



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า	วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	การเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
	Optimal Selection of Maintenance Activities for PEA Electric Power Distribution Systems
นามผู้วิจัย	นางสาวฐาปณี พรมนาไร่
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณยศพิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( อาจารย์พิสุทธิ รพีศักดิ์, Ph.D. )
หัวหน้าภาควิชา	( รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า  
ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Optimal Selection of Maintenance Activities for PEA Electric Power Distribution Systems

โดย

นางสาวฐาปณี พรมนาไร่

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฐาปนี พรมณาไธ่ 2554: การเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบ  
จำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปรินญญวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
(วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์คัลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D. 85 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกันและแบบแก้ไข  
ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อปรับปรุง  
ความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของ 12 เขตการ  
ไฟฟ้า โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณกับการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเชื่อถือได้  
และงบประมาณกับการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้า  
ขัดข้อง ในงานวิจัยนี้กิจกรรมบำรุงรักษาที่นำมาพิจารณาในการคัดเลือกได้มาจากวิธีการวางแผน  
บำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลัก พร้อมทั้งประเมินโอกาสในการปรับปรุง  
ความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจตุรรวมงานและประเมินมูลค่าความเสียหายที่ลดลงของผู้ใช้ไฟ  
จากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของแต่ละกิจกรรมที่ถูกเสนอในการวางแผนบำรุงรักษา นี้ จากนั้น  
แก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดภายใต้งบประมาณที่จำกัด ด้วยวิธีมินิแมกซ์ออลกอริทึม  
โดยกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับการคัดเลือก คือ กลุ่มกิจกรรมที่ทำให้ความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้นสูงสุด  
หรือลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟได้มากที่สุด ตามแต่ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่กำหนดไว้  
ภายใต้งบประมาณที่กำหนด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thapanee Promnarai 2011: Optimal Selection of Maintenance Activities for PEA Electric Power Distribution Systems. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Dulpichet Rerkpreedapong, Ph.D. 85 pages.

This thesis proposes an optimal selection of preventive and corrective maintenance activities for PEA electric power distribution systems to improve reliability and decrease customer outage costs of the 12 PEA regions by considering the relationship between budgets and total customer-minute of interruptions, and also budgets and the customer outage costs. In this research, the list of maintenance activities to be optimally selected is resulted by the reliability centered maintenance (RCM) method. Next, the reliability improvement opportunity (RIO) and a decrease in customer outage costs are assessed for each maintenance activity. The minimax algorithm is then used to find the optimal selection of maintenance activities and budgets allocated to all regions in order to maximize the reliability or minimize the outage costs as specified by an objective function subject to a given budget.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คุณย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. พิสุทธิ รัตศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประมุข อุณหเลขกะ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาช่วยแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณครอบครัวพรพรหมบ้านไร่ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอดในทุก ๆ ด้านที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ได้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างกันมาโดยตลอด แม้ในวันที่สิ้นหวังและไร้กำลังใจ ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์เพื่อไปใช้ในอนาคต และขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ในโครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลังที่สนับสนุน และให้คำแนะนำในการเรียนและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ โครงการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการตั้งค่าเป้าหมายด้านความเชื่อถือได้ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่สนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จ

ฐาปนี พรมนาไร่  
พฤษภาคม 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	46
ผล	46
วิจารณ์	76
สรุปและข้อเสนอแนะ	82
สรุป	82
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	84
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	85

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างกิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกเสนอจากการไฟฟ้าเขต $k = 4$	33
2	มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 12 เขต ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	34
3	ตัวอย่างการคำนวณความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา	37
4	ตัวอย่างการคำนวณค่าสะสมที่เรียงลำดับความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 1	39
5	ตัวอย่างการคำนวณค่าสะสมที่เรียงลำดับความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 2	41
6	ค่าสะสมของ 12 เขตการไฟฟ้า เพื่อนำไปคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด	42
7	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	46
8	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	47
9	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 3$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	48
10	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 4$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	49
11	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 5$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	49
12	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	50

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	51
14	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	52
15	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 9$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	53
16	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 10$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	54
17	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	54
18	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	55
19	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	56
20	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	57

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 3$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	58
22	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 4$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	59
23	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 5$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	59
24	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	60
25	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	61
26	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	62
27	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 9$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	63
28	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 10$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	64

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
29	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	64
30	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	65
31	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	66
32	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	67
33	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 3$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	68
34	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 4$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	69
35	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 5$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	69
36	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	70

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
37	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	71
38	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	72
39	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 9$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	73
40	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 10$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	74
41	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	74
42	จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$ จาก ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	75
43	ผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1	76
44	ผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2	78
45	ผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3	79

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่การไฟฟ้าเขตทั้ง 12 เขตในประเทศไทย	2
2	ค่าเฉลี่ยการทำงาน เวลารอ และเวลาซ่อม เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแต่ละครั้ง	6
3	รูปแบบการบำรุงรักษา	7
4	กระบวนการของการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง	21
5	ขั้นตอนการทำงานของวิมินิแม็กอัลกอริธึม	23
6	ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้	24
7	ตัวอย่างการท่องไปในทรี	25
8	ลำดับขั้นตอนการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด	28
9	ไฟล์สถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องปี พ.ศ. 2550 – 2553 ในรูปแบบการจัดเก็บ Main database file (file.mdb)	29
10	ฐานข้อมูลไฟฟ้าขัดข้องจากโปรแกรมจ่ายไฟ 3	29
11	แผนผังขั้นตอนการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้วิธี RCM อย่างง่าย	31
12	ตัวอย่างข้อมูลกิจกรรมบำรุงรักษาที่ทำการรวบรวมผ่านเว็บเพจ	32
13	เส้นกราฟ $RIO_k$ ของ 12 เขตการไฟฟ้า สำหรับกรณีที่ 1	43
14	เส้นกราฟ $RIO_k$ ของ 12 เขตการไฟฟ้า สำหรับกรณีที่ 2	43

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\Delta$	=	การเปลี่ยนแปลง (Delta)
CMI	=	ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงผลกระทบจากการเกิดไฟดับ โดยถูกแสดงในปริมาณของจำนวนผู้ใช้ไฟ-นาที่ที่ได้รับผลกระทบ (Customer-Minute of Interruption)
IER	=	อัตราความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากไฟดับ (Interrupted Energy Rate)
$k$	=	เขตการไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ( $k = 1, 2, \dots, 12$ )
OC	=	มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (Outage Cost)
RCM	=	วิธีการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลัก (Reliability Centered Maintenance)
RIO	=	โอกาสในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ (Reliability Improvement Opportunity)
กฟภ.1	=	การไฟฟ้าเขต 1 ภาคกลาง
กฟภ.2	=	การไฟฟ้าเขต 2 ภาคกลาง
กฟภ.3	=	การไฟฟ้าเขต 3 ภาคกลาง
กฟฉ.1	=	การไฟฟ้าเขต 1 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
กฟฉ.2	=	การไฟฟ้าเขต 2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
กฟฉ.3	=	การไฟฟ้าเขต 3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
กฟต.1	=	การไฟฟ้าเขต 1 ภาคใต้
กฟต.2	=	การไฟฟ้าเขต 2 ภาคใต้
กฟต.3	=	การไฟฟ้าเขต 3 ภาคใต้
กฟน.1	=	การไฟฟ้าเขต 1 ภาคเหนือ
กฟน.2	=	การไฟฟ้าเขต 2 ภาคเหนือ
กฟน.3	=	การไฟฟ้าเขต 3 ภาคเหนือ
กฟภ.	=	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

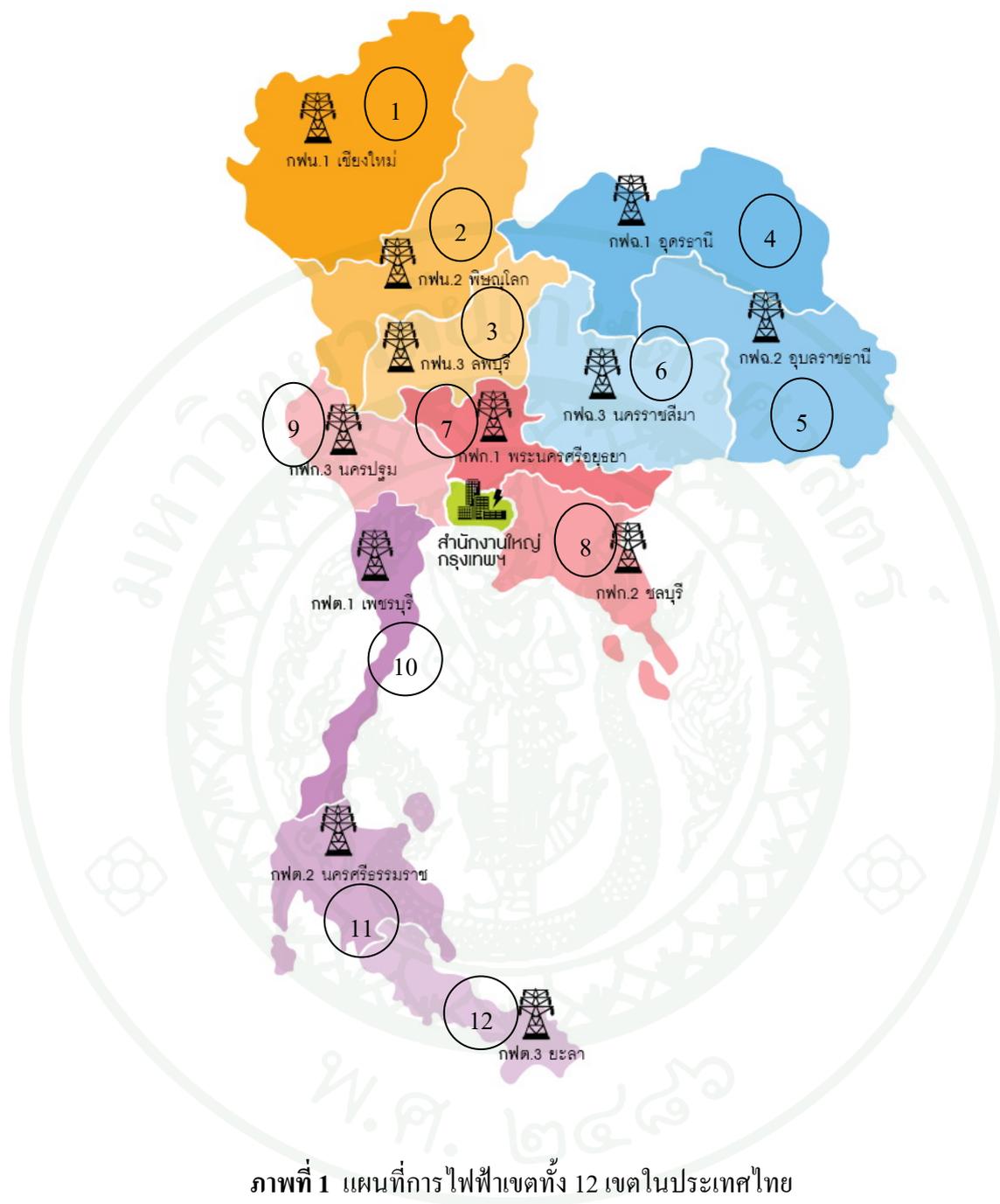
# การเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

## Optimal Selection of Maintenance Activities for PEA Electric Power Distribution Systems

### คำนำ

ระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านับว่าเป็นดัชนีสำคัญที่ใช้วัดคุณภาพการบริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความเชื่อถือได้เป็นอย่างมาก คือ กิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกัน กิจกรรมบำรุงรักษาแบบแก้ไข และงบที่ใช้ของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา โดยกิจกรรมบำรุงรักษาแต่ละกิจกรรมใช้งบไม่เท่ากัน และส่งผลต่อระดับความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจตุรวมงาน มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องต่างกัน

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกันและแบบแก้ไขที่เหมาะสมที่สุด เพื่อปรับปรุงความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าจตุรวมงานทั้ง 12 เขตการไฟฟ้า สำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การวางแผนกิจกรรมบำรุงรักษาเริ่มจากการวิเคราะห์หาจุดอ่อนในระบบจากผลการสำรวจระบบและข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในอดีต จากนั้นเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมในเบื้องต้นด้วยวิธีการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลักพร้อมทั้งประเมินโอกาสในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจตุรวมงาน และประเมินมูลค่าความเสียหายที่จะลดลงของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของแต่ละกิจกรรมที่ถูกเลือกในการวางแผนบำรุงรักษา งานวิจัยนี้ใช้วิธีมินิแมกซ์ออลกอริทึมในการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดภายใต้งบประมาณที่จำกัดของ 12 เขตการไฟฟ้า โดยมีการแบ่งเขตพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 1



ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2552)

จากภาพที่ 1 เขตการไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ( $k$ ) ประกอบด้วย  $k = 1$  (กฟน. 1),  $k = 2$  (กฟน. 2),  $k = 3$  (กฟน. 3),  $k = 4$  (กฟฉ. 1),  $k = 5$  (กฟฉ. 2),  $k = 6$  (กฟฉ. 3),  $k = 7$  (กฟก. 1),  $k = 8$  (กฟก. 2),  $k = 9$  (กฟก. 3),  $k = 10$  (กฟต. 1),  $k = 11$  (กฟต. 2),  $k = 12$  (กฟต. 3) ตามลำดับ

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ประเมินมูลค่าความเสียหายที่จะลดลงของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของแต่ละกิจกรรมที่ถูกเลือกในการวางแผนบำรุงรักษา
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณกับการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเชื่อถือได้ และงบประมาณกับการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง เพื่อปรับปรุงค่าดัชนีความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของ 12 เขตการไฟฟ้า
3. เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยพิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเชื่อถือได้ การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา ซึ่งการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาอยู่ภายใต้งบประมาณที่กำหนด

## การตรวจเอกสาร

### ดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านับว่าเป็นดัชนีสำคัญที่ใช้วัดคุณภาพการบริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เครื่องมือที่นำมาใช้แสดงระดับความเชื่อถือได้อย่างหนึ่งก็คือ ดัชนีความเชื่อถือได้ (Reliability Index) โดยดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายมีมากมายหลายดัชนี ในที่นี้จะกล่าวถึงดัชนีที่สำคัญ และเกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้คือ SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index) และ CMI (Customer-Minute of Interruption) การประเมินความเชื่อถือได้นั้นเป็นการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจากข้อมูลในอดีต โดยนับจากจำนวนครั้งของการเกิดไฟดับ ระยะเวลาไฟดับ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ และจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด

#### 1. ประเภทดัชนีความเชื่อถือได้

##### 1.1 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

SAIFI คือ ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ระยะเวลา (เดือน, ปี) SAIFI เป็นดัชนีที่ใช้กันมากเพื่อบอกคุณภาพของไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับ SAIFI เป็นค่าเฉลี่ยที่คิดจากกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับไฟฟ้าจากสายป้อนหรือสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (1) SAIFI เป็นค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่ไฟดับ ดัชนีดังกล่าวอาจไม่สะท้อนความเป็นจริงนัก เพราะถ้าผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบจากจำนวนครั้งไฟดับที่แตกต่างกันมาก SAIFI บอกได้เป็นค่าเฉลี่ยเท่านั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายอาจมีจำนวนครั้งไฟดับต่างจากค่า SAIFI มากได้ (ชานานู, 2549)

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (1)$$

เมื่อ  $N_i$  จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ (ราย) จากเหตุการณ์ไฟดับครั้งที่  $i$

$N_T$  จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด (ราย)

### 1.2 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

SAIDI คือ ค่าดัชนีแสดงระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณามีหน่วยเป็น นาที/ราย/ระยะเวลา (เดือน, ปี) ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (2) การประเมินค่าดัชนี SAIDI เพื่อบ่งบอกถึงคุณภาพการให้บริการต่อผู้ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่โดยใช้จำนวนผู้ใช้ไฟและระยะเวลาที่ผู้ใช้ไฟที่ได้รับกระทบจากกระแสไฟฟ้าขัดข้องเป็นตัววัดของค่าดัชนี (ชานาญ, 2549)

$$SAIDI = \frac{\sum_i r_i N_i}{N_T} \quad (2)$$

เมื่อ  $N_i$  จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ (ราย) จากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับครั้งที่  $i$   
 $r_i$  ระยะเวลาผู้ใช้ไฟได้รับผลกระทบ (นาที) จากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับครั้งที่  $i$   
 $N_T$  จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด (ราย)

### 1.3 CMI (Customer-Minute of Interruption)

CMI คือ ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงผลกระทบจากการเกิดไฟดับ โดยถูกแสดงในปริมาณของจำนวนผู้ใช้ไฟ-นาทีที่ได้รับผลกระทบ (Teera-achariyakul *et al.*, 2010) เป็นการพิจารณาทั้งในด้านจำนวนครั้งไฟดับร่วมกับระยะเวลาไฟดับ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (3)

$$CMI = \sum_i r_i N_i \quad (3)$$

เมื่อ  $N_i$  จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ (ราย) จากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับครั้งที่  $i$

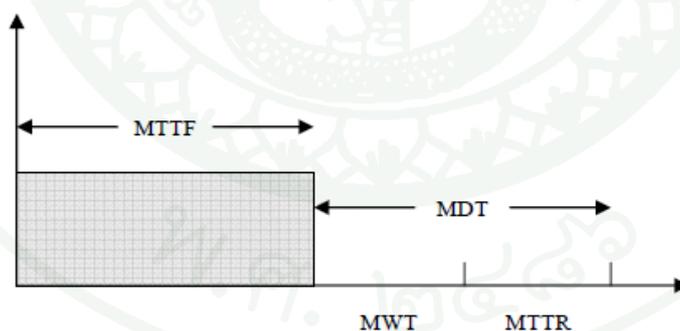
$r_i$  ระยะเวลาผู้ใช้ไฟได้รับผลกระทบ (นาที) จากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับครั้งที่  $i$

### ยุทธวิธีการบำรุงรักษา

(ชำนาญ, 2549) การบำรุงรักษาเป็นเรื่องสำคัญมาก การบำรุงรักษา คือ การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งหมดที่กระทำเพื่อรักษาให้ระบบมีสภาพดีหรือทำให้ระบบกลับคืนสู่สภาพเดิมตามที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์ของการทำการบำรุงรักษาสรุปได้ดังนี้

- ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์และระบบ
- คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานอุปกรณ์เป็นสำคัญ
- เพื่อให้ค่าใช้จ่ายสำหรับการทำการบำรุงรักษาต่ำสุด

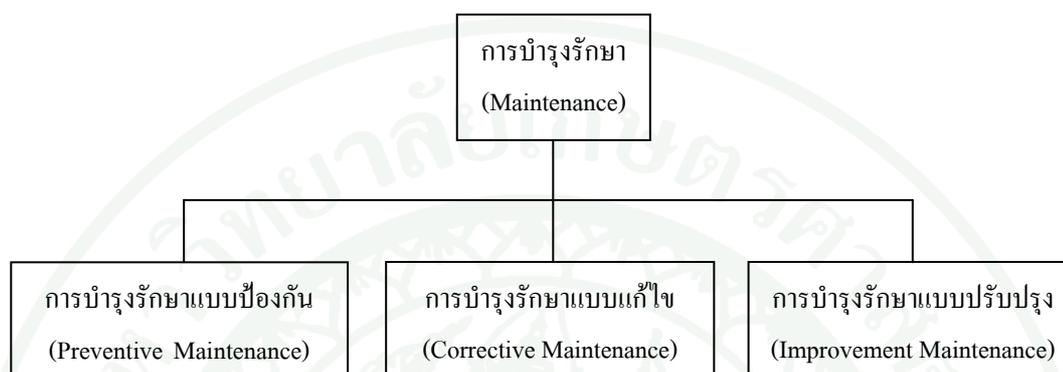
การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบนั้นดำเนินการเพื่อเพิ่มเวลาเฉลี่ยการทำงานแต่ละครั้ง (MTTF) ของระบบและลดระยะเวลารอเฉลี่ย (MWT) และลดระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (MTTR) ของระบบดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งจะทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้มากขึ้น



MTTF; Mean Time to Failure	- ระยะเวลาทำงานเฉลี่ย
MDT; Mean Downtime	- ระยะเวลาเสียเฉลี่ย
MWT; Mean Waiting Time	- ระยะเวลารอเฉลี่ย
MTTR; Mean Time to Repair	- ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย

ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยการทำงาน เวลารอ และเวลาซ่อม เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแต่ละครั้ง

รูปแบบการบำรุงรักษาสามารถแบ่งตามกิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อให้ระบบทำงานได้ตามกำหนดได้ 3 ระดับ คือ การบำรุงรักษาแบบป้องกัน การบำรุงรักษาแบบแก้ไข และการบำรุงรักษาแบบปรับปรุง แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รูปแบบการบำรุงรักษา

### 1. การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance; PM)

การบำรุงรักษาแบบป้องกัน หมายถึง กิจกรรมการบำรุงรักษาที่ป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหายแบบฉุกเฉิน การบำรุงรักษาแบบป้องกันมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าหรือ โปรแกรมล่วงหน้าไว้เสมอ การบำรุงรักษาแบบป้องกันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง และการบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อม

#### 1.1 การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อม (Indirect Preventive Maintenance)

หมายถึง การบำรุงรักษาเพื่อค้นหาจุดขัดข้องที่เพิ่งจะเริ่มเกิดขึ้นในอุปกรณ์ก่อนที่จะลุกลามไปจนเกิดความเสียหายสามารถทำได้โดยการวัดหรือการตรวจวัดสภาพอุปกรณ์เพื่อให้ทราบสภาพการทำงานไม่ว่าด้วยสัมผัสทั้งห้าหรือด้วยการใช้เครื่องมือ การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อมจะไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อสภาพของอุปกรณ์และมักเรียกว่า การตรวจวัดสภาพ (Condition Monitoring) หรือเรียกว่า “การบำรุงรักษาแบบตรวจวัดสภาพ (Condition Based Maintenance; CBM)” เช่น การตรวจวัดสภาพของระบบไฟฟ้าด้วยตาเปล่า ด้วยกล่องส่องความร้อน เป็นต้น

การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อมหรือการบำรุงรักษาแบบตรวจสอบสภาพนั้น ระบบหรืออุปกรณ์ไม่ได้มีสภาพดีขึ้น แต่ได้รับการตรวจเท่านั้นซึ่งการตรวจอาจตรวจด้วยสัมผัสทั้งห้า คือ การดมกลิ่น สัมผัส ชิม ใช้นูฟัง หรือมองด้วยตาเปล่า และอุปกรณ์ที่ได้รับการตรวจต้องมีการส่งอาการให้เห็นด้วยจึงสามารถตรวจได้ เช่น ก่อนเสียบจะมีความร้อนสูงหรือมีเสียงดัง เป็นต้น เมื่อตรวจพบแล้วว่าอุปกรณ์ใดกำลังจะเสียและถ้าปล่อยไว้ให้ทำงานต่อไปก็อาจนำไปสู่การเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ดังนั้นก็สามารถวางแผนเพื่อการซ่อมได้ วิธีการนี้จะนำไปสู่การแก้ไขซึ่งเรียกว่า การแก้ไขแบบมีแผนซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

## 1.2 การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง (Direct Preventive Maintenance)

ได้แก่ การบำรุงรักษาที่มีผลโดยตรงกับอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์มีสภาพที่ดีขึ้น ซึ่งกิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรงอาจมีการบำรุงรักษาแบบตามเวลา จำนวนครั้ง หรือระยะทาง เช่น การเปลี่ยนซีลยางของอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกสามปี การเปลี่ยนหน้าสัมผัสสวิตซ์ตัดคอนเมื่อใช้งานไป 10,000 ครั้ง การเปลี่ยนน้ำมันหม้อแปลงทุก 5 ปี เป็นต้น โดยพิจารณาจากช่วงเวลาการเสียหายของแต่ละอุปกรณ์ การบำรุงรักษาลักษณะนี้เรียกว่า “การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Fixed Time Maintenance; FTM)” เพราะว่าการบำรุงรักษาทั้งหมดควบคุมโดยเวลา จำนวนครั้ง หรือระยะทางที่แน่นอน

การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรงทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าดีขึ้นเพราะได้มีการเปลี่ยนแปลงอะไหล่หรืออุปกรณ์ย่อยเป็นระยะตามกำหนด การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรงเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่สามารถตรวจได้ด้วยการตรวจสอบสภาพหรืออุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสภาพอาจมีราคาสูงมากจนทำให้ต้องหันมาใช้การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง

## 2. การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance; CM)

การบำรุงรักษาแบบแก้ไข คือ การบำรุงรักษาทั้งหมดที่กระทำเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งเมื่อก่อนอาจจะเรียกกันว่า การบำรุงรักษาแบบฉุกเฉิน (Emergency Maintenance) หรือการบำรุงรักษาเมื่อเสียหาย (Breakdown Maintenance) ซึ่งอาจไม่ถูกต้องนัก เพราะการบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective Maintenance) ไม่จำเป็นต้องเป็นการบำรุงรักษาเมื่อเสียหายหรือการบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินเท่านั้น เนื่องจากบางครั้งอาจจะเป็นการแก้ไขสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ก่อนที่จะลุกลามมากไปจนเสียหายฉุกเฉิน ดังนั้นการบำรุงรักษาแบบแก้ไขจึงแบ่งออกได้

เป็น 2 อย่างคือ การแก้ไขแบบไม่มีแผน (Unplanned Corrective Maintenance) และการแก้ไขแบบมีแผน (Planned Corrective Maintenance)

### 2.1 การแก้ไขแบบมีแผน (Planned Corrective Maintenance)

หมายถึง การแก้ไขที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าเมื่อทราบว่าระบบมีปัญหาและอาจเกิดการขัดข้องได้ถ้าไม่ได้รับการแก้ไข การแก้ไขแบบมีแผนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการตรวจวัดสภาพจากการบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อม ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์และระบบส่วนใดกำลังจะเสียหาย ทำให้สามารถเตรียมการเรื่องเครื่องมือและอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการซ่อมทำให้ลดเวลาในการรอและเวลาในการซ่อมลง

### 2.2 การแก้ไขแบบไม่มีแผน (Unplanned Corrective Maintenance)

หมายถึง การแก้ไขโดยไม่ได้มีการวางแผนไว้เพราะระบบเกิดขัดข้องโดยไม่ทราบล่วงหน้า การแก้ไขแบบนี้มีค่าเวลาเฉลี่ยในการรอค่อนข้างนานเพราะนอกจากความไม่พร้อมในการเตรียมการก่อนที่จะเริ่มงานบำรุงรักษา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของกำลังคน เอกสารทางเทคนิค และอะไหล่ต่าง ๆ ยังต้องรอซ่อมเพราะไม่ได้มีการวิเคราะห์เรื่องการเสียของอุปกรณ์ก่อนซ่อมด้วย ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการบำรุงรักษาแบบไม่มีแผนสูงมากทั้งทางตรงซึ่งเนื่องมาจากความเสียหายของอุปกรณ์ และทางอ้อมซึ่งได้แก่ความสูญเสียในการผลิตและคุณภาพของผลผลิต

## 3. การบำรุงรักษาแบบปรับปรุง (Improvement Maintenance; IM)

การบำรุงรักษาแบบปรับปรุง คือ การเลือกใช้ ดัดแปลง หรือปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อให้ระบบทำงานได้ดีขึ้นกว่าเดิม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะขจัดปัญหาออกไปจากระบบ มักเป็นการปรับปรุงครั้งเดียว ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ การปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย (Design Out) และการปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งาน (Life Time Extension)

### 3.1 การปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย (Design Out; DO)

เป็นการออกแบบระบบเพื่อขจัดปัญหา ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาแบบแรกที่ต้องพิจารณา

ว่าสามารถทำได้หรือไม่ และคุ้มกับการลงทุนหรือไม่ เพราะทำให้ความต้องการของการบำรุงรักษา ลดลงและสมรรถนะความพร้อมใช้งานและประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลง ชนิดสายจากสายเปลือยเป็นสาย SAC (Spaced Aerial Cable) ในพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดไฟฟ้าขัดข้อง เนื่องจากต้นไม้ หรือเนื่องจากมีวัตถุมาแตะสายเปลือยได้ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ไม่ เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องหรือเกิดน้อยลงเนื่องจากต้นไม้แตะสายไฟหรือการเปลี่ยนจากสายเปลือย เป็นสายใต้ดิน เป็นต้น

### 3.2 การปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งาน (Life Time Extension; LTE)

เป็นการปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์หรือระบบให้มากที่สุด การปรับปรุงดังกล่าวเป็นการบำรุงรักษาอันดับสองรองจากการปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย ต้องพิจารณาว่าสามารถทำได้หรือไม่ถ้าหากไม่สามารถทำการบำรุงรักษาแบบปรับปรุงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายได้ (Design Out)

การบำรุงรักษาแบบปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานเป็นการทำให้อุปกรณ์เสียด้อย จำนวนครั้งทีน้อยลง การปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานทางด้านไฟฟ้าที่ใช้กันมาก ได้แก่ การใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เต็มกำลัง เช่น การใช้โหลดของหม้อแปลงโดยจำกัดให้ไม่เกิน 80% ของ พิกัดหม้อแปลงเพื่อยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงหรืออีกตัวอย่างของการปรับปรุงเพื่อยืดอายุ การใช้งาน ได้แก่ การใช้ตัวหนีไฟกับหลอดอินแคนเดสเซนต์เพื่อยืดอายุการใช้งานของหลอดไส้ จาก 1,000 ชั่วโมง เป็น 5,000 – 8,000 ชั่วโมง เป็นต้น

#### ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมบำรุงรักษากับค่าดัชนีความเชื่อถือได้

การเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีความ เชื่อถือได้นั้น ส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่สามารถป้องกันหรือแก้ไขได้ด้วยกิจกรรมบำรุงรักษา (โครงการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการตั้งค่าเป้าหมายด้านความเชื่อถือได้ ของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค, 2551-2553) ซึ่งกิจกรรมที่มีความสำคัญและมีข้อมูลเพียงพอต่อการวิเคราะห์ คือ

- การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์
- การตัดต้นไม้

- การเปลี่ยนสายเปลือยเป็นสายหุ้มฉนวน
- การฉีคน้ำล้างลูกถ้วย
- การตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย
- การบำรุงรักษาหม้อแปลงจำหน่าย
- การป้องกันเสา

## 1. การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์

สัตว์ เป็นสาเหตุสำคัญหนึ่งในสามอันดับแรกของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องทั่วประเทศ โดยมีข้อสังเกตคือ มากกว่า 50% ของการเกิดไฟดับเนื่องจากสัตว์ เป็นเหตุการณ์ที่เป็นการสันนิษฐาน

การศึกษาคือความสัมพันธ์ระหว่างผลของกิจกรรมการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์กับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในรายงานฉบับนี้ ได้พิจารณาจากข้อมูลสถิติไฟฟ้าขัดข้อง (จฟ.3) ในปี 2549 และ 2550 ประกอบกับข้อมูลที่รวบรวมมาจากการดำเนินกิจกรรมการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์ของการไฟฟ้าหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยรายละเอียดของเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม จฟ.3 ได้ระบุสาเหตุของไฟฟ้าขัดข้องในแต่ละเหตุการณ์ทั้งที่ทราบสาเหตุและสันนิษฐาน ซึ่งในการพิจารณาผลของการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์ จึงได้เลือกเฉพาะเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องถาวรเนื่องจากสัตว์ โดยพิจารณาแยกชนิดของสัตว์ คือ งู และ นก มานับเป็นจำนวนครั้งและคำนวณเป็นค่า  $SAIFI_{Snake}$  หรือ  $SAIFI_{Bird}$  ของการไฟฟ้าแต่ละแห่ง เพื่อคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงได้เป็นสมการความสัมพันธ์เพื่อหาค่า  $SAIFI_{SnakeAfter}$  หรือ  $SAIFI_{BirdAfter}$  ดังสมการที่ (4) สำหรับการป้องกันงู และสมการที่ (5) สำหรับการป้องกันนก

### 1.1 การติดตั้งการ์ดกันงู

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการติดตั้งการ์ดกันงู ใน 56 เฟดเคอร์ พบว่าได้ค่าเกณฑ์เฉลี่ยที่จะสามารถลด  $SAIFI$  เนื่องจากงูได้เท่ากับ 38.95% ซึ่งสามารถประเมินค่า  $SAIFI_{SnakeAfter}$  ตามสมการที่ (4)

$$SAIFI_{SnakeAfter} = \frac{100 - 38.95}{100} \times SAIFI_{SnakeBefore} \quad (4)$$

เมื่อ  $SAIFI_{SnakeAfter}$  ค่า SAIFI หลังการติดตั้งการ์ดกันงู  
 $SAIFI_{SnakeBefore}$  ค่า SAIFI ก่อนการติดตั้งการ์ดกันงู

## 1.2 การติดตั้งการ์ดกันนก

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการติดตั้งการ์ดกันนก ใน 18 ฟีดเดอร์ พบว่าได้ค่าเกณฑ์เฉลี่ยที่จะสามารถลด SAIFI เนื่องจากนกได้เท่ากับ 5.58% ซึ่งสามารถประเมินค่า  $SAIFI_{BirdAfter}$  ตามสมการที่ (5)

$$SAIFI_{BirdAfter} = \frac{100 - 5.58}{100} \times SAIFI_{BirdBefore} \quad (5)$$

เมื่อ  $SAIFI_{BirdAfter}$  ค่า SAIFI หลังการติดตั้งการ์ดกันนก  
 $SAIFI_{BirdBefore}$  ค่า SAIFI ก่อนการติดตั้งการ์ดกันนก

การเกิดไฟดับเนื่องจากสัตว์ เป็นเหตุการณ์ที่คาดเดาได้ยาก เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมของสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องสถานะแวดล้อมที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ การย้ายถิ่นฐานตามแหล่งอาหาร เป็นต้น ทำให้เป็นเรื่องยากที่จะป้องกันปัญหาไฟดับเนื่องจากสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่สามารถรับประกันได้ว่าการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์จะได้ผล 100% เสมอไป ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลของการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์ จะพิจารณาในรายฟีดเดอร์ที่ประสบความสำเร็จค่อนข้างชัดเจนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟดับเนื่องจากสัตว์ได้ เพื่อเป็นแนวทางให้ทราบถึงผลหรือประสิทธิภาพโดยรวมของการดำเนินกิจกรรมการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์ อย่างไรก็ตามการพิจารณาข้อมูลโดยละเอียด พบว่าฟีดเดอร์ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันสัตว์เพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถลดปัญหาไฟดับเนื่องจากสัตว์ได้เลยนั้น มีเพียง 5-10% ของข้อมูลทั้งหมดเท่านั้น

## 2. การตัดต้นไม้

วิธีหนึ่งในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้แก่ งานตัดต้นไม้ การไฟฟ้าจตุรรวมงานทุกแห่งล้วนดำเนินการงานตัดต้นไม้ทั้งสิ้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องอันมีสาเหตุมาจากต้นไม้ เช่น กิ่งไม้และสาย กิ่งไม้หักทับสาย เป็นต้น ซึ่งการป้องกันดังกล่าวจะช่วยลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ถือเป็น การเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าอีกวิธีการหนึ่ง และเนื่องจากเป็นกิจกรรมบำรุงรักษาหลักที่การไฟฟ้าหน่วยงานทุกแห่งต้องดำเนินงานทุกปี ทำให้มีข้อมูลมากเพียงพอที่จะหาสมการหรือโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของ SAIFI ที่เกิดจากต้นไม้กับค่าใช้จ่ายเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ตามสมการที่ (6)

$$\Delta SAIFI_{Tree} = 85 \exp(-0.018 \Delta MKM_{Tree}) - 80 \quad (6)$$

เมื่อ	$\Delta SAIFI_{Tree}$	ค่า SAIFI เนื่องจากต้นไม้ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างปีก่อนหน้ากับปีปัจจุบัน (%)
	$\Delta MKM_{Tree}$	ค่าใช้จ่ายเป็นบาทต่อกิโลเมตรในการตัดต้นไม้ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างปีก่อนหน้ากับปีปัจจุบัน (%)

หากวิเคราะห์ปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบถดถอยจะได้รับความสัมพันธ์ตามสมการที่ (7)

$$SAIFI_{Tree-N} = 0.13 + 1.1 SAIFI_{Tree-O} + 0.014 \Delta N_{Cust} - 0.0101 \Delta MKM_{Tree} - 0.0202 \Delta KM_{Tree} \quad (7)$$

เมื่อ	$SAIFI_{Tree-N}$	ค่า SAIFI เนื่องจากต้นไม้ที่ควรจะเป็นในปีถัดไป
	$SAIFI_{Tree-O}$	ค่าสถิติ SAIFI เนื่องจากต้นไม้ที่เกิดขึ้นในปีก่อนหน้า
	$\Delta N_{Cust}$	จำนวนผู้ใช้ไฟที่เปลี่ยนแปลงไป (%)
	$\Delta MKM_{Tree}$	ค่าใช้จ่ายเป็นบาทต่อกิโลเมตรในการตัดต้นไม้ที่เปลี่ยนแปลง (%)
	$\Delta KM_{Tree}$	ระยะทางในการตัดต้นไม้ที่เปลี่ยนแปลงไป (%)

### 3. การเปลี่ยนสายเปลือยเป็นสายหุ้มฉนวน

การเปลี่ยนสายเปลือยเป็นสายหุ้มฉนวน เป็นกิจกรรมปรับปรุงระบบเพื่อยกระดับความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย ที่ต้องใช้งบประมาณลงทุนค่อนข้างสูง แต่ให้ผลในระยะยาว คือสามารถช่วยกำจัดหรือช่วยลดปัญหาไฟดับเนื่องจากสาเหตุปัจจัยภายนอกที่ควบคุมได้ยาก เช่น สาเหตุไฟดับเนื่องจากต้นไม้ สัตว์ วัสดุแปลกปลอมมาแตะสาย เป็นต้น

การวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนสายเปลือยเป็นสายหุ้มฉนวน วิเคราะห์จาก Section ที่มีการดำเนินการดังกล่าวที่รวบรวมได้ทั่วประเทศ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า การเปลี่ยนสายสามารถลดจำนวนครั้งไฟดับลงได้ระหว่าง 30.54-47.95% โดยสามารถประเมินเป็นค่า SAIFI ของ Section นั้น ๆ ได้ตามสมการที่ (8)

$$SAIFI_{After} = \frac{100 - 47.95}{100} \times SAIFI_{AV-Before} \quad (8)$$

เมื่อ  $SAIFI_{After}$       ค่า SAIFI ใน Section ที่ได้รับการเปลี่ยนสาย  
 $SAIFI_{AV-Before}$       ค่า SAIFI เฉลี่ยก่อนที่ Section นั้นจะได้รับการเปลี่ยนสาย

### 4. การฉีดน้ำล้างลูกถ้วย

ระบบจำหน่ายในบางพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดสิ่งสกปรกสะสมที่ฉนวนลูกถ้วย เช่น ริมทะเลซึ่งมีละอองของไอเกลือ ริมถนนที่มีการจราจรแออัด และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีฝุ่นละอองปกคลุมหนาแน่น เป็นต้น ลักษณะมลภาวะดังกล่าวผนวกกับความชื้นของอากาศจะทำให้ฝุ่นละอองหรือไอเกลือเกาะตัวกันที่ผิวของฉนวนในระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนผิวลูกถ้วย ซึ่งมีผลทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนของลูกถ้วยลดลง เป็นการเพิ่มโอกาสการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องได้ ดังนั้นการฉีดน้ำทำความสะอาดลูกถ้วยในระบบจึงเป็นการลดโอกาสการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสาเหตุมลภาวะดังกล่าวได้

เมื่อวิเคราะห์การไฟฟ้าที่มีพื้นที่เสี่ยงต่อมลภาวะ ฝุ่นและไอเกลือที่ทำให้ลูกถ้วยสกปรกจนอาจเกิดการรั่วหรือแฟลชโอเวอร์ได้ง่าย พบว่าการไฟฟ้าเกือบทุกเขตที่มีการฉีดน้ำล้างลูกถ้วยสามารถป้องกันปัญหาไฟดับจากมลภาวะที่ฉนวนลูกถ้วยได้ค่อนข้างดีขนาด ซึ่งจากสถิติไฟฟ้าขัดข้องที่นำมาวิเคราะห์พบว่าสาเหตุนี้มีน้อยมาก จึงเป็นกิจกรรมที่ควรมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปีในการไฟฟ้าที่มีปัญหามลภาวะ

อย่างไรก็ดีจากการวิเคราะห์ผลการฉีดน้ำล้างลูกถ้วยในการไฟฟ้าบางแห่งที่ยังมีปัญหาไฟดับจากมลภาวะที่ลูกถ้วย พบว่าหากมีการเพิ่มความถี่หรือเพิ่มการดำเนินการฉีดน้ำล้างลูกถ้วยในบางฟีดเดอร์ที่ยังมีความเสี่ยงไฟดับจากสาเหตุดังกล่าว จะช่วยลดค่า SAIFI โดยรวมลงได้สูงสุดประมาณ 2%

## 5. การตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย

การตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจำหน่าย เป็นกิจกรรมพื้นฐานที่การไฟฟ้าหน่วยงานทุกแห่งดำเนินการเป็นประจำทุกปี ซึ่งการตรวจสอบระบบจำหน่าย สามารถทำได้ทั้งการตรวจตระเวนด้วยตาเปล่า (Visual Patrol) และการใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น การส่องหาจุดร้อนด้วยกล้องอินฟราเรด เป็นต้น ซึ่งการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจำหน่าย จะช่วยให้ความเชื่อถือได้ของระบบดีขึ้นได้ก็ต่อเมื่อได้มีการซ่อมแซมแก้ไขอุปกรณ์หรือระบบในจุดที่ตรวจพบความผิดปกติ ก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในจุดนั้นด้วย และหากการไฟฟ้าใดที่มีการป้องกันแก้ไขล่วงหน้าโดยการตรวจสภาพอุปกรณ์และซ่อมแซมในระบบอย่างทั่วถึงแล้ว ย่อมมีแนวโน้มที่จะสามารถลดค่าดัชนี SAIFI เนื่องจากอุปกรณ์ชำรุดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อวิเคราะห์ผลการตรวจตระเวนด้วยตาเปล่า การใช้กล้องส่องหาจุดร้อน และการซ่อมแซมแก้ไขหรือเปลี่ยนลูกถ้วยและครอบเอาต์พิวส์ที่ตรวจพบความผิดปกติก่อนที่ความผิดปกตินั้นจะลุกลามจนทำให้เกิดไฟดับ พบว่าสามารถลดค่า SAIFI ที่เกิดจากลูกถ้วยและครอบเอาต์พิวส์ลงได้เฉลี่ย 8.45% ตามสมการที่ (9)

$$SAIFI_{EqpAfter} = \frac{100 - 8.45}{100} \times SAIFI_{EqpBefore} \quad (9)$$

เมื่อ	$SAIFI_{EqpAfter}$	ค่า SAIFI หลังการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจำหน่าย
	$SAIFI_{EqpBefore}$	ค่า SAIFI ก่อนการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

## 6. การบำรุงรักษาหม้อแปลงจำหน่าย

การบำรุงรักษาหม้อแปลงจำหน่าย เป็นกิจกรรมพื้นฐานอีกกิจกรรมหนึ่งที่มีการไฟฟ้าหน้างานทุกแห่งดำเนินการเป็นประจำทุกปี เนื่องจากหม้อแปลงจำหน่ายเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสำคัญในการแปลงระดับแรงดันจากแรงดันจำหน่ายลงสู่แรงดันต่ำเพื่อจ่ายแก่ผู้ใช้ไฟ เมื่อหม้อแปลงเกิดความชำรุดเสียหายก็มักจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟหลายราย ดังนั้นถ้าต้องการให้หม้อแปลงมีอายุใช้งานนาน จึงควรต้องมีการบำรุงรักษาที่ดี กล่าวคือ มีการตรวจสอบสภาพภายนอก วัดโหลด และตรวจวัดค่าต่าง ๆ อยู่เสมอ เช่น ค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลง ค่าความต้านทานของขดลวด ค่าความต้านทานดินให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อวิเคราะห์ผลการบำรุงรักษาและซ่อมแซมแก้ไขหม้อแปลงจำหน่ายที่ตรวจพบความผิดปกติจากการบำรุงรักษาตามวาระ ก่อนที่ความผิดปกติที่หม้อแปลงจำหน่ายนั้นจะลุกลามจนส่งผลให้เกิดไฟฟ้าขัดข้อง โดยรวบรวมกิจกรรมการบำรุงรักษาหม้อแปลงจำหน่ายได้จากการไฟฟ้าจตุรรมงาน พบว่ากิจกรรมนี้สามารถช่วยลดค่า SAIFI ที่เกิดจากสาเหตุหม้อแปลงชำรุดลงได้เฉลี่ย 27.80% ตามสมการที่ (10)

$$SAIFI_{TXAfter} = \frac{100 - 27.80}{100} \times SAIFI_{TXBefore} \quad (10)$$

เมื่อ	$SAIFI_{TXAfter}$	ค่า SAIFI หลังการบำรุงรักษาหม้อแปลงจำหน่าย
	$SAIFI_{TXBefore}$	ค่า SAIFI ก่อนการบำรุงรักษาหม้อแปลงจำหน่าย

## 7. การป้องกันเสา

การวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมป้องกันเสา แบ่งออกตามสาเหตุและกิจกรรมที่ป้องกันเสา หัก ล้ม เอียงได้เป็น 2 ส่วน คือ

- สาเหตุจากยานพาหนะ ซึ่งป้องกันได้โดยการติดแผ่นสะท้อนแสงหรือทาสีเสา และติดตั้งการ์ดกันรถชนเสา
- สาเหตุจากภัยธรรมชาติและสภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งป้องกันได้โดยการติดตั้งสายยึดโยง และการหล่อ โคนเสา

การพิจารณาเลือกทำกิจกรรมการป้องกันเสาสำหรับการไฟฟ้าแต่ละแห่งนั้น ขึ้นอยู่กับการพิจารณาจุดเสี่ยงที่อาจเกิดปัญหาดังกล่าว และจากการสำรวจข้อมูลพบว่าการติดตั้งการ์ดกันรถชนเสา และการหล่อ โคนเสาเพื่อป้องกันเสาล้ม สามารถช่วยป้องกันปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 7.1 การป้องกันรถชนเสา

ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการไฟฟ้าหน่วยงานมีปริมาณค่อนข้างน้อย ทำให้ในการวิเคราะห์ผลของการป้องกันรถชนเสาที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบ จึงมีข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการหาโมเดลที่น่าเชื่อถือเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรมป้องกัน นอกจากนี้แม้จะไม่มีปัญหาเรื่องปริมาณข้อมูลการได้โมเดลที่ง่ายต่อการนำไปใช้งานจริงยังคงเป็นไปได้ยาก เพราะค่าดัชนีที่ลดลงจะมากหรือน้อยไม่ได้ขึ้นกับปริมาณค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรมเพียงอย่างเดียว ยังคงขึ้นกับประเภทกิจกรรมที่เลือกระยะทางรวมของบริเวณเสี่ยง และความสมบูรณ์ในการทำกิจกรรมป้องกันว่าครอบคลุมบริเวณเสี่ยงทั้งหมดหรือไม่ เพราะการไฟฟ้าใดที่มีบริเวณเสี่ยงน้อยย่อมมีค่าใช้จ่ายต่ำในการกำจัดปัญหาให้หมดไปอย่างเด็ดขาด แต่ในการไฟฟ้าที่มีบริเวณเสี่ยงมาก ย่อมมีค่าใช้จ่ายสูงในการติดแผ่นสะท้อนแสงหรือทาสีเสาและติดตั้งการ์ดกันรถชนเสา และในบางครั้งค่าดัชนีอาจไม่ลดลงด้วย ถ้าไม่สามารถป้องกันบริเวณเสี่ยงได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วน

ผลการป้องกันรถยนต์ชนเสาขึ้นกับการเลือกกิจกรรมที่ทำด้วย โดยการทาสีหรือติดแผ่นสะท้อนแสง อาจไม่ได้ช่วยให้เหตุการณ์ไฟดับจากรถชนเสาลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการติดตั้งการรั้งกันรถยนต์ชนเสาซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงกว่ามาก

## 7.2 การป้องกันเสาล้มเนื่องจากสภาพแวดล้อมและภัยธรรมชาติ

การวิเคราะห์ผลของการป้องกันเสาล้มที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบ พบว่าข้อมูลที่รวบรวมได้จากการไฟฟ้าห้วยน้ำมีปริมาณค่อนข้างน้อย จึงไม่เพียงพอสำหรับการหาโมเดลที่น่าเชื่อถือเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรม แต่จากการวิเคราะห์ผลการติดตั้งสายยึดโยง และหล่อ โคนเสาของการไฟฟ้าจุดรวมงานเท่าที่รวบรวมได้ พบว่าสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาเสาล้มเนื่องจากสภาพแวดล้อมและภัยธรรมชาติ เช่น น้ำเซาะ ดินทรุด พายุลมแรง ได้เกือบ 100%

## 8. สรุป

กิจกรรมบำรุงรักษาต่าง ๆ มีผลต่อความเชื่อถือได้ โดยค่าเฉลี่ยที่กล่าวถึงข้างต้นเป็นค่าที่ใช้สะท้อนถึงประสิทธิภาพหรือผลการดำเนินงานกิจกรรมโดยเฉลี่ยของการไฟฟ้าจุดรวมงาน เหมาะที่จะนำมาเป็นค่าเกณฑ์วัดความสัมฤทธิ์ผลในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของการดำเนินการแต่ละกิจกรรม ซึ่งหลังจากการดำเนินการบำรุงรักษาในแต่ละกิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว จะสามารถลดดัชนีความเชื่อถือได้ ได้มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยข้างต้น ก็ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ตำแหน่งของการเกิดปัญหาและตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ด้วย

นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาโอกาสในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจุดรวมงานต่าง ๆ ในการประเมินโอกาสในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจุดรวมงานนั้น โดยใช้สถิติไฟฟ้าขัดข้องและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติการเป็นสำคัญ ในการพิจารณาว่าเมื่อเลือกทำกิจกรรมบำรุงรักษาเพื่อป้องกันสาเหตุไฟฟ้าขัดข้องแล้ว กิจกรรมดังกล่าวจะลดค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุนั้นได้เท่าไร ความถูกต้องของการประเมินจึงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประเมินเป็นสำคัญ

## การเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษา

### 1. การบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง

การบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance; RCM) คือ กระบวนการที่ช่วยตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม โดยพิจารณา ระดับของความรุนแรงที่จะเกิดเนื่องจากอุปกรณ์ไม่ทำงานตามหน้าที่ เพื่อให้อุปกรณ์นั้นยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติที่ระดับความเชื่อถือได้สูงสุด หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการเพื่อหาว่าจำเป็นต้องบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างไร เพื่อให้อุปกรณ์ทางกายภาพนั้นยังคงทำงานได้สำเร็จตามหน้าที่ที่กำหนด ณ สภาพการทำงานปัจจุบันภายใต้แบบบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด

รูปแบบการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง มีวัตถุประสงค์หลัก ดังนี้

- เพิ่มความปลอดภัยของอุปกรณ์และระบบให้มากขึ้น
- ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้นานขึ้น
- รักษาความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ไว้ในระดับสูงสุดที่เป็นไปได้
- พัฒนาประสิทธิภาพของการทำงาน
- ใช้เงินลงทุนเพื่อการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ

#### 1.1 กระบวนการการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง

1.1.1 กำหนดขอบเขตของระบบ เพื่อให้ทราบขอบเขตที่ชัดเจนของระบบ และช่วยสามารถจัดการทำงานอย่างเป็นระบบ

1.1.2 รวบรวมข้อมูลประวัติการซ่อมแซมและการบำรุงรักษา ในการรวบรวมข้อมูล การบำรุงรักษาของระบบ จะทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เช่น คำอธิบาย การออกแบบหรือคู่มือทางเทคนิคของระบบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาศัยข้อมูลประวัติการซ่อมแซมและการบำรุงรักษา

1.1.3 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลการบำรุงรักษาแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ คือ

- ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) คือข้อมูลในลักษณะที่สามารถแสดงค่าหรือจำนวนที่ทำให้ทราบถึงระดับความมากน้อยได้ เช่น MTBF, MTTF, อัตราความเสียหาย เป็นต้น

- ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) คือข้อมูลในลักษณะที่ไม่สามารถแสดงออกมาในรูปของจำนวนได้ เช่น ปัญหาที่เกิดกับอุปกรณ์ ลำดับการทำงาน การออกแบบอุปกรณ์ เทคนิคการบำรุงรักษา เป็นต้น

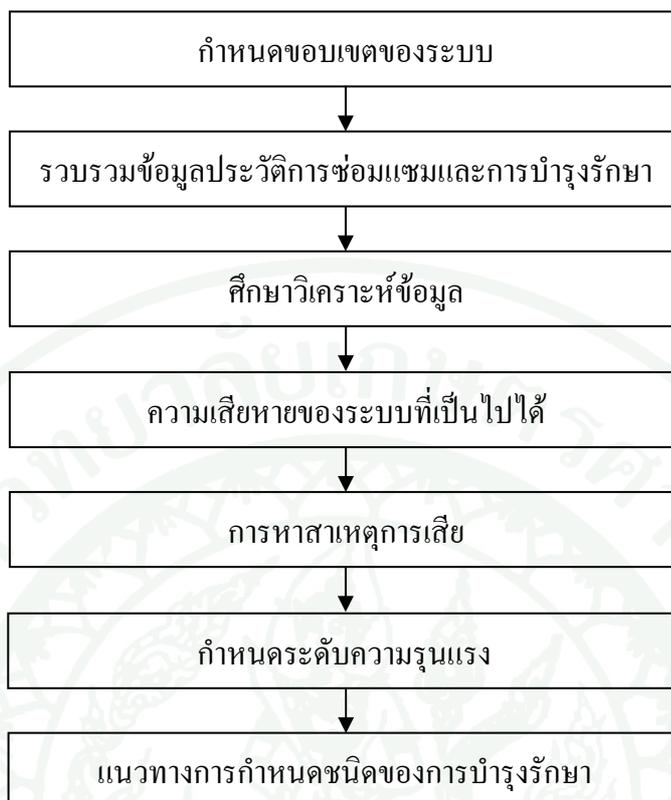
1.1.4 ความเสียหายของระบบที่เป็นไปได้ คือ การจำแนกหน้าที่การทำงานและการระบุลักษณะความเสียหายของอุปกรณ์หรือระบบที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือระบบนั้น เพราะการบ่งบอกลักษณะความเสียหายเป็นจุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์เพื่อกำหนดว่าอุปกรณ์ใดมีความสำคัญมากน้อยอย่างไร ทำให้สามารถกำหนดแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด

1.1.5 การหาสาเหตุการเสีย ในการเชื่อมโยงระหว่างรูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์ที่รุนแรงกับงานบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีความรู้หรือหลักฐานจากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเสีย ดังนั้นเพื่อการเลือกวิธีการบำรุงรักษาแบบป้องกันที่ถูกต้อง จึงต้องมีกระบวนการค้นหาสาเหตุการเสีย

1.1.6 การกำหนดระดับความรุนแรงของรูปแบบความเสียหาย ควรพิจารณาร่วมกันระหว่างผลกระทบของความเสียหายกับโอกาสที่เป็นไปได้ในการจะเกิดความเสียหายนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ถ้าผลกระทบที่เกิดจากการเสียหายนั้นรุนแรงแต่โอกาสในการเกิดการเสียหายนั้นมีค่าน้อยมากตลอดอายุการใช้งาน ในกรณีนี้เราอาจจะพิจารณาว่ามีความรุนแรงน้อยกว่าเหตุการณ์เสียที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ

1.1.7 แนวทางการกำหนดชนิดของการบำรุงรักษา การเลือกการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เพื่อป้องกันแต่ละสาเหตุที่รุนแรง ควรเลือกงานที่สามารถทำได้และมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนของกระบวนการของการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กระบวนการของการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง

## 2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ประกอบการพิจารณาการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด (โครงการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการตั้งค่าเป้าหมายด้านความเชื่อถือได้ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2551-2553) กิจกรรมบำรุงรักษาที่นำมาพิจารณาในการเลือกสรรมาจากการวางแผนกิจกรรมบำรุงรักษาจะเริ่มจากการวิเคราะห์หาจุดอ่อนในระบบจากผลการสำรวจระบบและข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในอดีต จากนั้นเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมในเบื้องต้นด้วยวิธีการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลักพร้อมทั้งประเมินโอกาสในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ในโครงการวิจัยนี้ทำการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวจากการประเมินของวิศวกรหรือพนักงานช่างที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการไฟฟ้าจตุรรวมงานแต่ละแห่ง ผ่านทางอินเทอร์เน็ตเว็บเพจ โดยกิจกรรมบำรุงรักษาแต่ละกิจกรรมใช้งบประมาณไม่เท่ากัน และส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเชื่อถือได้ การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าจตุรรวมงานต่างกัน

### 3. จุดคุ้มทุน

การลงทุนบำรุงรักษาแบบป้องกันและแบบแก้ไขต้องพิจารณาถึงความคุ้มทุนและการจัดสรรงบประมาณที่เหมาะสมอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการลงทุนสูงมากเกินไปโดยไม่จำเป็น

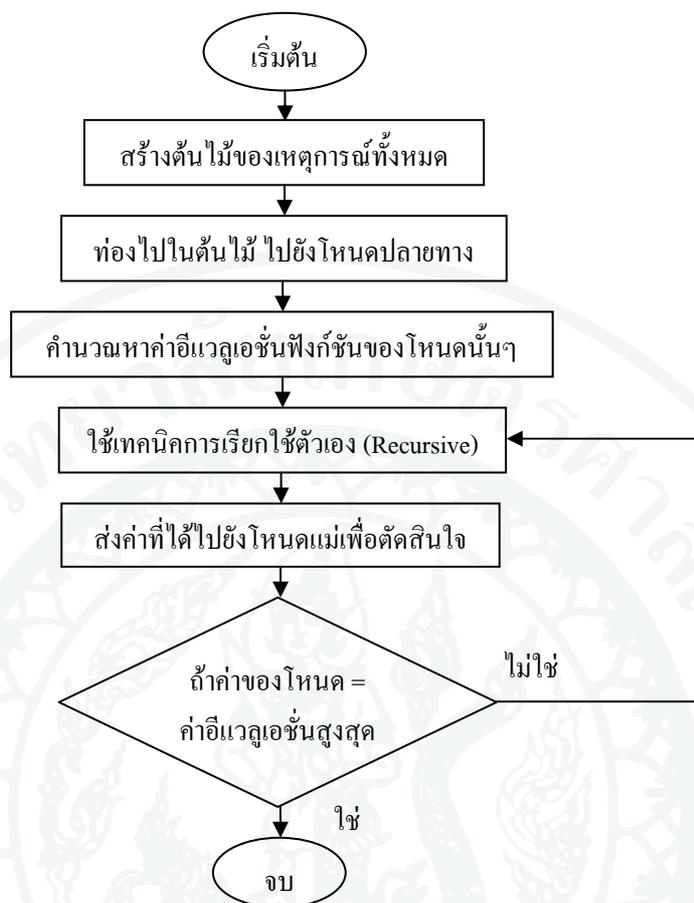
การจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมบำรุงรักษา โดยพิจารณาความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษาจากการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเชื่อถือได้กับงบประมาณ และจากการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องกับงบประมาณ

#### วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีมินิแมกอัลกอริธึม

มินิแมกอัลกอริธึมเป็นวิธีการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยมีหน้าที่ช่วยเลือกและตัดสินใจ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงที่สุดจากการพิจารณาเส้นทางหลายเส้นทาง หากเส้นทางใดให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าก็จะเลือกเส้นทางนั้นไปเรื่อย ๆ จนจบ มินิแมกอัลกอริธึมมีการทำงานแบบ depth-first search คือค้นหาโหนดลงไปทางลึกก่อน จนถึงระดับที่ต้องการ จากนั้นใช้อีแวลูเอชันฟังก์ชัน (Evaluation Function) เพื่อหาค่าของผลตอบแทนของโหนดนั้นแล้วส่งค่าที่ได้กลับขึ้นไปให้ระดับที่อยู่ด้านบนเพื่อตัดสินใจต่อไป (ธนาการ, 2553)

#### 1. ขั้นตอนการทำงานของวิธีมินิแมกอัลกอริธึม

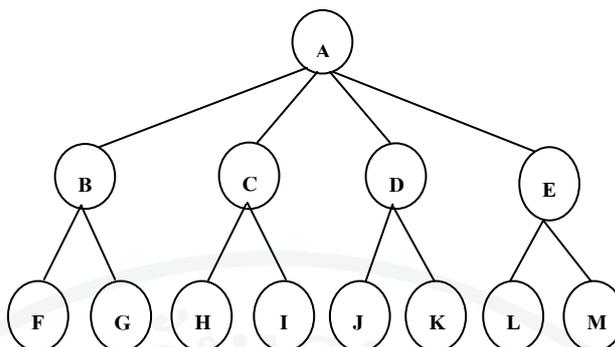
ขั้นตอนการทำงานของวิธีมินิแมกอัลกอริธึม เริ่มจากสร้างโครงสร้างต้นไม้ของเหตุการณ์ทั้งหมด จากนั้นท่องไปในต้นไม้ ไปยังโหนดปลายทางแล้วคำนวณหาค่า Evaluation Function ของโหนดนั้น ๆ จากนั้นใช้เทคนิคการเรียกใช้ตัวเอง (Recursive) ในการแก้ปัญหาแล้วส่งค่าที่ได้ไปยังโหนดแม่เพื่อตัดสินใจและเปรียบเทียบค่าที่ได้ว่าโหนดใดให้ค่าอีแวลูเอชันสูงสุดและเลือกเดินไปทางโหนดนั้น ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีมินิแมกอัลกอริธึม



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของวิธีมินิแม็กอัลกอริธึม

## 2. โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้

ทรี (tree) หรือ โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ เป็นประเภทข้อมูลอย่างย่อประเภทหนึ่ง มีลักษณะการเรียงเป็นกิ่งก้านสาขาแตกแขนงออกไป ไม่มีวงวน (loop) โยงในสมาชิกตัวต่าง ๆ ประกอบด้วยโหนด (node) ซึ่งเป็นส่วนที่เก็บข้อมูล ในทรีหนึ่งทรีประกอบไปด้วยรูทโหนด (root node) เพียงหนึ่งโหนด แล้วรูทโหนดสามารถแตกโหนดออกเป็นโหนดย่อย ๆ ได้อีกหลายโหนด เรียกว่าโหนดลูก (child node) เมื่อมีโหนดลูกแล้ว โหนดลูกก็ยังสามารถแสดงเป็นโหนดพ่อแม่ (parent node) โดยการแตกโหนดออกเป็นโหนดย่อย ๆ ได้อีก ต้นไม้ถูกใช้ในการจัดการข้อมูลที่เปรียบเทียบกันได้ (comparable) อย่างรวดเร็ว เช่น ตัวเลข หรือ การเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูล เป็นต้น ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้

จากภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ ประกอบด้วย

- root node คือ โหนด A
- child node หรือ โหนดลูก คือ B, C, D และ E เป็นโหนดลูกของ A
- parent node หรือ โหนดพ่อแม่ โหนด B ที่เป็นโหนดลูกของโหนด A ก็สามารถแตกออกเป็นโหนดย่อย ๆ ได้แก่ F และ G ดังนั้น B จึงเป็นโหนดพ่อแม่ของ F และ G ในทำนองเดียวกัน A ก็เป็นโหนดพ่อแม่ของ B, C, D และ E กิ่ง (branch or edge) เป็นเส้นที่เชื่อม ต่อระหว่างโหนดพ่อแม่กับโหนดลูก
  - brother node หรือ โหนดพี่น้อง คือ โหนดที่มีพ่อแม่เดียวกัน เช่น B, C, D และ E เป็นโหนดพี่น้องกันเพราะมีโหนดพ่อแม่เดียวกัน คือ โหนด A ส่วน F และ G เป็นโหนดพี่น้องกันโดยมี B เป็นโหนดพ่อแม่
  - degree คือ จำนวนลูกของโหนดที่พิจารณา เช่น degree ของ โหนด A = 4 ได้แก่ B, C, D และ E จำนวน degree ของโหนด B = 2 จำนวน degree ของโหนด F = 0 เนื่องจากโหนด F ไม่มีโหนดลูก
  - descendant node คือ โหนดลูกของโหนดที่พิจารณา และโหนดที่ทุกโหนดที่แตกจากโหนดลูกของโหนดนั้น ตัวอย่าง descendant ของโหนด A คือ ทุกโหนดที่เหลือในทรี
  - level หรือ ระดับ คือ หมายเลขแสดงระดับของโหนดในทรี ซึ่งรูทโหนดจะมีค่า level = 0 ส่วนโหนดลูกของรูทโหนดก็จะมีค่า = 1 หากค่าโหนดที่พิจารณาอยู่ในระดับ L โหนดลูกของโหนดนั้นจะอยู่ในระดับ L + 1

## 2.1 การท่องไปในทรี (Tree Traversal)

สามารถท่องเข้าไปในทรีเพื่อดูข้อมูล ได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

- Pre order
- In order
- Post order

ในการท่องเข้าไปในทรีแต่ละแบบจะใช้สัญลักษณ์ดังนี้

Root = root node

Left = ต้นไม้ย่อยซ้ายของ Root

Right = ต้นไม้ย่อยขวาของ Root

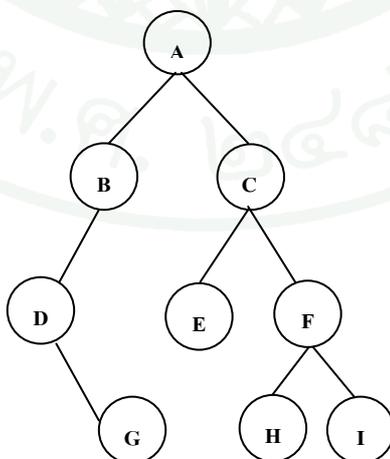
วิธีในการท่องเข้าไปในทรีแต่ละแบบจะมีลักษณะดังนี้

Pre order = Root  $\rightarrow$  Left  $\rightarrow$  Right

In order = Left  $\rightarrow$  Root  $\rightarrow$  Right

Post order = Left  $\rightarrow$  Right  $\rightarrow$  Root

ตัวอย่างการท่องไปในทรี แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการท่องไปในทรี

จากภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างการท่องไปในทรี เมื่อท่องไปในทรีทั้ง 3 แบบ จะได้ข้อมูลดังนี้

- แบบ Pre order จะได้ข้อมูล  $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow H \rightarrow I$
- แบบ In order จะได้ข้อมูล  $D \rightarrow G \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow H \rightarrow F \rightarrow I$
- แบบ Post order จะได้ข้อมูล  $G \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow A$

### 3. การเรียกใช้ตัวเอง

การเขียนโปรแกรมแบบเรียกตัวเองทำให้การทำงานบางประเภททำได้ง่ายขึ้น การเรียกตัวเองเรียกว่า recursion สำหรับเทคนิคที่ใช้จะเรียกว่ารีเคอร์ซีฟ (recursive)

การเรียกตัวเอง คือ ขบวนการเฉพาะที่ใช้สำหรับปัญหาบางอย่าง ซึ่งใช้หลักการแบ่งวิธีการแก้ปัญหาค่อยๆ เป็น 2 ส่วนหรือมากกว่า ซึ่งแต่ละวิธีอาจอยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งใน 2 รูปแบบดังนี้

- Base case คือ วิธีที่สามารถสรุปหาคำตอบในลักษณะธรรมดา เช่น คำตอบอาจเป็นค่าคงที่ที่กำหนดไว้แล้ว หรือคำตอบนั้นอาจได้มาจากการคำนวณโดยตรง เป็นต้น
- Recursive case คือ วิธีการหาคำตอบซึ่งจะต้องทำด้วยวิธีการทำซ้ำหลักการเดิมที่ใช้แก้ปัญหา

เมื่อผ่านกรรมวิธีแก้ปัญหาแบบเรียกตัวเองแล้ว ปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ จำนวนมาก ซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบเดียวกันจนกระทั่งกลายเป็นปัญหาย่อยเล็กที่สุดที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยกรณีของ Base case แล้ว จะทำให้สามารถหาคำตอบย้อนกลับของปัญหาคำตอบของ Recursive case ที่ใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนได้คำตอบของปัญหาทั้งหมด

## อุปกรณ์และวิธีการ

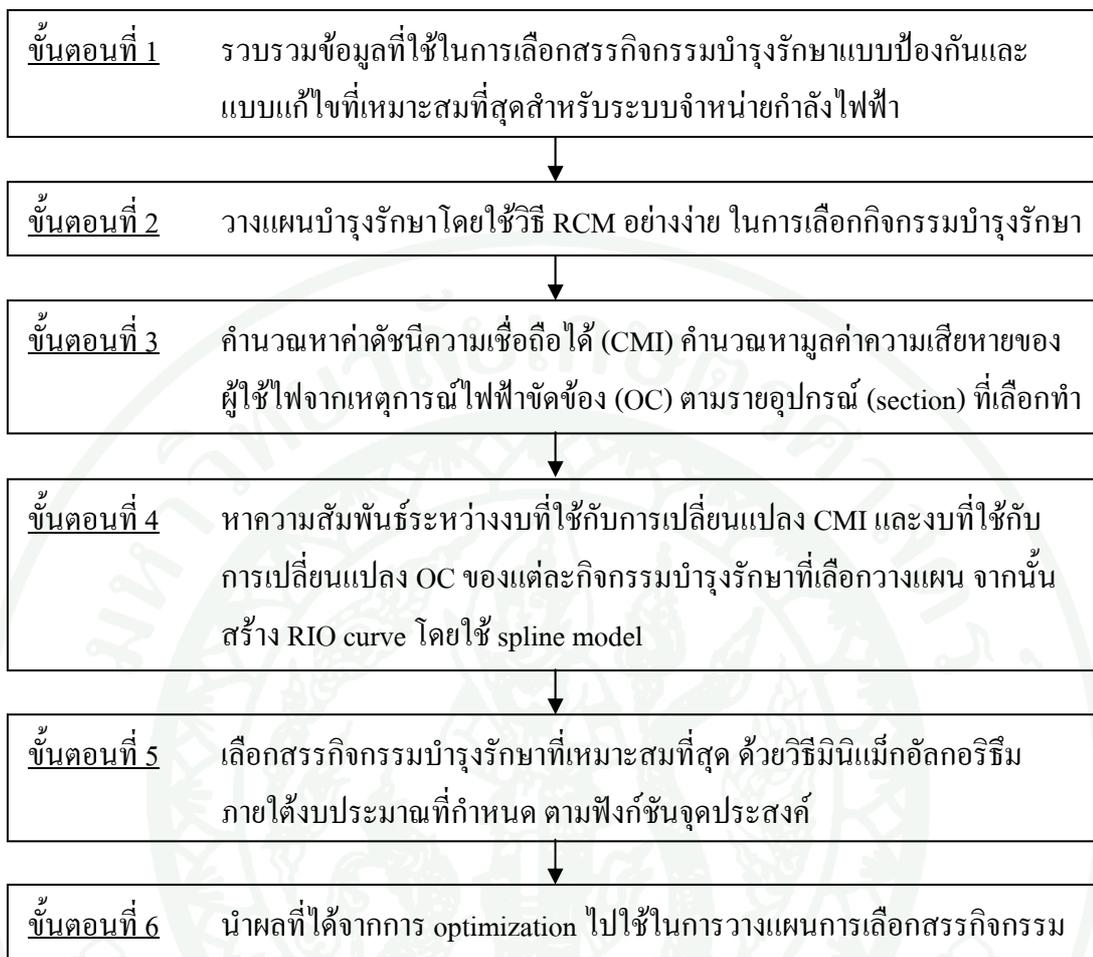
### อุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับทำวิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วย

1. โปรแกรม Microsoft Office (Words, Excel, PowerPoint และ Access)
2. โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิศวกรรม คณิตศาสตร์ MATLAB ในวิทยานิพนธ์นำมาใช้เขียนโปรแกรมแก้ปัญหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยวิธีมินิแมกซ์อัลกอริทึม

### วิธีการ

วิธีการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดเพื่อปรับปรุงความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ถูกสรุปไว้ในภาพที่ 8 ในขั้นตอนที่ 1 จะทำการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เช่น สถิติไฟฟ้าขัดข้องในอดีต จากนั้นวางแผนเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาโดยใช้วิธี RCM อย่างง่าย ในขั้นตอนที่ 2 กำหนดหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (CMI) และกำหนดหามูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (OC) ตามรายอุปกรณ์ (section) ที่เลือกวางแผนทำกิจกรรมบำรุงรักษาในขั้นตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของค่า CMI และ OC ของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษาที่พิจารณาพร้อมประมาณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมบำรุงรักษานั้น แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างงบที่ใช้กับการเปลี่ยนแปลงของ CMI และงบที่ใช้กับการเปลี่ยนแปลงของ OC จากนั้นสร้างเส้นโอกาสในการปรับปรุงระดับความเชื่อถือได้โดยใช้ spline model ในขั้นตอนที่ 4 ต่อมาทำการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด ด้วยวิธีมินิแมกซ์อัลกอริทึม ภายใต้งบประมาณที่กำหนด ตามฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงค่าความเชื่อถือได้ (CMI) และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (OC) ในขั้นตอนที่ 5 และสุดท้ายในขั้นตอนที่ 6 นำผลที่ได้จากการ optimization ไปใช้ในการวางแผนการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาของระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

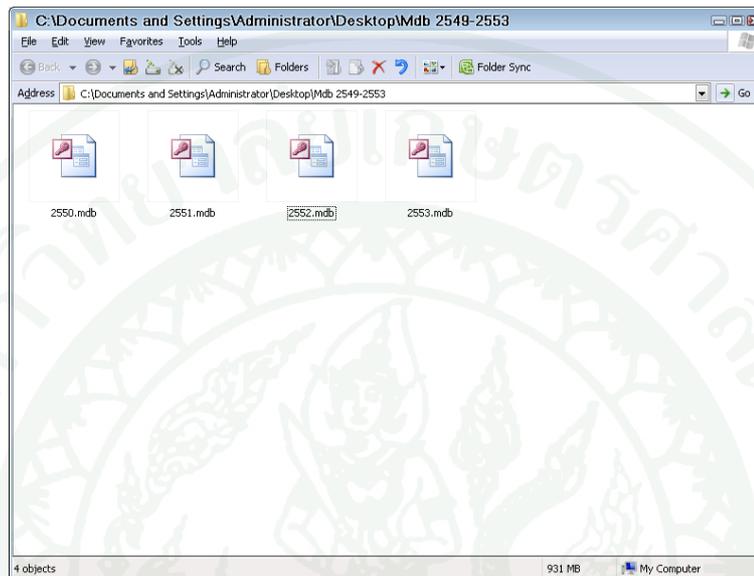


ภาพที่ 8 ลำดับขั้นตอนการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด

### 1. ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายที่ทำการบันทึกไว้ในฐานข้อมูลโปรแกรมจ่ายไฟ 3 (จฟ.3) ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้มีการบันทึกเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้โปรแกรมจฟ.3 ซึ่งพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในแผนกควบคุมการจ่ายไฟใช้ลงบันทึกเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ (SAIFI และ SAIDI) โดยข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์จากแผนกวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ กองควบคุมการจ่ายไฟ ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทำการบันทึกไว้ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 โดยได้รับข้อมูลมาในรูปแบบการจัดเก็บ

Main database file (file.mdb) โดยวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ข้อมูลในช่วง 4 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ประกอบการพิจารณา ดังแสดงในภาพที่ 9 และได้คัดเลือกเฉพาะคอลัมน์ที่ต้องการนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ไฟล์สถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องปี พ.ศ. 2550 – 2553 ในรูปแบบการจัดเก็บ Main database file (file.mdb)

PeaCod	Feeder	EquipWork	DateOutag	TimeOutag	DateResto	TimeRest	TotalTi	CauseTyp	CauseDa	Sum_Cus	Sum_Kva
0101101	CMA01	CMA01D001000	08-เม.ย.-52	12:09:00	08-เม.ย.-52	12:37:00	28	TC005	CC05006	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	11-เม.ย.-52	15:54:00	11-เม.ย.-52	16:37:00	43	TC009	CC09001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	11-พ.ค.-52	15:37:00	11-พ.ค.-52	15:37:00	0	TC002	CC02001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	11-ก.ค.-52	8:46:00	11-ก.ค.-52	8:46:00	0	TC002	CC02001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	20-ส.ค.-52	16:23:00	20-ส.ค.-52	16:23:00	0	TC001	CC01001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	20-ส.ค.-52	16:24:00	20-ส.ค.-52	16:24:00	0	TC001	CC01001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	20-ส.ค.-52	16:25:00	20-ส.ค.-52	16:39:00	14	TC001	CC01001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01D001000	27-ส.ค.-52	2:19:00	27-ส.ค.-52	2:19:00	0	TC002	CC02001	5113	1099
0101101	CMA01	CMA01H001000	26-ก.พ.-52	17:10:00	26-ก.พ.-52	17:30:00	20	TC005	CC05001	766	12
0101101	CMA01	CMA01H001000	23-ก.ค.-52	17:10:00	23-ก.ค.-52	17:30:00	20	TC005	CC05001	766	12
0101101	CMA01	CMA01H001000	24-เม.ย.-52	22:48:00	24-เม.ย.-52	23:05:00	17	TC005	CC05001	766	12
0101101	CMA01	CMA01H001000	27-ส.ค.-52	23:40:00	27-ส.ค.-52	23:55:00	15	TC005	CC05002	766	12
0101101	CMA01	CMA01H004000	01-ก.พ.-52	18:10:00	01-ก.พ.-52	17:00:00	50	TC005	CC05001	227	11
0101101	CMA01	CMA01H004000	25-ก.ย.-52	14:50:00	25-ก.ย.-52	15:15:00	25	TC002	CC02001	227	11
0101101	CMA01	CMA01H005000	07-ก.ค.-52	9:30:00	07-ก.ค.-52	10:05:00	35	TC005	CC05001	467	11
0101101	CMA01	CMA01H005000	01-ก.ย.-52	14:20:00	01-ก.ย.-52	15:00:00	40	TC002	CC02001	467	11
0101101	CMA01	CMA01H005000	31-ก.ค.-52	18:20:00	31-ก.ค.-52	18:40:00	20	TC005	CC05001	467	11
0101101	CMA01	CMA01H005000	28-ส.ค.-52	10:20:00	28-ส.ค.-52	10:55:00	35	TC005	CC05001	467	11
0101101	CMA01	CMA01H006000	12-ก.ค.-52	21:00:00	12-ก.ค.-52	21:30:00	30	TC005	CC05001	345	11
0101101	CMA01	CMA01H006000	01-พ.ค.-52	18:10:00	01-พ.ค.-52	18:50:00	40	TC009	CC09007	345	11
0101101	CMA01	CMA01H006000	07-ก.ย.-52	15:20:00	07-ก.ย.-52	16:00:00	40	TC005	CC05001	345	11
0101101	CMA01	CMA01H013000	29-ส.ค.-52	19:20:00	29-ส.ค.-52	19:50:00	30	TC005	CC05001	170	7
0101101	CMA01	CMA01H014000	12-ก.ค.-52	22:40:00	12-ก.ค.-52	23:25:00	45	TC005	CC05006	75	11
0101101	CMA01	CMA01H015000	01-ก.พ.-52	10:00:00	01-ก.พ.-52	10:40:00	40	TC005	CC05006	350	9
0101101	CMA01	CMA01H019000	26-ก.ค.-52	8:20:00	26-ก.ค.-52	8:30:00	30	TC005	CC05006	150	7

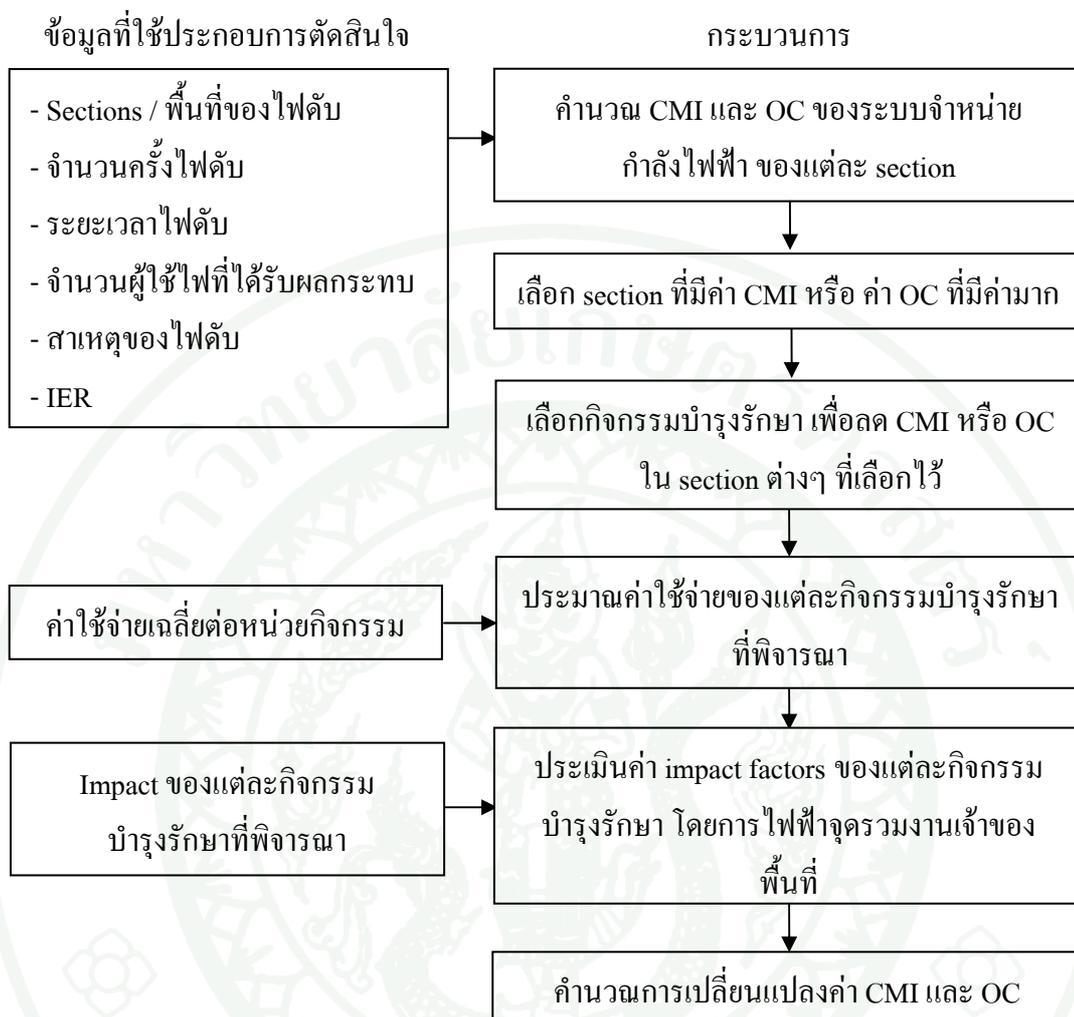
ภาพที่ 10 ฐานข้อมูลไฟฟ้าขัดข้องจากโปรแกรมจ่ายไฟ 3

ในข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคคัดเลือกเฉพาะคอลัมน์ที่ต้องนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ มีทั้งหมด 12 คอลัมน์ ดังนี้

- PeaCode	หมายถึง	รหัสการไฟฟ้า
- FeederCode	หมายถึง	รหัสฟีดเดอร์ที่ไฟดับ
- EquipWork	หมายถึง	รหัสอุปกรณ์ที่ไฟดับ
- DateOutage	หมายถึง	วันที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
- TimeOutage	หมายถึง	เวลาที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
- DateRestore	หมายถึง	วันที่สามารถจ่ายไฟกลับได้
- TimeRestore	หมายถึง	เวลาที่สามารถจ่ายไฟกลับได้
- TotalTime	หมายถึง	ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
- CauseType	หมายถึง	รหัสผู้รับผิดชอบระบบการจ่ายไฟ (ตัวกระทำ)
- CauseData	หมายถึง	รหัสสาเหตุ ต้นเหตุที่ทำให้ไฟดับ (ลักษณะสาเหตุ)
- Sum_Cus	หมายถึง	จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ ไฟฟ้าขัดข้อง
- Sum_Kva	หมายถึง	กำลังไฟฟ้ารวมจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

## 2. การวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลัก

ในวิทยานิพนธ์นี้การวางแผนบำรุงรักษาของการไฟฟ้าจตุรรวมงานถูกดำเนินการโดยใช้วิธีการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลัก (Reliability Centered Maintenance) เพราะเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนแต่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับขั้นตอนการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้วิธี RCM อย่างง่าย ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนผังขั้นตอนการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้วิธี RCM อย่างง่าย

### 3. ข้อมูลโครงการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการตั้งค่าเป้าหมายด้านความเชื่อถือได้ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ข้อมูลโครงการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการตั้งค่าเป้าหมายด้านความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นข้อมูลกิจกรรมบำรุงรักษาที่ทำการรวบรวมจากการไฟฟ้าจตุรรวมงานทั่วประเทศ เพื่อให้สอดคล้องตามลักษณะการทำงานของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งดำเนินการครอบคลุมพื้นที่ประเทศ โครงการนี้จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยผ่านเว็บเพจ “โปรแกรมวิเคราะห์สถิติไฟฟ้าขัดข้องเพื่อการวางแผนการบำรุงรักษา” ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับข้อมูล

กิจกรรมบำรุงรักษาจากการไฟฟ้าจตุรรมงาน โดยตัวอย่างข้อมูลกิจกรรมบำรุงรักษาที่นำมาประกอบการพิจารณาที่ทำการรวบรวมผ่านเว็บเพจ ดังแสดงในภาพที่ 12

ตารางสรุปภารกิจกรมบำรุงรักษาเพิ่มเติม ของการไฟฟ้าจตุรรมงานเพื่อลด SAIFI

No.	Feeder	Section	ลด สาเหตุ	กิจกรรม	SAIFI ที่ ลดได้(%)		ปริมาณ งาน	ค่าใช้จ่าย รวม	ค่า อุปกรณ์	ค่า แรงงาน	หมายเหตุ	วันบันทึก	แก้ไข	ลบ		
					มากที่สุด	น้อยที่สุด										
1	NPT03	NPT03VB-001	อุปกรณ์	ตรวจสอบระบบไฟฟ้าและแก้ไข	50	10	0.272	0.0544	10ชม.	300000	0.00	0.00	เปลี่ยนอุปกรณ์แรงสูงที่เสื่อมสภาพแล้ว	2010-12-17		
2	NPT03	NPT03F-001	สัตว์รบกวน	ติดตั้งการตัดกิ่ง	70	15	0.0063	0.0014	2ชม.	5000	0.00	0.00		2010-12-17		
3	NPT03	NPT03F-002	สัตว์รบกวน	ติดตั้งการตัดกิ่ง	70	15	0.0021	0.0004	500ม.	5000	0.00	0.00		2010-12-17		

\*เทียบจากจำนวนผู้ใช้ไฟของการไฟฟ้าจตุรรมงาน

ตารางสรุปภารกิจกรมบำรุงรักษาเพิ่มเติม ของการไฟฟ้าจตุรรมงานเพื่อลด SAIDI

Feeder	Section	SAIDI ที่ลดได้ (%)		SAIDI ที่ลดได้	ปริมาณงาน	ค่าใช้จ่าย	ค่าอุปกรณ์	ค่าแรงงาน	วันบันทึก	แก้ไข	ลบ
		มากที่สุด	น้อยที่สุด								
INC01	MH000 -2 /212	80	60	195.06	ตัดจ่ายไฟใหม่จากสถานี ชั่วคราว 115KV. อ.ปาย	50000	0	0	2010-09-07		

\*เทียบจากจำนวนผู้ใช้ไฟของการไฟฟ้าจตุรรมงาน

ภาพที่ 12 ตัวอย่างข้อมูลกิจกรรมบำรุงรักษาที่ทำการรวบรวมผ่านเว็บเพจ

CMI คือ ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงผลกระทบจากการเกิดไฟดับ โดยถูกแสดงในปริมาณของจำนวนผู้ใช้ไฟ-นาทิตี่ได้รับผลกระทบ เป็นการพิจารณาทั้งในด้านจำนวนครั้งไฟดับร่วมกับระยะเวลาไฟดับ ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้พิจารณาค่า CMI เป็นรายอุปกรณ์ป้องกันซึ่งวิธีการคำนวณแสดงไว้ในสมการที่ (11)

$$cmi_s = N_s \times N_o \times d \quad (11)$$

- เมื่อ  $N_s$  จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ป้องกันหนึ่ง ๆ ทำงาน  
 $N_o$  จำนวนครั้งไฟดับที่อุปกรณ์ป้องกันนั้นทำงาน  
 $d$  ระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยเมื่ออุปกรณ์ป้องกันนั้นทำงาน

ตัวอย่างกิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกเสนอจากการไฟฟ้าเขต  $k = 4$  ประกอบด้วยประเภทกิจกรรม รหัสการไฟฟ้า รหัสฟีดเดอร์ รหัสอุปกรณ์ ดัชนีที่ลดได้ ค่าใช้จ่าย (บาท) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี CMI (ราย-นาทิจ) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างกิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกเสนอจากการไฟฟ้าเขต  $k = 4$

ตัวอย่าง กิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกเสนอจากการไฟฟ้าเขต $k = 4$ (จำนวน 45 กิจกรรมบำรุงรักษา)							
ลำดับ ที่	ประเภท กิจกรรม	รหัส			ดัชนีที่ ลดได้	ค่าใช้จ่าย (บาท)	$\Delta cmi_i$ (ราย-นาทิจ)
		การไฟฟ้า	ฟีดเดอร์	อุปกรณ์			
1	SAIDI	0412101	BCA03	BCA03B001000	4.42	10,000	-8,280
2	SAIDI	0412101	BCA05	BCA05B001000	4.76	10,000	-26,426
3	SAIDI	0407101	CHA08	CHA08G001000	31.11	0	-105,910
4	SAIDI	0411101	NBL05	NBL05G001000	25.14	60,000	-61,464
5	SAIDI	0411101	NBL06	NBL06G002000	49.48	90,000	-316,990
6	SAIDI	0409101	NHA04	NHA04H008000	2.9	20,000	-4,925
7	SAIDI	0402101	NKA04	NKA04D001000	6.4	8,000	-11,036
8	SAIDI	0410101	PFA07	PFA07B001000	1.51	0	-40,890
9	SAIDI	0412101	POA09	POA09D001000	5.34	10,000	-31,367
10	SAIDI	0410101	SEK05	SEK05B001000	4.01	0	-12,909
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
40	SAIFI	0405101	SOA08	SOA08B001000	0	10,000	0
41	SAIFI	0405101	SOA08	SOA08G003000	0.01	10,000	-75,850
42	SAIFI	0402101	NKA04	NKA04B001000	0.05	8,000	-49,889
43	SAIFI	0402101	NKA01	NKA01B001000	0.11	9,000	-43,550
44	SAIFI	0402101	NKA04	NKA04G001000	0.01	8,000	-44,158
45	SAIFI	0402101	NKA04	NKA04B001000	0.05	13,000	-59,696

หมายเหตุ - ค่าดัชนีที่ลดได้ ประเภทกิจกรรม SAIDI มีหน่วยเป็น นาทิจ  
- ค่าดัชนีที่ลดได้ ประเภทกิจกรรม SAIFI มีหน่วยเป็น ราย

#### 4. มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

มูลค่าความเสียหายเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าทั้ง 12 เขต พิจารณาจากอัตราความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากไฟดับ (Interrupted Energy Rate; IER) ที่แสดงไว้ตามช่วงระยะเวลาไฟดับต่าง ๆ กัน ซึ่งคำนวณมาจากข้อมูลการสำรวจมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (สถาบันวิจัยพลังงาน, 2544) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟทั้ง 12 เขต ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระยะเวลา ไฟฟ้าดับ	มูลค่าความเสียหายเฉลี่ย (บาท/kWhเฉลี่ย)						
	0 - 2 วินาที	2 วินาที - 1 นาที	1 - 30 นาที	30 นาที - 1 ชั่วโมง	1 - 2 ชั่วโมง	2 - 4 ชั่วโมง	4 - 8 ชั่วโมง
กฟน. 1	11.003	15.988	42.866	74.089	128.08	257.37	467.6
กฟน. 2	9.882	14.428	38.198	67.943	119.76	242.87	444.6
กฟน. 3	9.067	14.047	40.19	69.033	118.46	236.27	429.87
กฟฉ. 1	13.232	18.304	45.172	78.545	136.97	276.19	499.61
กฟฉ. 2	13.01	17.941	43.592	76.669	134.81	272.79	494.54
กฟฉ. 3	11.57	16.632	43.81	74.623	128.02	255.56	461.4
กฟภ. 1	8.691	13.596	40.324	64.161	104.88	201.2	357.1
กฟภ. 2	9.427	14.387	41.484	67.662	112.11	218.87	391.47
กฟภ. 3	10.382	15.837	44.9	75.37	126.21	250.76	452.12
กฟต. 1	7.792	12.107	35.039	58.716	99.269	195.63	353.3
กฟต. 2	8.435	12.492	33.821	59.558	103.46	209.51	382.54
กฟต. 3	8.506	12.903	35.827	61.735	105.77	211.76	384.55

ที่มา: สถาบันวิจัยพลังงาน (2544)

มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องตามรายอุปกรณ์ (section) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (12) โดยมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟในแต่ละครั้งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (13) ส่วนกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (14)

$$oc_s = \sum oc_j \quad (12)$$

เมื่อ  $oc_s$  มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องตามรายอุปกรณ์ (section)  
 $oc_j$  มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องครั้งที่  $j$

$$oc_j = K_j \times IER \quad (13)$$

เมื่อ  $K_j$  ค่าคงที่ของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องครั้งที่  $j$  ในแต่ละ section (มีหน่วยเป็น kW เฉลี่ย)  
 $IER$  อัตราความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากไฟดับ

$$K_j = kVA_j \times LF_k \times PF_k \quad (14)$$

เมื่อ  $kVA_j$   $kVA$  รวมของหม้อแปลงที่จ่ายไฟไม่ได้จากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องครั้งที่  $j$   
 $LF_k$  load factor ของเขตการไฟฟ้า  $k$  ที่พิจารณา  
 $PF_k$  power factor ของเขตการไฟฟ้า  $k$  ที่พิจารณา  
 $k$  เขตการไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ( $k = 1, 2, \dots, 12$ )

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (จฟ.3) มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องตามรายอุปกรณ์ (section) ที่เลือกทำกิจกรรมบำรุงรักษาสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (12) - (14)

## 5. การสร้างเส้นโอกาสในการปรับปรุงระดับความเชื่อถือได้

การสร้างเส้นโอกาสในการปรับปรุงระดับความเชื่อถือได้ (RIO curve) นั้นมาจากผลของกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้จากการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้วิธี RCM อย่างง่ายของการไฟฟ้าจุฬารวมงาน โดยพิจารณาความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรม ( $w$ ) ของการไฟฟ้าในแต่ละเขต ทั้ง 12 เขต โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ในกรณีที่ 1 ความคุ้มค่าพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของดัชนีแสดงจำนวน

ผู้ใช้ไฟ-นาที่ที่ได้รับผลกระทบ ( $w_1$ ) และกรณีที่ 2 ความคุ้มค่าพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ( $w_2$ ) ความคุ้มค่าของกิจกรรมบำรุงรักษา  $i$  ทั้ง 2 กรณี สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (15) และ (16) ตามลำดับ ตัวอย่างการคำนวณความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา แสดงในตารางที่ 3

$$w_{1i} = \frac{|\Delta cmi_i|}{\Delta m_i} \quad (15)$$

เมื่อ  $\Delta cmi_i$  การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนี CMI ของกิจกรรมบำรุงรักษา  $i$   
 $\Delta m_i$  ค่าใช้จ่ายของกิจกรรมบำรุงรักษา  $i$

$$w_{2i} = \frac{|\Delta oc_i|}{\Delta m_i} \quad (16)$$

เมื่อ  $\Delta oc_i$  การเปลี่ยนแปลงของค่า OC ของกิจกรรมบำรุงรักษา  $i$

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา

ตัวอย่าง กิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกลงทะเบียนจากไฟฟ้าเขต $k = 4$ (จำนวน 45 กิจกรรมบำรุงรักษา)								
ลำดับที่	รหัส			$\Delta m_i$ (บาท)	$\Delta c m_i$ (ราย-นาท)	$\Delta o c_i$ (บาท)	ความคุ้มค่า	
	การไฟฟ้า	ฟีดเดอร์	อุปกรณ์				$w_{1i}$	$w_{2i}$
1	0412101	BCA03	BCA03B001000	10,000	-8,280	-370,989	0.83	37.10
2	0412101	BCA05	BCA05B001000	10,000	-26,426	-2,990,512	2.64	299.05
3	0407101	CHA08	CHA08G001000	0	-105,910	-755,392	105,910.00	755,392.00
4	0411101	NBL05	NBL05G001000	60,000	-61,464	-429,395	1.02	7.16
5	0411101	NBL06	NBL06G002000	90,000	-316,990	-449,876	3.52	5.00
6	0409101	NHA04	NHA04H008000	20,000	-4,925	-227,250	0.25	11.36
7	0402101	NKA04	NKA04D001000	8,000	-11,036	-3,498,888	1.38	437.36
8	0410101	PFA07	PFA07B001000	0	-40,890	-209,178	40,890.00	209,178.00
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
41	0405101	SOA08	SOA08G003000	10,000	-75,850	-416,576	7.59	41.66
42	0402101	NKA04	NKA04B001000	8,000	-49,889	-2,385,065	6.24	298.13
43	0402101	NKA01	NKA01B001000	9,000	-43,550	-4,011,624	4.84	445.74
44	0402101	NKA04	NKA04G001000	8,000	-44,158	-268,226	5.52	33.53
45	0402101	NKA04	NKA04B001000	13,000	-59,696	-2,385,065	4.59	183.47

กรณีที่ 1 สร้างเส้นโอกาสในการปรับปรุงระดับความเชื่อถือได้ของแต่ละเขตการไฟฟ้า จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะสมของค่าใช้จ่ายแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษาและค่าสะสมของการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี CMI ของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา ที่เรียงลำดับความคุ่มค่า ( $w_{i_i}$ ) ของแต่ละกิจกรรมจากมากไปหาน้อยของแต่ละเขตการไฟฟ้า ค่าสะสมทั้งสองสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (17) และ (18) ตามลำดับ ตัวอย่างการคำนวณค่าสะสมของค่าใช้จ่ายแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา และค่าสะสมของการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี CMI ของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา โดยเรียงลำดับความคุ่มค่าของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 1 แสดงในตารางที่ 4

$$\Delta M_k(i) = \sum_{n=1}^i \Delta m_n \quad (17)$$

เมื่อ  $\Delta M_k(i)$  ค่าสะสมของค่าใช้จ่ายของกิจกรรมบำรุงรักษาจนถึงกิจกรรมที่  $i$  ของเขตการไฟฟ้า  $k$   
 $n$  ลำดับที่ของกิจกรรมบำรุงรักษาโดยเริ่มจากกิจกรรมที่มี  $w_{i_i}$  มากไปหาน้อย

$$\Delta CMI_k(i) = \sum_{n=1}^i \Delta cmi_n \quad (18)$$

เมื่อ  $\Delta CMI_k(i)$  ค่าสะสมของการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี CMI จนถึงกิจกรรมที่  $i$  ของเขตการไฟฟ้า  $k$

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณค่าสะสมที่เรียงลำดับความถี่ของแต่ละกิจกรรม ในกรณีที่ 1 ( $w_{li}$ )

ตัวอย่าง กิจกรรมบำรุงรักษาที่มีความถี่มากที่สุด 16 อันดับแรกของการไฟฟ้าเขต $k = 4$								
ลำดับที่	รหัส			$\Delta m_i$ (บาท)	$\Delta cm_i$ (ราย-นาท)	$w_{li}$	ค่าบวกสะสม	
	การไฟฟ้า	ฟีดเดอร์	อุปกรณ์				$\Delta M_k(i)$	$\Delta CMI_k(i)$
3	0407101	CHA08	CHA08G001000	0	-105,910	105,910.00	0	-105,910
8	0410101	PFA07	PFA07B001000	0	-40,890	40,890.00	0	-146,800
10	0410101	SEK05	SEK05B001000	0	-12,909	12,909.00	0	-159,709
12	0408101	STT03	STT03G002000	160	-36,951	230.94	160	-196,660
21	0401101	BPU04	BPU04G001000	4,500	-918,000	204.00	4,660	-1,114,660
30	0410101	SEK05	SEK05G002000	5,000	-517,860	103.57	9,660	-1,632,520
26	0406101	NNA07	NNA07G002000	10,000	-390,300	39.03	19,660	-2,022,820
19	0409101	NHA03	NHA03H004000	1,500	-36,263	24.18	21,160	-2,059,083
37	0407101	CHA08	CHA08G001000	18,750	-428,940	22.88	39,910	-2,488,023
38	0411101	NBL10	NBL10G003000	15,000	-304,380	20.29	54,910	-2,792,403
24	0406101	SSK09	SSK09G001000	10,000	-201,410	20.14	64,910	-2,993,813
27	0409101	NHA04	NHA04B001000	3,000	-58,534	19.51	67,910	-3,052,347
34	0411101	NBL06	NBL06G002000	20,000	-354,290	17.71	87,910	-3,406,637
20	0409101	NHA03	NHA03H005000	3,000	-39,120	13.04	90,910	-3,445,757
32	0410101	PFA07	PFA07B001000	10,000	-110,490	11.05	100,910	-3,556,247
15	0409101	NHA04	NHA04H021000	1,500	-16,480	10.99	102,410	-3,572,727

กรณีที่ 2 สร้างเส้นโอกาสในการปรับปรุงระดับความเชื่อถือได้ของแต่ละเขตการไฟฟ้า จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะสมของค่าใช้จ่ายแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษาและค่าสะสมของการเปลี่ยนแปลงค่า OC ของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษาที่เรียงลำดับความคุ้มค่า ( $w_{2i}$ ) ของแต่ละกิจกรรม จากมากไปหาน้อยของแต่ละเขตการไฟฟ้า ค่าสะสมทั้งสองสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (19) และ (20) ตามลำดับ ตัวอย่างการคำนวณค่าสะสมของค่าใช้จ่ายแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษาและค่าสะสมของการเปลี่ยนแปลงค่า OC ของแต่ละกิจกรรมบำรุงรักษา โดยเรียงลำดับความคุ้มค่าของแต่ละกิจกรรมในกรณีที่ 2 แสดงในตารางที่ 5

$$\Delta M_k(i) = \sum_{p=1}^i \Delta m_p \quad (19)$$

เมื่อ  $p$  ลำดับที่ของกิจกรรมบำรุงรักษาโดยเริ่มจากกิจกรรมที่มี  $w_{2i}$  มากไปหาน้อย

$$\Delta OC_k(i) = \sum_{p=1}^i \Delta oc_p \quad (20)$$

เมื่อ  $\Delta OC_k(i)$  ค่าสะสมของการเปลี่ยนแปลงค่า OC จนถึงกิจกรรมที่  $i$  ของเขตการไฟฟ้า  $k$

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณค่าสะสมที่เรียงลำดับความถี่ของแต่ละกิจกรรม ในกรณีที่ 2 ( $w_{2i}$ )

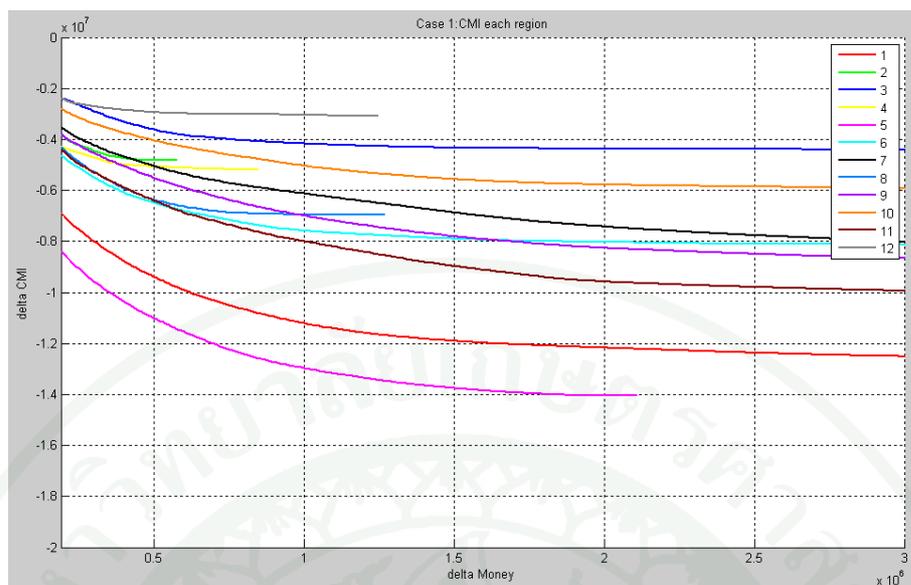
ตัวอย่าง กิจกรรมบำรุงรักษาที่มีความถี่มากที่สุด 16 อันดับแรกของการไฟฟ้าเขต $k = 4$								
ลำดับที่	รหัส			$\Delta m_i$ (บาท)	$\Delta oc_i$ (บาท)	$w_{2i}$	ค่าบวกสะสม	
	การไฟฟ้า	ฟิเตอร์	อุปกรณ์				$\Delta M_k(i)$	$\Delta OC_k(i)$
3	0407101	CHA08	CHA08G001000	0	-755,392	755,392.00	0	-755,392
8	0410101	PFA07	PFA07B001000	0	-209,178	209,178.00	0	-964,570
22	0401101	UDC02	UDC02B001000	2,500	-1,919,279	767.71	2,500	-2,883,849
43	0402101	NKA01	NKA01B001000	9,000	-4,011,624	445.74	11,500	-6,895,473
7	0402101	NKA04	NKA04D001000	8,000	-3,498,888	437.36	19,500	-10,394,361
23	0401101	UDC05	UDC05G001000	5,000	-2,010,299	402.06	24,500	-12,404,660
27	0409101	NHA04	NHA04B001000	3,000	-904,218	301.41	27,500	-13,308,878
2	0412101	BCA05	BCA05B001000	10,000	-2,990,512	299.05	37,500	-16,299,390
42	0402101	NKA04	NKA04B001000	8,000	-2,385,065	298.13	45,500	-18,684,455
40	0405101	SOA08	SOA08B001000	10,000	-2,461,753	246.18	55,500	-21,146,208
45	0402101	NKA04	NKA04B001000	13,000	-2,385,065	183.47	68,500	-23,531,273
26	0406101	NNA07	NNA07G002000	10,000	-788,644	78.86	78,500	-24,319,917
39	0405101	SOA08	SOA08G001000	10,000	-685,042	68.50	88,500	-25,004,960
33	0409101	NHA03	NHA03B001000	3,000	-164,130	54.71	91,500	-25,169,089
41	0405101	SOA08	SOA08G003000	10,000	-416,576	41.66	101,500	-25,585,665
37	0407101	CHA08	CHA08G001000	18,750	-755,392	40.29	120,250	-26,341,057

ข้อมูลกิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกเสนอโดยการไฟฟ้าจตุรรวมงาน เพื่อนำไปคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดของ 12 เขตการไฟฟ้า ถูกสรุปไว้ในตารางที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย จำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาทั้งหมดที่เสนอจากการไฟฟ้าเขต ( $T_k$ ) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี CMI รวมจากจำนวนกิจกรรมทั้งหมด  $\Delta CMI_k(T_k)$  การเปลี่ยนแปลงค่า OC รวมจากจำนวนกิจกรรมทั้งหมด  $\Delta OC_k(T_k)$  ค่าใช้จ่ายรวมที่ใช้ในการทำกิจกรรมทั้งหมดของการไฟฟ้าแต่ละเขต  $\Delta M_k(T_k)$

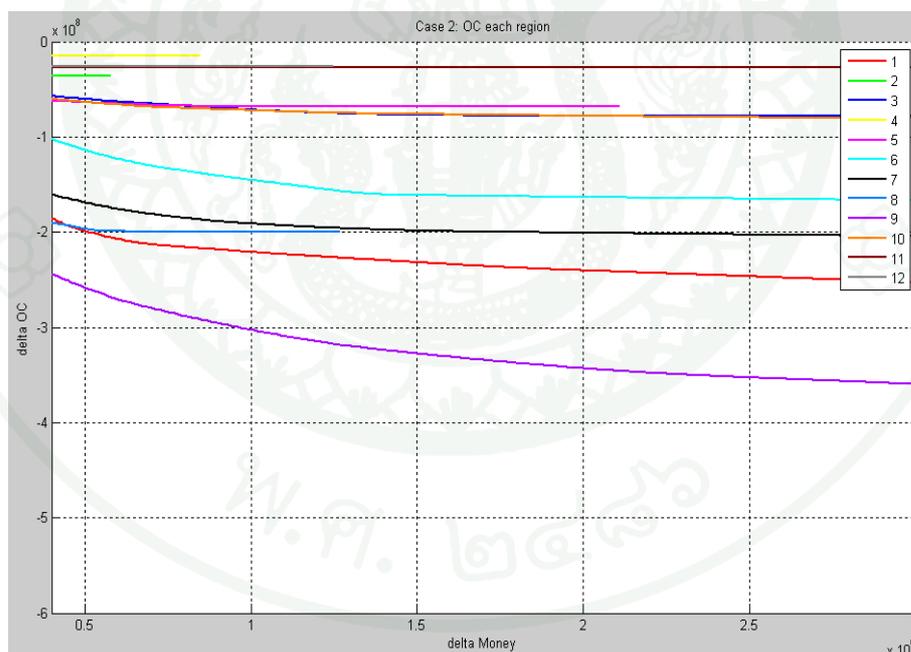
ตารางที่ 6 ค่าสะสมของ 12 เขตการไฟฟ้า เพื่อนำไปคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด

การไฟฟ้าเขต (k)	จำนวนกิจกรรม บำรุงรักษา ( $T_k$ )	ค่าใช้จ่ายรวม $\Delta M_k(T_k)$ (บาท)	$\Delta CMI_k(T_k)$ (ราย-นาทึ)	$\Delta OC_k(T_k)$ (บาท)
1	216	31,356,449	-13,565,808	-359,481,594
2	71	586,240	-4,808,789	-62,567,684
3	109	3,079,734	-4,395,186	-143,170,173
4	45	851,960	-5,717,566	-43,967,612
5	156	2,119,074	-14,052,266	-255,307,575
6	106	43,605,290	-8,384,897	-251,251,900
7	373	67,898,736	-9,462,591	-275,597,400
8	149	1,272,550	-6,960,048	-395,364,302
9	357	72,063,450	-9,242,282	-489,714,702
10	184	14,159,230	-6,316,494	-134,072,394
11	131	3,648,297	-10,005,219	-216,773,859
12	46	1,256,739	-3,067,885	-51,341,649
<b>รวมทั้ง 12 เขต</b>	<b>1,943</b>	<b>241,897,749</b>	<b>-95,979,031</b>	<b>-2,678,610,844</b>

ภาพที่ 13 แสดงเส้นโอกาสในการปรับปรุงระดับความเชื่อถือได้ ( $RIO_k$ ) ของกรณีที่ 1 ด้วย spline model โดยให้แกนนอน คือ ค่า  $\Delta M_k$  และแกนตั้ง คือ ค่า  $\Delta CMI_k$  และภาพที่ 14 แสดงเส้นกราฟ  $RIO_k$  ด้วย spline model ของกรณีที่ 2 โดยให้แกนนอน คือ ค่า  $\Delta M_k$  และแกนตั้ง คือ ค่า  $\Delta OC_k$  ของ 12 เขตการไฟฟ้า



ภาพที่ 13 เส้นกราฟ  $RIO_k$  ของ 12 เขตการไฟฟ้า สำหรับกรณีที่ 1



ภาพที่ 14 เส้นกราฟ  $RIO_k$  ของ 12 เขตการไฟฟ้า สำหรับกรณีที่ 2

จากภาพที่ 13 และภาพที่ 14 เส้นกราฟ  $RIO_k$  ประกอบด้วย  $k = 1$  (กฟน. 1),  $k = 2$  (กฟน. 2),  $k = 3$  (กฟน. 3),  $k = 4$  (กฟฉ. 1),  $k = 5$  (กฟฉ. 2),  $k = 6$  (กฟฉ. 3),  $k = 7$  (กฟก. 1),  $k = 8$  (กฟก. 2),  $k = 9$  (กฟก. 3),  $k = 10$  (กฟต. 1),  $k = 11$  (กฟต. 2),  $k = 12$  (กฟต. 3) ตามลำดับ

### 3. ฟังก์ชันจุดประสงค์

วิทยานิพนธ์นี้ทำการศึกษาฟังก์ชันจุดประสงค์ในการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสม จำนวน 3 ฟังก์ชัน ดังนี้

3.1 ต้องการให้ค่าดัชนีแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้ใช้ไฟ – นาที่ที่ได้รับผลกระทบ ( $\Delta CMI$ ) มีค่าเป็นลบมากที่สุด ดังสมการที่ (21)

3.2 ต้องการให้การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ( $\Delta OC$ ) มีค่าเป็นลบมากที่สุด ดังสมการที่ (22)

3.3 ฟังก์ชันหลายจุดประสงค์ ต้องการให้ค่าดัชนีแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้ใช้ไฟ – นาที่ที่ได้รับผลกระทบ ( $\Delta CMI$ ) และการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ( $\Delta OC$ ) มีค่าเป็นลบมากที่สุด ดังสมการที่ (23)

โดยมีเงื่อนไขคือค่าใช้จ่ายสำหรับกิจกรรมบำรุงรักษาทั้งหมดที่ได้รับการคัดเลือกต้องไม่เกินงบประมาณที่กำหนด  $\Delta M$  ในกรณีศึกษางบประมาณถูกกำหนดไว้ที่ 3 ล้านบาท ในทุกกรณีศึกษา ดังสมการที่ (24)

$$\text{minimize } f_1(M) = \sum_{k=1}^{12} \Delta CMI_k(\Delta M_k) \quad (21)$$

เมื่อ  $M = \{\Delta M_1, \Delta M_2, \dots, \Delta M_{12}\}$

$$\text{minimize } f_2(M) = \sum_{k=1}^{12} \Delta OC_k(\Delta M_k) \quad (22)$$

$$\text{minimize } f_3(M) = [f_1^o(M), f_2^o(M)] \quad (23)$$

เมื่อ  $f_1^o(M)$  คือ  $f_1(M)$  ที่ normalize แล้ว

$f_2^o(M)$  คือ  $f_2(M)$  ที่ normalize แล้ว

$$\text{subject to : } \sum_{k=1}^{12} \Delta M_k \leq \Delta M \quad (24)$$

เมื่อ  $\Delta M$     งบประมาณทั้งหมดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค  
 $\Delta M_k$     ค่าใช้จ่ายรวมของกิจกรรมบำรุงรักษาทั้งหมดที่ได้รับคัดเลือกสำหรับการไฟฟ้าเขต  $k$

จากฟังก์ชันจุดประสงค์ตามสมการที่ (21) – (23) นั้น เป็นปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีมินิแมกซ์อัลกอริทึม (Minimax Algorithm) ในการแก้ปัญหา

## ผลและวิจารณ์

### ผล

ผลการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกันและแบบแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อปรับปรุงความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง โดยใช้วิธีมินิแมกซ์อัลกอริทึม กำหนดงบประมาณ 3 ล้านบาท ในทุกกรณีศึกษา ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

#### 1. ผลจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 ต้องการให้ค่าดัชนีแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้ใช้ไฟ – นาที่ที่ได้รับผลกระทบ ( $\Delta CMI$ ) มีค่าเป็นลบมากที่สุด

ตารางที่ 7 - 18 สรุปผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 ประกอบด้วยรหัสการไฟฟ้าจตุรวมงานของเขตการไฟฟ้า  $k$  หน่วยงาน จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร  $\Delta M_k$  (บาท)  $CMI$  ที่ลดได้  $\Delta CMI^*$  (ราย-นาที่) และ  $OC$  ที่ลดได้  $\Delta OC^*$  (บาท) ของการไฟฟ้าจตุรวมงานทั้ง 12 เขตการไฟฟ้า ตามลำดับ

ตารางที่ 7 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร  $CMI$  ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ )  $OC$  ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 1$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0101101	-	-	-	-
0102101	-	-	-	-
0103101	2	0	-256,132	-18,837,840
0104101	3	11,500	-201,899	-1,943,372
0105101	-	-	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0106101	14	77,310	-3,681,776	-2,036,547
0107101	1	0	-153,318	-7,631,913
0108101	-	-	-	-
0109101	1	0	-121,010	-15,511,094
0110101	1	3,798	-257,550	-608,226
0111101	3	30,000	-766,650	-51,659,848
0112101	7	70,000	-1,313,979	-605,121
0113101	3	18,500	-253,260	-4,953,871
0114101	1	20,000	-362,750	-6,805,779
<b>รวมเขต <math>k = 1</math></b>	<b>36</b>	<b>231,108</b>	<b>-7,368,324</b>	<b>-110,593,611</b>

ตารางที่ 8 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 2$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0201101	1	10,000	-376,180	-4,114,632
0202101	-	-	-	-
0203101	1	2,400	-15,945	-575,234
0204101	1	1,200	-20,133	-165,687
0205101	-	-	-	-
0206101	21	107,500	-1,863,032	-12,938,392
0207101	2	40,000	-441,144	-10,264,872
0208101	4	58,000	-686,518	-1,829,861

ตารางที่ 8 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0209101	11	19,000	-690,938	-6,052,405
0210101	1	10,000	-119,940	-5,771,699
0211101	-	-	-	-
<b>รวมเขต <math>k = 2</math></b>	<b>42</b>	<b>248,100</b>	<b>-4,213,830</b>	<b>-41,712,782</b>

ตารางที่ 9 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 3$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 3$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0301101	1	40,000	-253,410	-1,102,459
0302101	1	0	-36,938	-9,192,587
0303101	-	-	-	-
0304101	3	0	-10,978	-2,628,841
0305101	-	-	-	-
0306101	-	-	-	-
0307101	3	43,000	-895,785	-14,481,471
0308101	4	33,000	-249,800	-1,117,365
0309101	6	52,500	-605,540	-4,158,152
0310101	1	3,000	-63,686	-348,660
0311101	2	55,000	-409,585	-3,082,574
0312101	3	0	-1,569	-4,066,008
<b>รวมเขต <math>k = 3</math></b>	<b>24</b>	<b>226,500</b>	<b>-2,527,291</b>	<b>-40,178,117</b>

ตารางที่ 10 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k=4$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k=4$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0401101	1	4,500	-918,000	-9,518,515
0402101	4	38,000	-197,293	-9,049,980
0403101	-	-	-	-
0404101	-	-	-	-
0405101	1	10,000	-75,850	-416,576
0406101	3	30,000	-692,210	-788,644
0407101	2	18,750	-534,850	-1,510,784
0408101	1	160	-36,951	-2,770,835
0409101	6	15,000	-207,184	-1,068,347
0410101	6	30,000	-780,342	-627,534
0411101	4	76,000	-983,613	-1,333,826
0412101	-	-	-	-
0413101	-	-	-	-
<b>รวมเขต <math>k=4</math></b>	<b>28</b>	<b>222,410</b>	<b>-4,426,293</b>	<b>-27,085,041</b>

ตารางที่ 11 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k=5$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k=5$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0501101	-	-	-	-
0502101	23	107,500	-2,976,287	-34,787,816
0503101	4	28,000	-970,570	-2,257,361

ตารางที่ 11 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 5$					
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร		$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
		$\Delta M_k$ (บาท)			
0504101	2	4,050		-113,633	-1,299,342
0505101	1	2,400		-91,267	-830,586
0506101	2	7,500		-455,090	-7,801,401
0507101	4	26,000		-594,308	-3,545,850
0508101	1	6,000		-163,290	-1,187,480
0509101	5	33,000		-3,288,579	-114,360,816
0510101	1	8,590		-97,050	-705,832
0511101	-	-		-	-
0512101	2	22,000		-273,489	-2,310,961
<b>รวมเขต <math>k = 5</math></b>	<b>45</b>	<b>245,040</b>		<b>-9,023,563</b>	<b>-169,087,445</b>

ตารางที่ 12 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 6$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$					
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร		$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
		$\Delta M_k$ (บาท)			
0601101	1	0		-5,371	-188,173
0602101	1	5,000		-111,534	-5,080,232
0603101	2	30,000		-279,650	-1,580,277
0604101	-	-		-	-
0605101	7	55,000		-1,182,748	-7,137,414
0606101	-	-		-	-
0607101	1	5,000		-39,270	-3,612,591
0608101	-	-		-	-

ตารางที่ 12 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0609101	-	-	-	-
0610101	3	26,540	-322,522	-6,700,125
0611101	1	1,400	-37,760	-72,713
0612101	11	87,000	-2,820,237	-24,213,899
<b>รวมเขต <math>k = 6</math></b>	<b>27</b>	<b>209,940</b>	<b>-4,799,092</b>	<b>-48,585,424</b>

ตารางที่ 13 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 7$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0701101	8	24,500	-502,545	-16,340,113
0702101	16	69,000	-979,370	-12,682,363
0703101	4	30,000	-306,386	-7,445,666
0704101	-	-	-	-
0705101	4	14,400	-188,572	-14,401,559
0706101	4	28,000	-340,113	-4,490,070
0707101	-	-	-	-
0708101	-	-	-	-
0709101	1	5,000	-73,899	-1,659,729
0710101	1	1,000	-67,284	-1,825,315
0711101	1	1,500	-46,427	-2,157,009
0712101	-	-	-	-
0713101	2	3,100	-218,808	-6,932,641

ตารางที่ 13 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0714101	-	-	-	-
0715101	4	6,500	-165,410	-4,660,000
0716101	2	62,000	-1,031,088	-6,163,645
<b>รวมเขต <math>k = 7</math></b>	<b>47</b>	<b>245,000</b>	<b>-3,919,902</b>	<b>-78,758,110</b>

ตารางที่ 14 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 8$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0801101	2	19,900	-240,814	-18,133,017
0802101	-	-	-	-
0803101	2	14,500	-421,334	-5,213,875
0804101	3	22,000	-862,832	-10,889,096
0805101	17	71,250	-1,509,903	-14,285,114
0806101	2	0	-40,622	-15,479,068
0807101	8	16,000	-379,353	-50,144,124
0808101	1	11,000	-124,180	-3,237,370
0809101	5	32,500	-414,462	-27,852,600
0810101	-	-	-	-
0811101	1	10,000	-129,380	-5,178,975
0812101	-	-	-	-
0813101	1	0	-5,630	-3,864,127
0814101	6	11,000	-241,416	-49,854,981

ตารางที่ 14 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทึ)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0815101	3	34,000	-396,518	-8,419,978
0816101	3	3,000	-75,038	-2,683,174
<b>รวมเขต <math>k = 8</math></b>	<b>54</b>	<b>245,150</b>	<b>-4,841,482</b>	<b>-215,235,499</b>

ตารางที่ 15 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 9$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 9$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทึ)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0901101	-	-	-	-
0902101	64	111,970	-2,400,215	-46,486,744
0903101	7	21,100	-188,257	-12,118,459
0904101	1	2,000	-15,395	-89,227
0905101	-	-	-	-
0906101	8	11,950	-287,899	-7,522,924
0907101	-	-	-	-
0908101	4	0	-86,306	-15,942,152
0909101	3	18,854	-240,386	-23,527,185
0910101	2	15,000	-130,568	-4,097,721
0911101	3	24,000	-200,768	-6,241,732
0912101	1	20,000	-202,300	-679,810
0913101	14	19,000	-440,690	-12,215,469
<b>รวมเขต <math>k = 9</math></b>	<b>107</b>	<b>243,874</b>	<b>-4,192,784</b>	<b>-128,921,423</b>

ตารางที่ 16 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 10$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 10$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1001101	1	5,000	-69,456	-3,145,245
1002101	-	-	-	-
1003101	-	-	-	-
1004101	1	9,500	-55,311	-456,513
1005101	14	120,400	-1,093,110	-19,778,360
1006101	-	-	-	-
1007101	1	30,000	-245,148	-649,667
1008101	-	-	-	-
1009101	13	54,000	-1,339,978	-8,520,857
1010101	-	-	-	-
1011101	4	29,000	-275,745	-4,107,689
1012101	1	2,000	-68,481	-530,563
<b>รวมเขต <math>k = 10</math></b>	<b>35</b>	<b>249,900</b>	<b>-3,147,229</b>	<b>-37,188,894</b>

ตารางที่ 17 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 11$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1101101	-	-	-	-
1102101	12	45,000	-1,462,845	-7,074,055
1103101	-	-	-	-
1104101	1	10,000	-196,640	-8,252,870

ตารางที่ 17 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$					
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร		$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
		$\Delta M_k$ (บาท)			
1105101	-	-	-	-	-
1106101	1	0	-31,489	-11,025,249	
1107101	13	120,000	-1,932,977	-675,176	
1108101	7	72,000	-1,212,293	-3,257,437	
1109101	-	-	-	-	
1110101	2	2,500	-105,782	-2,093,131	
1111101	1	0	-8,425	-14,608,481	
<b>รวมเขต <math>k = 11</math></b>	<b>37</b>	<b>249,500</b>	<b>-4,950,451</b>	<b>-46,986,399</b>	

ตารางที่ 18 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 12$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$					
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร		$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
		$\Delta M_k$ (บาท)			
1201101	1	10,000	-158,466	-21,308	
1202101	1	10,000	-48,650	-1,887,995	
1203101	2	10,000	-115,828	-154,699	
1204101	-	-	-	-	
1205101	3	22,639	-692,457	-12,820,015	
1206101	6	115,000	-603,883	-6,701,903	
1207101	-	-	-	-	
1208101	2	46,000	-485,820	-4,419,121	
1209101	1	3,000	-26,152	-933,107	
1210101	1	5,000	-22,899	-2,150,975	

## ตารางที่ 18 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาท)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1211101	1	10,000	-21,627	-2,482,031
1212101	8	10,000	-414,446	-4,042,789
รวมเขต $k = 12$	26	241,639	-2,590,228	-35,613,943

## 2. ผลจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 ต้องการให้การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟ จากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ( $\Delta OC$ ) มีค่าเป็นลบมากที่สุด

ตารางที่ 19 - 30 สรุปผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 ประกอบด้วยรหัสการไฟฟ้าจตุรรวมงานของเขตการไฟฟ้า  $k$  หน่วยงาน จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร  $\Delta M_k$  (บาท) CMI ที่ลดได้  $\Delta CMI^*$  (ราย-นาท) และ OC ที่ลดได้  $\Delta OC^*$  (บาท) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงานทั้ง 12 เขตการไฟฟ้า ตามลำดับ

ตารางที่ 19 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 1$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาท)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0101101	2	100,000	-112,608	-24,523,227
0102101	-	-	-	-
0103101	2	0	-256,132	-18,837,840
0104101	1	4,000	-45,632	-1,911,501
0105101	-	-	-	-

ตารางที่ 19 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาที่)	(บาท)
0106101	-	-	-	-
0107101	2	3,000	-174,465	-10,598,187
0108101	-	-	-	-
0109101	1	0	-121,010	-15,511,094
0110101	-	-	-	-
0111101	3	30,000	-663,957	-57,851,162
0112101	5	38,000	-201,673	-32,164,593
0113101	6	33,500	-291,171	-14,902,675
0114101	1	20,000	-362,750	-6,805,779
<b>รวมเขต <math>k = 1</math></b>	<b>23</b>	<b>228,500</b>	<b>-2,229,398</b>	<b>-183,106,058</b>

ตารางที่ 20 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 2$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาที่)	(บาท)
0201101	1	10,000	-376,180	-4,114,632
0202101	4	36,000	-70,136	-2,013,421
0203101	2	9,600	-43,935	-1,136,478
0204101	4	18,840	-58,609	-4,051,165
0205101	-	-	-	-
0206101	6	23,500	-189,412	-13,659,388
0207101	-	-	-	-
0208101	4	52,000	-401,904	-4,449,296

ตารางที่ 20 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0209101	10	14,000	-461,280	-6,559,109
0210101	2	72,500	-359,821	-11,543,397
0211101	1	10,000	-21,680	-2,886,935
<b>รวมเขต <math>k = 2</math></b>	<b>34</b>	<b>246,440</b>	<b>-1,982,957</b>	<b>-50,413,821</b>

ตารางที่ 21 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 3$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 3$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0301101	3	110,000	-197,698	-29,648,380
0302101	1	50,000	-3,370	-10,195,773
0303101	-	-	-	-
0304101	2	0	-9,446	-2,628,841
0305101	-	-	-	-
0306101	-	-	-	-
0307101	3	43,000	-895,785	-14,481,471
0308101	1	10,000	-497	-1,117,365
0309101	-	-	-	-
0310101	2	13,000	-109,130	-2,341,102
0311101	-	-	-	-
0312101	9	22,100	-26,051	-25,890,059
<b>รวมเขต <math>k = 3</math></b>	<b>21</b>	<b>248,100</b>	<b>-1,241,977</b>	<b>-86,302,991</b>

ตารางที่ 22 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k=4$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k=4$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0401101	2	7,500	-526,573	-3,929,578
0402101	5	46,000	-208,329	-12,548,868
0403101	-	-	-	-
0404101	-	-	-	-
0405101	3	30,000	-75,850	-3,563,370
0406101	1	10,000	-390,300	-788,644
0407101	2	18,750	-534,850	-1,510,784
0408101	-	-	-	-
0409101	2	6,000	-89,302	-1,068,347
0410101	3	20,000	-208,081	-627,534
0411101	2	44,000	-515,633	-1,333,826
0412101	2	20,000	-34,706	-3,361,501
0413101	1	35,000	-132,230	-617,497
<b>รวมเขต <math>k=4</math></b>	<b>23</b>	<b>237,250</b>	<b>-2,715,854</b>	<b>-29,349,949</b>

ตารางที่ 23 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k=5$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k=5$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0501101	1	14,400	-79,195	-1,483,393
0502101	26	86,700	-1,835,966	-42,331,563
0503101	3	33,000	-323,118	-5,614,556

ตารางที่ 23 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 5$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาทีก)	(บาท)
0504101	3	11,000	-64,974	-2,777,985
0505101	-	-	-	-
0506101	2	7,500	-455,090	-7,801,401
0507101	2	11,000	-233,660	-2,479,693
0508101	1	6,000	-163,290	-1,187,480
0509101	5	33,000	-3,220,063	-151,584,517
0510101	-	-	-	-
0511101	1	9,000	-78,404	-1,349,888
0512101	2	27,000	-283,386	-3,981,073
รวมเขต $k = 5$	46	238,600	-6,737,146	-220,591,549

ตารางที่ 24 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 6$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาทีก)	(บาท)
0601101	4	60,000	-102,344	-23,956,200
0602101	-	-	-	-
0603101	-	-	-	-
0604101	-	-	-	-
0605101	1	5,000	-224,690	-5,977,111
0606101	1	25,000	-134,112	-11,883,780
0607101	3	70,000	-97,510	-27,455,163
0608101	-	-	-	-

ตารางที่ 24 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0609101	-	-	-	-
0610101	3	28,700	-311,638	-11,888,780
0611101	-	-	-	-
0612101	9	57,000	-2,272,536	-30,799,340
<b>รวมเขต <math>k = 6</math></b>	<b>21</b>	<b>245,700</b>	<b>-3,142,830</b>	<b>-111,960,374</b>

ตารางที่ 25 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 7$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0701101	10	33,500	-478,831	-28,915,929
0702101	11	48,000	-351,049	-22,469,864
0703101	4	25,000	-157,051	-12,943,987
0704101	-	-	-	-
0705101	5	18,900	-172,450	-20,228,290
0706101	5	37,000	-154,161	-15,674,485
0707101	-	-	-	-
0708101	-	-	-	-
0709101	-	-	-	-
0710101	1	1,000	-67,284	-1,825,315
0711101	1	1,500	-46,427	-2,157,009
0712101	2	30,000	-72,683	-18,575,031
0713101	5	26,800	-240,423	-49,191,564

ตารางที่ 25 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทึ)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0714101	-	-	-	-
0715101	2	6,500	-144,718	-4,660,000
0716101	1	12,000	-290,370	-3,823,744
<b>รวมเขต <math>k = 7</math></b>	<b>47</b>	<b>240,200</b>	<b>-2,175,447</b>	<b>-180,465,218</b>

ตารางที่ 26 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 8$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทึ)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0801101	9	74,900	-487,665	-52,806,861
0802101	-	-	-	-
0803101	-	-	-	-
0804101	1	0	-28,992	-10,889,096
0805101	5	14,500	-221,321	-19,787,102
0806101	7	50,000	-197,922	-52,957,403
0807101	8	16,000	-379,353	-50,144,124
0808101	-	-	-	-
0809101	5	28,500	-274,484	-36,520,087
0810101	-	-	-	-
0811101	2	15,000	-147,862	-10,357,951
0812101	-	-	-	-
0813101	1	0	-5,630	-3,864,127
0814101	9	36,000	-386,732	-76,744,663

ตารางที่ 26 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0815101	1	10,000	-134,330	-4,209,989
0816101	2	1,000	-44,521	-2,407,395
<b>รวมเขต <math>k = 8</math></b>	<b>50</b>	<b>245,900</b>	<b>-2,308,812</b>	<b>-320,688,798</b>

ตารางที่ 27 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 9$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 9$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับ จัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0901101	1	0	-10	-49,408
0902101	58	41,420	-1,052,868	-47,525,310
0903101	8	12,800	-47,140	-27,084,255
0904101	-	-	-	-
0905101	1	1,200	-10	-771,410
0906101	5	7,500	-234,735	-6,784,661
0907101	-	-	-	-
0908101	6	15,000	-145,690	-27,495,270
0909101	10	74,502	-439,821	-69,653,131
0910101	3	12,000	-63,748	-5,814,989
0911101	1	4,000	-51,883	-2,321,225
0912101	-	-	-	-
0913101	19	67,000	-456,398	-40,560,539
<b>รวมเขต <math>k = 9</math></b>	<b>112</b>	<b>235,422</b>	<b>-2,492,303</b>	<b>-228,060,198</b>

ตารางที่ 28 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 10$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 10$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1001101	2	11,000	-92,608	-6,290,489
1002101	3	34,375	-10,342	-8,002,188
1003101	-	-	-	-
1004101	2	19,000	-14,577	-2,723,333
1005101	9	98,600	-652,649	-31,102,823
1006101	-	-	-	-
1007101	-	-	-	-
1008101	-	-	-	-
1009101	5	25,000	-247,282	-8,475,682
1010101	1	5,000	-14,130	-922,033
1011101	3	19,000	-37,934	-4,107,689
1012101	5	31,000	-145,600	-5,214,322
<b>รวมเขต <math>k = 10</math></b>	<b>30</b>	<b>242,975</b>	<b>-1,215,122</b>	<b>-66,838,559</b>

ตารางที่ 29 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 11$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1101101	-	-	-	-
1102101	12	19,500	-526,927	-10,147,110
1103101	1	50,000	-31,710	-10,063,838
1104101	-	-	-	-

ตารางที่ 29 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1105101	-	-	-	-
1106101	2	50,000	-37,394	-19,061,601
1107101	-	-	-	-
1108101	2	82,828	-277,856	-48,344,051
1109101	3	6,000	-239,904	-2,832,061
1110101	4	8,000	-137,208	-5,176,361
1111101	5	27,000	-18,593	-45,241,963
<b>รวมเขต <math>k = 11</math></b>	<b>29</b>	<b>243,328</b>	<b>-1,269,592</b>	<b>-140,866,985</b>

ตารางที่ 30 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 12$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1201101	-	-	-	-
1202101	-	-	-	-
1203101	1	10,000	-87,273	-154,699
1204101	-	-	-	-
1205101	-	-	-	-
1206101	5	90,000	-370,467	-7,603,110
1207101	1	50,000	-80,713	-4,985,916
1208101	4	18,200	-40	-2,133,949
1209101	3	12,000	-30,760	-4,392,865
1210101	2	20,000	-45,798	-4,301,950

## ตารางที่ 30 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1211101	2	30,000	-44,375	-3,378,464
1212101	5	5,500	-233,981	-4,042,789
รวมเขต $k = 12$	23	235,700	-893,407	-30,993,742

## 3. ผลจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3 เป็นฟังก์ชันหลายจุดประสงค์ ต้องการให้ค่าดัชนีแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้ใช้ไฟ – นาทีกที่ได้รับผลกระทบ ( $\Delta CMI$ ) และการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ( $\Delta OC$ ) มีค่าเป็นลบมากที่สุด

ตารางที่ 31 - 42 สรุปผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 ประกอบด้วยรหัสการไฟฟ้าจตุรรวมงานของเขตการไฟฟ้า  $k$  หน่วยงาน จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร  $\Delta M_k$  (บาท) CMI ที่ลดได้  $\Delta CMI^*$  (ราย-นาทีก) และ OC ที่ลดได้  $\Delta OC^*$  (บาท) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงานทั้ง 12 เขตการไฟฟ้า ตามลำดับ

ตารางที่ 31 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 1$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0101101	-	-	-	-
0102101	-	-	-	-
0103101	2	0	-256,132	-18,837,840
0104101	2	6,500	-140,712	-1,943,372

ตารางที่ 31 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 1$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0105101	-	-	-	-
0106101	9	64,310	-3,517,654	-1,673,874
0107101	2	3,000	-174,465	-10,598,187
0108101	-	-	-	-
0109101	1	0	-121,010	-15,511,094
0110101	1	3,798	-257,550	-608,226
0111101	3	30,000	-663,957	-57,851,162
0112101	8	57,000	-955,500	-29,562,814
0113101	5	28,500	-279,531	-13,790,972
0114101	1	20,000	-362,750	-6,805,779
<b>รวมเขต <math>k = 1</math></b>	<b>34</b>	<b>213,108</b>	<b>-6,729,261</b>	<b>-157,183,320</b>

ตารางที่ 32 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 2$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0201101	1	10,000	-376,180	-4,114,632
0202101	-	-	-	-
0203101	1	2,400	-15,945	-575,234
0204101	4	18,840	-58,609	-4,051,165
0205101	-	-	-	-
0206101	18	89,000	-1,715,959	-13,450,758
0207101	2	40,000	-441,144	-10,264,872

ตารางที่ 32 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 2$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0208101	4	64,000	-682,306	-3,655,914
0209101	12	22,000	-705,710	-6,598,806
0210101	1	10,000	-119,940	-5,771,699
0211101	1	10,000	-21,680	-2,886,935
<b>รวมเขต <math>k = 2</math></b>	<b>44</b>	<b>266,240</b>	<b>-4,137,473</b>	<b>-51,370,015</b>

ตารางที่ 33 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 3$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 3$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0301101	2	70,000	-178,597	-24,749,505
0302101	1	0	-36,938	-9,192,587
0303101	-	-	-	-
0304101	3	0	-10,978	-2,628,841
0305101	-	-	-	-
0306101	-	-	-	-
0307101	3	43,000	-895,785	-14,481,471
0308101	2	10,000	-130,690	-444,335
0309101	3	45,000	-557,614	-4,027,166
0310101	2	13,000	-109,130	-2,341,102
0311101	1	25,000	-205,155	-1,571,737
0312101	9	22,100	-26,051	-25,890,059
<b>รวมเขต <math>k = 3</math></b>	<b>26</b>	<b>228,100</b>	<b>-2,150,938</b>	<b>-85,326,803</b>

ตารางที่ 34 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k=4$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k=4$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0401101	3	12,000	-918,000	-3,929,578
0402101	5	46,000	-208,329	-12,548,868
0403101	-	-	-	-
0404101	-	-	-	-
0405101	3	30,000	-75,850	-3,563,370
0406101	3	30,000	-692,210	-788,644
0407101	2	18,750	-534,850	-1,510,784
0408101	1	160	-36,951	-2,770,835
0409101	5	12,000	-181,165	-1,068,347
0410101	5	25,000	-738,850	-627,534
0411101	3	59,000	-820,013	-1,333,826
0412101	1	10,000	-26,426	-2,990,512
0413101	-	-	-	-
<b>รวมเขต <math>k=4</math></b>	<b>31</b>	<b>242,910</b>	<b>-4,232,644</b>	<b>-31,132,298</b>

ตารางที่ 35 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k=5$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k=5$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0501101	-	-	-	-
0502101	27	113,000	-2,886,034	-41,943,805
0503101	4	28,000	-970,570	-2,257,361

ตารางที่ 35 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 5$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาที่)	(บาท)
0504101	2	4,050	-113,633	-1,299,342
0505101	1	2,400	-91,267	-830,586
0506101	2	7,500	-455,090	-7,801,401
0507101	4	26,000	-594,308	-3,545,850
0508101	1	6,000	-163,290	-1,187,480
0509101	5	33,000	-3,220,063	-151,584,517
0510101	1	8,590	-97,050	-705,832
0511101	1	9,000	-78,404	-1,349,888
0512101	3	32,000	-343,785	-4,301,498
<b>รวมเขต <math>k = 5</math></b>	<b>51</b>	<b>269,540</b>	<b>-9,013,494</b>	<b>-216,807,560</b>

ตารางที่ 36 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 6$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาที่)	(บาท)
0601101	3	25,000	-66,046	-12,526,402
0602101	-	-	-	-
0603101	-	-	-	-
0604101	-	-	-	-
0605101	2	10,000	-384,822	-7,137,414
0606101	1	25,000	-134,112	-11,883,780
0607101	3	70,000	-97,510	-27,455,163
0608101	-	-	-	-

ตารางที่ 36 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 6$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0609101	-	-	-	-
0610101	3	28,700	-311,638	-11,888,780
0611101	-	-	-	-
0612101	9	57,000	-2,380,644	-30,799,340
<b>รวมเขต <math>k = 6</math></b>	<b>21</b>	<b>215,700</b>	<b>-3,374,772</b>	<b>-101,690,879</b>

ตารางที่ 37 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 7$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0701101	11	35,500	-496,062	-29,297,225
0702101	13	54,000	-724,333	-20,784,957
0703101	5	35,000	-321,501	-13,145,826
0704101	-	-	-	-
0705101	4	13,900	-172,450	-18,720,680
0706101	4	31,000	-289,116	-11,398,861
0707101	-	-	-	-
0708101	-	-	-	-
0709101	-	-	-	-
0710101	1	1,000	-67,284	-1,825,315
0711101	1	1,500	-46,427	-2,157,009
0712101	2	30,000	-72,683	-18,575,031
0713101	5	26,800	-240,423	-49,191,564

ตารางที่ 37 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 7$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0714101	-	-	-	-
0715101	4	6,500	-165,410	-4,660,000
0716101	2	62,000	-1,031,088	-6,163,645
<b>รวมเขต <math>k = 7</math></b>	<b>52</b>	<b>297,200</b>	<b>-3,626,777</b>	<b>-175,920,113</b>

ตารางที่ 38 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 8$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
0801101	6	46,900	-398,554	-40,196,163
0802101	-	-	-	-
0803101	1	9,500	-366,280	-4,648,825
0804101	3	22,000	-862,832	-10,889,096
0805101	7	23,000	-896,468	-18,760,541
0806101	5	30,000	-91,952	-43,791,627
0807101	8	16,000	-379,353	-50,144,124
0808101	-	-	-	-
0809101	5	28,500	-274,484	-36,520,087
0810101	-	-	-	-
0811101	2	15,000	-147,862	-10,357,951
0812101	-	-	-	-
0813101	1	0	-5,630	-3,864,127
0814101	9	36,000	-386,732	-76,744,663

ตารางที่ 38 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 8$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาทึ)	(บาท)
0815101	1	10,000	-134,330	-4,209,989
0816101	2	1,000	-44,521	-2,407,395
รวมเขต $k = 8$	50	237,900	-3,988,998	-302,534,588

ตารางที่ 39 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 9$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 9$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร	$\Delta CMI^*$	$\Delta OC^*$
		$\Delta M_k$ (บาท)	(ราย-นาทึ)	(บาท)
0901101	1	0	-10	-49,408
0902101	63	73,370	-1,561,343	-54,074,978
0903101	9	19,300	-100,484	-28,477,827
0904101	-	-	-	-
0905101	1	1,200	-10	-771,410
0906101	6	10,500	-268,995	-7,409,990
0907101	-	-	-	-
0908101	6	15,000	-145,690	-27,495,270
0909101	10	74,502	-439,821	-69,653,131
0910101	3	12,000	-63,748	-5,814,989
0911101	1	4,000	-51,883	-2,321,225
0912101	-	-	-	-
0913101	17	42,000	-442,272	-33,271,745
รวมเขต $k = 9$	117	251,872	-3,074,256	-229,339,973

ตารางที่ 40 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 10$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 10$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1001101	2	11,000	-92,608	-6,290,489
1002101	2	14,375	-10,342	-4,123,221
1003101	-	-	-	-
1004101	-	-	-	-
1005101	12	103,400	-790,794	-31,102,823
1006101	-	-	-	-
1007101	-	-	-	-
1008101	-	-	-	-
1009101	10	43,000	-1,232,911	-8,387,289
1010101	1	5,000	-14,130	-922,033
1011101	3	24,000	-247,924	-4,107,689
1012101	2	5,000	-77,852	-1,335,828
<b>รวมเขต <math>k = 10</math></b>	<b>32</b>	<b>205,775</b>	<b>-2,466,561</b>	<b>-56,269,372</b>

ตารางที่ 41 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 11$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1101101	-	-	-	-
1102101	15	48,500	-1,470,049	-11,994,590
1103101	-	-	-	-
1104101	1	10,000	-196,640	-8,252,870

ตารางที่ 41 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 11$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1105101	-	-	-	-
1106101	1	0	-31,489	-11,025,249
1107101	12	110,000	-1,860,343	-675,176
1108101	1	36,278	-177,910	-33,340,955
1109101	7	72,000	-1,212,293	-3,257,437
1110101	4	8,000	-137,208	-5,176,361
1111101	3	15,000	-16,219	-43,825,444
<b>รวมเขต <math>k = 11</math></b>	<b>44</b>	<b>299,778</b>	<b>-5,102,151</b>	<b>-117,548,082</b>

ตารางที่ 42 จำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร CMI ที่ลดได้ ( $\Delta CMI^*$ ) OC ที่ลดได้ ( $\Delta OC^*$ ) ของการไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า  $k = 12$  จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาที่)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1201101	1	10,000	-158,466	-21,308
1202101	-	-	-	-
1203101	2	10,000	-115,828	-154,699
1204101	-	-	-	-
1205101	3	22,639	-692,457	-12,820,015
1206101	2	25,000	-179,500	-4,104,817
1207101	-	-	-	-
1208101	5	54,200	-485,820	-1,600,462
1209101	3	12,000	-30,760	-4,392,865
1210101	2	20,000	-45,798	-4,301,950

ตารางที่ 42 (ต่อ)

การไฟฟ้าจตุรรวมงาน ของเขตการไฟฟ้า $k = 12$				
รหัสการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1211101	1	10,000	-21,627	-2,482,031
1212101	8	10,000	-414,446	-4,042,789
รวมเขต $k = 12$	27	173,839	-2,144,702	-33,920,936

### วิจารณ์

#### 1. กรณีศึกษาที่ 1

ตารางที่ 43 สรุปผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 ประกอบด้วยจำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือกอย่างเหมาะสมที่สุด ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร  $\Delta M_k$  (บาท) CMI ที่ลดได้  $\Delta CMI^*$  (ราย-นาทีก) และ OC ที่ลดได้  $\Delta OC^*$  (บาท) ของ 12 เขตการไฟฟ้า ตามลำดับ

ตารางที่ 43 ผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 (ต้องการ  $\Delta CMI$  มีค่าเป็นลบมากที่สุด)

เขตการไฟฟ้า ( $k$ )	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1	36	231,108	-7,368,324	-110,593,611
2	42	248,100	-4,213,830	-41,712,782
3	24	226,500	-2,527,291	-40,178,117
4	28	222,410	-4,426,293	-27,085,041
5	45	245,040	-9,023,563	-169,087,445
6	27	209,940	-4,799,092	-48,585,424
7	47	245,000	-3,919,902	-78,758,110
8	54	245,150	-4,841,482	-215,235,499
9	107	243,874	-4,192,784	-128,921,423

ตารางที่ 43 (ต่อ)

เขตการไฟฟ้า	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
10	35	249,900	-3,147,229	-37,188,894
11	37	249,500	-4,950,451	-46,986,399
12	26	241,639	-2,590,228	-35,613,943
รวมทั้ง 12 เขต	508	2,858,161	-56,000,469	-979,946,688

ภายใต้งบประมาณ 3 ล้านบาท ผลกรณีศึกษาที่ 1 จากตารางที่ 43 พบว่าการไฟฟ้ารวม 12 เขต มีจำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาที่ถูกเลือก 524 กิจกรรม จาก 1,943 กิจกรรม สามารถลดค่าดัชนี CMI ได้ 57,790,922 ราย-นาทีก และสามารถลด OC ได้ 524,883,239 บาท โดยใช้งบบำรุงรักษาทั้งหมด 2,991,479 บาท

ในกรณีศึกษาที่ 1 กิจกรรมที่ได้รับคัดเลือก ถูกพิจารณาจากความคุ้มค่าของกิจกรรมบำรุงรักษาซึ่งมีฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อลดค่าดัชนี CMI ให้ได้มากที่สุด ดังนั้นกิจกรรมที่ได้รับคัดเลือกในกรณีนี้ล้วนเป็นกิจกรรมที่ลงทุนค่าใช้จ่ายแล้วสามารถลดจำนวนครั้งไฟดับ ระยะเวลาไฟดับ และจำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบได้มาก ซึ่งจากผลที่แสดงในตารางที่ 43 นั้น พบว่ากิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับคัดเลือกของแต่ละการไฟฟ้าเขตนั้นเป็นกิจกรรมที่จะดำเนินการในบริเวณพื้นที่ซึ่งเกิดปัญหาเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องบ่อย ๆ หรือใช้ระยะเวลาในการแก้ไขไฟฟ้าขัดข้องยาวนาน หรืออยู่ในพื้นที่ซึ่งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแล้วส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟเป็นจำนวนมาก

## 2. กรณีศึกษาที่ 2

ตารางที่ 44 สรุปผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 ประกอบด้วยจำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือกอย่างเหมาะสมที่สุด ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร  $\Delta M_k$  (บาท) CMI ที่ลดได้  $\Delta CMI^*$  (ราย-นาทีก) และ OC ที่ลดได้  $\Delta OC^*$  (บาท) ของ 12 เขตการไฟฟ้า ตามลำดับ

ตารางที่ 44 ผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 (ต้องการ  $\Delta OC$  มีค่าเป็นลบมากที่สุด)

เขตการไฟฟ้า (k)	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ได้รับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1	23	228,500	-2,229,398	-183,106,058
2	34	246,440	-1,982,957	-50,413,821
3	21	248,100	-1,241,977	-86,302,991
4	23	237,250	-2,715,854	-29,349,949
5	46	238,600	-6,737,146	-220,591,549
6	21	245,700	-3,142,830	-111,960,374
7	47	240,200	-2,175,447	-180,465,218
8	50	245,900	-2,308,812	-320,688,798
9	112	235,422	-2,492,303	-228,060,198
10	30	242,975	-1,215,122	-66,838,559
11	29	243,328	-1,269,592	-140,866,985
12	23	235,700	-893,407	-30,993,742
<b>รวมทั้ง 12 เขต</b>	<b>459</b>	<b>2,888,115</b>	<b>-28,404,845</b>	<b>-1,649,638,242</b>

ภายใต้งบประมาณ 3 ล้านบาท ผลกรณีศึกษาที่ 2 จากตารางที่ 44 พบว่าการไฟฟ้ารวม 12 เขต มีจำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับเลือก 395 กิจกรรม จาก 1,943 กิจกรรม สามารถลดค่าดัชนี CMI ได้ 22,949,872 ราย-นาทีก และสามารถลด OC ได้ 1,087,981,227 บาท โดยใช้งบบำรุงรักษาทั้งหมด 2,996,287 บาท

ในกรณีศึกษาที่ 2 กิจกรรมที่ได้รับคัดเลือก ถูกพิจารณาจากความคุ้มค่าของกิจกรรมบำรุงรักษาซึ่งมีฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อลด OC ให้ได้มากที่สุด ดังนั้นกิจกรรมที่ได้รับคัดเลือกในกรณีนี้ล้วนเป็นกิจกรรมที่ลงทุนค่าใช้จ่ายแล้วสามารถลดมูลค่าความเสียหายเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องได้มาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง ผู้ใช้ไฟประเภทโรงงานอุตสาหกรรมจะได้รับผลกระทบทำให้เกิดมูลค่าความเสียหายจากไฟฟ้าขัดข้องมากกว่าผู้ใช้ไฟประเภทบ้านอยู่อาศัย ซึ่งจากผลที่แสดงในตารางที่ 44 นั้น พบว่ากิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับคัดเลือกของแต่ละการไฟฟ้าเขตนั้นเป็นกิจกรรมที่จะดำเนินการในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าในบริเวณพื้นที่

อุตสาหกรรมนั้นไม่ได้เกิดปัญหาเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องบ่อยครั้ง แต่เมื่อเกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าขัดข้องเป็นจำนวนมาก

### 3. กรณีศึกษาที่ 3

ตารางที่ 45 สรุปผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3 ประกอบด้วยจำนวนกิจกรรมที่ถูกเลือกอย่างเหมาะสมที่สุด ค่าใช้จ่ายที่ปรับจัดสรร  $\Delta M_k$  (บาท) CMI ที่ลดได้  $\Delta CMI^*$  (ราย-นาทีก) และ OC ที่ลดได้  $\Delta OC^*$  (บาท) ของ 12 เขตการไฟฟ้า ตามลำดับ

ตารางที่ 45 ผลที่ได้จากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3 (ต้องการ  $\Delta CMI$  และ  $\Delta OC$  มีค่าเป็นลบมากที่สุด)

เขตการไฟฟ้า (k)	จำนวนกิจกรรม ที่ถูกเลือก	ค่าใช้จ่ายที่ปรับจัดสรร $\Delta M_k$ (บาท)	$\Delta CMI^*$ (ราย-นาทีก)	$\Delta OC^*$ (บาท)
1	34	213,108	-6,729,261	-157,183,320
2	44	266,240	-4,137,473	-51,370,015
3	26	228,100	-2,150,938	-85,326,803
4	31	242,910	-4,232,644	-31,132,298
5	51	269,540	-9,013,494	-216,807,560
6	21	215,700	-3,374,772	-101,690,879
7	52	297,200	-3,626,777	-175,920,113
8	50	237,900	-3,988,998	-302,534,588
9	117	251,872	-3,074,256	-229,339,973
10	32	205,775	-2,466,561	-56,269,372
11	44	299,778	-5,102,151	-117,548,082
12	27	173,839	-2,144,702	-33,920,936
<b>รวมทั้ง 12 เขต</b>	<b>529</b>	<b>2,901,962</b>	<b>-50,042,027</b>	<b>-1,559,043,939</b>

ภายใต้งบประมาณ 3 ล้านบาท ผลกรณีศึกษาที่ 3 จากตารางที่ 45 พบว่าการไฟฟ้ารวม 12 เขต มีจำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับเลือก 522 กิจกรรม จาก 1,943 กิจกรรม สามารถลดค่าดัชนี

CMI ได้ 48,654,145 ราย-นาที่ และสามารถลด OC ได้ 967,911,777 บาท โดยใช้งบบำรุงรักษาทั้งหมด 2,996,114 บาท

ในกรณีศึกษาที่ 3 กิจกรรมที่ได้รับคัดเลือก ถูกพิจารณาจากความคุ้มค่าของกิจกรรมบำรุงรักษาซึ่งมีฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อลดค่าดัชนี CMI ให้ได้มากที่สุด และเพื่อลด OC ให้ได้มากที่สุดควบคู่กัน ดังนั้นกิจกรรมที่ได้รับคัดเลือกในกรณีนี้เป็นกิจกรรมที่จะดำเนินการในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่พร้อมทั้งเป็นกิจกรรมที่สามารถลดค่าดัชนี CMI ได้มากอีกด้วย ดังแสดงผลในตารางที่ 45

ผลการศึกษาทั้ง 3 กรณีศึกษา จากตารางที่ 43-45 พบว่าหากต้องการเน้นลด CMI ให้มีค่าน้อยที่สุด ควรเลือกผลจากกรณีศึกษาที่ 1 ไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษา หากต้องการเน้นลด OC ให้มีค่าน้อยที่สุด ควรเลือกผลจากกรณีศึกษาที่ 2 ไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษา และหากต้องการเน้นลดทั้ง CMI และ OC ควบคู่กันควรเลือกผลจากกรณีศึกษาที่ 3 ไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษา

แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปใช้ในการจัดสรรงบประมาณเพื่อการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. ได้ แนวคิดดังกล่าวก่อให้เกิดประโยชน์ต่อ กฟภ. ทั้งในส่วนระดับผู้บริหารและส่วนผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของผู้บริหารนั้นจะช่วยให้สามารถจัดสรรงบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ใช้เงินค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาได้อย่างคุ้มค่า รวมทั้งสามารถประเมินผลลัพธ์ได้ว่าเงินที่ลงทุนไปนั้นจะทำให้เกิดผลตอบแทนกลับมาเป็นค่าดัชนีเป้าหมายเท่าไร นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่น สามารถเลือกใช้ฟังก์ชันจุดประสงค์แบบต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายในการบำรุงรักษาของ กฟภ. ได้

สำหรับในกรณีผู้ปฏิบัติงานนั้น แนวคิดในวิทยานิพนธ์นี้มีประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานเพราะสามารถนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์ในการวางแผนเพื่อปฏิบัติงานบำรุงรักษาของการไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ เนื่องจากกิจกรรมบำรุงรักษาที่คุ้มค่าจึงจะได้รับการคัดเลือกให้ได้รับงบประมาณค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานของแต่ละการไฟฟ้าจะต้องเสนอกิจกรรมที่มีความคุ้มค่าสูงจึงจะได้รับการคัดเลือกให้รับงบประมาณค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ซึ่งในการเลือกกิจกรรมให้คุ้มค่านั้น ผู้วางแผนปฏิบัติงานจะต้องทำการวิเคราะห์ว่า พื้นที่บริเวณใดเป็นจุดเสี่ยงเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องบ่อยครั้ง พื้นที่บริเวณใดเมื่อเกิดไฟดับแล้วกระทบผู้ใช้ไฟเป็นจำนวนมาก หรือ กรณีที่มีผู้ใช้ไฟสำคัญอยู่ในพื้นที่ เช่น ผู้ใช้ไฟประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

จะต้องให้ความสำคัญในการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทราบปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถวางแผนเลือกงานบำรุงรักษาได้เหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุน

หากการไฟฟ้าเขตใดนำเสนอกิจกรรมที่มีความคุ้มค่ามาก ๆ จำนวนหลายกิจกรรม พบว่าจะมีโอกาสได้รับการจัดสรรงบประมาณบำรุงรักษาเป็นจำนวนมากกว่าเมื่อเทียบกับการไฟฟ้าเขตที่นำเสนอกิจกรรมที่มีความคุ้มค่าจำนวนหลายกิจกรรม



## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

วิทยานิพนธ์นี้ทำการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุด สำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อปรับปรุงความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของ 12 เขตการไฟฟ้า ในวิทยานิพนธ์นี้กิจกรรมบำรุงรักษาที่นำมาพิจารณาในการคัดเลือกได้มาจากวิธีการวางแผนบำรุงรักษาโดยใช้ความเชื่อถือได้เป็นหลัก พร้อมทั้งประเมินโอกาสในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าจุดรวมงานและประเมินมูลค่าความเสียหายที่ลดลงของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของแต่ละกิจกรรมที่ถูกเลือกในการวางแผนบำรุงรักษานี้ จากนั้นแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดภายใต้งบประมาณ 3 ล้านบาทของทั้ง 3 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (3 กรณีศึกษา) ด้วยวิธีมินิแมกซ์อัลกอริทึม จากผลการศึกษาทั้ง 3 กรณีศึกษา พบว่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 สามารถลดค่าดัชนี CMI ได้มากที่สุด และฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 สามารถลด OC ได้มากที่สุด หากต้องการเน้นลด CMI ควรเลือกผลจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 ไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษา หากต้องการเน้นลด OC ควรเลือกผลจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 ไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษา และหากต้องการเน้นลดทั้ง CMI และ OC ควรเลือกผลจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 3 ไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษาโดยผลที่ได้จากการเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดของทั้ง 3 กรณีศึกษา สามารถนำไปใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้สอดคล้องกับนโยบายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

### ข้อเสนอแนะ

การเลือกสรรกิจกรรมบำรุงรักษาแบบป้องกันและแบบแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อปรับปรุงความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ที่วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่ยังไม่ได้นำมาวิจัย เช่น การปรับปรุงความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี MAIFI และการเพิ่มจำนวนฟังก์ชันจุดประสงค์ในกรณีที่พิจารณาฟังก์ชันหลายจุดประสงค์โดยอาจเพิ่มจำนวนฟังก์ชันเป็นสามฟังก์ชัน เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้รับจากการพิจารณาปัจจัยเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการ

ปรับปรุงระบบไฟฟ้าเพื่อเพิ่มระดับความเชื่อถือได้และลดมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟ  
จากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องได้หลากหลายยิ่งขึ้น



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2549. ความเชื่อถือได้และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า. บริษัท ภูมิภาค  
พรินติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

ธนาคาร เอ็มวีเจริญ, วันวิสา ทศนันท์, และ สุวัจชัย กมลสันติโรจน์. 2553. ปัญญาประดิษฐ์ด้วยมินิ  
แม็กอัลกอริทึมสำหรับเกมอักษรไขว้ภาษาอังกฤษ, น. 69-74. ใน ECTI-CARD,  
10 พฤษภาคม 2553, พัทยา, ชลบุรี.

สถาบันวิจัยพลังงาน. 2544. การศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ. จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Bertling, L. 2002. **Reliability Centered Maintenance for Electric Power Distribution  
Systems**. Doctoral Dissertation, Sweden.

Kishor,A., S.P. Yadav and S. Kumar. 2007. Application of a Multi-objective Genetic Algorithm  
to solve Reliability Optimization Problem, pp. 458-462. In **Proceedings of the ICCIMA**.  
Sivakasi, Tamil Nadu, India.

Richard E. Brown and Michael Marshall. 2000. Budget Constrained Planning to Optimize Power  
System Reliability, pp. 887-892. In **IEEE Transactions on Power Systems**.

Teera-achariyakul,N., K. Chulakhum, D. Rerkpreedapong, and P. Raphisak. 2010. Optimal  
Allocation of Maintenance Budgets for Reliability Target Setting, pp. 1-4. In **Power and  
Energy Engineering Conference**. Chengdu, China.

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฐาปนี พรมนาไร่
วัน เดือน ปี ที่เกิด	11 กันยายน 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา	ปี 2550 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์