

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการคำนวณหาค่า Load flow ในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS โดยวิธี

Newton-Raphson

เมื่อทำการคำนวณหาค่า Load flow ในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS โดยวิธี Newton-Raphson จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ผลที่ได้จากการคำนวณนี้เป็นค่าที่แท้จริงของขนาดแรงดัน มุมเฟสของแรงดัน กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ไหลผ่านสายส่งของระบบ ซึ่งใช้ค่าเหล่านี้เป็นค่าอ้างอิงหรือเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบค่าประมาณและค่าวัดที่ได้จากอุปกรณ์วัดของระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS ว่ามีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณหาขนาดแรงดันไฟฟ้า (kV) และมุมเฟสของแรงดัน ในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS

BUS	Voltage(kV)	Phase angle
1	243.8000	0.0000
2	240.3500	-0.0870
3	232.3000	-0.2223
4	233.5635	-0.1794
5	234.2264	-0.1527
6	246.1000	-0.2477
7	243.9842	-0.2327
8	250.7000	-0.2327
9	242.7784	-0.2602
10	241.6549	-0.2630
11	243.0516	-0.2576
12	243.3610	-0.2634
13	242.8181	-0.2667
14	238.4651	-0.2801

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ไหลผ่านสายส่งของระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS

Bus(i)	Bus(j)	P _{ij} (MW)	P _{ji} (MW)	Q _{ij} (MVar)	Q _{ji} (MVar)
1	2	156.87	-152.57	-20.40	27.87
1	5	75.37	-72.62	4.19	2.46
2	3	73.33	-71.00	3.26	1.64
2	4	56.08	-54.40	-1.11	1.58
2	5	41.46	-40.56	1.06	-2.75
3	4	-23.20	23.58	4.16	-7.35
4	5	-61.08	61.60	11.65	-13.74
4	7	28.05	-28.05	-23.68	23.53
4	9	16.06	-16.06	-8.83	8.50
5	6	43.97	-43.97	-22.06	23.63
6	11	7.39	-7.34	1.65	-3.51
6	12	7.63	-7.56	-0.61	-1.24
6	13	17.76	-17.70	7.64	-9.16
7	8	0	0	-18.30	18.07
7	9	28.05	-28.05	4.72	-4.64
9	10	5.19	-5.18	4.15	-4.12
9	14	9.42	-9.31	2.97	-2.74
10	11	-3.82	3.84	-1.68	1.71
12	13	1.46	-1.46	-0.36	0.37
13	14	5.66	-5.59	2.99	-2.86

4.2 ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบค่า Load flow จากการป้อนค่าวัดที่ผิดพลาดเข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS โดยวิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์การประมาณค่าและตรวจสอบค่า Load flow เมื่อป้อนค่าวัดขนาดแรงดันที่ผิดพลาดเข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS โดยทดสอบป้อนค่าวัดที่ผิดพลาดเข้าไปในบัสที่ 5 (300 kV) จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันในบัสที่ 5 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติจะเห็นว่าความน่าจะเป็น (y_i^{nom}) จะไม่อยู่ภายในช่วง $\mu \pm 3\sigma$ (หรือพื้นที่ระหว่าง $\mu - 3\sigma$ ถึง $\mu + 3\sigma$) และค่าประมาณ (235 kV) ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง (234.2264 kV) ที่ได้จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.4 ค่าวัดที่ผิดพลาดในบัสที่ 5 ยังส่งผลให้ค่าประมาณในบัสอื่นมีความผิดพลาดมากขึ้น และยังส่งผลต่อค่าประมาณกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าจินตภาพแต่ยังยอมรับ เพราะความน่าจะเป็นแบบปกติจะเห็นว่าความน่าจะเป็น (y_i^{nom}) จะอยู่ภายในช่วง $\mu \pm 3\sigma$ ในทางปฏิบัติค่าวัดในบัสที่เหลือจะไม่มีค่าเท่ากับค่าจริงเหมือนในตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาที่ค่าประมาณของขนาดแรงดันที่ได้ในบัสอื่นยังคงมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงและการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติจะเห็นว่าความน่าจะเป็น (y_i^{nom}) จะอยู่ภายในช่วง $\mu \pm 3\sigma$ ซึ่งเราสามารถยอมรับได้และระบบก็มีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.3 ค่า J(x) ในแต่ละรอบของระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS

Iteration	J(x)
1	175873.80
2	2116.11
3	172.64
4	172.47

ตารางที่ 4.4 ผลการหาค่าประมาณและความน่าจะเป็น (y_i^{norm}) ของขนาดแรงดันไฟฟ้า (kV) จากการป้อนค่าวัดที่ผิดพลาด และเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการคำนวณ ในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS

BUS	แรงดัน			y_i^{norm}
	ค่าจริง	ค่าวัด	ค่าประมาณ	
1	243.8000	243.8000	244.2	-0.39
2	240.3500	240.3500	240.7	-0.42
3	232.3000	232.3000	232.7	-0.46
4	233.5635	233.5635	234.1	-0.54
5	234.2264	240.0000	234.7	5.51
6	246.1000	246.1000	246.8	-0.77
7	243.9842	243.9842	244.6	-0.26
8	250.7000	250.7000	251.3	-0.67
9	242.7784	242.7784	243.4	-0.63
10	241.6549	241.6549	242.3	-0.69
11	243.0516	243.0516	243.8	-0.79
12	243.3610	243.3610	243.5	-0.16
13	242.8181	242.8181	242.2	0.61
14	238.4651	238.4651	238.6	-0.15

เมื่อป้อนค่าวัดของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ไหลผ่านสายส่งที่ผิดพลาดเข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS โดยทดสอบป้อนค่าวัดที่ผิดพลาดเข้าไปในสายส่งระหว่างบัสที่ 2 และ บัสที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ไหลผ่านสายส่งระหว่างบัสที่ 2 และ บัสที่ 5 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติจะเห็นว่าความน่าจะเป็น (y_i^{norm}) จะไม่อยู่ภายในช่วง $\mu \pm 3\sigma$ (หรือพื้นที่ระหว่าง $\mu - 3\sigma$ ถึง $\mu + 3\sigma$) และค่าประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ได้จากการคำนวณ ดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการหาค่าประมาณและความน่าจะเป็น (y_i^{norm}) ของกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลผ่านสายส่ง จากการป้อนค่าวัดที่ผิดพลาด และเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการคำนวณของระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS

Bus(i)	Bus(j)	Pij(MW)			y_i^{norm}	Pji(MW)			y_i^{norm}
		ค่าจริง	ค่าวัด	ค่าประมาณ		ค่าจริง	ค่าวัด	ค่าประมาณ	
1	2	156.87	156.87	156.9	0.00	-152.57	-152.57	-152.6	0.01
1	5	75.37	75.37	75.9	-0.51	-72.62	-72.62	-73.1	0.48
2	3	73.33	73.33	73.5	-0.15	-71	-71	-71.1	0.15
2	4	56.08	56.08	56.5	-0.48	-54.4	-54.4	-54.8	0.46
2	5	41.46	45	42.0	3.09	-40.6	-45	-41.1	-4.03
3	4	-23.2	-23.2	-23.0	-0.27	23.58	23.58	23.3	0.28
4	5	-61.08	-61.08	-60.9	-0.17	61.6	61.6	61.1	0.19
4	7	28.05	28.05	28.1	-0.11	-28.05	-28.05	-28.1	0.11
4	9	16.06	16.06	16.1	-0.04	-16.06	-16.06	-16.1	0.04
5	6	43.97	43.97	44.2	-0.27	-43.97	-43.97	-44.2	0.27
6	11	7.39	7.39	7.4	-0.02	-7.34	-7.34	-7.4	0.02
6	12	7.63	7.63	7.7	-0.09	-7.56	-7.56	-7.6	0.09
6	13	17.76	17.76	17.8	-0.02	-17.7	-17.7	-17.6	-0.15
7	8	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.00	0.02
7	9	28.05	28.05	28.1	-0.02	-28.05	-28.05	-28.1	0.02
9	10	5.19	5.19	5.2	-0.07	-5.18	-5.18	-5.2	0.07
9	14	9.42	9.42	9.4	-0.01	-9.31	-9.31	-9.3	0.00
10	11	-3.82	-3.82	-3.8	-0.06	3.84	3.84	3.8	0.06
12	13	1.46	1.46	1.8	-0.34	-1.46	-1.46	-1.8	0.33
13	14	5.66	5.66	5.7	-0.02	-5.59	-5.59	-5.6	0.03

ตารางที่ 4.6 ผลการหาค่าประมาณและความน่าจะเป็น (y_i^{norm}) ของกำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ไหลผ่านสายส่งจากการป้อนค่าวัดที่ผิดพลาด และเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการคำนวณของระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS

Bus(i)	Bus(j)	Qij(MVar)			y_i^{norm}	Qji(MVar)			y_i^{norm}
		ค่าจริง	ค่าวัด	ค่าประมาณ		ค่าจริง	ค่าวัด	ค่าประมาณ	
1	2	-20.4	-20.4	-20.6	0.19	27.87	27.87	27.8	0.10
1	5	4.19	4.19	4.1	0.11	2.46	2.46	2.1	0.40
2	3	3.26	3.26	3.5	-0.21	1.64	1.64	1.7	-0.08
2	4	-1.11	-1.11	-0.9	-0.25	1.58	1.58	2.0	-0.47
2	5	1.06	5	1.5	3.64	-2.75	-5	-2.3	7.53
3	4	4.16	4.16	4.3	-0.14	-7.35	-7.35	-6.9	-0.47
4	5	11.65	11.65	12.6	-1.13	-13.74	-13.74	-12.4	-1.51
4	7	-23.68	-23.68	-22.0	-1.89	23.53	23.53	24.5	-1.04
4	9	-8.83	-8.83	-7.0	-1.88	8.5	8.5	8.6	-0.08
5	6	-22.06	-22.06	-20.8	-1.43	23.63	23.63	26.1	-2.80
6	11	1.65	1.65	3.6	-2.17	-3.51	-3.51	-3.5	-0.00
6	12	-0.61	-0.61	-0.63	-0.02	-1.24	-1.24	-2.3	1.10
6	13	7.64	7.64	7.5	0.12	-9.16	-9.16	-7.1	-2.26
7	8	-18.3	-18.3	-17.7	-0.67	18.07	18.07	18.2	-0.17
7	9	4.72	4.72	5.4	-0.81	-4.64	-4.64	-4.6	-0.01
9	10	4.15	4.15	3.9	0.34	-4.12	-4.12	-3.8	-0.34
9	14	2.97	2.97	3.8	-0.86	-2.74	-2.74	-3.5	0.84
10	11	-1.68	-1.68	-1.9	0.28	1.71	1.71	2.0	-0.28
12	13	-0.36	-0.36	0.9	-1.38	0.37	0.37	-0.9	1.38
13	14	2.99	2.99	2.0	1.01	-2.86	-2.86	-1.9	1.00

จากการคำนวณหาค่า Load flow ในระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS จะได้ค่าขนาดแรงดัน ปริมาณกำลังการผลิต กำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งและโหลด ซึ่งเป็นค่าที่ระบบอยู่ในสภาวะปกติ จากค่าดังกล่าวทำให้สามารถที่จะตรวจสอบสภาวะของระบบ โดยหลักการประมาณสภาวะที่อาศัย ค่าวัดที่ได้มาคำนวณหาตัวแปรสภาวะคือขนาดแรงดันและมุมเฟส ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดว่า น้ำหนักทำให้ได้ค่าประมาณที่มีความผิดพลาดน้อยลง ซึ่งมีการตรวจสอบความถูกต้องโดยอาศัย ทฤษฎีทางสถิติ

จากการทดลองเมื่อป้อนค่าวัดที่ผิดพลาดทั้งค่าแรงดันในแต่ละบัส ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและ กำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ไหลผ่านสายส่งของระบบไฟฟ้ากำลัง IEEE 14 BUS การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (y_i^{norm}) จะไม่อยู่ภายในช่วง $\mu \pm 3\sigma$ (หรือพื้นที่ระหว่าง $\mu - 3\sigma$ ถึง $\mu + 3\sigma$) และค่าประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าค่าวัด หรือมีความถูกต้องมากกว่าค่าวัด

