

บทที่ 5

ตัวอย่างระบบทดสอบและผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์

บทนี้จะแสดงตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการทดสอบและผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} และทำการเปรียบเทียบกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่หลังเกิดเหตุการณ์ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ระบบทดสอบ 30 บัส

5.1.1 ระบบทดสอบปกติ

เป็นระบบทดสอบขนาด 30 บัส สายส่ง 41 เส้น ซึ่งมีข้อมูลบัสและข้อมูลสายส่งดังตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ณ สถานะการทำงานปกติเป็นดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 ซึ่งจากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในสถานะปกตินั้นระบบดังกล่าวทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง 191.6 MW และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ 100.4 MVAR โดยมีโหลดทางด้านกำลังไฟฟ้าจริง 189.2 MW และโหลดทางด้านกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ 107.2 MVAR ซึ่งจะได้ว่ามีค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสีย 2.44 MW และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสีย 8.99 MVAR

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลบัสของระบบทดสอบ 30 บัส

Bus no.	Bus type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	baseKV	zone	maxVm	minVm
1	3	0	0	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
2	2	21.7	12.7	0	0	1	1	0	135	1	1.1	0.95
3	1	2.4	1.2	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
4	1	7.6	1.6	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
5	1	0	0	0	0.19	1	1	0	135	1	1.05	0.95
6	1	0	0	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
7	1	22.8	10.9	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95

ตารางที่ 5.1(ต่อ) ข้อมูล巴士ของระบบทดสอบ 30 บัส

Bus no.	Bus type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	baseKV	zone	maxVm	minVm
8	1	30	30	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
9	1	0	0	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
10	1	5.8	2	0	0	3	1	0	135	1	1.05	0.95
11	1	0	0	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
12	1	11.2	7.5	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
13	2	0	0	0	0	2	1	0	135	1	1.1	0.95
14	1	6.2	1.6	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
15	1	8.2	2.5	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
16	1	3.5	1.8	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
17	1	9	5.8	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
18	1	3.2	0.9	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
19	1	9.5	3.4	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
20	1	2.2	0.7	0	0	2	1	0	135	1	1.05	0.95
21	1	17.5	11.2	0	0	3	1	0	135	1	1.05	0.95
22	2	0	0	0	0	3	1	0	135	1	1.1	0.95
23	2	3.2	1.6	0	0	2	1	0	135	1	1.1	0.95
24	1	8.7	6.7	0	0.04	3	1	0	135	1	1.05	0.95
25	1	0	0	0	0	3	1	0	135	1	1.05	0.95
26	1	3.5	2.3	0	0	3	1	0	135	1	1.05	0.95
27	2	0	0	0	0	3	1	0	135	1	1.1	0.95
28	1	0	0	0	0	1	1	0	135	1	1.05	0.95
29	1	2.4	0.9	0	0	3	1	0	135	1	1.05	0.95
30	1	10.6	1.9	0	0	3	1	0	135	1	1.05	0.95

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลสายส่งของระบบทดสอบ 30 บัส

From bus	To bus	r	x	b	rateA	rateB	rateC	ratio	angle
1	2	0.02	0.06	0.03	130	130	130	0	0
1	3	0.05	0.19	0.02	130	130	130	0	0
2	4	0.06	0.17	0.02	65	65	65	0	0
3	4	0.01	0.04	0	130	130	130	0	0
2	5	0.05	0.2	0.02	130	130	130	0	0
2	6	0.06	0.18	0.02	65	65	65	0	0
4	6	0.01	0.04	0	90	90	90	0	0
5	7	0.05	0.12	0.01	70	70	70	0	0
6	7	0.03	0.08	0.01	130	130	130	0	0
6	8	0.01	0.04	0	32	32	32	0	0
6	9	0	0.21	0	65	65	65	0	0
6	10	0	0.56	0	32	32	32	0	0
9	11	0	0.21	0	65	65	65	0	0
9	10	0	0.11	0	65	65	65	0	0
4	12	0	0.26	0	65	65	65	0	0
12	13	0	0.14	0	65	65	65	0	0
12	14	0.12	0.26	0	32	32	32	0	0
12	15	0.07	0.13	0	32	32	32	0	0
12	16	0.09	0.2	0	32	32	32	0	0
14	15	0.22	0.2	0	16	16	16	0	0
16	17	0.08	0.19	0	16	16	16	0	0
15	18	0.11	0.22	0	16	16	16	0	0
18	19	0.06	0.13	0	16	16	16	0	0
19	20	0.03	0.07	0	32	32	32	0	0
10	20	0.09	0.21	0	32	32	32	0	0
10	17	0.03	0.08	0	32	32	32	0	0
10	21	0.03	0.07	0	32	32	32	0	0
10	22	0.07	0.15	0	32	32	32	0	0

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) ข้อมูลสายส่งของระบบทดสอบ 30 บัส

From bus	To bus	r	x	b	rateA	rateB	rateC	ratio	angle
21	22	0.01	0.02	0	32	32	32	0	0
15	23	0.1	0.2	0	16	16	16	0	0
22	24	0.12	0.18	0	16	16	16	0	0
23	24	0.13	0.27	0	16	16	16	0	0
24	25	0.19	0.33	0	16	16	16	0	0
25	26	0.25	0.38	0	16	16	16	0	0
25	27	0.11	0.21	0	16	16	16	0	0
28	27	0	0.4	0	65	65	65	0	0
27	29	0.22	0.42	0	16	16	16	0	0
27	30	0.32	0.6	0	16	16	16	0	0
29	30	0.24	0.45	0	16	16	16	0	0
8	28	0.06	0.2	0.02	32	32	32	0	0
6	28	0.02	0.06	0.01	32	32	32	0	0

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ของระบบทดสอบ 30 บัส

Bus number	Voltage		Generation		Load	
	Mag(pu)	Ang(deg)	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
1	1	0	25.97	-1	-	-
2	1	-0.415	60.97	32	21.7	12.7
3	0.983	-1.522	-	-	2.4	1.2
4	0.98	-1.795	-	-	7.6	1.6
5	0.982	-1.864	-	-	-	-
6	0.973	-2.267	-	-	-	-
7	0.967	-2.652	-	-	22.8	10.9
8	0.961	-2.726	-	-	30	30
9	0.981	-2.997	-	-	-	-

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ของระบบทดสอบ 30 บัส

Bus number	Voltage		Generation		Load	
	Mag(pu)	Ang(deg)	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
10	0.984	-3.375	-	-	5.8	2
11	0.981	-2.997	-	-	-	-
12	0.985	-1.537	-	-	11.2	7.5
13	1	1.476	37	11.35	-	-
14	0.977	-2.308	-	-	6.2	1.6
15	0.98	-2.312	-	-	8.2	2.5
16	0.977	-2.644	-	-	3.5	1.8
17	0.977	-3.392	-	-	9	5.8
18	0.968	-3.478	-	-	3.2	0.9
19	0.965	-3.958	-	-	9.5	3.4
20	0.969	-3.871	-	-	2.2	0.7
21	0.993	-3.488	-	-	17.5	11.2
22	1	-3.393	21.59	39.57	-	-
23	1	-1.589	19.2	7.95	3.2	1.6
24	0.989	-2.631	-	-	8.7	6.7
25	0.99	-1.69	-	-	-	-
26	0.972	-2.139	-	-	3.5	2.3
27	1	-0.828	26.91	10.54	-	-
28	0.975	-2.266	-	-	-	-
29	0.98	-2.128	-	-	2.4	0.9
30	0.968	-3.042	-	-	10.6	1.9
		Total:	191.64	100.41	189.2	107.2

ตารางที่ 5.4 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งของระบบทดสอบ 30 บัส

From Bus	To Bus	From Bus Injection		To Bus Injection		Loss (I^2R)	
		P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
1	2	10.89	-5.09	-10.86	2.17	0.026	0.08
1	3	15.08	4.09	-14.96	-5.57	0.127	0.48
2	4	16.07	5.21	-15.89	-6.66	0.178	0.5
3	4	12.56	4.37	-12.54	-4.3	0.018	0.07
2	5	13.79	4.51	-13.68	-6.03	0.11	0.44
2	6	20.28	7.42	-19.99	-8.5	0.289	0.87
4	6	22.5	11.38	-22.43	-11.12	0.066	0.26
5	7	13.68	6.21	-13.56	-6.88	0.12	0.29
6	7	9.27	3.17	-9.24	-4.02	0.031	0.08
6	8	24.82	24.43	-24.69	-23.92	0.128	0.51
6	9	5.79	-3.36	-5.79	3.46	0	0.1
6	10	3.31	-1.92	-3.31	2	0	0.09
9	11	0	0	0	0	0	0
9	10	5.79	-3.46	-5.79	3.51	0	0.05
4	12	-1.67	-2.02	1.67	2.04	0	0.02
12	13	-37	-9.26	37	11.35	0	2.1
12	14	5.39	0.88	-5.35	-0.8	0.037	0.08
12	15	9.48	-1.06	-9.41	1.19	0.066	0.12
12	16	9.26	-0.1	-9.18	0.28	0.08	0.18
14	15	-0.85	-0.8	0.85	0.8	0.003	0
16	17	5.68	-2.08	-5.65	2.15	0.031	0.07
15	18	9.16	0.76	-9.07	-0.57	0.097	0.19
18	19	5.87	-0.33	-5.85	0.38	0.022	0.05
19	20	-3.65	-3.78	3.66	3.8	0.009	0.02
10	20	5.92	4.62	-5.86	-4.5	0.052	0.12
10	17	3.37	8.01	-3.35	-7.95	0.023	0.06
10	21	-2.23	-11.67	2.28	11.77	0.044	0.1

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งของระบบทดสอบ 30 บัส

From Bus	To Bus	From Bus Injection		To Bus Injection		Loss ($I^2 \cdot Z$)	
		P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
10	22	-3.75	-8.48	3.82	8.62	0.062	0.13
21	22	-19.78	-22.97	19.87	23.16	0.093	0.19
15	23	-8.81	-5.25	8.91	5.47	0.109	0.22
22	24	-2.1	7.8	2.18	-7.68	0.078	0.12
23	24	7.09	0.88	-7.02	-0.75	0.066	0.14
24	25	-3.86	1.77	3.89	-1.71	0.035	0.06
25	26	3.55	2.37	-3.5	-2.3	0.046	0.07
25	27	-7.44	-0.66	7.5	0.78	0.063	0.12
28	27	-6.11	-6.08	6.11	6.4	0	0.31
27	29	6.17	1.68	-6.08	-1.51	0.09	0.17
27	30	7.12	1.67	-6.95	-1.35	0.171	0.32
29	30	3.68	0.61	-3.65	-0.55	0.035	0.07
8	28	-5.31	-6.08	5.34	4.33	0.036	0.12
6	28	-0.77	-2.7	0.77	1.75	0.001	0
Total:						2.444	8.99

1) การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus}

ในที่นี้จะทำการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการวิเคราะห์เหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} เมื่อเกิดเหตุการณ์กับสายส่งเส้นหนึ่ง จากนั้นนำค่าแรงดันที่บัสต่างๆ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งที่เหลือในระบบมาทำการคำนวณค่าดัชนีสถานะแรงดันและค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า และทำการคำนวณซ้ำในกรณีที่เกิดเหตุการณ์กับสายส่งเส้นอื่นๆ จนครบทุกกรณี ค่าดัชนีสถานะทั้งสองค่านี้จะแสดงถึงผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์ที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลังออกมาในรูปของตัวเลขนัย หากเหตุการณ์ใดส่งผลกระทบต่อระบบ ค่าดัชนีสถานะจะมีค่ามาก ในทางตรงกันข้ามหากเหตุการณ์ใดส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังน้อย ค่าดัชนีสถานะดังกล่าวก็จะมีค่าน้อย ดัง

นั่นจึงสามารถนำมาใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของตามระดับความรุนแรงที่มีต่อระบบได้ ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส เป็นดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
1	1.0717	32	3301.9	10
2	1.0698	30	83.303	25
3	0.70904	25	65.389	38
4	0.62457	36	47.703	26
5	0.62187	10	31.347	37
6	0.56782	40	11.947	24
7	0.27462	38	5.4392	22
8	0.25489	37	3.1246	35
9	0.21326	24	2.6289	9
10	0.16655	19	2.0054	8
11	0.12827	28	1.6664	7
12	0.12421	29	1.048	6
13	0.12195	21	0.73669	39
14	0.1184	22	0.70551	31
15	0.11804	18	0.55485	4
16	0.11753	39	0.51561	30
17	0.11576	14	0.50856	3
18	0.11576	11	0.40732	23
19	0.10863	7	0.39644	2
20	0.10471	12	0.33265	5
21	0.10222	23	0.31996	36
22	0.10038	31	0.27897	18
23	0.099764	26	0.25952	40
24	0.099083	3	0.24188	19
25	0.099058	17	0.2322	29

ตารางที่ 5.5 (ต่อ) ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
26	0.098866	2	0.21341	17
27	0.098815	4	0.20287	32
28	0.098304	6	0.17059	21
29	0.09829	20	0.16961	13
30	0.098282	8	0.16859	27
31	0.098163	13	0.16717	33
32	0.098151	9	0.16679	28
33	0.098093	5	0.16392	1
34	0.098091	15	0.16086	20
35	0.09802	1	0.15571	41
36	0.092704	27	0.14	12
37	0.080253	41	0.13032	14
38	0.06936	33	0.126	11
39	0.055879	35	0.11703	15

2) การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

จากผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ณ สภาวะการทำงานปกติดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 เมื่อเกิดเหตุการณ์ขัดข้องกับสายส่งเส้นใดเส้นหนึ่งในระบบ จะทำให้ลักษณะการเชื่อมต่อของระบบเปลี่ยนแปลงไป ทำให้บัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์ของระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจะต้องทำการคำนวณค่าบัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์ใหม่ และทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่ จากนั้นนำค่าแรงดันที่บัสต่างๆ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งที่เหลือในระบบมาทำการคำนวณค่าดัชนีสภาวะแรงดันและค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และทำการคำนวณซ้ำในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ขัดข้องกับสายส่งเส้นอื่นๆ ในระบบจนครบทุกกรณี จากนั้นจึงนำค่าดัชนีสภาวะดังกล่าวมาใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ ซึ่งผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส เป็นดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
1	1.1262	30	21840	10
2	0.98202	32	214.7	38
3	0.80385	25	82.466	37
4	0.61994	10	76.055	25
5	0.57977	40	27.344	26
6	0.35489	36	9.3841	24
7	0.34822	38	6.3335	29
8	0.30618	37	5.1181	9
9	0.22921	24	3.3802	22
10	0.14684	19	2.0814	7
11	0.13261	28	1.6371	5
12	0.1294	29	1.3854	8
13	0.12338	18	1.3233	35
14	0.12205	39	1.0649	39
15	0.11557	21	1.0572	6
16	0.11447	22	0.51461	30
17	0.11323	11	0.48823	27
18	0.11323	14	0.4619	3
19	0.10971	7	0.39574	36
20	0.10378	12	0.39285	2
21	0.10101	23	0.35889	40
22	0.10047	26	0.35665	23
23	0.099711	31	0.33185	4
24	0.099272	3	0.30662	28
25	0.099042	6	0.28269	17
26	0.099029	17	0.21798	14
27	0.099012	2	0.21134	11

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
28	0.098831	4	0.20836	18
29	0.098763	8	0.20675	19
30	0.098703	5	0.19362	32
31	0.098318	20	0.18945	12
32	0.098179	15	0.18172	15
33	0.098163	13	0.18162	31
34	0.09802	9	0.18105	41
35	0.097991	1	0.17835	21
36	0.094849	27	0.16953	13
37	0.078709	41	0.16788	20
38	0.070204	33	0.16241	1
39	0.056756	35	0.1589	33

5.1.2 ระบบทดสอบขนาด 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

จากระบบทดสอบขนาด 30 บัส ดังตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 เมื่อทำการตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออกจะทำให้อัตราส่วนความต้านทานต่อรีแอกแตนซ์มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งจากหัวข้อที่ 3.3 ที่กล่าวถึงการวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยแบบจำลองกระแสตรง จะพบว่าหากระบบที่ใช้ทดสอบมีค่าอัตราส่วนความต้านทานต่อรีแอกแตนซ์น้อยลงเท่าไร การวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยแบบจำลองกระแสตรงก็จะมี ความถูกต้องมากขึ้น

1) การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}

ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบขนาด 30 บัสที่ตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออกเป็นดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความ
ด้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
1	1.149	30	193.38	10
2	1.148	32	0.96231	26
3	0.63499	25	0.064074	25
4	0.58624	10	0.042218	7
5	0.54869	40	0.021852	8
6	0.44838	36	0.019846	6
7	0.24093	38	0.015039	24
8	0.22464	37	0.014602	36
9	0.20052	24	0.010664	4
10	0.17053	19	0.010515	35
11	0.14604	28	0.0089187	3
12	0.12824	22	0.0072093	2
13	0.1272	21	0.0070866	40
14	0.12272	29	0.0061689	9
15	0.11555	39	0.006101	22
16	0.11493	14	0.0059481	30
17	0.11493	11	0.005821	5
18	0.11374	7	0.0046739	31
19	0.11332	18	0.0039558	29
20	0.10812	23	0.0038808	23
21	0.10557	12	0.0038259	19
22	0.10199	31	0.0037237	32
23	0.1002	6	0.0037206	37
24	0.10005	3	0.003696	15
25	0.099954	15	0.003652	38
26	0.099953	8	0.0036428	14
27	0.099945	4	0.0036073	17

ตารางที่ 5.7 (ต่อ) ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
28	0.099933	2	0.0035938	27
29	0.099844	20	0.0035783	39
30	0.099716	5	0.0035776	13
31	0.099621	1	0.0035731	33
32	0.09956	13	0.0035712	28
33	0.09933	9	0.0035699	20
34	0.099123	17	0.0035565	11
35	0.098651	26	0.0035513	21
36	0.090522	27	0.0035183	12
37	0.077961	41	0.0034885	18
38	0.070357	33	0.0034868	41
39	0.059661	35	0.003448	1

2) การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ของระบบทดสอบขนาด 30 บัสที่ตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออกเป็นดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ข้อด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
1	1.1493	30	1118.7	10
2	1.1476	32	0.54988	26
3	0.63523	25	0.062875	25
4	0.57492	10	0.057419	7
5	0.54832	40	0.056729	29
6	0.44812	36	0.031325	6
7	0.24093	38	0.02407	9
8	0.22464	37	0.023466	8
9	0.20057	24	0.021706	5
10	0.17015	19	0.012668	24
11	0.1463	28	0.012188	3
12	0.12909	22	0.011418	40
13	0.12704	21	0.0086023	2
14	0.12321	29	0.0085049	36
15	0.11555	39	0.0079085	22
16	0.11499	11	0.00731	4
17	0.11499	14	0.0072586	27
18	0.11386	18	0.0067129	30
19	0.11356	7	0.0061465	35
20	0.10841	23	0.0052469	14
21	0.1056	12	0.0052372	28
22	0.10202	31	0.0051058	11
23	0.099982	6	0.0049424	38
24	0.099942	15	0.0045903	37
25	0.09994	3	0.0042978	12
26	0.099861	20	0.0041259	41

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ข้อด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	PIMW	Line outage	PIV	Line outage
27	0.099808	2	0.004051	23
28	0.099762	8	0.0038793	19
29	0.099748	5	0.0036925	33
30	0.099742	4	0.0036792	18
31	0.099606	9	0.0036571	32
32	0.09956	13	0.0036533	31
33	0.099548	1	0.0036489	21
34	0.099136	17	0.003647	1
35	0.09862	26	0.0036456	20
36	0.090608	27	0.0036039	17
37	0.078139	41	0.0035799	39
38	0.070541	33	0.0035762	13
39	0.059846	35	0.0034911	15

5.2 ระบบทดสอบ 57 บัส

5.2.1 ระบบทดสอบปกติ

เป็นระบบทดสอบขนาด 57 บัส สายส่ง 80 เส้น ซึ่งมีข้อมูลบัส ข้อมูลสายส่ง และผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ณ สถานะการทำงานปกติดังตารางที่ ก.1 ตารางที่ ก.2 ตารางที่ ก.3 และตารางที่ ก.4 ในภาคผนวกตามลำดับ

1) การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ข้อด้วยวิธี Z_{bus}

ในที่นี้จะทำการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ข้อด้วยการวิเคราะห์เหตุการณ์ข้อด้วยวิธี Z_{bus} เมื่อเกิดเหตุการณ์ข้อด้วยกับสายส่งเส้นที่หนึ่ง จากนั้นนำค่าแรงดันที่บัสต่างๆ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลใน

สายส่งที่เหลือในระบบมาทำการคำนวณค่าดัชนีสภาวะแรงดันและค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และทำการคำนวณซ้ำในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องกับสายส่งเส้นอื่นๆ จนครบทุกกรณี ค่าดัชนีสภาวะทั้งสองค่านี้จะแสดงถึงผลกระทบที่เกิดจากเหตุขัดข้องที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลังออกมาในรูปของตัวเลขวัดชนี หากเหตุขัดข้องใดส่งผลกระทบต่อระบบ ค่าดัชนีสภาวะจะมีค่ามาก ในทางตรงกันข้าม หากเหตุขัดข้องใดส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังน้อย ค่าดัชนีสภาวะดังกล่าวก็จะมีค่าน้อย ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องตามระดับความรุนแรงที่มีต่อระบบได้ ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัส เป็นดังตารางในภาคผนวก ตารางที่ ก.5

2) การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

จากผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ณ สถานะการทำงานปกติดังตารางที่ ก.3 และตารางที่ ก.4 เมื่อเกิดเหตุขัดข้องกับสายส่งเส้นใดเส้นหนึ่งในระบบ จะทำให้ลักษณะการเชื่อมต่อกันของระบบเปลี่ยนแปลงไป ทำให้บัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์ของระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องทำการคำนวณค่าบัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์ใหม่ และทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่ จากนั้นนำค่าแรงดันที่บัสต่างๆ และกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งที่เหลือในระบบมาทำการคำนวณค่าดัชนีสภาวะแรงดันและค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และทำการคำนวณซ้ำในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องกับสายส่งเส้นอื่นๆ ในระบบจนครบทุกกรณี จากนั้นจึงนำค่าดัชนีสภาวะดังกล่าวมาใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง ซึ่งผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 57 บัส เป็นดังตารางในภาคผนวก ตารางที่ ก.6

5.2.2 ระบบทดสอบขนาด 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

จากระบบทดสอบขนาด 57 บัส ดังตารางที่ ก.1 และตารางที่ ก.2 เมื่อทำการตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออกจะทำให้อัตราส่วนความต้านทานต่อรีแอกแตนซ์มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งจากหัวข้อที่ 3.3 ที่กล่าวถึงการวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยแบบจำลองกระแสตรง จะพบว่าหากระบบที่ใช้ทดสอบมีอัตราส่วนความต้านทานต่อรีแอกแตนซ์น้อยลงเท่าไร การวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยแบบจำลองกระแสตรงก็จะมีผลถูกต้องมากขึ้น

1) การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus}

ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบขนาด 57 บัสที่ตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออกเป็นดังตารางที่ ก.7

2) การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

ผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบขนาด 57 บัสที่ตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออกเป็นดังตารางที่ ก.8

5.3 เปรียบเทียบผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง

จากหัวข้อที่ 5.1 และ 5.2 จะพบว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์กับสายส่งในระบบไฟฟ้ากำลัง เราสามารถแยกแยะเฉพาะเหตุการณ์ที่ส่งผลทำให้ระบบเสียหายรุนแรงออกจากเหตุการณ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบได้โดยอาศัยการวิเคราะห์เหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ร่วมกับดัชนีสถานะของระบบ ซึ่งจะทำให้การเตรียมการรับมือกับเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นสามารถทำได้ดียิ่งขึ้นและการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลังสามารถทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากจะทำให้สามารถลดจำนวนเหตุการณ์ที่ต้องทำการประเมินความมั่นคง และเวลาที่ใช้ในการคำนวณได้

ในที่นี้จะแสดงผลการเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} กับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้างานนี้

5.3.1 ระบบทดสอบ 30 บัส

เมื่อนำผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจากหัวข้อที่ 5.1.1 มาทำการเปรียบเทียบ (เฉพาะ 10 ลำดับแรก) จะได้ผลดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของระบบทดสอบ 30 บัส

Ranking	Zbus		Power Flow		Zbus		Power Flow	
	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIV	Line outage	PIV	Line outage
1	1.0717	32	1.1262	30	3301.9	10	21840	10
2	1.0698	30	0.98202	32	83.303	25	214.7	38
3	0.70904	25	0.80385	25	65.389	38	82.466	37
4	0.62457	36	0.61994	10	47.703	26	76.055	25
5	0.62187	10	0.57977	40	31.347	37	27.344	26
6	0.56782	40	0.35489	36	11.947	24	9.3841	24
7	0.27462	38	0.34822	38	5.4392	22	6.3335	29
8	0.25489	37	0.30618	37	3.1246	35	5.1181	9
9	0.21326	24	0.22921	24	2.6289	9	3.3802	22
10	0.16655	19	0.14684	19	2.0054	8	2.0814	7

จากตารางที่ 5.9 จะพบว่าผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ทั้งสองวิธีสามารถแยกแยะเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบที่รุนแรงต่อระบบออกจากเหตุการณ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบได้ โดยเหตุการณ์ใดที่ส่งผลกระทบต่อระบบจะมีค่าดัชนีสถานะเกินหนึ่ง ส่วนเหตุการณ์ใดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบจะมีค่าดัชนีสถานะน้อยกว่าหนึ่ง โดยการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} จะมีความใกล้เคียงกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่ทำกรจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ตามค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า (PIMW) มากกว่ากรณีที่ทำกรจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ตามค่าดัชนีสถานะแรงดัน (PIV)

โดยกลุ่มของเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ตามค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า ตรงกับผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า มีเพียงบางเหตุการณ์เท่านั้นที่ถูกจัดลำดับความรุนแรงไม่ตรงกัน เช่น เมื่อเกิดเหตุการณ์กับสายส่งเส้นที่ 30 การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจัดลำดับความรุนแรงเป็นลำดับที่ 1 แต่การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} จัดลำดับความรุนแรงเป็นลำดับที่ 2 เป็นต้น ส่วนเหตุการณ์อื่นๆ ส่วนใหญ่จะทำการจัดเรียงลำดับความรุนแรงได้ตรงกันทั้งจากวิธี Z_{bus} และการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

5.3.2 ระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

เมื่อนำผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจากหัวข้อที่ 5.1.2 มาทำการเปรียบเทียบ (เฉพาะ 10 ลำดับแรก) จะได้ผลดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	Zbus		Power Flow		Zbus		Power Flow	
	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIV	Line outage	PIV	Line outage
1	1.149	30	1.1493	30	193.38	10	1118.7	10
2	1.148	32	1.1476	32	0.96231	26	0.54988	26
3	0.63499	25	0.63523	25	0.064074	25	0.062875	25
4	0.58624	10	0.57492	10	0.042218	7	0.057419	7
5	0.54869	40	0.54832	40	0.021852	8	0.056729	29
6	0.44838	36	0.44812	36	0.019846	6	0.031325	6
7	0.24093	38	0.24093	38	0.015039	24	0.02407	9
8	0.22464	37	0.22464	37	0.014602	36	0.023466	8
9	0.20052	24	0.20057	24	0.010664	4	0.021706	5
10	0.17053	19	0.17015	19	0.010515	35	0.012668	24

จากตารางที่ 5.10 จะพบว่าผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ทั้งสองวิธีสามารถแยกแยะเหตุขัดข้องที่ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อระบบออกจากเหตุขัดข้องที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบได้ โดยเหตุขัดข้องใดที่ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อระบบจะมีค่าดัชนีสถานะเกินหนึ่ง ส่วนเหตุขัดข้องใดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบจะมีค่าดัชนีสถานะน้อยกว่าหนึ่ง โดยการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} จะมีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องได้ตรงกันกับการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าทุกเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นในกรณีที่ทำการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องตามค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า ส่วนกรณีที่ทำการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องตามค่าดัชนีสถานะแรงดัน

การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ก็มีแนวโน้มการจัดเรียงลำดับได้ใกล้เคียงกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

5.3.3 ระบบทดสอบ 57 บัส

เมื่อนำผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจากหัวข้อที่ 5.2.1 มาทำการเปรียบเทียบ (เฉพาะ 10 ลำดับแรก) จะได้ผลดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของระบบทดสอบ 57 บัส

Ranking	Zbus		Power Flow		Zbus		Power Flow	
	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIV	Line outage	PIV	Line outage
1	2.7074	1	3.0367	41	8.71E+12	37	2.06E+08	42
2	2.4571	2	2.771	1	9.84E+08	65	9.89E+07	47
3	2.2738	22	2.4962	2	8.71E+08	49	5.58E+07	46
4	1.6198	41	2.1518	22	2.29E+08	59	2.06E+07	50
5	1.4722	15	1.6788	15	8.38E+07	50	1.24E+07	41
6	1.1512	17	1.2724	17	1.95E+07	47	1.73E+06	49
7	0.94492	16	1.0091	16	1.38E+07	80	3.22E+05	80
8	0.8216	7	0.80265	7	1.15E+07	42	68305	40
9	0.73061	40	0.71584	40	64969	43	47541	43
10	0.71587	67	0.70867	67	30323	52	12946	67

ในทำนองเดียวกันกับระบบทดสอบ 30 บัส จากหัวข้อที่ 5.3.1 ผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ทั้งสองวิธีสามารถแยกแยะเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบออกจากเหตุการณ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบได้ โดยการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} จะมีความใกล้เคียงกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่ทำการจัดเรียงลำดับเหตุ

จัดเรียงตามค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า (PIMW) มากกว่ากรณีที่ทำกรจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ตามค่าดัชนีสถานะแรงดัน (PIV)

โดยกลุ่มของเหตุการณ์ที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ตามค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า ตรงกับผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า มีเพียงเหตุการณ์เดียวเท่านั้นที่ถูกจัดลำดับความรุนแรงไม่ตรงกัน คือเมื่อเกิดเหตุการณ์กับสายส่งเส้นที่ 41 การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจัดลำดับความรุนแรงเป็นลำดับที่ 1 แต่การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} จัดลำดับความรุนแรงเป็นลำดับที่ 4 ส่วนเหตุการณ์อื่นๆ จะทำการจัดเรียงลำดับความรุนแรงได้ตรงกันทั้งจากวิธี Z_{bus} และการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

5.3.4 ระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

เมื่อนำผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจากหัวข้อที่ 5.2 มาทำการเปรียบเทียบ (เฉพาะ 10 ลำดับแรก) จะได้ผลดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	Zbus		Power Flow		Zbus		Power Flow	
	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIV	Line outage	PIV	Line outage
1	2.2489	22	2.4289	41	1.65E+12	37	16168	50
2	1.4403	1	2.2328	22	1.53E+08	65	7468.3	42
3	1.4226	41	1.3718	1	5.87E+07	59	2384.8	49
4	1.3294	2	1.2561	2	3.23E+05	80	1860.9	47
5	0.88769	15	0.83377	15	20743	71	415.52	46
6	0.80199	17	0.78437	17	1490	1	166.53	60
7	0.75827	7	0.75696	7	1191.5	8	70.271	61
8	0.67349	16	0.66283	16	923.6	41	27.702	79
9	0.63516	67	0.60886	67	334.64	50	13.515	18
10	0.61272	40	0.5941	40	309.99	58	12.153	63

ในทำนองเดียวกันกับระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบ ออก จากหัวข้อที่ 5.3.2 ผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} และผลการจัดเรียง ลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ทั้งสองวิธีสามารถแยกแยะเหตุขัดข้องที่ ส่งผลกระทบต่อระบบออกจากเหตุขัดข้องที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบได้ โดยการจัดเรียง ลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} จะมีความใกล้เคียงกับการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณ การไหลของกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่ทำการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องตามค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า (PIMW) มากกว่ากรณีที่ทำการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องตามค่าดัชนีสภาวะแรงดัน (PIV)

โดยกลุ่มของเหตุขัดข้องที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ตามค่าดัชนี สภาวะกำลังไฟฟ้า ตรงกับผลที่ได้จากการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของ กำลังไฟฟ้า มีเพียงเหตุขัดข้องเดียวเท่านั้นที่ถูกจัดลำดับความรุนแรงไม่ตรงกัน คือเมื่อเกิดเหตุขัด ข้องกับสายส่งเส้นที่ 41 การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจัด ลำดับความรุนแรงเป็นลำดับที่ 1 แต่การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} จัดลำดับความรุนแรง เป็นลำดับที่ 3 ส่วนเหตุขัดข้องอื่นๆ จะทำการจัดเรียงลำดับความรุนแรงได้ตรงกันทั้งจากวิธี Z_{bus} และการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

5.4 ผลของความต้านทานของสายส่งในระบบต่อการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง

จากผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัสจากตารางที่ 5.9 และผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัสที่ตัดค่าความต้านทาน ของสายส่งในระบบออกจากตารางที่ 5.10 เมื่อนำผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องตามค่าดัชนีสภาวะ กำลังไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบมาเปรียบเทียบจะได้ผลดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 30 บัส กับระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	ระบบ 30 บัส				ระบบ 30 บัส $r=0$			
	Zbus		Power Flow		Zbus		Power Flow	
	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage
1	1.0717	32	1.1262	30	1.149	30	1.1493	30
2	1.0698	30	0.98202	32	1.148	32	1.1476	32
3	0.70904	25	0.80385	25	0.63499	25	0.63523	25
4	0.62457	36	0.61994	10	0.58624	10	0.57492	10
5	0.62187	10	0.57977	40	0.54869	40	0.54832	40
6	0.56782	40	0.35489	36	0.44838	36	0.44812	36
7	0.27462	38	0.34822	38	0.24093	38	0.24093	38
8	0.25489	37	0.30618	37	0.22464	37	0.22464	37
9	0.21326	24	0.22921	24	0.20052	24	0.20057	24
10	0.16655	19	0.14684	19	0.17053	19	0.17015	19

จากตารางที่ 5.13 จะพบว่า ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก จะมีความถูกต้องตรงกับผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า มากกว่ากรณีของระบบทดสอบ 30 บัสปกติ โดยในกรณีของระบบทดสอบ 30 บัส ที่ตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก มีผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ถูกต้องตรงกับผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในทุกเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น ส่วนกรณีระบบทดสอบ 30 บัสปกติ ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องที่ได้ มีบางลำดับที่จัดเรียงไม่ตรงกับผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

และจากผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัสจากตารางที่ 5.11 และผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัสที่ตัดค่าความ

ด้านทานของสายส่งในระบบออกจากตารางที่ 5.12 เมื่อนำผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของตามค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบมาเปรียบเทียบจะได้ผลดังตารางที่ 5.14

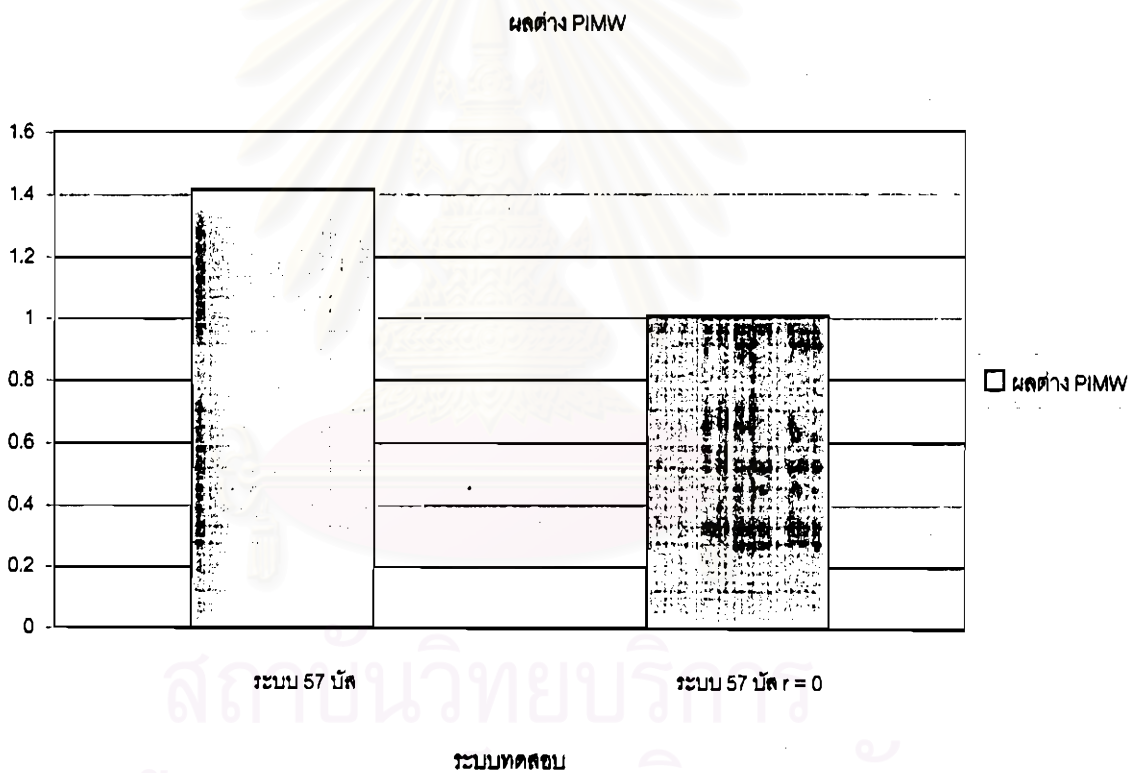
ตารางที่ 5.14 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ของระบบทดสอบ 57 บัส กับระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

Ranking	ระบบ 57 บัส				ระบบ 57 บัส $r=0$			
	Zbus		Power Flow		Zbus		Power Flow	
	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage	PIMW	Line outage
1	2.7074	1	3.0367	41	2.2489	22	2.4289	41
2	2.4571	2	2.771	1	1.4403	1	2.2328	22
3	2.2738	22	2.4962	2	1.4226	41	1.3718	1
4	1.6198	41	2.1518	22	1.3294	2	1.2561	2
5	1.4722	15	1.6788	15	0.88769	15	0.83377	15
6	1.1512	17	1.2724	17	0.80199	17	0.78437	17
7	0.94492	16	1.0091	16	0.75827	7	0.75696	7
8	0.8216	7	0.80265	7	0.67349	16	0.66283	16
9	0.73061	40	0.71584	40	0.63516	67	0.60886	67
10	0.71587	67	0.70867	67	0.61272	40	0.5941	40

ในกรณีของระบบทดสอบ 57 บัส จากตารางที่ 5.14 ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน ถึงแม้ว่าผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก จะไม่ตรงกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก็ตาม แต่ถ้าเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ในกรณีเหตุการณ์ของสายส่งเส้นที่ 41 ซึ่งมีผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ไม่ตรงกันระหว่างวิธี Z_{bus} กับการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า จะพบว่า ในกรณีของระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก จะมีผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์จากทั้ง 2 วิธีใกล้เคียงกันมากกว่าระบบทดสอบ 57 บัสปกติ ดังตารางที่ 5.15 และรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.15 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของสายส่งเส้นที่ 41 ของระบบทดสอบ 57 บัสปกติ กับระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก

ระบบทดสอบ	Ranking		PIMW		ผลต่าง PIMW
	Zbus	Power Flow	Zbus	Power Flow	
ระบบ 57 บัส	4	1	1.6198	3.0367	1.4169
ระบบ 57 บัส $r=0$	3	1	1.4226	2.4289	1.0063



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงผลต่างค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ความต้านทานของสายส่งในระบบไฟฟ้ากำลังมีผลต่อการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} หากระบบที่ใช้ทดสอบมีค่าอัตราส่วนความต้านทานต่อรีแอกแตนซ์น้อยลงเท่าไร การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ก็จะมีผลถูกต้องมากขึ้น

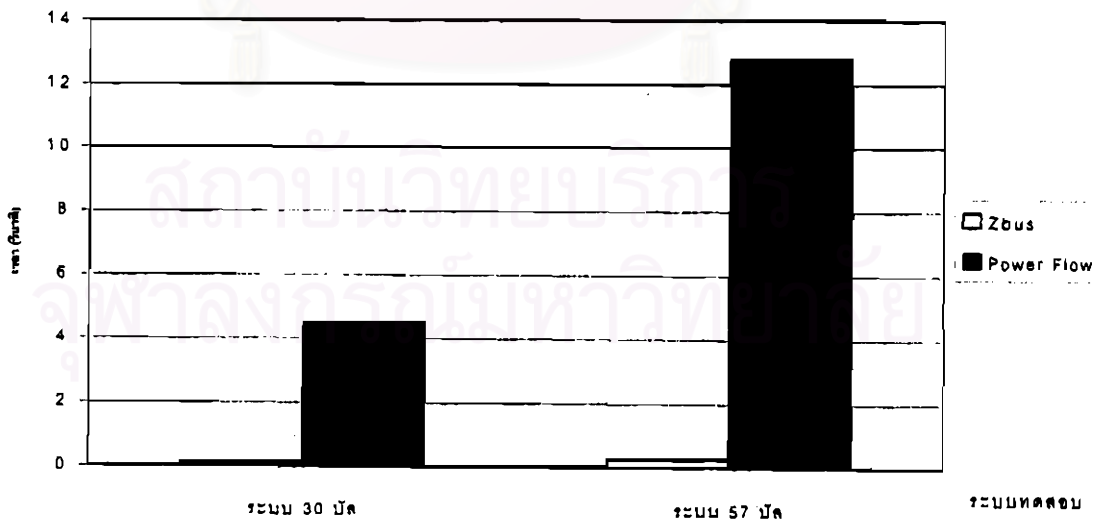
5.5 เวลาที่ใช้ในการคำนวณการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus}

ประสิทธิภาพด้านหนึ่งของการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ก็คือความสามารถในการแยกแยะเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบออกจากเหตุการณ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยให้สามารถเตรียมการรับมือกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น และการคำนวณผลจากเหตุการณ์เหล่านี้ เช่น การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบผลิตและส่งไฟฟ้ากำลัง หรือการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง ก็จะสามารถกระทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

จากผลการจัดเรียงเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส และระบบทดสอบ 57 บัสเมื่อทำการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่หลังเกิดเหตุการณ์จะได้ผลดังตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.16 ผลเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณระหว่างการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} กับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

ระบบทดสอบ	ระบบ 30 บัส	ระบบ 57 บัส
Z_{bus}	0.11	0.27
Power Flow	4.51	12.8



รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณระหว่างวิธี Z_{bus} กับการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า