

บทที่ 6

การทดสอบ การคำนวณและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะนำเสนอการทดสอบโปรแกรมด้วยระบบทดสอบ (Roy Billinton Test System : RBTS) และแสดงผลการคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในนิคมอุตสาหกรรมที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา นอกจากนี้จะแสดงผลการศึกษาความไว (Sensitivity) ของอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับและดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่ออัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการเกิดไฟฟ้าดับเฉลี่ย เปรียบเทียบการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับทั้ง 3 วิธี และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการใช้และการจัดเรียงอุปกรณ์ต่างๆในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

6.1 ระบบทดสอบ (RBTS)

6.1.1 ข้อมูลทางสถิติของอุปกรณ์และข้อมูลของผู้ใช้ไฟ

ตัวอย่างระบบที่ใช้ในการทดสอบ [8,9] สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

1. ระบบทดสอบบัส 2 (RBTS BUS 2)
2. ระบบทดสอบบัส 4 (RBTS BUS 4)

รายละเอียดของระบบทดสอบทั้ง 2 ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 6.1 และ 6.2 สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับสถิติการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดนำเสนอแสดงไว้ดังตารางที่ 6.1 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟแต่ละประเภทแสดงไว้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 ค่าสถิติการทำงานของอุปกรณ์

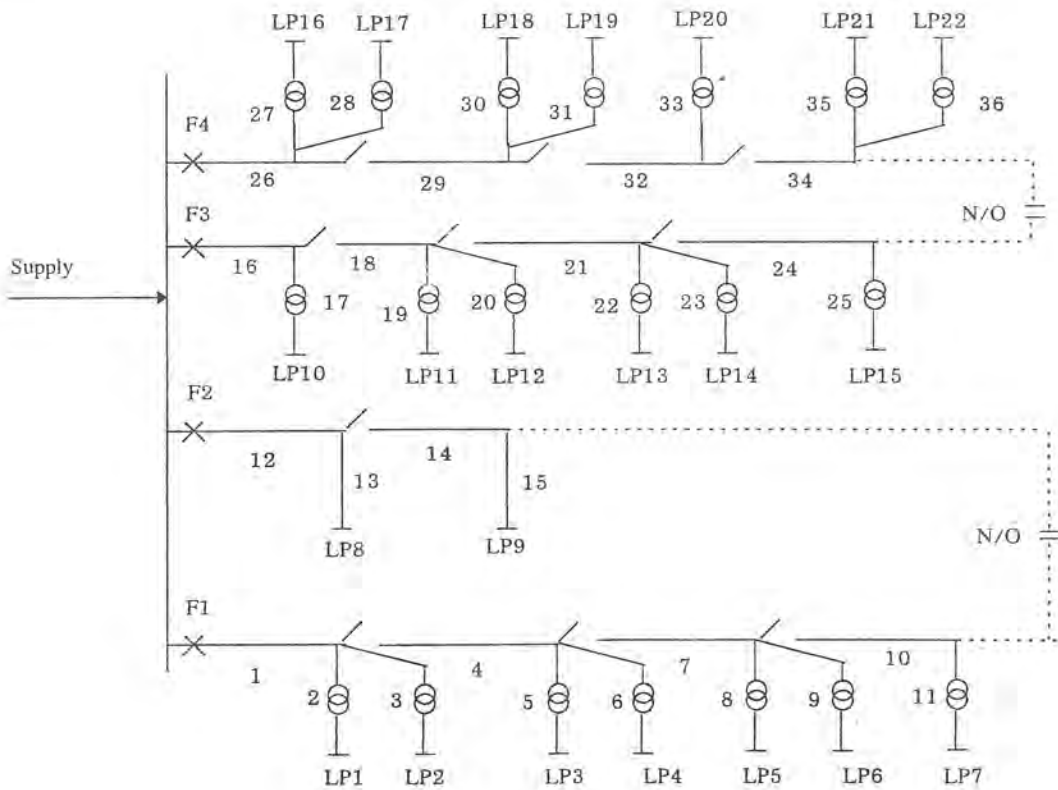
ชนิดอุปกรณ์	λ (ครั้งต่อปี)	λ_a (ครั้งต่อปี)	r (ชั่วโมง)	Repl. (ชั่วโมง)	s (ชั่วโมง)
หม้อแปลง	0.015	0.015	200	10	1
สายเปลือย	0.065	0.065	5	-	1
สายเคเบิล	0.04	0.04	30	-	3
เบรกเกอร์	0.006	0.004	4	-	1
บัสบาร์	0.001	0.001	2	-	1

โดย λ_a คือ อัตราการล้มเหลวแบบแอคทีฟ (Active failure rate)

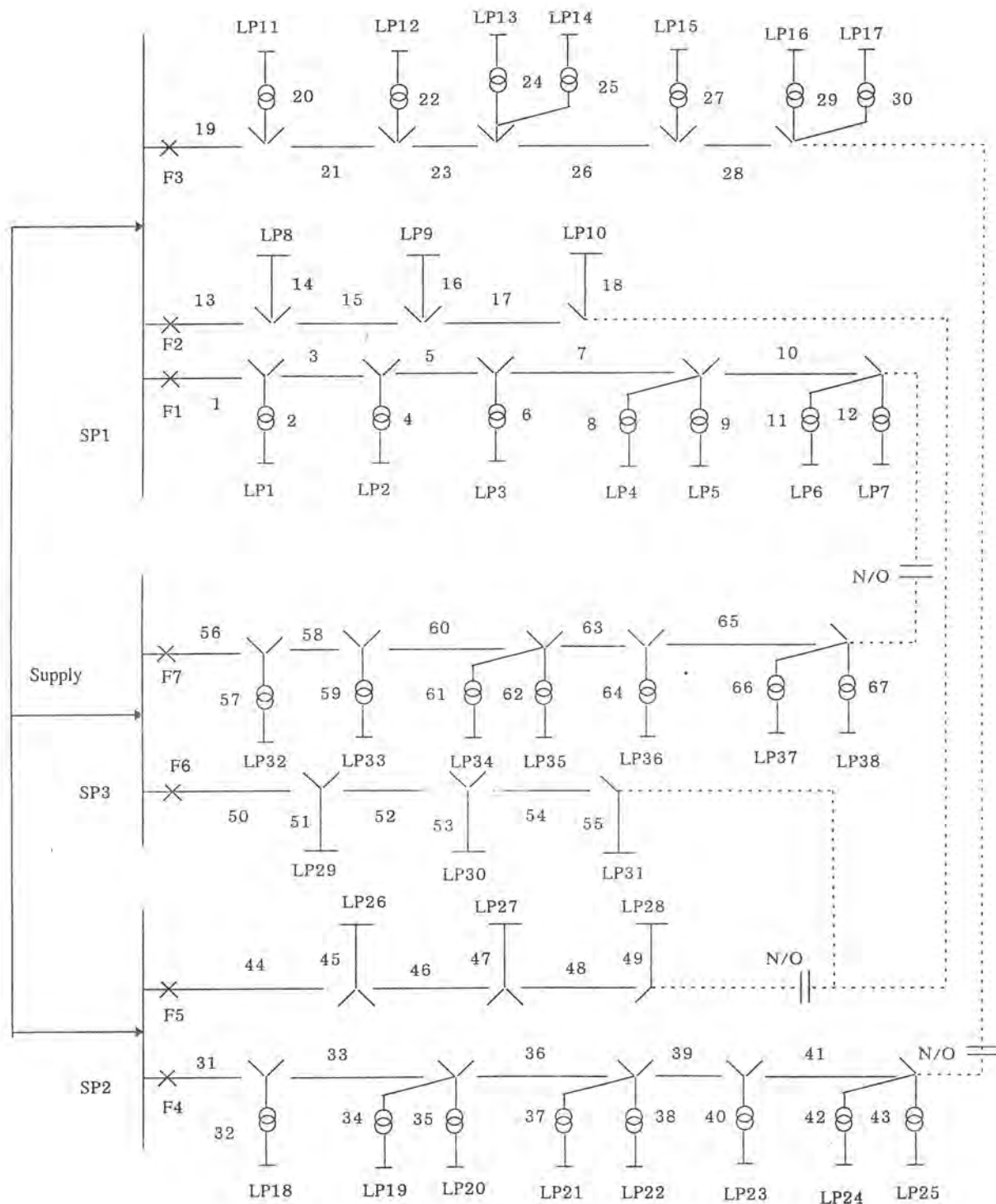
- Repl. คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ (Replacement time)
 - λ คือ อัตราการล้มเหลวรวม (Total failure rate)
 - r คือ ระยะเวลาในการซ่อมรวม (Repair time)
 - s คือ ระยะเวลาในการสวิตชิง (Switching time)
- สำหรับสายเปลือยกับสายเคเบิลมีหน่วยเป็น ครั้งต่อปี-กิโลเมตร

ตารางที่ 6.2 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท (บาท/kW เฉลี่ย)

ประเภทผู้ใช้	ระยะเวลาไฟฟ้าดับ (นาที)						
	5	10	30	60	120	240	480
บ้านที่อยู่อาศัย	0.88	2.07	9.74	35.30	111.40	327.16	836.24
ธุรกิจบริการ	28.10	39.08	125.87	203.00	338.98	594.84	1095.68
อุตสาหกรรมขนาดกลาง	23.53	29.63	80.98	103.24	149.90	228.68	382.08
อุตสาหกรรมขนาดใหญ่	19.88	22.62	42.73	59.16	73.92	101.44	142.72
หน่วยงานราชการ	7.37	10.47	26.31	51.12	93.72	174.32	334.32



รูปที่ 6.1 ระบบทดสอบ บัส 2



รูปที่ 6.2 ระบบทดสอบ บัส 4

ตารางที่ 6.3 ประเภท จำนวนและขนาดโหลดของผู้ใช้ไฟแต่ละจุดโหลด

ตำแหน่งโหลด	ประเภทผู้ใช้ไฟ	โหลดเฉลี่ย (MW)	จำนวนผู้ใช้ไฟ
บัส 2			
1-3,10,11	บ้านที่อยู่อาศัย	0.535	210
12,17-19	บ้านที่อยู่อาศัย	0.450	200
8	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.000	1
9	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.150	1
4,5,13,14	หน่วยงานราชการ	0.566	1
20,21	หน่วยงานราชการ	0.566	1
6,7,15	ธุรกิจบริการ	0.454	10
16,22	ธุรกิจบริการ	0.454	10
รวม		12.291	1908
บัส 4			
1-4,11-13	บ้านที่อยู่อาศัย	0.545	220
18-21	บ้านที่อยู่อาศัย	0.545	220
32-35	บ้านที่อยู่อาศัย	0.545	220
5,14,15,22	บ้านที่อยู่อาศัย	0.500	200
23,36,37	บ้านที่อยู่อาศัย	0.500	200
8,10,26-30	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.000	1
9,31	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.500	1
6,7,16,17	ธุรกิจบริการ	0.415	10
24,25,38	ธุรกิจบริการ	0.415	10
รวม		24.580	4779

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลความยาวฟีดเดอร์ของระบบทดสอบ

ลำดับที่	ความยาว (กิโลเมตร)	เลขที่ฟีดเดอร์
บัส 2		
1	0.6	2,6,10,14,17,21,25,28,30,34
2	0.75	1,4,7,9,12,16,19,22,24,27,29,32,35
3	0.8	3,5,8,11,13,15,18,20,23,26,31,33,36
บัส 4		
1	0.6	2,6,10,14,17,21,25,28,30,34,38,41, 43,46,49,51,55,58,61,64,67
2	0.75	1,4,7,9,12,16,19,22,24,27,29,32, 35,37,40,42,45,48,50,53,56,60,63,65
3	0.8	3,5,8,11,13,15,18,20,23,26,31 33,36,39,44,47,52,54,57,59,62,66

6.1.2 ผลการทดสอบ

จากข้อมูลประเภท จำนวนและขนาดโหลดของผู้ใช้ไฟแต่ละจุดโหลดแสดงในตารางที่ 6.3 และข้อมูลความยาวฟีดเดอร์ของระบบทดสอบบัส 2 และบัส 4 แสดงในตารางที่ 6.4 สามารถคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ที่แต่ละจุดโหลดและดัชนีที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6.5 และตารางที่ 6.6 โดยในการคำนวณเมื่อหม้อแปลงเกิดขัดข้องเลือกใช้วิธีการเปลี่ยนหม้อแปลงเพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบ จากผลดังกล่าวสังเกตได้ว่าจุดโหลดที่มีระยะทางสั้น ๆ จะมีอัตราการล้มเหลวน้อยกว่าจุดโหลดที่มีระยะทางยาว

ตารางที่ 6.5 ผลการคำนวณระบบทดสอบ บัส 2

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23925	3.03135	0.72525
2	0.25225	3.13280	0.79025
3	0.25225	3.13280	0.79025
4	0.23925	3.03135	0.72525
6	0.25225	3.13280	0.79025
6	0.24900	3.10843	0.77400
7	0.25225	2.97820	0.75125
8	0.13975	3.88372	0.54275
9	0.13975	3.60465	0.50375
10	0.24250	3.00412	0.72850
11	0.25225	3.13280	0.79025
12	0.25550	3.15655	0.80650
13	0.25225	2.92666	0.73825
14	0.25550	2.95303	0.75450
15	0.24250	3.00412	0.72850
16	0.25225	3.13280	0.79025
17	0.24250	3.05773	0.74150
18	0.24250	3.00412	0.72850
19	0.25550	3.10567	0.79350
20	0.25550	3.10567	0.79350
21	0.25225	2.92666	0.73825
22	0.25550	2.95303	0.75450
SAIFI	0.248211	ครั้ง/ผู้ใช้-ปี	
SAIDI	0.7655746	ชั่วโมง/ผู้ใช้-ปี	
CAIDI	3.084371	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.9999126		
ASUI	0.00008738		
ENS	8843.828	kWh/ปี	
AENS	4.63513	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	82.74063	บาท/kWh	
IER (BIM)	79.37814	บาท/kWh	
IER (SIM)	78.79698	บาท/kWh	

ตารางที่ 6.6 ผลการคำนวณระบบทดสอบ ปีที่ 4

ตำแหน่งโหนด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.29450	1.98811	0.58550
2	0.30425	2.08463	0.63425
3	0.29450	1.98811	0.58550
4	0.30750	2.11545	0.65050
6	0.30425	2.08463	0.63425
6	0.30750	2.11545	0.65050
7	0.30425	2.08463	0.63425
8	0.18200	1.85714	0.33800
9	0.19175	2.01695	0.38675
10	0.19500	2.06667	0.40300
11	0.29775	2.15197	0.64075
12	0.29450	2.12054	0.62450
13	0.29450	2.12054	0.62450
14	0.28475	2.02195	0.57575
15	0.29450	2.12054	0.62450
16	0.29450	2.12054	0.62450
17	0.28475	2.02195	0.57575
18	0.31075	2.06195	0.64075
19	0.30100	1.96678	0.59200
20	0.31075	2.06195	0.64075
21	0.31075	2.06195	0.64075
22	0.30100	1.96678	0.59200
23	0.31075	2.06195	0.64075
24	0.31075	2.06195	0.64075
25	0.30100	1.96678	0.59200
26	0.18850	2.03448	0.38350
27	0.19175	2.08475	0.39975
28	0.17875	1.87273	0.33475
29	0.19175	1.81356	0.34775
30	0.20150	1.96774	0.39650
31	0.19175	1.81356	0.34775
32	0.30100	2.13953	0.64400
33	0.30100	2.13953	0.64400
34	0.28800	2.01042	0.57900
35	0.30100	2.13953	0.64400
36	0.28800	2.01042	0.57900
37	0.30100	2.13953	0.64400
38	0.28800	2.01042	0.57900

ตารางที่ 6.6 (ต่อ)

SAIFI	0.2996559	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
SAIDI	0.6206151	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
CAIDI	2.071093	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ
ASAI	0.9999291	
ASUI	0.0000708	
ENS	12740.33	kWh/ปี
AENS	2.66589	kWh/ผู้ใช้-ปี
IER (CEM)	86.36112	บาท/kWh
IER (BIM)	78.33339	บาท/kWh
IER (SIM)	77.16546	บาท/kWh

ตารางที่ 6.7 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟ

ดัชนี	บัส 2			บัส 4		
	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	บทความ IEEE	ความแตกต่าง(%)	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	บทความ IEEE	ความแตกต่าง(%)
SAIFI	0.248211	0.248	0.08508	0.29965559	0.300	0.11470
SAIDI	0.7655746	0.77	0.57473	0.6206151	0.62	0.09921
CAIDI	3.084371	3.08	0.14192	2.071093	2.07	0.05280
ASAI	0.9999126	0.999913	0.00004	0.9999291	0.999929	0.00001
ASUI	0.00008738	0.000087	0.43678	0.0000708699	0.000071	0.18324
ENS	8843.828	8844	0.00194	12740.33	12740	0.00259
AENS	4.635063	4.64	0.10496	2.665899	2.67	0.15360

ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับบทความในวารสาร IEEE [9] ปรากฏว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟที่คำนวณได้ไม่แตกต่างกันมากดังแสดงในตารางที่ 6.7 ค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ค่าที่ละเอียดกว่าถึง 3 ตำแหน่ง

6.2 ศึกษาการใช้และการจัดเรียงอุปกรณ์ในระบบทดสอบ RBTS บัส 2

การศึกษการใช้และการจัดเรียงอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้ระบบทดสอบบัส 2 ดังกล่าวซึ่งประกอบด้วยสวิตช์ตัดตอน ฟิวส์ การถ่ายโอนโหลดแบบไม่จำกัดและหม้อแปลง โดยจะใช้วิธีการเปลี่ยนหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้องเป็นกรณีที่ใช้ในการอ้างอิง โดยแยกพิจารณาแบ่งเป็น 6 กรณีดังตารางที่ 6.8

ผลการคำนวณระบบทดสอบบัส 2 แต่ละกรณีได้แสดงไว้ดังตารางที่ 6.9 ถึง ตารางที่ 6.14 โดยในตารางแต่ละกรณีจะแสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้แต่ละจุดโหลด ดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟ และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบ ผลจากตารางต่างๆข้างต้นสามารถสรุป

รวมเป็นตารางที่ 6.15 และรูปที่ 6.3 ถึงรูปที่ 6.9 ซึ่งแสดงดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟในทุกกรณี เมื่อพิจารณาจากตารางและรูปดังกล่าวสังเกตได้ว่าในกรณีที่ 6 มีค่าดัชนีความเชื่อถือได้แย่มากที่สุดเนื่องจากระบบในกรณีนี้อุปกรณ์ที่ใช้มีเพียงสายไฟและหม้อแปลงโดยที่เมื่อหม้อแปลงเกิดการขัดข้องก็เลือกใช้วิธีซ่อมทำให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้มีค่าต่ำที่สุด และระบบในกรณีที่ 6 นี้ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันและสวิตช์ตัดตอนทำให้ลงทุนต่ำกว่ากรณีอื่นๆ ต่างจากระบบของกรณีที่ 1 (กรณีอ้างอิง) ซึ่งมีค่าดัชนีความเชื่อถือได้ดีที่สุดแต่ระบบดังกล่าวก็ต้องลงทุนสูงที่สุดเนื่องจากต้องมีอุปกรณ์ป้องกันและสวิตช์ตัดตอน และในกรณีที่หม้อแปลงเกิดการขัดข้องก็ต้องมีพนักงานคอยปฏิบัติงานเพื่อเปลี่ยนหม้อแปลงที่สำรองเก็บไว้ตลอดเวลา

ตารางที่ 6.8 กรณีการใช้และจัดเรียงอุปกรณ์ในระบบทดสอบ

กรณี	สวิตช์ตัดตอน	ฟิวส์	การถ่ายโอนโหลด	ใช้วิธีซ่อมหม้อแปลง	ใช้วิธีเปลี่ยนหม้อแปลง
1	x	x	x	-	x
2	x	x	x	x	-
3	x	x	-	x	-
4	-	x	-	x	-
5	x	-	-	x	-
6	-	-	-	x	-

จากกรณีที่ 6 ถ้าเพิ่มสวิตช์ตัดตอนเข้ามาในระบบซึ่งอาจเปรียบเทียบกับกรณีที่ 5 จะพบว่าค่า SAIFI ของระบบยังคงเท่าเดิมกับกรณีที่ 6 แต่ค่า SAIDI และ CAIDI จะลดลง นั่นแสดงว่าการเพิ่มสวิตช์ตัดตอนไม่ได้ทำให้ระบบมีอัตราการล้มเหลวเปลี่ยนแปลงแต่จะทำให้ระยะเวลาในการล้มเหลวของระบบโดยรวมลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสวิตช์ตัดตอนจะทำการตัดอุปกรณ์ที่เกิดขัดข้องออกจากระบบด้วยระยะเวลาสวิตช์เพื่อทำการซ่อมแซมอุปกรณ์นั้นทำให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากทิศทางอื่นได้

พิจารณากรณีที่ 2 กับกรณีที่ 3 ระบบทั้งสองต่างกันที่ ระบบหนึ่งถ่ายโอนโหลดได้ แต่อีกระบบหนึ่งไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้ สังเกตได้ว่ากรณีโอนโหลดได้ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการล้มเหลวหรือค่า SAIFI ของระบบแต่จะส่งผลกระทบต่อค่า SAIDI และ CAIDI ของระบบทำให้ดัชนีมีค่าน้อยลง

เปรียบเทียบกรณีที่ 6 กับกรณีที่ 4 พบว่ากรณีที่ 4 ซึ่งเป็นระบบที่มีฟิวส์ทำให้ได้ค่าดัชนีอ้างอิงของผู้ใช้ไฟต่างๆ ของระบบลดน้อยลงนั้นแสดงว่าระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงควรติดตั้งฟิวส์ไว้ในสายย่อยหรือที่แต่ละจุดโหลด

ในกรณีที่ 1 กับกรณีที่ 2 แตกต่างกันเพียงการซ่อมหม้อแปลงกับการเปลี่ยนหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้องซึ่งการเลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่า SAIDI และ CAIDI ของระบบเนื่องจากทั้งสองวิธีมีระยะเวลาในการที่จะทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อไปได้

ต่างกัน ถ้าต้องการให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงก็เลือกวิธีการเปลี่ยนหม้อแปลงนั้นหมายความว่า ในทางปฏิบัติต้องลงทุนสูงและมีพนักงานปฏิบัติงานตลอดเวลา

ตารางที่ 6.9 ผลการคำนวณของกรณีที่ 1 (มีลีวิตซ์ตัดตอน ฟิวส์ การถ่ายโอนโหลดแบบไม่ จำกัดและการใช้วิธีเปลี่ยนหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23925	3.03135	0.72525
2	0.25225	3.13280	0.79025
3	0.25225	3.13280	0.79025
4	0.23925	3.03135	0.72525
6	0.25225	3.13280	0.79025
6	0.24900	3.10843	0.77400
7	0.25225	2.97820	0.75125
8	0.13975	3.88372	0.54275
9	0.13975	3.60465	0.50375
10	0.24250	3.00412	0.72850
11	0.25225	3.13280	0.79025
12	0.25550	3.15655	0.80650
13	0.25225	2.92666	0.73825
14	0.25550	2.95303	0.75450
15	0.24250	3.00412	0.72850
16	0.25225	3.13280	0.79025
17	0.24250	3.05773	0.74150
18	0.24250	3.00412	0.72850
19	0.25550	3.10567	0.79350
20	0.25550	3.10567	0.79350
21	0.25225	2.92666	0.73825
22	0.25550	2.95303	0.75450
SAIFI		0.24821	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
SAIDI		0.76557	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
CAIDI		3.08437	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ
ASAI		0.999913	
ASUI		0.000087	
ENS		8843.828	kWh/ปี
AENS		4.6351	kWh/ผู้ใช้-ปี
IER (CEM)		82.741	บาท/kWh
IER (BIM)		79.378	บาท/kWh
IER (SIM)		78.797	บาท/kWh

ตารางที่ 6.10 ผลการคำนวณของกรณีที่ 2 (มีลวิตซ์ตัดตอน ฟิวส์ การถ่ายโอนโหลดแบบไม่จำกัดและการใช้วิธีซ่อมหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23925	14.94357	3.57525
2	0.25225	14.43112	3.64025
3	0.25225	14.43112	3.64025
4	0.23925	14.94357	3.57525
6	0.25225	14.43112	3.64025
6	0.24900	14.55422	3.62400
7	0.25225	14.27651	3.60125
8	0.13975	3.88372	0.54275
9	0.13975	3.60465	0.50375
10	0.24250	14.75670	3.57850
11	0.25225	14.43112	3.64025
12	0.25550	14.31115	3.65650
13	0.25225	14.22497	3.58825
14	0.25550	14.10763	3.60450
15	0.24250	14.7567	3.57850
16	0.25225	14.43112	3.64025
17	0.24250	14.81031	3.59150
18	0.24250	14.75670	3.57850
19	0.25550	14.26.27	3.64350
20	0.25550	14.26027	3.64350
21	0.25225	14.22498	3.58825
22	0.25550	14.10763	3.60450
SAIFI		0.24821	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
SAIDI		3.61259	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
CAIDI		14.5545	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ
ASAI		0.999588	
ASUI		0.000412	
ENS		37745.68	kWh/ปี
AENS		19.7829	kWh/ผู้ใช้-ปี
IER (CEM)		94.106	บาท/kWh
IER (BIM)		92.843	บาท/kWh
IER (SIM)		85.041	บาท/kWh

ตารางที่ 6.11 ผลการคำนวณของกรณีที่ 3 (มีสวิตช์ตัดตอน มีฟิวส์ ไม่มีการถ่ายโอนโหลด แบบไม่จำกัดและการใช้วิธีซ่อมหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23925	14.94357	3.57525
2	0.25225	14.43112	3.64025
3	0.25225	15.20416	3.83525
4	0.23925	15.75862	3.77025
6	0.25225	15.97721	4.03025
6	0.24900	16.12048	4.01400
7	0.25225	16.59564	4.18625
8	0.13975	3.88372	0.54275
9	0.13975	5.00000	0.69875
10	0.24250	14.75670	3.57850
11	0.25225	15.20416	3.83525
12	0.25550	15.07436	3.85150
13	0.25225	15.82259	3.99125
14	0.25550	15.68493	4.00750
15	0.24250	17.06186	4.13750
16	0.25225	14.43112	3.64025
17	0.24250	14.51031	3.59150
18	0.24250	15.61443	3.78650
19	0.25550	15.07436	3.85150
20	0.25550	15.83757	4.04650
21	0.25225	16.59564	4.18625
22	0.25550	16.44814	4.20250
SAIFI	0.24821	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
SAIDI	3.73209	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
CAIDI	15.03595	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.999574		
ASUI	0.000426		
ENS	40775.33	kWh/ปี	
AENS	21.3707	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	93.005	บาท/kWh	
IER (BIM)	91.967	บาท/kWh	
IER (SIM)	85.111	บาท/kWh	

ตารางที่ 6.12 ผลการคำนวณของกรณีที่ 4 (ไม่มีสวิตช์ตัดตอน มีฟิวส์ ไม่มีการถ่ายโอนโหลด แบบไม่จำกัดและการใช้วิธีซ่อมหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23925	17.22571	4.12125
2	0.25225	16.59564	4.18625
3	0.25225	16.59564	4.18625
4	0.23925	17.22571	4.12125
6	0.25225	16.59564	4.18625
6	0.24900	16.74699	4.17000
7	0.25225	16.59564	4.18625
8	0.13975	5.00000	0.69875
9	0.13975	5.00000	0.69875
10	0.24250	17.06186	4.13750
11	0.25225	16.59564	4.18625
12	0.25550	16.44814	4.20250
13	0.25225	16.59564	4.18625
14	0.25550	16.44814	4.20250
15	0.24250	17.06186	4.13750
16	0.25225	16.59564	4.18625
17	0.24250	17.06181	4.13750
18	0.24250	17.06186	4.13750
19	0.25550	16.44814	4.20250
20	0.25550	16.44814	4.20250
21	0.25225	16.59564	4.18625
22	0.25550	16.44814	4.20250
SAIFI	0.24821	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
SAIDI	4.16299	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
CAIDI	16.77198	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.999525		
ASUI	0.000475		
ENS	43824.44	kWh/ปี	
AENS	22.9688	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	92.905	บาท/kWh	
IER (BIM)	92.905	บาท/kWh	
IER (SIM)	85.330	บาท/kWh	

ตารางที่ 6.13 ผลการคำนวณของกรณีที่ 5 (มีสวิตช์ตัดตอน ไม่มีฟิวส์ ไม่มีการถ่ายโอนโหลด แบบไม่จำกัดและการใช้วิธีซ่อมหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

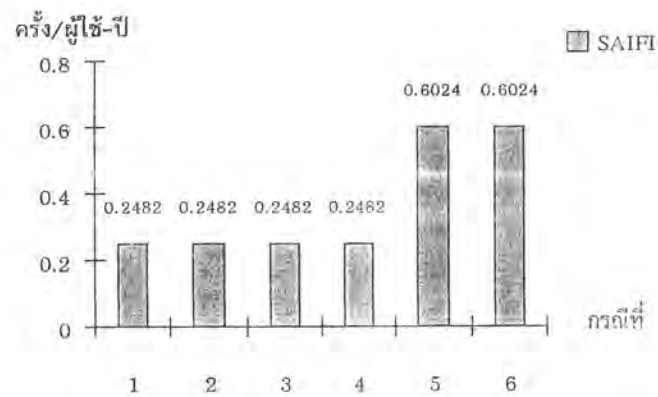
ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.62500	11.44640	7.1540
2	0.62500	11.44640	7.1540
3	0.62500	21.89281	13.6830
4	0.62500	21.89281	13.6830
6	0.62500	32.40160	20.2510
6	0.62500	32.40160	20.2510
7	0.62500	37.76001	23.6000
8	0.19175	3.101690	0.59475
9	0.19175	5.00000	0.95875
10	0.55800	6.978500	3.8940
11	0.55800	18.77241	10.4750
12	0.55800	18.77241	10.4750
13	0.55800	30.47312	17.0040
14	0.55800	30.47312	17.0040
15	0.55800	36.45162	20.3400
16	0.62500	11.44640	7.1540
17	0.62500	11.44640	7.1540
18	0.62500	21.89281	13.6830
19	0.62500	21.89281	13.6830
20	0.62500	27.31360	17.0710
21	0.62500	37.76001	23.6000
22	0.62500	37.76001	23.6000
SAIFI	0.60235	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
SAIDI	9.93408	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
CAIDI	16.49212	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.998866		
ASUI	0.001134		
ENS	149187.7	kWh/ปี	
AENS	78.1906	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	88.625	บาท/kWh	
IER (BIM)	87.694	บาท/kWh	
IER (SIM)	85.297	บาท/kWh	

ตารางที่ 6.14 ผลการคำนวณของกรณีที่ 6 (ไม่มีสวิตช์ตัดตอน ไม่มีฟิวส์ ไม่มีการถ่ายโอนโหลด แบบไม่จำกัดและการใช้วิธีซ่อมหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

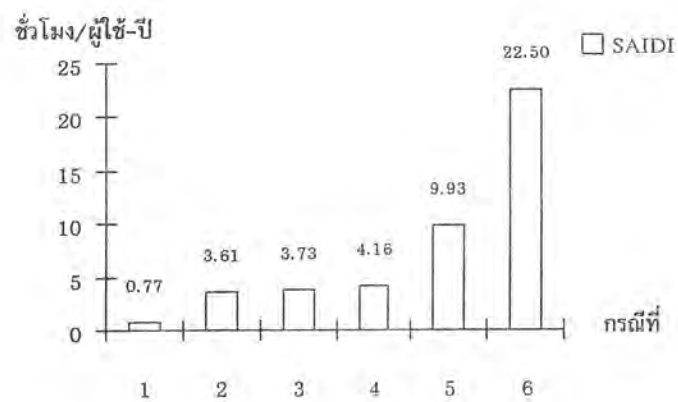
ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.62500	37.76001	23.6000
2	0.62500	37.76001	23.6000
3	0.62500	37.76001	23.6000
4	0.62500	37.76001	23.6000
6	0.62500	37.76001	23.6000
6	0.62500	37.76001	23.6000
7	0.62500	37.76001	23.6000
8	0.19175	5.00000	0.95878
9	0.19175	5.00000	0.95875
10	0.55800	36.45161	20.3400
11	0.55800	36.45161	20.3400
12	0.55800	36.45161	20.3400
13	0.55800	36.45161	20.3400
14	0.55800	36.45161	20.3400
15	0.55800	36.45161	20.3400
16	0.62500	37.76001	23.6000
17	0.62500	37.76001	23.6000
18	0.62500	37.76001	23.6000
19	0.62500	37.76001	23.6000
20	0.62500	37.76001	23.6000
21	0.62500	37.76001	23.6000
22	0.62500	37.76001	23.6000
SAIFI	0.60235	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
SAIDI	22.49644	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
CAIDI	37.3476	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.997432		
ASUI	0.002568		
ENS	231263.4	kWh/ปี	
AENS	121.2072	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	95.867	บาท/kWh	
IER (BIM)	95.867	บาท/kWh	
IER (SIM)	86.372	บาท/kWh	

ตารางที่ 6.15 แสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟรวมทุกกรณี

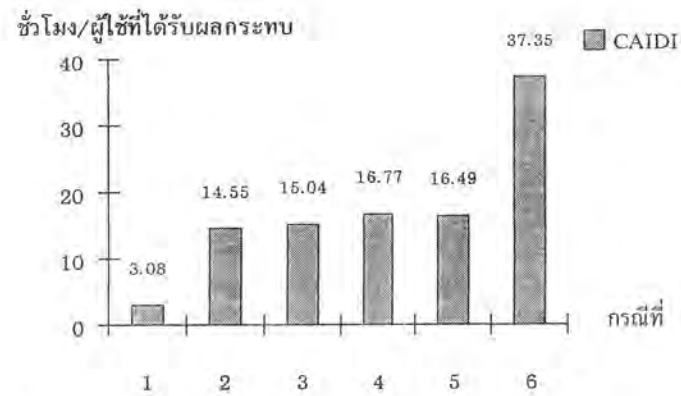
	ดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟ						
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI	ENS	AENS
กรณีที่ 1	0.24821	0.76557	3.08437	0.999913	0.000087	8843.828	4.6351
กรณีที่ 2	0.24821	3.61259	14.5545	0.999588	0.000412	37745.68	19.7829
กรณีที่ 3	0.24821	3.73209	15.03595	0.999574	0.000426	40775.33	21.3707
กรณีที่ 4	0.24821	4.16299	16.77198	0.999525	0.000475	43824.44	22.9688
กรณีที่ 5	0.60235	9.93408	16.49212	0.99886	0.001134	149187.7	78.1906
กรณีที่ 6	0.60235	22.49644	37.3476	0.997432	0.002568	231263.4	121.2072



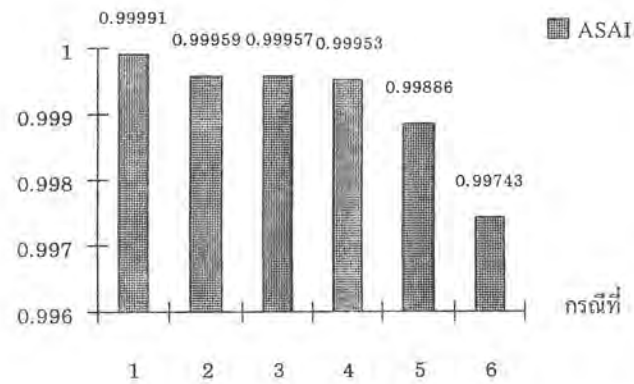
รูปที่ 6.3 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของระบบกรณีต่างๆ



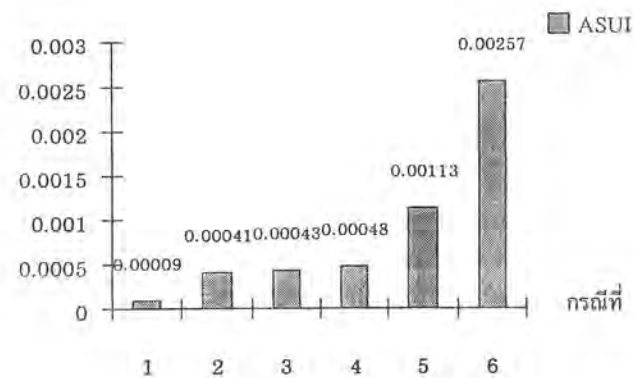
รูปที่ 6.4 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของระบบกรณีต่างๆ



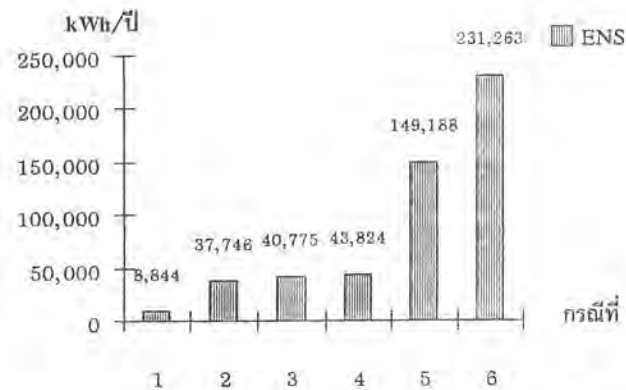
รูปที่ 6.5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี CAIDI ของระบบกรณีต่างๆ



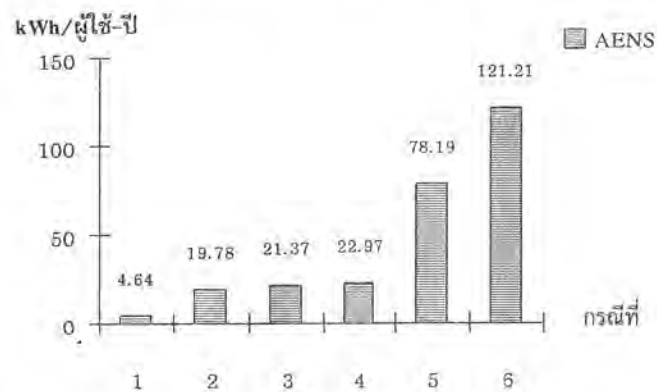
รูปที่ 6.6 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี ASAI ของระบบกรณีต่างๆ



รูปที่ 6.7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี ASUI ของระบบกรณีต่างๆ



รูปที่ 6.8 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี ENS ของระบบกรณีต่างๆ



รูปที่ 6.9 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี AENS ของระบบกรณีต่างๆ

จากกรณีที่ 4 ตารางที่ 6.9 สายไฟที่ใช้เป็นสายเปลือยถ้าเปลี่ยนเป็นสายเคเบิลสามารถคำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 6.16 เมื่อเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 6.17 พบว่าค่าดัชนี SAIFI ลดลงแต่ค่าดัชนีตัวอื่นๆมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการล้มเหลวของสายเคเบิลมีน้อยกว่าสายเปลือยแต่ระยะเวลาการขัดข้องเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าสายเปลือย ดังนั้นในการเปลี่ยนระบบจำหน่ายเป็นสายเคเบิลจะส่งผลดีคือมีปัญหาไฟฟ้าดับบ่อยน้อยลงแต่จะมีผลเสียสำหรับระบบที่เป็นแบบเรเดียลคือเมื่อสายเคเบิลเกิดการชำรุดจะทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานเนื่องจากสายเคเบิลต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมนานกว่าสายเปลือย แต่ก็ก็เป็นผลดีสำหรับระบบที่มีการจ่ายไฟแบบขนานหรือระบบที่มีการถ่ายโอนโหลดได้ เพราะเมื่อสายเคเบิลที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้จุดโหลดหนึ่งเกิดการขัดข้องจะไม่ทำให้ไฟฟ้าดับเป็นเวลานานเนื่องจากสามารถจ่ายไฟจากสายเคเบิลหรือสถานีไฟฟ้าอื่นได้

จากการประเมินความเชื่อถือได้ข้างต้นนี้ทำให้ทราบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากรณีต่างๆได้เป็นอย่างดี ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟได้

ก็ต้องอาศัยอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ อัตราการล้มเหลวและระยะเวลาที่เกิดการขัดข้องของอุปกรณ์ก็จะส่งผลกระทบต่อดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบดังกล่าวจะศึกษาได้จากการศึกษาความไวต่อไป

ตารางที่ 6.16 ผลการคำนวณของกรณีที่ 1 เมื่อใช้สายเคเบิล (มีสวิตช์ตัดตอน ฟิวส์ การถ่ายโอนโหลดแบบไม่จำกัดและการใช้วิธีเปลี่ยนหม้อแปลงเมื่อเกิดขัดข้อง)

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.153	13.21569	2.022
2	0.161	14.04969	2.262
3	0.161	14.04969	2.262
4	0.153	13.21569	2.022
6	0.161	14.04969	2.262
6	0.159	13.84906	2.202
7	0.161	13.04348	2.100
8	0.086	22.46512	1.932
9	0.086	20.58140	1.770
10	0.155	13.08387	2.028
11	0.161	14.04969	2.262
12	0.163	14.24540	2.322
13	0.161	12.70807	2.046
14	0.163	12.92025	2.106
15	0.155	13.08387	2.028
16	0.161	14.04969	2.262
17	0.155	13.43226	2.082
18	0.155	13.08387	2.028
19	0.163	13.91411	2.268
20	0.163	13.91411	2.268
21	0.161	12.70808	2.046
22	0.163	12.92025	2.106
SAIFI	0.15851	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
SAIDI	2.16928	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
CAIDI	13.6856	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.999752		
ASUI	0.000248		
ENS	25753.15	kWh/ปี	
AENS	13.4975	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	86.143	บาท/kWh	
IER (BIM)	85.884	บาท/kWh	
IER (SIM)	84.903	บาท/kWh	

ตารางที่ 6.17 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟเมื่อใช้สายไฟฟ้าต่างชนิด

ชนิดสายไฟฟ้า	ดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟ						
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI	ENS	AENS
สายเปลือย	0.24821	0.76557	3.08437	0.999913	0.000087	8843.828	4.6351
สายเคเบิล	0.15851	2.16928	13.6856	0.9999752	0.000248	25753.15	13.4975

6.3 การเปรียบเทียบการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

โดยพิจารณาจากระบบทดสอบบัส 2 แบ่งเป็น 6 กรณีดังกล่าว สามารถคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับทั้ง 3 วิธีได้ดังตารางที่ 6.18

จากตารางที่ 6.18 แสดงให้เห็นว่าวิธีดัชนีพื้นฐานกับวิธีดัชนีระบบซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าที่คำนวณได้จะน้อยกว่าวิธีระบุเหตุขัดข้องเสมอ โดยที่วิธีดัชนีพื้นฐานจะนำค่าดัชนีพื้นฐานของแต่ละจุดโหนดซึ่งประกอบด้วย อัตราการล้มเหลว ระยะเวลาการเกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ยและระยะเฉลี่ยที่เกิดเหตุขัดข้องในหนึ่งปีของจุดโหนดร่วมกับแบบจำลองความเสียหายของแต่ละจุดโหนดมาทำการคำนวณ ซึ่งจำนวนครั้งในการคำนวณหาอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจะเท่ากับจำนวนจุดโหนดที่มีของระบบนั้น สำหรับวิธีดัชนีระบบจะใช้ค่าดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟของระบบคือ ดัชนี SAIFI และ CAIDI ร่วมกับแบบจำลองความเสียหายของระบบนั้น ซึ่งวิธีนี้จะคำนวณได้เร็วและสะดวกที่สุดแต่ต้องทราบค่าดัชนีที่อ้างอิงผู้ใช้ของระบบนั้นเสียก่อนและมีค่าผิดพลาดมากกว่าวิธีดัชนีพื้นฐาน สำหรับวิธีระบุเหตุขัดข้องนั้นจะต้องทำการคำนวณทุกครั้งเมื่อมีการเกิดเหตุขัดข้องซึ่งยุ่งยากและใช้เวลานานแต่เป็นวิธีที่ถูกต้องที่สุด จากตารางที่ 6.18 ค่าที่คำนวณได้จากวิธีดัชนีพื้นฐานและวิธีดัชนีระบบจะมีค่าใกล้เคียงกับวิธีระบุเหตุขัดข้องก็ต่อเมื่อระบบมีความเชื่อถือได้สูง ระบบที่มีความเชื่อถือได้สูงจะมีอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับต่ำเนื่องจากระบบดังกล่าวมีระยะเวลาการเกิดขัดข้องเฉลี่ยต่ำทำให้มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลาสั้นๆมีค่าต่ำ

รูปที่ 6.10 เป็นกราฟแสดงอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับทั้ง 6 กรณีโดยเปรียบเทียบกันทั้ง 3 วิธีคือ วิธีระบุเหตุขัดข้อง วิธีดัชนีพื้นฐานและวิธีดัชนีระบบ สังเกตได้ว่าในกรณีที่ 1 เป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้สูงที่สุดแต่มีอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับต่ำที่สุด ส่วนในทางกลับกันระบบในกรณีที่ 6 เป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้ต่ำที่สุดแต่มีอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับสูงที่สุด

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับด้วยวิธีระบุเหตุขัดข้องโดยใช้แบบจำลองความเสียหาย บาท/kWเฉลี่ย เปรียบเทียบกับวิธีใช้แบบจำลองความเสียหาย บาท/kWhเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 6.18 พบว่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับที่คำนวณได้มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยที่แบบจำลองความเสียหายทั้ง 2 แบบสามารถแปลงไปมากันได้คือ จากแบบจำลอง บาท/kWเฉลี่ย แปลงเป็นแบบจำลอง บาท/kWhเฉลี่ย ได้จากสมการต่อไปนี้

$$C_{kw} = C_{kwh} \cdot d / 60 \quad (6.1)$$

เมื่อ C_{kw} คือ มูลค่าความเสียหายของแบบจำลองบาท/kWเฉลี่ย

C_{kwh} คือ มูลค่าความเสียหายของแบบจำลองบาท/kWhเฉลี่ย

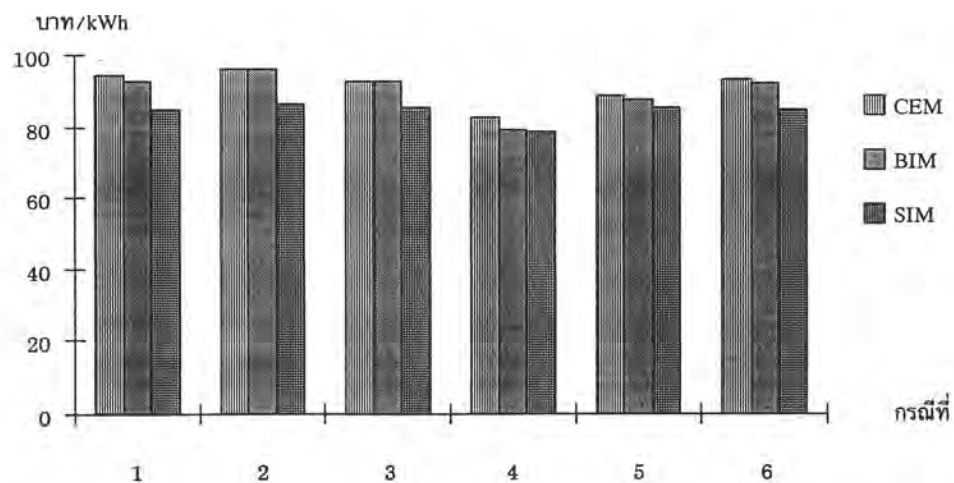
d คือ ระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับ (นาที)

ตัวอย่างแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้แต่ละประเภท(บาท/kWเฉลี่ย)ตามตารางที่ 6.2 สามารถแปลงเป็นแบบจำลองความเสียหาย บาท/kWhเฉลี่ย ได้ดังตารางที่ 6.19

ตารางที่ 6.18 แสดงการเปรียบเทียบการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับวิธีต่าง ๆ

	อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (บาท/kWh)		
	วิธี CEM	วิธี BIM	วิธี SIM
กรณีที่1	94.106	92.843(1.34)	85.041(9.63)
กรณีที่2	95.867	95.867(0.00)	86.372(9.90)
กรณีที่3	92.905	92.905(0.00)	85.330(8.15)
กรณีที่4	82.741	79.378(4.07)	78.797(4.77)
กรณีที่5	88.625	87.694(1.05)	85.297(3.76)
กรณีที่6	93.005	91.967(1.12)	85.111(8.49)

*(เปอร์เซนต์ความแตกต่างจากวิธี CEM)



รูปที่ 6.10 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบกรณีต่าง ๆ

ตารางที่ 6.19 แสดงมูลค่าความเสียหายและพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายของบัส 2

จุดโหลด	แบบจำลองบาท/kW (วิธีระบุเหตุขัดข้อง)			แบบจำลองบาท/kWh (วิธีระบุเหตุขัดข้อง)			แบบจำลองบาท/kWh (วิธีดัชนีพื้นฐาน)		
	EENS	COST	IER	EENS	COST	IER	EENS	COST	IER
	(kWh)	(บาท)	(บาท/kWh)	(kWh)	(บาท)	(บาท/kWh)	(kWh)	(บาท)	(บาท/kWh)
1	388.01	32665.16	84.19	388.01	32665.16	84.19	388.01	28500.43	73.453
2	422.78	35825.72	84.74	422.78	35825.72	84.74	422.78	31526.13	74.568
3	422.78	35825.72	84.74	422.78	35825.73	84.74	422.78	31526.14	74.568
4	410.49	18111.58	44.12	410.49	18111.58	44.12	410.49	18319.46	44.628
5	447.28	19688.55	44.02	447.28	19688.55	44.02	447.28	19898.63	44.488
6	351.4	53620.07	152.59	351.4	53620.07	152.59	351.4	54350.47	154.67
7	341.07	52393.78	153.62	341.07	52393.78	153.62	341.07	53151.80	155.84
8	542.75	30929.63	56.99	542.75	30929.63	56.99	542.75	31317.94	57.702
9	579.31	33732.58	58.23	579.31	33732.58	58.23	579.31	34248.99	59.12
10	389.75	32726.54	83.97	389.75	32726.54	83.97	389.75	28506.55	73.141
11	422.78	35825.73	84.74	422.78	35825.73	84.74	422.78	31526.13	74.568
12	362.92	30798.40	84.86	362.92	30798.40	84.86	362.92	27153.56	74.819
13	417.85	18487.72	44.25	417.85	18487.72	44.25	417.85	18712.52	44.783
14	427.05	18881.97	44.22	427.05	18881.97	44.22	427.05	19107.32	44.743
15	330.74	50732.30	153.39	330.74	50732.30	153.39	330.74	51462.51	155.599
16	358.77	54682.50	152.42	358.77	54682.50	152.42	358.77	55416.91	154.462
17	333.67	28139.98	84.33	333.67	28139.98	84.33	333.67	24608.57	73.75
18	327.82	27527.00	83.97	327.82	27527.00	83.97	327.82	23977.47	73.14
19	357.07	30185.42	84.54	357.07	30185.42	84.54	357.07	26522.46	74.28
20	449.12	19782.58	44.05	449.12	19782.58	44.05	449.12	19996.90	44.52
21	417.85	18487.72	44.24	417.85	18487.72	44.24	417.85	18712.52	44.78
22	342.54	52693.31	153.83	342.54	52693.31	153.83	342.54	53463.20	156.08
รวม	8843.8	731744.0	82.74	8843.8	731744.0	82.74	8843.8	702006.6	79.38

ตารางที่ 6.20 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท (บาท/kWh เฉลี่ย)

ประเภทผู้ใช้	ระยะเวลาไฟฟ้าดับ (นาที)						
	5	10	30	60	120	240	480
บ้านที่อยู่อาศัย	10.59	12.42	19.47	35.30	55.70	81.79	104.53
ธุรกิจบริการ	337.14	234.46	251.73	203.00	169.49	148.71	136.96
อุตสาหกรรมขนาดกลาง	282.40	177.80	161.95	103.24	74.95	57.17	47.76
อุตสาหกรรมขนาดใหญ่	238.52	135.74	85.46	59.16	36.96	25.36	17.84
หน่วยงานราชการ	88.48	62.81	52.62	51.12	46.86	43.58	41.79

6.4 การศึกษาความไว (Sensitivity Study)

การศึกษาความไวของอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับและดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่ออัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการขัดข้องเฉื่อยนั้น กระทำโดยการเปลี่ยนอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการเกิดขัดข้องเฉื่อยไปด้วยระดับเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เทียบกับค่าพื้นฐานซึ่งเป็นค่าที่แสดงไว้ดังตารางที่ 6.1 เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับและดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟฟ้า โดยในการศึกษาจะใช้ข้อมูลจากระบบทดสอบ บัส 2 กรณีที่ 4

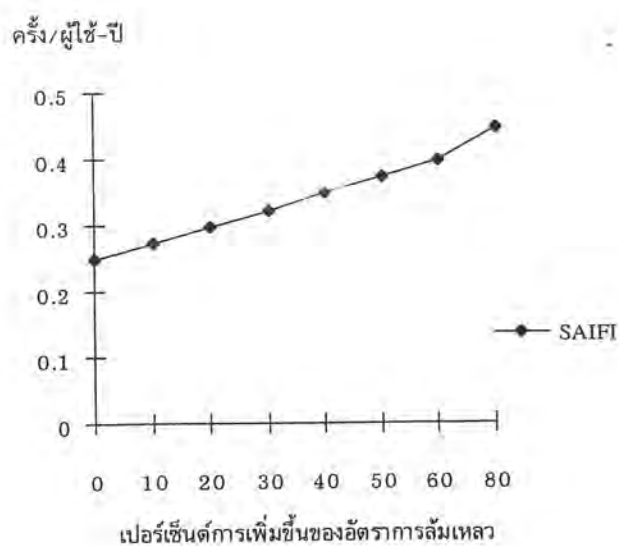
จากตารางที่ 6.21 พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลวจะส่งผลทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟบางตัวเปลี่ยนแปลงตามอัตราการล้มเหลว ดัชนีที่เปลี่ยนแปลงเห็นได้ชัดเจนคือ SAIFI SAIDI ดังในรูปที่ 6.11 และรูปที่ 6.12 ตามลำดับ นั้นแสดงว่าดัชนีทั้ง 2 ขึ้นกับอัตราการล้มเหลว จากข้อสรุปดังกล่าวอาจพิจารณาได้ว่าถ้าอุปกรณ์ของระบบมีอัตราการล้มเหลวเพิ่มขึ้นดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบก็จะเพิ่มขึ้นตาม แต่มีดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟบางตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการล้มเหลว คือ ดัชนี CAIDI ดังแสดงในรูปที่ 6.13 สำหรับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับนั้นจากรูปที่ 6.14 พบว่าไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการล้มเหลว นั้นแสดงว่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับไม่ขึ้นกับอัตราการล้มเหลว

จากตารางที่ 6.22 รูปที่ 6.16 และรูปที่ 6.17 พบว่าดัชนี CAIDI และ SAIDI เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เกิดการขัดข้องคือถ้าอุปกรณ์ภายในระบบมีระยะเวลาที่เกิดขัดข้องเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี CAIDI และ SAIDI ก็จะเปลี่ยนแปลงตามด้วย แต่ค่าดัชนี SAIFI ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เกิดการขัดข้อง ดังแสดงในรูปที่ 6.15 สำหรับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับนั้นเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6.18 พบว่าอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเกิดขัดข้องของอุปกรณ์

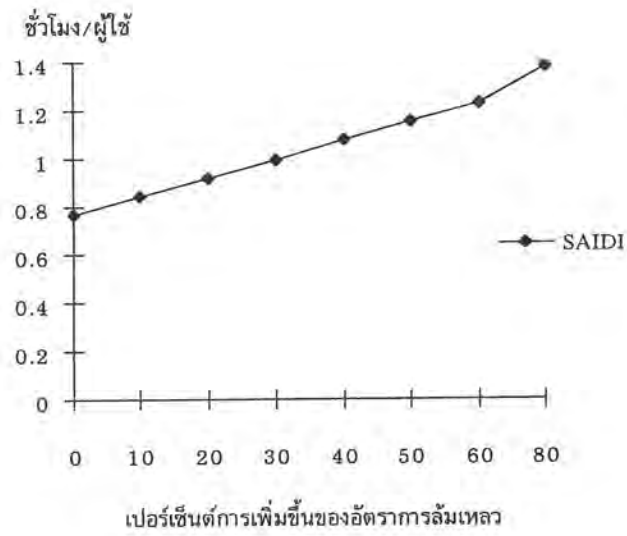
จากการศึกษาความไวข้างต้นพอสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ไม่ทำให้ค่าดัชนี CAIDI และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับเปลี่ยนแปลง สำหรับการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่เกิดการขัดข้องจะส่งผลต่อค่าดัชนี CAIDI และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

ตารางที่ 6.21 แสดงผลการศึกษาความไวของอัตราการล้มเหลวที่มีต่อดัชนีอ้างอิงผู้ใช้ไฟ และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

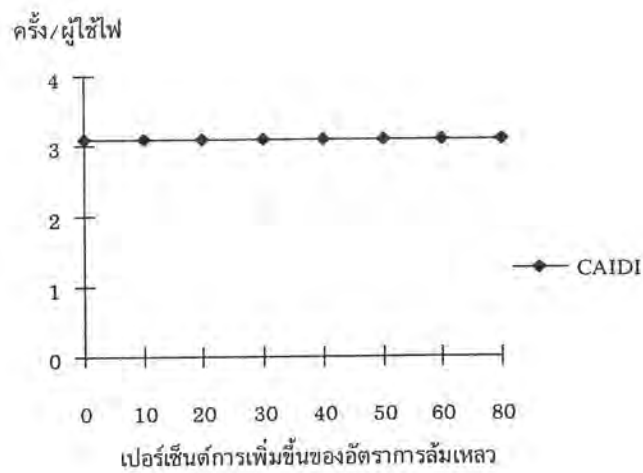
เปอร์เซ็นต์การเพิ่ม อัตราการล้มเหลว	ดัชนีอ้างอิงผู้ใช้ไฟ							อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (บาท/kWh)		
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI	ENS	AENS	CEM	BIM	SIM
0	0.24821	0.76557	3.08437	0.999913	0.000087	8843.828	4.6351	82.741	79.378	78.797
10	0.27303	0.84213	3.08437	0.999904	0.000096	9728.212	5.0986	82.741	79.378	78.797
20	0.29785	0.91869	3.08437	0.999895	0.000105	10612.59	5.5622	82.741	79.378	78.797
30	0.32267	0.99525	3.08437	0.99989	0.000114	11496.98	6.0257	82.741	79.378	78.797
40	0.3475	1.07181	3.08437	0.99988	0.000122	12381.36	6.4892	82.741	79.378	78.797
50	0.37232	1.14836	3.08437	0.99987	0.000131	13265.74	6.9527	82.741	79.378	78.797
60	0.39714	1.2249	3.08437	0.99986	0.00014	14150.13	7.4162	82.741	79.378	78.797
80	0.44678	1.37803	3.08437	0.99984	0.000157	15918.89	8.3432	82.741	79.378	78.797



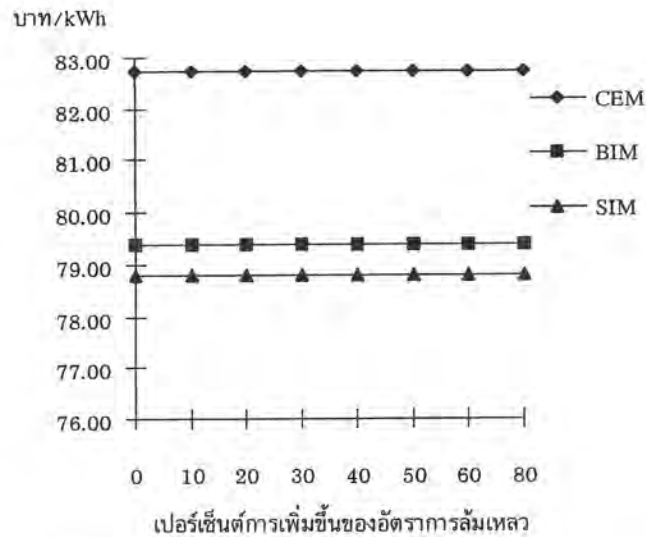
รูปที่ 6.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนี SAIIFI เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลว



รูปที่ 6.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนี SAIDI เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลว



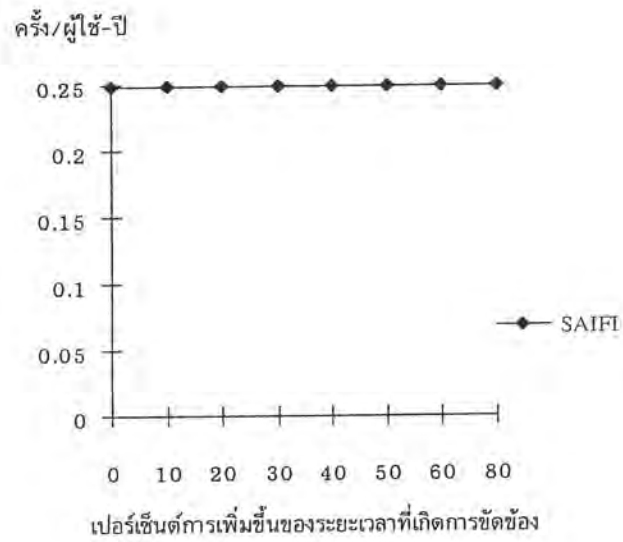
รูปที่ 6.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนี CAIDI เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลว



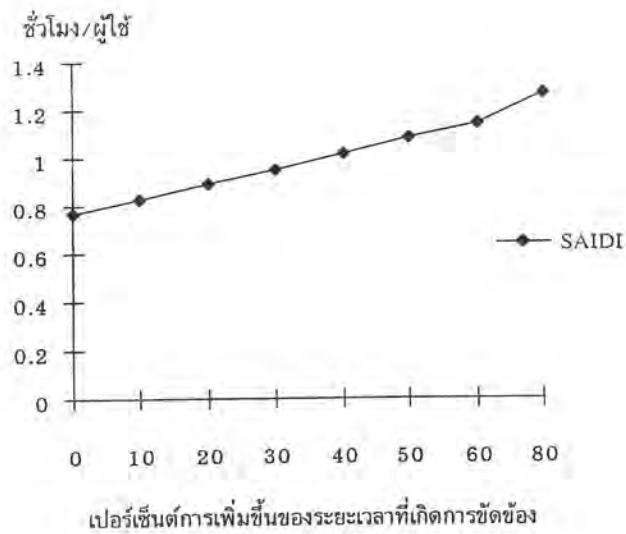
รูปที่ 6.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลว

ตารางที่ 6.22 แสดงผลการศึกษาความไวของระยะเวลาที่เกิดการขัดข้องเฉลี่ยที่มีต่อ
ดัชนีอ้างอิงผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

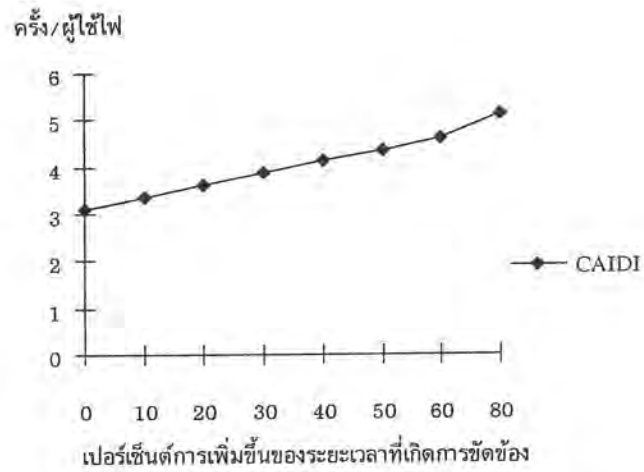
เปอร์เซ็นต์การเพิ่ม ระยะเวลาการขัดข้อง	ดัชนีที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟ							อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ (บาท/kWh)		
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI	ENS	AENS	CEM	BIM	SIM
0	0.24821	0.76557	3.08437	0.999913	0.000087	8843.828	4.6351	82.741	79.378	78.797
10	0.24821	0.82837	3.3374	0.999905	0.000096	9576.242	5.0189	83.265	79.644	78.959
20	0.24821	0.89117	3.5904	0.9999	0.000102	10308.66	5.4029	83.715	79.867	79.098
30	0.24821	0.95397	3.8434	0.99989	0.000109	11041.07	5.7867	84.105	80.058	79.218
40	0.24821	1.01676	4.0964	0.99988	0.000116	11773.48	6.1706	84.447	80.407	79.472
50	0.24821	1.07956	4.3494	0.99988	0.000123	12505.9	6.5545	84.748	80.941	79.923
60	0.24821	1.14236	4.6024	0.99987	0.00013	13238.31	6.9383	85.016	81.421	80.324
80	0.24821	1.26795	5.1084	0.99986	0.000145	14703.14	7.706	85.473	82.235	81.007



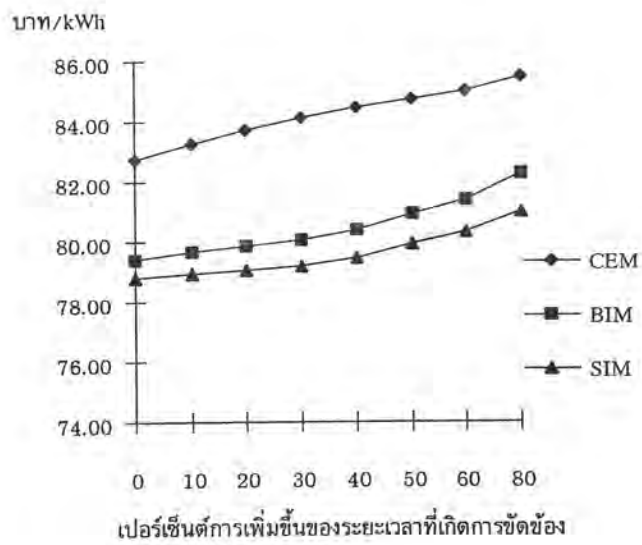
รูปที่ 6.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนี SAIFI เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่เกิดการขัดข้อง



รูปที่ 6.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนี SAIDI เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่เกิดการขัดข้อง



รูปที่ 6.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนี CAIDI เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่เกิดการขัดข้อง



รูปที่ 6.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่เกิดการขัดข้อง

6.5 ตัวอย่างระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในนิคมอุตสาหกรรม

ในส่วนนี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้จริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยตัวอย่างที่ใช้มี 2 ตัวอย่างซึ่งได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ และนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน

การนำระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีอยู่จริงนั้น เพื่อที่จะนำมาใช้กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณประกอบด้วย

1. แผนผังของระบบจำหน่ายที่จะทำการคำนวณ
2. สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าและจำนวนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆของแต่ละจุดโหลด
3. ค่าสถิติการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบจำหน่าย

จากแผนผังของระบบจำหน่ายต้องทำการกำหนดจุดโนดของอุปกรณ์แต่ละชนิดและจุดโนดของตำแหน่งโหลดลงในแผนผังก่อน เนื่องจากในการป้อนข้อมูลต้องทราบว่าอุปกรณ์ตัวนั้นอยู่ระหว่างจุดโนดใด และตำแหน่งโหลดอยู่ ณ. จุดโนดใด

สำหรับสัดส่วนการใช้ไฟนั้นข้อมูลที่ต้องการคือที่จุดโหลดนั้นประกอบด้วยผู้ใช้ประเภทใดบ้างจำนวนเท่าไรและแต่ละประเภทใช้ไฟขนาดกี่กิโลวัตต์

ข้อมูลสถิติของอุปกรณ์ต่างๆของระบบจำหน่ายภายในนิคมอุตสาหกรรมทั้ง 2 ได้แก่ อัตราการล้มเหลว ระยะเวลาการซ่อมแซม เวลาสวิตซ์ซึ่ง เป็นข้อมูลที่นำมาจากบทความ IEEE [9] สำหรับข้อมูลขนาดโหลด ประเภทผู้ใช้ไฟ จำนวนผู้ใช้ไฟ เป็นข้อมูลการใช้ไฟจริงของนิคมอุตสาหกรรมทั้ง 2 ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ง สำหรับฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทใช้ข้อมูลในตารางที่ 6.2

จากข้อมูลต่างๆข้างต้นเมื่อใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณค่าดัชนีพื้นฐานค่าดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของนิคมอุตสาหกรรมโรจนะได้ดังตารางที่ 6.23 และนิคมอุตสาหกรรมบางปะอินได้ดังแสดงในตารางที่ 6.24

6.5.1 นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ

ตารางที่ 6.23 ผลการคำนวณนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.035	7.743	0.271
2	0.061	6.541	0.399
3	0.061	6.541	0.399
4	0.061	6.541	0.399
6	0.061	6.541	0.399
6	0.061	6.541	0.399
7	0.074	4.919	0.364
8	0.055	6.364	0.350
9	0.055	6.364	0.350
10	0.055	6.364	0.350
11	0.055	6.364	0.350
12	0.185	4.968	0.991
13	0.111	5.847	0.991
14	0.199	4.980	0.991
15	0.199	4.980	0.991
16	0.199	4.980	0.991
17	0.199	4.980	0.991
18	0.199	4.980	0.991
19	0.199	4.980	0.991
20	0.164	4.976	0.816
21	0.022	7.273	0.160
22	0.185	4.976	0.919
23	0.185	4.976	0.919
24	0.199	4.980	0.991
25	0.111	5.847	0.649
26	0.164	4.976	0.816
SAIFI	0.11892	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
SAIDI	0.63741	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี	
CAIDI	5.35985	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ	
ASAI	0.999927		
ASUI	0.000073		
ENS	25596.87	kWh/ปี	
AENS	656.3299	kWh/ผู้ใช้-ปี	
IER (CEM)	52.586	บาท/kWh	
IER (BIM)	52.589	บาท/kWh	
IER (SIM)	52.395	บาท/kWh	

6.5.2 นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน

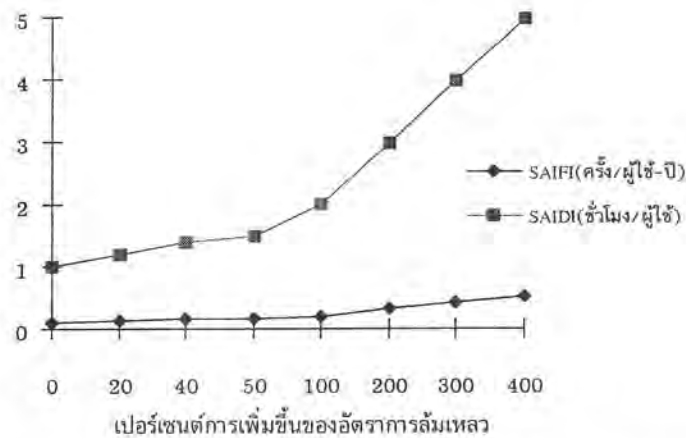
ตารางที่ 6.24 ผลการคำนวณนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	λ	r	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมง	ชั่วโมงต่อปี
1	0.2241	7.23124	1.62054
2	0.2241	7.23124	1.62054
3	0.2241	7.23124	1.62054
4	0.0720	4.44445	0.32000
6	0.0720	4.44445	0.32000
6	0.0525	4.23809	0.22250
7	0.0590	4.32203	0.25500
8	0.0590	4.32203	0.25500
9	0.0590	4.32203	0.25500
10	0.0330	3.78788	0.12500
11	0.0925	13.97297	1.29250
12	0.0925	15.37838	1.42250
13	0.0925	15.37838	1.42250
14	0.0925	15.37838	1.42250
15	0.0486	15.28806	0.74300
16	0.0486	15.28806	0.74300
17	0.0486	15.28806	0.74300
18	0.5817	12.73595	7.40850
SAIFI		0.10454	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
SAIDI		0.9934	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
CAIDI		9.50244	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ
ASAI		0.999887	
ASUI		0.000113	
ENS		71925.13	kWh/ปี
AENS		2480.177	kWh/ผู้ใช้-ปี
IER (CEM)		44.414	บาท/kWh
IER (BIM)		44.459	บาท/kWh
IER (SIM)		46.566	บาท/kWh

ผลการคำนวณพบว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของทั้ง 2 นิคมมีค่าต่ำหรือกล่าวได้ว่ามีความเชื่อถือได้สูง อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับที่คำนวณได้ของนิคมบางปะอินก็มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้มีการประเมินไว้โดยวิธีการนำสถิติไฟฟ้าดับมาคำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากค่าอัตราการล้มเหลวและค่าระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ที่ใช้เป็นค่าที่นำมาจากบทความ IEEE [9] ซึ่งค่าดังกล่าวของอุปกรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกันย่อมมีค่าไม่

เท่ากัน ดังนั้นการนำค่าอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ภายในประเทศย่อมให้ผลที่ถูกต้องกว่า

เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลดังกล่าว แต่มีการเก็บสถิติไฟฟ้าดับเพื่อประเมินค่าดัชนี SAIFI SAIDI และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับทำให้พอจะประเมินหาค่าดังกล่าวได้โดยการเพิ่มอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการซ่อมแซมของอุปกรณ์เป็นเปอร์เซ็นต์ของค่ามาตรฐานแล้วสังเกตค่าดัชนีและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้มีการเก็บสถิติและประเมินไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 6.19 แสดงให้เห็นค่าดัชนีที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟมีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์เพิ่มขึ้น



6.19 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงดัชนีอ้างอิงผู้ใช้ไฟของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้มเหลว

จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าขึ้นกับการใช้และติดตั้งอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย แต่การจะทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงก็ต้องคำนึงถึงอัตราผลตอบแทนและเงินลงทุนด้วย และสังเกตได้ว่าระบบที่มีความเชื่อถือได้สูงจะมีอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับต่ำกว่าระบบที่มีความเชื่อถือได้ต่ำ ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับขึ้นกับอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการชดช้องของอุปกรณ์