

## บทที่ 5

### การทดสอบ การคำนวณและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะนำเสนอการทดสอบโปรแกรมด้วยระบบทดสอบ 7 บัสที่เป็นแบบเครือข่าย[12] ระบบทดสอบ ( Roy Billinton Test System ; RBTS)ซึ่งเป็นระบบทดสอบบัส 2 (RBTS BUS2) [19,20]เพื่อนำมาใช้ทดสอบในการวิจัย เพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากแรงดันตกที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดับที่มีต่อผู้ใช้ โดยพิจารณาที่ค่าดัชนี ณ จุดโหลด และค่าดัชนีที่อ้างอิงถึงผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่อระยะเวลาในการเกิดแรงดันตก และ ขนาดของแรงดันตกที่เกิดขึ้น และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากวิธีการจำลองเหตุการณ์

#### 5.1 ระบบทดสอบ

##### 5.1.1 ระบบทดสอบ 7 บัส

รายละเอียดของระบบทดสอบ 7 บัสนำเสนอแสดงไว้ในรูปที่ 5.1 สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับสถิติการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบทดสอบ 7 บัส

	$\theta$	m	$\mu$	$\sigma$	min	ความน่าจะเป็น ในการทำงาน
หม้อแปลง	250 yr	1.0	10 days	5 days	0.1 days	-
บัส	250 yr	1.0	10 days	5 days	0.1 days	-
เคเบิล	25 yr	1.0	2 days	1 days	0.01days	-
stuck breaker	10 yr	4.0	4.8 hrs	1.2 hrs	2.4 hrs	0.95

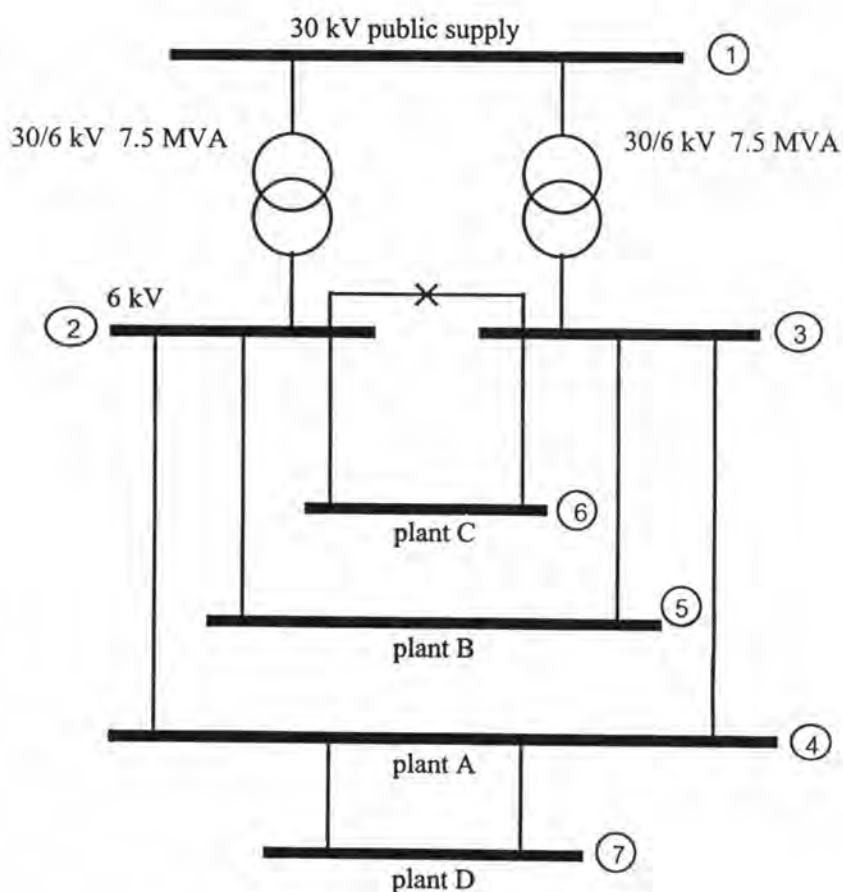
โดยที่

$\theta$  = ค่า life-time ของอุปกรณ์แต่ละชนิด

m = ค่า shape factor ของการกระจายแบบ Weibul

$\mu$  = ค่าคาดหวังของระยะเวลาในการซ่อมแซม

$\sigma$  = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระยะเวลาในการซ่อมแซม



รูปที่ 5.1 แสดงระบบทดสอบ 7 บัสที่จ่ายไฟฟ้า ให้กับโรงงาน 4 แห่ง

ทั้งนี้รายละเอียดในการพิจารณาระบบทดสอบดังกล่าวแสดงไว้ดังนี้ จากสถานีไฟฟ้า  
ย่อยขนาดแรงดัน 30 kV มี Short circuit Power 1000 MVA โดยมีขนาดของกระแสลัดวงจรสูงสุด  
19.2 kA ( $I_{\text{short-circuit}} = \frac{1000\text{MVA}}{\sqrt{3} * 30\text{kV}} = 19.2 \text{ kA}$ ) เมื่ออ้างอิงที่ระดับแรงดัน 6 kV จะคำนวณค่าอิมพี  
แดนซ์ที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟได้จากคำนวณจากสูตร  $Z = V^2 / \text{Short circuit power}$  ซึ่งได้ค่าดังนี้

$$Z = 6^2 / 1000 = 0.036 \Omega \quad \text{ซึ่งด้านแหล่งจ่ายไฟมีการกำหนดค่า } X/R = 6$$

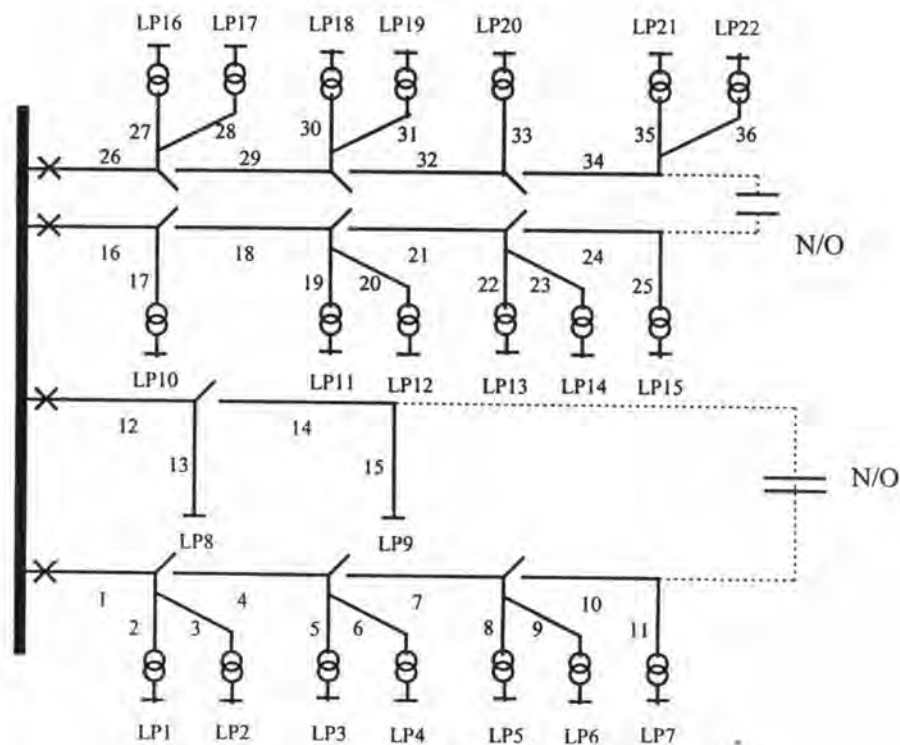
จะได้ค่า อิมพีแดนซ์ที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ  $0.006 + 0.036j \Omega$  แต่ละจุดโหลดใช้ไฟประมาณ  
1MW และมี power factor 0.8 lagging เมื่อพิจารณาโหลดเป็นค่าอิมพีแดนซ์โดยคำนวณจาก  
สูตร  $R = V^2 / \text{Power}$  แล้วหาค่า X จาก power factor ซึ่งได้ค่าดังต่อไปนี้

$$R = 6^2 / 1 = 36 \Omega \quad \text{และ } X = 3/4 * 36 = 27 \Omega \quad \text{จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลด} = 36 + 27j \Omega$$

หม้อแปลงขนาด 7.5 MVA , มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ 0.07 p.u. เมื่อพิจารณาที่ระดับแรงดัน 6 kV ได้ค่าอิมพีแดนซ์ =  $(6^2 * 0.07) / 7.5 = 0.336j \Omega$  ส่วนสายป้อนเป็นแบบ XLPE ขนาด  $50 \text{ mm}^2$  ระดับแรงดัน 6 kV มีค่าอิมพีแดนซ์ต่อความยาว 1000 เมตร เป็น  $0.387 + 0.09j \Omega$  ค่าอิมพีแดนซ์ต่างๆ เป็นค่าที่อ้างอิงที่ระดับแรงดัน 6 kV

### 5.1.2 ระบบทดสอบ RBTS BUS 2

รายละเอียดของระบบทดสอบ RBTS BUS2 แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับสถิติการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ระบบทดสอบ RBTS BUS2

ระบบทดสอบ RBTS BUS2 ซึ่งมีรายละเอียดของระบบ ดังที่จะแสดงดังต่อไปนี้

จากสถานีไฟฟ้าย่อยขนาดแรงดัน 22 kV มี Short circuit Power 1000 MVA โดยมีขนาดของกระแสลัดวงจรสูงสุดประมาณ 26.2 kA ( $I_{\text{short-circuit}} = \frac{1000 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 22 \text{ kV}} = 26.2 \text{ kA}$ ) เมื่ออ้างอิงที่ระดับ

แรงดัน 22 kV จะคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟได้จากสูตร  $Z = cV^2/\text{Short circuit Power}$  โดยที่  $c = 1.1$  จะได้ค่าดังต่อไปนี้

$$Z = (1.1 \cdot 22^2)/1000 = 0.53 \Omega \quad \text{ซึ่งด้านแหล่งจ่ายไฟมีค่า } X/R = 10$$

จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ  $0.053 + 0.53j \Omega$  แต่จุดโหลดใช้ไฟประมาณ 1MW และมี power factor 0.8 lagging เมื่อพิจารณาโหลดเป็นค่าอิมพีแดนซ์แล้วคำนวณจากสูตร  $R = V^2/\text{Power}$  และคำนวณค่า X จาก power factor จะได้ค่าดังนี้

$R = 22^2/1 = 484 \Omega$  และ  $X = 3/4 \cdot 484 = 363 \Omega$  จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลด =  $484 + 363j \Omega$  แต่ที่จุดโหลดที่ 8,9 จะใช้ไฟประมาณ 1.2 MW เมื่อพิจารณาโหลดเป็นค่าอิมพีแดนซ์จะได้ค่าดังนี้

$R = 22^2/1.2 = 400 \Omega$  และ  $X = 3/4 \cdot 400 = 300 \Omega$  จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลด =  $400 + 300j \Omega$  หม้อแปลงขนาด 1.5 MVA มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ 0.07 p.u. จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ซึ่งอ้างอิงที่ระดับ 22 kV =  $(22^2 \cdot 0.07)/1.5 = 26.9j \Omega$  ส่วนสายป้อนเป็นสายเปลือย ขนาด 336.4 MCM ที่ระดับแรงดัน 22 kV มีค่าอิมพีแดนซ์ต่อความยาว 1000 เมตร เป็น  $0.215 + 0.335j \Omega$  ค่าอิมพีแดนซ์ต่างๆ เป็นค่าที่อ้างอิงที่ระดับแรงดัน 22 kV ส่วนสายป้อนย่อยมี ค่าอิมพีแดนซ์ต่อความยาว 1000 เมตร เป็น  $0.472 + 0.366j \Omega$  และ  $0.34 + 0.356j \Omega$  สำหรับสายป้อนย่อยเข้าย่านอุตสาหกรรมในระบบ

ตารางที่ 5.2 ค่าสถิติการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบทดสอบในรูปที่ 5.2

ชนิดของอุปกรณ์	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	r (ชั่วโมง)	Repl (ชั่วโมง)	s (ชั่วโมง)
หม้อแปลง	0.015	200	10	1
สายเปลือย	0.065/km	5	-	1
สายเคเบิล	0.04/km	30	-	3
เบรกเกอร์	0.006	4	-	1
บัสบาร์	0.001	2	-	1

โดยที่

Repl. คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ ( Replacement time )

$\lambda$  คือ อัตราการล้มเหลว ( failure rate )

r คือ ระยะเวลาในการซ่อม ( Repair time )

s คือ ระยะเวลาในการสวิตชิง ( Switching time )

ให้ค่า Time to failure ( $1/\lambda$ ) มีการกระจายแบบเอ็กโปเนนเชียล และให้ค่าระยะเวลาในการซ่อมแซมมีการกระจายแบบปกติโดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5% ของค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 5.3 ประเภท จำนวน และขนาดโหลดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละจุดโหลดของระบบทดสอบบัส2

ตำแหน่งโหลด	ประเภทผู้ใช้ไฟ	โหลดเฉลี่ย(MW)	จำนวนผู้ใช้ไฟ
1-3,10,11	บ้านที่อยู่อาศัย	1	210
12,17-19	บ้านที่อยู่อาศัย	1	200
8	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.2	1
9	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.2	1
4,5,13,14	หน่วยงานราชการ	1	1
20,21	หน่วยงานราชการ	1	1
6,7,15	ธุรกิจบริการ	1	10
16,22	ธุรกิจบริการ	1	10
	รวม		1908

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลความยาวฟีดเคอร์ของระบบทดสอบบัส2

กลุ่มที่	ความยาว (กิโลเมตร)	เลขที่ฟีดเคอร์
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

## 5.2 ผลการทดสอบกับระบบ RBTS Bus2

จากข้อมูลประเภท จำนวน และขนาดโหลดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละจุดโหลดแสดงในตารางที่ 5.3 และข้อมูลความยาวฟีดเคอร์ของระบบทดสอบบัส 2 แสดงในตารางที่ 5.4 สามารถนำมาใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้โดยวิธีจำลองเหตุการณ์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ เราจึงได้นำผลของวิธีวิเคราะห์[6] ซึ่งคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่แต่ละจุดโหลดและดัชนีที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้า แสดงไว้ในตารางที่ 5.5 โดยเงื่อนไขในการคำนวณคือ เมื่อหม้อแปลงเกิดขัดข้องจะเลือกใช้วิธีซ่อมหม้อแปลง และผลของวิธีจำลองเหตุการณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นซึ่งคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่แต่ละจุดโหลดและดัชนีที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้า ในการคำนวณจะกำหนดให้ค่า relative uncertainty ต่ำกว่า 0.0004 จึงหยุดคำนวณ โดยพิจารณาจากค่า  $\lambda$  ที่จุดโหลดซึ่งให้ค่า

relative uncertainty สูงสุดในแต่ละรอบของการคำนวณ แสดงไว้ในตารางที่ 5.6 โดยเงื่อนไขในการคำนวณคือ เมื่อหม้อแปลงเกิดข้อข้องจะเลือกใช้วิธีซ่อมหม้อแปลงเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 5.5 ผลการคำนวณโดยวิธีการวิเคราะห์ [6]

ตำแหน่งโหนด	ดัชนีพื้นฐาน	
	$\lambda$	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23925	3.57525
2	0.25225	3.64025
3	0.25225	3.64025
4	0.23925	3.57525
5	0.25225	3.64025
6	0.24900	3.62400
7	0.25225	3.60125
8	0.13975	0.54275
9	0.13975	0.50375
10	0.24250	3.57850
11	0.25225	3.64025
12	0.25550	3.65650
13	0.25225	3.58825
14	0.25550	3.60450
15	0.24250	3.57850
16	0.25225	3.64025
17	0.24250	3.59150
18	0.24250	3.57850
19	0.25550	3.64350
20	0.25550	3.64350
21	0.25225	3.58825
22	0.25550	3.60450
SAIFI	0.24821	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
SAIDI	3.61259	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี

ตารางที่ 5.6 ผลการคำนวณด้วยวิธีจำลองเหตุการณ์ที่พัฒนาขึ้น

ตำแหน่งโหนด	ดัชนีพื้นฐาน	
	$\lambda$	U
	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.24096	3.65150
2	0.25556	3.78180
3	0.25359	3.58900
4	0.24063	3.74690
5	0.25344	3.76870
6	0.25078	3.59110
7	0.25696	3.65640
8	0.14000	0.54657
9	0.13833	0.49560
10	0.24330	3.63780
11	0.24844	3.51470
12	0.25359	3.56880
13	0.25096	3.57840
14	0.25467	3.55500
15	0.24163	3.40850
16	0.24663	3.57380
17	0.24033	3.64480
18	0.24300	3.52140
19	0.25026	3.52140
20	0.25311	3.81390
21	0.24959	3.69920
22	0.25237	3.62040
SAIFI	0.24735	ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี
SAIDI	3.60050	ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้า

ดัชนี	บัส 2		
	วิธีการวิเคราะห์	วิธีจำลองเหตุการณ์	ความแตกต่าง (%)
SAIFI	0.24821	0.24735	0.34648
SAIDI	3.61259	3.60050	0.33466

จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าของระบบของทั้งสองวิธีมีค่าที่แตกต่างกันน้อยมากคือไม่ถึง 1% และวิธีจำลองเหตุการณ์ยังจะให้ค่าในการคำนวณแต่ละครั้งที่แตกต่างกันไป แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า  $\lambda$  ที่แต่ละจุดโหลด และ  $P$  ที่แต่ละจุดโหลด และพิจารณาเฉพาะค่าที่มีความแตกต่างกันมากจะพบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันมากขึ้น ซึ่งจะเพิ่มขึ้นไปเป็น 3% เมื่อพิจารณาที่ค่า  $\lambda$  และ เป็น 5% เมื่อพิจารณาที่ค่า  $P$  เนื่องจากค่า  $P$  มาจากค่าระยะเวลาในการซ่อมแซมซึ่งมีการกระจายแบบปกติที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าหนึ่งซึ่งทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่มากขึ้นกว่า ค่า  $\lambda$

### 5.3 ผลการทดสอบระบบ RBTS Bus 2 ต่อระดับแรงดันตก

ในการทดสอบนี้เราต้องการพิจารณา ถึงระดับของแรงดันตกที่เกิดขึ้นซึ่งส่งผลต่ออุปกรณ์ที่ใช้ ณ จุดโหลดต่างๆ โดยตั้งเงื่อนไขว่าเวลาที่ใช้ในการเคลียร์การลัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันของระบบเพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์ที่จุดโหลดเกิดการตัดวงจร โดยเราจะพิจารณาว่าอุปกรณ์ที่จุดโหลดจะเกิดการตัดวงจรจากระดับของแรงดันตกที่เกิดขึ้นที่จุดโหลดนั้นๆ โดยในการทดสอบเราจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

- 1) พิจารณาให้ทุกจุดโหลดมีความไวต่อแรงดันตก
- 2) พิจารณาให้จุดโหลดที่ผู้ใช้ไฟฟ้าพวกอุตสาหกรรม ธุรกิจบริการ และ หน่วยงานราชการที่มีความไวต่อระดับแรงดันตก เท่านั้น

#### 5.3.1 ผลการทดสอบในกรณีที่ 1

ผลการคำนวณโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจะพิจารณาจากระดับแรงดันตกที่ทนได้สูงสุดที่แต่ละจุดโหลด ที่ระดับ 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 p.u. ตามลำดับ ในการจำลองเหตุการณ์เพื่อดูผลของแรงดันตก จะกำหนดไว้ว่า ถ้าค่า relative uncertainty ต่ำกว่า 0.0004 จึงหยุดคำนวณ โดยพิจารณาค่า relative uncertainty จากค่า  $\lambda_p$  และจำนวนรอบในการจำลองเหตุการณ์สูงสุด = 60,000



รอบ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 5.8 5.9 5.10 5.11 ตามลำดับ โดยค่า  $\lambda_p$  คือค่าความล้มเหลวที่จุดโหลดที่เกิดขึ้นอย่างถาวร และค่า SAIFI<sub>p</sub> คือ ค่า SAIFI ที่นำเฉพาะค่า  $\lambda_p$  มาคำนวณเท่านั้น ตารางที่ 5.8 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 1 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.4 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.49900	0.24031	3.48375
2	0.50889	0.25264	3.62796
3	0.64347	0.25449	3.96972
4	0.64089	0.24124	3.47747
5	0.70371	0.25600	3.71946
6	0.70293	0.24956	3.57159
7	0.70349	0.25371	3.58234
8	0.33707	0.13927	0.54134
9	0.35971	0.13751	0.49945
10	0.45747	0.23956	3.34016
11	0.55858	0.25069	3.54204
12	0.55829	0.25287	3.47321
13	0.66044	0.24956	3.45005
14	0.66147	0.25251	3.61260
15	0.66182	0.24176	3.62222
16	0.51600	0.25164	3.56452
17	0.51176	0.24282	3.75614
18	0.63800	0.24260	3.66548
19	0.63782	0.25507	3.64237
20	0.71687	0.25762	3.72358
21	0.71727	0.25153	3.58751
22	0.71671	0.25120	3.42647
SAIFI	0.55929 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24782 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.60592 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.9 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 1 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.5 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.71827	0.23915	3.61444
2	0.71797	0.25332	3.56242
3	0.84680	0.25223	3.66949
4	0.84640	0.23927	3.52381
5	0.85413	0.25230	3.64904
6	0.85452	0.24982	3.70376
7	0.85515	0.25471	3.74052
8	0.49845	0.13933	0.54518
9	0.49888	0.13945	0.50188
10	0.64740	0.23750	3.66959
11	0.77570	0.24540	3.62899
12	0.77562	0.24983	3.61860
13	0.81413	0.24570	3.59421
14	0.81418	0.24937	3.47373
15	0.81412	0.23636	3.42667
16	0.70418	0.24720	3.34263
17	0.70568	0.24182	3.66409
18	0.84652	0.23993	3.58128
19	0.84670	0.25180	3.54682
20	0.85120	0.25277	3.57743
21	0.85268	0.25040	3.57891
22	0.85230	0.25313	3.50630
SAIFI	0.76521 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24563 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.61228 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.10 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 1 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.6 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	1.03875	0.23388	3.44474
2	1.04035	0.24980	3.67794
3	1.07024	0.24582	3.40257
4	1.07157	0.23612	3.70538
5	1.07604	0.24888	3.75850
6	1.07641	0.24439	3.76464
7	1.07643	0.24820	3.61391
8	0.73059	0.13712	0.53649
9	0.73135	0.13759	0.49169
10	0.98900	0.24010	3.63916
11	1.06857	0.24824	3.38853
12	1.07009	0.25475	3.72269
13	1.07684	0.24896	3.63728
14	1.07725	0.25278	3.53784
15	1.07822	0.24063	3.60560
16	1.03171	0.24960	3.58959
17	1.03135	0.24075	3.54842
18	1.07288	0.23976	3.44529
19	1.07420	0.25545	3.62190
20	1.07892	0.25476	3.78176
21	1.07980	0.25225	3.53744
22	1.07970	0.25578	3.51877
SAIFI	1.05058 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24531 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.54177 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.11 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 1 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.7 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	1.36017	0.23487	3.39094
2	1.36070	0.25041	3.49512
3	1.36937	0.25020	3.72961
4	1.36755	0.23443	3.35204
5	1.37281	0.24913	3.47082
6	1.37350	0.24801	3.71670
7	1.37356	0.24778	3.37260
8	1.14870	0.13928	0.54000
9	1.15030	0.13915	0.50373
10	1.45240	0.23857	3.57379
11	1.46228	0.24730	3.54173
12	1.46254	0.25204	3.52658
13	1.47069	0.25122	3.70575
14	1.47189	0.25324	3.68257
15	1.47198	0.23726	3.52470
16	1.38657	0.25022	3.56150
17	1.38576	0.23983	3.49105
18	1.39405	0.24106	3.54864
19	1.39513	0.25419	3.76431
20	1.39900	0.25365	3.63340
21	1.40115	0.25030	3.65817
22	1.40059	0.25420	3.57878
SAIFI	1.40429 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24531 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.55857 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของกรณีทดสอบที่ 1 ซึ่งจุดโหลดสามารถทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับต่างๆ

กรณี	SAIFI	SAIFI <sub>p</sub>	SAIDI
กรณีพื้นฐาน (1.1)	0.24735	0.24735	3.60050
ระดับแรงดันตก 0.4 p.u. (1.2)	0.55929	0.24782	3.60592
ระดับแรงดันตก 0.5 p.u. (1.3)	0.76521	0.24563	3.61228
ระดับแรงดันตก 0.6 p.u. (1.4)	1.05058	0.24531	3.54177
ระดับแรงดันตก 0.7 p.u. (1.5)	1.40429	0.24531	3.55857

สูตรในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน แสดงไว้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI} = \frac{|\text{SAIFI} - \text{SAIFI}_{\text{BASECASE}}|}{\text{SAIFI}_{\text{BASECASE}}} \times 100 \quad (5.1)$$

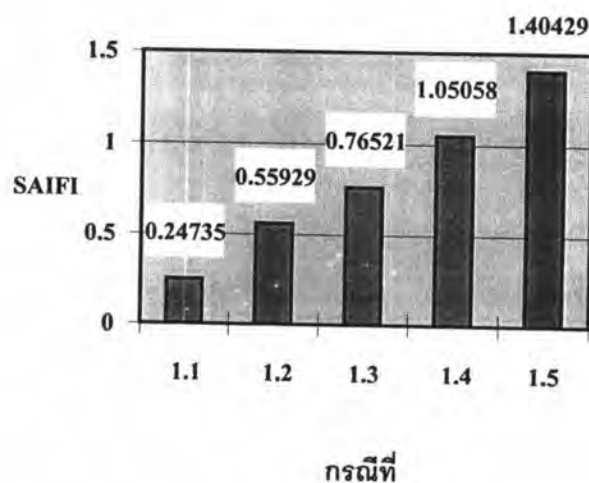
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIDI} = \frac{|\text{SAIDI} - \text{SAIDI}_{\text{BASECASE}}|}{\text{SAIDI}_{\text{BASECASE}}} \times 100 \quad (5.2)$$

ตารางที่ 5.13 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟในกรณีพื้นฐาน กับ กรณีที่ทนต่อระดับของแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับต่างๆ ของกรณีทดสอบที่ 1

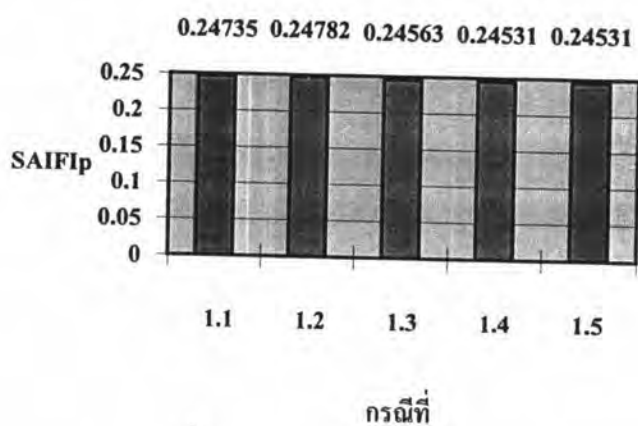
กรณี	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI <sub>p</sub>	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIDI
ระดับแรงดันตก 0.4 p.u.	126.11 %	0.190%	0.151 %
ระดับแรงดันตก 0.5 p.u.	209.36 %	0.695%	0.327 %
ระดับแรงดันตก 0.6 p.u.	324.73 %	0.825%	1.631 %
ระดับแรงดันตก 0.7 p.u.	467.73 %	0.825%	1.165%

เพื่อการเปรียบเทียบให้เห็นโดยชัดเจน ค่า SAIFI ควรจะแบ่งได้ 2 ประเภทคือ SAIFI ของการล้มเหลวแบบถาวร และ SAIFI ของผลของแรงดันตกในระบบ ซึ่งทำให้ระบบไม่ได้รับการจ่าย

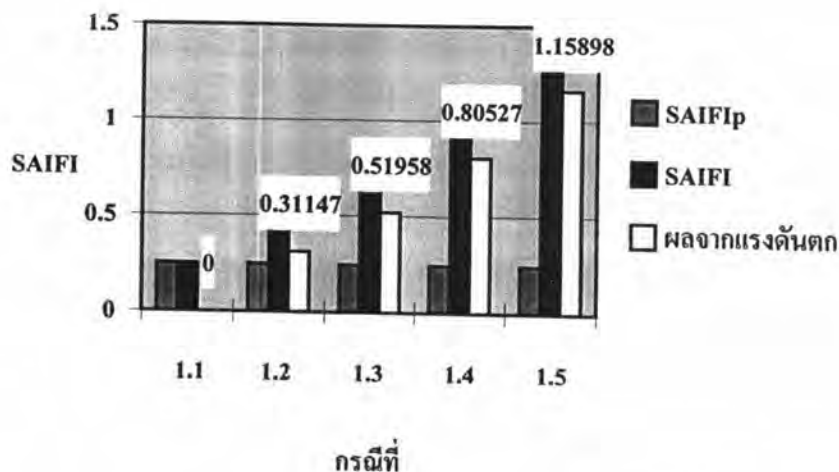
ไฟเนื่องจากอุปกรณ์ที่จุดโหลดจะทำการทรูปตัวเองเพื่อการป้องกัน ซึ่งเป็นการล้มเหลวเพียงชั่วขณะที่เกิดขึ้นที่จุดโหลด ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.3 - 5.6



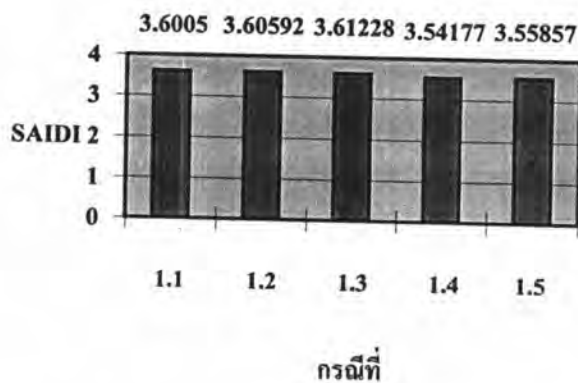
รูปที่ 5.3 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 1 ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.4 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI<sub>p</sub> ของกรณีทดสอบที่ 1 ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 1 ในกรณีต่างๆ โดยค่าตัวเลขที่แสดงเป็นค่า SAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตกในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.6 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของกรณีทดสอบที่ 1 ในกรณีต่างๆ

### 5.3.1.1 วิเคราะห์ผลที่ได้จากกรณีที่ 1

จากการคำนวณโดยโปรแกรมจะเห็นได้ว่าเมื่อระดับแรงดันตกที่สามารถทนได้สูงสุดที่จุดโหลดมีค่ามากขึ้น(จุดโหลดนั้นมีความไวต่อแรงดันตกที่มากขึ้น) จะพบว่าค่า  $\lambda$  ที่แต่ละจุดโหลดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับของแรงดันตกสูงสุดที่จะทนได้ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อค่า SAIFI ให้มีค่าที่มากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระดับแรงดันตกที่สามารถทนได้สูงสุด และนำค่า SAIFI ซึ่งคิดผลของแรงดันตกไปเปรียบเทียบกับกรณีพื้นฐาน(สามารถทนรับแรงดันตกได้ทุกระดับ) จะพบว่าค่าสูง

กว่า แต่ค่า  $\lambda_p$  ของแต่ละจุดโหลดเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ทำให้ค่า SAIFI<sub>p</sub> เปลี่ยนแปลงไปน้อยมากเช่นกัน ซึ่งที่จริงแล้วความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่แม่นยำของวิธีจำลองเหตุการณ์ และเมื่อพิจารณาที่ค่า SAIDI มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละกรณีไม่มากเนื่องจากความไม่แม่นยำของวิธีการจำลองเหตุการณ์แต่ก็มีค่าไม่เกิน 3 % นั่นคือค่า  $\lambda_p$ , SAIFI<sub>p</sub> และ SAIDI ในแต่ละกรณีแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่า  $\lambda$  ที่แต่ละจุดโหลด SAIFI เนื่องจากผลของการเกิดแรงดันตกที่จุดโหลดซึ่งมีสาเหตุจากการเกิดลัดวงจรในระบบ เนื่องจากระบบทดสอบเป็นระบบแบบเรเดียลซึ่งขนาดของแรงดันตกจะขึ้นกับระยะห่างระหว่างจุดที่เกิดลัดวงจรกับจุดที่จ่ายไฟเข้ามา ถ้าห่างมากก็จะทำให้แรงดันตกไปไม่มาก แต่ถ้าห่างน้อยก็จะทำให้แรงดันมีค่าตกไปมากกว่า ดังนั้นเมื่อระดับแรงดันตกที่ทนได้สูงสุดที่จุดโหลดมีค่ามากขึ้น จะทำให้โอกาสที่จะเกิดลัดวงจรแล้วทำให้จุดโหลดทนแรงดันตกไม่ได้จะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากจุดที่เกิดลัดวงจรแล้วทำให้เกิดแรงดันตกไปต่ำกว่าระดับที่กำหนด จะสามารถเกิดได้ห่างจากจุดที่จ่ายไฟเข้ามาได้มากขึ้นนั่นเอง นอกจากนั้นขนาดของแรงดันตกจะขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ที่ต่ออยู่กับด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้าและค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งในระบบด้วย

ผลต่างระหว่างค่า SAIFI กับ ค่า SAIFI<sub>p</sub> จะได้ค่า SAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตก ผลแสดงไว้ในรูปที่ 5.6 เมื่อพิจารณาจะพบว่า SAIFI เนื่องจากแรงดันตก จะเป็นตัวส่งผลต่อค่า SAIFI รวมให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลของแรงดันตกทำให้อุปกรณ์ป้องกันของอุปกรณ์ทำให้การตัดวงจรที่จุดโหลดเพื่อการป้องกันอุปกรณ์ ซึ่งเมื่ออุปกรณ์ตัดตัวเองออกจากระบบอาจให้เกิดความเสียหายแก่ผู้ที่ทำการใช้อุปกรณ์นั้น เช่น เมื่อเกิดแรงดันตกในระบบจะทำให้มอเตอร์ในโรงงานเกิดการทริปขึ้นทำให้การผลิตในโรงงานหยุดชะงักซึ่งอาจนำความเสียหายมาให้ผู้ทำการผลิต ดังนั้น ค่า  $\lambda$  และ SAIFI เนื่องจากแรงดันตกอาจจะนำไปใช้เพื่อประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในระบบเนื่องจากแรงดันตกซึ่งผลต่อจุดโหลดที่มีความไวต่อแรงดันตกได้อีกด้วย นอกจากนั้นอาจนำผลที่ได้จากการคำนวณไปใช้ในการปรับตั้งระบบป้องกันที่แต่ละจุดโหลด เพื่อลดการตัดวงจรที่จุดโหลดเนื่องจากผลของแรงดันตกได้ด้วย

### 5.3.2 ผลการทดสอบในกรณีที่ 2

ผลการคำนวณโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจะพิจารณาจากระดับแรงดันตกที่ทนได้สูงสุดที่แต่ละจุดโหลด ที่ระดับ 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 p.u. ตามลำดับ ในการทดสอบนี้ เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยจะได้รับผลจากแรงดันตกน้อยมาก จึงพิจารณาว่าผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยจะไม่ได้รับผลกระทบจากแรงดันตก ในการจำลองเหตุการณ์ จะกำหนดไว้ว่า ถ้าค่า relative uncertainty ต่ำกว่า 0.0004 จึงหยุดคำนวณ โดยพิจารณาค่า relative uncertainty จากค่า  $\lambda_p$  และ



จำนวนรอบในการจำลองเหตุการณ์สูงสุด = 60,000 รอบ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 5.14 ถึง 5.17 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.14 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 2 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.4 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23702	0.23702	3.37303
2	0.25176	0.25176	3.58643
3	0.25174	0.25174	3.62704
4	0.64149	0.23951	3.68813
5	0.70220	0.25075	3.50349
6	0.70243	0.24843	3.52221
7	0.70255	0.24949	3.46451
8	0.33882	0.13957	0.54097
9	0.36167	0.13986	0.50974
10	0.24604	0.24604	3.67930
11	0.25598	0.25598	3.83160
12	0.25912	0.25912	3.81437
13	0.66975	0.25518	3.55740
14	0.67084	0.25864	3.70115
15	0.67022	0.24451	3.55403
16	0.51210	0.24761	3.49235
17	0.24076	0.24076	3.53680
18	0.24004	0.24004	3.78402
19	0.25188	0.25188	3.50570
20	0.71253	0.25357	3.63182
21	0.71282	0.24920	3.46431
22	0.71388	0.25429	3.70714
SAIFI	0.26054 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24818 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.63136 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.15 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 2 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.5 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23913	0.23913	3.51827
2	0.24694	0.24694	3.33313
3	0.24913	0.24913	3.48762
4	0.85803	0.23864	3.60375
5	0.86565	0.25281	3.77082
6	0.86419	0.24784	3.49235
7	0.86584	0.25184	3.64673
8	0.51235	0.14119	0.54671
9	0.51274	0.14455	0.52833
10	0.24574	0.24574	3.55222
11	0.25265	0.25265	3.60633
12	0.25774	0.25774	3.48421
13	0.82810	0.25235	3.66061
14	0.82861	0.25887	3.63069
15	0.82784	0.24529	3.41661
16	0.71594	0.25042	3.51883
17	0.24251	0.24251	3.81908
18	0.24326	0.24326	3.61109
19	0.25381	0.25381	3.51106
20	0.86351	0.25690	3.84582
21	0.86335	0.25123	3.49883
22	0.86255	0.25465	3.38619
SAIFI	0.26521 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24781 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.54155 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.16 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 2 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.6 p.u.

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23885	0.23885	3.64745
2	0.25362	0.25362	3.63015
3	0.25168	0.25168	3.65123
4	1.08058	0.23860	3.59530
5	1.08513	0.25152	3.57448
6	1.08520	0.24937	3.67430
7	1.08608	0.25373	3.64371
8	0.74148	0.14160	0.54791
9	0.74218	0.14050	0.50998
10	0.23973	0.23973	3.46148
11	0.24998	0.24998	3.74806
12	0.25262	0.25262	3.64301
13	1.08045	0.24931	3.51930
14	1.08220	0.25295	3.66080
15	1.08220	0.24075	3.52777
16	1.03963	0.24952	3.60710
17	0.23942	0.23942	3.57989
18	0.23993	0.23993	3.49459
19	0.25170	0.25170	3.56861
20	1.08555	0.25383	3.75003
21	1.08725	0.24927	3.62515
22	1.08647	0.25383	3.45520
SAIFI	0.27129 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24638 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.59966 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.17 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 2 โดยทนต่อแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.7 p.u.

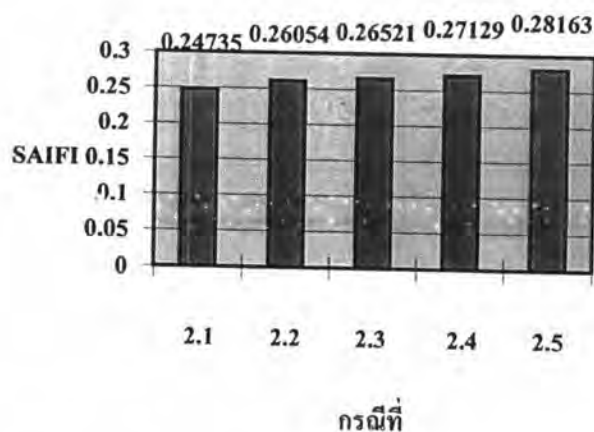
ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23912	0.23912	3.76323
2	0.25274	0.25274	3.59108
3	0.25249	0.25249	3.73069
4	1.37418	0.23892	3.57339
5	1.37873	0.25109	3.58319
6	1.37916	0.24784	3.66011
7	1.37945	0.25169	3.58861
8	1.15375	0.13975	0.54387
9	1.15539	0.13986	0.50604
10	0.23939	0.23939	3.61814
11	0.24741	0.24741	3.66348
12	0.25121	0.25121	3.58097
13	1.47501	0.24788	3.52789
14	1.47645	0.25041	3.68414
15	1.47657	0.23665	3.53444
16	1.39024	0.25298	3.89568
17	0.24098	0.24098	3.53323
18	0.24167	0.24167	3.50219
19	0.25467	0.25467	3.57623
20	1.40107	0.25557	3.61629
21	1.40355	0.24961	3.62954
22	1.40347	0.25418	3.59031
SAIFI	0.28163 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24657 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.61681 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของกรณีทดสอบที่ 2 ซึ่งจุดโหลดสามารถทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับต่างๆ

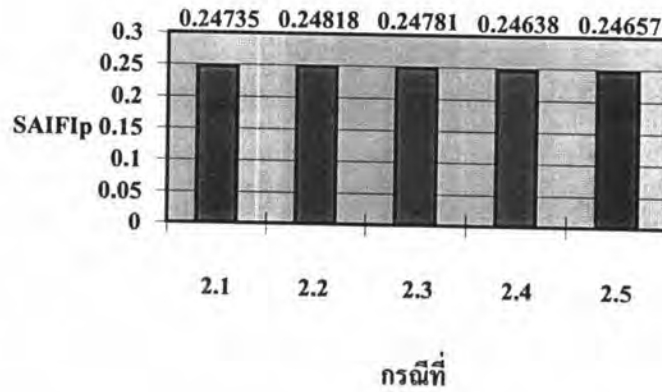
กรณี	SAIFI	SAIFI <sub>p</sub>	SAIDI
กรณีพื้นฐาน (2.1)	0.24735	0.24735	3.60050
ระดับแรงดันตก 0.4 p.u. (2.2)	0.26054	0.24818	3.63136
ระดับแรงดันตก 0.5 p.u. (2.3)	0.26521	0.24781	3.54155
ระดับแรงดันตก 0.6 p.u. (2.4)	0.27129	0.24638	3.59966
ระดับแรงดันตก 0.7 p.u. (2.5)	0.28163	0.24657	3.61681

ตารางที่ 5.19 เปรอ์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟในกรณีพื้นฐาน กับ กรณีที่ทนต่อระดับของแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับต่างๆ ของกรณีทดสอบที่ 2

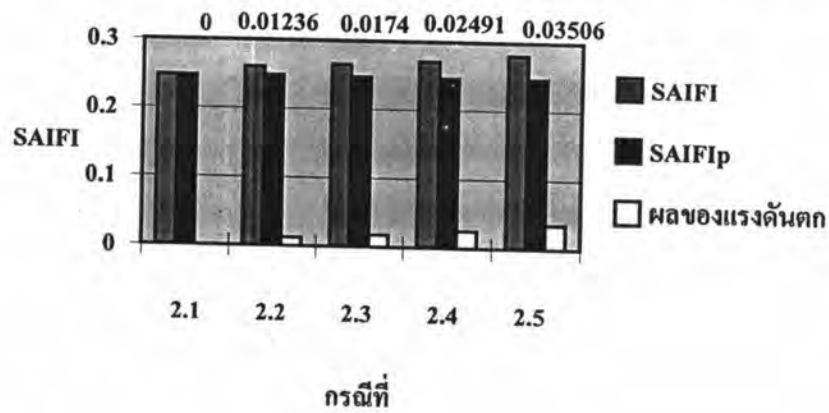
กรณี	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI <sub>p</sub>	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIDI
ระดับแรงดันตก 0.4 p.u.	5.333 %	0.336 %	0.857 %
ระดับแรงดันตก 0.5 p.u.	7.221 %	0.186 %	1.637 %
ระดับแรงดันตก 0.6 p.u.	9.679 %	0.392 %	0.023 %
ระดับแรงดันตก 0.7 p.u.	13.859 %	0.315 %	0.453 %



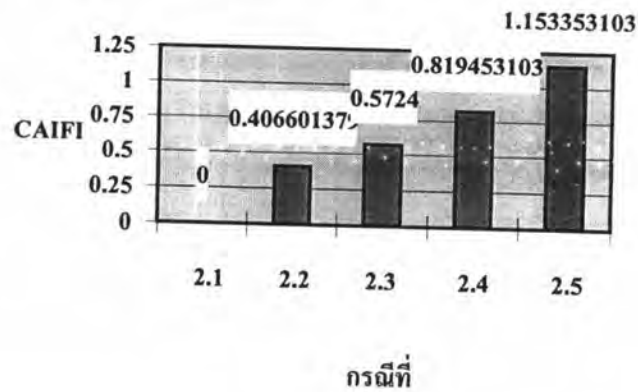
รูปที่ 5.7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 2 ในกรณีต่างๆ



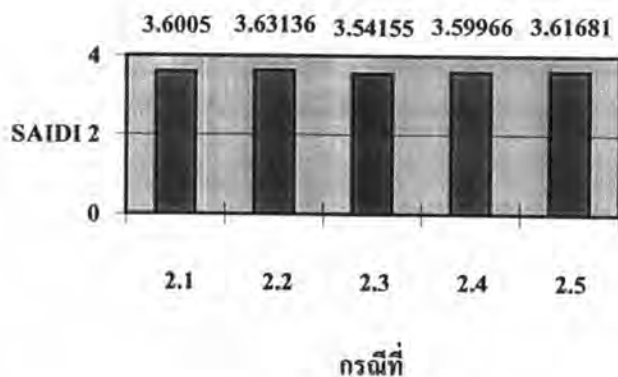
รูปที่ 5.8 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI<sub>p</sub> ของกรณีทดสอบที่ 2 ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.9 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 2 ในกรณีต่างๆ โดยค่าตัวเลขที่แสดงเป็นค่า SAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตกในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.10 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี CAIFI เนื่องจากแรงดันตกของกรณีทดสอบที่ 2 ในกรณีต่างๆ



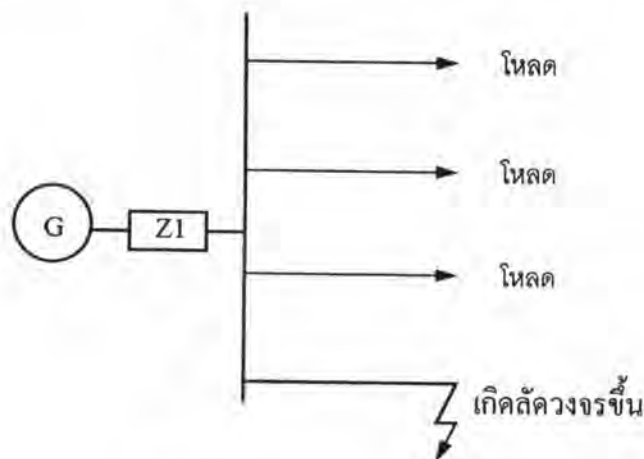
รูปที่ 5.11 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของกรณีทดสอบที่ 2 ในกรณีต่างๆ

### 5.3.2.1 วิเคราะห์ผลที่ได้จากกรณีที่ 2

ผลจากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าที่จุดโหลดที่ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ไม่สามารถทนต่อแรงดันตกได้ จะพบว่า ค่า  $\lambda$  ที่จุดโหลดนั้นได้ค่าที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบในกรณีที่ 1 จะมีความแตกต่างกันประมาณ 1-2% เมื่อพิจารณาที่จุดโหลดที่ไม่ได้รับผลกระทบจากแรงดันตกจะพบว่า ค่า  $\lambda$  มีความแตกต่างกันไปประมาณ 2-3% นอกจากนี้จะพบว่าค่า SAIFI<sub>p</sub> และ SAIDI ในทุกกรณีมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเนื่องความไม่แม่นยำของวิธีจำลองเหตุการณ์ เมื่อพิจารณาค่า SAIFI โดยรวมพบว่าเมื่อระดับของแรงดันตกที่ทนได้สูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า SAIFI มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งคล้ายกับผลการทดสอบในกรณีที่ 1 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในกรณีที่ 1 แล้วจะพบว่าค่า SAIFI ไม่ได้มากเท่ากับกรณีทดสอบที่ 1 เนื่องจาก ในระบบ RBTS BUS2 นี้ ผู้ใช้ไฟส่วนมากเป็นประเภทที่อยู่อาศัย ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม 1908 ราย แต่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยถึง 1850 ราย ดังนั้นทำให้ค่า SAIFI โดยรวมมีค่าที่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ดังนั้นในระบบที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่มีความไวต่อแรงดันตกอยู่มากจะทำให้ค่า SAIFI ของระบบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่มีความไวต่อแรงดันตก เพื่อการที่จะพิจารณาให้เห็นผลที่ชัดเจนเนื่องจากผลของแรงดันตกในระบบ จึงคำนวณหาค่า CAIFI ที่คิดเฉพาะผลของแรงดันตก โดยเรากำหนดหาค่า SAIFI เนื่องจากแรงดันตกจากผลต่างของค่า SAIFI และค่า SAIFI<sub>p</sub> เมื่อเราได้ค่า SAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตกซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.9 และนำผลที่ได้ปรับโดยคูณด้วยค่าจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดและหารด้วยค่าจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากผลของแรงดันตก(คูณด้วย 1908 แล้วหารด้วย 58) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.10 ผลที่ได้ก็จะเป็ค่าการเกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกของระบบโดยคิดเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบ

จากผลของการทดสอบทั้งสองกรณีก็จะเห็นได้สาเหตุนำไปสู่การเกิดแรงดันตกเนื่องจากการเกิดลัดวงจรในระบบซึ่งนำไปสู่การทำงานตัดวงจรของเบรกเกอร์ในระบบ ดังนั้นผลของการเกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกก็จะขึ้นกับจำนวนครั้งในการเกิดลัดวงจรที่เกิดขึ้นในระบบ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.12 เมื่อเกิดลัดวงจรขึ้นในสายป้อนหนึ่งก็จะให้เกิดแรงดันตกในสายป้อนเส้นอื่นๆ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่เกิดแรงดันตกในระบบ ดังนั้นถ้าในระบบมีจำนวนครั้งในการเกิดลัดวงจรเป็นจำนวนมากก็จะทำให้การเกิดขึ้นของแรงดันตกในระบบนั้นมีมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นการเกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกยังขึ้นกับระดับของแรงดันตกสูงสุดที่จุดโหลดนั้นทนได้อีก ซึ่งผลนั้นแสดงอยู่ในค่า SAIFI และ CAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตก

เมื่อพิจารณาที่จุดโหลดที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมซึ่งได้รับผลกระทบจากแรงดันตก เพื่อการพิจารณาในระดับที่ละเอียดขึ้นควรจะพิจารณาที่ค่า  $\lambda$  ของจุดโหลดนั้น เพื่อจะได้สามารถพิจารณาจากการเกิดไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมนั้นได้โดยตรง ดังนั้นการพิจารณาผลการทดสอบ ถ้าต้องการพิจารณาผลโดยรวมของระบบเราจะดูที่ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้า แต่ถ้าต้องการพิจารณาละเอียดไปแต่ละจุดโหลดก็จะพิจารณาไปที่ดัชนีความเชื่อถือได้ที่ ณ จุด โหลด ซึ่งจะให้ผลที่เฉพาะเจาะจงลงไปทีจุดโหลดนั้นๆ



รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะ โดยทั่วไปของระบบเรเดียล

#### 5.4 ผลการทดสอบระบบ RBTS Bus2 ต่อระยะเวลาในการเกิดแรงดันตก

ในการทดสอบนี้เราต้องการพิจารณา ถึงระยะเวลาในการเกิดแรงดันตกซึ่งส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่ใช้ที่จุดโหลดต่างๆ โดยในการทดสอบนี้ตั้งเงื่อนไขว่าโหลดจะทนแรงดันตกได้สูงสุดที่ระดับ 0.6 p.u. และให้ตำแหน่งซึ่งเกิดการลัดวงจรที่ต่างกันแล้วเบรกเกอร์จะใช้เวลาในการทำการตัดวงจรที่



แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากระบบ RBTS BUS2 จะเห็นได้ว่ามีสายส่งยาวสูงสุด 4 ช่วง เช่น ช่วงของฟีดเดอร์หมายเลข 1,4,7,10 โดยเราจะกำหนดให้เบรกเกอร์ทำการตัดวงจรในช่วงที่ 1-4 เป็น 0.35 0.4 0.45 0.5 วินาที ตามลำดับ และให้ฟิวส์ในสายป้อนย่อยเคลียร์ การเกิดลัดวงจรที่สายย่อยในเวลา 0.4 วินาที และที่หม้อแปลงในเวลา 0.45 วินาที โดยพิจารณาแบ่งกรณีการทดสอบเป็น 2 กรณี โดยให้เป็นกรณีที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

3.) พิจารณาให้ทุกจุดโหลดมีความไวต่อแรงดันตก

4.) รวมผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์เข้ามาพิจารณาโดยให้ความน่าจะเป็นที่จะทำงานผิดพลาดเป็น 0.1 โดยเบรกเกอร์ในสายป้อนหลักจะทำการตัดไฟในเวลา 0.7 วินาทีเมื่อฟิวส์ไม่ทำงาน และพิจารณาว่าทุกจุดโหลดมีความไวต่อแรงดันตก

#### 5.4.1 ผลการทดสอบในกรณีที่ 3

ผลการคำนวณโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจะพิจารณาจากระดับแรงดันตกสูงสุดที่ทนได้ที่ระดับ 0.6 p.u. และพิจารณาถึงช่วงเวลาที่ทนต่อการเกิดขึ้นของแรงดันตกที่จุดโหลดต่างๆ ได้เป็น 0.3 0.35 0.4 0.45 วินาทีตามลำดับ ในการจำลองเหตุการณ์เพื่อดูผลของแรงดันตก จะกำหนดไว้ว่า ถ้าค่า relative uncertainty ต่ำกว่า 0.0004 จึงหยุดคำนวณ โดยพิจารณาค่า relative uncertainty จากค่า  $\lambda_p$  และจำนวนรอบในการจำลองเหตุการณ์สูงสุด = 60,000 รอบ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 5.20 5.21 5.22 5.23 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.20 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 3 โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.3 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	1.04700	0.23622	3.43430
2	1.04743	0.24958	3.45656
3	1.07791	0.24900	3.57393
4	1.07776	0.23795	3.58889
5	1.08176	0.24993	3.59343
6	1.08093	0.24567	3.44740
7	1.08259	0.24963	3.59138
8	0.73985	0.14001	0.54425
9	0.74071	0.14029	0.50859
10	0.99765	0.24369	3.58465
11	1.07978	0.25403	3.83741
12	1.07988	0.25693	3.80405
13	1.08479	0.25285	3.49570
14	1.08696	0.25756	3.70518
15	1.08681	0.24447	3.61976
16	1.04263	0.24779	3.51648
17	1.04250	0.24007	3.47742
18	1.08334	0.23950	3.66225
19	1.08296	0.25115	3.49901
20	1.08763	0.25400	3.72528
21	1.08882	0.24891	3.52439
22	1.08899	0.25279	3.58512
SAIFI	1.05975 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24665 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.58757 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.21 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 3 โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.35 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.89961	0.23786	3.56315
2	0.90042	0.25146	3.61728
3	0.93198	0.25036	3.70054
4	0.93198	0.23759	3.64391
5	0.93471	0.25058	3.52464
6	0.93537	0.24768	3.63742
7	0.93661	0.25166	3.67781
8	0.59488	0.14202	0.55355
9	0.59575	0.13915	0.50029
10	0.84953	0.24158	3.61616
11	0.92707	0.25086	3.66124
12	0.92690	0.25519	3.66065
13	0.93349	0.24985	3.55784
14	0.93349	0.25293	3.65910
15	0.93412	0.23997	3.40459
16	0.89920	0.25293	3.52670
17	0.89988	0.24380	3.69174
18	0.94036	0.24347	3.55864
19	0.94063	0.25554	3.52513
20	0.94466	0.25612	3.61244
21	0.94714	0.25353	3.68346
22	0.94605	0.25780	3.48779
SAIFI	0.91284 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24771 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.61665 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.22 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 3 โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.4 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.27415	0.23941	3.48959
2	0.28359	0.24887	3.43280
3	0.28826	0.24992	3.48205
4	0.27885	0.24072	3.62162
5	0.29262	0.25203	3.69826
6	0.28779	0.24723	3.60579
7	0.29303	0.25218	3.60914
8	0.18213	0.13982	0.53939
9	0.18618	0.14356	0.52890
10	0.29418	0.24374	3.51706
11	0.30746	0.25285	3.69708
12	0.31172	0.25697	3.61545
13	0.30997	0.25197	3.55998
14	0.31533	0.25700	3.59442
15	0.30262	0.24420	3.41202
16	0.28895	0.25133	3.58073
17	0.28195	0.24482	3.75015
18	0.28521	0.24441	3.70749
19	0.29713	0.25608	3.53160
20	0.29897	0.25587	3.64039
21	0.29703	0.25333	3.61435
22	0.29956	0.25585	3.52143
SAIFI	0.29145 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24846 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.57492 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.23 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 3 โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.45 วินาที

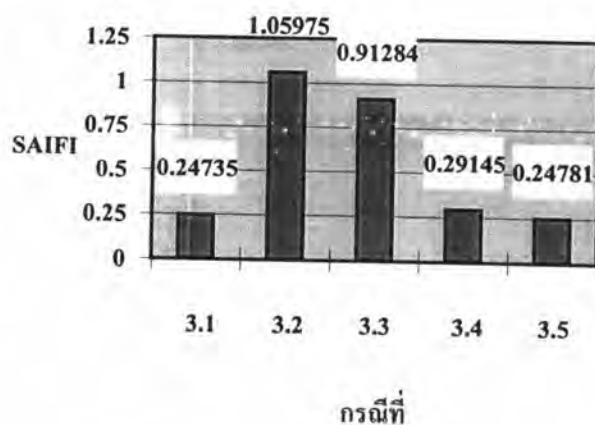
ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.23945	0.23945	3.47115
2	0.25160	0.25160	3.66373
3	0.25183	0.25183	3.77877
4	0.23987	0.23987	3.49446
5	0.25400	0.25400	3.69312
6	0.24809	0.24809	3.56058
7	0.25202	0.25202	3.58119
8	0.13819	0.13819	0.53708
9	0.13826	0.13826	0.50160
10	0.24089	0.24089	3.42576
11	0.25185	0.25185	3.42702
12	0.25466	0.25466	3.65188
13	0.25051	0.25051	3.41868
14	0.25326	0.25326	3.61363
15	0.24343	0.24343	3.70860
16	0.25113	0.25113	3.55645
17	0.24215	0.24215	3.72846
18	0.24300	0.24300	3.67895
19	0.25566	0.25566	3.61417
20	0.25777	0.25777	3.68025
21	0.25253	0.25253	3.67271
22	0.25223	0.25223	3.41431
SAIFI	0.24781 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.24781 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.59878 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.24 แสดงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI โดยที่จุดโหลดทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ ที่ระดับ 0.6 p.u. ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการทดสอบในกรณีที่ 3

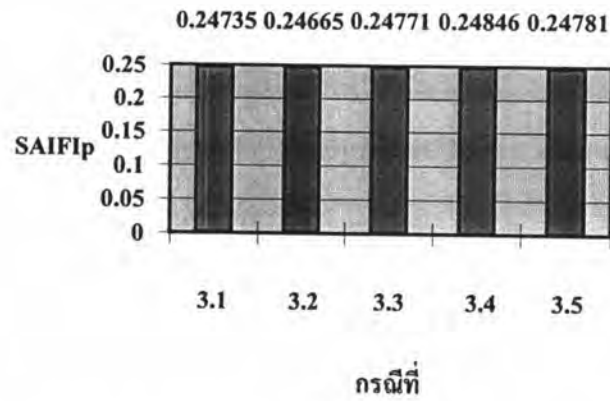
กรณี	SAIFI	SAIFI <sub>p</sub>	SAIDI
กรณีพื้นฐาน (3.1)	0.24735	0.24735	3.60050
ที่ระยะเวลา 0.3 วินาที (3.2)	1.05975	0.24665	3.58757
ที่ระยะเวลา 0.35 วินาที (3.3)	0.91284	0.24771	3.61665
ที่ระยะเวลา 0.4 วินาที (3.4)	0.29145	0.24846	3.57492
ที่ระยะเวลา 0.45 วินาที (3.5)	0.24781	0.24781	3.59878

ตารางที่ 5.25 เปรอ์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟในกรณีพื้นฐานกับกรณีที่ทนต่อระดับของแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับ 0.6 p.u. ในระยะเวลาที่ทนได้แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการทดสอบในกรณีที่ 3

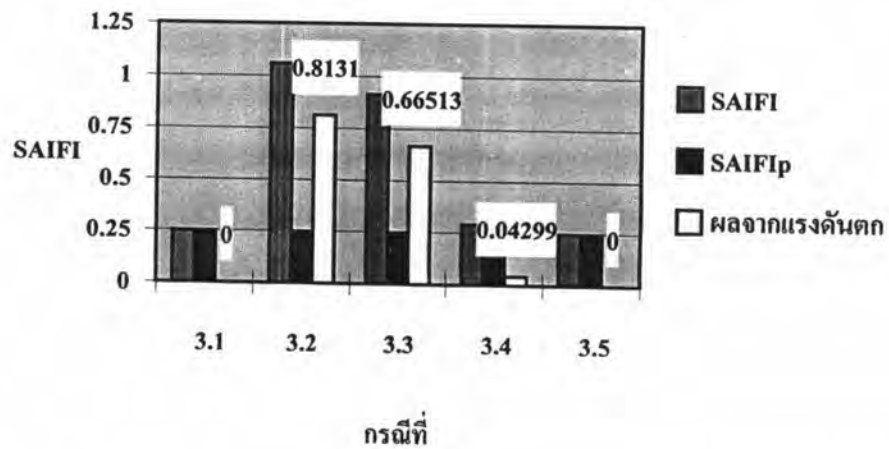
กรณี	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI <sub>p</sub>	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIDI
ที่ระยะเวลา 0.3 วินาที	328.441 %	0.283 %	0.359 %
ที่ระยะเวลา 0.35 วินาที	269.048 %	0.146 %	0.449 %
ที่ระยะเวลา 0.4 วินาที	17.829 %	0.449%	0.710 %
ที่ระยะเวลา 0.45 วินาที	0.186 %	0.186 %	0.048 %



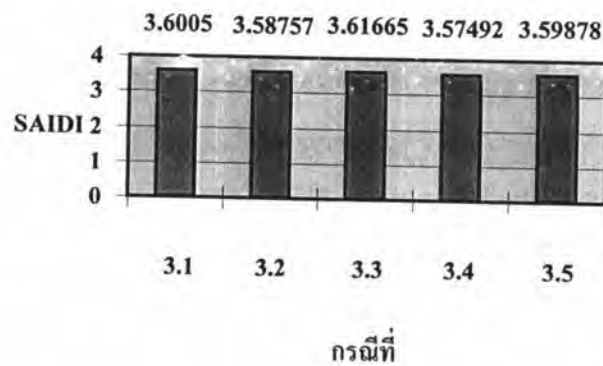
รูปที่ 5.13 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 3 ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.14 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI<sub>p</sub> ของกรณีทดสอบที่ 3 ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.15 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 3 ในกรณีต่างๆ โดยค่าตัวเลขที่แสดงเป็นค่า SAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตกในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.16 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของกรณีทดสอบที่ 3 ในกรณีต่างๆ

### 5.4.1.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบในกรณีที่ 3

เมื่อนำระยะเวลาในการเกิดขึ้นของแรงดันตกมาคิดผลด้วย โดยให้ค่าแรงดันตกสูงสุดที่ทนได้ที่ระดับ 0.6 p.u. และเปลี่ยนค่าช่วงเวลาที่จุดโหลดจะทนต่อแรงดันตกได้เป็น 0.3 0.35 0.4 และ 0.45 วินาทีตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบจะพบว่าเมื่อระยะเวลาที่ทนได้เป็น 0.3 วินาที จะพบว่าเมื่อเกิดลัดวงจรที่ตำแหน่งใดในระบบเมื่อแรงดันตกต่ำกว่า 0.6 p.u. อุปกรณ์ที่จุดโหลดจะเกิดการทริปขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมือนกับในการทดสอบในหัวข้อที่ 5.3.1 ที่อุปกรณ์ทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ไม่เกิน 0.6 p.u. โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างไม่เกิน 1 % แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ทนได้เป็น 0.35 วินาทีจะพบว่า ค่า  $\lambda$  และ SAIFI มีค่าลดลงจากกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.3 วินาที เมื่อพิจารณาก็จะพบว่าเมื่อเกิดลัดวงจรในสายป้อนช่วงแรกระบบป้องกันจะทำการตัดวงจรได้ในเวลา 0.35 วินาที ดังนั้นแรงดันตกจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 0.35 วินาที ซึ่งเมื่อจุดโหลดสามารถทนต่อแรงดันได้ในช่วงเวลา 0.35 วินาที ทำให้เมื่อเกิดลัดวงจรในสายป้อนช่วงแรกก็จะไม่ทำให้อุปกรณ์ที่จุดโหลดเกิดการตัดวงจรเนื่องจากแรงดันตก ทำให้จำนวนครั้งในการเกิดไฟดับลดลง เมื่อพิจารณาต่อไปในช่วงเวลาที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.4 วินาที จะพบว่า ค่า  $\lambda$  และ SAIFI มีค่าลดลงไปอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้ในช่วงเวลา 0.35 วินาที เนื่องจากการเกิดลัดวงจรในสายป้อนในช่วงที่ 1 และ 2 สามารถที่ตัดการเกิดลัดวงจรได้ในช่วงเวลา 0.35 0.4 วินาทีตามลำดับ และในสายป้อนย่อยฟิวส์จะตัดวงจรในช่วงเวลา 0.4 วินาที ซึ่งกรณีที่กล่าวมานี้ทำให้เกิดแรงดันตกภายในช่วงเวลา 0.4 วินาทีและไม่ทำให้เกิดไฟดับที่จุดโหลดเนื่องจากแรงดันตก ทำให้จำนวนครั้งที่เกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกลดลงอย่างมาก

เมื่อช่วงเวลาที่จะทนรับแรงดันตกเพิ่มเป็น 0.45 วินาที จะพบว่า ค่า  $\lambda$  และ SAIFI จะมีค่าเท่ากับ  $\lambda_p$  และ SAIFI<sub>p</sub> ตามลำดับ คือทุกจุดโหลดสามารถทนรับแรงดันตกได้ในช่วงเวลา 0.45 วินาทีในระดับที่แรงดันตกไม่เกิน 0.6 p.u. เมื่อพิจารณาที่ระบบจะพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกก็จะมาจากการเกิดลัดวงจรในช่วงที่ 4 ของสายป้อน เนื่องจากทุกจุดโหลดทนต่อแรงดันตกที่ระดับ 0.6 p.u. ได้นาน 0.45 วินาที แต่การเกิดลัดวงจรในสายป้อนในช่วงที่ 4 จะตัดวงจรภายในเวลา 0.5 วินาที คือตัดวงจรช้าไป ฉะนั้นเราจะพอสรุปได้อย่างหนึ่งว่าเมื่อเกิดลัดวงจรในช่วงที่ 4 จะทำให้แรงดันตกไปแต่ไม่ต่ำกว่า 0.6 p.u. ดังนั้นจึงทำให้ไม่เกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกที่จุดโหลดใดเลย จากผลที่ได้จากการทดสอบจะพบว่าถ้าเราใช้อุปกรณ์ที่สามารถทนรับแรงดันตกได้นานขึ้นก็จะทำให้ค่าการเกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกลดลงได้อย่างมากแต่ก็จะต้องมีการลงทุนที่เพิ่มขึ้น เพื่อหาจุดที่เหมาะสมเราก็ต้องมีข้อมูลการเคลื่อนย้ายการเกิดลัดวงจรของเบรกเกอร์ในระบบป้องกันของการไฟฟ้า และต้องมีข้อมูลว่าอุปกรณ์ที่ใช้ที่จุดโหล่นั้นสามารถทนต่อแรงดันตกได้ใน



ระดับใด และในช่วงเวลานานเท่าไรก่อนที่อุปกรณ์ป้องกันที่จุดโหลดนั้นจะทำงานตัดวงจร ดังนั้น ต้องมีการร่วมมือกันระหว่างผู้ใช้อุปกรณ์ที่มีความไวต่อแรงดันตกกับการไฟฟ้าเพื่อที่จะลดลงการเกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกในระบบให้น้อยลง นอกจากนี้ทดสอบนี้ยังนำไปใช้ในข้อมูลในการปรับตั้งอุปกรณ์ป้องกันที่จุดโหลดให้เหมาะสมกับการทำงานของระบบป้องกันของระบบได้ เพื่อให้การเกิดไฟดับที่แต่ละจุดโหลดในระบบเกิดขึ้นน้อยที่สุด

#### 5.4.2 ผลการทดสอบในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมการทำงานผิดพลาดของฟิวส์

ผลการคำนวณโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจะพิจารณาจากระดับแรงดันตกที่ทนได้สูงสุดที่ระดับ 0.6 p.u. กรณีพื้นฐานที่สามารถทนรับแรงดันตกได้ทุกกรณี และกรณีที่พิจารณาถึงช่วงเวลาที่ทนต่อการเกิดขึ้นของแรงดันตกที่จุดโหลดต่างๆ ได้เป็น 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 วินาทีตามลำดับซึ่งในกรณีนี้จะรวมการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ที่สายป้อนย่อยด้วย โดยเมื่อฟิวส์ทำงานผิดพลาดจะให้เบรกเกอร์ในสายป้อนหลักเข้าทำการตัดวงจรภายในเวลา 0.7 วินาที ซึ่งฟิวส์มีโอกาสในการทำงานผิดพลาด 0.1 ในการจำลองเหตุการณ์เพื่อดูผลของแรงดันตก จะกำหนดไว้ว่า ถ้าค่า relative uncertainty ต่ำกว่า 0.0004 จึงหยุดคำนวณ โดยพิจารณาค่า relative uncertainty จากค่า  $\lambda_p$  และจำนวนรอบในการจำลองเหตุการณ์สูงสุด = 60,000 รอบ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 5.26 5.27 5.28 5.29 5.30 5.31 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.26 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้  
ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.7 วินาที ซึ่งเป็นกรณีพื้นฐาน

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.28060	0.28060	3.66574
2	0.29323	0.29323	3.70387
3	0.29402	0.29402	3.92170
4	0.27687	0.27687	3.34592
5	0.29044	0.29044	3.63363
6	0.28725	0.28725	3.64466
7	0.28983	0.28983	3.51695
8	0.14602	0.14602	0.55756
9	0.14408	0.14408	0.50543
10	0.26969	0.26969	3.53867
11	0.27840	0.27840	3.81715
12	0.28163	0.28163	3.65562
13	0.27742	0.27742	3.67479
14	0.27977	0.27977	3.52765
15	0.26883	0.26883	3.56693
16	0.29188	0.29188	3.71065
17	0.28073	0.28073	3.62561
18	0.27975	0.27975	3.38310
19	0.29310	0.29310	3.61417
20	0.29529	0.29529	3.60744
21	0.29013	0.29013	3.39577
22	0.29333	0.29333	3.54643
SAIFI	0.28339 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.28339 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.65498 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.27 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการดำเนินงานผิดพลาดของฟิวส์ โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้  
ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.3 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	1.05715	0.27239	3.44656
2	1.05873	0.28776	3.75451
3	1.08544	0.28632	3.61060
4	1.08395	0.27415	3.36219
5	1.08907	0.28627	3.49161
6	1.09044	0.28563	3.88903
7	1.09027	0.28402	3.59265
8	0.73956	0.14580	0.55603
9	0.74037	0.14600	0.51581
10	1.01009	0.27161	3.57566
11	1.08243	0.28239	3.72081
12	1.08315	0.28417	3.88266
13	1.08839	0.28105	3.53336
14	1.08971	0.28244	3.63681
15	1.09112	0.27310	3.83540
16	1.05441	0.28702	3.84632
17	1.05261	0.27563	3.43695
18	1.08871	0.27685	3.35678
19	1.09002	0.28722	3.53395
20	1.09366	0.28849	3.69399
21	1.09522	0.28585	3.63074
22	1.09507	0.28949	3.62021
SAIFI	1.06753 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.28043 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.59278 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.28 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการดำเนินงานผิดพลาดของฟิวส์ โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้  
ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.35 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.91063	0.27938	3.82381
2	0.91208	0.29210	3.94809
3	0.93805	0.29008	3.63359
4	0.93868	0.27995	3.89274
5	0.94090	0.28838	3.40731
6	0.94175	0.28863	3.56934
7	0.94287	0.29025	3.60876
8	0.58795	0.14268	0.54257
9	0.58883	0.14253	0.49932
10	0.86543	0.26785	3.75412
11	0.93633	0.27715	3.71216
12	0.93510	0.28225	3.40089
13	0.94283	0.27770	3.67814
14	0.94460	0.28063	3.82370
15	0.94365	0.26773	3.51627
16	0.91015	0.29010	3.68205
17	0.91035	0.28233	3.68859
18	0.94655	0.28045	3.64704
19	0.94688	0.29113	3.57618
20	0.95123	0.29358	3.86295
21	0.95170	0.28915	3.54866
22	0.95160	0.29248	3.42699
SAIFI	0.92225 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.28244 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.68286 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.29 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้  
ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.4 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.33512	0.27888	3.65260
2	0.34664	0.29020	3.83930
3	0.34797	0.28786	3.61278
4	0.33758	0.27749	3.53750
5	0.34890	0.28695	3.52310
6	0.34808	0.28656	3.78327
7	0.35058	0.28849	3.52925
8	0.20457	0.14149	0.53836
9	0.20459	0.14125	0.49357
10	0.34346	0.26903	3.66597
11	0.35724	0.27885	3.62917
12	0.35937	0.28086	3.68438
13	0.36014	0.27808	3.55631
14	0.36388	0.28178	3.58488
15	0.34968	0.26702	3.48534
16	0.34854	0.28871	3.64193
17	0.33988	0.28005	3.52539
18	0.34390	0.28058	3.70767
19	0.35269	0.28934	3.65557
20	0.35619	0.29063	3.59822
21	0.35363	0.28768	3.56744
22	0.35803	0.29163	3.56953
SAIFI	0.34729 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.28165 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.65884 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.30 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
 ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้  
 ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.45 วินาที

ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.29895	0.27709	3.50717
2	0.31216	0.29030	3.77841
3	0.31140	0.28918	3.65002
4	0.29968	0.27747	3.53377
5	0.31235	0.29000	3.50974
6	0.31074	0.28839	3.87433
7	0.31114	0.28875	3.64400
8	0.16514	0.14407	0.54732
9	0.16574	0.14461	0.51225
10	0.29656	0.27012	3.61505
11	0.30888	0.28219	3.92065
12	0.30981	0.28311	3.72389
13	0.30677	0.27977	3.62844
14	0.30919	0.28214	3.69451
15	0.29942	0.27233	3.77345
16	0.30900	0.28560	3.86107
17	0.29963	0.27623	3.50354
18	0.29965	0.27604	3.54331
19	0.30953	0.28591	3.55072
20	0.31242	0.28863	3.76961
21	0.30928	0.28539	3.64231
22	0.31161	0.28770	3.52483
SAIFI	0.30513 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.28110 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.64407 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.31 ผลการคำนวณหาดัชนีความเชื่อถือได้ ณ จุดโหลดและดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิง  
ผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ โดยทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้  
ที่ระดับ 0.6 p.u. ในช่วงเวลา 0.5วินาที

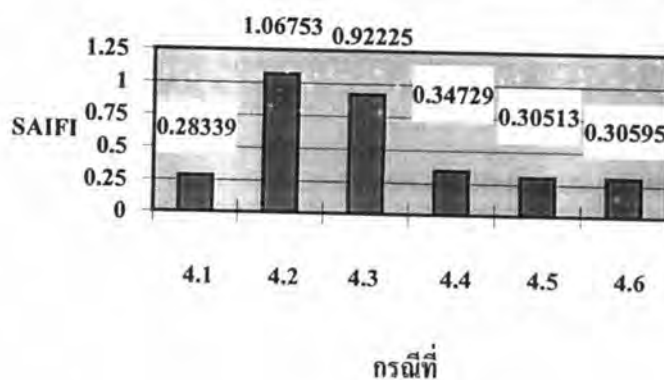
ตำแหน่งโหลด	ดัชนีพื้นฐาน		
	$\lambda$	$\lambda_p$	U
	ครั้งต่อปี	ครั้งต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	0.30000	0.27883	3.78773
2	0.31296	0.29175	3.87959
3	0.31140	0.28991	3.60267
4	0.30104	0.27956	3.82672
5	0.30919	0.28750	3.48283
6	0.31054	0.28885	3.58115
7	0.31113	0.28931	3.63862
8	0.16315	0.14181	0.53930
9	0.16317	0.14179	0.49476
10	0.29410	0.26808	3.70089
11	0.30377	0.27733	3.61030
12	0.30813	0.28167	3.47175
13	0.30458	0.27775	3.53560
14	0.30765	0.28071	3.72583
15	0.29538	0.26840	3.54817
16	0.31217	0.29000	3.73642
17	0.30531	0.28317	3.79378
18	0.30285	0.28046	3.67989
19	0.31598	0.29352	3.52208
20	0.31577	0.29302	3.71214
21	0.31171	0.28873	3.53342
22	0.31590	0.29290	3.37213
SAIFI	0.30595 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIFI <sub>p</sub>	0.28265 ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		
SAIDI	3.66728 ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ-ปี		

ตารางที่ 5.32 แสดงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI โดยที่จุดโหลดทนต่อแรงดันตกสูงสุดได้ ที่ระดับ 0.6 p.u. ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการทดสอบในกรณีที่ 4

กรณีที่	SAIFI	SAIFI <sub>p</sub>	SAIDI
กรณีพื้นฐาน (4.1)	0.28339	0.28339	3.65498
ที่ระยะเวลา 0.3 วินาที (4.2)	1.06753	0.28043	3.59278
ที่ระยะเวลา 0.35 วินาที (4.3)	0.92225	0.28244	3.68286
ที่ระยะเวลา 0.4 วินาที (4.4)	0.34729	0.28165	3.65884
ที่ระยะเวลา 0.45 วินาที (4.5)	0.30513	0.28110	3.64407
ที่ระยะเวลา 0.5 วินาที (4.6)	0.30595	0.28265	3.66728

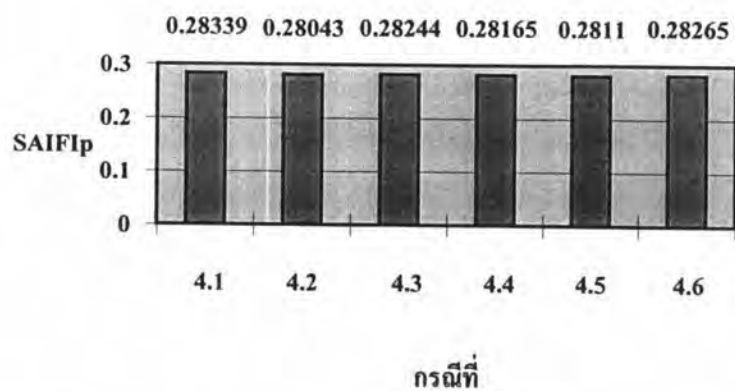
ตารางที่ 5.33 เปรอ์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟในกรณีพื้นฐาน กับ กรณีที่ทนต่อระดับของแรงดันตกสูงสุดได้ที่ระดับ 0.6 p.u. ในระยะเวลาที่ทนได้แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการทดสอบในกรณีที่ 4

กรณีที่	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIFI <sub>p</sub>	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า SAIDI
ที่ระยะเวลา 0.3 วินาที	276.700 %	1.044 %	1.701 %
ที่ระยะเวลา 0.35 วินาที	225.435 %	0.335 %	0.763 %
ที่ระยะเวลา 0.4 วินาที	20.548 %	0.614 %	0.106 %
ที่ระยะเวลา 0.45 วินาที	7.671 %	0.808 %	0.298 %
ที่ระยะเวลา 0.5 วินาที	7.961 %	0.261 %	0.337 %

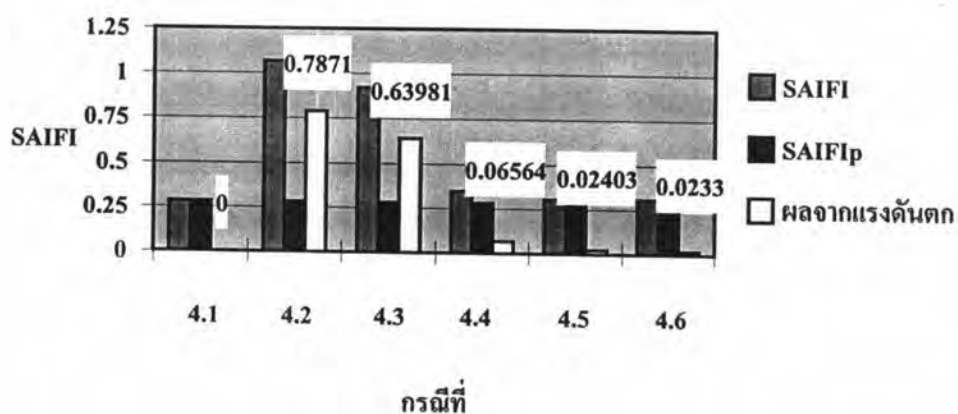


รูปที่ 5.17 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 4 ในกรณีต่างๆ

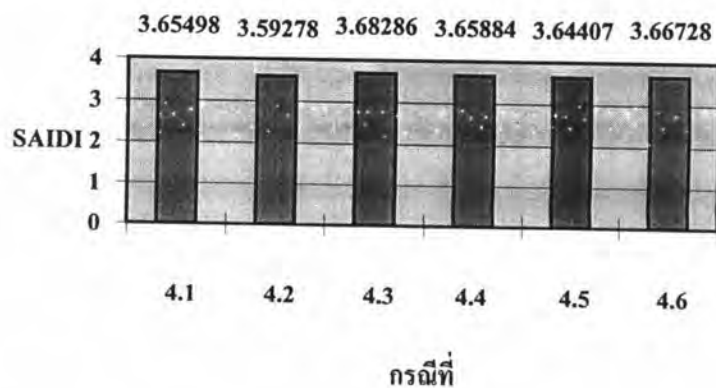




รูปที่ 5.18 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI<sub>p</sub> ของกรณีทดสอบที่ 4 ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.19 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของกรณีทดสอบที่ 4 ในกรณีต่างๆ โดยค่าตัวเลขที่แสดงเป็นค่า SAIFI เนื่องจากผลของแรงดันตกในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.20 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของกรณีทดสอบที่ 4 ในกรณีต่างๆ

#### 5.4.2.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบในกรณีที่ 4 ซึ่งรวมผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์

ผลจากการทดสอบจะพบว่าค่า  $\lambda_p$  และ SAIFI<sub>p</sub> มีค่าเพิ่มขึ้นจากกรณีในการทดสอบที่ 5.4.1 เนื่องจากการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ทำให้เกิดไฟดับถาวรเป็นบริเวณกว้างขึ้น และค่า  $\lambda$  และ SAIFI เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องมาจากค่า  $\lambda_p$  และ SAIFI<sub>p</sub> ที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาไปที่กรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นานตั้งแต่ 0.4 - 0.5 วินาที จะพบว่าค่า  $\lambda$  และ SAIFI ที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากค่า  $\lambda_p$  และ SAIFI<sub>p</sub> แล้วยังมีอีกส่วนหนึ่งเนื่องมาจากผลการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ซึ่งทำให้เกิดช่วงเวลาในการเกิดแรงดันตกที่นานขึ้น ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป ส่วนค่า SAIDI มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากต้องใช้เวลาในการจัดการกับเหตุที่ฟิวส์ทำงานผิดพลาด 1 ชั่วโมง แต่เมื่อนำมาคูณกับอัตราในการล้มเหลวของอุปกรณ์ที่อยู่ด้านหลังฟิวส์แล้วจะได้ค่าไม่มากนัก ยกตัวอย่างหม้อแปลง มีอัตราในการล้มเหลว 0.015 เมื่อนำไปคูณกับเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 ปี จะเกิดไฟดับนานเพียง 0.015 ชั่วโมงต่อหม้อแปลงหนึ่งตัวเท่านั้น ส่วนผลการทดสอบในกรณีต่างๆจะคล้ายกับผลการทดสอบในหัวข้อที่ 5.4.1 เพียงแต่จะมีค่าสูงกว่า ดังเหตุที่ได้อธิบายไปแล้ว

เมื่อพิจารณากรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.45 วินาที และ 0.5 วินาที ของการทดสอบในหัวข้อที่ 5.4.2 จะพบได้ค่า  $\lambda$  และ SAIFI ของกรณีทั้งสองไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาประกอบกับการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 5.4.1 ซึ่งในการทดสอบที่ 5.4.1 พบว่ากรณีทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.45 วินาที จะให้ผลว่าค่า SAIFI และ SAIFI<sub>p</sub> มีค่าเท่ากันนั้นก็คือ แรงดันตกที่เกิดขึ้นนานเกินกว่า 0.45 วินาทีในระบบจะไม่สามารถทำให้เกิดแรงดันตกไปต่ำกว่า 0.6 p.u. ได้ ทำให้เหตุที่เกิดไฟฟ้าดับเนื่องจากแรงดันตกหมดไป แต่เมื่อกลับมาพิจารณาในการทดสอบนี้ซึ่งค่าการทำงานผิดพลาดของฟิวส์มาร่วมด้วย จะพบว่ากรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.45 วินาที ค่า SAIFI และ SAIFI<sub>p</sub> ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงพอจะสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดันตกที่นานเกินกว่า 0.45 วินาทีและทำให้เกิดแรงดันตกไปต่ำกว่า 0.6 p.u. มีสาเหตุมาจากการทำงานผิดพลาดของฟิวส์ซึ่งเมื่อฟิวส์ไม่ทำงานก็จะต้องใช้เบรกเกอร์ทำการตัดวงจรแทนในช่วงเวลา 0.7 วินาที ซึ่งจะทำให้การเกิดแรงดันตกที่นานถึง 0.7 วินาที และเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดไฟดับเนื่องจากแรงดันตกในกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นานตั้งแต่ 0.45 วินาทีขึ้นไป แต่ไม่เกิน 0.7 วินาที ซึ่งจะเห็นผลดังกล่าวได้ชัดเจนขึ้นเมื่อพิจารณาประกอบกับกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.5 วินาที นั้นหมายความว่าเมื่อระบบป้องกันของระบบขั้นต้นทำงานทำให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบสามารถทนรับแรงดันตกได้ สาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถทนรับแรงดันตกได้มาจากการที่ฟิวส์ทำงานผิดพลาดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นการทำงานที่ผิดพลาดของระบบป้องกันก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระยะเวลาในการเกิดแรงดันตกนานขึ้นและทำให้เกิดไฟดับที่จุดโหลดเนื่องแรงดันตกมากขึ้น

## 5.5 ผลการทดสอบกับระบบที่เป็นเครือข่าย

โดยใช้ระบบทดสอบ 7 บัสที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 5.1.1 ซึ่งระบบป้องกันของระบบประเภทนี้มีความซับซ้อนอยู่มาก ในที่นี้เราจะพิจารณาให้ระบบป้องกันในชั้น primary สามารถที่จะทำงานผิดพลาดได้ เนื่องจากการเกิด stuck breaker แล้วระบบป้องกันในชั้น back-up จะเข้ามาทำงานแทนเพื่อป้องกันระบบ โดยให้ระบบป้องกันในระดับที่สองทำงาน 100 % โดยที่ระบบป้องกันในชั้น primary ที่จะป้องกันสายส่ง และ หม้อแปลง จะเคลียร์การเกิดลัดวงจร ในเวลา 0.3 วินาที และ ที่จะป้องกันบัส จะเคลียร์การเกิดลัดวงจรในเวลา 0.4 วินาที โดยใช้หลักการป้องกันดังนี้คือเมื่อไม่สามารถเคลียร์การเกิดลัดวงจร ในส่วนของ สายส่ง และหม้อแปลงเนื่องจากเบรกเกอร์ที่โหนดด้านหนึ่งไม่ทำงาน จะต้องไปทำการรีเบรกเกอร์ทั้งหมดที่ต่ออยู่กับโหนดด้านนั้นให้หมด ซึ่งเป็นการทำงานในส่วนของระบบป้องกันในชั้น back-up เวลาที่ใช้ในการเข้าไปเคลียร์การเกิดลัดวงจรในส่วนของระบบป้องกันสำรองจะเป็นดังต่อไปนี้คือ ที่โหนด 1 2 3 ซึ่งเป็นโหนดหลักซึ่งต่อจากหม้อแปลงจะใช้เวลา 0.9 วินาที ส่วนโหนดที่เป็น plant จะเคลียร์ในช่วงเวลา 0.7 วินาที แต่ถ้าเบรกเกอร์ที่ติดตั้งอยู่ติดกับบัสของแหล่งจ่ายไฟเกิด stuck จะใช้เบรกเกอร์ที่แหล่งจ่ายตัดไฟใช้เวลาในการเคลียร์ 1.2 วินาที(ตัดไฟทั้งระบบ) ส่วนในกรณีการเกิดลัดวงจรที่บัสเป็น plant แล้วเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ป้องกันบัสไม่ทำงาน ก็จะใช้เบรกเกอร์ตัวถัดไปที่ต่อใกล้บัสนั้นที่สุดทำงาน โดยถ้าเป็นเบรกเกอร์ที่ต่ออยู่ด้านบัสที่ 1 2 3 จะใช้เวลาในการเคลียร์ 0.9 วินาที แต่ถ้าเป็นบัสที่เป็น plant จะใช้เวลาในการเคลียร์ 0.7 วินาที ในการทดสอบนี้เราจะใช้เกณฑ์ของเวลาเข้ามาใช้ในการทดสอบระบบดังกล่าวคือ ถ้าระบบป้องกันในชั้นต้น เข้ามาทำงานก็จะสามารถทนรับแรงดันตกได้ แต่ระบบป้องกันสำรองเข้าทำงานก็จะไม่สามารถทนรับผลของแรงดันตกได้ ในการทดสอบเราจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

- 1.) คัดการเกิด stuck breaker ในรูปของความน่าจะเป็น โดยให้การเกิด stuck breaker มีความน่าจะเป็น 0.05
- 2.) คัดการเกิด stuck breaker ในแง่อายุการใช้งาน โดยให้อายุการใช้งานของเบรกเกอร์มีการกระจายแบบ Weibull โดยให้ค่า  $\theta = 3650$  วัน (คิดเป็น 10 ปี) และ  $m = 4$

### 5.5.1 ผลการทดสอบในหัวข้อ 5.5 กรณีที่ 1

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการเกิดแรงดันตกเป็นตัวกำหนดว่า ที่จุดโหนดนั้นจะทนรับแรงดันตกนั้นได้ โดยการทดสอบเราจะใช้ระยะเวลาที่ทนรับแรงดันตกได้เป็น 0.4 0.7 0.9 และ 1.2

วินาที ตามลำดับ โดย ให้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้ โดยพิจารณาที่ค่า  $\lambda$  และ  $U$  ที่แต่ละจุดโหลด โดยการจำลองเหตุการณ์ใช้ ช่วงเวลา 30 ปี จำนวนรอบ 10,000 รอบ

ตารางที่ 5.34 ผลการทดสอบ ระบบ 7 บัส กรณีที่ 1 โดยไม่คิดผลจาก stuck breaker

ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	$U$ (ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.0041	0.1230	0.98743
plant B	0.0042	0.1266	0.97689
plant C	0.0042	0.1271	0.96548
plant D	0.0082	0.2446	2.00030

ตารางที่ 5.35 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 1 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้ ในช่วงเวลา 0.4 วินาที

ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	$U$ (ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.03706	1.1119	1.03600
plant B	0.03405	1.0215	0.97280
plant C	0.03372	1.0115	0.95513
plant D	0.04082	1.2246	1.94660

ตารางที่ 5.36 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 1 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้ ในช่วงเวลา 0.7 วินาที

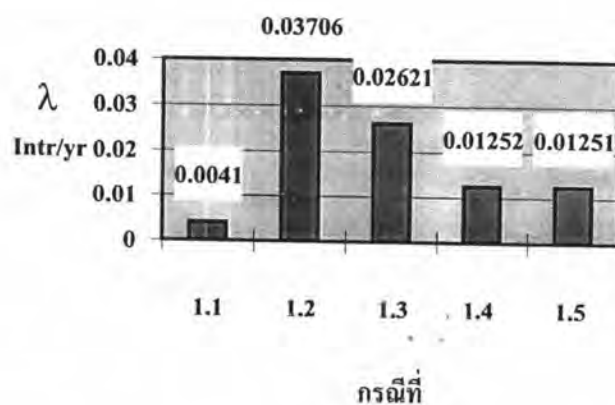
ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	$U$ (ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.02621	0.7863	1.01798
plant B	0.02223	0.6670	1.01392
plant C	0.02206	0.6617	0.97095
plant D	0.03328	0.9983	2.00050

ตารางที่ 5.37 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 1 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้  
ในช่วงเวลา 0.9 วินาที

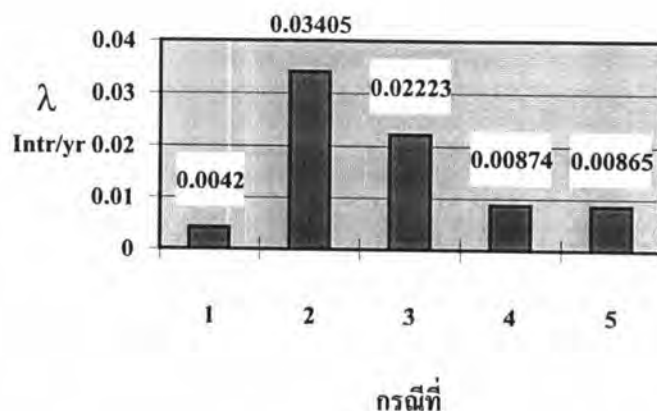
ตำแหน่งโหนด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	P(ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.01252	0.3756	0.96541
plant B	0.00874	0.2622	0.97826
plant C	0.00854	0.2562	1.01809
plant D	0.02007	0.6020	1.89049

ตารางที่ 5.38 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 1 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้  
ในช่วงเวลา 1.2 วินาที

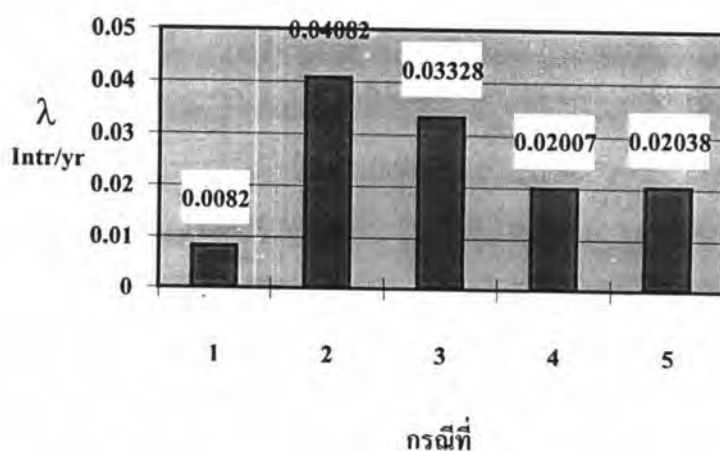
ตำแหน่งโหนด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	P(ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.01251	0.3752	1.02746
plant B	0.00865	0.2594	1.03496
plant C	0.00848	0.2545	0.96430
plant D	0.02038	0.6115	1.95980



รูปที่ 5.21 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการเกิดไฟดับที่ plant A  
จากการทดสอบในหัวข้อ 5.4 กรณีที่ 1



รูปที่ 5.22 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการเกิดฟ้าผ่าที่ plant B จากการทดสอบในหัวข้อ 5.4 กรณีที่ 1



รูปที่ 5.23 เปรียบเทียบจำนวนครั้งในการเกิดฟ้าผ่าที่ plant D จากการทดสอบในหัวข้อ 5.4 กรณีที่ 1

### 5.5.1.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบหัวข้อ 5.5 ในกรณีที่ 1

การทดสอบในหัวข้อ 5.5 เราจะวิเคราะห์ไปที่ค่า  $\lambda$  ของแต่ละจุดโหนด เพื่อเป็นการวิเคราะห์อย่างละเอียดไปที่แต่ละจุดโหนด ซึ่งเหมาะสมสำหรับพิจารณาวิเคราะห์ไปที่จุดโหนดใดจุดโหนดหนึ่งโดยเฉพาะ จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มช่วงระยะเวลาในการทนรับแรงดันตกเข้าไปจะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งในการเกิดฟ้าผ่ามีค่าลดลงอย่างตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะ

ของระบบจะพบว่า เมื่อไม่รวมผลการเกิด stuck breaker และผลของแรงดันตก สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดไฟดับที่จุดโหลดคือ การทำงานล้มเหลวของบัสที่ส่งจ่ายพลังงานไปยัง plant เมื่อคิดค่านวนค่า  $\lambda = 0.004$  ครั้งต่อปี แต่ที่จริงแล้วยังสายส่งคู่ขนานที่ส่งไฟมายังบัสแต่ใช้วิธีจำลองเหตุการณ์แบบเป็นลำดับค่านวนได้ยาก นอกจากนั้นยังมีหม้อแปลง 2 ตัวที่ต่อส่งจากแหล่งจ่าย และ บัสที่รับไฟจากหม้อแปลงแต่เมื่อค่านวนค่า  $\lambda$  แล้วมีค่าที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดังกล่าวข้างต้น ยกเว้นในกรณีบัสที่ plant D จะได้รับผลกระทบจากบัสที่ plant A ด้วย ดังนั้นทำให้ค่า  $\lambda$  เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าคือ 0.008 โดยประมาณ แต่เมื่อพิจารณาผลของแรงดันตก และการเกิด stuck breaker ในระบบจะพบว่า ในกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.4 0.7 0.9 และ 1.2 วินาที ค่าการเกิดไฟดับที่จุดโหลดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นหลายเท่าจากกรณีที่ไม่คิดผล stuck breaker เมื่อพิจารณาผลการเกิด stuck breaker ซึ่งมีความน่าจะเป็นในการเกิด 0.05 เนื่องจากในระบบเครือข่าย เมื่อเกิดการลัดวงจรจะมีผลกระทบเป็นแนวกว้าง และยิ่งเมื่อระบบป้องกันในขั้นต้นไม่ทำงาน แล้วให้ระบบป้องกันสำรองเข้ามาทำงานแทน ทำให้ช่วงเวลาในการเกิดแรงดันตกในระบบยาวนานขึ้น และเกิดไฟดับเป็นบริเวณกว้างขึ้นซึ่งเป็นทั้งไฟดับถาวรและไฟดับเนื่องจากแรงดันตก ดังนั้นการเกิดลัดวงจรที่สายป้อนหนึ่งซึ่งไม่ใช่สายป้อนไปยังจุดโหลดที่พิจารณาอาจจะนำผลกระทบไปสู่จุดโหลดที่พิจารณาเมื่อระบบป้องกันในขั้นต้นไม่ทำงานแล้วให้ระบบป้องกันในระดับที่สองเข้ามาทำงาน จากค่า  $\lambda$  ที่ควรเพิ่มขึ้นที่แต่ละจุดโหลดเพียงประมาณ 10% เมื่อมีสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟดับเพิ่มขึ้นจากกรณีที่ได้กล่าวมา ทำให้ค่า 10 % จากหลายๆ สาเหตุเพิ่มเป็นหลายเท่าได้

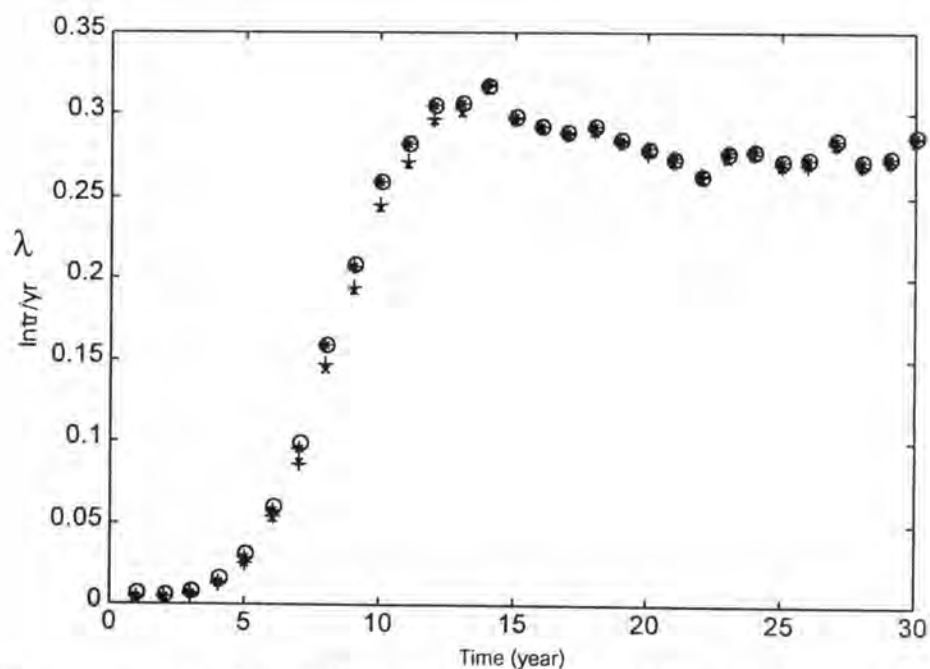
เมื่อพิจารณากรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.4 วินาที เปรียบเทียบกับกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.7 วินาที จะพบว่าค่าลดลงประมาณ 15 % และจากกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.7 วินาที เปรียบเทียบกับกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 1.2 วินาที จะลดลงไปประมาณ 50 % เนื่องจากระบบป้องกันสำรองโดยส่วนใหญ่จะทำงานที่ เวลา 0.9 วินาที ทำให้เมื่อพิจารณาให้จุดโหลดทนแรงดันตกได้นานเพิ่มจาก 0.7 วินาที เป็น 0.9 วินาที จะทำให้ค่า  $\lambda$  มีการเปลี่ยนแปลงลดลงไปมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่เพิ่มจาก 0.4 วินาที เป็น 0.7 วินาที ส่วนกรณีที่จุดโหลดทนแรงดันตกได้นานเพิ่มจาก 0.9 วินาทีเป็น 1.2 วินาที ค่าที่ได้เปลี่ยนแปลงไปน้อยมากเนื่องจาก ระบบป้องกันสำรองที่ใช้เวลาในการตัดวงจร 1.2 วินาทีเป็นส่วนที่น้อยมากจึงมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก และการตัดวงจรที่ 1.2 วินาทีเป็นการตัดไฟทั้งระบบก็คือไฟดับทั้งระบบ ดังนั้นถึงแม้จะทนต่อแรงดันตกได้นาน 1.2 วินาทีก็ไม่มีประโยชน์ ดังนั้นการลงทุนให้อุปกรณ์ที่ใช้ที่จุดโหลดทนต่อแรงดันตกเพิ่มจาก 0.9 เป็น 1.2 วินาทีก็ไม่คุ้มค่า เนื่องจากค่า  $\lambda$  ที่แต่ละจุดโหลดแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง

### 5.5.2 ผลการทดสอบในหัวข้อ 5.5 กรณีที่ 2

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการเกิดแรงดันตกเป็นตัวกำหนดว่า ที่จุดโหนดนั้นจะทนรับแรงดันตกนั้นได้หรือไม่ โดยการทดสอบเราจะใช้ระยะเวลาที่ทนรับแรงดันตกได้เป็น 0.4 0.7 0.9 และ 1.2 วินาที ตามลำดับ โดย ให้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้ โดยพิจารณาที่ค่า  $\lambda$  แต่ละจุดโหนดในแต่ละช่วงเวลาที่ปฏิบัติการ โดยการจำลองเหตุการณ์ใช้ ช่วงเวลา 30 ปี จำนวนรอบ 10,000 รอบ โดยกำหนด ให้  $o$  เป็นค่า ใน plant D \* เป็นค่าใน plant A + เป็นค่าใน plant B x เป็นค่าใน plant C

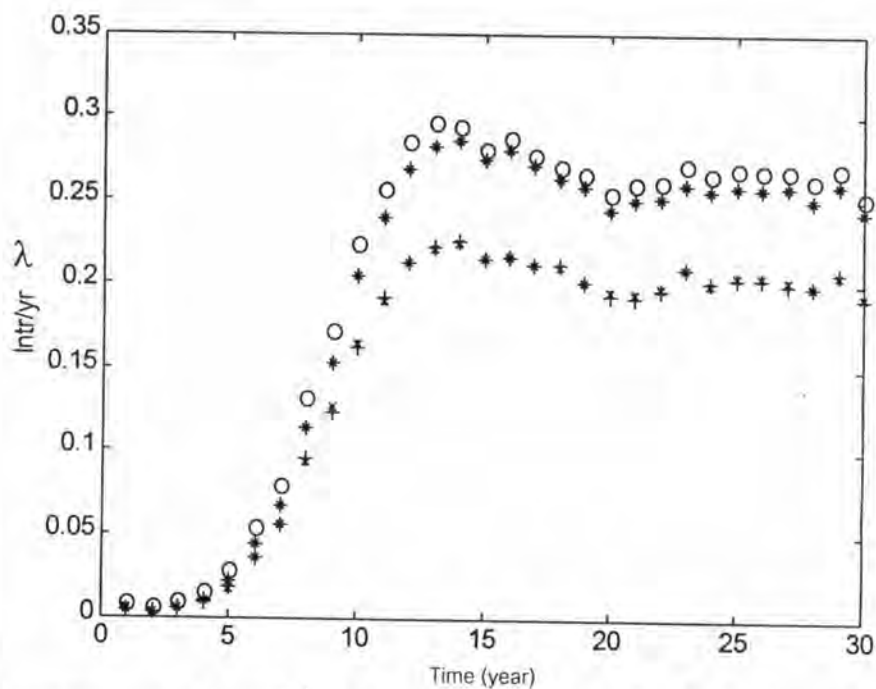


กรณีที่ทนรับแรงดันตกได้นาน 0.4 วินาที



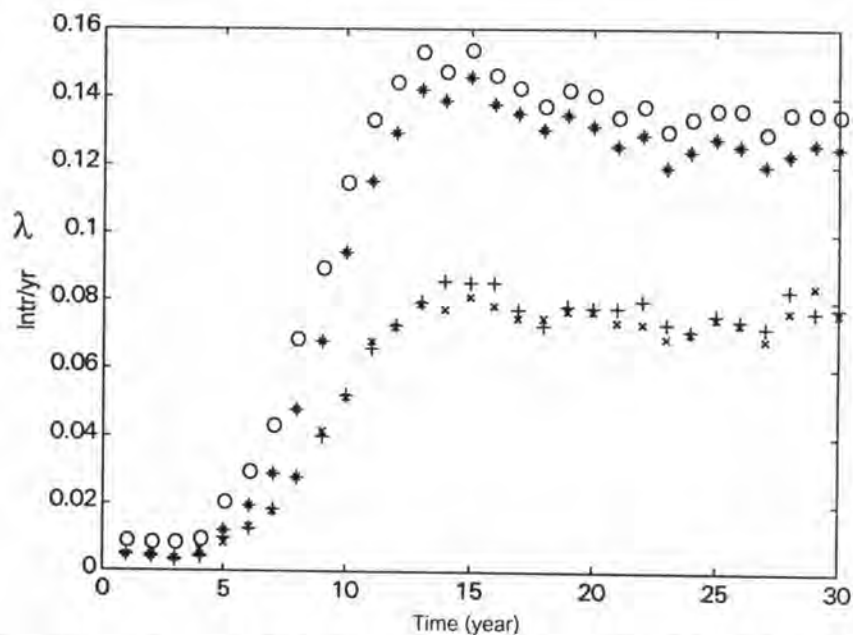
รูปที่ 5.24 ผลการทดสอบในกรณีที่ทนรับแรงดันตกได้นาน 0.4 วินาที เมื่อพิจารณาในแง่อายุการใช้งานของเบรกเกอร์ ก่อนที่จะเกิด Stuck Breaker

กรณีที่ทนรับแรงดันตกได้นาน 0.7 วินาที



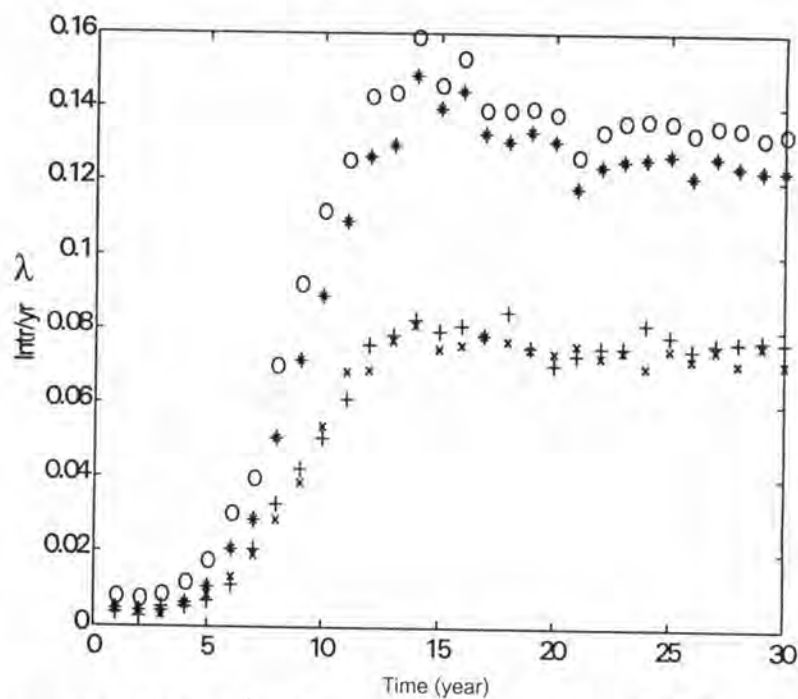
รูปที่ 5.25 ผลการทดสอบในกรณีที่ทนรับแรงดันตกได้นาน 0.7 วินาที เมื่อพิจารณาในแง่อายุการใช้งานของเบรกเกอร์ ก่อนที่จะเกิด Stuck Breaker

กรณีที่ทนรับแรงดันทกได้นาน 0.9 วินาที



รูปที่ 5.26 ผลการทดสอบในกรณีที่ทนรับแรงดันทกได้นาน 0.9 วินาที เมื่อพิจารณาในแง่อายุการใช้งานของเบรกเกอร์ ก่อนที่จะเกิด Stuck Breaker

กรณีที่ทนรับแรงดันทกได้นาน 1.2 วินาที



รูปที่ 5.27 ผลการทดสอบในกรณีที่ทนรับแรงดันทกได้นาน 1.2 วินาที เมื่อพิจารณาในแง่อายุการใช้งานของเบรกเกอร์ ก่อนที่จะเกิด Stuck Break

ตารางที่ 5.39 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 2 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้ในช่วงเวลา 0.4 วินาที

ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	U(ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.21796	6.5388	1.98334
plant B	0.21438	6.4314	1.25503
plant C	0.21322	6.3966	1.18756
plant D	0.21950	6.5815	2.83111

ตารางที่ 5.40 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 2 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้ในช่วงเวลา 0.7 วินาที

ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	U(ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.19442	5.8325	1.89382
plant B	0.15406	4.6218	1.25183
plant C	0.15442	4.6326	1.25336
plant D	0.20517	6.1550	2.85143

ตารางที่ 5.41 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 2 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้ในช่วงเวลา 0.9 วินาที

ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	U(ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.09589	2.8767	1.93605
plant B	0.05732	1.7195	1.27920
plant C	0.05593	1.6778	1.21642
plant D	0.10666	3.1999	2.88507

ตารางที่ 5.42 ผลการทดสอบระบบ 7 บัส กรณีที่ 2 โดยสามารถทนรับแรงดันตกได้ในช่วงเวลา 1.2 วินาที

ตำแหน่งโหลด	$\lambda$ (ครั้งต่อปี)	$\lambda$ (ครั้งใน 30 ปี)	U(ชั่วโมงต่อปี)
plant A	0.09496	2.8487	1.84494
plant B	0.05715	1.7145	1.22581
plant C	0.05535	1.6604	1.26784
plant D	0.10565	3.1696	2.78784

### 5.5.2.1 วิเคราะห์การทดสอบในหัวข้อ 5.5 ในกรณีที่ 2

จากการที่เรากำหนดอายุการใช้งานของเบรกเกอร์ก่อนที่จะเกิด stuck breaker ด้วยฟังก์ชัน Weibull โดยประมาณ 10 ปี จากรูปที่ 5.23 ถึง 5.26 จะเห็นได้ว่าเมื่อเข้าใกล้ช่วงปีที่ 10 จะจำนวนครั้งในการเกิด ไฟดับที่จุดโหลดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับในช่วง 2-3 ปีแรก และไปสูงสุดในช่วงปีที่ 13-14 นั้นเนื่องมาจากผลจากการที่เบรกเกอร์หมดอายุการใช้งานแล้วต้องเปลี่ยนตัวใหม่ ทำให้จำนวนการเกิด ไฟดับเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นหลายเท่า เมื่อพิจารณาที่รูปที่ 5.23 คือกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.4 วินาที จะเห็นว่าการเกิด ไฟดับทั้ง 4 แห่ง ใกล้เคียงกัน และ ค่า  $\lambda$  สูงสุดอย่างที่ว่าประมาณ 0.32 ครั้งต่อปี และ ในช่วงมีการเปลี่ยนเบรกเกอร์ไปใช้งานไป ค่า  $\lambda$  จะอยู่ที่ประมาณ 0.28 ครั้งต่อปี ส่วนในรูปที่ 5.24 คือกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.7 วินาที จะเห็นได้ว่าเริ่มมีความแตกต่างระหว่าง กลุ่มของบัสที่ plant A และ D กับ กลุ่มของบัสที่ plant B และ plant C ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของระบบป้องกันที่ออกแบบไว้ คือการตัดวงจรเมื่อเกิดลัดวงจร ในบริเวณที่ใกล้ plant D ในระบบป้องกันสำรองจะตัดในเวลา 0.7 วินาที เมื่อทุกจุดโหลดทนรับแรงดันตกได้นาน 0.7 วินาที ทำให้ที่ plant B และ C ทนต่อแรงดันตกที่เกิดขึ้นได้ ส่วน plant A และ D อาจเกิด ไฟดับเนื่องจากระบบป้องกันสำรองทำการตัดวงจรเป็นบริเวณที่กว้างขึ้นนั่นเอง โดยกลุ่ม A กับ D ค่า  $\lambda$  สูงสุดอย่างที่ว่าประมาณ 0.295-0.28 ครั้งต่อปี ในช่วงมีการเปลี่ยนเบรกเกอร์ไปใช้งานไป ค่า  $\lambda$  จะอยู่ที่ประมาณ 0.27-0.26 ครั้งต่อปี และ ค่า  $\lambda$  ของ A จะมีค่าน้อยกว่า  $\lambda$  ของ D เล็กน้อย ส่วน กลุ่ม B กับ C ค่า  $\lambda$  สูงสุดอย่างที่ว่าประมาณ 0.225 ครั้งต่อปี และ ในช่วงมีการเปลี่ยนเบรกเกอร์ไปใช้งานไป ค่า  $\lambda$  จะอยู่ที่ประมาณ 0.2 ครั้งต่อปี

ส่วนในรูปที่ 5.25 ซึ่งเป็นกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 0.9 วินาที จะมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 5.24 แต่มีขนาดที่น้อยลง โดยกลุ่ม A กับ D ค่า  $\lambda$  สูงสุดอย่างที่ว่าประมาณ 0.15 ครั้งต่อปี ในช่วงมีการเปลี่ยนเบรกเกอร์ไปใช้งานไป ค่า  $\lambda$  จะอยู่ที่ประมาณ 0.13 ครั้งต่อปี และ ค่า  $\lambda$  ของ A จะมีค่าน้อยกว่า  $\lambda$  ของ D เล็กน้อย ส่วน กลุ่ม B กับ C ค่า  $\lambda$  สูงสุดอย่างที่ว่าประมาณ 0.085 ครั้งต่อปี และ ในช่วงมีการเปลี่ยนเบรกเกอร์ไปใช้งานไป ค่า  $\lambda$  จะอยู่ที่ประมาณ 0.075 ครั้งต่อปี ส่วนรูปที่ 5.26 ซึ่งเป็นกรณีที่ทนต่อแรงดันตกได้นาน 1.2 วินาที ให้ผลที่คล้ายกับในรูปที่ 5.25 แต่จะมีค่าน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย เนื่องจากยังมีระบบป้องกันสำรองที่ทำงานที่ 1.2 วินาทีแต่เป็นกรณีที่เกิดขึ้นก็น้อยมาก และการตัดวงจรดังกล่าวเป็นการตัดวงจรที่แหล่งจ่ายไฟด้วยคือ เกิดไฟดับทั้งระบบ จะเห็นได้จำนวนครั้งในการเกิด ไฟดับที่จุดโหลดมีค่าที่มากกว่าในกรณีแรกมากกว่าเป็น 10 เท่า เนื่องจากเมื่อถึงช่วงเวลาที่เบรกเกอร์เกิดการ stuck คือหมดอายุการใช้งานของเบรกเกอร์แล้วนั่นคือเบรกเกอร์ไม่สามารถทำงานได้อีกต้องทำการเปลี่ยนตัว นั่นคือความน่าจะเป็นในการทำงานสำเร็จมีค่าเป็น 0 นั้น

เอง เมื่อพิจารณารูปกราฟทั้ง 4 รูปในรูปที่ 5.23 -5.26 จะเห็นได้ว่าเมื่อช่วงเวลาในการทนต่อแรงดันตกมีค่ามากขึ้น จะพบว่าการเกิดไฟดับของ plant B,C มีค่าที่แตกต่างกับ plant A,D มากขึ้นเนื่องจากผลของการทำงานของระบบป้องกันที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นการทำงานของระบบป้องกันในระบบเครือข่ายจะมีผลต่อการเกิดไฟดับที่แต่ละจุดโหลดได้