ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า — **สาขา**

วิศวกรรมไฟฟ้า — **ภาควิชา**

เรื่อง วิธีการหาอัตราการล้มเหลวเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายกำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Failure Rate Calculation Method for Reliability Assessment of PEA Power Distribution

นามผู้วิจัย นายเอกสิทธิ์ เจียมสกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์พิสุทธิ์ รพีศักดิ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

วิธีการหาอัตราการล้มเหลวเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายกำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Failure Rate Calculation Method for Reliability Assessment of PEA Power Distribution Systems

โดย

นายเอกสิทธิ์ เจียมสกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสิทธิ์ เจียมสกุล 2554: วิธีการหาอัตราการล้มเหลวเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายกำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D. 125 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการหาอัตราการล้มเหลวและการปรับค่าให้เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในเบื้องต้นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและการแจกแจงแบบไวบูลล์ถูกนำมาพิจารณาเพื่อหาค่าอัตราการล้มเหลวโดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องระหว่างปี 2548-2552 ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าอัตราการล้มเหลวของระบบจำหน่ายในส่วนที่อยู่หลังอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์ กระบวนการปรับค่าอัตราการล้มเหลวให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เริ่มจากการหาเส้นแนวโน้ม (Trend) ของดัชนี SAIFI ของสายป้อนที่พิจารณาในปี 2548-2552 เพื่อนำค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากเส้นแนวโน้มปีล่าสุดมาใช้ในการปรับค่าอัตราการล้มเหลว ขั้นตอนนี้ถูกดำเนินการโดยใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) ค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้จากการปรับค่า สามารถนำไปวิเคราะห์ความเชื่อถือได้สำหรับการวางแผนปรับปรุงสมรรถนะให้แก่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่อไป

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Eakkasit Jiamsakoon 2011: Failure Rate Calculation Method for Reliability Assessment of PEA Power Distribution Systems. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Dulpichet Rerkpreedapong, Ph.D. 125 pages.

This thesis presents a method to determine the failure rates and their adjustment to the suitable values for reliability analysis of power distribution systems of the Provincial Electricity Authority of Thailand. First, the exponential and weibull probability distributions are considered in finding the failure rates based on power interruption events recorded during years 2005 to 2009. The obtained results are the failure rates of feeder sections downstream of each type of protective devices installed on the power distribution feeder, which include breaker, feeder breaker, recloser and fuse. Next, the procedure of failure rate adjustment begins with finding the exponential trend of historical SAIFI indices from years 2005 to 2009. The trend is then used to locate the SAIFI index of the latest year. This index is used for adjustment of the above failure rates achieved by using linear programming. Finally, the adjusted failure rates can be used for reliability analysis of improvement planning for power distribution systems of the Provincial Electricity Authority of Thailand.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร . ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ อ.ดร.พิสุทธิ์ รพีศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุ ณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .พีระยศ แสนโภชน์ ประธานการสอบ และ ดร . ประมุข อุณหเลขกะ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาช่วยแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ช่วยสนับสนุนข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณแม่ วรรณา วัชรวสุ ครอบครัวและคุณชวันรัส บุญประเสริฐ ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอด และขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ และน้องๆ ในโครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลังที่สนับสนุน และให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอนำความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่มีค่าในการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมต่อไป

เอกสิทธิ์ เจียมสกุล

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	38
ผล	38
วิจารณ์	74
สรุปและข้อเสนอแนะ	76
สรุป	76
ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก ที่มาของแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้คำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลว	81
ภาคผนวก ข อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันสำหรับสมมุติฐาน การแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล	99
ภาคผนวก ค อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันสำหรับสมมุติฐาน การแจกแจงไวบูลล์	111
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	125

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พารามิเตอร์ความเชื่อถือได้สำหรับระบบดังภาพที่ 6	14
2	จำนวนผู้ใช้ไฟแต่ละโหลดที่ต่ออยู่กับระบบ	15
3	ค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบพื้นฐาน	16
4	ค่าที่ทดสอบการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธี Anderson-darling ตามสมการที่ (35)	25
5	ค่าที่ทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธี Chi-square GOF	26
6	ค่าที่ทดสอบการแจกแจงไวบูลล์ด้วยวิธี Anderson-darling ตามสมการที่ (35)	28
7	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบปกติ คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบมาตรฐาน	29
8	ค่าที่ทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์ด้วยวิธี Chi-square GOF	30
9	จำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องอันเป็นผลมาจากอุปกรณ์ป้องกันตั้งแต่ปี 2548-2552 ของการไฟฟ้าเขตทั้ง12 เขต	38
10	แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี Anderson-darling GOF ทั้ง 12 เขต	46
11	แสดงจำนวนสายป้อนที่ผ่านการทดสอบหาแนวโน้มเพื่อทำนายดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$)	49
12	แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์แต่ละประเภททำงานปี 2552	50
13	แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับสำหรับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล	51
14	แสดงรายละเอียดหลังจากปรับอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทสำหรับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล	51
15	แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับสำหรับการแจกแจงไวบูลล์	51
16	แสดงรายละเอียดหลังจากปรับอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทสำหรับการแจกแจงไวบูลล์	52
17	แสดงตัวอย่างข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่ไม่สามารถหาอัตราการล้มเหลวได้ตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

18	แสดงผลการทดสอบปรับอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันสำหรับการไฟฟ้าทั้ง 12 เขต	54
19	ค่าอัตราการล้มเหลวในส่วนของ (sections) ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทของสายป้อน CRA06	58
20	แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟและระยะเวลาซ่อมแต่ละจุดโหลดของสายป้อน CRA06	61
21	แสดงความยาวของและอัตราการล้มเหลวของสายป้อน CRA06	62
22	แสดงการคำนวณค่าดัชนี SAIFI และSAIDI ทุกจุดโหลดของสายป้อน CRA06	64

ตารางผนวกที่

ก1	ข้อมูลโปรแกรม จฟ .3 ที่รวบรวมเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่ผลจากการทริปของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท	82
ก2	รหัสเขตการไฟฟ้าในโปรแกรม จฟ.3	84
ก3	รหัสสาเหตุในโปรแกรม จฟ.3	85
ก4	รหัสอุปกรณ์ป้องกันในโปรแกรม จฟ.3	85
ก5	สรุปที่มาของข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ป้องกันที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายสำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	86
ก6	ที่มาของจำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบแต่ละอุปกรณ์ป้องกันที่ติดอยู่กับสายป้อน	87
ก7	แสดงรายละเอียดฐานข้อมูล LineAndcom ที่นำมาใช้คำนวณผู้ใช้ทั้งหมดของสายป้อน	88
ก8	แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับ	89
ก9	แสดงรายละเอียดผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันทำงาน	90
ก10	ปัญหาที่พบสำหรับข้อมูลที่นำมาปรับอัตราการล้มเหลวและแนวทางการแก้ไข	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก11	สรุปข้อมูลจำนวนครั้งไฟดับแยกตามอุปกรณ์ป้องกันปี 2548-2552	92
ก12	สรุปจำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบของอุปกรณ์ป้องกันปี 2548-2552	93
ก13	สรุปจำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน	94
ข1	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์(VB) 22 KV	100
ข2	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์(B) 22 KV	104
ข3	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของ BR (F) 22 KV	105
ข4	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของรีโคลสเซอร์ (G) 22 KV	106
ข5	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของฟิวส์ (H) 22 KV	109
ค1	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์(VB) 22 KV	112
ค2	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์(B) 22 KV	115
ค3	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของ BR (F) 22 KV	116
ค4	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของรีโคลสเซอร์ (G) 22 KV	117
ค5	ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของฟิวส์ (H) 22 KV	121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันของอัตราการล้มเหลวกับเวลาเป็นเส้นโค้งที่มีรูปลักษณะอ่างน้ำ	5
2	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล	8
3	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล	8
4	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบไวบูลล์	10
5	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบไวบูลล์	10
6	ระบบพื้นฐานที่มีการเพิ่มฟิวส์ที่สายป้อนย่อย และสวิทซ์ตัดตอนในสายป้อนหลัก	14
7	แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับอัตราการล้มเหลวปี 52	20
8	แนวคิดพื้นที่ทดสอบสารรูปสนิทดี	23
9	แสดงเส้นแนวโน้มดัชนี SAIFI ตั้งแต่ปี 48-52 กรณีค่า R-square น้อยกว่า 0.5	32
10	แสดงเส้นแนวโน้มดัชนี SAIFI ตั้งแต่ปี 49-52 กรณีค่า R-square มากกว่า 0.5	33
11	แสดงหน้าต่างการใช้ Solver Add-in ใน Excel 2007	35
12	แสดงการตั้งค่าใน Solver Parameters ก่อนปรับค่าอัตราการล้มเหลว	36
13	แสดงการ Add Constraint ของสมการเงื่อนไข	36
14	แสดงค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้ผ่านกระบวนการปรับแล้ว	37
15	แสดงกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของสายป้อน KSW05 (B)	42
16	กราฟความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลของสายป้อน KSW05(B)	43
17	กราฟความถี่สะสมของการแจกแจงแบบไวบูลล์สายป้อน CMA01(H)	44
18	กราฟความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบไวบูลล์สายป้อน CMA01(H)	45
19	แสดงผังการจ่ายไฟฟ้าของสายป้อน CRA06	57
20	ระบบพื้นฐานสำหรับสายป้อน CRA06	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
ก1	แสดงฐานข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่เป็นผลจากการทริปของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท (EventCustom 48-52)	83
ก2	แสดงรายละเอียดฐานข้อมูล LineAndCom ที่ใช้คำนวณผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน	88
ก3	แสดงรายละเอียดข้อมูลที่นำไปใช้คำนวณระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน	95
ก4	แสดงระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน(TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน	96
ก5	แสดงขั้นตอนการคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่จะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) โดยโปรแกรม Minitab 15.0	97
ก6	แสดงขั้นตอนการคำนวณอัตราการล้มเหลวสำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ในโปรแกรม Minitab 15.0	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\overline{\lambda}_i$	=	อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i
$\Delta\lambda_i$	=	การเปลี่ยนแปลงของอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i จากการปรับค่า
λ_i	=	อัตราการล้มเหลวหลังปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i
$MTTF$	=	ระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่จะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน
PDF	=	ฟังก์ชันความหนาแน่นการแจกแจง
CDF	=	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม
β	=	Shape Parameter
α	=	Scale Parameter
$SAIFI$	=	ค่าดัชนีจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ย (ครั้ง/ราย/ปี)
$SAIDI$	=	ค่าดัชนีระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย (นาที/ราย/ปี)
$\overline{SAIFI}(t)$	=	ค่าดัชนี SAIFI ที่คำนวณได้จากเส้นแนวโน้มเอ็กซ์โพเนนเชียลของข้อมูลปี 2548-2552
$\overline{SAIFI}_{52}$	=	ค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่คำนวณได้จากเส้นแนวโน้ม
$ObjF(\Delta\lambda_i)$	=	ฟังก์ชันจุดประสงค์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการหาอัตราการล้มเหลวเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายกำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Failure Rate Calculation Method for Reliability Assessment of PEA Power Distribution Systems

คำนำ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้มีการบันทึกข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายมาเป็นระยะเวลาหลายปี ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาคำนวณหาอัตราการล้มเหลว (Failure rate) ของ sections ในระบบจำหน่ายที่ต้องการพิจารณาได้โดยที่อัตราการล้มเหลวบ่งบอกถึงจำนวนครั้งเฉลี่ยที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) ใน 1 ปี โดยมีสาเหตุมาจากการลัดวงจรใน sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันนั้น ซึ่งในการวิเคราะห์และประเมินความเชื่อถือได้จะต้องพิจารณาอัตราการล้มเหลวเหล่านี้ โดยใช้สมมุติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบไวบูลล์ เนื่องจากการแจกแจงทั้ง 2 แบบเป็นที่นิยมในการวิเคราะห์หาอัตราการล้มเหลว วรา วราวิทย์ (2545)

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำข้อมูลสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องระหว่างปี 2548-2552 มาพิจารณาหาค่าอัตราการล้มเหลวโดยใช้สมมติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและแบบไวบูลล์ อย่างไรก็ดีเมื่อนำค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้จากขั้นตอนนี้ไปประเมินค่าดัชนีความเชื่ อถือได้ของระบบจำหน่าย พบว่าผลลัพธ์มีความคลาดเคลื่อนจากค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ เกิดขึ้นมาก ดังนั้นเพื่อเพิ่มความถูกต้องของการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในปัจจุบันและในอนา คต จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับค่าอัตราการล้มเหลวเหล่านี้ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ซึ่งงานวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) สำหรับการปรับค่าอัตราการล้มเหลวดังกล่าว อัตราการล้มเหลว ที่ได้หลังการปรับค่าแล้วจะสามารถประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าปัจจุบัน และแผนงานปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาฐานข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (จฟ.3) โดยพิจารณาจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์

2. คำนวณหา ค่าอัตราการล้มเหลว ของส่วนของสายป้อน (sections) ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท โดยใช้ฐานข้อมูลเหตุก ารณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (จฟ.3) ระหว่างปี 2548-2552

3. พัฒนาขั้นตอนการปรับค่าอัตราการล้มเหลวให้มีความเหมาะสมที่สุด โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming)

4. นำเสนอขั้นตอนการนำค่าอัตราการล้มเหลวดังกล่าวไปใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. อัตราการล้มเหลว (Failure Rate)

วรา (2545) อัตราการล้มเหลว (Failure Rate) คือ จำนวนของอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่คาดว่าจะเสียในช่วงเวลาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้าฟิวส์เสีย โดยเฉลี่ยหนึ่งตัวในทุก 1000 ชั่วโมง ฟิวส์ดังกล่าวจะมีอัตราการล้มเหลวเท่ากับหนึ่งการล้มเหลวต่อ 1000 ชั่วโมง หรือ 1/1000 ความเชื่อถือได้ $R(t)$ ของอุปกรณ์ หรือ ของระบบถูกนิยามเป็นความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของระบบที่จะทำงานอย่างถูกต้องตลอดช่วงเวลา $[t_0,t]$ โดยที่ระบบทำ งานอย่างถูกต้องที่เวลา t_0 สมมุติว่ามีอุปกรณ์ทั้งหมด N ชุด และให้อุปกรณ์ทั้ง N ชุดเริ่มทำงานได้อย่างสมบูรณ์ที่เวลา t_0 จากนั้นทำการบันทึกค่าอุปกรณ์ที่เสีย และอุปกรณ์ที่ยังทำงานได้ที่เวลา t ให้ $N_f(t)$ เป็นจำนวนอุปกรณ์ที่เสียที่เวลา t และ $N_0(t)$ เป็นจำนวนอุปกรณ์ที่ยังทำงานได้ที่เวลา t โดยสมมุติให้ถ้าอุ ปกรณ์เสียแล้วจะไม่สามารถกลับขึ้นมาทำงานได้อีก ค่าความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ที่เวลา t แสดงตามสมการที่ (1)

$$R(t)=\frac{N_0(t)}{N}=\frac{N_0(t)}{N_0(t)+N_f(t)} \tag{1}$$

นั่นคือค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ทำงานได้ในช่วงเวลา $[t_0,t]$ ความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้ เรียกว่าความไม่น่าเชื่อถือ $F(t)$ ดังสมการที่ (2)

$$F(t)=\frac{N_f(t)}{N}=\frac{N_f(t)}{N_0(t)+N_f(t)} \tag{2}$$

ที่เวลา t ใดๆค่า $R(t)=1-F(t)$ ดังสมการที่ (3) เนื่องจาก

$$R(t)+F(t)=\frac{N_0(t)+N_f(t)}{N_0(t)+N_f(t)}=1 \tag{3}$$

สามารถเขียนฟังก์ชั่นของความน่าจะเป็นได้ตามสมการที่ (4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$R(t) = 1 - \frac{N_f(t)}{N} \tag{4}$$

ค่าฟังก์ชั่นของอัตราการล้มเหลว (Failure Rate Function) มีหน่วยเป็นจำนวนที่ล้มเหลวต่อเวลา ค่าฟังก์ชั่นของอัตราการล้มเหลวดังกล่าว ซึ่งสามารถแสดงอยู่ในรูปของความน่าเชื่อถือ $R(t)$ ได้ดังสมการที่ (5)

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_0(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} = -\frac{N}{N_0(t)} \frac{dR(t)}{dt} \tag{5}$$

โดยที่ค่า $\frac{N}{N_0(t)}$ เป็นส่วนกลับของฟังก์ชั่นความน่าเชื่อถือ $R(t)$ ดังนั้น สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (6)

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \tag{6}$$

เมื่อจัดรูปสมการใช้อยู่ในรูปของ (Differential equation) จะได้

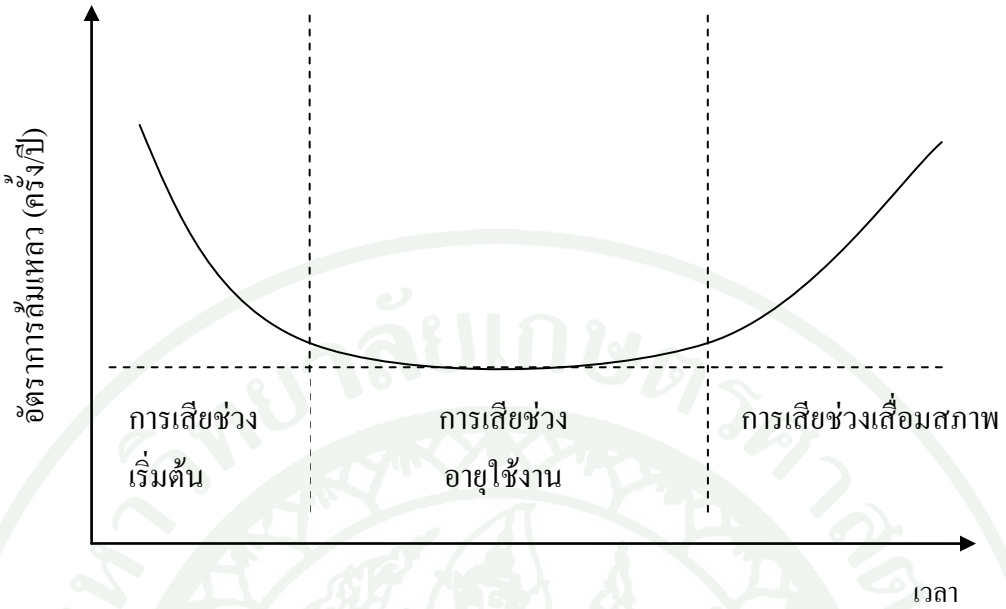
$$\frac{dR(t)}{dt} = -\lambda(t)R(t) \tag{7}$$

ถ้าสมมุติให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงใช้งาน ซึ่งค่าอัตราการล้มเหลวมีค่าคงที่เท่ากับ λ สามารถแก้สมการโดย (Differential equation) ได้ดังสมการที่ (8)

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{8}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชั่นของอัตรา การล้มเหลวกับเวลาของอุปกรณ์มัก อธิบายด้วย Bath tub Curve หรือเส้นกราฟรูปอ่างน้ำดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการล้มเหลวกับเวลาเป็นเส้นโค้งที่มีรูปลักษณะอ่างน้ำ

ช่วงที่ 1 เรียกว่าช่วงเวลาแรกเริ่ม (Early Life) มีอัตราการล้มเหลวสูงเนื่องจากการติดตั้งไม่เหมาะสมหรืออุปกรณ์มีข้อบกพร่องมาจากกระบวนการผลิตหรือกระบวนการขนส่ง ในบางครั้งเรียกช่วงแรกเริ่ม หรือ เริ่มแรกนี้ว่า ช่วงเบิร์นอิน (Burn In) และเมื่อทำการศึกษาในเชิงสถิติแล้วพบว่าการแจกแจงของอัตราการล้มเหลวในช่วงเวลานี้จะใช้การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) วรา วราวิทย์ (2545)

ช่วงที่ 2 เรียกว่า ช่วงการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ได้ดี (Useful Life) หมายถึงว่า หลังจากที่มีการตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์ข้อบกพร่องในช่วงแรกเริ่มแล้ว จะได้อุปกรณ์ที่บกพร่องน้อยหรืออาจจะไม่มีความบกพร่องเลย ในช่วงนี้อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ค่อนข้างคงที่ นั่นคือการเสียของอุปกรณ์จึงเป็นแบบสุ่ม และเมื่อทำการศึกษาในเชิงสถิติแล้วจะพบว่าการแจกแจงของอัตราการล้มเหลวในช่วงเวลานี้เป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) วรา วราวิทย์ (2545)

ช่วงที่ 3 เรียกว่า ช่วงเสื่อมถอย (Wear - Out) โดยปกติอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอายุการใช้งานมากถึงระยะเวลาหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพ และอัตราการล้มเหลวจะเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้อาจต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่เป็นจำนวนมาก การอธิบายลักษณะการแจกแจงของอัตราการล้มเหลวในช่วงเวลานี้ในทางสถิติใช้การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) วรา (2545)

ในเรื่องความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์นั้นมักให้ความสนใจและศึกษาในช่วงระยะเวลาที่ 2 หรือช่วงการใช้ประโยชน์

2. ระยะเวลาทำงานเฉลี่ย

วรา (2545) ระยะเวลาทำงานเฉลี่ย (Mean Time to Failure) คือ ระยะเวลาที่คิดว่าระบบจะสามารถทำงานได้ก่อนการเสียครั้งแรกจะเกิดขึ้น เช่น ถ้ามีระบบที่เหมือนกันทุกประการ N ชุด เริ่มทำงานพร้อมกันที่เวลา t_0 และทำการจับเวลาการทำงานของอุปกรณ์ก่อนเกิดการล้มเหลวในการทำงานครั้งแรก ค่าเฉลี่ยของเวลาดังกล่าว คือ ค่า $MTTF$ ถ้าระบบ i สามารถทำงานเป็นเวลา t_i ก่อนจะเสียหายครั้งแรก ค่า $MTTF$ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{N} t_i}{N} \tag{9}$$

ค่า $MTTF$ สามารถหาค่าได้จากค่าคาดหวังของค่าเวลาก่อนการเสียครั้งแรก จากทฤษฎีความน่าจะเป็น ค่าคาดหวัง $E[t]$ มีค่าดังสมการที่ (10)

$$MTTF = E[t] = \int_{-\infty}^{\infty} tf(t)dt \tag{10}$$

เมื่อค่า $f(t)$ คือฟังก์ชั่นความหนาแน่นของการล้มเหลว และช่วงการอินทิกรัล อยู่ในช่วง 0 ถึง ∞ เนื่องจากเรานิยามการทำงานของระบบจากเวลา $t = 0$ ค่าฟังก์ชั่นความหนาแน่นของการล้มเหลวมีค่าดังสมการที่ (11)

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \tag{11}$$

ดังนั้นสามารถ เขียนสมการ $MTTF$ ได้ดังสมการที่ (12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \frac{dF(t)}{dt} dt \tag{12}$$

จาก $\frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt}$ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (13)

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \frac{dF(t)}{dt} dt = -\int_0^{\infty} t \frac{dR(t)}{dt} dt \tag{13}$$

จากสมการที่ (13) ทำการอินทิเกรทแยกส่วนซึ่งจะได้

$$MTTF = [-tR(t) + \int R(t)dt]_0^{\infty} = \int_0^{\infty} R(t)dt \tag{14}$$

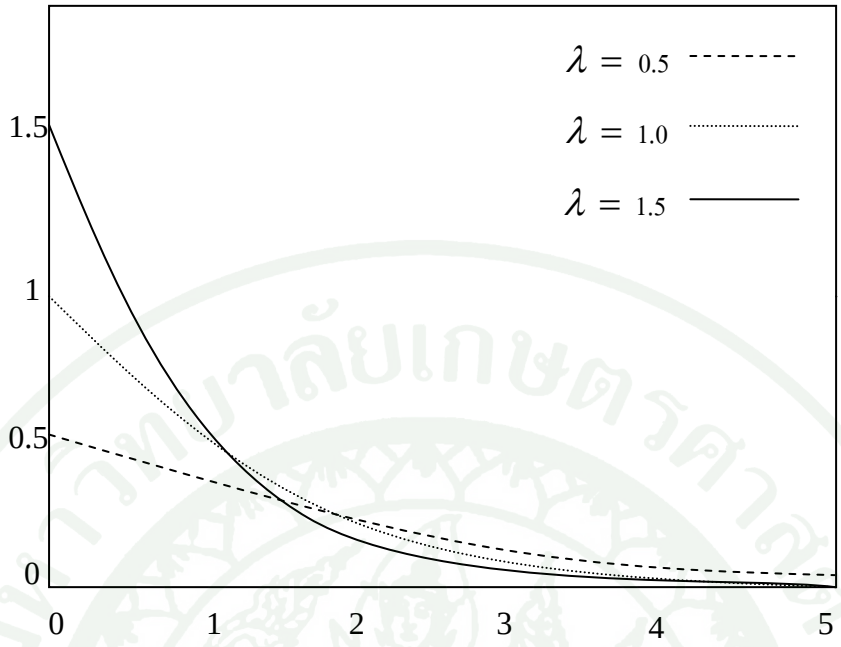
ดังนั้น สามารถหาระยะเวลาที่ระบบจะทำงานเฉลี่ยได้ดังสมการที่ (14)

3. การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

วรา (2545) ในทางทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลจัดอยู่ในการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Probability Distribution) ซึ่งมีการใช้งานอย่างกว้างขวางเพื่อศึกษาระยะห่างหรือช่วงเวลาที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ บางครั้งเรียกว่า การศึกษาอายุการใช้งานหรือช่วงเวลาในการพบข้อผิดพลาด “Time to Failure” เมื่อฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF) ถูกแสดงในสมการที่ (15) เมื่อฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function, CDF) ถูกแทนด้วยสมการที่ (16) เมื่อ λ คือ พารามิเตอร์อัตรา (Rate Parameter) และมีค่าสเกลพารามิเตอร์ (Scale Parameter)

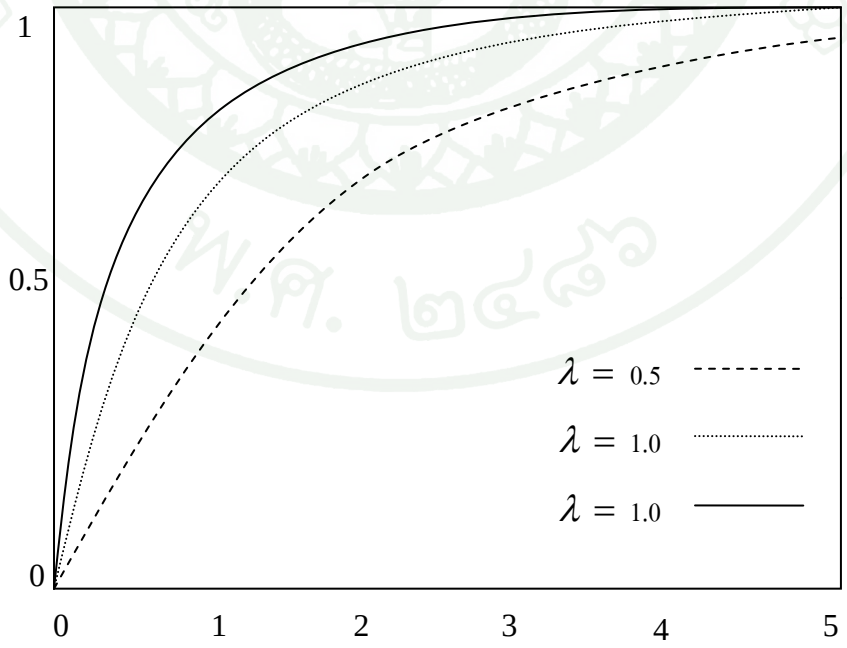
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \qquad \text{เมื่อ } t > 0 \tag{15}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (PDF หรือ $f(t)$)

$$F(t)=\int_0^t f(t)dt=1-e^{-\lambda t} \quad \text{เมื่อ } t>0 \tag{16}$$



ภาพที่ 3 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (CDF หรือ $F(t)$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงานไปจนถึงเวลา t คือ ฟังก์ชันความเชื่อถือได้ *R(t)* ตามสมการที่ (17)

$$R(t) = \int_{t}^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt = e^{-\lambda t} \qquad \text{เมื่อ } t > 0 \tag{17}$$

ระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ ($MTTF$) ซึ่งในทางวิศวกรรมมักเรียกว่า ระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (18)

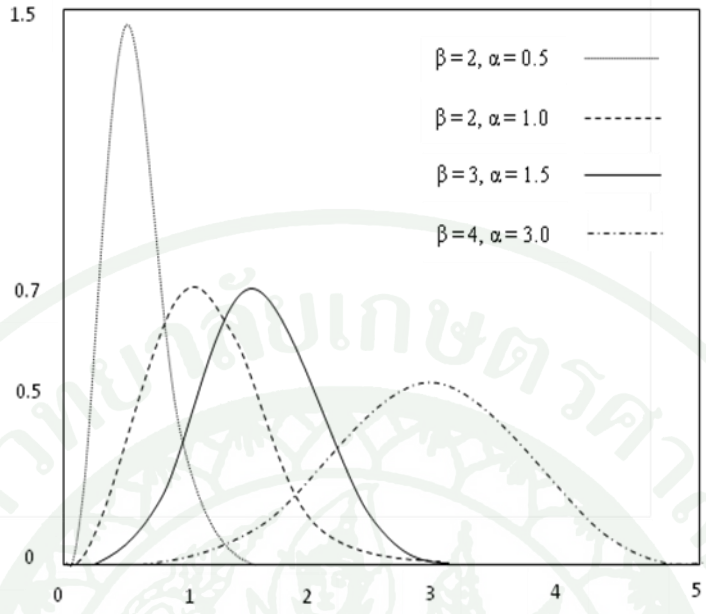
$$MTTF = \int_{0}^{\infty} tf(t)dt = \int_{0}^{\infty} \lambda t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda_i} \quad \text{เมื่อ } t > 0 \tag{18}$$

4. การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

วรา (2545) การแจกแจงไวบูลล์เป็นการแจกแจงที่ถูกใช้กันมากในทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะทางการทดสอบเกี่ยวกับอายุของอุปกรณ์และการประมาณอายุการทำงานของอุปกรณ์ สำหรับความเชื่อถือได้ของระบบ โดยให้ t เป็นตัวแปรสุ่มแทนอายุของชิ้นส่วนของอุปกรณ์ที่เหลือก่อนที่จะเสีย เมื่อ $f(t)$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF) แสดงตามสมการที่ (19) เมื่อฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative distribution function, CDF) สามารถแทนโดยสมการที่ (20)

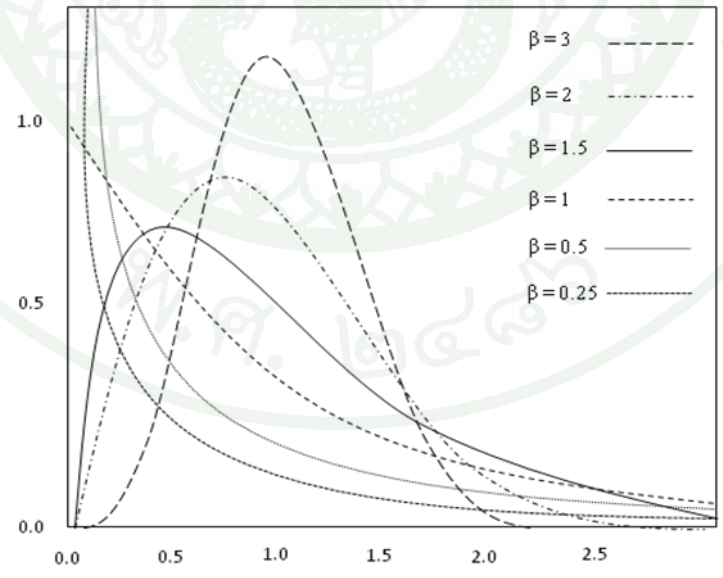
$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} \qquad \text{เมื่อ } t > 0 \tag{19}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบไวบูลล์ (PDF หรือ $f(t)$)

$$F(t)=\int_0^t f(t)dt=1-e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} \qquad \text{เมื่อ } t>0 \tag{20}$$



ภาพที่ 5 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบไวบูลล์ (CDF หรือ $F(t)$)

โดยที่ α = พารามิเตอร์รูปร่าง

β = พารามิเตอร์สเกล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Scale Parameter (α) คือ พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแกนเวลา ถ้าพารามิเตอร์นี้เพิ่มหรือลดจะทำให้การแจกแจงเปลี่ยนแปลงไปตามแกนเวลา

Shape Parameter (β) คือ พารามิเตอร์ที่บอกลักษณะของเส้นโค้งที่ใช้อธิบายลักษณะอัตราการล้มเหลว และบอกว่าเป็นการแจกแจงแบบใด ซึ่งค่าของพารามิเตอร์นี้มีช่วงที่น่าสนใจอยู่ 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ Shape Parameter มีค่าอยู่ระหว่าง $0 < \beta < 1$ อัตราการล้มเหลวจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

ช่วงที่ Shape Parameter (β =1) เป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยที่อัตราการล้มเหลวจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

ช่วงที่ Shape Parameter (β >1) ชี้ให้เห็นถึงลักษณะของอุปกรณ์ที่ผ่านช่วงทดลองไปแล้วและกำลังใช้งานอยู่ ในช่วงนี้อัตราการล้มเหลวจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามเวลา

สำหรับความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงานไปจนถึงเวลา t คือ ฟังก์ชันความเชื่อถือได้ $R(t)$ ตามสมการที่ (21)

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} \qquad \text{เมื่อ } t > 0 \tag{21}$$

ระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงาน ($MTTF$) ซึ่งในทางวิศวกรรมมักเรียกว่า ระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (22)

$$MTTF = \alpha\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \tag{22}$$

โดยที่ h(t) คือ hazard function ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ (23)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} \tag{23}$$

ซึ่งค่าจะเพิ่มขึ้นตามเวลาเมื่อ $\beta > 1$, ลดลงเมื่อ $\beta < 1$ และคงที่เมื่อ $\beta = 1$ ค่าเฉลี่ยของอัตราการล้มเหลว สามารถหาได้จากสมการที่ (24)

$$\lambda_i = \frac{1}{MTTF}\int_0^{MTTF} h(t)dt = \frac{1}{MTTF}\int_0^{MTTF} \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}}dt = \frac{1}{MTTF}\left[\frac{MTTF}{\alpha}\right]^{\beta} \tag{24}$$

5. การนำค่าอัตราการล้มเหลวไปคำนวณค่าดัชนี SAIFI และSAIDI

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคตอาศัยข้อมูลในอดีต ซึ่งใช้คำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลว (λ_i) และระยะเวลาซ่อม (r_i) ของอุปกรณ์ในระบบได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการนำไปคำนวณค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เพื่อการคาดเดาความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคตและผลการปรับปรุงความเชื่อถือได้ในแต่ละระบบ ดังรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไป

5.1 การคำนวณค่าดัชนี SAIFI จากสมรรถนะของระบบ

ชำนาญ (2549) การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคตต้องอาศัยข้อมูลสถิติกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ผ่านมาเพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลว เพื่อใช้คาดการณ์สมรรถนะของระบบในอนาคตอันเนื่องมาจากการปรับปรุงระบบจำหน่ายในรูปแบบต่างๆ และสามารถเปรียบเทียบการปรับปรุงในแต่ละระบบซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจากอัตราการล้มเหลว ซึ่งค่าดัชนีความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของระบบโดยเฉลี่ย หรือ *SAIFI* (System Average Interruption Frequency Index) หมายถึง ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ปี สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (25)

$$SAIFI = \frac{\Sigma \lambda_i N_i}{N_T} \tag{25}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ i คือ อุปกรณ์ i ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์

λ_i คือ อัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i

N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ i ทำงาน

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในสายป้อน

5.2 การคำนวณค่าดัชนี SAIDI จากสมรรถนะของระบบ

ชำนาญ (2549) ค่าดัชนีระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของระบบโดยเฉลี่ย หรือ SAIDI (System Average Interruption Duration Index) หมายถึง ค่าดัชนีแสดงระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น นาที/ราย/ปี ดังสมการที่ (26)

$$SAIDI = \frac{\sum(\lambda_i \times r_i) N_i}{N_T} \tag{26}$$

โดยที่ $U = \lambda_i \times r_i$

เมื่อ λ_i คือ อัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i

r_i คือ เวลาที่ใช้ในการนำระบบไฟฟ้ากลับมาใช้งานได้ตามปกติของการเกิดไฟฟ้าขัดข้องแต่ละอุปกรณ์ i

N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ i ทำงาน

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในสายป้อน

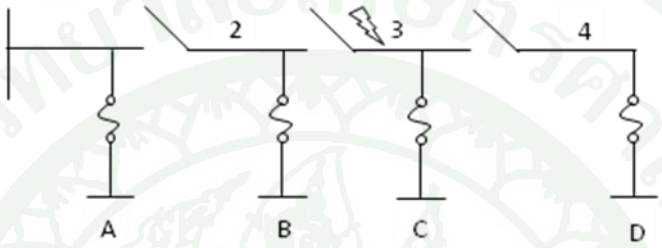
5.3 การคำนวณค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบจากอัตราการล้มเหลวด้วยวิธีพิจารณาที่จุดโหลด

ชำนาญ (2549) วิธีการคำนวณเพื่อหาค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบจำหน่ายด้วยวิธีพิจารณาที่จุดโหลด โดยผลของการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย เช่น การติดตั้งฟิวส์ในสายป้อนย่อย การมีสวิทซ์ตัดตอนในสายป้อนหลัก เป็นต้น นั้นส่งผลอย่างไรต่อค่า SAIFI และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SAIDI ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงกรณี ระบบพื้นฐาน ที่มีการเพิ่มฟิวส์ที่สายป้อนย่อย และสวิทซ์ตัดตอนในสายป้อนหลัก แสดงดังภาพที่ 6

กรณี ระบบพื้นฐาน ที่มีการเพิ่มฟิวส์ที่สายป้อนย่อย และสวิทซ์ตัดตอนในสายป้อนหลัก กำหนดให้ เวลาการแยกและสวิทซ์กลับทั้งหมดคือ 0.5 ชั่วโมง



ภาพที่ 6 ระบบพื้นฐาน ที่มีการเพิ่มฟิวส์ที่สายป้อนย่อย และสวิทซ์ตัดตอนในสายป้อนหลัก

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ความเชื่อถือได้สำหรับระบบดังภาพที่ 6

องค์ประกอบ	*ความยาว (กม.)*	λ *(ครั้ง/ปี)*	*r (ชั่วโมง)*
สายป้อนหลัก			
1	2	0.2	4
2	1	0.1	4
3	3	0.3	4
4	2	0.2	4
สายป้อนย่อย			
a	1	0.2	2
b	3	0.6	2
c	2	0.4	2
d	1	0.2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 จำนวนผู้ใช้ไฟแต่ละโหลดที่ต่ออยู่กับระบบ

จุดโหลด	*จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า(ราย)*
A	1000
B	800
C	700
D	500

เมื่อเกิดการลัดวงจรที่สายป้อนหลักตอนที่ 3 เบรคเกอร์ต้นทางจะเปิดวงจรออก ทำให้ผู้ใช้ไฟทั้งหมดไม่ได้รับไฟฟ้า ดังนั้นจุดโหลดทุกจุดถูกกระทบเนื่องจากการลัดวงจรดังกล่าว เพื่อให้มีไฟฟ้าใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าบางส่วนจะเปิดวงจรหน้าสายป้อนตอนที่ 3 และสับเบรกเกอร์ต้นทางทำให้จุดโหลด A และ B มีไฟฟ้าใช้ส่วนจุดโหลด C และ D ไม่มีไฟฟ้าใช้จนกว่าจะซ่อมสายป้อนตอนที่ 3 เสร็จ ในกรณีนี้จุดโหลด A และ B ไฟดับนานเท่ากับเวลาที่เสียไปในการสับสวิทซ์เท่านั้น ส่วนจุดโหลด C และ D ไฟดับนานเท่ากับเวลาที่ซ่อมสายป้อนตอนที่ 3 ซึ่งจากวิธีการดังกล่าวสามารถคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้แสดงดังตารางที่ 3 และเห็นว่าการที่มีสวิตซ์ตัดตอนเพิ่มในสายป้อนหลักทำให้ SAIFI ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่ SAIDI ลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบพื้นฐาน

การเสีย	*จุดโหลด A*			*จุดโหลด B*			*จุดโหลด C*			*จุดโหลด D*		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U	λ	R	U
สายป้อน												
1	0.2	4.0	0.80	0.2	4.0	0.80	0.2	4.0	0.80	0.2	4.0	0.80
2	0.1	0.5	0.05	0.1	4.0	0.40	0.1	4.0	0.40	0.1	4.0	0.40
3	0.3	0.5	0.15	0.3	0.5	0.15	0.3	4.0	1.20	0.3	4.0	1.20
4	0.2	0.5	0.10	0.2	0.5	0.10	0.2	0.5	0.10	0.2	4.0	0.80
สายป้อนย่อย												
a	0.2	2.0	0.40									
b				0.6	2.0	1.20						
c							0.4	2	0.80			
d										0.2	2	0.40
รวม	1.0	1.5	1.5	1.4	1.89	2.65	1.2	2.75	3.3	1.0	3.6	3.6

$$\text{SAIFI} = \frac{(1.0 \times 1,000) + (1.4 \times 800) + (1.2 \times 700) + (1.0 \times 500)}{1,000 + 800 + 700 + 500} = 1.15 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{(1.5 \times 1,000) + (2.65 \times 800) + (3.3 \times 700) + (3.6 \times 500)}{1,000 + 800 + 700 + 500} = 2.58 \text{ ชั่วโมง/ราย/ปี}$$

5.4 วิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming)

Chapra and Canale. (1998) ทฤษฎีพื้นฐานในการแก้ปัญหาด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักด้วยกัน ส่วนที่ 1 เรียกว่า ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) แล้วส่วนที่ 2 เรียกว่า สมการเงื่อนไข (constraints equation) โดยทั่วไป ฟังก์ชันจุดประสงค์ถูกแสดงดังสมการที่ (27) และสมการเงื่อนไขถูกแสดงดังสมการที่ (28)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$Minimize\ J = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n \tag{27}$$

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots + a_nx_n \geq b_n \tag{28}$$

เมื่อ J คือ ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์

c_i คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

a_i คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_i ในสมการเงื่อนไข

x_i คือ ค่าตัวแปรที่ i ซึ่งเป็นผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้น

b_n คือ ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP
3. โปรแกรม Microsoft Office 2007 (Word, Excel, PowerPoint และ Access)
4. โปรแกรม MINITAB 15.0
5. เครื่องพิมพ์และอื่นๆ

วิธีการ

การคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวในวิทยานิพนธ์นี้ใช้การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและแบบไวบูลล์ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการปรับค่าอัตราการล้มเหลวให้เหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งรายละเอียดได้แสดงดังภาพที่ 7 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ส่วนแรก คือ การคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อนโดยแยกตามรหัสอุปกรณ์ป้องกัน ต่อมาทำการหาระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่จะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) เพื่อทำการคำนวณหาอัตราการล้มเหลวก่อนปรับ ($\overline{\lambda}_i$) ตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์ และทำการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูล และรูปแบบการแจกแจง โดยพิจารณาค่า P-value ว่ามากกว่า 0.05 หรือไม่ ถ้าใช่แสดงว่าชุดข้อมูลมีการกระจายตัวสอดคล้องกับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และไวบูลล์ในระดับที่ยอมรับได้ ถ้าไม่ใช่จะคำนวณอัตราการล้มเหลวก่อนปรับด้วยวิธีการเฉลี่ยตามสมการที่ (29)

$$\overline{\lambda}_i = \frac{\text{จำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้อง}}{\text{(จำนวนอุปกรณ์ x จำนวนปีที่ขัดข้อง)}} \quad (29)$$

สำหรับกระบวนการหลัง คือ การหาเส้นแนวโน้มของค่าดัชนี SAIFI ของสายป้อนโดยพิจารณาจากสถิติค่าดัชนี SAIFI ในปี 2548-2552 โดยใช้สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล เส้นแนวโน้มที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้จะถูกตรวจสอบค่า R^2 มากกว่า 0.5 หรือไม่ เหตุผลที่เลือกค่า R^2 เท่ากับ 0.5 เป็นเกณฑ์ เพราะเส้นแนวโน้มที่ R^2 ระดับนี้จะมีความสอดคล้องกับข้อมูลจริงในระดับที่ยอมรับได้ ถ้าเลือกค่า R^2 ที่สูงกว่านี้เป็นเกณฑ์ จะเป็นผลให้เส้นแนวโน้มส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์เพราะค่าดัชนี SAIFI ในอดีตของสายป้อนหลายแห่งมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ สภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ค่าสถิติดัชนี SAIFI ของสายป้อนหนึ่งๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นแนวโน้มมี 5 ปี (ปี 2548-2552) ในกรณีที่เส้นแนวโน้มให้ค่า R^2 สูงกว่า 0.5 จะใช้เส้นแนวโน้มนั้นประเมินค่าดัชนี SAIFI ที่ควรจะเป็นในปี 2552 ได้ ($\overline{SAIFI}_{52}$) เหตุผลที่งานวิทยานิพนธ์นี้ไม่ใช้ค่าสถิติดัชนี SAIFI ปี 2552 โดยตรง เพราะต้องการลดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของสภาพอากาศและปัจจัยอื่นๆ อาจทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้องมีจำนวนน้อยหรือมากกว่าปกติออกไป

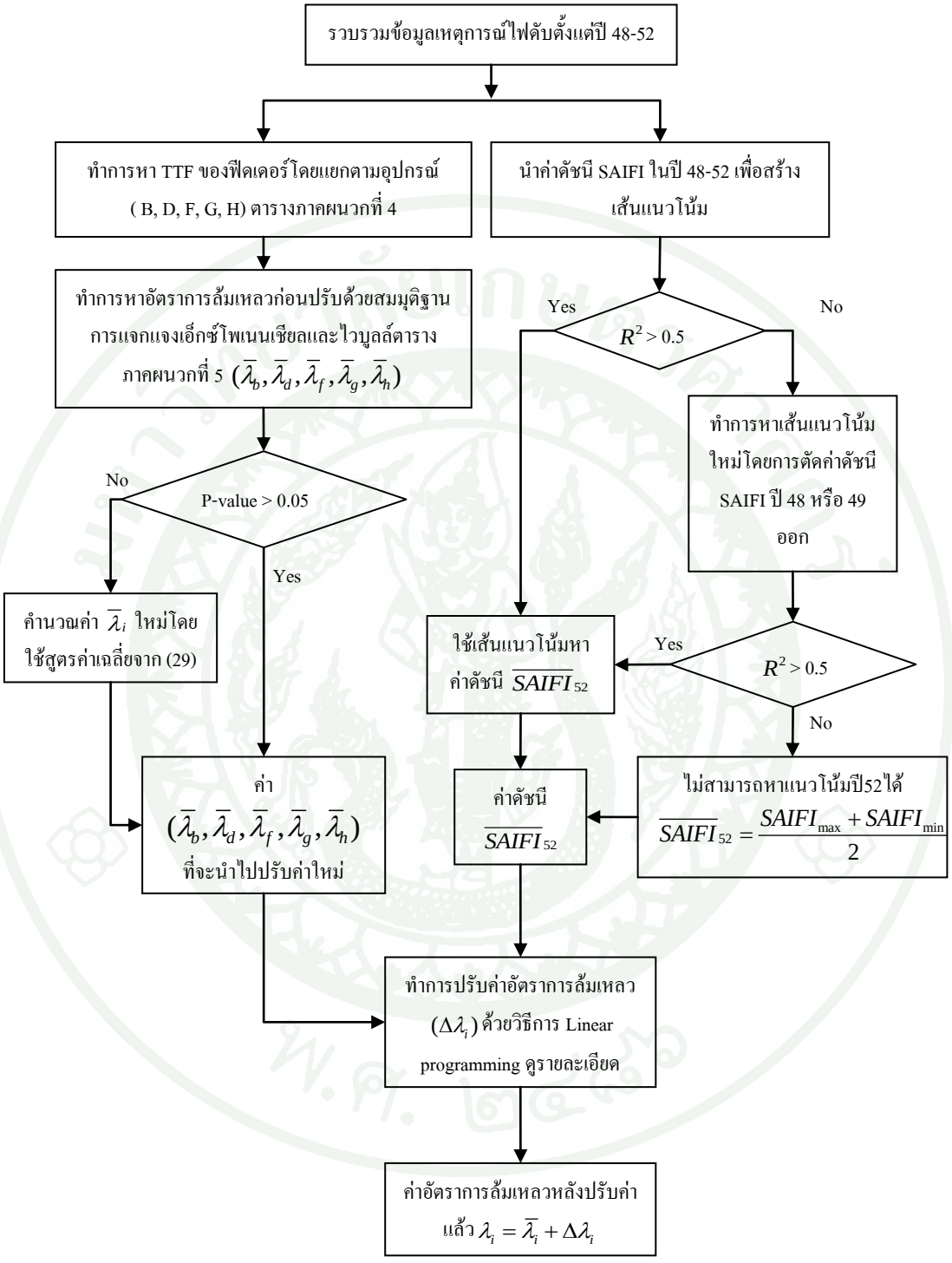
สำหรับในกรณีที่เส้นแนวโน้มของสายป้อนไม่ผ่านเกณฑ์ (R^2 น้อยกว่า 0.5) งานวิจัยนี้จะพิจารณาตัดค่าดัชนี SAIFI ในปี 2548 ออกเป็นลำดับแรกเนื่องจากเป็นปีที่ห่างจากปีปัจจุบันมากที่สุด เพราะมีความเป็นไปได้สูงที่รูปแบบการจ่ายไฟ สภาพแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพอื่นๆ จะมีความแตกต่างจากระบบปัจจุบัน ซึ่งถ้าค่า R^2 ใหม่ที่ได้จากเส้นแนวโน้มของข้อมูลที่เหลือยังมีค่าต่ำกว่า 0.5 จะพิจารณาตัดค่าดัชนี SAIFI ในปี 2549 ออกในลำดับถัดไป ในกรณีที่ค่า R^2 จากข้อมูลที่เหลือเพียง 3 ค่าจากปี 2550-2552 ยังคงต่ำกว่า 0.5 จะคำนวณค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ โดยใช้สมการที่ (30)

$$\overline{SAIFI}_{52} = \frac{SAIFI_{\max} + SAIFI_{\min}}{2} \tag{30}$$

โดยที่ $SAIFI_{\max}$ คือ ค่าดัชนีจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยสำหรับปีที่สูงที่สุด

$SAIFI_{\min}$ คือ ค่าดัชนีจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยสำหรับปีที่ต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับอัตราการล้มเหลวปี 52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การคำนวณอัตราการล้มเหลว

1.1 การทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงด้วยวิธีสารูปสนิทดี (Goodmess of Fit)

เปรมใจ (2548) การตั้งสมมติฐานว่าข้อมูลนั้นๆมีการแจกแจงแบบใดแบบหนึ่ง โดยที่ไม่ได้มีการทดสอบการแจกแจงข้อมูลเสียก่อน จะนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณได้ค่อนข้างมาก ซึ่งหากสมมติฐานที่ตั้งไว้นั้นไม่ถูกต้อง หรือไม่อยู่ในช่วงระดับความมั่นใจ (ConfidentIntervals) โดยปกติช่วงความเชื่อมั่นจะกำหนดอยู่ที่ระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 ซึ่งค่า P-value จะบ่งบอกถึงระดับนัยสำคัญ α ที่น้อยที่สุดที่จะปฏิเสธ H0 ถ้าค่า P-value น้อยแสดงว่ามีข้อมูลหรือหลักฐานขัดแย้งกับ H0 มาก แต่ถ้าค่า P-value มาก แสดงว่า มีข้อมูลหรือหลักฐานที่แย้งกับ H0 น้อยซึ่งแสดงถึงว่าสอดคล้องกับการแจกแจงนั้น ดังนั้น ถ้าค่า P-value > 0.05 ยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) แต่ถ้าค่า P-value < 0.05 จะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (Alternative Hypothesis)

การทดสอบสมมุติฐานจะใช้การทดสอบด้วยวิธี Goodness of Fit (GoF) เป็นกระบวนการทดสอบว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้นั้นเป็นจริงหรือไม่ โดยการทดสอบ GoF มีพื้นฐานมาจากการแจกแจงทั่วไป 2 ชนิดคือ ฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function, CDF) และฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็น (ProbabilityDensity Function, PDF) ซึ่งขบวนการที่มีพื้นฐานมาจาก CDF จะเรียกว่า การทดสอบทางระยะห่าง (Distance Test) โดยการทดสอบ Anderson-Darling GoF (AD) เป็นการทดสอบทางระยะห่าง ส่วนขบวนการทดสอบที่มีพื้นฐานมาจาก PDF จะเรียกว่า การทดสอบทางพื้นที่ (Area Test) ซึ่งการทดสอบ Chi-Square GoF เป็นการทดสอบทางพื้นที่ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป ดังนี้

1.1.1 การทดสอบด้วยวิธี Anderson-Darling GOF

Romeu (2554) การทดสอบด้วยวิธี Anderson-Darling ใช้ได้ดีโดยเฉพาะเมื่อกำหนดสมมติฐานว่าข้อมูลนั้นมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบไวบูลล์ และแบบปกติ เพื่อทำการหาพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแบบต่างๆ ซึ่งในการทดสอบดังสมการที่ (35) จะดูจากค่านัยสำคัญ (OSL) ที่ 0.05 เป็นหลัก ถ้าค่า OSL > 0.05 แสดงว่าการแจกแจงดังกล่าวเป็นไปตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในทางกลับกันถ้าค่า OSL < 0.05 แสดงว่าการแจกแจงดังกล่าวไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

$$AD = \sum_{i=1}^{n} \frac{(1-2i)}{n} [\ln(1-\exp(-Z_{(i)})) - Z_{(n+1-i)}] - n \quad (35)$$

เมื่อ $$Z_{(i)} = \left(\frac{X_i}{\alpha} \right)^{\beta}$$

โดยที่ค่านัยสำคัญ $$OSL = \frac{1}{1+e^{(-0.1+1.24\ln(AD^*)+4.48(AD^*))}}$$

และ $$AD^* = (1+0.2/\sqrt{n})AD$$

โดยที่ X_i = ค่าของข้อมูลที่ i

β = ค่าพารามิเตอร์รูปร่าง (shape parameter)

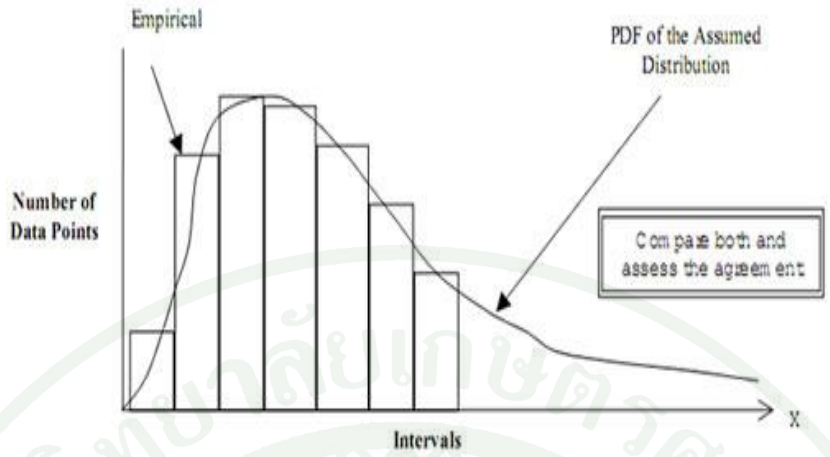
α = ค่าพารามิเตอร์สเกล (scale parameter)

n = จำนวนข้อมูล

1.1.2 การทดสอบด้วยวิธี Chi-Square GOF

Romeu (2554) การทดสอบด้วยวิธี Chi-Square เป็นไปตามหลักการพื้นฐาน ในฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น PDF ของสมมุติฐานการแจกแจง ถ้าการแจกแจงนี้ถูกต้องตาม PDF ควรจะครอบคลุมช่วงข้อมูลของ X ดังนั้นจึงเลือกค่าช่วงข้อมูลนี้ดังภาพที่ 8 ที่แบ่งเป็นหลายๆ ช่วงจากนั้นทำการคำนวณจำนวนจุดข้อมูลในแต่ละช่วงข้อมูล ค่าเหล่านี้เรียกว่า ค่าสังเกต (O_i) ต่อมาทำการคำนวณตัวเลขที่ควรจะได้ลงในช่วงเดียวกันนี้ตาม PDF ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานการแจกแจงเหล่านี้เรียกว่า ค่าคาดหวัง (E_i) และการทดสอบไคสแควร์ (χ^2) ต้องมีอย่างน้อยห้าข้อมูลในทุกๆข้อมูล สุดท้ายทำการเปรียบเทียบผลทั้งสอง ระหว่าง ค่าคาดหวัง (E_i) และค่าสังเกต (O_i) เพื่อทดสอบ GoF ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 แนวคิดพื้นที่ทดสอบสารูปสนิทดี

ขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- แบ่งช่วงข้อมูลของ x ภายใน k ช่วงข้อมูล
- นับจำนวนจุดข้อมูลภายในแต่ละช่วงข้อมูลฮีสโทแกรม
- กำหนด PDF ของสมมุติฐานการแจกแจง
- เปรียบเทียบฮีสโทแกรมกับ PDF
- ถ้าความน่าจะเป็นที่ได้นั้นเป็นที่ยอมรับแสดงว่าสมมุติฐานการแจกแจงถูกต้อง
- ถ้าความน่ าจะเป็นที่ได้นั้นไม่เป็นที่ยอมรับแสดงว่าสมมุติฐานการแจกแจงไม่ถูกต้อง

สูตรสำหรับการทดสอบด้วย Chi-square เป็นไปตามสมการที่ 36

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{36}$$

โดยที่ $DF = k - n_{parameter} - 1$

เมื่อ E_i คือ ค่าคลาดหวังของข้อมูลในเซลล์ i ($E_i \geq 5$)

O_i คือ ค่าสังเกตของข้อมูลในเซลล์ i

k คือ ผลรวมของจำนวนเซลล์หรือช่วงที่สนใจ

n คือ ขนาดตัวอย่างสำหรับการดำเนินการทดสอบไคสแควร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DF คือ ระดับความอิสระของไคสแควร์

1.2 การทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลว

จากการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลจะใช้สมการที่ (18) คำนวณหาระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้ดังสมการที่ (37)

$$MTTF = \int_0^\infty tf(t)dt = \int_0^\infty \lambda te^{-\lambda t}dt = \frac{1}{\lambda_i} \tag{37}$$

จากผลที่คำนวณได้ตามสมการที่ (37) อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ($\overline{\lambda}_i$) สามารถหาจากสมการที่ (38)

$$\overline{\lambda}_i = \frac{1}{MTTF} \tag{38}$$

ในการทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธี Anderson-Darling GOF ได้ยกตัวอย่างการทดสอบว่าเป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลหรือไม่ ซึ่งได้นำข้อมูลระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน ในที่นี้สนใจ (sections) ของสายป้อนที่เบรคเกอร์ 22 kV ป้องกันอยู่ทำงาน จากการไฟฟ้าเขต ต.1 จังหวัดประจวบคีรีขันต์ สายป้อน HUB01 (B) ดังนี้ 4738 13034 17221 24735 27244 38898 46391 56031 81226 85010 128103 153593 187247 266917 347078 565782 ทำการหาพารามิเตอร์ของเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีวาดกราฟ ซึ่งจะได้ค่าพารามิเตอร์ α =127703 β =1 แทนลงสมการที่ (35) ซึ่งรายละเอียดการทดสอบได้แสดงดังตารางที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ค่าที่ทดสอบการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธี Anderson-darling ตามสมการที่ (35)

i	Uptime	Z(i)	ExpProb	Exp(-Z(i))	ln(1-Exp(-Z(i)))	Zn+1-i	ith-term
1	4738	0.0371	0.0364	0.9636	-3.3126	4.4305	0.4839
2	13034	0.1021	0.0970	0.9030	-2.3327	2.7179	0.9470
3	17221	0.1349	0.1262	0.8738	-2.0702	2.0901	1.3001
4	24735	0.1937	0.1761	0.8239	-1.7368	1.4663	1.4013
5	27244	0.2133	0.1921	0.8079	-1.6496	1.2027	1.6045
6	38898	0.3046	0.2626	0.7374	-1.3372	1.0031	1.6090
7	46391	0.3633	0.3046	0.6954	-1.1887	0.6657	1.5067
8	56031	0.4388	0.3552	0.6448	-1.0352	0.6361	1.5668
9	81226	0.6361	0.4706	0.5294	-0.7537	0.4388	1.2670
10	85010	0.6657	0.4861	0.5139	-0.7214	0.3633	1.2880
11	128103	1.0031	0.6333	0.3667	-0.4569	0.3046	0.9994
12	153593	1.2027	0.6996	0.3004	-0.3572	0.2133	0.8202
13	187247	1.4663	0.7692	0.2308	-0.2624	0.1937	0.7126
14	266917	2.0901	0.8763	0.1237	-0.1320	0.1349	0.4503
15	347078	2.7179	0.9340	0.0660	-0.0683	0.1021	0.3088
16	565782	4.4305	0.9881	0.0119	-0.0120	0.0371	0.0951
						total ith	16.3607
						AD	0.3607
						AD*	0.3788
						OSL	0.4030

จากตารางที่ 6 ค่า OSL = 0.4030 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นสมมุติฐานหลักไม่ถูกปฏิเสธ จึงทำให้สรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ต่อมาทำการทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธี Chi-square GOF ยกตัวอย่างการทดสอบว่าเป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลหรือไม่ ซึ่งได้นำข้อมูลระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน ในที่นี้สนใจ (Sections) ของสายป้อนที่ฟิวส์ ป้องกันอยู่ทำงาน จากการไฟฟ้าเขต ก.1 อำเภออรัญประเทศ สายป้อน ARA10 (H) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2360 4120 6635 8327 9370 15695 34143 49570 55317 70745 72275 73467 91530 97685 103178 105472 111996 147012 153000 153690 157590 309775 ทำการหาพารามิเตอร์ของเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีวาดกราฟ จะได้ค่า α =84483, β =1 ดังนั้น ทำการประมาณค่าด้วยข้อมูลที่ระดับความอิสระไคสแควร์เป็น $DF = k - n_{parameter} - 1$ เลือก k =5 เพราะฉะนั้น DF =2 ซึ่งรายละเอียดการทดสอบได้แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าที่ทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธี Chi-square GOF

i	IntEnd	StdEnd	CumProb	CellProb	Expect	Obsvd	(e-o)^2/e
1	10000	1.005110	0.111630	0.111630	2.455861	5	2.635590
2	60000	0.319646	0.508455	0.396825	8.730152	4	2.562881
3	100000	0.228726	0.693847	0.185392	4.078620	5	0.208144
4	150000	0.914190	0.830602	0.136755	3.008615	4	0.326677
5	Infin	Infin	1.000000	0.169398	3.726753	4	0.020035
			Totals	1.000000	22.000000	22	5.753327

จากตารางที่ 5 ค่าจากการทดสอบ χ^2 = 5.7533 < $\chi^2_{0.95,2}$ = 5.99 ดังนั้นสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลเป็นจริงจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐานนี้ ซึ่งในการคำนวณได้ทำการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง โดยแยกตามประเภทอุปกรณ์ป้องกันของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์ ในข้อมูล จฟ3. ซึ่งจะอยู่ในไฟล์ของ Event ตาราง EventCustom ซึ่งจะแสดงข้อมูลเหตุการณ์ไฟดับที่แยกตามประเภทอุปกรณ์ป้องกัน แล้วทำการหาระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (Time to failure; TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน โดยแยกตามรหัสอุปกรณ์ป้องกัน แล้วใช้สมการที่ (18) คำนวณหาค่าระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย (Mean time to failure; MTTF) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับในส่วนของ (sections) ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ($\overline{\lambda}_i$) ซึ่งการคำนวณ จะใช้โปรแกรม minitab 15.0 ในการประมวลผลออกมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 การทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงแบบไวบูลล์เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลว

จากการแจกแจงไวบูลล์จะใช้สมการที่ (24) คำนวณหาระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) สามารถคำนวณอัตราการล้มเหลวได้ดังสมการที่ (39)

$$\lambda_i = \frac{1}{MTTF}\int_0^{MTTF} h(t)dt = \frac{1}{MTTF}\int_0^{MTTF} \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}}dt = \frac{1}{MTTF}\left[\frac{MTTF}{\alpha}\right]^{\beta} \qquad (39)$$

ผลที่คำนวณได้ตามสมการที่ (39) คือ อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ($\overline{\lambda}_i$)

ในการทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์ไวบูลล์ด้วยวิธี Anderson-Darling GOF ได้ยกตัวอย่างการทดสอบว่าเป็นการแจกแจงแบบไวบูลล์หรือไม่ ซึ่งได้นำข้อมูลระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน ในที่นี้สนใจ (Sections) ของสายป้อนที่ฟิวส์ป้องกันอยู่ทำงาน จากการไฟฟ้าเขต น.1 จังหวัดเชียงใหม่สายป้อน CMA01 (H) ดังนี้ 33320 35980 38316 39820 46398 53070 61935 71800 86580 86600 93725 119785 172680 172930 180035 209055 241440 249080 300508 320065 339710 373859 582295 ทำการหาพารามิเตอร์ของไวบูลล์ด้วยวิธีวาดกราฟ จะได้ค่า β=1.293, α=184782 แทนลงสมการที่ (35) ซึ่งรายละเอียดการทดสอบได้แสดงดังตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ค่าที่ทดสอบการแจกแจงไวบูลล์ด้วยวิธี Anderson-darling ตามสมการที่ (35)

i	Uptime	Z(i)	WeibullProb	Exp(-Z(i))	ln(1-Exp(-Z(i)))	Zn+1-i	ith-term
1	33320	0.1092	0.1034	0.8966	-2.2690	4.4110	0.2904
2	35980	0.1206	0.1136	0.8864	-2.1753	2.4873	0.6082
3	38316	0.1308	0.1226	0.8774	-2.0990	2.1975	0.9340
4	39820	0.1374	0.1284	0.8716	-2.0524	2.0346	1.2439
5	46398	0.1675	0.1542	0.8458	-1.8694	1.8753	1.4653
6	53070	0.1993	0.1807	0.8193	-1.7111	1.4712	1.5220
7	61935	0.2433	0.2160	0.7840	-1.5326	1.4131	1.6650
8	71800	0.2946	0.2551	0.7449	-1.3659	1.1730	1.6558
9	86580	0.3752	0.3129	0.6871	-1.1620	0.9669	1.5735
10	86600	0.3753	0.3129	0.6871	-1.1617	0.9179	1.7179
11	93725	0.4157	0.3401	0.6599	-1.0784	0.9161	1.8211
12	119785	0.5709	0.4350	0.5650	-0.8324	0.5709	1.4033
13	172680	0.9161	0.5999	0.4001	-0.5109	0.4157	1.0072
14	172930	0.9179	0.6006	0.3994	-0.5098	0.3753	1.0391
15	180035	0.9669	0.6197	0.3803	-0.4784	0.3752	1.0764
16	209055	1.1730	0.6906	0.3094	-0.3702	0.2946	0.8960
17	241440	1.4131	0.7566	0.2434	-0.2789	0.2433	0.7493
18	249080	1.4712	0.7704	0.2296	-0.2609	0.1993	0.7003
19	300508	1.8753	0.8467	0.1533	-0.1664	0.1675	0.5372
20	320065	2.0346	0.8693	0.1307	-0.1401	0.1374	0.4706
21	339710	2.1975	0.8889	0.1111	-0.1177	0.1308	0.4430
22	373859	2.4873	0.9169	0.0831	-0.0868	0.1206	0.3877
23	582295	4.4110	0.9879	0.0121	-0.0122	0.1092	0.2375
						total ith	23.4446
						AD	0.4446
						AD*	0.4632
						OSL	0.2649

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 8 ค่า OSL = 0.2649 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นสมมุติฐานหลักไม่ถูกปฏิเสธ จึงทำให้สรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบไวบูลล์

ต่อมาทำการทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์ด้วยวิธี Chi-square GOF ซึ่งได้นำข้อมูลระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน ในที่นี้สนใจ (Sections) ของสายป้อนที่ฟีวส์ ป้องกันอยู่ทำงาน จากการไฟฟ้าเขต ก.1 อำเภออรัญประเทศ สายป้อน ARA10 (H) ดังนี้ 2360 4120 6635 8327 9370 15695 34143 49570 55317 70745 72275 73467 91530 97685 103178 105472 111996 147012 153000 153690 157590 309775

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบปกติ คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Variable	*N*	*Mean*	*Median*	*StDev*	*Min*	*Max*	*Q1*	*Q3*
WeibSamp	22	83316	72871	72943	2360	309775	20307	110365

ทำการหาพารามิเตอร์ของไวบูลล์ด้วยวิธีวาดกราฟ จะได้ค่า α =84483, β =1.039 ดังนั้น ทำการประมาณค่าด้วยข้อมูลที่ระดับความอิสระไคสแควร์เป็น $DF = k - n_{parameter} - 1$ เลือก k =5 เพราะฉะนั้น DF =2

ทดสอบ Chi-square GOF ภายใต้สมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์ α =84483, β =1.039 จากข้อมูลที่ 1 คือ x_1 =10000 จะได้ ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ดังตารางที่ 8

$$P_{\alpha=84483;\beta=1.039}(10000) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{x_i}{\alpha}\right)^{\beta}\right\}$$

$$=1\text{-}\exp\left\{\text{-}\left(\frac{10000}{84483}\right)^{1.039}\right\}$$

$$=1\text{-}0.8968=0.1032$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ค่าที่ทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์ด้วยวิธี Chi-square GOF

i	IntEnd	StdEnd	CumProb	CellProb	Expect	Obsvd	(e-o)^2/e
1	10000	1.005110	0.103193	0.103193	2.270249	5	3.282258
2	60000	0.319646	0.503805	0.400612	8.813465	4	2.628869
3	100000	0.228726	0.696229	0.192423	4.233315	5	0.138852
4	150000	0.914190	0.837277	0.141048	3.103065	4	0.259257
5	Infin	Infin	1.000000	0.162723	3.579906	4	0.049297
			Totals	1.000000	22.000000	22	6.358534

จากตารางที่ 10 ค่าจากการทดสอบ $\chi^2 = 6.3585 > \chi^2_{0.95,2} = 5.99$ ดังนั้นสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์ไม่เป็นจริงจึงปฏิเสธสมมุติฐานนี้ ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยแยกตามประเภทอุปกรณ์ป้องกันของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์ ในข้อมูล จฟ3. ซึ่งจะอยู่ในไฟล์ของ Event ตาราง EventCustom ซึ่งจะแสดงข้อมูลเหตุการณ์ไฟดับที่แยกตามประเภทอุปกรณ์ป้องกัน แล้วทำการหาระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (Time to failure; TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน โดยแยกตามรหัสอุปกรณ์ป้องกัน แล้วใช้สมการที่ (22) คำนวณหาค่าระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย (Mean time to failure; MTTF) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับในส่วนของ (sections) ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ($\overline{\lambda}_i$) ตามสมการที่ (24) ซึ่งการคำนวณ จะใช้โปรแกรม minitab 15.0 ในการประมวลผลออกมาเช่นกันกับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การหาเส้นแนวโน้มดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$)

ในการคำนวณหาเส้นแนวโน้มซึ่งอธิบายถึงการลดลงของค่าดัชนี SAIFI เนื่องจากการบำรุงรักษาและงานปรับปรุงความเชื่อถือได้ต่างๆ โดยนำข้อมูลดัชนี SAIFI ในอดีตตั้งแต่ปี 2548-2552 มาทำการสร้างแนวโน้มตามสมการที่ (40) เพื่อทำการประเมินค่าดัชนีจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยปี 2552 ($\overline{SAIFI}_{52}$) ตามสมการที่ (41) เมื่อ a และ b เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการหาเส้นแนวโน้ม

$$\overline{SAIFI}(t) = ae^{-bt} \tag{40}$$

$$\overline{SAIFI}_{52} = \overline{SAIFI}\left(t_{52}\right) \tag{41}$$

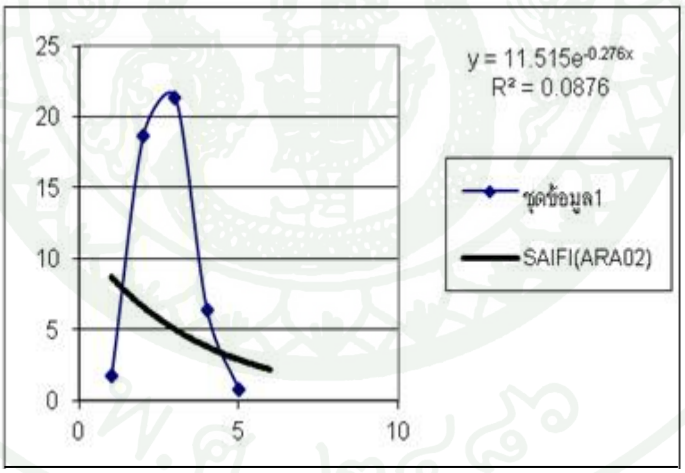
โดยที่ t_{52} คือ จำนวนปีที่ใช้ในการคำนวณค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าค่าดัชนี SAIFI ที่นำมาคำนวณหาเส้นแนวโน้มมีเพียงปี 2550-2552 ในกรณีนี้จะแทนค่า $t_{52} = 3$ แต่ถ้าค่าดัชนี SAIFI ที่นำมาคำนวณหาเส้นแนวโน้มมีค่าตั้งแต่ปี 2548-2552 ในกรณีนี้จะแทนค่า $t_{52} = 5$ ซึ่งรายละเอียดการคำนวณหาเส้นแนวโน้มจะกล่าวถึงต่อไป

ขั้นตอนการคำนวณหาแนวโน้มดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$) จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบของจุดโหลดที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทเทียบกับจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อนที่พิจารณาจากข้อมูล (จฟ.3) ตามสมการที่ (ก1) ในภาคผนวก ก. เพื่อคำนวณหาค่าดัชนี SAIFI จริงตั้งแต่ปี 2548-2552 แล้วทำการหาเส้นแนวโน้ม โดยใช้แนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา เนื่องจากแนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนี SAIFI ที่ควรมีแนวโน้มลดลงทุกปี โดยดูจากค่า $R^2 > 0.5$ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา เนื่องจากแนวโน้มเอ็กซ์โพเนนเชียลส่งผลถึงค่าดัชนีที่ลดลงผลจากการบำรุงรักษาแต่อาจจะมีค่าที่คลาดเคลื่อนไปบ้างจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ แล้วดูค่า R-square โดยที่ค่า R-square ที่ 0.5 ไม่ได้หมายความว่าดีหรือแย่จนเกินไปขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่ถ้าข้อมูลที่ดีก็จะส่งผลต่อค่า R-square สูงๆ แต่ถ้าข้อมูลไม่ดีก็จะส่งผลต่อค่า R-square ที่ต่ำ ในการหาแนวโน้มซึ่งแบ่งเป็น 3 กรณีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 กรณีค่า R-square น้อยกว่า 0.5

ในกรณีที่เส้นแนวโน้มของสายป้อนไม่ผ่านเกณฑ์ ($R^2 < 0.5$) ดังภาพที่ 9 อาจเป็นผลมาจากข้อมูลดัชนี SAIFI จริงไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน เนื่องจากมีปัจจัยภายนอกมารบกวน เช่น ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์จะพิจารณาตัดค่าสดัชนี SAIFI ในปี 2548 ออกเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นปีที่ห่างจากปีปัจจุบันมากที่สุด เพราะมีความเป็นไปได้สูงที่รูปแบบการจ่ายไฟ สภาพแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพอื่นๆ จะมีความแตกต่างจากระบบปัจจุบัน แล้วตรวจสอบค่า $R^2 > 0.5$ หรือไม่ ถ้าค่า $R^2 > 0.5$ แสดงว่าเส้นแนวโน้มผ่านเกรณฑ์จะแทนค่า $t_{52} = 4$ ลงในสมการที่ (41) เพื่อนำค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ ที่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับค่าอัตราการล้มเหลวตามสมการที่ (43) ถ้ายังจะทำการตัดค่าดัชนี SAIFI ปี 49 แล้วตรวจสอบค่า $R^2 > 0.5$ หรือไม่ ถ้าค่า $R^2 > 0.5$ แสดงว่าเส้นแนวโน้มผ่านเกรณฑ์จะแทนค่า $t_{52} = 3$ ลงในสมการที่ (41) ถ้าค่า R^2 ยังน้อยกว่า 0.5 จะหยุดตัดข้อมูลออกเพื่อหาเส้นแนวโน้มได้ เนื่องจากข้อมูลจะเหลือเพียง 2 ปีเท่านั้น ส่งผลให้เส้นแนวโน้มไม่เป็นไปตามเอ็กซ์โพเนนเชียล

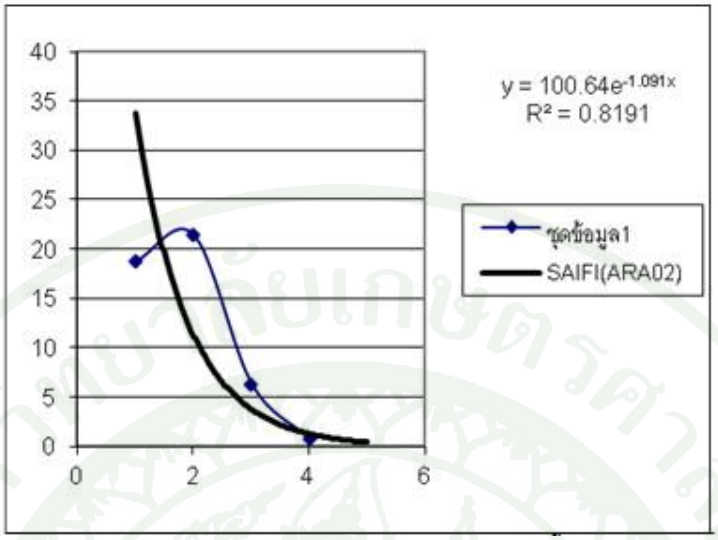


ภาพที่ 9 แสดงเส้นแนวโน้มดัชนี SAIFI ตั้งแต่ปี 48-52 กรณีค่า R-square น้อยกว่า 0.5

2.2 กรณีค่า R-square มากกว่า 0.5

กรณีที่เส้นแนวโน้มของสายป้อนผ่านเกณฑ์ ($R^2 > 0.5$) ดังภาพที่ 10 จะทำการคำนวณค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ ที่ได้จากเส้นแนวโน้ม โดยแทนค่า $t_{52} = 5$ ลงในสมการที่ (41) เพื่อนำค่า $\overline{SAIFI}_{52}$ ที่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับค่าอัตราการล้มเหลวตามสมการที่ (43)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 แสดงเส้นแนวโน้มดัชนี SAIFI ตั้งแต่ปี 49-52 กรณีค่า R-square มากกว่า 0.5

2.3 กรณีที่ไม่สามารถหาค่า R-square

กรณีที่ไม่สามารถหาค่า R-square มีสาเหตุมาจากข้อมูลไม่เพียงพอหรือตัดข้อมูลแล้วค่า R-square ก็ยังน้อยกว่า 0.5 อีก ดังนั้นในทำการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ $\overline{SAIFI}_{52}$ ตามสมการที่ (30) เพื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการที่ (43) แล้วเข้าสู่กระบวนการปรับค่าอัตราการล้มเหลวให้เหมาะสมได้ต่อไป

3. การคำนวณหาอัตราการล้มเหลวที่เหมาะสมด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming)

เนื่องจากค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้จากหัวข้อ 1 ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้คำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI,SAIDI) ทันที จึงจำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีพื้นฐานของการแก้ปัญหา (Linear programming) โดยประกอบด้วย 2 ส่วนหลักด้วยกัน คือ สมการที่ (42) เรียกว่า ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) ส่วนสมการที่ (43) เรียกว่า สมการเงื่อนไข (constraint equation) ซึ่งพิจารณาจากสมการที่ (25) ในที่นี้ ค่าดัชนี $\overline{SAIFI}$ หมายถึงค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ ที่คำนวณได้จากเส้นแนวโน้ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$ObjF(\Delta\lambda_i) = \min \sum_{i=1}^{K} p_i \cdot \left|\Delta\lambda_i\right| \tag{42}$$

$$\overline{SAIFI} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \left(\overline{\lambda}_i + \Delta\lambda_i\right) \cdot N_i}{N_T} \tag{43}$$

เมื่อ K คือ จำนวนอุปกรณ์ในสายป้อน

i คือ อุปกรณ์ i ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์

$\overline{\lambda}_i$ คือ อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน i

$\Delta\lambda_i$ คือ การเปลี่ยนแปลงของอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i หลังการปรับ

N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ i ทำงาน

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในสายป้อน

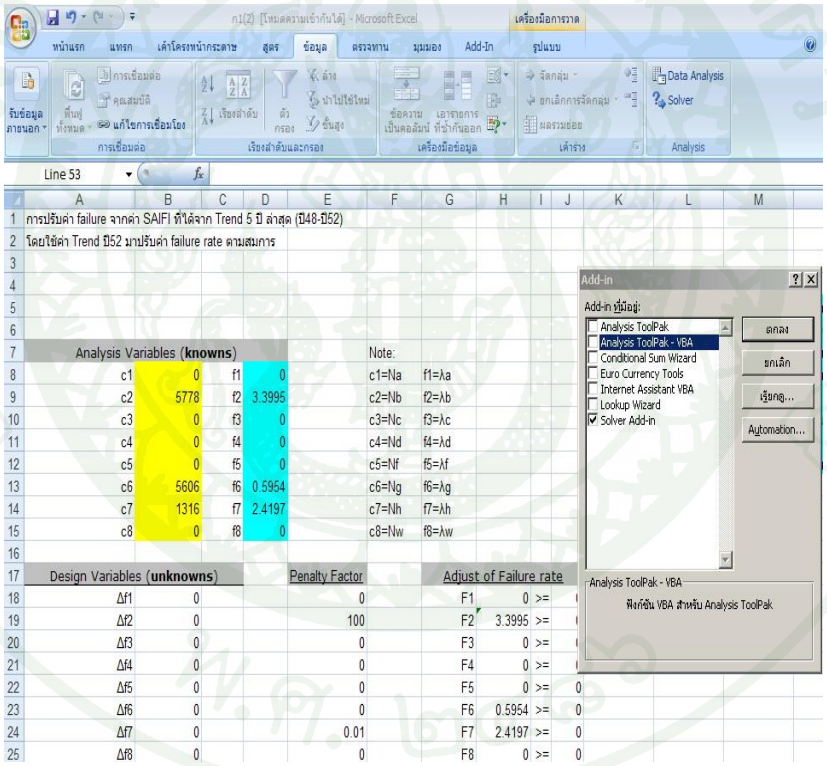
p_i คือ ค่า P-value ที่คำนวณจากกระบวนการทางสถิติ

ขั้นตอนการคำนวณหาค่าเหมาะสมที่สุดของอัตราการล้มเหลวจะใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น เพื่อใช้ในการคำนวณค่าของอัตราการล้มเหลว ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ค่า P-value เป็นตัวบ่งบอกว่าค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับที่คำนวณได้นั้นสอดคล้องกับข้อมูลจริงหรือไม่ เนื่องจากค่า P-value เป็นค่าความน่าจะเป็นของพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชัน (PDF) ซึ่งถ้าค่า P-value มากค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้มีโอกาสสูงที่จะสอดคล้องกับข้อมูลจริง ในทางกลับกันถ้าค่า P-value น้อยค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้มีโอกาสสูงที่จะไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริง ในการคำนวณปรับค่าอัตราการล้มเหลวค่า P-value (p_i) ถูกนำมาใช้ในสมการที่ (42) โดยค่า P-value (p_i) มากแสดงว่าค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้สอดคล้องกับข้อมูลจริง โดยจะทำการปรับค่า $\Delta\lambda_i$ น้อย แต่ถ้าค่า P-value (p_i) น้อยแสดงว่าค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้ไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริง จึงทำการปรับค่า $\Delta\lambda_i$ มาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2 คือ ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับในส่วนของ (sections) ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน ($\overline{\lambda}_i$) แต่ละประเภทเป็นค่าที่คำนวณได้ทางสถิติ ส่วนที่ 3 คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภททำงาน (N_i) ส่วนที่ 4 คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในสายป้อน (N_T) และ ส่วนที่ 5 คือ ค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ เป็นค่าที่คำนวณได้จากเส้นแนวโน้ม โดยนำค่าตั้งแต่ส่วนที่ 2-5 แทนลงในสมการที่ (43) เพื่อเข้าสู่กระบวนการปรับค่าอัตราการล้มเหลวด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้น จากนั้นนำค่าอัตราความล้มเหลวที่คำนวณได้จากการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์ในโปรแกรม Minitab 15.0 มาเก็บไว้ใน Excel 2007 เพื่อทำการคำนวณโดยใช้ชุดคำสั่งสำหรับวิเคราะห์ค่า maximize / minimize ที่เป็น linear ที่เรียกว่า Solver แล้วทำการคลิกปุ่ม Office เข้าไปที่ Add-ins จะปรากฏดังภาพที่ 11 แล้วทำการคลิก OK

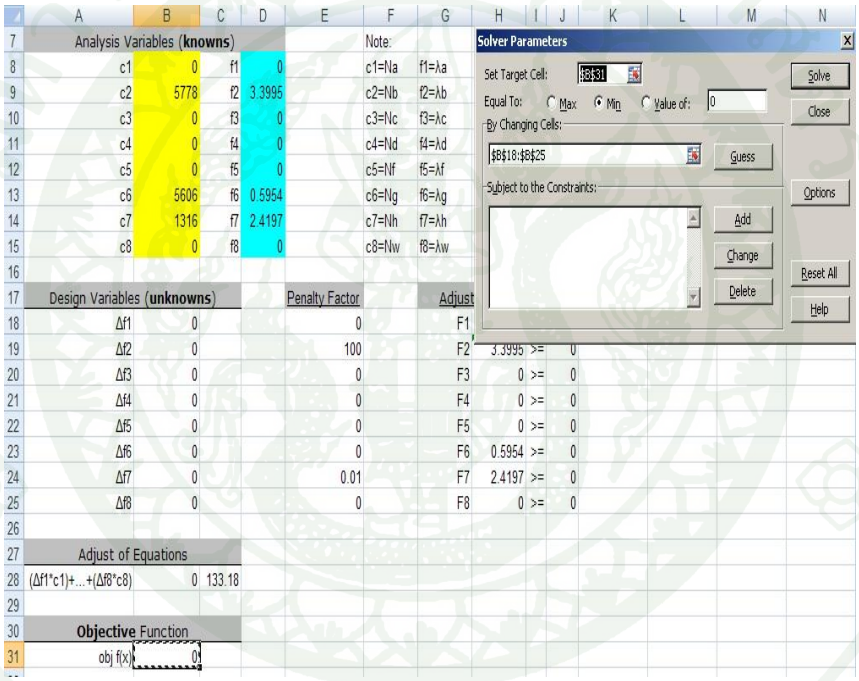


ภาพที่ 11 แสดงหน้าต่างการใช้ Solver Add-in ใน Excel 2007

การใช้งาน Solver คลิก Tool แล้วคลิก Solver เลือก OK หน้าต่าง Solver Parmeter ก็จะปรากฏขึ้นดังภาพที่ 11 แบ่งเป็น 6 ส่วนสำคัญ คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- Analysis Variables (knowns) คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบกับค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับ
- Design Variables (unknowns) คือ การเปลี่ยนแปลงของ อัตรา การ ล้มเหลว ของ Sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ i หลังการปรับ
- Linear equation of constraint คือ สมการเงื่อนไข
- Adjust of Failure rate คือ ค่าอัตราการล้มเหลวที่ปรับแล้ว
- Objective function คือ ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์
- Penalty Factor คือ ค่า P-value ที่คำนวณได้ทางสถิติ

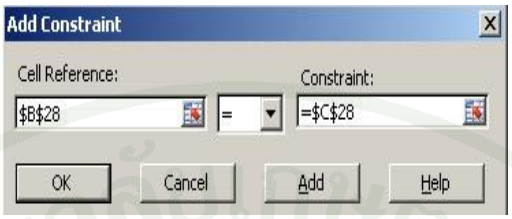


ภาพที่ 12 แสดงการตั้งค่าใน Solver Parameters ก่อนปรับค่าอัตราการล้มเหลว

จากหน้าต่าง Solver Parameters ทำการ Set Target Cell ในที่นี้คือค่า objective function ที่ Cell (B28) ต่อมาทำการเลือก cell ที่ต้องการให้เปลี่ยนแปลงในที่นี้คือค่าผลต่างอัตราการล้มเหลวผลจากความคลาดเลื่อนโดยที่กำหนดค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์ที่ cell (B18:B25) เข้าไปที่ By Changing Cells ส่วนสุดท้าย คือส่วนเงื่อนไขทำการคลิก Add แล้วทำการป้อนค่า Cell ที่เป็นเงื่อนไขในที่นี้แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยที่ส่วนแรกเป็นสมการเชิงเส้นใน และส่วนที่ 2 เป็นค่าอัตราการล้มเหลวที่ปรับแล้วซึ่ง

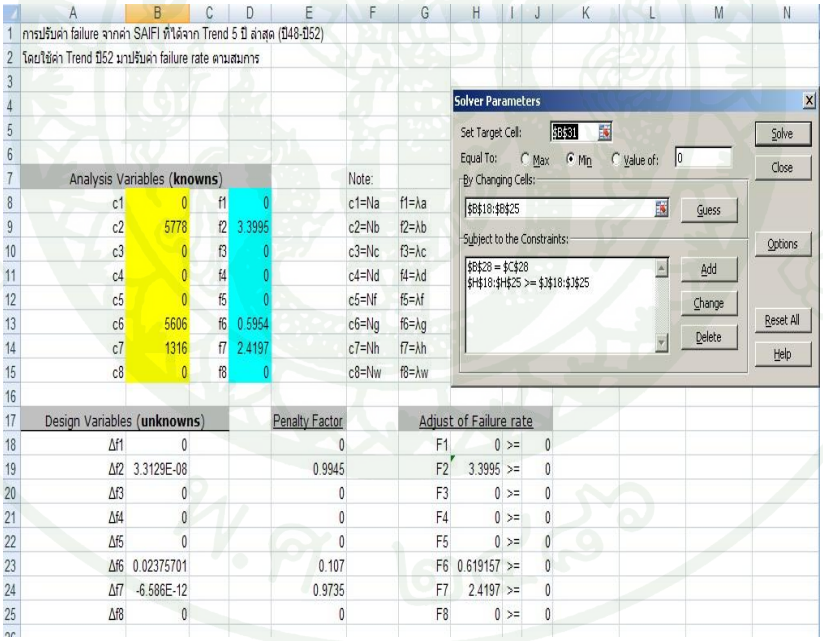
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้องมากว่าศูนย์เข้าไปที่ Subject to the constraints เมื่อ Add Constraint เสร็จแล้วคลิก OK ได้แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงการ Add Constraint ของสมการเงื่อนไข

เมื่อทำการป้อนค่าทั้ง 3 ส่วนเรียบร้อยแล้วคลิกปุ่ม Solve โปรแกรมจะประมวลผลออกมาจนได้ค่าอัตราการล้มเหลวที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้ผ่านกระบวนการปรับแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

จากผลการวิเคราะห์เหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องอันเป็นผลมาจากการทำงาน (ทริป) ของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ซึ่งพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องถาวร ตารางที่ 11 แสดงจำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องอันเป็นผลมาจากการทำงาน (ทริป) ของอุปกรณ์ป้องกันตั้งแต่ปี 2548-2552 ของการไฟฟ้าเขตทั้ง 12 เขต

ตารางที่ 9 จำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องอันเป็นผลมาจากอุปกรณ์ป้องกันตั้งแต่ปี 2548-2552 ของการไฟฟ้าเขตทั้ง12 เขต

การไฟฟ้าเขต	*อุปกรณ์*	*ไฟฟ้าดับถาวร*	*ร้อยละทั้งหมด*
		จำนวนครั้ง	%
น.1	VB	3250	8.13
	B	1483	3.71
	BR	205	0.51
	R	4064	10.17
	F	30884	77.30
	รวม	39956	100.00
น.2	VB	1264	2.53
	B	954	1.91
	BR	556	1.11
	R	2701	5.40
	F	44546	89.05
	รวม	50021	100.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*อุปกรณ์*	*ไฟฟ้าดับถาวร*	*ร้อยละทั้งหมด*
		จำนวนครั้ง	%
น.3	VB	3156	6.79
	B	2989	6.43
	BR	381	0.82
	R	5371	11.55
	F	34446	74.08
	รวม	46497	100.00
ฉ.1	VB	2425	8.98
	B	1260	4.67
	BR	125	0.46
	R	5118	18.96
	F	18052	66.87
	รวม	26994	100.00
ฉ.2	VB	1788	3.23
	B	875	1.58
	BR	420	0.76
	R	4380	7.91
	F	47869	86.50
	รวม	55338	100.00
ฉ.3	VB	2071	10.01
	B	1534	5.63
	BR	102	0.37
	R	2872	10.53
	F	20683	75.87
	รวม	27262	100.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*อุปกรณ์*	*ไฟฟ้าดับถาวร*	*ร้อยละทั้งหมด*
		จำนวนครั้ง	%
ก.1	VB	6251	12.60
	B	1	0.00
	BR	0	0.00
	R	871	1.76
	F	42084	84.82
	รวม	49618	100.00
ก.2	VB	5515	11.54
	B	0	0.00
	BR	188	0.39
	R	2071	4.33
	F	39628	82.95
	รวม	47774	100.00
ก.3	VB	2837	6.37
	B	0	0.00
	BR	540	1.21
	R	1633	3.66
	F	39339	88.29
	รวม	44559	100.00
ต.1	VB	2109	3.35
	B	777	1.24
	BR	356	0.57
	R	1934	3.07
	F	57634	91.61
	รวม	62914	100.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*อุปกรณ์*	*ไฟฟ้าดับถาวร*	*ร้อยละทั้งหมด*
		จำนวนครั้ง	%
ต.2	VB	2826	2.49
	B	1342	1.18
	BR	246	0.22
	R	4492	3.96
	F	104451	92.12
	รวม	113388	100.00
ต.3	VB	1240	2.24
	B	690	1.25
	BR	278	0.50
	R	3457	6.26
	F	49527	89.61
	รวม	55267	100.00

กรณีศึกษาสำหรับวิทยานิพนธ์นี้วิธีการหาอัตราการล้มเหลวเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายสำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนี้เป็นการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุด ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องอันเป็นผลมาจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งผลทดสอบได้แยกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ผลการทดสอบสมมุติฐานภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit) ด้วย Anderson-Darling
- ผลการทดสอบหาเส้นแนวโน้มเพื่อหาค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$)
- ผลการปรับค่าอัตราการล้มเหลวทั้ง 12 เขต
- ผลการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ตามผังการจ่ายไฟของสายป้อน CRA 06 ของการไฟฟ้าแห่งหนึ่งในเขต น.1

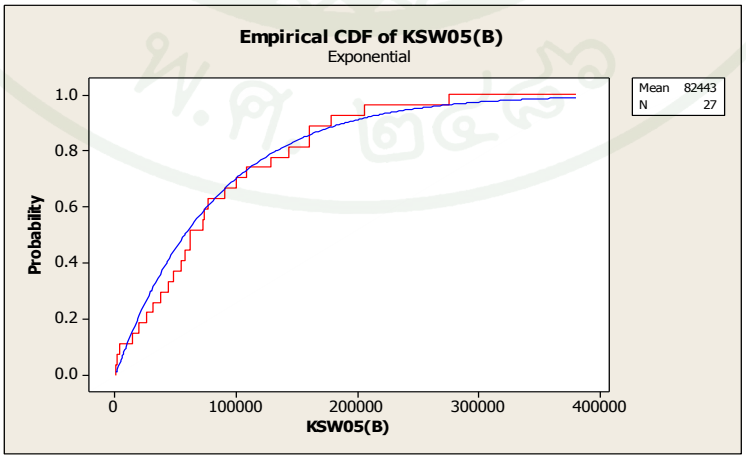
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ผลการทดสอบสมมุติฐานภาวะสารรูปสนิทดี (Goodness of Fit) ด้วย Anderson-Darling

ผลการทดสอบหาอัตราการล้มเหลวจะใช้สมมุติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และสมมุติฐานการแจกแจงแบบไวบูลล์ โดยในการทดสอบจะใช้โปรแกรม Minitab 15.0 ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

1.1 ผลการทดสอบหาอัตราการล้มเหลวตามสมมุติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

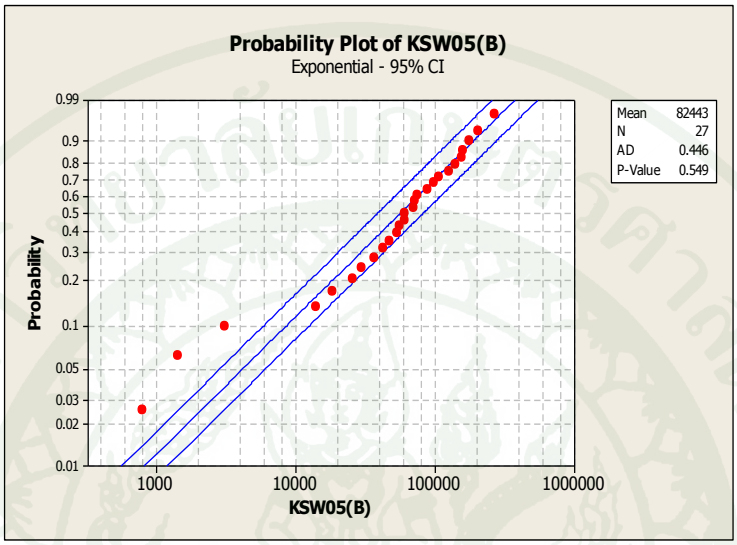
ในการทดสอบหาอัตราการล้มเหลวก่อนปรับได้แสดงตัวอย่างวิธีการคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อนและอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน VB (เบรกเกอร์ 22 kV) ของสายป้อน KSW05(B) ของการไฟฟ้าอำเภอเกษตรวิสัย ซึ่งมีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในสายป้อน KSW05(B) ของการไฟฟ้าอำเภอเกษตรวิสัย ในช่วงเวลา 5 ปี (ปี 2548-2552) พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 28 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน (นาที) ของแต่ละช่วงทั้งหมด 27 ช่วง ดังนี้ 797 1433 3158 14249 18825 25908 30530 37070 43191 47602 53882 56982 61117 61678 72075 73170 76214 90507 99247 108319 128185 142947 159820 159877 178042 205953 275170 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาวาดกราฟความถี่สะสมจะได้ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของสายป้อน KSW05 (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดสอบด้วยวิธี AD GOF ทำให้ได้กราฟความน่าจะเป็นของสายป้อน KSW05 (B) มา ซึ่งได้ค่า P-value = 0.549 > 0.05 ดังนั้นข้อมูลของสายป้อน KSW05 (B) มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลได้แสดงไว้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 กราฟความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลของสายป้อน KSW05(B)

หาค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลจากกราฟในภาพที่ 16 ซึ่งได้ค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (μ หรือ $MTTF$) เท่ากับ 82443 หน่วยเป็น นาที

$$MTTF = \frac{82443}{365 \times 24 \times 60} = 0.1569 \text{ ปี}$$

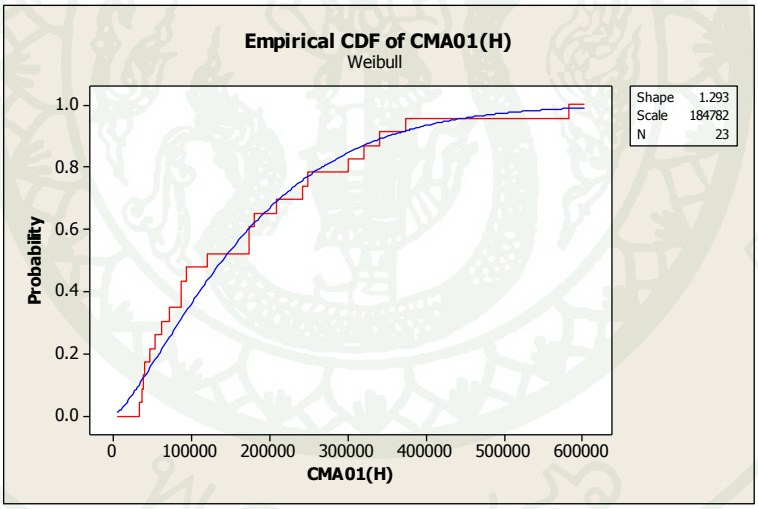
ต่อมาทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน VB (เบรกเกอร์ 22 kV) ของสายป้อน KSW05 ตามสมการที่ (38) จะได้

$$\bar{\lambda}_b = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{0.1569} = 6.3753 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ผลการทดสอบหาอัตราการล้มเหลวตามสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์

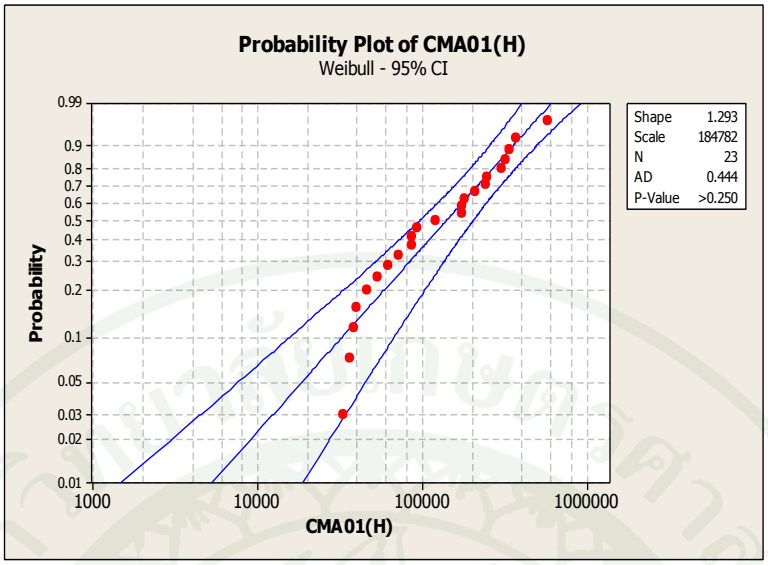
ในการทดสอบหาอัตราการล้มเหลวก่อนปรับได้แสดงตัวอย่างวิธีการคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อนและอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน H (fuse) ของสายป้อน CMA01 (H) ของการไฟฟ้าจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในสายป้อน CMA01(H) ของการไฟฟ้าจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเวลา 5 ปี (ปี 2548-2552 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 24 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน (นาที) ของแต่ละช่วงทั้งหมด 23 ช่วง ดังนี้ 33320 35980 38316 39820 46398 53070 61935 71800 86580 86600 93725 119785 172680 172930 180035 209055 241440 249080 300508 320065 339710 373859 582295 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาวาดกราฟความถี่สะสมจะได้ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 กราฟความถี่สะสมของการแจกแจงแบบไวบูลล์สายป้อน CMA01(H)

ผลการทดสอบด้วยวิธี AD GOF ทำให้ได้กราฟความน่าจะเป็นของสายป้อน CMA01 (H) มา ซึ่งได้ค่า P-value > 0.25 ดังนั้นข้อมูลของสายป้อน CMA01 (H) มีการแจกแจงแบบไวบูลล์ ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 กราฟความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบไวบูลล์สายป้อน CMA01(H)

หาค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบไวบูลล์จากกราฟในภาพที่ 23 ซึ่งได้พารามิเตอร์รูปร่าง β=1.293 และพารามิเตอร์สเกล α=184782 นำค่าที่ได้แทนลงในสมการที่ (22) เพื่อหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) จะได้

$$MTTF = \frac{184782}{365\times 24\times 60}\Gamma\left(\frac{1}{1.293}+1\right) = 0.3251 \text{ ปี}$$

ต่อมาทำการหาค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ Sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน H (fuse) ของสายป้อน CMA01 ตามสมการที่ (39) จะได้

$$\bar{\lambda}_h = \frac{1}{0.3250}\left[\frac{0.3250}{\frac{184782}{365\times 24\times 60}}\right]^{1.293} = 2.7798 \text{ ครั้ง/ปี}$$

เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธี AD GOF ดังกล่าวทั้ง 12 เขตการไฟฟ้าทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของสายป้อนแต่ละอุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. และ ค.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี Anderson-darling GOF ทั้ง 12 เขต

การไฟฟ้า	*อุปกรณ์*	*จำนวนอุปกรณ์*	*ค่า P-value>0.05*	
			เอ็กซ์โพเนนเชียล	*ไวบูลล์*
น.1	VB	154	94	110
	B	78	54	65
	BR	14	11	11
	R	119	61	90
	F	215	55	151
	รวม	580	275	427
น.2	VB	103	78	76
	B	72	63	50
	BR	37	33	22
	R	127	100	74
	F	169	103	37
	รวม	508	377	259
น.3	VB	109	84	75
	B	79	62	53
	BR	17	13	9
	R	95	77	36
	F	170	114	46
	รวม	470	350	219

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

การไฟฟ้า	*อุปกรณ์*	*จำนวนอุปกรณ์*	*ค่า P-value>0.05*	
			เอ็กซ์โพเนนเชียล	*ไวบูลล์*
ฉ.1	VB	155	101	125
	B	76	57	64
	BR	10	7	10
	R	138	51	121
	F	199	54	146
	รวม	578	270	466
ฉ.2	VB	118	68	91
	B	68	46	57
	BR	30	18	22
	R	160	79	132
	F	197	24	99
	รวม	573	235	401
ฉ.3	VB	152	105	123
	B	82	48	71
	BR	15	10	9
	R	131	68	94
	F	176	49	128
	รวม	556	280	425
ก.1	VB	500	335	352
	B	0	0	0
	BR	0	0	0
	R	80	50	53
	F	373	109	255
	รวม	953	494	660

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

การไฟฟ้า	*อุปกรณ์*	*จำนวนอุปกรณ์*	*ค่า P-value>0.05*	
			เอ็กซ์โพเนนเชียล	*ไวบูลล์*
ก.2	VB	416	310	302
	B	0	0	0
	BR	27	17	15
	R	93	51	60
	F	299	124	219
	รวม	835	502	596
ก.3	VB	247	202	195
	B	1	0	0
	BR	12	4	5
	R	75	48	60
	F	218	91	156
	รวม	553	345	416
ต.1	VB	146	103	106
	B	53	35	41
	BR	35	25	23
	R	90	52	66
	F	177	27	96
	รวม	501	242	332
ต.2	VB	176	90	107
	B	75	44	58
	BR	14	10	10
	R	127	44	90
	F	246	37	89
	รวม	638	225	354

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

การไฟฟ้า	*อุปกรณ์*	*จำนวนอุปกรณ์*	*ค่า P-value>0.05*	
			เอ็กซ์โพเนนเชียล	*ไวบูลล์*
ต.3	VB	133	103	94
	B	54	47	44
	BR	35	30	28
	R	104	52	88
	F	162	45	79
	รวม	488	277	333

2. ผลการทดสอบหาเส้นแนวโน้มเพื่อหาค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$)

จากการทดสอบหาเส้นแนวโน้มเพื่อหาค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$ โดยทำการหาแยกเป็นรายเขตทั้ง 12 เขต ได้สรุปเป็นจำนวนสายป้อนที่ผ่านการทดสอบ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนสายป้อนที่ผ่านการทดสอบหาแนวโน้มเพื่อทำนายดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$)

การไฟฟ้า เขต	*จำนวนสายป้อนที่มีสาเหตุไฟดับทั้งหมด*	*จำนวนสายป้อนที่ค่า Rsquare > 0.5*	*จำนวนสายป้อน SAIFI จากค่าเฉลี่ย*	*จำนวนสายป้อนข้อมูลไม่สมบูรณ์*
น.1	252	130	109	13
น.2	229	133	61	35
น.3	197	110	64	23
ฉ.1	236	131	99	6
ฉ.2	209	127	64	18
ฉ.3	218	94	110	14
ก.1	561	237	244	80
ก.2	471	214	202	55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*จำนวนสายป้อนที่มีสาเหตุไฟดับทั้งหมด*	*จำนวนสายป้อนที่ค่า Rsquare > 0.5*	*จำนวนสายป้อน SAIFI จากค่าเฉลี่ย*	*จำนวนสายป้อนข้อมูลไม่สมบูรณ์*
ก.3	376	180	158	38
ต.1	218	79	52	87
ต.2	218	111	64	41
ต.3	198	102	80	16

หมายเหตุ จากตารางที่ 11 สำหรับจำนวนข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ จะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อนในบางปีขาดหายไป ส่ งผลให้ไม่สามารถหาเส้นแนวโน้มเพื่อหาค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI_{52}}$) และค่าเฉลี่ยของ SAIFI

3. ผลการปรับค่าอัตราการล้มเหลวทั้ง 12 เขต

จากการปรับค่าอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทนั้นได้ยกตัวอย่างรายละเอียดจำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์แต่ละประเภททำงาน ได้ใช้ข้อมูลการไฟฟ้าเขต ก.1 สายป้อน ARA05 ซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 12 แบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์แต่ละประเภททำงานปี 2552

สายส่ง	*จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดปี 52*	*จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์แต่ละประเภททำงานปี52*				
		N_b	N_d	N_f	N_g	N_h
ARA05	7875	7875	-	-	4639	5180

3.1 ผลการปรับค่าอัตราการล้มเหลวตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล

ตัวอย่างการคำนวณจะใช้ข้อมูลอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลของการไฟฟ้าเขต ก.1 สาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ป้อน ARA05 ซึ่งได้แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภท ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับสำหรับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล

สายป้อน	$\bar{\lambda}b$	*P-value*	$\bar{\lambda}g$	*P-value*	$\bar{\lambda}h$	*P-value*
ARA05	*2.1861*	*0.973*	*3.1543*	*0.055*	*2.4745*	*0.069*

จากข้อมูลตามตารางที่ 12 และ 13 แทนลงในสมการที่ (31) และ (33) ซึ่งได้ผลคำนวณดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดหลังจากปรับอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทสำหรับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล

สายป้อน	λb	*P-value*	λg	*P-value*	λh	*P-value*
ARA05	2.2031	0.973	3.0073	0.055	2.7759	0.069

3.2 ผลการปรับค่าอัตราการล้มเหลวตามสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์

ตัวอย่างการคำนวณจะใช้ข้อมูลอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทตามสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์ของการไฟฟ้าเขต ก.1 สายป้อน ARA05 ซึ่งได้แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภท ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับสำหรับการแจกแจงไวบูลล์

สายป้อน	$\bar{\lambda}b$	*P-value*	$\bar{\lambda}g$	*P-value*	$\bar{\lambda}h$	*P-value*
ARA05	2.0714	0.8976	3.7473	0.0570	2.7254	0.6754

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งในการคำนวณปรับค่าอัตราการล้มเหลวใช้สมการที่ (39) และ (40) ซึ่งได้ผลคำนวณดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดหลังจากปรับอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทสำหรับการแจกแจงไวบูลล์

สายป้อน	λb	*P-value*	λg	*P-value*	λh	*P-value*
ARA05	2.2216	0.8976	3.1876	0.0570	2.8484	0.6754

รายละเอียดอัตราการล้มเหลวของ sections ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์แต่ละประเภทได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. และภาคผนวก ค.

3.3 ผลการปรับค่าอัตราการล้มเหลวในกรณีที่ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์

ในกรณีที่ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์ จะทำการหาค่าอัตราการล้มเหลวโดยพิจารณาจำนวนครั้งไฟฟ้าดับของแต่ละอุปกรณ์ป้องกันแล้วทำการหารด้วยจำนวนอุปกรณ์ต่อมาหารด้วยจำนวนปีที่พิจารณาตามสมการที่ (29) ตัวอย่างข้อมูลการไฟฟ้าเขต น.1 สายป้อน CMB09 (G) ค่า P-value = 0.04 น้อยกว่า 0.05 ซึ่งข้อมูลไม่เป็นไปตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์ จึงต้องทำการหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 แสดงตัวอย่างข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่ไม่สามารถหาอัตราการล้มเหลวได้ตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์

EquipWork	*DateOutage*	*TimeOutage*	*DateRestore1*	*TimeRestore1*
CMB02D001000	01-May-05	2:50:00 PM	01-May-05	3:30:00 PM
CMB02D001000	01-May-05	3:36:00 PM	01-May-05	3:42:00 PM
CMB02D001000	17-Oct-05	8:08:00 AM	17-Oct-05	8:14:00 AM
CMB02D001000	19-Oct-05	5:42:00 PM	19-Oct-05	9:17:00 PM
CMB02D001000	17-Nov-05	7:14:00 PM	17-Nov-05	7:24:00 PM
CMB02D001000	17-Nov-05	10:50:00 PM	17-Nov-05	11:12:00 PM
CMB02D001000	02-Jan-06	6:50:00 PM	02-Jan-06	6:56:00 PM
CMB02D001000	31-Mar-07	3:41:00 PM	31-Mar-07	3:49:00 PM
CMB02D001000	23-May-07	11:42:00 AM	23-May-07	12:02:00 PM
CMB02D001000	09-Jun-07	10:27:00 AM	09-Jun-07	10:53:00 AM
CMB02D001000	18-Jul-07	10:57:00 AM	18-Jul-07	11:03:00 AM
CMB02D001000	30-Jul-07	5:52:00 AM	30-Jul-07	6:23:00 AM
CMB02D001000	31-Jul-07	8:52:00 AM	31-Jul-07	9:05:00 AM
CMB02D001000	29-Sep-08	3:25:00 PM	29-Sep-08	3:46:00 PM
CMB02D001000	21-Oct-08	12:41:00 AM	21-Oct-08	12:51:00 AM
CMB02D001000	21-Oct-08	6:59:00 AM	21-Oct-08	7:38:00 AM
CMB02D001000	14-Nov-08	9:14:00 AM	14-Nov-08	9:39:00 AM

$$\lambda_g = \text{จำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้อง} / (\text{จำนวนอุปกรณ์} \times \text{จำนวนปีที่พิจารณา})$$
$$= 17/(1 \times 4)$$
$$= 4.25 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ซึ่งใช้ค่า P-value = 0.04 และค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้นี้จะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการปรับด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้นต่อไป จากผลทดสอบทั้ง 3 กรณี ได้สรุปผลที่ผ่านการทดสอบไว้ดังตารางที่ 18 ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 แสดงผลการทดสอบปรับอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันสำหรับการไฟฟ้าทั้ง 12 เขต

การไฟฟ้า เขต	*อุปกรณ์ ป้องกัน*	*ทั้งหมด*	*เอ็กซ์โพเนน เชียล*	*เฉลี่ยกรณี P-val <0.05*	*ไวบูลล์*	*เฉลี่ยกรณี P-val<0.05*
น.1	VB	149	91	58	108	41
	B	77	53	24	65	12
	BR	14	11	3	11	3
	R	116	60	56	88	28
	F	209	52	157	149	60
น.2	VB	88	66	22	68	20
	B	70	49	21	62	8
	BR	34	19	15	31	3
	R	119	67	52	88	109
	F	185	23	162	76	109
น.3	VB	95	65	30	77	18
	B	69	47	22	56	13
	BR	17	9	8	13	4
	R	86	33	53	71	15
	F	150	37	113	101	49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*อุปกรณ์ป้องกัน*	*ทั้งหมด*	*เอ็กซ์โพเนนเชียล*	*เฉลี่ยกรณี P-val <0.05*	*ไวบูลล์*	*เฉลี่ยกรณี P-val<0.05*
ฉ.1	VB	*152*	*99*	*53*	*122*	*30*
	B	76	57	19	64	12
	BR	10	7	3	10	0
	R	138	51	87	121	17
	F	196	52	144	146	50
ฉ.2	VB	114	66	48	90	24
	B	68	46	22	57	11
	BR	28	16	12	22	6
	R	148	68	80	127	21
	F	180	11	169	85	95
ฉ.3	VB	140	95	45	117	23
	B	82	48	34	70	12
	BR	14	9	5	9	5
	R	124	63	61	91	63
	F	168	44	124	124	44
ก.1	VB	430	289	141	300	130
	B	0	0	0	0	0
	BR	0	0	0	0	0
	R	66	42	24	44	22
	F	318	91	227	218	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

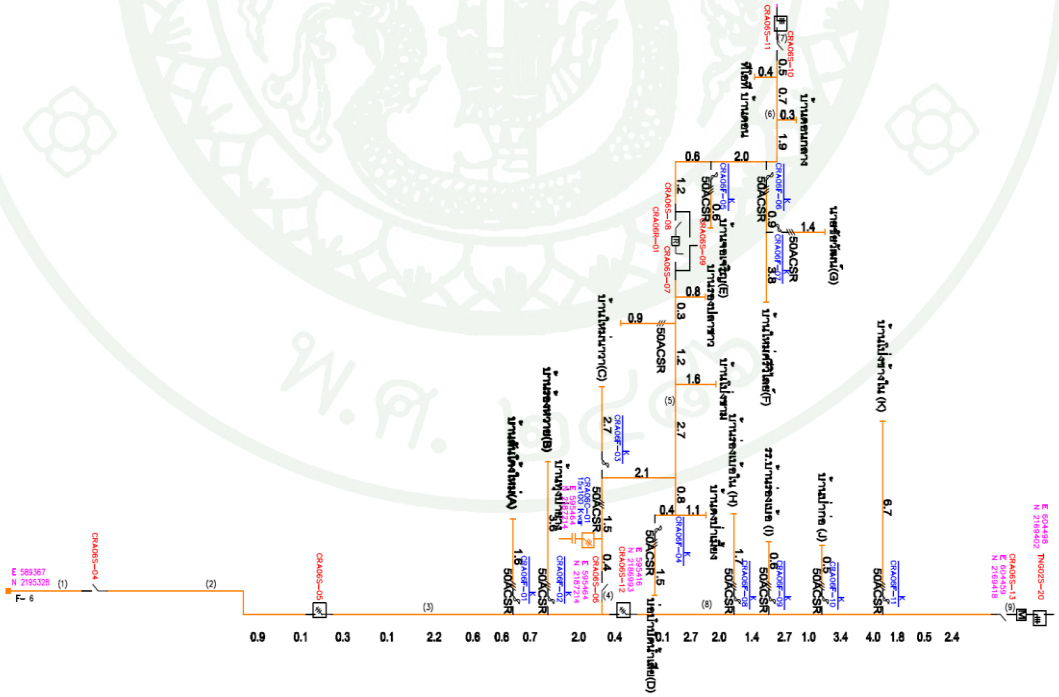
การไฟฟ้าเขต	*อุปกรณ์ป้องกัน*	*ทั้งหมด*	*เอ็กซ์โพเนนเชียล*	*เฉลี่ยกรณี P-val <0.05*	*ไวบูลล์*	*เฉลี่ยกรณี P-val<0.05*
ก.2	VB	389	287	102	291	98
	B	0	0	0	0	0
	BR	25	15	10	14	11
	R	88	47	41	59	29
	F	283	110	173	204	79
ก.3	VB	271	218	53	218	53
	B	0	0	0	0	0
	BR	0	0	0	0	0
	R	88	52	36	69	19
	F	233	93	140	160	73
ต.1	VB	136	93	43	103	33
	B	47	31	16	38	9
	BR	34	24	10	22	12
	R	85	50	35	64	21
	F	159	21	138	84	75
ต.2	VB	108	69	39	87	21
	B	59	44	15	50	9
	BR	11	8	3	8	3
	R	95	32	63	78	17
	F	160	22	138	62	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

การไฟฟ้า เขต	*อุปกรณ์ป้องกัน*	*ทั้งหมด*	*เอ็กซ์โพเนนเชียล*	*เฉลี่ยกรณี P-val < 0.05*	*ไวบูลล์*	*เฉลี่ยกรณี P-val < 0.05*
ต.3	VB	120	90	30	90	30
	B	53	47	6	43	10
	BR	35	30	5	28	7
	R	99	48	51	88	10
	F	157	41	116	76	81

4. ผลการประเมินหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ตามผังการจ่ายไฟของสายป้อน CRA06 ของการไฟฟ้าแห่งหนึ่งในเขต น.1 ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงผังการจ่ายไฟฟ้าของสายป้อน CRA06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้จำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ย (SAIFI) และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ค่าดัชนีระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย (SAIDI) ต้องอาศัยค่าอัตราการล้มเหลวในส่วนของ (sections) ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท (λ_i) ซึ่งค่าอัตราการล้มเหลวที่ปรับแล้วสำหรับสายป้อน CRA06 ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าอัตราการล้มเหลวในส่วนของ (sections) ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทของสายป้อน CRA06

สายป้อน	*การแจกแจง*	$\overline{\lambda}_d$	λ_d	*P-value*
CRA06	ไวบูลล์	3.3995	2.9995	0.19
	เอ็กซ์โพเนนเชียล	3.2955	3.0055	0.236
	การแจกแจง	$\overline{\lambda}_g$	λ_g	*P-value*
	ไวบูลล์	0.5954	0.7144	0.5479
	เอ็กซ์โพเนนเชียล	0.7825	0.7393	0.45
	การแจกแจง	$\overline{\lambda}_h$	λ_h	*P-value*
	ไวบูลล์	2.3197	2.4036	0.4136
	เอ็กซ์โพเนนเชียล	2.0741	2.4889	0.003

เกณฑ์สำหรับการเลือกค่าอัตราการล้มเหลวที่ทำการปรับแล้วตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์จะใช้สมการที่ (41) ประกอบการพิจารณา ดังนี้

$$Index = \sum_{i=1}^{K} n_i P_i \tag{41}$$

โดยที่ *Index* คือ ค่าวัดสำหรับเลือกอัตราการล้มเหลวตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์

P_i คือ ค่า P-value ที่ได้จากสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์สำหรับอุปกรณ์แต่ละประเภท ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์

n_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันทำงาน ได้แก่ เบรคเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

K คือ จำนวนอุปกรณ์ในสายป้อน

สำหรับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลทำการคำนวณค่า Index ตามสมการที่ (41)

$$Index = 0.236(8214) + 0.45(2162) + 0.003(5630) = 2928.294$$

และสำหรับการแจกแจงไวบูลล์ทำการคำนวณค่า Index ตามสมการที่ (41)

$$Index = 0.19(8214) + 0.5479(2162) + 0.4136(5630) = 5073.7878$$

ดังนั้น กรณีนี้จะเลือกค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้จากการแจกแจงไวบูลล์ ซึ่งการคำนวณค่า SAIFI และ SAIDI จะเลือกค่าอัตราการล้มเหลวที่มีค่า P-value ผ่านเกณฑ์มากที่สุด ดังนั้น จะได้ λ_d = 2.9995, λ_g = 0.7144 และ λ_h = 2.4036 อัตราการล้มเหลวในแต่ละช่วงสายป้อนหลักที่มีเบรคเกอร์ป้องกันคำนวณได้ตามสมการที่ (42) ส่วนอัตราการล้มเหลวในแต่ละช่วงสายป้อนหลักที่มีรีโคลสเซอร์ป้องกันคำนวณได้ตามสมการที่ (43) และอัตราการล้มเหลวในสายป้อนย่อยสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (44) ต่อมาใช้ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟแต่ละจุดโหลดจากข้อมูล Tran_Plan ปี 52 ซึ่งได้แสดงไว้ดังตารางที่ 20

$$\lambda_{main1} = \frac{l_{main1}}{l_{main\ B}} \times \lambda_B \tag{42}$$

$$\lambda_{main2} = \frac{l_{main2}}{l_{main\ g}} \times \lambda_g \tag{43}$$

$$\lambda_{sub} = \lambda_h \tag{44}$$

โดยที่ λ_{main1} = อัตราการล้มเหลวของสายป้อนหลักแต่ละช่วงของ sections ที่ถูกป้องกันโดยเบรคเกอร์

λ_{main2} = อัตราการล้มเหลวของสายป้อนหลักแต่ละช่วงของ sections ที่ถูกป้องกันโดยรีโคลสเซอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

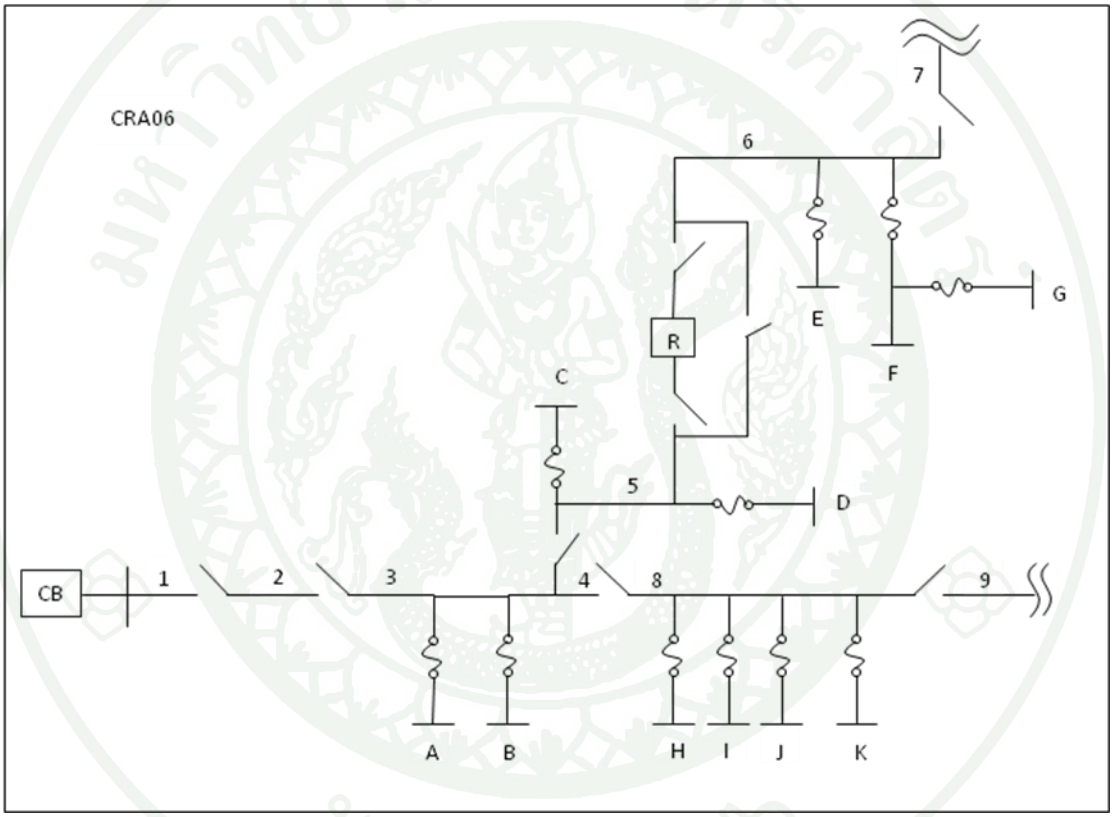
λ_{sub} = อัตราการล้มเหลวของสายป้อนย่อยของ sections ที่ถูกป้องกันโดยฟิวส์

l_{main1} = ความยาวสายป้อนหลักแต่ละช่วงที่เบรคเกอร์ป้องกัน

l_{main2} = ความยาวสายป้อนหลักแต่ละช่วงที่รีโคลสเซอร์ป้องกัน

$l_{main\ B}$ = ความยาวรวมสายป้อนหลักเฉพาะที่เบรกเกอร์ป้องกัน

$l_{main\ g}$ = ความยาวรวมสายป้อนหลักเฉพาะที่รีโคลสเซอร์ป้องกัน



ภาพที่ 20 ระบบพื้นฐานสำหรับสายป้อน CRA06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟและระยะเวลาซ่อมแต่ละจุดโหลดของสายป้อน CRA06

สายป้อนหลัก	*จำนวนผู้ใช้ไฟสายป้อนหลัก* (N_i)	*ระยะเวลาซ่อม* (r_i)
1	0	50
2	260	50
3	434	50
4	0	50
5	1420	50
6	1106	50
7	0	50
8	2410	50
9	0	50
รวม	5630	-
สายป้อนย่อย	*จำนวนผู้ใช้ไฟสายป้อนย่อย* (N_i)	*ระยะเวลาซ่อม* (r_i)
a	111	50
b	408	50
c	300	50
d	1	50
e	2	50
f	526	50
g	6	50
h	198	50
i	99	50
j	120	50
k	813	50
รวม	2584	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยข้อมูลเวลาสับสวิทซ์แยกและสับสวิทซ์กลับเท่ากับ 25 นาที เป็นข้อมูลที่ได้จากเหตุการณ์ไฟดับปี 52 ซึ่งเบรคเกอร์ต้นทางมีช่วงเวลาไฟดับเป็นสองช่วง โดยช่วงที่มีระยะเวลาไฟดับน้อยจะแทนเวลาสับสวิทซ์แยกและสับสวิทย์กลับ ส่วนช่วงที่มีเวลามากๆ ใช้เป็นระยะเวลาซ่อม ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์และระยะทางของแต่ละสายป้อนด้วย ซึ่งความยาวของสายป้อนหลักแต่ละช่วงได้แสดงไว้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 แสดงความยาวของและอัตราการล้มเหลวของสายป้อน CRA06

สายป้อนหลัก	*ความยาวสายป้อนหลัก (km.)*	*อัตราการล้มเหลวสายป้อนหลัก (λ_i)*
1	0	0.0000
2	10.1	0.5324
3	6.9	0.3637
4	0	0.0000
5	13.8	0.7275
8	26.1	1.3759
9	0	0.0000
รวม(ส่วนเบรคเกอร์)	56.9	2.9995
6	7.6	0.7144
7	0	0.0000
รวม(ส่วนรีโคลสเซอร์)	7.6	0.7144

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 (ต่อ)

สายป้อนย่อย	*ความยาวสายป้อนย่อย (km.)*	*อัตราการล้มเหลวสายป้อนย่อย* λ_i *(ครั้ง/ปี)*
a	1.6	2.4036
b	3.6	2.4036
c	2.7	2.4036
d	1.5	2.4036
e	0.6	2.4036
f	4.7	2.4036
g	1.4	2.4036
h	1.7	2.4036
i	0.6	2.4036
j	0.5	2.4036
k	6.7	2.4036
รวม	25.6	2.4036

สมมุติว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่สายป้อนช่วงที่ 8 เบรคเกอร์ต้นทางเปิดวงจรออก ทำให้ผู้ใช้ไฟทั้งหมดไม่ได้รับไฟฟ้า ดังนั้น เพื่อให้ผู้ใช้ไฟบางส่วนมีไฟฟ้าใช้จึงทำการแยกวงจรออกด้วยการเปิดสวิทซ์หน้าสายป้อนช่วงที่ 8 CRA06S-12 แล้วจึงปิดเบรคเกอร์ต้นทางเพื่อให้จุดโหลด A, B, C, D, E, F และ G มีไฟใช้ ส่วนจุดโหลด H, I, J และ K ไม่มีไฟฟ้าใช้จนกว่าจะซ่อมสายป้อนช่วงที่ 8 เสร็จ จึงจะสับสวิทซ์ CRA06S-12 กลับเพื่อจ่ายไฟฟ้าสายป้อนช่วงที่ 8 ในกรณีนี้จุดโหลด A, B, C, D, E, F และ G ไฟดับไปนานเท่ากับเวลาที่เสียไปในการสับสวิทซ์เท่านั้น ส่วนจุดโหลด H, I, J และ K ไฟดับนานเท่ากับเวลาที่ซ่อมสายป้อนช่วงที่ 8 ซึ่งผลการคำนวณได้แสดงไว้ดังตารางที่ 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 แสดงการคำนวณค่าดัชนี SAIFI และSAIDI ทุกจุดโหลดของสายป้อน CRA06

การเสีย	*จุดโหลด 2*			*จุดโหลด 3*		
	λi	*r*	*U*	λi	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	25	8.0219	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
5	0.6418	25	16.0450	0.6418	25	16.0450
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	1.2138	25	30.3438	1.2138	25	30.3438
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-
e	-	-	-	-	-	-
f	-	-	-	-	-	-
g	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-
i	-	-	-	-	-	-
j	-	-	-	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-
รวม	2.6461	29.437532	77.8952	2.6461	32.469113	85.9171

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด 5*			*จุดโหลด 6*		
	λ_i	*r*	*U*	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	50	32.0900	0.6418	50	32.0900
6	-	-	-	0.7144	50	35.7200
7	-	-	-	0.0000	25	0.0000
8	1.2138	25	30.3438	1.2138	25	30.3438
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-
e	-	-	-	-	-	-
f	-	-	-	-	-	-
g	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-
i	-	-	-	-	-	-
j	-	-	-	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-
รวม	2.6461	38.532715	101.9621	3.3605	40.970503	137.6821

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด 8*		
	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>			
1	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	25	16.0450
6	-	-	-
7	-	-	-
8	1.2138	50	60.6876
9	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>			
a	-	-	-
b	-	-	-
c	-	-	-
d	-	-	-
e	-	-	-
f	-	-	-
g	-	-	-
h	-	-	-
i	-	-	-
j	-	-	-
k	-	-	-
รวม	2.6461	43.936398	116.2609

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด A*			*จุดโหลด B*		
	λ_i	*r*	*U*	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	25	16.0438	0.6418	25	16.0438
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	1.2138	25	30.3438	1.2138	25	30.3438
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	2.4036	50	120.1800	-	-	-
b	-	-	-	2.4036	50	120.1800
c	-	-	-	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-
e	-	-	-	-	-	-
f	-	-	-	-	-	-
g	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-
i	-	-	-	-	-	-
j	-	-	-	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-
รวม	5.0497	40.813734	206.0959	5.0497	36.1630431	182.6115

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด C*			*จุดโหลด D*		
	λ_i	*r*	*U*	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	50	32.0877	0.6418	50	32.0877
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	1.2138	25	30.3438	1.2138	25	30.3438
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	-	-	-
c	2.4036	50	120.1800	-	-	-
d	-	-	-	2.4036	50	120.1800
e	-	-	-	-	-	-
f	-	-	-	-	-	-
g	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-
i	-	-	-	-	-	-
j	-	-	-	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-
รวม	5.0497	43.990939	222.1397	5.0497	43.990939	222.1397

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด E*			*จุดโหลด F*		
	λi	*r*	*U*	λi	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	50	32.0877	0.6418	50	32.0877
6	0.7144	50	35.7200	0.7144	50	35.7200
7	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
8	1.2138	25	30.3438	1.2138	25	30.3438
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-
e	2.4036	50	120.1800	-	-	-
f	-	-	-	2.4036	50	120.1800
g	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-
i	-	-	-	-	-	-
j	-	-	-	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-
รวม	5.7641	44.735703	257.8597	5.7641	44.735703	257.8597

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด G*			*จุดโหลด H*		
	λ_i	*r*	*U*	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	50	32.0877	0.6418	25	16.0450
6	0.7144	50	35.7200	-	-	-
7	0.0000	25	0.0000	-	-	-
8	1.2138	25	30.3438	1.2138	50	60.6876
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-
e	-	-	-	-	-	-
f	-	-	-	-	-	-
g	2.4036	50	120.1800	-	-	-
h	-	-	-	2.4036	50	120.1800
i	-	-	-	-	-	-
j	-	-	-	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-
รวม	5.7641	44.735703	257.8597	5.0497	46.822594	236.4409

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด I*			*จุดโหลด J*		
	λ_i	*r*	*U*	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>						
1	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	25	16.0450	0.6418	25	16.0450
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	1.2138	50	60.6876	1.2138	50	60.6876
9	0.0000	25	0.0000	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>						
a	-	-	-	-	-	-
b	-	-	-	-	-	-
c	-	-	-	-	-	-
d	-	-	-	-	-	-
e	-	-	-	-	-	-
f	-	-	-	-	-	-
g	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-
i	2.4036	50	120.1800	-	-	-
j	-	-	-	2.4036	55	132.1980
k	-	-	-	-	-	-
รวม	5.0497	46.822594	236.4409	5.0497	49.20253	248.4589

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การเสีย	*จุดโหลด K*		
	λ_i	*r*	*U*
<u>สายป้อน</u>			
1	0.0000	50	0.0000
2	0.4697	50	23.4845
3	0.3209	50	16.0438
4	0.0000	50	0.0000
5	0.6418	25	16.0450
6	-	-	-
7	-	-	-
8	1.2138	50	60.6876
9	0.0000	25	0.0000
<u>สายป้อนย่อย</u>			
a	-	-	-
b	-	-	-
c	-	-	-
d	-	-	-
e	-	-	-
f	-	-	-
g	-	-	-
h	-	-	-
i	-	-	-
j	-	-	-
k	2.4036	40	96.1440
รวม	5.0497	42.062724	212.4049

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$SAIFI = \frac{29117.78}{8214} = 3.54 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$SAIDI = \frac{721249.58}{8214} = 87.81 \text{ นาที/ปี}$$

เมื่อนำผลการคำนวณข้างต้นมาเปรียบเทียบกับค่า SAIFI ปี 2552 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.56 ครั้ง/ราย/ปี พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเท่านั้น ผลลัพธ์ข้างต้นได้ยืนยันความถูกต้องในการประเมินค่าความเชื่อถือได้ของระบบปัจจุบัน นอกจากนี้ค่าอัตราการล้มเหลวเหล่านี้ยังสามารถนำไปใช้ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงระบบจำหน่ายได้เช่นเดียวกัน โดยอาศัยค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้จากกระบวนการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากผลการทดสอบหาอัตราการล้มเหลวตามสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์ด้วยวิธีสารูปสนิทดี (Goodness of fit) ตามวิธีการ Anderson-Darling จากการสังเกตค่าข้อมูลในตารางที่ 10 จะเห็นว่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนใหญ่เป็นไปตามสมมุติฐานการแจกแจงแบบไวบูลล์ ดังนั้นสมมุติฐานการแจกแจงแบบไวบูลล์เหมาะสมกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนใหญ่มากกว่าสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล เนื่องจากการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลถูกกำหนดด้วยพารามิเตอร์เพียงตัวเดียวสอดคล้องกับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล ส่วนการแจกแจงไวบูลล์ถูกกำหนดด้วยพารามิเตอร์ scale (α) และ shape (β) เป็นผลให้สามารถรองรับการกระจายตัวของข้อมูลได้หลายรูปแบบสอดคล้องกับการแจกแจงไวบูลล์ค่อนข้างมาก ซึ่งในการทดสอบได้คำนวณหาอัตราการล้มเหลวที่ช่วงระยะเวลาทำงานเฉลี่ย เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการกระจายของข้อมูลค่อนข้างมาก

จากผลการทดสอบหาแนวโน้มเพื่อหาค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$) ในตารางที่ 11 จะสังเกตเห็นกรณีที่ไม่สามารถหาค่า Rsquare ที่มากกว่า 0.5 ได้เป็นผลมาจากฟีดเดอร์มีข้อมูลสำหรับจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดไม่เพียงพอซึ่งบางปีก็มีบางปีก็ไม่มี อาจเป็นเพราะว่ามีการเปลี่ยนแปลงการตัดจ่ายไฟฟ้าใหม่ จึงเป็นผลให้จำนวนผู้ใช้ไฟของสายป้อนนั้นๆ หายไป หรืออาจเป็นผลจากการผิดพลาดจากการกรอกข้อมูล จึงจำเป็นที่จะต้องตัดข้อมูลในส่วนที่จำนวนผู้ใช้ไฟไม่ครบออกไป

จากผลการปรับค่าอัตราการล้มเหลวจะสังเกตเห็นค่าที่ได้จากตารางที่ 18 ค่าอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันที่คำนวณได้เป็นผลมาจากค่าทั้ง 5 ส่วน ได้แก่ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบแต่ละจุดโหลด จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน ค่าอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันก่อนปรับ ค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ จากเส้นแนวโน้ม และค่า P-value ซึ่งในการคำนวณจะพิจารณาที่ค่า P-value โดยสมมุติฐานนั้นเป็นจริงก็ต่อเมื่อ ค่า P-value > 0.05 ถ้าค่า P-value มากบ่งบอกถึงการแจกแจงสอดคล้องกับข้อมูลจริง ถ้าค่า P-value น้อยบ่งบอกถึงการแจกแจงที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริง ค่า P-value จะเป็นตัวบ่งบอกว่าควรปรับค่าอัตราการล้มเหลวมากน้อยเพียงไร โดยค่า P-value น้อยจะทำการปรับค่าอัตราการล้มเหลวมาก ส่วนค่า P-value มากจะทำการปรับน้อย ทั้งนี้จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบของแต่ละอุปกรณ์นั้นมีความสำคัญมากต่อการปรับค่าอัตราการล้มเหลว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วย ดังนั้น ส่งผลให้ค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้จากการปรับสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายและแผนการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการหาอัตราการล้มเหลวโดยใช้สมมุติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและแบบไวบูลล์ ดังตารางที่ 18 พบว่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนใหญ่มีการแจกแจงเป็นไปตามสมมุติฐานไวบูลล์ เนื่องการแจกแจงไวบูลล์ถูกกำหนดด้วยพารามิเตอร์ scale (α) และ shape (β) เป็นผลให้รองรับการกระจายตัวของข้อมูลนั้นสอดคล้องกับการแจกแจงไวบูลล์ค่อนข้างมาก ซึ่งค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้ยังไม่สามรถนำมาประเมินดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ทันที เนื่องจากค่าอัตราการล้มเหลวเป็นค่าที่คำนวณได้จากทางสถิติ ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้จึงจำเป็นต้องคำนวณหาค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ ปี 2552 จากเส้นแนวโน้ม เพื่อปรับค่าอัตราการล้มเหลวด้วยวิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) ซึ่งค่า P-value ที่คำนวณได้จากข้อมูลทางสถิติ จะส่งผลต่อการปรับค่าอัตราการล้มเหลว ถ้าค่า P-value มากจะปรับน้อย ในทางกลับกันถ้าค่า P-value น้อยจะปรับมาก ส่วนจำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทนั้นมีความสำคัญมากต่อการปรับค่าอัตราการล้มเหลว ซึ่งค่าอัตราการล้มเหลวที่ได้จากการปรับค่า (λ_i) อย่างเหมาะสมตามกระบวนการที่เสนอในงานวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปคำนวณค่าอัตราการล้มเหลวในสายป้อนหลักแต่ละช่วงและสายป้อยย่อยได้ ผลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ประเมินความเชื่อถือได้ดัชนี SAIFI และ SAIDI แต่ละจุดโหลด และคาดการณ์ผลจากแผนงานปรับปรุงระบบจำหน่ายในอนาคตได้อย่างถูกต้องต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจัดการข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเพื่อสามารถคำนวณอัตราการล้มเหลวในขั้นตอนเดียว เพื่อจำกัดข้อผิดพลาด และสะดวกต่อการคำนวณอัตราการล้มเหลวสำหรับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมาในแต่ละปีเพื่อที่สามารถนำไปใช้งานได้เลย

2. เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวที่เหมาะสมที่สุด จึงควรนำวิธีการดังกล่าวคำนวณหาเส้นแนวโน้มที่ได้จากดัชนี SAIDI ในอดีต เพื่อทำการคำนวณปรับค่าระยะเวลาซ่อม (r_i) และนำค่าที่ปรับได้ไปคำนวณค่าดัชนี SAIDI ให้ได้ความถูกต้องยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ควรมีการคำนวณอัตราการล้มเหลวในส่วนของ (sections) ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทของสายป้อนซึ่งแยกตามสาเหตุ เพื่อที่นำไปวิเคราะห์และประเมินความเชื่อถือได้ (SAIFI, SAIDI) ตามสาเหตุได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2549. **ความเชื่อถือได้และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า .** บริษัท ธนภาค พริ้นติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

วรา วราวิทย์. 2545. **การประเมินความเชื่อถือได้เชิงปริมาณ**. http: //hpc.ee.kmutnb.ac.th/~vara/perf/node145.html, 20 พฤษภาคม 2552.

เปรมใจ ตรีสรานุวัฒนา. 2548. **หลักสถิติ 1**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Endrenyi, J. 1980. **Reliability Modeling in Electric Power Systems.** John Wiley & Sons Ltd., Great Britain.

Romeu, J.L. n.d. **Statistical Assumptions of an Exponential Distribution**. Available Source: http: //theriac.org/DeckReference/viewDocument.php?id=195&Scope=reg, March 15, 2011

Romeu, J.L. n.d. **Empirical Assessment of Weibull Distribution Assumptions.** Available Source: http: //theriac.org/DeckReference/viewDocument.php?id=195&Scope=reg, March 15, 201

Romeu, J.L. n.d. **The Chi-Square: a Large-Sample Goodness of Fit Test.** Available Source: http: //rac.alionscience.com/pdf/Chi_Square.pdf, March 15, 2011

Romeu, J.L. n.d. **Anderson-Darling: A Goodness of Fit Test for Small Samples Assumptions.** Available Source: http: //rac.alionscience.com, March 15, 2011

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Brown, R.E. and J.R. Ochoa. 1998. Distribution system reliability: Default data and model validation, pp. 704–709. *In* **IEEE Transactions on Power Systems.**

Chapra, S.C. and R.P. Canale. 1998. **Numerical Methods for Engineers With Programming and Software Application.** 3rd ed. McGraw-Hill., Singapore.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ที่มาของแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้คำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (จฟ.3)

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ทำการบันทึกเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้โปรแกรม (จฟ.3) โดยโปรแกรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI, SAIDI) วิทยานิพนธ์นี้ได้นำฐานข้อมูลในส่วนของการทำงาน (ทริป) ของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทในสายป้อนมาใช้เพื่อการคำนวณอัตราการล้มเหลวของ sections ที่อยู่ในเขตอุปกรณ์ป้องกันนั้น มีรายละเอียดดังนี้

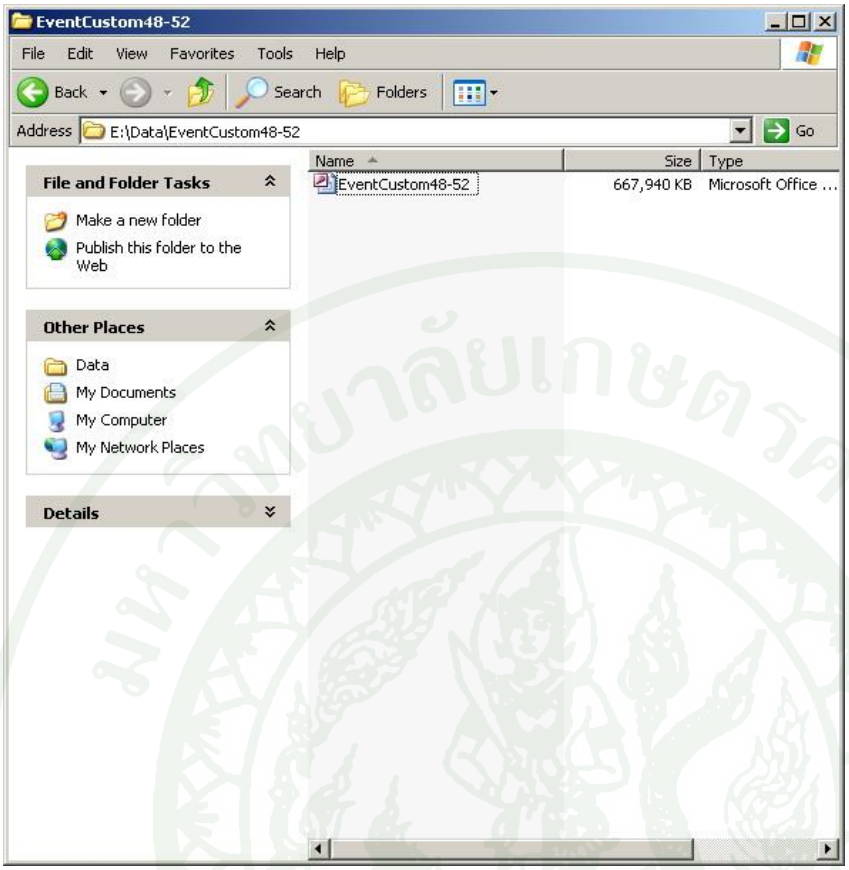
1.1 การรวบรวมข้อมูลที่ได้รับจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลโปรแกรม จฟ.3 ที่รวบรวมเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่ผลจากการทริปของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท

รายละเอียด	จฟ.3
ระยะเวลาที่รวบรวมข้อมูล	มกราคม 2548 – ธันวาคม 2552
รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล	File.mdb
ฐานข้อมูล	Event
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	619645 Records

เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจากโปรแกรม จฟ.3 เก็บอยู่ในรูปแบบ Microsoft Access ซึ่งแยกประกอบด้วยเขตการไฟฟ้าทั้งหมด 12 เขต และแยกเป็นรายปีตั้งแต่ปี 2548-2552 จึงได้ทำการรวมข้อมูลดังกล่าวมาเป็นไฟล์เดียวกันเพื่อทำการนับจำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องที่เป็นผลจากการทริปของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท โดยได้แสดงไว้ตามภาพผนวกที่ ก1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ก1 แสดงฐานข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่เป็นผลจากการทริปของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท (EventCustom 48-52)

1.2 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลจากโปรแกรมจฟ.3 ที่นำมาใช้ในการคำนวณอัตราการล้มเหลวของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทและระยะเวลาซ่อม ได้แก่ ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในอดีตตั้งแต่ปี 2548-2552 คือ

1.2.1 ข้อมูลที่ใช้คำนวณอัตราการล้มเหลวก่อนปรับ

- รหัสเขตการไฟฟ้าเพื่อให้ทราบว่าเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการไฟฟ้าเขตไหน
- รหัสสายป้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- รหัสอุปกรณ์ทำงาน
- วันเวลาที่ไฟเริ่มดับ (อุปกรณ์ป้องกันทริป)
- วันเวลาที่เริ่มจ่ายไฟกลับคืนมา (อุปกรณ์ป้องกันปิดวงจรอีกครั้งหนึ่ง)
- รหัสสาเหตุ

ตารางผนวกที่ ก2 รหัสเขตการไฟฟ้าในโปรแกรม จฟ.3

ลำดับที่	รหัสเขตการไฟฟ้า	เขตการไฟฟ้า
1	01	น.1
2	02	น.2
3	03	น.3
4	04	ฉ.1
5	05	ฉ.2
6	06	ฉ.3
7	07	ก.1
8	08	ก.2
9	09	ก.3
10	10	ต.1
11	11	ต.2
12	12	ต.3

หมายเหตุ ค่าอัตราการล้มเหลวของส่วนของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ถูกคำนวณเป็นรายสายป้อนของแต่ละเขตการไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 รหัสสาเหตุในโปรแกรม จฟ.3

ลำดับที่	รหัสสาเหตุ	สาเหตุ
1	TC001	ต้นไม้
2	TC002	อุปกรณ์
3	TC003	พนักงานกฟภ.
4	TC004	บุคคลภายนอก
5	TC005	สัตว์
6	TC006	ยานพาหนะ
7	TC007	วัสดุแปลกปลอม
8	TC008	สภาพสิ่งแวดล้อม
9	TC009	ภัยธรรมชาติ
10	TC010	สงคราม/จลาจล
11	TC011	จ่ายเกินพิกัด
12	TC012	อื่นๆ

หมายเหตุ รายละเอียดของสาเหตุเป็นข้อมูลที่ได้จากไฟล์ Authoring ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม จฟ.3 จัดเก็บอยู่ใน Microsoft Access เวลาหาอัตราการล้มเหลวของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท โดยพิจารณาทุกสาเหตุรวมกัน

ตารางผนวกที่ ก4 รหัสอุปกรณ์ป้องกันในโปรแกรม จฟ.3

ลำดับที่	รหัสอุปกรณ์ป้องกัน	อุปกรณ์ป้องกัน	ประเภท
1	B	VB	22 kV หน้าสถานี
2	D	B	22 kV
3	F	BR	22 kV
4	G	R	22 kV
5	H	F	22 kV

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ รายละเอียดของรหัสอุปกรณ์เป็นข้อมูลที่ได้จากไฟล์ Authoring ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม จฟ.3 จัดเก็บอยู่ใน Microsoft Access

1.2.2 ข้อมูลที่ใช้คำนวณระยะเวลาซ่อม

- รหัสอุปกรณ์ทำงาน
- วันเวลาที่ไฟเริ่มดับ (อุปกรณ์ป้องกันทริป)
- วันเวลาที่เริ่มจ่ายไฟกลับคืนมา (อุปกรณ์ป้องกันปิดวงจรอีกครั้งนึง)

2. ข้อมูลสำหรับอุปกรณ์ป้องกัน

2.1 ที่มาของข้อมูลอุปกรณ์ป้องกัน

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้มีการจัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์ป้องกันประเภทต่างๆ ที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้าไว้หลายแหล่ง โดยได้สรุปแหล่งข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการคำนวณอัตราการล้มเหลวของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท ซึ่งรายละเอียดถูกสรุปไว้ในตารางผนวกที่ 5

ตารางผนวกที่ ก5 สรุปที่มาของข้อมูลจำนวนอุปกรณ์ป้องกันที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายสำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

รายละเอียด	จฟ.3
ระยะเวลาที่รวบรวมข้อมูล	มกราคม 2548 – ธันวาคม 2552
รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล	File.mdb
ฐานข้อมูล	LineAndCom

หมายเหตุ ฐานข้อมูล LineAndCom เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันที่ติดตั้งในสายป้อนและจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกาะอยู่กับอุปกรณ์ป้องกันนั้น ซึ่งใช้ประกอบการพิจารณาในการคำนวณอัตราการล้มเหลวของ sections ที่อยู่ในเขตป้องกันของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ข้อมูลที่นำมาคำนวณค่าดัชนี SAIFI

3.1 ที่มาของข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบแต่ละอุปกรณ์ป้องกัน

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เก็บข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบตามเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องไว้ในฐานข้อมูล Event ซึ่งจะอยู่ในส่วนของ EventCustom ซึ่งการไฟฟ้าได้เก็บแยกเป็นปีตั้งแต่ปี 2548-2552 จึงได้ทำการรวบรวมให้เป็นไฟล์เดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ รายละเอียดแสดงตามตารางผนวกที่ ก6 ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ใช้สมการที่ (ก1) ในการคำนวณหาค่าดัชนี SAIFI

$$SAIFI = \frac{\sum N_C}{N_T} \qquad (ก1)$$

โดยที่ N_C คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบของสายป้อน

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน

ตารางผนวกที่ ก6 ที่มาของจำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบแต่ละอุปกรณ์ป้องกันที่ติดอยู่กับสายป้อน

รายละเอียด	จฟ.3
ระยะเวลาที่รวบรวมข้อมูล	มกราคม 2548 – ธันวาคม 2552
รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล	File.mdb
ฐานข้อมูล	Event
	Table EventCustom
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	690917 Records

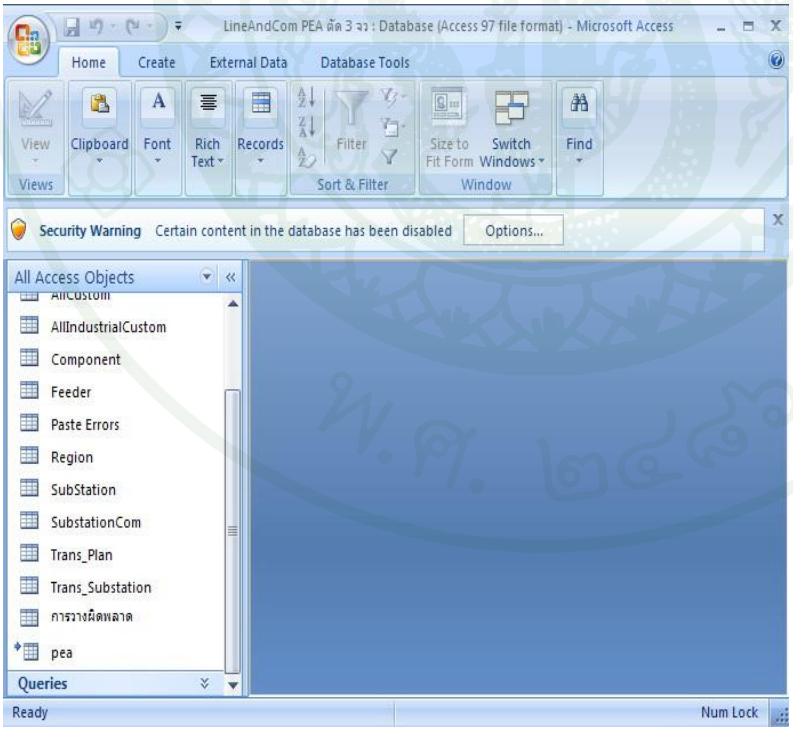
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ที่มาของจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อนไว้ในฐานข้อมูล LineAndCom ซึ่งในฐานข้อมูล LineAndCom มีตารางที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนที่ใช้คำนวณผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน รายละเอียดได้แสดงไว้ดังตารางผนวกที่ ก7

ตารางผนวกที่ ก7 แสดงรายละเอียดฐานข้อมูล LineAndcom ที่นำมาใช้คำนวณผู้ใช้ทั้งหมดของสายป้อน

ฐานข้อมูล LineAndCom	
ตาราง	รายละเอียด
PEA	แสดงรหัสการไฟฟ้า
Tran_Plan	แสดงรายละเอียดแผนการจ่ายไฟสำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



ภาพผนวกที่ ก2 แสดงรายละเอียดฐานข้อมูล LineAndCom ที่ใช้คำนวณผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ข้อมูลที่นำมาปรับอัตราการล้มเหลว

4.1 ที่มาของข้อมูลที่นำมาปรับอัตราการล้มเหลว

เนื่องจากค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้จากการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์ยังเหมาะสมที่จะคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI, SAIDI) ทันทีจึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับทำการปรับค่าอัตราการล้มให้เหมาะสมที่สุดซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลักดังนี้ ส่วนที่ 1 คือ ค่า P-value ส่วนที่ 2 คือ ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนปรับในส่วนของ (sections) ที่ถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ป้องกัน ($\overline{\lambda}_i$) แต่ละประเภท ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ตามตารางผนวกที่ ก8 ส่วนที่ 3 คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภททำงาน (N_i) ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ตามตารางภนวกที่ ก9 ส่วนที่ 4 คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในสายป้อน (N_T) และส่วนที่ 5 คือ ค่าดัชนี $\overline{SAIFI}_{52}$ เป็นค่าที่คำนวณได้จากเส้นแนวโน้ม

ตารางผนวกที่ ก8 แสดงรายละเอียดอัตราการล้มเหลวก่อนปรับ

อัตราการล้มเหลวก่อนปรับ	รายละเอียด
$\overline{\lambda}_b$	อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ (Sections) ที่อุปกรณ์ VB ป้องกันอยู่
$\overline{\lambda}_d$	อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ (Sections) ที่อุปกรณ์ B ป้องกันอยู่
$\overline{\lambda}_f$	อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ (Sections) ที่อุปกรณ์ BR ป้องกันอยู่
$\overline{\lambda}_g$	อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ (Sections) ที่อุปกรณ์ R ป้องกันอยู่
$\overline{\lambda}_h$	อัตราการล้มเหลวก่อนปรับของ (Sections) ที่อุปกรณ์ F ป้องกันอยู่

หมายเหตุ ข้อมูลจากตารางผนวกที่ ก8 นั้นเป็นข้อมูลที่คำนวณได้จากสมมุติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและไวบูลล์เป็นค่าที่ได้จากทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก9 แสดงรายละเอียดผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันทำงาน

จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบ	รายละเอียด
N_b	จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ VB (เบรคเกอร์ 22 kV หน้าสถานี) ทำงาน
N_d	จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ B (เบรคเกอร์ 22 kV) ทำงาน
N_f	จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ BR (เบรคเกอร์ 22 kV) ทำงาน
N_g	จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ R (รีโคลสเซอร์ 22 kV) ทำงาน
N_h	จำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบเมื่ออุปกรณ์ F (ฟิวส์ 22 kV) ทำงาน

หมายเหตุ ข้อมูลจากตารางผนวกที่ ก9 นั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูล LineAndCom

4.2 ปัญหาที่พบสำหรับข้อมูลที่นำมาปรับอัตราการล้มเหลว

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ปรับอัตราการล้มเหลวมาจากการคำนวณหลายค่า ได้แก่ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันเหล่านั้นทำงาน อัตราการล้มเหลวก่อนปรับ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน ค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 จากเส้นแนวโน้ม ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$) ซึ่งค่าเหล่านี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากบุคคลอาจจะกรอกค่าผิดหรือการสื่อสารที่ไม่ตรงกัน และข้อมูลส่วนใหญ่คำนวณได้ทางสถิติ จึงเป็นผลให้ข้อมูลนั้นคลาดเคลื่อนไปบ้าง ซึ่งรายละเอียดปัญหาและแนวทางการแก้ไขได้สรุปไว้ตามตารางผนวกที่ ก10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก10 ปัญหาที่พบสำหรับข้อมูลที่นำมาปรับอัตราการล้มเหลวและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาในการคำนวณปรับอัตราการล้มเหลว	แนวทางการแก้ปัญหาข้อมูล
1.ข้อมูลดัชนี SAIFI ตั้งแต่ปี 2548-2552 เพื่อคำนวณหาค่าดัชนี SAIFI ปี 2552 จากเส้นแนวโน้ม ที่ควรจะเป็น ($\overline{SAIFI}_{52}$) ค่าดัชนี SAIFI บางปีไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากบางปีไม่มีจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อนอาจจะเป็นผลที่พนักงานไม่ได้กรอกมาหรือการตัดจ่ายสายป้อนใหม่	1.สำหรับปีไหนที่ไม่มีจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งสายป้อนจะทำการไปดึงจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งสายป้อนปีก่อนหน้านั้น ถ้าเกิดไม่เป็นไปตามนี้แสดงว่าไม่สามารถหาดัชนี SAIFI ของปีนั้นได้
2.ข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันทำงานที่อยู่ในฐานข้อมูล LineAndCom ยังไม่ใช่ผู้ใช้ไฟที่แท้จริง	2.ทำการไล่ผังจ่ายไฟในฐานข้อมูล LineAndCom ใหม่ ซึ่งดูตามรหัสอุปกรณ์แล้วดูว่ามีผู้ใช้ไฟที่อยู่หลัง (Sections) ของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภทนั้นอยู่เท่าไหร่ โดยทำการรวมจำนวนผู้ใช้ไฟเพื่อให้ได้จำนวนผู้ใช้ไฟที่แท้จริงที่อยู่หลัง (Sections) ของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละประเภท

5. สรุปจำนวนข้อมูลที่ใช้คำนวณอัตราการล้มเหลวทั้ง 12 การไฟฟ้าเขต

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณอัตราการล้มเหลวแล้วทำการปรับค่าให้เหมาะสมที่สุดมาจากหลายแหล่งและบางส่วนก็ได้จากการคำนวณ จึงได้ทำการสรุปจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณอัตราการล้มเหลวไว้ดังตารางผนวกที่ ก11- ก13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก11 สรุปข้อมูลจำนวนครั้งไฟดับแยกตามอุปกรณ์ป้องกันปี 2548-2552

การไฟฟ้า	*จำนวนข้อมูลจำนวนครั้งไฟดับแยกตามอุปกรณ์ป้องกัน*					
เขต	VB	B	BR	R	F	รวม
น.1	3250	1483	205	4064	30884	39886
น.2	1264	954	556	2701	44546	50021
น.3	3156	2989	381	5371	34446	46343
ฉ.1	2425	1260	125	5118	18052	26980
ฉ.2	1788	875	420	4380	47869	55332
ฉ.3	2071	1534	102	2872	20683	27262
ก.1	6251	1	0	871	42084	49207
ก.2	5515	0	188	2071	39628	47402
ก.3	2837	0	540	1633	39339	44349
ต.1	2109	777	356	1934	57634	62810
ต.2	2826	1342	246	4492	104451	113357
ต.3	1240	690	278	3457	49527	55192
รวมทั้ง 12 เขต	34732	11905	3397	38964	529143	618141

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก12 สรุปจำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบของอุปกรณ์ป้องกันปี 2548-2552

การไฟฟ้า	*จำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบของอุปกรณ์ป้องกัน*					
เขต	VB	B	BR	R	F	รวม
น.1	5323	2677	524	7013	31108	46645
น.2	2577	1968	1189	4334	46572	56640
น.3	3176	3028	381	5381	34449	46415
ฉ.1	5155	2351	291	9608	18530	35935
ฉ.2	4917	2107	1227	8443	49883	66577
ฉ.3	5065	2827	182	5202	21668	34944
ก.1	8414	2	0	1018	42292	51726
ก.2	7534	0	235	2538	39939	50246
ก.3	4152	0	923	2366	40052	47493
ต.1	3821	1321	617	2389	58300	66448
ต.2	4576	2340	476	6781	107185	121358
ต.3	2004	1896	618	5916	51609	62043
รวมทั้ง 12 เขต	56714	20517	6663	60989	541587	686470

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

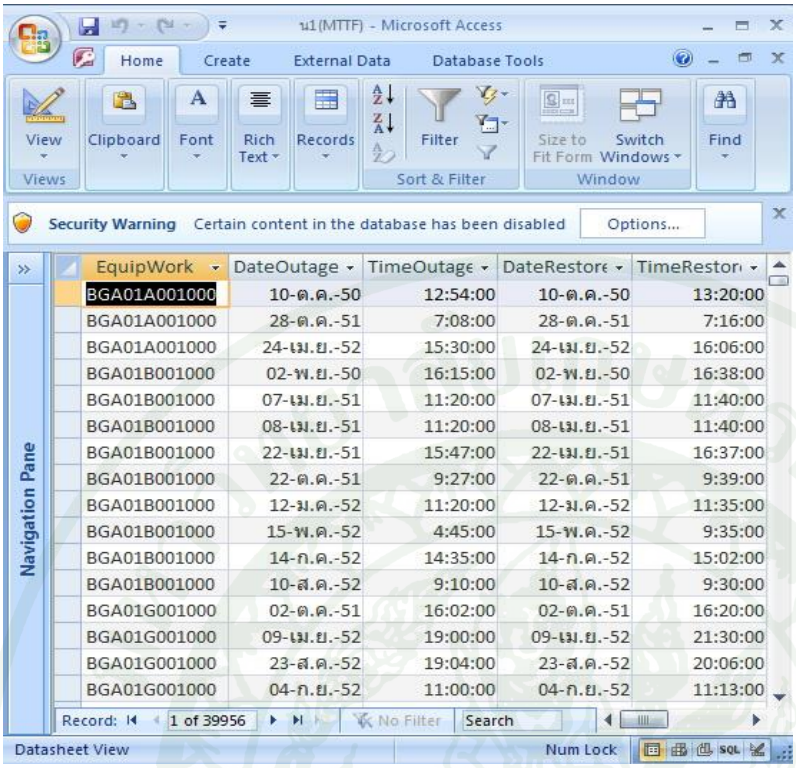
ตารางผนวกที่ ก13 สรุปจำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน

การไฟฟ้า	*จำนวนข้อมูลผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน*				
เขต	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551	ปี 2552
น.1	161	176	225	237	203
น.2	186	186	195	197	214
น.3	150	157	168	172	167
ฉ.1	189	202	202	232	232
ฉ.2	232	192	192	193	202
ฉ.3	152	167	182	206	196
ก.1	425	464	411	504	504
ก.2	344	386	432	462	398
ก.3	314	338	362	366	383
ต.1	171	176	185	187	197
ต.2	152	157	178	178	189
ต.3	142	150	171	186	176
รวมทั้ง 12 เขต	2618	2751	2903	3120	3061

6.2 การคำนวณระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย

ขั้นตอนในการคำนวณหาระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย (Mean time to failure; MTTF) ซึ่งทำการคำนวณระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (Time to failure; TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อนเสียก่อน ซึ่งแยกตามรหัสอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อคำนวณหาค่าระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย (MTTF) สำหรับการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลจะคำนวณตามสมการที่ (18) ส่วนการแจกแจงไวบูลล์จะคำนวณตามสมการที่ (22) โดยทำการดึงข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล Event ตาราง EventCustom ซึ่งทำการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี 2548-2552 แล้วดังภาพผนวกที่ ก3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



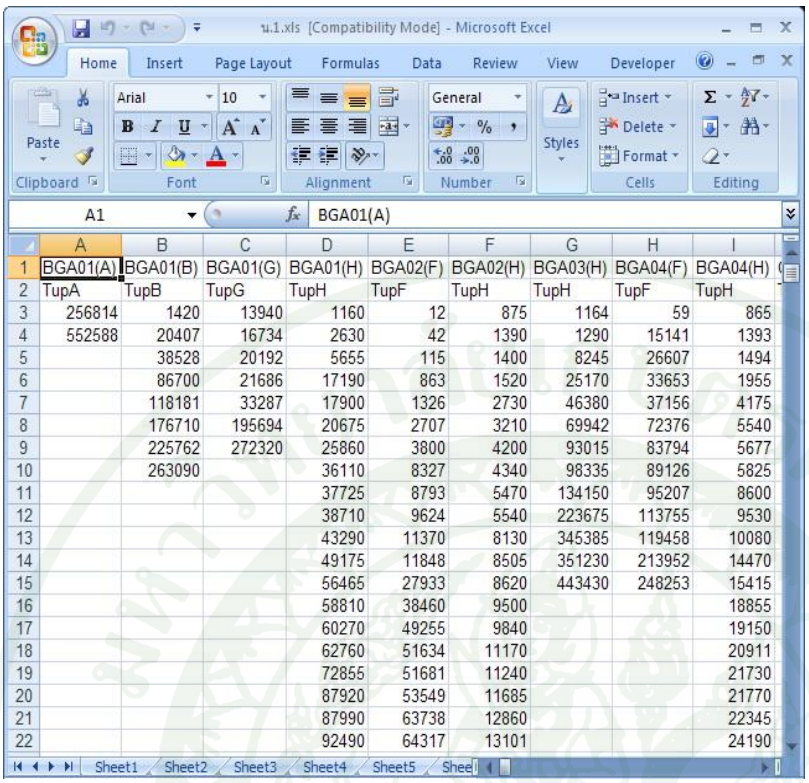
EquipWork	DateOutage	TimeOutage	DateRestore	TimeRestor
BGA01A001000	10-ต.ค.-50	12:54:00	10-ต.ค.-50	13:20:00
BGA01A001000	28-ต.ค.-51	7:08:00	28-ต.ค.-51	7:16:00
BGA01A001000	24-เม.ย.-52	15:30:00	24-เม.ย.-52	16:06:00
BGA01B001000	02-พ.ย.-50	16:15:00	02-พ.ย.-50	16:38:00
BGA01B001000	07-เม.ย.-51	11:20:00	07-เม.ย.-51	11:40:00
BGA01B001000	08-เม.ย.-51	11:20:00	08-เม.ย.-51	11:40:00
BGA01B001000	22-เม.ย.-51	15:47:00	22-เม.ย.-51	16:37:00
BGA01B001000	22-ต.ค.-51	9:27:00	22-ต.ค.-51	9:39:00
BGA01B001000	12-ม.ค.-52	11:20:00	12-ม.ค.-52	11:35:00
BGA01B001000	15-พ.ค.-52	4:45:00	15-พ.ค.-52	9:35:00
BGA01B001000	14-ก.ค.-52	14:35:00	14-ก.ค.-52	15:02:00
BGA01B001000	10-ส.ค.-52	9:10:00	10-ส.ค.-52	9:30:00
BGA01G001000	02-ต.ค.-51	16:02:00	02-ต.ค.-51	16:20:00
BGA01G001000	09-เม.ย.-52	19:00:00	09-เม.ย.-52	21:30:00
BGA01G001000	23-ส.ค.-52	19:04:00	23-ส.ค.-52	20:06:00
BGA01G001000	04-ก.ย.-52	11:00:00	04-ก.ย.-52	11:13:00

ภาพผนวกที่ ก3 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่นำไปใช้คำนวณระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน

- Equip work หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันทำงานเมื่อเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
- Date outage หมายถึง วันที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ในรอบปี
- Time outage หมายถึง เวลาที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ในรอบ 24 ชั่วโมง
- Date restore หมายถึง วันที่เริ่มจ่ายไฟกลับคืนมา ในรอบปี
- Time restore หมายถึง เวลาที่เริ่มจ่ายไฟกลับคืนมา ในรอบ 24 ชั่วโมง

ไปเก็บไว้ในโปรแกรม Excel 2007 ซึ่งได้ทำการเขียนโปรแกรมใน VBA ให้ทำการคำนวณระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่า ยไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน โดยเรียงจากน้อยไปมาก ได้ยกตัวอย่างสายป้อน BGA01 ที่อุปกรณ์ป้องกัน YB-01 (A001000) เกิดไฟฟ้าดับ 3 ครั้ง ดังนั้นระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ที่คำนวณได้จะมี 2 ข้อมูล ซึ่งแสดงดังภาพ ผนวกที่ ก4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

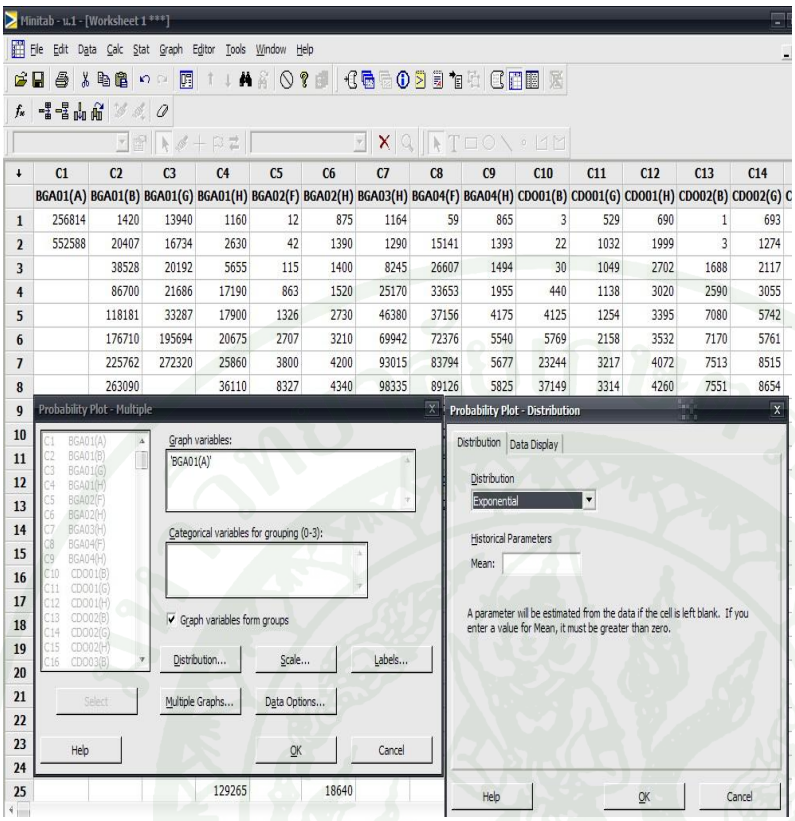


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	BGA01(A)	BGA01(B)	BGA01(G)	BGA01(H)	BGA02(F)	BGA02(H)	BGA03(H)	BGA04(F)	BGA04(H)
2	TupA	TupB	TupG	TupH	TupF	TupH	TupH	TupF	TupH
3	256814	1420	13940	1160	12	875	1164	59	865
4	552588	20407	16734	2630	42	1390	1290	15141	1393
5		38528	20192	5655	115	1400	8245	26607	1494
6		86700	21686	17190	863	1520	25170	33653	1955
7		118181	33287	17900	1326	2730	46380	37156	4175
8		176710	195694	20675	2707	3210	69942	72376	5540
9		225762	272320	25860	3800	4200	93015	83794	5677
10		263090		36110	8327	4340	98335	89126	5825
11				37725	8793	5470	134150	95207	8600
12				38710	9624	5540	223675	113755	9530
13				43290	11370	8130	345385	119458	10080
14				49175	11848	8505	351230	213952	14470
15				56465	27933	8620	443430	248253	15415
16				58810	38460	9500			18855
17				60270	49255	9840			19150
18				62760	51634	11170			20911
19				72855	51681	11240			21730
20				87920	53549	11685			21770
21				87990	63738	12860			22345
22				92490	64317	13101			24190

ภาพผนวกที่ ก4 แสดงระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน(TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน

ทำการคำนวณหาค่าระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย (MTTF) เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab 15.0 โดยการป้อน ค่าระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อน ที่ได้จากโปรแกรม Excel 2007 ไปไว้ในโปรแกรม Minitab 15.0 ต่อมาทำการคลิก Tool bar ที่ชื่อว่า Graph แล้วทำการเลือก Probability Plot ต่อมาเลือก Multiple กด OK ทำการเลือกระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ป้องกันของสายป้อนแล้วกด Select ต่อมาทำการเลือกการ Plot ว่าจะ Plot แบบไหน โดยการกด Distribution เสร็จแล้วกด OK เลือกเสร็จกด OK อีกที ถ้าเป็นกรณีของ Exponential จะได้ค่าระยะเวลาทำงานเฉลี่ยออกมาเลย แต่ถ้าเป็นกรณีของ Weibull จะได้ค่า Shape กับค่า Scale มาต้องนำค่าที่ได้ไปคำนวณต่อโดยใช้สมการที่ (22) ซึ่งได้แสดงไว้ตามภาพผนวกที่ ก5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



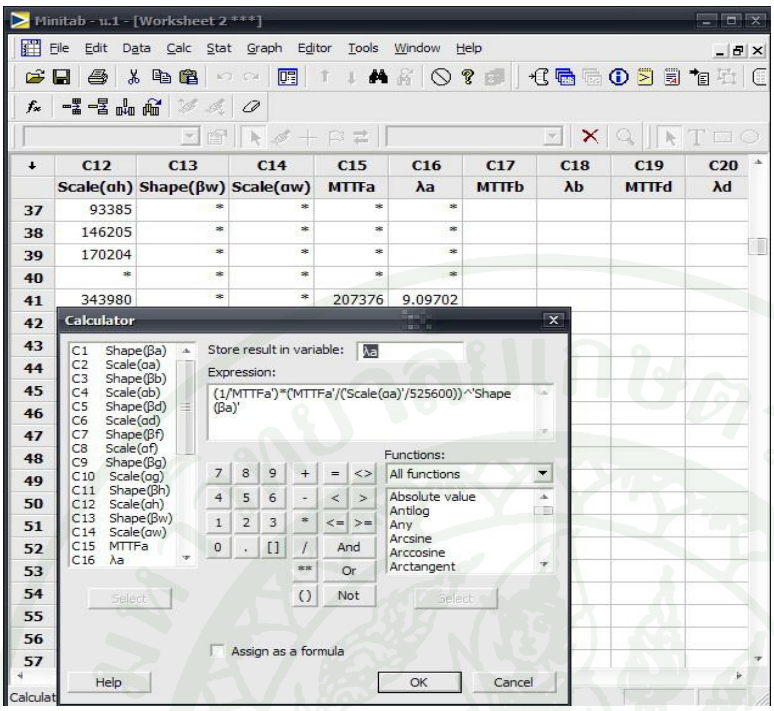
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	BGA01(A)	BGA01(B)	BGA01(G)	BGA01(H)	BGA02(F)	BGA02(H)	BGA03(H)	BGA04(F)	BGA04(H)	CD001(B)	CD001(G)	CD001(H)	CD002(B)	CD002(G)
1	256814	1420	13940	1160	12	875	1164	59	865	3	529	690	1	693
2	552588	20407	16734	2630	42	1390	1290	15141	1393	22	1032	1999	3	1274
3		38528	20192	5655	115	1400	8245	26607	1494	30	1049	2702	1688	2117
4		86700	21686	17190	863	1520	25170	33653	1955	440	1138	3020	2590	3055
5		118181	33287	17900	1326	2730	46380	37156	4175	4125	1254	3395	7080	5742
6		176710	195694	20675	2707	3210	69942	72376	5540	5769	2158	3532	7170	5761
7		225762	272320	25860	3800	4200	93015	83794	5677	23244	3217	4072	7513	8515
8		263090		36110	8327	4340	98335	89126	5825	37149	3314	4260	7551	8654
25					129265		18640							

ภาพผนวกที่ ก5 แสดงขั้นตอนการคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่จะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) โดยโปรแกรม Minitab 15.0

6.3 การคำนวณอัตราการล้มเหลวก่อนปรับ

ขั้นตอนการคำนวณระยะเวลาทำงานเฉลี่ยจะเป็นส่วนกลับกับการคำนวณอัตราการล้มเหลวก่อนปรับสำหรับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลโดยจะใช้สมการที่ (18) ส่วนการแจกแจงแบบไวบูลล์จะใช้สมการที่ (24) โดยนำค่า Shape และ Scale ที่ได้จากการ Plot มาใส่ใน WorkSheet ของ Minitab 15.0 แล้วทำการคลิก Calculator เลือก Column ที่ต้องการคำนวณ ต่อมาทำการป้อนค่าสมการที่จะคำนวณลงในช่อง Expression แล้วกดปุ่ม OK โปรแกรม Minitab 15.0 จะคำนวณค่าที่ต้องการออกมา ซึ่งได้แสดงไว้ดังภาพผนวกที่ ก6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ก6 แสดงขั้นตอนการคำนวณอัตราการล้มเหลวสำหรับการแจกแจงแบบไวบูลล์ใน โปรแกรม Minitab 15.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันสำหรับสมมุติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์ (VB) 22 KV

การไฟฟ้า *เขต*	*สายป้อน*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA01	0.2214	4.5174	5.4422	0.6990
น.1	CDO03	0.0787	12.7076	11.9076	0.1320
น.1	CKN02	0.5830	1.7153	0.6673	0.2520
น.1	CMC03	0.1900	5.2630	6.1825	0.1050
น.1	CMD01	0.3480	2.8735	2.8735	0.3300
น.1	CMD02	0.8229	1.2153	1.4583	0.2560
น.1	CMD04	0.4342	2.3032	1.5932	0.1040
น.1	CMD05	0.3484	2.8705	3.5725	0.1350
น.1	CMD06	0.7567	1.3215	2.0685	0.8570
น.1	CMD07	0.6890	1.4513	1.6703	0.1670
น.1	CMD08	0.2089	4.7860	5.7432	0.0510
น.1	CMD09	0.2597	3.8506	4.2506	0.5260
น.1	CRA02	0.1661	6.0203	6.0605	0.7270
น.1	CRA05	0.7331	1.3642	1.6041	0.2520
น.1	CRA07	0.2264	4.4175	3.5188	0.2520
น.1	CSA02	0.2078	4.8119	4.1219	0.1740
น.1	CSA05	0.2754	3.6309	4.3570	0.7140
น.1	CSA06	0.4927	2.0296	2.4355	0.4820
น.1	CUN02	0.7160	1.3967	2.0058	0.6090
น.1	CUN07	1.6815	0.5947	0.5947	0.5300
น.1	FAA01	0.1473	6.7892	6.6440	0.5540
น.1	FAA03	0.4831	2.0701	2.0701	0.3400
น.1	FAA06	0.6855	1.4587	1.4587	0.6700
น.1	FAA09	0.3417	2.9263	3.2834	0.5480

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	HCA02	0.3058	3.2696	3.2696	0.2520
น.1	HCA03	0.6879	1.4538	1.5030	0.1060
น.1	HCA04	0.2750	3.6362	4.3634	0.1590
น.1	HCA05	0.1756	5.6938	6.8326	0.5440
น.1	HOA06	0.8242	1.2133	2.2943	0.1260
น.1	HOA07	1.0396	0.9619	1.6529	0.3760
น.1	HOA08	0.2339	4.2747	4.9259	0.5870
น.1	LIA02	0.3530	2.8332	2.8332	0.4160
น.1	LIA03	0.0939	10.6515	11.3233	0.2390
น.1	LNA01	0.2829	3.5346	3.7781	0.9030
น.1	LNA02	0.7356	1.3594	0.9110	0.1570
น.1	LNA04	0.1473	6.7903	20.6344	0.1860
น.1	LNC02	0.0867	11.5337	10.0105	0.0840
น.1	LNC03	0.4910	2.0367	2.5388	0.8030
น.1	LNC04	0.8968	1.1151	1.5776	0.2110
น.1	LNC10	0.5887	1.6987	1.4800	0.2610
น.1	LND01	1.0289	0.9719	0.9719	0.2010
น.1	LND02	0.7646	1.3078	1.3078	0.2620
น.1	LND03	2.5896	0.3862	0.3862	0.2529
น.1	LPB06	0.2527	3.9565	3.9565	0.5930
น.1	LPC02	0.1545	6.4744	5.5763	0.1230
น.1	LPC03	0.3821	2.6169	3.1403	0.6880
น.1	MCA01	0.3151	3.1738	3.1738	0.3310
น.1	MCA02	0.4393	2.2765	3.1199	0.1470

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	MCA03	0.3385	2.9546	2.7580	0.1220
น.1	MCA05	0.3960	2.5251	2.0251	0.0580
น.1	MCA08	2.1858	0.4575	0.5495	0.2520
น.1	MEA02	0.2052	4.8724	4.8924	0.9580
น.1	MEA03	0.3543	2.8226	2.0226	0.0910
น.1	MEA04	0.5605	1.7841	1.7841	0.5490
น.1	MEA05	0.6914	1.4464	1.5474	0.6670
น.1	MEA09	0.7291	1.3715	1.4715	0.2910
น.1	MLA01	0.2535	3.9453	3.5456	0.2500
น.1	MLA02	0.3679	2.7185	3.2622	0.4600
น.1	MLA03	0.1802	5.5506	5.5506	0.0840
น.1	MLA04	0.2577	3.8801	3.8801	0.1310
น.1	MLA05	1.3221	0.7564	0.9077	0.8960
น.1	MLA09	0.4934	2.0269	2.0869	0.1950
น.1	MRM02	0.1992	5.0196	5.9159	0.1460
น.1	MRM03	0.2520	3.9678	2.9877	0.0920
น.1	MRM05	0.2031	4.9245	5.9094	0.2870
น.1	MRM06	0.2180	4.5871	2.9408	0.0030
น.1	MRM07	0.1925	5.1959	6.0925	0.7520
น.1	MRM09	0.1929	5.1847	6.2216	0.4590
น.1	MRM10	0.7639	1.3091	1.3091	0.1770
น.1	PAN01	0.4783	2.0909	2.5090	0.4140
น.1	PAN02	1.0242	0.9763	1.1716	0.2520
น.1	PAN03	0.3596	2.7811	2.7811	0.2520

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	PAN04	0.5464	1.8302	2.1962	0.7540
น.1	PAN05	0.5448	1.8355	2.2026	0.1880
น.1	PYA05	0.1914	5.2251	4.8055	0.4280
น.1	PYA06	0.0984	10.1616	9.4915	0.2520
น.1	SKP03	0.2321	4.3093	4.3459	0.9620
น.1	SKP05	0.3413	2.9300	2.4725	0.1990
น.1	SKP08	0.1357	7.3669	8.2403	0.5270
น.1	SKP10	0.1827	5.4748	6.3259	0.8060
น.1	TEA01	0.2177	4.5928	4.7579	0.6420
น.1	TEA03	0.3443	2.9047	3.3347	0.2290
น.1	TEA08	0.7106	1.4073	1.0721	0.1940
น.1	TNG01	0.3432	2.9138	2.9138	0.2980
น.1	TNG02	0.7991	1.2514	1.6518	0.0580
น.1	TNG03	2.0967	0.4769	0.4769	0.2520
น.1	TNG05	0.1262	7.9214	6.9008	0.2520
น.1	TNG09	1.3994	0.7146	0.7146	0.2960
น.1	TNG10	1.0163	0.9840	0.9840	0.7070
น.1	WPA01	0.5348	1.8699	1.7695	0.1600
น.1	WPA02	0.4672	2.1406	2.1406	0.8410
น.1	WPA03	0.1318	7.5897	7.5897	0.7160
น.1	WPA04	0.5022	1.9912	2.3894	0.1460
น.1	WPA08	0.3897	2.5662	2.5662	0.5480
น.2	BNA03	0.7064	1.4156	1.8986	0.1930
น.2	BNA04	0.2996	3.3379	3.8495	0.6280

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์ (B) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_d$ (ปี)	$\overline{\lambda}_d$ (ครั้ง/ปี)	λ_d (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CEA01	0.3392	2.9479	3.5374	0.1450
น.1	CEA02	0.2862	3.4946	4.1490	0.2680
น.1	CEA04	0.3087	3.2397	3.3475	0.6140
น.1	CMA01	0.1145	8.7308	7.3919	0.9440
น.1	CMA02	0.3263	3.0645	3.6774	0.6070
น.1	CMA03	0.2410	4.1502	3.3551	0.6620
น.1	CMA04	0.2597	3.8502	3.0210	0.1060
น.1	CMA05	0.5504	1.8168	1.6000	0.6830
น.1	CMA06	0.2385	4.1936	4.0115	0.4930
น.1	CMA08	0.3873	2.5822	2.5020	0.8910
น.1	CMA09	0.4106	2.4354	2.1143	0.1290
น.1	CMA10	0.3555	2.8131	2.9230	0.3850
น.1	CMB01	0.1355	7.3802	8.2272	0.3700
น.1	CMB03	0.0978	10.2297	9.4996	0.2310
น.1	CMB04	0.2118	4.7225	4.0793	0.7240
น.1	CMB08	0.2662	3.7569	4.5026	0.1000
น.1	CMC01	0.3998	2.5012	2.8210	0.1750
น.1	CMC06	0.1215	8.2288	8.8746	0.6640
น.1	CMC07	0.1224	8.1720	8.8655	0.6730
น.1	CMC08	0.1306	7.6559	8.2042	0.5980
น.1	CMC09	0.2915	3.4309	2.7089	0.1630
น.1	CMC10	0.0742	13.4790	13.9926	0.0760

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของ BR (F) 22 KV

การไฟฟ้า *เขต*	*สายป้อน*	$MTTF_f$ (ปี)	$\overline{\lambda}_f$ (ครั้ง/ปี)	λ_f (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA04	0.1681	5.9491	5.8178	0.4240
น.1	CME01	0.1692	5.9117	6.5184	0.8850
น.1	CME02	0.1220	8.1976	8.8694	0.1130
น.1	CME03	0.0931	10.7417	9.1092	0.1150
น.1	MCA01	0.1473	6.7866	6.7866	0.6300
น.1	MCA02	0.4358	2.2948	2.2948	0.3000
น.1	MCA03	0.4539	2.2034	2.2034	0.6040
น.1	MTA03	0.1043	9.5909	9.1275	0.0750
น.1	PYA03	0.1542	6.4846	6.4846	0.7220
น.1	PYA07	0.0434	23.0324	23.3324	0.2520

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของรีโคลสเซอร์ (G) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA01	0.1560	6.4114	6.6937	0.0580
น.1	CDO03	0.0510	19.6259	19.6559	0.7320
น.1	CEA08	0.2488	3.8191	4.0191	0.2850
น.1	CKN01	0.3589	2.7861	3.3433	0.9270
น.1	CKN02	0.5249	1.9050	1.9250	0.4340
น.1	CKN03	0.6152	1.6256	1.9507	0.7330
น.1	CMA07	0.3270	3.0581	3.1581	0.5420
น.1	CMA09	0.2362	4.2330	4.1233	0.5790
น.1	CMA10	0.0959	10.4265	10.3427	0.8860
น.1	CMB01	0.0849	11.7747	11.3747	0.0920
น.1	CMB07	0.3299	3.0315	3.1032	0.2520
น.1	CMC05	0.0588	17.0103	17.2010	0.0920
น.1	CMC06	0.4870	2.0535	2.6635	0.1340
น.1	CMC09	0.3874	2.5816	2.4582	0.2520
น.1	CMD03	0.5204	1.9217	1.8922	0.1040
น.1	CME02	1.1524	0.8678	0.7868	0.2520
น.1	CME03	0.0926	10.8019	10.4802	0.1410
น.1	CRA02	0.4102	2.4381	2.5438	0.2520
น.1	CRA03	0.6769	1.4773	2.0477	0.5960
น.1	CRA06	1.2779	0.7825	0.9390	0.4500
น.1	CRA09	0.2986	3.3492	3.7046	0.0930
น.1	CRA10	0.8174	1.2234	2.0869	0.2690

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

การไฟฟ้า เขต	*สายป้อน*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CSA01	0.6930	1.4430	1.7323	0.3890
น.1	CSA09	0.8276	1.2083	1.1208	0.6910
น.1	CUN01	0.2794	3.5795	3.6579	0.0810
น.1	CUN04	0.3575	2.7969	3.3563	0.1460
น.1	CUN05	1.7811	0.5614	0.5461	0.7030
น.1	CUN06	2.1540	0.4643	0.4564	0.2520
น.1	CUN07	0.3566	2.8042	3.3611	0.2700
น.1	FAA08	0.1292	7.7384	8.2861	0.6750
น.1	HCA04	0.1342	7.4492	7.6112	0.2310
น.1	HCA05	1.5896	0.6291	0.9629	0.2520
น.1	LIA01	0.2186	4.5975	4.5755	0.9340
น.1	LNB03	0.1435	6.9674	7.2841	0.8190
น.1	LNC03	0.3484	2.8700	3.4440	0.1800
น.1	LNC05	0.1774	5.6373	6.7648	0.1090
น.1	LPA06	0.3213	3.1122	3.7346	0.3030
น.1	LPC01	0.3608	2.7717	3.3261	0.4170
น.1	MCA01	0.2042	4.8981	4.5898	0.5820
น.1	MCA05	0.4498	2.2230	2.0223	0.0870
น.1	MEA03	0.3870	2.5839	2.9584	0.3470
น.1	MEA10	0.2656	3.7649	4.5179	0.6000
น.1	MLA05	0.0162	61.6901	61.8769	0.2520
น.1	MLA10	0.6562	1.5240	1.4524	0.7140
น.1	MTA02	0.2070	4.8310	5.5797	0.1070

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

การไฟฟ้า เขต	*สายป้อน*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	PYA01	0.4980	2.0082	2.9908	0.2520
น.1	PYA03	0.5415	1.8467	2.1075	0.0670
น.1	PYA04	0.3360	2.9766	3.1977	0.4240
น.1	PYA05	0.6390	1.5650	1.5650	0.6540
น.1	SKP04	0.3120	3.2055	3.8467	0.4220
น.1	SKP05	0.3303	3.0272	3.3027	0.1140
น.1	SKP10	0.7273	1.3750	1.3375	0.2520
น.1	TEA02	0.5434	1.8403	1.9840	0.7910
น.1	TEA07	0.0940	10.6408	10.7689	0.1500
น.1	TEA08	0.5026	1.9897	2.1598	0.2510
น.1	TNG03	1.5035	0.6651	0.7665	0.2520
น.1	TNG05	0.1224	8.1720	8.2172	0.2370
น.1	TNG07	0.6306	1.5857	1.6586	0.1470
น.1	TNG10	0.2120	4.6717	4.7173	0.7600
น.1	WPA01	0.8874	1.1269	1.2780	0.8180

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของฟีวส์ (H) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_h$ (ปี)	$\overline{\lambda}_h$ (ครั้ง/ปี)	λ_h (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA01	0.2498	4.0025	4.8030	0.9150
น.1	BGA03	0.2695	3.7106	3.9711	0.1050
น.1	CEA02	0.2169	4.6094	5.5313	0.5170
น.1	CKN01	0.2859	3.4974	4.1497	0.7540
น.1	CKN02	0.2990	3.3449	3.4345	0.9030
น.1	CKN03	0.5002	1.9994	2.0999	0.5040
น.1	CMA01	0.3234	3.0926	3.1893	0.3210
น.1	CMA02	0.2626	3.8083	3.9808	0.5360
น.1	CMA03	0.3193	3.1314	3.2131	0.3420
น.1	CMA07	0.6178	1.6187	1.7619	0.3110
น.1	CMA08	0.3305	3.0255	3.1255	0.2520
น.1	CMA09	0.1476	6.7770	6.8777	0.4740
น.1	CMB01	0.3294	3.0360	3.0360	0.0540
น.1	CMB03	0.7859	1.2724	1.2724	0.2520
น.1	CMB04	0.2752	3.6334	3.7633	0.1220
น.1	CMB06	0.1667	5.9997	5.2108	0.2520
น.1	CMB08	0.3219	3.1068	3.7282	0.2360
น.1	CMC02	0.6192	1.6149	1.2334	0.5290
น.1	CMC09	0.2848	3.5110	3.5211	0.4650
น.1	CMD04	0.1922	5.2039	5.2204	0.5700
น.1	CMD05	0.1953	5.1202	6.0144	0.1290
น.1	CMD10	0.2431	4.1128	4.2113	0.8890
น.1	CME03	0.3098	3.2282	3.1228	0.3700

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	$MTTF_h$ (ปี)	$\bar{\lambda}_h$ (ครั้ง/ปี)	λ_h (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CRA01	1.4547	0.6874	0.8249	0.8520
น.1	CRA05	2.5615	0.3904	0.4685	0.2090
น.1	CSA06	0.3165	3.1600	3.7920	0.0840
น.1	CSA07	0.2934	3.4080	3.4580	0.5330
น.1	CUN02	0.5383	1.8576	1.8361	0.5690
น.1	FAA06	0.5288	1.8910	2.2691	0.7890
น.1	HCA04	0.2145	4.6628	5.3595	0.9470
น.1	HOA07	0.1249	8.0067	9.0608	0.1590
น.1	LIA05	0.4289	2.3316	2.7979	0.1010
น.1	LNA01	0.1973	5.0682	6.0819	0.2460
น.1	LNB01	0.4119	2.4277	2.5428	0.5530
น.1	LNB04	0.3436	2.9105	2.9310	0.7240
น.1	LNC01	0.2059	4.8571	5.1857	0.4930
น.1	LPA10	0.3790	2.6388	3.1665	0.0510
น.1	MCA07	0.5406	1.8497	1.9850	0.2650
น.1	MEA04	0.3688	2.7116	3.0712	0.3380
น.1	MEA09	0.2297	4.3537	4.2354	0.2520
น.1	MEA10	0.3888	2.5721	3.3572	0.1260
น.1	MHA08	1.4082	0.7101	0.8522	0.2290
น.1	PAN03	0.2174	4.6007	4.7276	0.2260
น.1	PAN05	0.2312	4.3259	6.7984	0.6220
น.1	SKP07	0.4206	2.3774	2.8529	0.1930
น.1	WPA01	0.4800	2.0832	2.4999	0.3230

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ป้องกันสำหรับสมมุติฐานการแจกแจงไวบูลล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์ (VB) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA01	0.9583	114604	0.2222	4.5826	5.4991	0.7568
น.1	CDO01	0.3674	18045	0.1469	11.6128	11.6128	0.9500
น.1	CDO03	0.8472	37859	0.0785	13.7011	13.7011	0.9656
น.1	CDO04	0.5921	158810	0.4626	2.7817	2.7817	0.9856
น.1	CDO05	0.6498	66279	0.1723	7.1082	7.1082	0.9668
น.1	CMC03	0.7674	87312	0.1942	5.8052	6.9662	0.2140
น.1	CMD01	0.8972	175747	0.3524	2.9745	2.9745	0.2060
น.1	CMD02	2.4960	488593	0.8248	0.8994	1.0793	0.9356
น.1	CMD03	0.6464	87896	0.2299	5.3433	4.6463	0.2300
น.1	CMD04	0.7229	182876	0.4275	2.7146	2.7146	0.8639
น.1	CMD05	0.7186	150108	0.3528	3.2993	3.9591	0.2390
น.1	CMD06	1.3320	430870	0.7536	1.1862	1.8536	0.9563
น.1	CMD07	0.9198	347717	0.6881	1.5068	1.7258	0.0630
น.1	CMD08	0.6721	86957	0.2181	5.5210	5.7384	0.9512
น.1	CMD09	0.9514	133762	0.2603	3.9251	3.9251	0.9500
น.1	CMD10	0.4907	53206	0.2097	6.8168	5.5696	0.9890
น.1	CRA02	0.9935	87087	0.1662	6.0352	6.0502	0.9687
น.1	CRA08	0.3812	15509	0.1126	14.7946	14.2746	0.9556
น.1	CSA02	0.7446	94703	0.2158	5.3000	5.3000	0.9231
น.1	CSA04	0.4909	183690	0.7235	1.9756	1.7095	0.9500
น.1	CSA05	1.2050	155199	0.2775	3.3437	4.0124	0.9790
น.1	CSA06	0.8513	236820	0.4897	2.1921	2.4818	0.9500
น.1	CSA07	0.4985	103079	0.3944	3.5918	2.7240	0.0710
น.1	CSA09	0.6638	176305	0.4479	2.7049	3.2459	0.2120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CUN01	0.6094	115365	0.3237	3.9144	4.7144	0.1580
น.1	CUN02	0.9307	364630	0.7172	1.4381	2.0058	0.9500
น.1	CUN03	0.6718	73968	0.1856	6.4890	7.7868	0.9489
น.1	CUN04	0.6184	178053	0.4906	2.5629	3.7669	0.0730
น.1	CUN05	0.7091	127827	0.3041	3.8529	7.9712	0.9500
น.1	FAA01	0.9346	75335	0.1479	6.9626	8.3552	0.8976
น.1	FAA02	0.5375	86347	0.2900	4.6801	5.8861	0.0990
น.1	FAA03	1.8050	285543	0.4831	1.6746	1.6746	0.9500
น.1	FAA07	0.5882	164023	0.4821	2.6790	2.1570	0.9589
น.1	FAA08	0.6294	260425	0.7024	1.7734	2.1280	0.9698
น.1	FAA09	0.8671	169230	0.3461	3.0762	3.2792	0.9500
น.1	HCA04	2.4540	163354	0.2756	2.7022	3.2427	0.9689
น.1	HCA05	0.9992	92284	0.1756	5.6955	6.8346	0.9500
น.1	HOA06	0.6909	378926	0.9242	1.2846	1.5415	0.0610
น.1	HOA07	1.3320	583792	1.0210	0.8755	1.3771	0.0930
น.1	HOA08	0.8996	116633	0.2335	4.4834	5.6834	0.9500
น.1	HOA09	0.7703	50026	0.1109	10.1435	10.1435	0.9674
น.1	HOA10	0.7198	61824	0.1451	8.0160	8.0160	0.9500
น.1	LIA01	0.5583	296785	0.9396	1.4142	1.4142	0.1720
น.1	LIA02	0.9241	178262	0.3519	2.9402	2.6631	0.9500
น.1	LIA03	0.8713	46290	0.0944	11.2537	12.5045	0.2330
น.1	LIA04	0.7328	82049	0.1895	6.0822	6.7522	0.2470
น.1	LIA05	0.7408	51486	0.1178	9.7311	10.4034	0.9500
น.1	LNA01	1.1580	156802	0.2834	3.3248	4.7586	0.9596

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_b$ (ปี)	$\overline{\lambda}_b$ (ครั้ง/ปี)	λ_b (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	MHA03	0.5970	4132	0.0119	107.6090	106.6887	0.0910
น.1	MHA07	0.6064	12777	0.0361	35.2156	35.2156	0.9500
น.1	MLA02	1.0120	194190	0.3676	2.7065	3.2478	0.1880
น.1	MLA03	1.9910	107208	0.1808	4.3499	4.3499	0.9500
น.1	MLA05	1.2900	751910	1.3233	0.6834	0.8201	0.9369
น.1	MLA06	0.2626	48367	1.6610	1.2870	1.5444	0.9785
น.1	MLA07	0.5481	149342	0.4863	2.7606	3.3127	0.9523
น.1	MLA09	0.8191	235818	0.5000	2.1855	2.1855	0.9260
น.1	MRM01	1.5480	196149	0.3357	2.5285	3.0342	0.0700
น.1	MRM02	0.7922	91929	0.1996	5.5628	5.6754	0.9500
น.1	MRM03	0.7749	113246	0.2500	4.4886	4.4986	0.9369
น.1	MRM04	0.7568	69076	0.1553	7.3059	7.7671	0.9500
น.1	MRM05	0.8641	100833	0.2066	5.1603	6.0093	0.1200
น.1	MRM06	0.5614	73959	0.2322	5.7046	4.8692	0.2290
น.1	MRM07	0.9614	99349	0.1924	5.2869	5.3442	0.9500
น.1	MRM08	0.6732	70659	0.1769	6.8003	5.9792	0.9146
น.1	MRM09	1.0230	102201	0.1926	5.1417	6.1700	0.1910
น.1	MRM10	0.6600	317193	0.8109	1.4987	1.4987	0.9260
น.1	PAN01	1.6010	283371	0.4833	1.7370	2.0843	0.1360
น.1	PAN04	1.2170	304494	0.5430	1.7021	2.0425	0.9534
น.1	PAN05	0.6513	224745	0.5829	2.0991	2.5190	0.9369
น.1	SKP02	0.7925	41183	0.0894	8.4185	7.2742	0.0710
น.1	SKP03	0.9917	121539	0.2321	4.3244	4.3546	0.9500
น.1	SKP04	0.6590	63187	0.1618	7.5169	7.6203	0.9146

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ ค2 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของเบรคเกอร์ (B) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_d$ (ปี)	$\overline{\lambda}_d$ (ครั้ง/ปี)	λ_d (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CEA01	0.7071	145179	0.3463	3.3883	3.9054	0.8950
น.1	CEA02	0.9613	147227	0.2851	3.5676	4.2811	0.0900
น.1	CEA03	0.5603	46589	0.1467	9.0394	9.5618	0.6895
น.1	CEA04	1.336	176631	0.3087	2.8921	2.9921	0.9425
น.1	CEA06	0.5808	36323	0.1086	11.9711	12.3654	0.2080
น.1	CEA07	0.7169	61981	0.1460	7.9826	7.9826	0.8950
น.1	CMA01	0.9746	59513	0.1145	8.8292	8.4158	0.9675
น.1	CMA02	1.016	172508	0.3261	3.0465	3.6558	0.7895
น.1	CMA03	0.9757	125238	0.2408	4.1957	3.9296	0.6595
น.1	CMA05	1.413	317999	0.5506	1.5898	1.5000	0.9546
น.1	CMA06	1.003	125474	0.2384	4.1889	4.0115	0.2170
น.1	CMA07	0.686	59719	0.1467	8.1230	7.2139	0.9500
น.1	CMA08	1.229	217466	0.3869	2.3801	2.5000	0.9345
น.1	CMA09	0.643	177139	0.4661	2.6428	2.1143	0.0770
น.1	CMA10	0.8156	164037	0.3489	3.1390	2.9230	0.9355
น.1	CMB01	0.8678	66261	0.1354	7.8575	8.4290	0.9568
น.1	CMB02	0.4469	52024	0.2492	6.0629	6.1629	0.9500
น.1	CMB03	0.7968	45579	0.0985	11.2361	11.4996	0.8995
น.1	CMB04	0.9763	109973	0.2114	4.7782	4.0319	0.7595
น.1	CMB05	0.7081	40706	0.0970	12.0917	12.5101	0.9465
น.1	CMB07	0.7044	72632	0.1739	6.7613	6.7813	0.9120
น.1	CMB08	0.7786	123728	0.2721	4.1139	4.9367	0.2378
น.1	CMB09	0.769	48157	0.1069	10.5318	10.5318	0.8955
น.1	CEA01	0.7071	145179	0.3463	3.3883	3.9054	0.8950

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของ BR (F) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_f$ (ปี)	$\overline{\lambda}_f$ (ครั้ง/ปี)	λ_f (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA02	0.5604	29668	0.0934	14.1974	14.0368	0.1820
น.1	BGA04	0.9451	86745	0.1693	6.0506	6.2607	0.1370
น.1	CME01	0.9483	86792	0.1691	6.0483	6.5580	0.7895
น.1	CME02	0.7254	51709	0.1205	9.6135	9.6145	0.9245
น.1	CME03	0.7593	42218	0.0947	11.9664	11.9618	0.6795
น.1	MCA01	0.9402	74972	0.1467	6.9988	6.9788	0.8945
น.1	MTA01	0.7207	25718	0.0603	19.2795	19.1354	0.9075
น.1	MTA02	0.4601	40660	0.1826	8.1297	8.7111	0.0640
น.1	MTA03	0.8317	49677	0.1043	10.4069	9.2334	0.4550
น.1	PYA03	1.672	91355	0.1553	5.3333	5.4333	0.8995
น.1	PYA04	0.7943	57005	0.1235	8.9769	8.9869	0.7695

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของรีโคลสเซอร์ (G) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CDO01	0.6029	32368	0.0921	13.8410	15.1033	0.1960
น.1	CDO03	1.044	27192	0.0509	19.3146	19.4166	0.9485
น.1	CEA06	0.6926	37721	0.0918	12.9992	12.9192	0.8435
น.1	CEA07	0.5027	52727	0.1987	7.0967	6.4967	0.0620
น.1	CEA08	0.754	114518	0.2583	4.4015	4.3402	0.6795
น.1	CKN01	1.283	203841	0.3592	2.5230	3.0277	0.9500
น.1	CKN02	1.285	300629	0.5295	1.7103	2.0524	0.1140
น.1	CKN03	1.318	348555	0.6108	1.4690	1.7628	0.9125
น.1	CMA07	0.8762	159819	0.3248	3.2620	3.2720	0.9500
น.1	CMA09	0.8215	113083	0.2393	4.5604	4.4604	0.6795
น.1	CMA10	1.106	52418	0.0961	9.9873	9.9973	0.9035
น.1	CMB01	0.7635	38404	0.0858	13.1777	13.1877	0.7695
น.1	CMC05	0.726	25982	0.0605	19.1389	19.2139	0.8595
น.1	CMC06	0.6977	199706	0.4825	2.4485	2.9382	0.9500
น.1	CMC08	0.7508	70398	0.1593	7.1500	8.0220	0.0990
น.1	CMD03	0.6462	200460	0.5245	2.3424	2.3524	0.9500
น.1	CMD04	0.4542	14741	0.0681	21.9714	21.9614	0.9235
น.1	CMD09	0.5106	21833	0.0800	17.4698	17.1698	0.0960
น.1	CMD10	0.6908	38914	0.0949	12.5077	12.5277	0.9340
น.1	CME03	0.8401	44217	0.0922	11.7138	11.7234	0.6950
น.1	CRA03	0.8121	321755	0.6863	1.5988	1.9186	0.5695
น.1	CRA06	2.249	758674	1.2785	0.5954	0.7144	0.8005
น.1	CRA09	0.5913	118438	0.3456	3.7259	4.4711	0.1930

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CRA10	0.8801	402211	0.8153	1.2969	1.8173	0.2110
น.1	CSA01	0.8417	331767	0.6910	1.5617	1.5663	0.9567
น.1	CSA09	1.765	491642	0.8327	0.9780	0.9880	0.9650
น.1	CUN01	0.6627	115658	0.2944	4.1195	4.2195	0.7395
น.1	CUN04	0.8639	173463	0.3555	2.9995	3.5994	0.2220
น.1	CUN07	0.9699	185615	0.3579	2.8305	3.3211	0.0670
น.1	FAA04	0.6552	13445	0.0346	35.2108	34.8564	0.1910
น.1	FAA08	1.002	67970	0.1292	7.7328	8.2794	0.6895
น.1	FAA09	0.354	194247	1.7874	0.9775	1.1729	0.5695
น.1	HCA04	0.8036	62407	0.1341	8.2233	8.8679	0.9500
น.1	HOA06	0.694	88850	0.2158	5.9900	5.4900	0.2050
น.1	HOA08	0.6279	24456	0.0662	18.9541	18.8541	0.7895
น.1	HOA09	0.5584	25059	0.0793	16.8522	16.7522	0.9578
น.1	HOA10	0.6815	31905	0.0789	15.3551	15.1551	0.7950
น.1	LIA01	1.053	117038	0.2182	4.4860	4.5860	0.6595
น.1	LIA02	0.633	97882	0.2622	4.7358	4.8358	0.9530
น.1	LIA03	0.653	53260	0.1377	8.8713	9.3545	0.2160
น.1	LIA04	0.6845	49706	0.1224	9.7488	10.5986	0.7950
น.1	LNB03	1.089	77810	0.1433	6.7355	6.8355	0.9513
น.1	LNC03	0.8114	166661	0.3557	3.0861	3.7033	0.6795
น.1	LNC05	0.6751	74516	0.1860	6.4578	6.7493	0.8985
น.1	LPA06	0.8902	160118	0.3225	3.2621	3.3145	0.9500
น.1	LPA08	0.7245	42775	0.0998	11.6158	11.3158	0.1560

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	LPA09	0.6281	133087	0.3599	3.4654	4.1584	0.8795
น.1	LPA10	0.5518	109118	0.3517	3.8034	4.5641	0.5695
น.1	LPB04	0.6306	71856	0.1934	6.4351	6.7222	0.9500
น.1	LPB07	0.6516	89721	0.2326	5.2596	6.0115	0.6705
น.1	LPC01	0.901	180415	0.3609	2.8988	3.0999	0.6795
น.1	LPC03	0.5281	67681	0.2340	5.8586	6.0586	0.8950
น.1	MCA01	1.25	115317	0.2043	4.0776	4.4776	0.2000
น.1	MCA02	0.5723	118329	0.3613	3.6283	4.3539	0.2210
น.1	MCA03	0.5139	152250	0.5514	2.5545	2.5245	0.9345
น.1	MCA05	0.7885	205564	0.4478	2.6847	2.4847	0.2440
น.1	MCA08	0.6552	88203	0.2273	5.3673	5.3673	0.9500
น.1	MEA03	0.8566	190234	0.3919	2.7316	3.2779	0.9512
น.1	MEA10	1.349	152104	0.2654	3.3527	4.0233	0.8695
น.1	MHA01	0.664	17601	0.0447	27.0992	27.4992	0.1700
น.1	MLA07	0.2818	2148	0.0509	40.0058	40.0058	0.9785
น.1	MLA09	0.6241	105961	0.2887	4.3339	2.2978	0.2230
น.1	MRM01	0.4254	20595	0.1109	14.0396	14.0596	0.8950
น.1	MRM02	0.6046	61006	0.1729	7.3592	7.8310	0.9534
น.1	MRM03	0.7881	126484	0.2756	4.0376	4.1376	0.8325
น.1	MRM05	0.6417	60672	0.1600	7.7064	7.2477	0.7650
น.1	MRM06	0.7997	25529	0.0550	20.0787	20.4787	0.1790
น.1	MTA01	0.6308	19172	0.0516	24.1237	24.9484	0.2480
น.1	MTA03	0.494	48979	0.1906	7.4709	7.4709	0.9500

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_g$ (ปี)	$\overline{\lambda}_g$ (ครั้ง/ปี)	λ_g (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	PYA03	0.6243	227022	0.6183	2.0233	2.4279	0.1550
น.1	PYA04	1.123	183158	0.3340	2.8547	3.5137	0.1940
น.1	SKP01	0.7569	80333	0.1806	6.2824	6.5389	0.0780
น.1	SKP04	0.9027	155962	0.3117	3.3539	4.0247	0.7695
น.1	SKP05	0.7538	146408	0.3303	3.5425	3.4425	0.9125
น.1	SKP08	0.5503	92793	0.3003	4.4606	5.3527	0.1250
น.1	SKP09	0.4216	78944	0.4346	3.6013	4.3216	0.9509
น.1	TEA02	0.9993	285507	0.5434	1.8409	1.8409	0.8975
น.1	TEA04	0.6482	102567	0.2674	4.5866	4.5040	0.9567
น.1	TEA07	0.8194	43991	0.0933	11.7167	11.0601	0.8950
น.1	TEA08	1.278	280721	0.4950	1.8332	2.6175	0.0550
น.1	TNG05	1.39	69486	0.1206	7.2986	7.1986	0.1700
น.1	TNG07	0.6736	279602	0.6996	1.7191	1.8191	0.1650
น.1	TNG08	0.7688	209425	0.4651	2.4216	2.9059	0.9500
น.1	TNG09	0.7095	178452	0.4244	2.7605	3.3126	0.1400
น.1	TNG10	0.9947	111178	0.2120	4.7275	4.2214	0.7895
น.1	WPA01	0.9327	454159	0.8923	1.1548	1.3858	0.8995
น.1	WPA02	0.7185	114522	0.2692	4.3242	4.5563	0.9500
น.1	WPA03	0.611	35256	0.0986	12.8332	12.3999	0.9255

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ ค5 ค่าอัตราการล้มเหลวก่อนและหลังปรับของฟิวส์ (H) 22 KV

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_h$ (ปี)	$\overline{\lambda}_h$ (ครั้ง/ปี)	λ_h (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	BGA01	1.061	134249	0.2496	3.9096	4.6915	0.7950
น.1	BGA02	0.7234	135982	0.3177	3.7652	3.6517	0.8795
น.1	BGA03	0.7278	119955	0.2788	4.1494	4.2149	0.9125
น.1	BGA04	0.7477	101156	0.2297	4.9690	5.2963	0.7695
น.1	CDO02	0.6197	47002	0.1292	9.7231	9.8723	0.0930
น.1	CDO03	0.7278	62963	0.1463	7.9053	7.8905	0.9500
น.1	CEA01	0.7643	77917	0.1738	6.4971	6.5497	0.1310
น.1	CEA02	1.116	118895	0.2173	4.4000	5.2801	0.6595
น.1	CEA03	0.6997	66753	0.1608	7.3348	8.0802	0.7695
น.1	CEA04	0.8357	82427	0.1725	6.2777	7.0533	0.6950
น.1	CEA08	0.7413	103771	0.2374	4.8293	5.5795	0.8795
น.1	CKN01	0.9674	148177	0.2861	3.5454	3.6545	0.9500
น.1	CKN02	1.176	166084	0.2988	3.1337	3.2134	0.5495
น.1	CKN03	0.8981	249948	0.5009	2.0917	2.5101	0.9500
น.1	CMA01	1.293	184782	0.3251	2.7798	2.6780	0.8795
น.1	CMA02	0.9625	136170	0.2635	3.8574	4.0629	0.2470
น.1	CMA03	0.8291	152258	0.3202	3.3934	3.2393	0.6995
น.1	CMA06	0.5621	123583	0.3873	3.4179	3.3418	0.7695
น.1	CMA07	1.268	345536	0.6104	1.4911	1.6491	0.0510
น.1	CMB01	0.8364	158304	0.3311	3.2692	3.3269	0.9500
น.1	CMB02	0.7542	80034	0.1805	6.2986	6.3299	0.1070
น.1	CMB04	0.6958	117005	0.2834	4.1739	4.2174	0.8950
น.1	CMB05	0.7668	98087	0.2183	5.1663	6.0200	0.1340

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_h$ (ปี)	$\overline{\lambda}_h$ (ครั้ง/ปี)	λ_h (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CMB08	0.7759	146205	0.3224	3.4781	3.5478	0.9235
น.1	CMB09	0.5826	170204	0.5068	2.5614	2.6561	0.0720
น.1	CMC02	1.18	343980	0.6184	1.5125	1.3874	0.2100
น.1	CMC03	0.4977	155176	0.5955	2.3810	2.8572	0.9500
น.1	CMC05	0.7326	137744	0.3183	3.6226	3.6226	0.8695
น.1	CMC06	0.8641	135213	0.2771	3.8482	4.6178	0.1670
น.1	CMC09	0.8502	137311	0.2842	3.7799	3.8780	0.6950
น.1	CMC10	0.7463	114172	0.2597	4.3997	5.0280	0.7495
น.1	CMD03	0.7156	69172	0.1632	7.1474	7.2147	0.9500
น.1	CMD04	1.036	102522	0.1923	5.1241	5.2124	0.2260
น.1	CMD05	0.7683	88930	0.1976	5.7016	5.9702	0.9500
น.1	CMD06	0.7013	159110	0.3825	3.0804	3.6965	0.2480
น.1	CMD08	0.3385	25699	0.2771	6.4928	6.5493	0.8950
น.1	CMD10	1.016	128720	0.2433	4.0829	4.8994	0.7895
น.1	CME03	0.8742	151777	0.3089	3.4338	3.5434	0.9500
น.1	CRA01	1.467	848114	1.4608	0.5916	0.7099	0.9125
น.1	CRA02	0.7343	189081	0.4360	2.6413	2.7792	0.8195
น.1	CRA03	0.6886	224393	0.5491	2.1658	2.5989	0.9455
น.1	CRA06	0.7262	205531	0.4786	2.4197	2.9036	0.9150
น.1	CRA07	0.71	287666	0.6836	1.7130	2.0556	0.2310
น.1	CRA08	0.5183	285595	1.0192	1.3593	1.4359	0.1710
น.1	CRA09	0.6076	142548	0.4015	3.1611	3.7933	0.7895
น.1	CRA10	0.6778	171258	0.4258	2.8156	3.3787	0.9500

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_h$ (ปี)	$\overline{\lambda}_h$ (ครั้ง/ปี)	λ_h (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	CSA01	0.6503	106919	0.2778	4.4084	5.2901	0.7950
น.1	CSA05	0.745	86411	0.1968	5.8096	6.0972	0.9125
น.1	CSA06	0.835	150829	0.3158	3.4302	3.0430	0.0880
น.1	CSA07	0.8635	144455	0.2961	3.6016	3.7602	0.9500
น.1	CSA09	0.6779	141831	0.3526	3.4000	4.0801	0.8295
น.1	CUN02	1.408	309672	0.5365	1.6337	1.6121	0.2200
น.1	CUN04	0.766	263319	0.5864	1.9238	2.3086	0.9450
น.1	CUN06	0.8311	134937	0.2834	3.8308	4.5969	0.7495
น.1	CUN07	0.7232	203974	0.4767	2.4342	2.4434	0.9250
น.1	FAA03	0.6769	102474	0.2551	4.7023	4.3702	0.0760
น.1	FAA04	0.6564	98593	0.2535	4.8067	5.2768	0.8195
น.1	FAA06	1.144	291557	0.5287	1.7903	2.1484	0.9345
น.1	FAA07	0.6685	70742	0.1784	6.7672	6.5767	0.1380
น.1	HCA02	0.7214	73976	0.1733	6.7052	7.0462	0.6795
น.1	HCA04	1.012	113282	0.2145	4.6395	5.3567	0.9512
น.1	HCA05	0.7605	62368	0.1397	8.1043	8.8104	0.4595
น.1	HOA07	0.8124	58021	0.1237	8.8670	9.3640	0.9425
น.1	HOA08	0.6895	93705	0.2290	5.1896	6.0227	0.1770
น.1	LIA01	0.8191	163424	0.3465	3.1537	3.7845	0.9523
น.1	LIA02	0.654	99321	0.2564	4.7614	5.3714	0.1280
น.1	LIA03	0.7943	146045	0.3164	3.5039	4.2047	0.6895
น.1	LIA05	0.7939	194712	0.4221	2.6278	2.7628	0.9345
น.1	LNA01	0.8601	95683	0.1966	5.4343	6.0521	0.7895

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 (ต่อ)

การไฟฟ้าเขต	*สายป้อน*	*Shape*	*Scale*	$MTTF_h$ (ปี)	$\overline{\lambda}_h$ (ครั้ง/ปี)	λ_h (ครั้ง/ปี)	*P-value*
น.1	LNA02	0.7067	98743	0.2357	4.9805	5.1980	0.8750
น.1	LNA04	0.7043	99166	0.2374	4.9518	5.7942	0.1290
น.1	LNA05	0.6635	87880	0.2234	5.4253	6.0510	0.6995
น.1	LNB01	0.915	207664	0.4120	2.5220	2.6522	0.9145
น.1	LNB03	0.7059	70030	0.1673	7.0190	7.0177	0.9534
น.1	LNB04	0.9662	177861	0.3436	2.9536	2.9954	0.9475
น.1	LNB05	0.592	61136	0.1781	7.2249	8.0670	0.8950
น.1	LNC01	0.8873	102278	0.2064	5.1050	6.0126	0.7695
น.1	LNC02	0.7301	129328	0.2997	3.8533	4.0853	0.2090
น.1	LNC03	0.7006	86434	0.2080	5.6680	5.8015	0.0760
น.1	LNC05	0.7556	114202	0.2571	4.4168	5.3001	0.6595
น.1	LPA04	0.735	195615	0.4507	2.5540	3.0647	0.9500
น.1	LPA07	0.8027	146715	0.3155	3.4969	3.5497	0.1130
น.1	LPA08	0.7201	102574	0.2406	4.8323	5.7416	0.8795
น.1	LPA10	0.8842	188211	0.3805	2.7730	3.0328	0.1640
น.1	LPB03	0.607	156399	0.4411	2.8790	2.9879	0.8295
น.1	LPB05	0.6666	182602	0.4619	2.6177	3.1412	0.6950
น.1	LPB06	0.7205	146036	0.3424	3.3949	4.0739	0.5795
น.1	LPC02	0.7812	119492	0.2621	4.2637	4.0264	0.0790
น.1	LPC03	0.7211	145001	0.3398	3.4203	4.1043	0.9512
น.1	MCA01	0.6637	51955	0.1320	9.1782	8.2027	0.5695
น.1	MCA03	0.6317	205447	0.5518	2.2533	2.7039	0.9235
น.1	MCA04	0.6382	202214	0.5367	2.3044	2.4304	0.6795

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	เอกสิทธิ์ เจียมสกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	10 ธันวาคม 2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรโครงการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ควอลิตี้ซิสเต็ม เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์