94 | 43.8176 | 43.8175 | -0.0002 | -19.3912 | -19.3912 | 0.0002 |
| 94 | 95 | 27.3179 | 27.3188 | 0.0034 | 12.5276 | 12.5272 | -0.0030 |
| 80 | 96 | 28.7004 | 28.7041 | 0.0129 | 19.1440 | 19.1434 | -0.0035 |
| 82 | 96 | -0.4183 | -0.4275 | 2.2025 | -9.9479 | -9.9452 | -0.0275 |
| 94 | 96 | 4.3829 | 4.3840 | 0.0238 | -5.6699 | -5.6704 | 0.0076 |
| 80 | 97 | 36.1306 | 36.1343 | 0.0102 | 23.8942 | 23.8935 | -0.0027 |
| 80 | 98 | 46.4423 | 46.4439 | 0.0033 | 5.5831 | 5.5829 | -0.0036 |
| 80 | 99 | 36.9458 | 36.9473 | 0.0041 | 5.2624 | 5.2622 | -0.0043 |
| 92 | 100 | 36.6026 | 36.6021 | -0.0013 | -17.0802 | -17.0802 | -0.0003 |
| 94 | 100 | 31.4624 | 31.4603 | -0.0067 | -57.8471 | -57.8464 | -0.0013 |
| 95 | 96 | -14.8056 | -14.8047 | -0.0062 | -17.8004 | -17.8008 | 0.0022 |
| 96 | 97 | -20.6789 | -20.6825 | 0.0175 | -17.6707 | -17.6698 | -0.0054 |
| 98 | 100 | 11.9566 | 11.9581 | 0.0126 | -1.5778 | -1.5781 | 0.0217 |
| 99 | 100 | -5.6555 | -5.6540 | -0.0263 | -8.5394 | -8.5397 | 0.0039 |
| 100 | 101 | -21.5730 | -21.5726 | -0.0021 | 24.4543 | 24.4541 | -0.0006 |
| 92 | 102 | 49.7227 | 49.7222 | -0.0010 | -8.8425 | -8.8425 | -0.0004 |
| 101 | 102 | -43.8808 | -43.8803 | -0.0011 | 11.3589 | 11.3588 | -0.0010 |
| 100 | 103 | 161.9543 | 161.9543 | 0.0000 | -31.1180 | -31.1180 | 0.0000 |
| 100 | 104 | 72.2620 | 72.2620 | 0.0000 | 9.1904 | 9.1904 | 0.0000 |
| 103 | 104 | 39.4682 | 39.4682 | 0.0000 | 12.1859 | 12.1859 | 0.0000 |
| 103 | 105 | 52.5766 | 52.5766 | 0.0000 | 10.5362 | 10.5362 | 0.0000 |
| 100 | 106 | 74.8964 | 74.8964 | 0.0000 | 8.3439 | 8.3439 | 0.0000 |
| 104 | 105 | 59.1860 | 59.1860 | 0.0000 | 0.0873 | 0.0873 | 0.0000 |
| 105 | 106 | 3.9092 | 3.9092 | 0.0000 | 6.8649 | 6.8649 | 0.0000 |
| 105 | 107 | 33.8315 | 33.8315 | 0.0000 | -3.9646 | -3.9646 | 0.0000 |

ตารางที่ 4.44 (ต่อ)

| กึ่ง | | P_i (MW) | | Error (%) | Q_i (MVAR) | | Error (%) |
|--------|--------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| จากบัส | ถึงบัส | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | | ระบบเต็ม | ระบบสมมูล | |
| 105 | 108 | 25.6193 | 25.6193 | 0.0000 | -11.6442 | -11.6442 | 0.0000 |
| 106 | 107 | 32.4356 | 32.4356 | 0.0000 | -6.1557 | -6.1557 | 0.0000 |
| 108 | 109 | 23.4028 | 23.4028 | 0.0000 | -11.5082 | -11.5082 | 0.0000 |
| 103 | 110 | 71.2276 | 71.2276 | 0.0000 | 7.3428 | 7.3428 | 0.0000 |
| 109 | 110 | 15.3272 | 15.3272 | 0.0000 | -14.0056 | -14.0056 | 0.0000 |
| 110 | 111 | -35.7029 | -35.7029 | 0.0000 | 0.9561 | 0.9561 | 0.0000 |
| 110 | 112 | 69.4586 | 69.4586 | 0.0000 | -30.6142 | -30.6142 | 0.0000 |
| 75 | 118 | 45.2301 | 45.2196 | -0.0234 | 22.0597 | 22.0248 | -0.1580 |
| 76 | 118 | -11.7981 | -11.7880 | -0.0854 | -7.9404 | -7.9071 | -0.4194 |

ตารางที่ 4.45 ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดันของบัสในระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| จำนวนกลุ่ม | Extended Ward | | REI | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| 4 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0000 | 0.0006 |
| 5 | 0.0003 | 0.0045 | 0.0002 | 0.0046 |
| 6 | 0.0002 | 0.0036 | 0.0003 | 0.0065 |

ตารางที่ 4.46 ขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| จำนวนกลุ่ม | Extended Ward | | REI | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| 4 | 0.0454 | 1.3952 | 0.0933 | 2.9054 |
| 5 | 0.0192 | 0.3621 | 0.0879 | 2.0282 |
| 6 | 0.1154 | 3.0900 | 0.0719 | 2.2025 |

ตารางที่ 4.47 แสดงขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณการไหลของกำลังรีแอกทีฟในกิ่งของระบบสมมุติเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับระบบเต็ม สำหรับเหตุการณ์ที่ 2

| จำนวนกลุ่ม | Extended Ward | | REI | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) | ค่าเฉลี่ย (%) | ค่าสูงสุด (%) |
| 4 | 0.0283 | 1.3074 | 0.0117 | 0.1282 |
| 5 | 0.0736 | 1.7095 | 0.0733 | 1.7527 |
| 6 | 0.0536 | 0.6522 | 0.0472 | 1.3731 |

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในเหตุการณ์ที่ 2 จากตารางที่ 4.32 จะพบว่าจำนวนบัสของระบบสมมุติในกรณีที่ใช้ผลการแบ่งแยกเป็น 4 มีค่าน้อยอยู่แล้ว การเพิ่มจำนวนกลุ่มเป็น 5 และ 6 จึงไม่ทำให้จำนวนบัสของระบบสมมุติลดลง และถ้าจำนวนกลุ่มในการแบ่งแยกเท่ากัน จะพบว่าจำนวนบัส จำนวนบัสแรงดัน และจำนวนกิ่งของระบบสมมุติที่ใช้สมมุติภายนอกแบบ REI จะมากกว่าในระบบสมมุติที่ใช้สมมุติภายนอกแบบ Extended Ward นอกจากนั้นเวลาในการวิเคราะห์ก็จะมากกว่าด้วยเช่นเดียวกับผลที่ได้ในการทดสอบเหตุการณ์ที่ 1

จากตารางที่ 4.33 ถึง 4.44 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์โหนดโพลาร์ของระบบสมมุติที่ใช้ผลการแบ่งแยกเป็น 4, 5 และ 6 กลุ่มเปรียบเทียบกับระบบเต็ม จะพบว่าระบบสมมุติให้ความถูกต้องสูงในการคำนวณขนาดแรงดัน มุมเฟสแรงดันของบัสในโครงข่ายภายใน รวมทั้งการไหลของกำลังแอกทีฟและรีแอกทีฟในกิ่งของโครงข่ายภายในด้วย

จากตารางที่ 4.45 ถึง 4.47 จะเห็นว่าขนาดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดในการคำนวณขนาดแรงดัน การไหลของกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟในสายส่งของระบบสมมุติเทียบกับระบบเต็มมีค่าน้อยไม่ว่าจะใช้จำนวนกลุ่มในการแบ่งแยกเป็น 4, 5 หรือ 6 กลุ่ม โดยสมมุติภายนอกแบบ REI ใช้จำนวนบัสมากกว่าสมมุติภายนอกแบบ Extended Ward เมื่อจำนวนกลุ่มในการแบ่งแยกเท่ากัน ส่วนขนาดความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการคำนวณการไหลของกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟจะเกิดขึ้นในสายส่งที่มีการไหลของกำลังต่ำ ๆ เทียบกับทอเลอแรนซ์ที่ใช้ในการหยุดการทำซ้ำเช่นเดียวกับในผลการทดสอบเหตุการณ์ที่ 1