



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง ระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล
โดย นายวรฉัตร นราภัย

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตยวงษ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธีรธรรม บุญยะกุล)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมพร สิริสำราญกุล)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชนพงศ์ สุวรรณศรี)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เชิดชัย ประทานวรัตน์)

ระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล

นายวรจักร นราภัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายวรจักร นราภัย
ชื่อวิทยานิพนธ์ : ระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บ
สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเบเรเดิล
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร. ชีรธรรม บุญยะกุล
อาจารย์ ดร. สมพร สิริสำราญกุล
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การคาดการณ์ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จำเป็นต้องอาศัยสถิติการมีไฟฟ้าใช้ในอดีต แต่ข้อมูลดังกล่าวมีอยู่จำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัด อีกทั้งมีความซับซ้อน นอกจากนี้ข้อมูลยังถูกจำกัดขอบเขตการใช้งานเฉพาะหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรง ทำให้การใช้ประโยชน์จากข้อมูลดังกล่าวถูกจำกัดไปด้วย ดังนั้นข้อมูลจึงควรมีการจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบและมีระบบการจัดการข้อมูลที่ทันสมัย จึงจะทำให้การคาดการณ์ความเชื่อถือได้มีความน่าเชื่อถือ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาระบบการจัดการข้อมูลสถิติการมีไฟฟ้าใช้ โครงสร้างข้อมูล และวิธีคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI, SAIDI) ของการไฟฟ้านครหลวง จากนั้นจึงออกแบบและปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลของระบบงานเดิม ให้เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ในการทดสอบจะใช้โปรแกรม PHP จัดการข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL ผลที่ได้จากการศึกษา สามารถคำนวณและรายงานดัชนี SAIFI, SAIDI รวมทั้งเหตุการณ์ไฟฟ้าดับผ่านทางอินเทอร์เน็ต

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 85 หน้า)

คำสำคัญ : ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์, SAIFI, SAIDI

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Vorachat Narapai
Thesis Title : Web-based Reliability Information System for Radial Distribution Networks
Major Field : Electrical Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Dr.Teratom Bunyakul
Dr.Somporn Sirisumrannukul
Academic Year : 2006

Abstract

The availability statistic of an electricity distribution utility is very important information for forecasting the distribution system reliability. The availability data collection is very tedious and complicated process. This is because the utility has to define the suitable definition of supply interruption. The statistic data also increases over the years.

The thesis studies availability statistic, data structure and reliability indices (SAIFI, SAIDI) evaluation from Metropolitan Electricity Authority (MEA). The relational database is designed and develops to accommodate the existing MEA availability database. MySQL is chosen to maintain the database. The evaluation is done by PHP via internet webpage. The development of the new database structure has proved that it can efficiently manage availability data and evaluate the reliability indices.

(Total 85 pages)

Keywords : Distribution system reliability, Relational database, SAIFI, SAIDI

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่าน คือ อาจารย์ ดร.ธีรธรรม บุญยะกุล และอาจารย์ ดร.สมพร สิริสำราญกุล ที่ได้ให้โอกาสและคำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ระหว่างการทำวิจัย สอนลูกศิษย์มากกว่าความรู้ที่มีอยู่ในหนังสือ นั่นก็คือ ความเพียรพยายาม ความอดทน และประสิทธิภาพของการทำงาน ตลอดเวลาอันยาวนาน จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ กองวิจัยและวางแผนระบบไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้านข้อมูล

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ร่วมทุกข์ ร่วมสุข และทำให้รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในใช้ชีวิตร่วมกับคนอื่นในสังคม การให้กำลังใจ ความสนุกสนาน ทำให้เกิดความสุขสมบูรณ์ในชีวิต

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้กำลังใจจากท่านตลอดการศึกษา

วรภัทร นราภัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเชื่อถือได้ (Reliability) คืออะไร	1
1.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง	1
1.3 ทำไมต้องมีการศึกษาความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	2
1.4 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	4
1.5 กำจำกัดความ และดัชนีความเชื่อถือได้	8
1.6 วิศวกรรมการและวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	10
1.7 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	12
1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์	12
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	15
2.1 ระเบียบสำหรับการปฏิบัติงานในการบริการจ่ายพลังงานไฟฟ้า	15
2.2 ดัชนีความเชื่อถือได้ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ไฟและการเก็บรวบรวมข้อมูล	16
2.3 การสำรวจข้อมูลที่ถูกบันทึกเพื่อการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	17
2.4 การประเมินดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง (สถิติข้อมูลและการคำนวณความน่าจะเป็น)	18
2.5 ระบบข้อมูลความเชื่อถือได้สำหรับการรายงานเหตุการณ์ ไฟฟ้าดับของอุปกรณ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	20
2.6 แนวคิดข้อมูลสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ระบบส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้า	22
2.7 วิธีการรวบรวมสถิติข้อมูลไฟฟ้าดับขั้นสูงกับภายใต้การกำกับดูแลที่น่าพึงพอใจ	24
2.8 สรุปผลจากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	27
3.1 ทำไมต้องเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าไว้ในฐานข้อมูล	27
3.2 ความหมายของฐานข้อมูล	28
3.3 ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์	28
3.4 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูล	29
บทที่ 4 การออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	31
4.1 ส่วนนำของเนื้อหา	31
4.2 แบบแผนการบันทึกเก็บข้อมูลของระบบงานเดิม	31
4.3 การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI	34
4.4 โครงสร้างตารางข้อมูลของระบบงานเดิม	39
4.5 แผนภาพ E-R ของระบบความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	41
4.6 การแปลงแผนภาพ E-R ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็น แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์	46
4.7 กระบวนการปรับบรรทัดฐาน	54
4.8 การพิจารณารีเลชันในแบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ด้วย กระบวนการปรับบรรทัดฐาน	55
4.9 การกำหนดประเภทและขนาดของข้อมูล	58
4.10 สรุปส่วนของเนื้อหา	60
บทที่ 5 การทดสอบและเปรียบเทียบผลการทดสอบ	61
5.1 ส่วนนำของเนื้อหา	61
5.2 การพัฒนาโปรแกรมระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบ จำหน่ายไฟฟ้า	62
5.3 การทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานี A	66
5.4 การทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานี B	71
5.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบความเชื่อถือได้ของสถานี A และ สถานี B	75
5.6 สรุปส่วนของเนื้อหา	76
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	77
6.1 การเลือกใช้รูปแบบการเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.2 การออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	77
6.3 จุดเด่นของระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนหน้าเว็บที่ได้ ออกแบบในครั้งนี	78
6.4 ข้อควรปรับปรุงของระบบการจัดการฐานข้อมูลบนหน้าเว็บที่ได้ออกแบบ ในครั้งนี	78
6.5 ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้	79
6.6 งานที่สามารถทำได้ในอนาคต	79
เอกสารอ้างอิง	81
ประวัติผู้วิจัย	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 ตัวอย่างสถิติการไม่มีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟ	3
4-1 ข้อมูลที่มีการบันทึกในแต่ละไฟล์หรือตารางของระบบงานเดิม	33
4-2 ข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีในหนึ่งปีของสถานี A	35
4-3 เอนดีตีและแอททริบิวต์แต่ละเอนดีตีในแผนภาพ E-R ของฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระดับแนวคิด	43
4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างเอนดีตีในแผนภาพ E-R ของฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าระดับแนวคิด	45
4-5 รีเลชันแอททริบิวต์ที่ทำหน้าเป็นคีย์หลักและแอททริบิวต์อื่นๆในรีเลชันที่ได้จากแบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	56
4-6 ตารางจำนวนสายป้อน	58
4-7 ตารางสถานีย่อย	58
4-8 ตารางเหตุการณ์ไฟดับ	58
4-9 ตารางอุปกรณ์	59
4-10 ตารางโอกาส	59
4-11 ตารางสภาพอากาศ	59
5-1 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI จำนวนครั้งที่และระยะเวลาไฟดับเป็นเวลานานของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	67
5-2 สถิติโอกาส จำนวนครั้งที่และระยะเวลาที่เกิดไฟดับเป็นเวลานานของสถานี A 4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	69
5-3 สถิติอุปกรณ์ จำนวนครั้งที่และระยะเวลาที่เกิดไฟดับเป็นเวลานานของสถานี A 4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	70
5-4 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI จำนวนครั้งที่และระยะเวลาไฟดับเป็นเวลานานของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	71
5-5 สถิติโอกาส จำนวนครั้งที่และระยะเวลาที่เกิดไฟดับเป็นเวลานานของสถานี B 4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	73
5-6 สถิติอุปกรณ์ จำนวนครั้งที่และระยะเวลาที่เกิดไฟดับเป็นเวลานานของสถานี B 4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 โครงสร้างของระบบไฟฟ้ากำลัง	2
1-2 แผนภาพ (Diagram) สถานีย่อยของระบบจำหน่ายไฟฟ้า	4
1-3 รูปแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าปฐมภูมิ (Primary Distribution System)	6
1-4 เปอร์เซ็นต์การใช้ดัชนีความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าในสหรัฐอเมริกา	9
2-1 แนวคิดการออกแบบระบบข้อมูลความเชื่อถือได้อุปกรณ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	20
2-2 แบบจำลองการเก็บรวบรวมสถิติข้อมูลไฟฟ้า	24
3-1 การติดต่อข้อมูลภายในฐานข้อมูลของผู้ใช้	29
4-1 แบบแผนการบันทึกเก็บข้อมูลของระบบงานเดิม	32
4-2 ตัวอย่างการเกิดความผิดพลาดที่สายป้อนของสถานี	36
4-3 กราฟสถานะโหลดที่หายไปและเวลา จากตัวอย่างการเกิดความผิดพลาดที่สายป้อนของสถานี	37
4-4 กราฟสถานะโหลดที่หายไปและเวลา	38
4-5 โครงสร้างข้อมูลของตารางในฐานข้อมูลระบบงานเดิม	39
4-6 แผนภาพ E-R ของระบบข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	46
4-7 สัญลักษณ์ของพื้นฐานของรีเลย์ในแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์	47
4-8 รีเลย์และแอททริบิวต์ของรีเลย์ ได้จากการแปลงแผนภาพ E-R	48
4-9 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลย์ “สถานีย่อย” และรีเลย์ “สายป้อน”	48
4-10 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลย์ “สถานีย่อย” และรีเลย์ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”	49
4-11 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลย์ “อุปกรณ์” และรีเลย์ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”	50
4-12 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลย์ “โอกาส” และรีเลย์ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”	51
4-13 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลย์ “สภาพอากาศ” และรีเลย์ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”	52
4-14 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลย์ “ดัชนี” และรีเลย์ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”	53
4-15 แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้นระบบความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	54
5-1 รูปแบบการทำงานของ PHP และ MySQL	62
5-2 การใช้งานระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนหน้าเว็บ	63
5-3 หน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ใช้ทั่วไป	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5-4 หน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ใช้ที่เป็นสมาชิก	65
5-5 หน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ดูแลระบบ	66
5-6 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2548	68
5-7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	68
5-8 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	72
5-9 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIDI ของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	73
5-10 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เฉลี่ยของสถานี A และ B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเชื่อถือได้ (Reliability) คืออะไร

ปัญหาคุณภาพไฟฟ้ากำลัง (Power Quality) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า แล้วส่งผลทำให้รูปคลื่นของแรงดัน กระแส และความถี่ของระบบ เปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะปกติ ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าเป็นประเด็นที่ถูกกล่าวถึงมาก เนื่องจากเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดชำรุดเสียหายและหยุดทำงาน ปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้ากำลังได้แก่ ไฟฟ้าดับ (Interruption) แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Sag) แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Swell) ทรานเซียนต์ (Transient) แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) และฮาร์โมนิก (Harmonics) เป็นต้น [1] ในบรรดาปัญหาคุณภาพไฟฟ้า ไฟฟ้าดับเป็นปัญหาหนึ่งของคุณภาพไฟฟ้ากำลัง ที่เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟมากที่สุด และเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ ซึ่งนิยามของความเชื่อถือได้ คือ ความสามารถของอุปกรณ์หรือระบบที่จะทำงานได้ ตามฟังก์ชันที่ต้องการ ในสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาที่กำหนดไว้ [2]

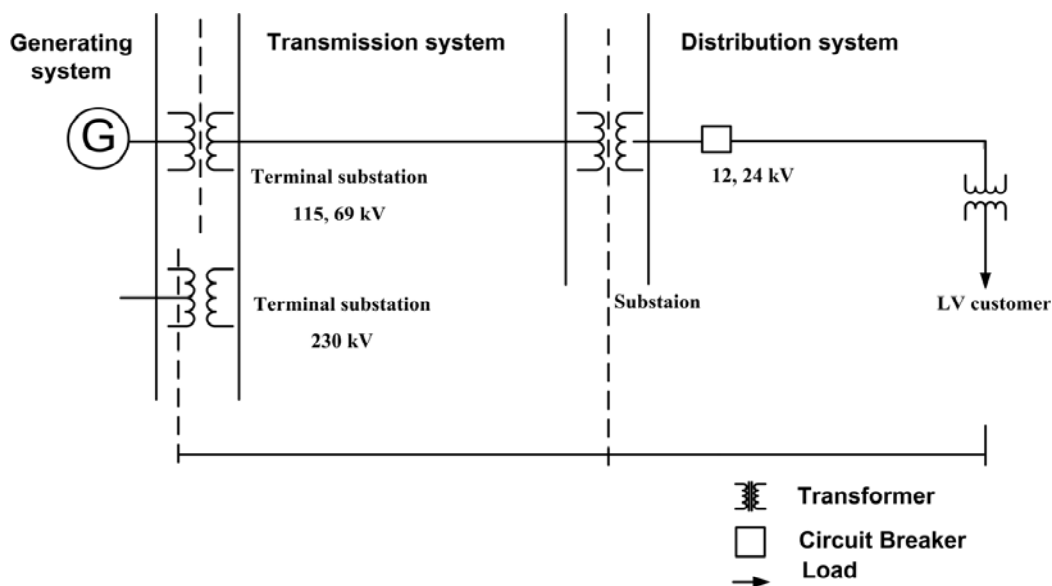
ความเชื่อถือได้ระบบไฟฟ้ากำลัง (Electric Power System Reliability) หมายถึงความสามารถในการทำงานของระบบไฟฟ้า เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง รวมทั้งเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องขึ้นน้อยครั้งที่สุด [3] ปัจจุบันความเชื่อถือได้ระบบไฟฟ้ากำลังเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ถ้าระบบไฟฟ้าไม่มีความเชื่อถือได้หรือมีความเชื่อถือได้ต่ำ ตัวอย่างเช่น การเกิดการขัดข้องทำให้เกิดไฟฟ้าดับบ่อยครั้ง ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก

1.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง

ความเชื่อถือได้ระบบไฟฟ้ากำลัง แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ความเพียงพอ (Adequacy) และความมั่นคง (Security) ด้านความเพียงพอ เป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลัง ส่วนด้านความมั่นคง แสดงถึงความสามารถในการทำงานได้ของระบบโดยไม่มีการล้มเหลว (Failure) [4] เมื่อมีเหตุรบกวนต่างๆ (Disturbances) ขึ้นในระบบ เช่น อุปกรณ์ในระบบไม่สามารถทำงานได้ และเกิดความผิดปกติ (Fault) ขึ้นในระบบ เป็นต้น ทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้า เป็นผลให้เกิดไฟฟ้าดับ ซึ่งจะส่งผลกระทบด้านความมั่นคง จิตวิทยา ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน รวมทั้งระบบการผลิตในอุตสาหกรรม

เหตุการณ์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ล้วนเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงคุณภาพการทำงานของระบบ ทั้งด้านความเพียงพอและความมั่นคง ในการประเมินคุณภาพ จะใช้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (Reliability Indices) ของแต่ละระบบ เป็นตัวบ่งบอกหรือวัดคุณภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้ากำลังแบ่งเป็น 3 ระบบคือ ระบบผลิตไฟฟ้า (Generating System) ระบบส่ง (Transmission System) และระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Electric Distribution System) กระบวนการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟคือ ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยส่งผ่านระบบส่ง ไปยังระบบจำหน่ายไฟฟ้า จากนั้นระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายพลังงานไฟฟ้า ไปยังผู้ใช้ไฟโดยตรงต่อไป ดังภาพที่ 1-1 ถ้าเกิดการขัดข้อง (Outage) ขึ้นที่ระบบใดระบบหนึ่ง จะเกิดผลกระทบต่อเสถียรภาพในการทำงานของระบบและการมีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟ ทำให้กระบวนการในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟขาดความต่อเนื่อง



ภาพที่ 1-1 โครงสร้างของระบบไฟฟ้ากำลัง

1.3 ทำไมต้องมีการศึกษาความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ในอดีตที่ผ่านมา ระบบจำหน่ายไฟฟ้าไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนัก เมื่อเทียบกับกับระบบผลิตไฟฟ้า เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้ามีการลงทุนสูง ถ้าระบบผลิตไฟฟ้าเกิดการขัดข้อง ทำให้ไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอ ก็จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟจำนวนมากและเป็นบริเวณกว้าง รวมทั้งอาจจะส่งผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมด้วย ในขณะที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีการ

ลงทุนน้อย ถ้าระบบเกิดการขัดข้อง ทำให้ไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ ก็จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟจำนวนน้อยและในพื้นที่ที่จำกัด

ตารางที่ 1-1 ตัวอย่างสถิติการไม่มีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟ (Typical Customer Unavailability Statistics) [5] พบว่าระยะเวลาการไม่มีไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ ในระดับแรงดัน 11 kV และ 6.6 kV ซึ่งเป็นแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า คิดเป็น 58.8 นาทีหรือ 60.7 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาไฟฟ้าดับทั้งหมด แต่ในระดับแรงดัน 33, 66 kV และ 132 kV รวมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าและระบบส่ง มีระยะเวลารวมกันเท่ากับ 10.8 นาที หรือเพียง 11.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าน้อย เมื่อเทียบกับระยะเวลาการไม่มีไฟฟ้าใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีผลกระทบต่อการไม่มีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟอย่างมาก จึงนำไปสู่การหาค่าตัวเลขความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตัวเลขดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการพิจารณาด้านการลงทุนและการวางแผนปรับปรุงระบบ เพื่อให้ระบบมีความเชื่อถือได้ที่ดีที่สุดต่อไป

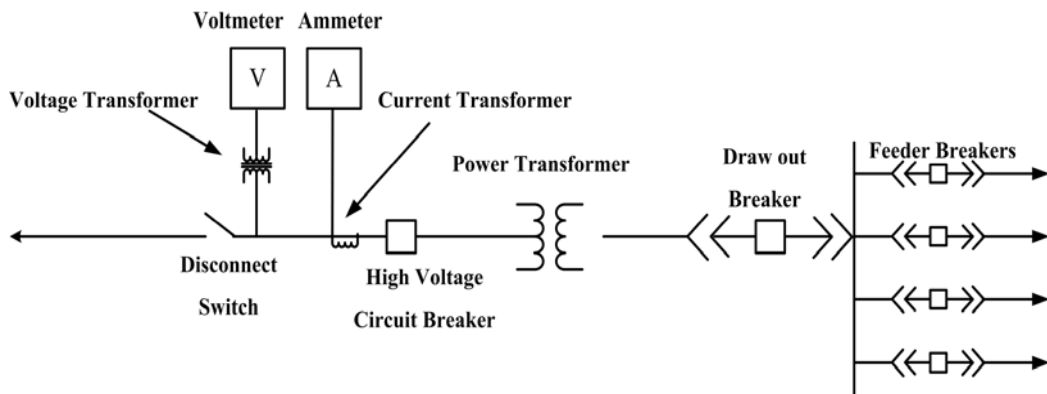
ตารางที่ 1-1 ตัวอย่างสถิติการไม่มีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟ

Contributor	Average unavailability per customer year	
	(minute)	(%)
Generation/transmission	0.5	0.5
132 kV	2.3	2.4
66 kV and 33 kV	8.0	8.3
11 kV and 6.6 kV	58.8	60.7
Low voltage	11.5	11.9
Arranged shutdown	15.7	16.2
Total	96.8 Minutes	100.0

ดังนั้นการศึกษาความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ เช่น การออกแบบและวางแผนระบบ การวางแผนบำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ การปรับปรุงการทำงานของระบบ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องทราบถึงพื้นฐานของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย สถานีย่อย (Substation) รูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าปฐม (Primary Distribution System) ค่าจำกัดความและค่าดัชนีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1.4 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า [6]

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า หมายถึง ระบบที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าผ่านระบบส่ง มีหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟโดยตรง และเป็นระบบที่ถูกลดระดับแรงดันจากแรงดันสูง (High Voltage) ให้เป็นแรงดันระบบจำหน่ายไฟฟ้า จนมีค่าเหมาะสมที่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟ แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ แรงดันปานกลาง (Medium Voltage) และแรงดันต่ำ (Low Voltage) ระดับแรงดันปานกลางได้แก่ 11, 12, 22, 24 และ 33 กิโลโวลต์ ในระดับแรงดันนี้ ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟประเภทโรงงานอุตสาหกรรมได้ โดยจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) หรือสายจำหน่ายแรงสูง จากนั้นจะแปลงแรงดันลงจากแรงดันปานกลางให้เป็นแรงดันต่ำ โดยใช้หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution System) เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสายป้อนทุติยภูมิ (Secondary Feeder) หรือสายจำหน่ายแรงต่ำ ไปยังผู้ใช้ไฟทั่วไป ระดับแรงดันต่ำที่ใช้งานได้แก่ 220 โวลต์สำหรับระบบ 1 เฟส และ 380 โวลต์สำหรับระบบ 3 เฟส



ภาพที่ 1-2 แผนภาพ (Diagram) สถานีย่อยของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

จากภาพที่ 1-2 แสดงแผนภาพสถานีย่อยของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ สถานีย่อยและระบบจำหน่ายปฐมภูมิ สถานีย่อยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สวิตช์ตัดตอนแรงดันสูง (High Voltage Disconnecting Switch) หม้อแปลงแรงดัน (Voltage Transformers, VTs) และหม้อแปลงกระแส (Current Transformers, CTs) หม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) และวงจรเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ส่วนระบบจำหน่ายไฟฟ้าปฐมภูมิ จะเริ่มต้นที่วงจรเบรกเกอร์ที่สายป้อน แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 สถานีย่อย

เป็นสถานีกึ่งกลางที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้า ผ่านสายส่งย่อยของระบบส่ง พร้อมกับการเปลี่ยนระดับแรงดันจากแรงดันสูง (High Voltage) เป็นแรงดันปานกลาง เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านทางสายป้อนปฐมภูมิให้กับผู้ใช้ไฟประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ในสถานีย่อยมีอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ ดังนี้

1.4.1.1 สวิตช์ตัดตอนแรงดันสูง

เป็นอุปกรณ์ตัดตอน มีทั้งแบบตัดตอนทีละหนึ่งเฟสและสามเฟส ไม่สามารถตัดตอนขณะมีโหลดได้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “สวิตช์ไบพาส” ใช้ในการแยกสถานีย่อยออกจากระบบส่ง เมื่อมีการซ่อมแซม (Repair) หรือบำรุงรักษา (Maintenance) สถานีหรือสายส่งย่อย

1.4.1.2 หม้อแปลงแรงดันและกระแส

เป็นอุปกรณ์ใช้ในการแปลงค่าแรงดันและกระแสจากระบบส่งซึ่งมีค่าสูงมาก ให้เป็นค่าที่เพียงพอต่อการป้อนเข้ามิเตอร์ (Meter) และรีเลย์ (Relay)

1.4.1.3 วงจรเบรกเกอร์

เป็นสวิตช์ตัดตอนและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินพิกัด สามารถเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าได้ พิกัดในการตัดกระแสวงจร (Interrupting Capacity) ตั้งแต่ 10 ถึง 20 กิโลแอมแปร์ ดังนั้นการติดตั้งที่สถานี จะกำหนดให้มีค่ากระแสลัดวงจรสูงกว่าวงจรเบรกเกอร์ที่ใช้ในระดับสายป้อน

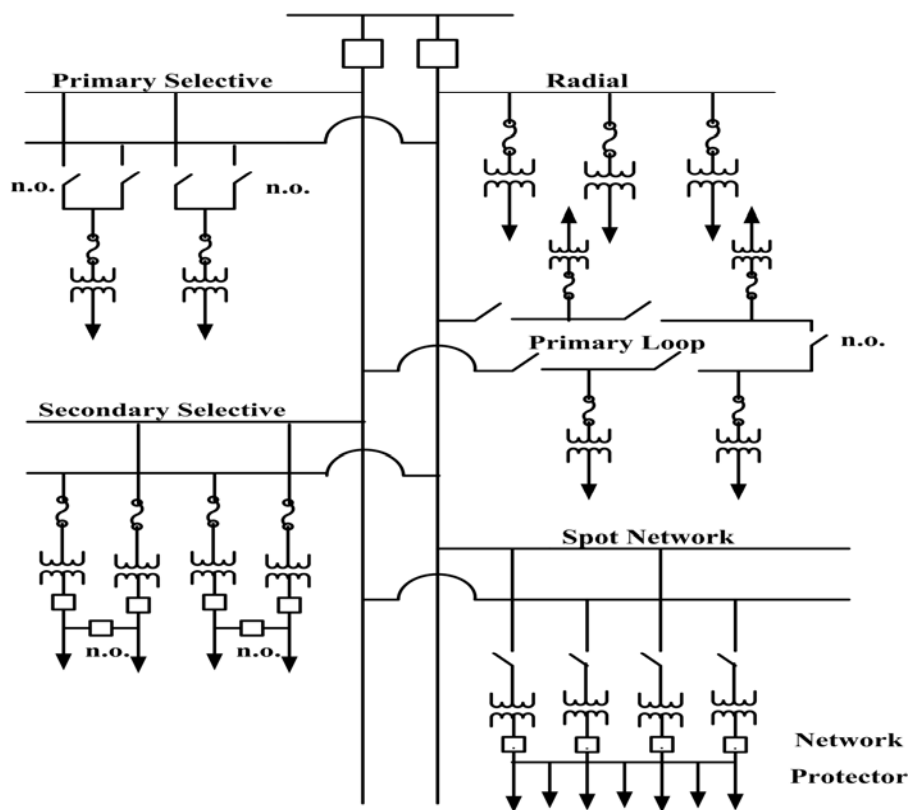
1.4.1.4 หม้อแปลงกำลัง (Power Transformer)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงแรงดันจากแรงดันระบบส่งให้เป็นแรงดันระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงดันปานกลาง ก่อนที่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสายป้อนปฐมภูมิ ให้กับผู้ใช้ไฟประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

1.4.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าปฐมภูมิ

เป็นส่วนหนึ่งของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่มีระดับแรงดันปานกลาง รับพลังงานไฟฟ้ามาจากสถานีย่อย และจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสายป้อนปฐมภูมิ ไปยังผู้ใช้ไฟโรงงานอุตสาหกรรม อุปกรณ์ป้องกันสายป้อนคือ วงจรเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

รูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้าปฐมภูมิ แบ่งเป็น 5 แบบ คือ แบบเรเดียล (Radial) แบบ Primary Selective แบบ Secondary Selective แบบ Primary Loop และแบบ Spot Network ดังภาพที่ 1-3 โดยแต่ละแบบมีลักษณะการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน รายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1-3 รูปแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าปฐม

1.4.2.1 แบบเรเดียล

เป็นรูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า เข้าที่สายป้อนเพียงเส้นเดียว และมีสาขาแยกออกไป เมื่อมีโหลดผู้ใช้ไฟมากขึ้น สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงจากระบบเรเดียลให้กลายเป็นแบบวงจรราย (Network) ได้

ถ้าเกิดความผิดปกติขึ้นที่สายป้อนปฐมภูมิ วงจรเบรกเกอร์จะทำงานตัดวงจร ทำให้เกิดไฟฟ้าดับแก่ผู้ใช้ทั้งหมด และระบบจะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อีกครั้ง ก็ต่อเมื่อซ่อมแซมจุดที่เกิดความผิดปกติในสายป้อนเสร็จ ระบบแบบเรเดียลนี้ นิยมใช้ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในเขตชนบท (Rural) เนื่องจากมีการลงทุนต่ำ แต่มีข้อเสียคือ ระบบมีความเชื่อถือได้ต่ำ

1.4.2.2 แบบ Primary Selective

เป็นรูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ผ่านสายป้อนปฐมภูมิสองเส้นต่อหม้อแปลงหนึ่งตัว และจ่ายไฟไปยังจุดโหลดหนึ่งชุด

ในสภาวะปกติ สวิตช์จะปิดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ถ้าเกิดความผิดปกติในสายป้อนปฐมภูมิเส้นใดเส้นหนึ่ง จะมีการตัดต่อวงจรขึ้น ทำให้มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากอีกสายป้อนหนึ่งแทนทันที เป็นรูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้มากกว่าแบบเรเดียล โดยจะลดปัญหาที่เกิดจากความผิดปกติที่สายป้อนปฐมภูมิลง

1.4.2.3 แบบ Secondary Selective

การจ่ายพลังงานไฟฟ้ารูปแบบนี้ ในสภาวะการทำงานปกติ ก็จะเหมือนกับแบบเรเดียล 2 ชุดที่แยกจากกัน และมีวงจรเบรกเกอร์ที่ต่อเชื่อมระหว่างบัสทุติยภูมิ (Secondary Bus) โดยมีสถานะที่เปิดอยู่ ถ้าเกิดความผิดปกติขึ้นที่สายป้อนปฐมภูมิหรือหม้อแปลงชุดใดชุดหนึ่ง ผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าจากบัสนั้น ก็จะไม่มีไฟฟ้าใช้ แต่เนื่องจากอีกบัสหนึ่ง ยังคงมีไฟฟ้าอยู่ จึงสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากอีกบัสหนึ่งได้ โดยเริ่มจากการเปิดวงจรของเบรกเกอร์หลักของด้านที่เกิดความผิดปกติ จากนั้นก็ปิดวงจรเบรกเกอร์ที่ต่อเชื่อมบัสทุติยภูมิ เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป

1.4.2.4 แบบ Primary Loop

รูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีลักษณะเป็นรูปวงแหวน กล่าวคือ มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าที่ต้นทางและปลายทางโดยสถานีย่อยแห่งเดียวกัน รูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบนี้ ในการใช้จริง บางครั้งจะเปิดวงจรออก ทำให้ระบบไม่เป็นแบบวงแหวน การป้องกันระบบทำได้ง่ายขึ้น ข้อดีของระบบนี้คือ เมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดการขัดข้อง สามารถทำการตัดส่วนที่เกิดความผิดปกตินั้นออกจากวงจร และวงจรที่เหลืออยู่ ก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อไปอีกได้ ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล แต่ข้อเสียคือ การจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะกระทำได้โดยผ่านสถานีจ่ายไฟฟ้าเพียงสถานีเดียว

ดังนั้น ถ้าเกิดการขัดข้องขึ้นภายในสถานีไฟฟ้า ย่อมทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง และระบบป้องกันยังคงต้องมีขีดความสามารถที่สูงกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล เนื่องจากระบบป้องกัน ต้องมีการตรวจสอบให้ทราบว่าเกิดการลัดวงจรขึ้นที่อุปกรณ์ตัวใด เพื่อที่จะได้ตัดอุปกรณ์ส่วนนั้นออกจากการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบ รูปแบบนี้สามารถนำไปใช้ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตอุตสาหกรรม

1.4.2.5 แบบ Spot Network

เป็นรูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ที่ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ลูก ซึ่งรับพลังงานไฟฟ้ามาจากสายป้อนปฐมภูมิ แยกกันลูกละชุด หม้อแปลงจะเชื่อมต่อกันทางด้านบัสแรงต่ำ ผ่านตัวป้องกันวงจรจ่าย (Network Protector) โดยที่หม้อแปลงทั้งหมดทำงานแบบขนานกัน ตัวป้องกันวงจรจ่ายซึ่งเป็นวงจรเบรกเกอร์ จะถูกควบคุมโดยรีเลย์วงจรเบรกเกอร์ โดยจะเปิดวงจรทันทีเมื่อมีกระแสไหลจากด้านแรงดันต่ำเข้าสู่หม้อแปลง

เมื่อเกิดความผิดปกติที่หม้อแปลงหรือสายป้อนปฐมภูมิ ตัวป้องกันวงจรจ่ายที่หม้อแปลงชุดนั้นจะทำงานเปิดวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไหลย้อนกลับจากด้านแรงต่ำเข้าสู่หม้อแปลง และหม้อแปลงตัวที่เหลือก็จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่โหลดแทน ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

1.5 คำจำกัดความ และดัชนีความเชื่อถือได้ (Definition and Reliability Indices) [6]

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้เป็นปกติ ก็ต่อเมื่ออุปกรณ์ทุกตัวในระบบเช่น ฟิวส์ (Fuse) รีโคลสเซอร์ (Recloser) สวิตช์ตัดตอน วงจรเบรกเกอร์ เป็นต้น สามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติ ยกเว้นตัวที่พร้อมใช้งานในภาวะฉุกเฉิน (Standby) แต่ถ้ามีเหตุการณ์แบ่งเป็น สามารถกำหนดได้ (Scheduled) หรือกำหนดไม่ได้ (Unscheduled) เกิดขึ้น แล้วทำให้การจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบเกิดการขัดข้อง เป็นผลทำให้เกิดไฟฟ้าดับ เหตุการณ์ดังกล่าวมีผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบอย่างยิ่ง ดังนั้น ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ และเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีคำจำกัดความต่างๆและดัชนีความเชื่อถือได้ที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดดังนี้

1.5.1 คำจำกัดความ

1.5.1.1 ความไม่แน่นอน (Contingency)

หมายถึง เหตุการณ์เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดหวัง (Unexpected Event) เช่น ความผิดปกติหรือการเปิดวงจร (Open Circuit) โดยที่เป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้กำหนดมาก่อน (Unscheduled Event)

1.5.1.2 ความผิดปกติ

คือ การลัดวงจร (Short Circuit) มีสาเหตุมาจากการพังทลายของฉนวนในระบบ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ การลัดวงจรแบบเคลียร์ตัวเองได้ (Self-Clearing) ชั่วคราว (Temporary) และถาวร (Permanent)

1.5.1.3 เปิดวงจร

ตำแหน่งในวงจรจุดใดจุดหนึ่งที่ตัดกระแสไหล โดยปราศจากความผิดปกติ ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งการทริป (Tripping) ของวงจรเบรกเกอร์

1.5.1.4 การขัดข้อง

หมายถึง เหตุการณ์การขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบ มีสาเหตุมาจากอุปกรณ์ในระบบไม่สามารถทำงานได้ การขัดข้อง แบ่งเป็น การขัดข้องตามกำหนด (Scheduled Outage) และการขัดข้องที่ไม่ได้

กำหนด (Unscheduled Outage) การจัดซื้อตามกำหนด เป็นเหตุการณ์ที่ทราบล่วงหน้า เช่น การบำรุงรักษา เป็นต้น ส่วนการจัดซื้อที่ไม่ได้กำหนด เป็นผลมาจากเหตุการณ์ความไม่แน่นอน

1.5.1.5 ไฟฟ้าดับชั่วขณะ (Momentary Interruption)

หมายถึง การตัดไฟฟ้าชั่วขณะที่เกิดขึ้น แล้วทำให้ผู้ใช้ไฟไม่มีไฟใช้ในระยะเวลาที่สั้น ซึ่งมาจากการทำงานของรีโกลสเซอร์หรือสวิตช์อัตโนมัติ จำนวนครั้งที่เกิดการตัดไฟฟ้าชั่วขณะจะเท่ากับจำนวนครั้งที่รีโกลสเซอร์ทำงาน ตัวอย่างเช่น รีโกลสเซอร์ทำงานสองครั้งจะเท่ากับการตัดไฟฟ้าชั่วขณะสองครั้ง และผู้ใช้ไฟก็จะได้รับผลกระทบสองครั้งเช่นกัน

1.5.1.6 เหตุการณ์ไฟฟ้าดับชั่วขณะ (Momentary Interruption Event)

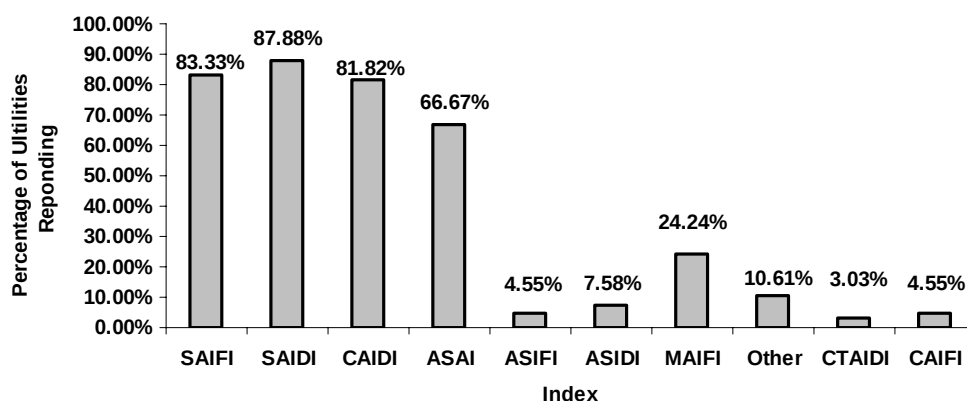
หมายถึง เหตุการณ์การตัดไฟฟ้าชั่วขณะ ประกอบด้วย จำนวนครั้งที่การตัดไฟฟ้าชั่วขณะที่เกิดขึ้นภายในช่วงระยะเวลา ตัวอย่างเช่น ถ้ารีโกลสเซอร์ทำงานสามครั้ง เป็นการตัดไฟฟ้าชั่วขณะสามครั้ง จะเกิดไฟฟ้าดับกับผู้ใช้ไฟสามครั้ง และถือว่าเป็นหนึ่งเหตุการณ์การตัดไฟฟ้าชั่วขณะ

1.5.1.7 ไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน (Sustained Interruption)

หมายถึง การตัดไฟฟ้าเป็นเวลานานที่เกิดขึ้น แล้วทำให้ผู้ใช้ไฟไม่มีไฟใช้เป็นเวลานาน เป็นผลมาจากความผิดปกติและการเปิดวงจร

1.5.2 ดัชนีความเชื่อถือได้ [7]

ในปี พ.ศ. 2542 จากสำรวจการไฟฟ้าในสหรัฐอเมริกา 205 แห่ง พบว่าการไฟฟ้า 64 แห่ง มีการใช้ค่าดัชนีเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ โดยเรียงตามลำดับเปอร์เซ็นต์การใช้จากมากไปหาน้อย ได้แก่ SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI, MAIFI, Other, ASIDI, ASIFI, CAIFI และ CTAIDI ดังภาพที่ 1-4



ภาพที่ 1-4 เปอร์เซนต์การใช้ดัชนีความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า
ของการไฟฟ้าในสหรัฐอเมริกา

การประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในประเทศไทย จะใช้ดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ซึ่งเป็นดัชนีไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน เพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพการทำงานของระบบ มีนิยามและสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (1-1) และ (1-2) ตามลำดับ

1.5.2.1 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

เป็นดัชนีความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของระบบโดยเฉลี่ย หน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อปีต่อรายผู้ใช้ไฟ

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

เมื่อ N คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟฟ้าดับในแต่ละครั้ง

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในพื้นที่ที่กำหนด

1.5.2.2 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

เป็นดัชนีบอกจำนวนระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับของระบบ มีหน่วยเป็น ชั่วโมงต่อปีต่อรายผู้ใช้ไฟ

$$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} \quad (1-2)$$

เมื่อ N คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟฟ้าดับในแต่ละครั้ง

r คือ ระยะเวลาไฟฟ้าดับในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟ

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในพื้นที่ที่กำหนด

1.6 วิวัฒนาการและวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ในอดีต การประเมินความเชื่อถือได้ เริ่มจากอุตสาหกรรมการบิน (Aerospace Industry) และการนำไปประยุกต์ใช้ในทางทหาร (Military Application) ต่อมาถูกนำไปใช้ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าไม่มีผลกระทบ และมีความปลอดภัยจากนิวเคลียร์ รวมทั้งเป็นการคาดหวังในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบโดยไม่มี การล้มเหลว หรือไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง (Black Out) ดังนั้นการประเมินความเชื่อถือได้ระบบไฟฟ้า กำลังจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง [8]

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นระบบหนึ่งของระบบไฟฟ้ากำลัง ที่จำเป็นต้องมีการประเมินความเชื่อถือได้ การประเมินแบ่งเป็น 2 สถานะคือ การประเมินสมรรถนะในอดีต (Past Performance) และการประเมินสมรรถนะอนาคต (Future Performance)

การประเมินสมรรถนะในอดีต มาจากการรวบรวมข้อมูลสถิติการมีไฟฟ้าใช้และการขัดข้องต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินคือ อัตราการล้มเหลวเฉลี่ย (Average Failure Rate) ระยะเวลาการขัดข้องเฉลี่ย (Average Outage Duration) จำนวนครั้งที่เกิดการขัดข้องต่อปี และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบในอดีต การประเมินสมรรถนะในอดีตมีวัตถุประสงค์แตกต่าง เช่น เพื่อใช้ในการหาพื้นที่ได้รับความเสียหายมากที่สุด (Weak Area) เพื่อวางแผนแก้ปัญหาต่อไป เก็บข้อมูลนำไปวิเคราะห์หาดัชนีในอนาคต และเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในอนาคตและอดีตเป็นต้น

จากนั้นจะนำอัตราการล้มเหลวเฉลี่ย ระยะเวลาการขัดข้องเฉลี่ย และจำนวนครั้งที่เกิดการขัดข้องต่อปี มาเป็นข้อมูลป้อนเข้าในวิธีการประเมินสมรรถนะอนาคต วิธีการแบ่งเป็น 2 วิธีหลักคือ วิธีวิเคราะห์ (Analytical) และวิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte-Carlo Simulation)

1.6.1 วิธีการวิเคราะห์ เป็นวิธีการที่อาศัยการสร้างแบบจำลอง การทำงานของอุปกรณ์ในระบบ แล้วคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ถ้าพิจารณาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบ ผลที่ได้มีความแม่นยำสูง แต่ไม่สามารถพิจารณาถึงพฤติกรรมจากเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบได้ [9]

1.6.2 วิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล เป็นการจำลองเหตุการณ์การขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ ด้วยการสุ่มตามหลักการทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วพิจารณาถึงผลการทำงานของระบบ แทนการแก้ปัญหาด้วยการแทนค่าในสมการโดยตรง ผลที่ได้มีความยืดหยุ่น สามารถแก้ปัญหาระบบที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนได้ดี แต่ระยะเวลาในการประมวลผลและวิเคราะห์ปัญหาของคอมพิวเตอร์ใช้เวลานาน [10]

ผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีการคือ ค่าความน่าจะเป็นดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวเลขที่บอกถึงคุณภาพการทำงานของระบบที่พิจารณา และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป

ปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงเป็นที่มาของการขยายธุรกิจด้านการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า และเกิดการแข่งขันกันทางธุรกิจขึ้น การจัดการผลประโยชน์ในระบบสายส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Asset Management for Transmission and Distribution) [11] จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยการจัดการผลประโยชน์มีวัตถุประสงค์ เพื่อวางแผนจัดการลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นและได้รับกำไรเป็นผลตอบแทน แบ่งเป็นสามส่วนหลักๆคือ ด้านบริหารการจัดการ (Management) ด้านวิศวกรรม (Engineering) และด้านข้อมูลข่าวสาร (Information) เป็นต้น ซึ่งความเชื่อถือได้ก็เป็นหนึ่งในองค์ประกอบ ของการจัดการผลประโยชน์ด้านวิศวกรรม

1.7 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ในการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ข้อมูล เนื่องจากการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์การขัดข้อง ที่เกิดขึ้นในระบบไว้ ซึ่งการจัดเก็บ ต้องมีความเข้าใจในการเก็บข้อมูล และข้อมูลที่ได้นี้ต้องมีความถูกต้อง หากมีการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ก็จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณค่าดัชนีที่ถูกต้องด้วย แต่ในการประเมินและการศึกษาความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ข้อมูลดังกล่าวจะถูกจำกัดขอบเขตการใช้งานเฉพาะหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงเท่านั้น ทำให้การใช้ประโยชน์จากข้อมูลดังกล่าวถูกจำกัดไปด้วย

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น เป็นผลให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับสถานที่และเวลา ตลอดจนยังคงสามารถควบคุมระดับการเข้าถึง (Access) ของข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับหน้าที่ของผู้ใช้ ก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจากการใช้ข้อมูล ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database) ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) หรือเว็บ (Web-Based) เพื่อใช้ในการศึกษาและพัฒนาปรับปรุงความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป

1.7.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.7.1.1 เพื่อศึกษากระบวนการวิธีในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.7.1.2 เพื่อนำระบบการจัดการฐานข้อมูลและสถิติ มาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.7.1.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.7.2 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ ทดสอบ การเก็บข้อมูลและประเมินผลความเชื่อถือได้เบื้องต้น ระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม PHP และการเรียกข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล MySQL

1.7.3 ประโยชน์ของการวิจัย

1.7.3.1 สามารถแสดงความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ผ่านหน้าเว็บได้

1.7.3.2 สามารถนำระบบฐานข้อมูลไปใช้ประยุกต์ในการศึกษา เพื่อประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้

1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท เพื่อให้เห็นภาพรวมของวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้อธิบายขอบเขตของเนื้อหาในแต่ละบท ดังต่อไปนี้

‘บทที่ 1’ บทนี้เป็นบทนำของวิทยานิพนธ์ ได้อธิบายถึง ความหมายของความเชื่อถือได้ ความเชื่อถือได้ระบบไฟฟ้ากำลัง ความจำเป็นของการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า สถานีย่อยและระบบจำหน่ายไฟฟ้าปริม ซึ่งเป็นส่วนเกี่ยวข้องกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า คำจำกัดความและดัชนีความเชื่อถือได้ที่มีการใช้ เพื่อประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในประเทศไทย นอกจากนี้ยังอธิบายเกี่ยวกับ วิวัฒนาการและวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และได้บอกจุดมุ่งหมายของงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งส่วนประกอบของเนื้อหาทั้งหมดในวิทยานิพนธ์

‘บทที่ 2’ เนื้อหาในบทนี้ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับ โครงสร้างข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวม เพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอดีต และแนวคิดของการจัดการข้อมูลที่ได้เผยแพร่ตามวารสารทางวิชาการที่มีชื่อเสียงได้แก่ วารสาร IEEE, IEE และ อื่นๆ เป็นต้น โดยได้สรุปใจความสำคัญ เกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวม และแนวคิดในการจัดการข้อมูล ของแต่ละบทความไว้ ประโยชน์ของเนื้อหาในบทนี้คือ ทำให้ทราบถึงโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบต่างๆและแนวคิดในการจัดเก็บและการจัดการข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางที่ใช้ในการออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในครั้งนี้ ให้ดียิ่งขึ้นด้วย

‘บทที่ 3’ เนื้อหาในบทนี้ได้อธิบายถึงเหตุผลในการเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ไว้ในฐานข้อมูล ความหมายของฐานข้อมูล และโครงสร้างเบื้องต้นของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ รวมทั้งการทำงานของระบบการจัดการฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังอธิบายความสำคัญของระบบฐานข้อมูล เพื่อให้เห็นภาพรวมและความสำคัญของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ก่อนที่จะออกแบบฐานข้อมูล

‘บทที่ 4’ เนื้อหาในบทนี้ได้อธิบายขั้นตอนการการออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้ทำวิจัยในครั้งนี้ โดยเริ่มตั้งแต่ การศึกษารูปแบบการเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล วิธีการคำนวณดัชนี SAIFI, SAIDI และ โครงสร้างข้อมูลแต่ละตารางในฐานข้อมูล รวมทั้งพิจารณาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงสร้างข้อมูลภายในฐานข้อมูลของระบบงานเดิม จากนั้นจึงพัฒนาปรับปรุงโครงสร้างของฐานข้อมูลระบบงานเดิม โดยผ่านกระบวนการออกแบบฐานข้อมูล ให้เป็นฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และงานวิจัยนี้เลือกใช้ฐานข้อมูล MySQL เพื่อที่จะนำระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์มาใช้ต่อไป

‘บทที่ 5’ เนื้อหาในบทนี้ได้แสดงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และผลการทดสอบความเชื่อถือได้ของสถานี A และ B ซึ่งได้จากข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548 ในการทดสอบนี้จะสร้างฐานข้อมูลที่ได้จากการออกแบบในบทที่ 4 โดยใช้โปรแกรม PHPMyAdmin จากนั้นจะป้อนข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลผ่านหน้าเว็บที่เขียนด้วยโปรแกรม PHP จากนั้นจะใช้โปรแกรกดังกล่าวเรียกใช้ข้อมูลในฐานข้อมูล โดยใช้ภาษา SQL ผ่านระบบการจัดการฐานข้อมูล MySQL ผลการ

ทดสอบจะได้เป็นผลการคำนวณและรายงานค่าดัชนีความเชื่อถือได้ รวมทั้งเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของสถานีย่อยผ่านหน้าเว็บ นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบความเชื่อถือได้ในแต่ละปีของสถานี และความเชื่อถือได้ระหว่างสองสถานีด้วย

‘บทที่ 6’ เนื้อหาในบทนี้ได้แสดงสรุปผลการวิจัยทั้งหมด โดยให้ข้อสรุปในการเลือกเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จุดเด่นของระบบการจัดการฐานข้อมูลบนเว็บที่ได้ออกแบบในครั้ง และข้อเสนอแนะรวมทั้งงานในอนาคตที่สามารถได้ในอนาคต เพื่อที่จะนำฐานข้อมูลที่ออกแบบในครั้งไปใช้ในการประยุกต์อื่นๆเช่น การหาอัตราความล้มเหลวของแต่ละอุปกรณ์ และระยะเวลาการขัดข้อง เป็นต้น

บทที่ 2

งานวิจัยเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ที่ผ่านมา โครงสร้างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในแต่ละบทความจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปประยุกต์ใช้ เช่น การประเมินสมรรถนะของระบบในอดีต การหาอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการขัดข้อง การวิเคราะห์จุดที่เกิดปัญหามากที่สุด การพิจารณาเพื่อลงทุนในระบบ การวางแผนโครงการและบำรุงรักษาระบบ รวมทั้งการวางแผนจัดการผลประโยชน์ เป็นต้น เนื้อหาในส่วนนี้ได้ศึกษาโครงสร้างและแนวคิดของการจัดการข้อมูล ที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่เกี่ยวข้องของแต่ละบทความ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ที่มีการเผยแพร่ทางวารสารวิชาการที่มีชื่อเสียง เช่น วารสาร IEEE, IEE และอื่นๆ เป็นต้น สามารถสรุปได้ต่อไปนี้

2.1 ระเบียบสำหรับการปฏิบัติงานในการบริการจ่ายพลังงานไฟฟ้า [12]

กระบวนการรวบรวมข้อมูลไฟฟ้าดับจนถึงการรายงานดัชนีความเชื่อถือได้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การจดบันทึกรายละเอียดเบื้องต้น การบันทึกข้อมูลและการรายงานเหตุการณ์ การรายงานดัชนีความเชื่อถือได้ รายละเอียดข้อมูลในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.1.1 การจดบันทึกรายละเอียดเบื้องต้นในเอกสาร

เมื่อเกิดไฟฟ้าดับจะมีการแจ้งเหตุ หลังจากที่ได้รับแจ้งเหตุแล้ว พนักงานจะออกไปที่หน้างานเพื่อค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดับ และทำการแก้ไขซ่อมแซม ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟได้เป็นปกติดังเดิม ข้อมูลต่างๆ ในที่เกิดเหตุที่ควรจดบันทึกได้แก่ ตำแหน่งหรือจุดเกิดเหตุไฟฟ้าดับ (Location of The Interruption) จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบโดยประมาณ (The Approximate Number of Customer Affected) สาเหตุ (Cause) เวลาเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ชื่อและหน่วยงานที่สังกัดของพนักงานผู้จดบันทึก

2.1.2 การบันทึกข้อมูลและการรายงานเหตุการณ์

หลังจากที่มีการจดบันทึกรายละเอียดข้อมูลเบื้องต้นในที่เกิดเหตุแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเหตุไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน เพื่อนำข้อมูลที่บันทึกไว้ไปใช้รายงานเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าดับเป็นเวลานานที่ถูกบันทึกแล้ว แสดงผลเป็นรายงานได้แก่ ประเภทไฟฟ้าดับ (Type of Interruption) สาเหตุของไฟฟ้าดับ วันที่และเวลาที่เกิดเหตุ

ระยะเวลาไฟฟ้าดับ จำนวนผู้ใช้ที่ได้รับผลกระทบ สถานีย่อยหรือสายป้อนที่เกิดเหตุ เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลที่มีการบันทึกแล้ว ควรเก็บรักษาไว้อย่างน้อย 5 ปี

2.1.3 การรายงานดัชนีความเชื่อถือได้

เป็นการรายงานประจำปี โดยรวบรวมจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นแต่ละเหตุการณ์ ในช่วง 12 เดือน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม จนถึง 31 ธันวาคมของแต่ละปี

ขั้นตอนทั้งสามเป็นระเบียบของการปฏิบัติงานของพนักงาน ในการจดบันทึกรายละเอียดข้อมูล เมื่อได้รับแจ้งและเข้าไปถึงที่เกิดเหตุไฟฟ้าดับ สำหรับข้อมูลที่มีการบันทึก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆได้ เช่น การประเมินสมรรถนะของระบบ ข้อมูลดังกล่าวยังเป็นแนวทาง ทำให้พนักงานเกิดความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และสามารถแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นปกติ ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว เป็นต้น

2.2 ดัชนีความเชื่อถือได้ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ไฟและการเก็บรวบรวมข้อมูล [13]

กระบวนการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลความเชื่อถือได้ที่สะท้อนถึงผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟ จากนั้นจะนำข้อมูลดังกล่าวที่รวบรวมได้ มาคำนวณหาค่าดัชนีเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบ ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลสำหรับการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI และข้อมูลสำหรับการรายงานเหตุการณ์ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ข้อมูลสำหรับการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI

เป็นข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณดัชนี ได้แก่ จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบจากไฟฟ้าดับ ระยะเวลาไฟฟ้าดับในแต่ละครั้ง และจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด ในการคำนวณดัชนีควรพิจารณาจากส่วนต่างๆในระบบ เช่น สถานีย่อย เขตพื้นที่บริการ และสายป้อน เป็นต้น

2.2.2 ข้อมูลสำหรับการรายงานเหตุการณ์

ข้อมูลสำหรับการรายงานเหตุการณ์ เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน และข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับแบบชั่วคราว ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลานานที่เกิดขึ้นแต่ละครั้ง ที่ควรมีการรายงาน ได้แก่ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ ระยะเวลาไฟฟ้าดับ ข้อมูลสาเหตุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ข้อมูลสาเหตุและอุปกรณ์ สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและเป็นแนวทางในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าเกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานบ่อยครั้ง โดยมีสาเหตุมาจาก ต้นไม้และกิ่งไม้ ส่วนเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์คือ สายพาดอากาศ แผนกบำรุงรักษาอาจจะวางแผนตัดแต่งกิ่งไม้ เพื่อลดจำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับขึ้น และเป็นการลดค่า SAIFI รวมทั้งเป็นการปรับปรุงระบบ

ส่วนข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับแบบชั่วขณะได้แก่ ข้อมูลจำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนของการบำรุงรักษา เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าดับแบบชั่วขณะบ่อยครั้ง ก่อนที่จะกลายเป็นไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน

กระบวนการรวบรวมข้อมูลความเชื่อถือได้ ประกอบไปด้วยเกณฑ์ (Criteria) มาตรฐาน 2 อย่างคือ ข้อมูลควรมีความถูกต้อง จึงจะทำให้การคำนวณดัชนีถูกต้องไปด้วย และวิธีการรวบรวมข้อมูล ควรจะง่ายและตรงไปตรงมา สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และไม่เกิดความยุ่งยาก

2.3 การสำรวจข้อมูลที่ถูกรับบันทึกเพื่อการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า [14]

เนื่องจากไม่มีมาตรฐานสำหรับการบันทึกข้อมูลไฟฟ้าดับ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าดัชนี SAIDI, SAIFI และ CAIDI และเป็นแนวทางในการรายงานความเชื่อถือได้ที่ตรงกัน ดังนั้นในปี พ.ศ. 2541 จึงได้มีการทำแบบสอบถามการไฟฟ้าในสหรัฐอเมริกา 161 แห่ง ประกอบด้วยคำถาม 5 หัวข้อ แต่ละหัวข้อมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 แบบแผนการรายงาน (Regulatory Body Reporting)

แบบแผนการรายงานควรจะบันทึกการรายงานดัชนีและเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ เนื่องจากการขยายตัวของระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงสามารถนำข้อมูลดังกล่าวใช้ในการพิจารณาเพื่อปรับปรุงระบบต่อไป

2.3.2 กระบวนการกลับคืนสภาพ (Restoration Process)

เป็นขั้นตอนการแก้ไขซ่อมแซม เพื่อให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นปกติอีกครั้ง การระบุรายละเอียดของเวลาในแต่ละขั้นตอนการแก้ไข โดยเริ่มตั้งแต่เกิดเหตุจนกระทั่งสิ้นสุดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ สามารถทำให้ค่าดัชนี SAIDI มีความถูกต้องมากขึ้น

2.3.3 คำถามเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ (Reliability Questions)

ข้อมูลพื้นที่และอุปกรณ์ที่มีการรวบรวม เพื่อใช้คำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่ง สถานีย่อย วงจรเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ เซกชันนัลไลน์เซอร์ (Sectionalizer) ฟิวส์ หม้อแปลงจำหน่ายและมิเตอร์ แต่จะพิจารณาเฉพาะข้อมูลเหตุการณ์ในระดับสถานีย่อยและการทำงานของวงจรเบรกเกอร์จะได้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI ที่มีความถูกต้องมากกว่า การพิจารณาข้อมูลเหตุการณ์ในระดับสถานีย่อย วงจรเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ เซกชันนัลไลน์เซอร์ และฟิวส์ โดยค่าดัชนีมีความถูกต้องมากกว่า 166% และ 201% ตามลำดับ ดังนั้น ข้อมูลเหตุการณ์ที่มีการรวบรวม ควรพิจารณาในระดับสถานีย่อยและการทำงานของวงจรเบรกเกอร์

ข้อมูลการวางแผนดับไฟจะไม่ถูกนำไปใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ เนื่องจากการวางแผนดับไฟ เป็นสิ่งมีการวางแผนมาก่อน แต่ข้อมูลดังกล่าวจะนำไปใช้ในการพิจารณาถึง

ผลกระทบเรื่องความเสียหายทางธุรกิจที่มาจากการวางแผนดับไฟในแต่ละพื้นที่ และควรจะแยกการคำนวณดัชนีระบบส่งออกจากการคำนวณดัชนีระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อดูสมรรถนะการทำงานของแต่ละระบบ และเนื่องจากทั้งสองระบบถูกออกแบบรูปแบบวงจรที่แตกต่างกัน โดยระบบส่งถูกออกแบบรูปแบบวงจรเป็นแบบวงจรข่าย ซึ่งวงจรลักษณะนี้โอกาสที่จะเกิดเหตุไฟฟ้าดับมีน้อยมาก ในขณะที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าถูกแบบเป็นวงจรเรเดียล โอกาสที่จะเกิดไฟฟ้าดับมีสูงกว่า

2.3.4 เหตุการณ์หลัก (Major Event)

เป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมหรืออยู่นอกเหนือโดยการไฟฟ้า ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ จะไม่นำข้อมูลไฟฟ้าดับที่มีสาเหตุมาจากเหตุการณ์หลักไปใช้ในการคำนวณ เหตุการณ์ดังกล่าวได้แก่ การเกิดแผ่นดินไหว (Earth-quake) อุทกภัย (Floods) ไฟป่า (Forest Fire) เฮอริเคน (Hurricanes) พายุน้ำแข็ง (Ice Storms) ทอร์นาโด (Tornadoes) สึนามิ (Tsunamis) เหตุการณ์อื่นๆที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตไฟฟ้าและระบบส่ง และเหตุการณ์ทางธรรมชาติอื่นๆ

2.3.5 การคำนวณดัชนีและรายงานเหตุการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

เนื่องจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับมีจำนวนมาก จึงใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บบันทึกข้อมูลในการคำนวณค่าและวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ จะใช้ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นข้อมูลป้อนเข้า จากนั้นจะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างรายงานเหตุการณ์และคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ ข้อมูลป้อนเข้าดังกล่าวควรมีความถูกต้อง เนื่องจากจะส่งผลต่อค่าดัชนีและเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงระบบที่ถูกต้องด้วย

จากรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของการสำรวจในแต่ละหัวข้อ สามารถนำมาเป็นแนวทางในการวางโครงสร้างของข้อมูลเพื่อป้อนเข้า เพื่อเก็บข้อมูลต่างๆไว้ในคอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างรายงานเหตุการณ์และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ต่อไป

2.4 การประเมินดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง [15]

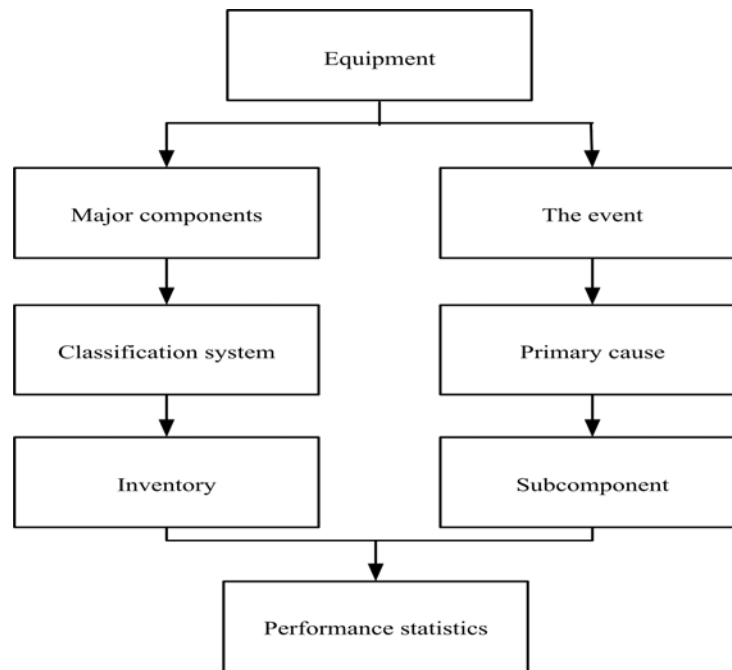
(สถิติข้อมูลและการคำนวณความน่าจะเป็น)

ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีหน้าที่อย่างเดียวคือ จ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟ ถ้าเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงหรือมีการขัดข้องขึ้นในระบบ ทำให้ระบบไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟ อีกทั้งสถิติข้อมูลดังกล่าวยังมีความสำคัญต่อผู้ปฏิบัติงาน ในการนำไปใช้ประเมินความเชื่อถือได้และปรับปรุงการทำงานของระบบ ดังนั้นสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ข้อมูลควรจะมีการบันทึก คือ ข้อมูลสถิติการมีไฟใช้ (Availability Statistic) ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นในระดับแรงดันต่ำ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ แบ่งเป็นรายการข้อมูลต่างๆดังนี้

- 2.4.1 โครงสร้างของสารสนเทศ ข้อมูลเหตุการณ์จะถูกแบ่งตามต้นเหตุที่เกิดในวงจรจ่าย
- 2.4.2 ข้อมูลการขัดข้องที่เกิดขึ้น จะถูกบันทึกหนึ่งครั้งต่อหนึ่งเหตุการณ์ ได้แก่
- 2.4.2.1 วันที่และเวลาที่เกิดเหตุ
 - 2.4.2.2 โอกาสที่ทำให้เกิดการขัดข้อง เช่น เกิดจากสภาพอากาศ ผลกระทบจากภายนอก และการวางแผนดับไฟ เป็นต้น
 - 2.4.2.3 ผลกระทบจากการขัดข้องที่เกิดขึ้น เช่น การทำงานของระบบป้องกัน หรือการปิดสวิตช์ด้วยมือ (Manual Switching-Off) เป็นต้น
 - 2.4.2.4 ชนิดการล้มเหลว (Failure Type) เป็นความผิดปกติแบบต่างๆ เช่น ความผิดปกติแบบลงดิน และความผิดปกติแบบสามเฟส เป็นต้น
 - 2.4.2.5 ระดับแรงดันที่เป็นสาเหตุของการขัดข้อง ทำให้ทราบถึงต้นเหตุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดับ ว่ามาจากภายในหรือภายนอกระบบที่พิจารณา
- 2.4.3 ข้อมูลตำแหน่งที่เกิดการล้มเหลว
- 2.4.3.1 ชนิดของอุปกรณ์ที่เป็นสาเหตุ
 - 2.4.3.2 รายละเอียดการล้มเหลว เช่น อุปกรณ์ป้องกันทำงานผิดพลาด เป็นต้น
 - 2.4.3.3 ระยะเวลาการขัดข้อง เป็นระยะที่อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้
- 2.4.4 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ
- กระบวนการของเหตุการณ์ไฟฟ้าดับจนกระทั่งมีการแก้ไขกลับคืนสภาพจ่ายไฟได้เป็นปกติ มีความซับซ้อน สำหรับไฟฟ้าดับที่เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟจำนวนมาก ข้อมูลต่างๆ ในแต่ละเหตุการณ์ เมื่อสิ้นสุดเหตุการณ์แล้วควรจะมีการบันทึก เมื่อต้องการวิเคราะห์ทางสถิติ จะนำข้อมูลที่รวบรวมแล้ว สามารถนำข้อมูลมาใช้วิเคราะห์ได้ ข้อมูลของเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้แก่
- 2.4.4.1 เริ่มต้นและสิ้นสุดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ
 - 2.4.4.2 จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบจากไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นในระดับแรงดันต่ำ
 - 2.4.4.3 ปริมาณจำนวนข้อมูลวงจรจ่าย
- เป็นข้อมูลที่มีอยู่ในวงจรจ่ายที่พิจารณาหรือที่สนใจอยู่ เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการล้มเหลวและดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบในอดีต เช่น ความยาวสาย จำนวนสถานี จำนวนผู้ใช้ไฟ และกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่มีการติดตั้ง เป็นต้น
- ข้อมูลสมรรถนะความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอดีต มาจากการเก็บรวบรวมสถิติที่ถูกต้อง ซึ่งต้องมีการเก็บรวบรวมเป็นเอกสารหรือฐานข้อมูล และผ่านกระบวนการคำนวณผลลัพธ์ที่ได้ สามารถนำไปใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ การเปรียบเทียบระดับความเชื่อถือได้ การ

วิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้เกิดปัญหามากที่สุด เช่น อุปกรณ์ สาเหตุ เป็นต้น การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการวางแผนบำรุงรักษา รวมทั้งการจัดการผลประโยชน์ในระบบที่พิจารณาต่อไป

2.5 ระบบข้อมูลความเชื่อถือได้สำหรับการรายงานเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของอุปกรณ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า [16]



ภาพที่ 2-1 แนวคิดการออกแบบระบบข้อมูลความเชื่อถือได้อุปกรณ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

แนวคิดการออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลความเชื่อถือได้อุปกรณ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นแนวคิดหนึ่ง ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 2-1 โครงสร้างข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ และข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ ประกอบด้วย อุปกรณ์หลักต่างๆ (Major Components) การแบ่งระดับของระบบ (Classification System) และรายการที่จัดเก็บ (Inventory) ส่วนข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย เหตุการณ์ สาเหตุหลัก (Primary Cause) และอุปกรณ์ย่อย (Subcomponent) ซึ่งผลลัพธ์คือ สถิติสมรรถนะ (Performance Statistic) ข้อมูลทั้งสองส่วน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์

2.5.1.1 อุปกรณ์หลัก

ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบ่งอุปกรณ์หลักเป็น 7 ชนิดได้แก่ สายจำหน่าย (Distribution Line) เคเบิลจำหน่าย (Distribution Cable) หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) หม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) อุปกรณ์สวิตชิง (Switching Devices) เรกกูเรเตอร์ (Regulator) และตัวเก็บประจุ (Capacitor) โดยเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้น จะถือว่าเป็นเกิดขึ้นจากอุปกรณ์หลักเพียงหนึ่งตัว ยกเว้นกรณี Common Mode Failure และการขัดข้องของอุปกรณ์หลัก ที่มีสาเหตุจากอุปกรณ์อื่นๆ จะไม่มีการบันทึก แนวคิดนี้สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ

2.5.1.2 การแบ่งระดับของระบบ

อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกแบ่งตามคุณลักษณะที่สังเกตได้อย่างชัดเจนเช่น ระดับแรงดัน ผู้ผลิต (Manufacturer) และพิกัด (Rating) เป็นต้น ทำให้สามารถอธิบายคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่ระดับแรงดัน ผู้ผลิตและพิกัดที่ต่างกัน คุณสมบัติการทำงานของอุปกรณ์อาจจะแตกต่างกันด้วย

2.5.1.3 รายการที่จัดเก็บ

ปริมาณของอุปกรณ์หลักแต่ละตัวที่มีอยู่ในระบบ จะมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตลอดเวลา ดังนั้นการรายงานจำนวนอุปกรณ์ควรกระทำเป็นรายปี (Annually) ประกอบด้วย ความยาวสายจำหน่ายและเคเบิล จำนวนอุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น เพื่อนำไปใช้คำนวณสถิติของแต่ละอุปกรณ์

2.5.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์

ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ แบ่งเป็น 2 แบบคือ เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ (Force Outage) และเหตุการณ์วางแผนไฟฟ้าดับ เหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์เกิดชำรุดเสียหายไม่สามารถทำงานได้ ทำให้เกิดไฟฟ้าดับ โดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้าหรือไม่ทราบมาก่อน ส่วนเหตุการณ์วางแผนไฟฟ้าดับ เป็นเหตุการณ์ที่ทราบล่วงหน้า มีการวางแผนมาก่อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือการก่อสร้างระบบ

2.5.2.1 สาเหตุหลักที่ทำให้ไฟฟ้าดับ

สาเหตุหลักต่างๆที่ทำให้อุปกรณ์หลักเกิดการขัดข้อง ได้แก่ อุปกรณ์ชำรุด (Defective Equipment) สภาพอากาศ (Adverse Weather) สภาพแวดล้อม (Adverse Environment) มนุษย์ (Human) การรบกวนจากภายนอก (Foreign Interference) และไม่ทราบสาเหตุ (Unknown)

2.5.2.2 อุปกรณ์ย่อย

การระบุรายละเอียดเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์หลัก มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์หลัก อุปกรณ์ย่อยแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ อุปกรณ์ย่อยภายใน (Internal Subcomponent) และอุปกรณ์ย่อยภายนอก (External Subcomponent) อุปกรณ์ย่อยภายในของ

อุปกรณ์หลักแต่ละตัวมีแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น หม้อแปลงกำลัง จะมีอุปกรณ์ระบายความร้อนเป็นอุปกรณ์ย่อย ส่วนอุปกรณ์ย่อยภายนอก (External Subcomponent) ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ควบคุมและป้องกัน (Control and Protection Equipment) ตัวล่อฟ้า (Surge Arrester) บัส (Bus) สวิตช์ตัดตอน (Disconnect) หม้อแปลงแรงดันและกระแส

รายละเอียดข้อมูลต่างๆข้างต้น สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบข้อมูลความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ เพื่อใช้คำนวณอัตราการล้มเหลว และระยะเวลาการขัดข้องของอุปกรณ์ เพื่อเป็นข้อมูลป้อนเข้าในการประเมินสมรรถนะของระบบในอนาคตต่อไปได้

2.6 แนวคิดข้อมูลสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้อุปกรณ์ระบบส่ง

และระบบจำหน่ายไฟฟ้า [17]

การประเมินความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ระบบส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้า สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ข้อมูลเอกสารจากที่เกิดเหตุหรือหน่วยงาน (Field Data) จากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณเป็นสถิติดัชนี โดยค่าดัชนีจะเปลี่ยนแปลงตามข้อมูลที่ป้อนเข้า

ข้อมูลที่เกิดเหตุแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ ข้อมูลกระบวนการล้มเหลว (Failure Process) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม (Environmental Effects) และข้อมูลกระบวนการกลับคืนสภาพ (Restoration Process) ข้อมูลแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1 ข้อมูลกระบวนการล้มเหลว แบ่งเป็น 2 แบบคือ การล้มเหลวแบบลัดวงจร (Short Circuit Failure) และการล้มเหลวแบบเปิดวงจร (Open Circuit Failure)

2.6.1.1 การล้มเหลวแบบลัดวงจร

คือ ความผิดปกติ (Fault) ซึ่งเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการขัดข้องขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง เกี่ยวข้องกับการทำงานลัดวงจรของวงจรเบรกเกอร์ การล้มเหลวแบบลัดวงจร แบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

ก) ความผิดปกติแบบถาวร (Permanent or Damage Fault)

เป็นการล้มเหลวที่ต้องมีการซ่อมแซม (Repair) หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เกิดความเสียหายจากการขัดข้องนั้น

ข) ความผิดปกติแบบชั่วคราว (Temporary or Undamaged Fault)

เป็นการขัดข้องที่เกิดขึ้นแล้ว ไม่ทำให้เกิดอุปกรณ์เกิดความเสียหาย เมื่อมีการตรวจสอบทางกายภาพแล้ว สามารถกลับมาใช้งานได้ดังเดิม

ค) ความผิดปกติแบบชั่วคราว (Transient)

เป็นการขัดข้องที่คล้ายกับความผิดปกติแบบชั่วคราว บางครั้งสามารถรวมเป็นกลุ่มเดียวกันกับความผิดปกติแบบชั่วคราวได้ เกี่ยวข้องกับการคืนสภาพการทำงานของระบบ โดยใช้เวลาน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ ในสหราชอาณาจักร ระบุให้ความผิดปกติแบบนี้เป็นไฟฟ้าดับแบบชั่วคราว มีระยะเวลาน้อยกว่า 1 นาที

2.6.1.2 การล้มเหลวแบบเปิดวงจร

เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นน้อยมาก เกิดจากการทำงานที่ผิดพลาด (Mal Function) ของวงจรเบรกเกอร์

2.6.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

การทำงานของระบบไฟฟ้ากำลัง จะได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศที่เลวร้าย (Adverse Weather) ต่างๆ เช่น ฟ้าผ่า ลมพายุ หิมะ และน้ำแข็ง เป็นต้น ทำให้อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ในระบบส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น สภาพอากาศที่เกิดขึ้นมักมีการระบุในรายงาน แต่การคำนวณอัตราการล้มเหลวและค่าดัชนี ที่มีสาเหตุมาจากสภาพอากาศไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวที่รวบรวมไม่เพียงพอต่อการคำนวณ

2.6.3 ข้อมูลกระบวนการกลับคืนสภาพ

ข้อมูลกระบวนการกลับคืนสภาพแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลการแก้ไขเพื่อให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟ (Restoring Supply to The Customer) และข้อมูลการแก้ไขให้อุปกรณ์ที่ล้มเหลว (Restoring a Failed Component) ให้กลับมาใช้งานได้ตามเดิม ข้อมูลการแก้ไขเพื่อให้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟได้เป็นปกติดังเดิม จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ ส่วนข้อมูลการแก้ไขอุปกรณ์ จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ และนำค่าอัตราการล้มเหลวที่คำนวณได้ ไปใช้ในประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคต

กระบวนการกลับคืนสภาพ แบ่งเป็นเหตุการณ์ย่อยต่างๆ ได้แก่ การซ่อมแซม การเปลี่ยน และการสวิตช์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์การล้มเหลวแบบต่างๆ ดังนี้

2.6.3.1 การซ่อมแซมหรือการเปลี่ยน

จะใช้กับความผิดปกติแบบถาวร ในทางปฏิบัติการทำให้ระบบ สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อีกครั้ง มักจะมีการซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดให้กลับมาทำงานได้ หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดนั้นออก แล้วนำอุปกรณ์ใหม่ที่ใช้งานได้เข้ามาติดตั้งแทนในระบบ

2.6.3.2 การสวิตช์ด้วยมือ (Manual Switching)

ใช้กับความผิดปกติแบบชั่วคราวและเมื่อต้องการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปให้ผู้ใช้ไฟบางส่วนจากแหล่งจ่ายไฟอื่น ในกรณีที่ต้องการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์

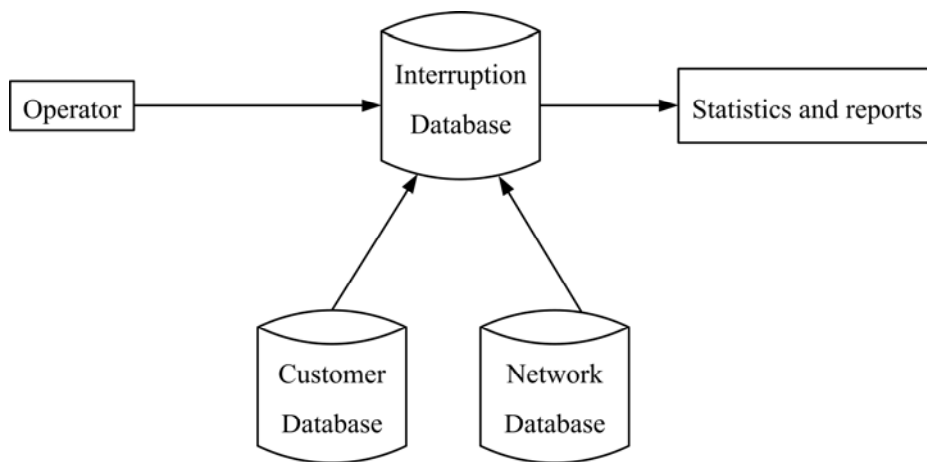
2.6.3.3 การสวิตช์แบบอัตโนมัติ (Automatic Switching)

ใช้กับความผิดพลาดแบบชั่วขณะ

คุณภาพของข้อมูลที่มีการบันทึกขึ้นอยู่กับ 2 ตัวแปรคือ ความไว้วางใจ (Confidence) และตรงกับวัตถุประสงค์ของปัญหา (Relevance) ข้อมูลที่รวบรวมได้สามารถนำไปใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต และการหาค่าสถิติต่างๆเช่น อัตราการล้มเหลว และเวลาการขัดข้อง เป็นต้น และนำไปสู่การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคตที่ยอมรับได้ โดยการนำค่าอัตราการล้มเหลว และเวลาการขัดข้อง เป็นข้อมูลป้อนเข้าในแบบจำลองความเชื่อถือได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ดัชนีความเชื่อถือได้ในอนาคต เพื่อใช้ในการทำนายสภาวะการทำงานของระบบต่อไป

2.7 วิธีการรวบรวมสถิติข้อมูลไฟฟ้าดับขั้นสูงกับภายใต้การกำกับดูแลที่น่าพึงพอใจ [18]

เนื่องจากปริมาณข้อมูลไฟฟ้าดับมีจำนวนมาก จึงมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ มาใช้ในการจัดการข้อมูลไฟฟ้าดับ โดยจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ในระบบฐานข้อมูล รูปแบบดังกล่าวสามารถบันทึกข้อมูลไฟฟ้าดับ ซึ่งเป็นข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นในด้านทุติยภูมิสถานีย่อยหรือระดับสายป้อน และสามารถแสดงผลเป็นรายงานเหตุการณ์และสถิติต่างๆได้



ภาพที่ 2-2 แบบจำลองการเก็บรวบรวมสถิติข้อมูลไฟฟ้าดับ

จากภาพที่ 2-2 แสดงแบบจำลองการเก็บรวบรวมสถิติข้อมูลไฟฟ้าดับโดยเก็บข้อมูลไฟฟ้าดับไว้ในฐานข้อมูล ภายใต้ระบบปฏิบัติการที่ไม่มีการเชื่อมต่อ (Stand-Alone) ข้อมูลป้อนเข้าแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลการรับแจ้งเหตุจากพนักงาน (Operator) ฐานข้อมูลผู้ใช้ไฟ (Customer Database) และฐานข้อมูลวงจรจ่าย (Network Database) ข้อมูลการรับแจ้งเหตุจากพนักงาน เป็นรายละเอียดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ โดยจะพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับสถานีและ

สายป้อนเท่านั้น ข้อมูลได้แก่ วันที่ เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด ระยะเวลา สาเหตุ ชนิดความผิดปกติ ตำแหน่งที่เกิดเหตุ และสภาพอากาศขณะเกิดเหตุ เป็นต้น ฐานข้อมูลผู้ใช้ไฟเป็นข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟของแต่ละสถานี และฐานข้อมูลวงจรรายเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในวงจร ได้แก่ ชื่อสถานี และชื่อสายป้อน เป็นต้น

เมื่อต้องการรายงานเหตุการณ์และสถิติต่างๆ จะนำข้อมูลทั้งสามส่วนที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล (Database) มาประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆหรือ โปรแกรมประยุกต์ (Application Software) จะจัดการกับข้อมูล โดยผ่านระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System, DBMS) และสามารถรายงานเหตุการณ์และสถิติต่างๆบนหน้าต่าง (Window) ของโปรแกรมได้

2.8 สรุปผลจากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา

จากเนื้อหาของงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ นำเสนอรูปแบบโครงสร้างข้อมูลที่มีการบันทึก ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติการมีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟ ในระดับแรงดันของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เงื่อนไขต่างๆของการประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และการรายงานความเชื่อถือได้

ถึงแม้แต่ละงานวิจัยจะมีรูปแบบโครงสร้างข้อมูลที่แตกต่างกัน แต่แท้จริงแล้ว สามารถแบ่งประเภทข้อมูลได้เป็น 2 กลุ่มคือ ข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรราย

เหตุการณ์ไฟฟ้าดับแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน และไฟฟ้าดับแบบชั่วคราว ข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งที่ต้องมีการบันทึก คือ ข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ ไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน ส่วนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับแบบชั่วคราว จะบันทึกหรือไม่ ถ้าเป็นไปได้ควรจะมีการบันทึกด้วย เพื่อนำสถิติข้อมูลมาเป็นแนวทางในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับแบบชั่วคราวบ่อยครั้ง ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวอาจจะนำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลานานได้ ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน ได้แก่ วันที่และเวลาที่เกิดเหตุ วันที่และเวลาที่สิ้นสุดเหตุการณ์ ระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับ สถานีหรือสายป้อนที่เกิดเหตุ ระดับแรงดันที่เป็นสาเหตุ ชนิดของความผิดปกติ อุปกรณ์ที่เป็นสาเหตุ สภาพอากาศขณะเกิดเหตุ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบจากไฟฟ้าดับ เป็นต้น ส่วนเหตุการณ์ไฟฟ้าดับแบบชั่วคราว จะบันทึกข้อมูลจำนวนครั้งที่เกิดเหตุ เท่านั้น

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรราย เป็นข้อมูลที่มีการติดตั้งอยู่ในระบบที่พิจารณา และมีการจัดเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะมีปรับปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นรายปี ได้แก่ ความสาย จำนวนอุปกรณ์แต่ละชนิด จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด กำลังไฟฟ้าที่มีการติดตั้ง จำนวนสถานี เป็นต้น ข้อมูล

ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์แต่ละชนิด ดัชนีความเชื่อถือได้ เป็นต้น

การประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จะพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับของสถานีย่อยและการทำงานของวงจรเบรกเกอร์ที่สายป้อนเท่านั้น จะไม่พิจารณาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับสถานีย่อย วงจรเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ เซกชันนัลไลน์เซอร์ และฟิวส์ เนื่องจากค่า SAIFI และ SAIDI ที่ได้มีการพิจารณาในระดับสถานีย่อยและการทำงานของวงจรเบรกเกอร์จะมีความถูกต้องมากกว่า ข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่มีสาเหตุมาจาก การขัดข้องระบบผลิตไฟฟ้าและระบบส่ง การวางแผนดับไฟ และภัยธรรมชาติที่ร้ายแรง ข้อมูลดังกล่าวจะไม่นำมาใช้ในการคำนวณดัชนี แต่จะถูกนำไปใช้ในการพิจารณาด้านความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

การรายงานความเชื่อถือได้ การรายงานค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI และการรายงานเหตุการณ์ การรายงานค่าดัชนีจะมีการรายงานเป็นรายปี โดยจะพิจารณาจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคมของแต่ละปี เพื่อประเมินและวิเคราะห์การทำงานของระบบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงการทำงานของระบบที่พิจารณาต่อไป

บทที่ 3

รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3.1 ทำไมต้องเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าไว้ในฐานข้อมูล

ในการวิเคราะห์วางแผนปรับปรุงความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลสถิติการมีไฟฟ้าใช้ในอดีตของระบบ เพื่อให้ทราบว่าระบบปัจจุบันที่เป็นอยู่ มีความเชื่อถือได้ อยู่ในระดับสูงหรือต่ำ อุปกรณ์หรือสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดับมีอะไรบ้าง การพิจารณาระดับความเชื่อถือได้ จะพิจารณาจากค่าดัชนีที่คำนวณได้ ถ้าพื้นที่ใดมีค่าดัชนีมาก นั้นหมายถึง ระดับความเชื่อถือได้หรือการบริการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบ ในพื้นที่นั้น มีความเชื่อถือได้ต่ำ

การเก็บข้อมูลถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด สำหรับการวิเคราะห์และวางแผนปรับปรุงการทำงานของระบบ ถ้าไม่มีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ เพื่อปรับปรุงระบบให้มีความเชื่อถือได้ที่ดีขึ้นก็จะทำได้ยาก หรือข้อมูลที่เก็บบันทึกมีความไม่ถูกต้อง จะทำให้ผลการคำนวณค่าดัชนีนั้นผิดไปจากความเป็นจริง ดังนั้นการเก็บข้อมูลสถิติการมีไฟฟ้าใช้ของผู้ใช้ไฟ จึงมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์และวางแผนปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบอย่างยิ่ง

แต่การเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว ใช้เวลาในการรวบรวมนานและมีความซับซ้อน เนื่องจากปริมาณข้อมูลมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างไม่จำกัดจำนวน อีกทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาท จึงมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามามีใช้ในการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนและความขัดแย้งกันของข้อมูล โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะต้องมีการจัดการ โดยสิ่งที่เรียกว่า “ระบบจัดการฐานข้อมูล” และถ้าข้อมูลในฐานข้อมูลมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ก็จะทำให้การจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น แทนที่จะต้องไล่เปิดทีละตาราง ก็สามารถเปิดดูตารางที่ต้องการโดยระบุเงื่อนไขได้ทันที การจัดการข้อมูลลักษณะนี้เรียกว่า “ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์” (Relational Database Management System, RDBMS) ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลในลักษณะต่างๆ ได้เช่น การเพิ่ม การแก้ไข และการเรียกดูข้อมูล เป็นต้น [19]

ในปัจจุบันการจัดโครงสร้างข้อมูลให้เป็นแบบฐานข้อมูลกำลังเป็นที่นิยม ทุกหน่วยงานที่มีการใช้ระบบสารสนเทศ จะจัดทำข้อมูลให้เป็นแบบฐานข้อมูล เนื่องจากปริมาณข้อมูลมีมาก ถ้าจัดข้อมูลเป็นแบบแฟ้มข้อมูล จะทำให้มีแฟ้มข้อมูลเป็นจำนวนมาก และจะทำให้เกิดข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกันได้ ข้อมูลที่ซ้ำซ้อนนี้จะก่อให้เกิดปัญหามากมาย

3.2 ความหมายของฐานข้อมูล [20]

ฐานข้อมูล หมายถึง กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่าข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน หรือแยกเก็บหลายๆแฟ้มข้อมูล นั่นก็คือการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลนั้น อาจจะเก็บทั้งฐานข้อมูล โดยใช้แฟ้มข้อมูลเพียงแฟ้มข้อมูลเดียวกันได้ หรือจะเก็บไว้ในหลายๆแฟ้มข้อมูล ที่สำคัญจะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และเรียกใช้ความสัมพันธ์นั้นได้ นอกจากนี้จะต้องมีการกำจัดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและเก็บแฟ้มข้อมูลเหล่านี้ไว้ที่ศูนย์กลาง เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ร่วมกัน สามารถควบคุมดูแลรักษา เมื่อผู้ต้องการใช้งาน และผู้มีสิทธิ์จะใช้ข้อมูลนั้น สามารถดึงข้อมูลที่ต้องการออกไปใช้ได้ ข้อมูลบางส่วนอาจใช้ร่วมกับผู้อื่นได้ แต่ข้อมูลบางส่วนผู้มีสิทธิ์เท่านั้น จึงจะสามารถใช้ข้อมูลได้

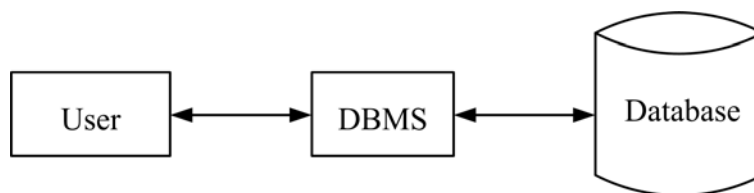
การควบคุมดูแลการใช้ฐานข้อมูลนั้น เป็นเรื่องที่ยากกว่าการใช้แฟ้มข้อมูลมาก เนื่องจากจะต้องตัดสินใจว่าโครงสร้างในการจัดเก็บข้อมูลควรจะเป็นเช่นไร การเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างและเรียกใช้ข้อมูลจากโครงสร้างเหล่านี้ ถ้าโปรแกรมเหล่านี้เกิดทำงานผิดพลาดขึ้นมา ก็เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างของข้อมูลทั้งหมดได้ เพื่อเป็นการลดภาวะการทำงานของผู้ใช้ จึงได้มีส่วนของฮาร์ดแวร์และโปรแกรมต่างๆ ที่สามารถเข้าถึงและจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือน สื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล มีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขฐานข้อมูล หรือเรียกสอบถาม (Query) เพื่อให้ได้ข้อมูลมา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียด ภายในโครงสร้างภายในของฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นฐานข้อมูลรูปแบบหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่ง่าย ต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูล แม้ว่าฐานข้อมูลชนิดนี้จะทำงานช้าและต้องการเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงก็ตาม แต่ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จนสามารถตอบสนองความต้องการของฐานข้อมูลดังกล่าวได้

3.3 ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ [21]

ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1970 โดย E. F. Codd จากบริษัท IBM ฐานข้อมูลประกอบด้วย กลุ่มของตาราง (Tables) แบบ 2 มิติ โดยแบ่งเป็นแถว (Row) และ คอลัมน์ (Column) แต่ละแถวจะใช้เก็บข้อมูล 1 เรคคอร์ด แต่ละคอลัมน์จะใช้เก็บค่าของฟิลด์ต่างๆ ของข้อมูลภายในตารางนั้น ๆ และมีการเชื่อมโยงระหว่างตารางที่มีความสัมพันธ์กัน

ในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างตาราง จะเชื่อมโยงโดยใช้คอล์มน์ที่มีอยู่ในตารางเป็นตัวเชื่อม เนื่องจากข้อมูลในฐานข้อมูลมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ดังนั้นการจัดการข้อมูล มีเป็นรูปแบบระบบการจัดการข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้ภาษา SQL (Structured Query Language) ในสอบถามหรือเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ตัวอย่างระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ Oracle Database Sever, MySQL Database Server, Microsoft Visual Foxpro, Microsoft SQL Server และ Microsoft Access เป็นต้น



ภาพที่ 3-1 การติดต่อข้อมูลภายในฐานข้อมูลของผู้ใช้

จากภาพที่ 3-1 แสดงการติดต่อข้อมูลภายในข้อมูลของผู้ใช้ การติดต่อข้อมูลจะต้องกระทำผ่านโปรแกรมที่เรียกว่า โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างผู้ใช้และฐานข้อมูล เพื่อจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความเข้าซึ้นและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆภายในฐานข้อมูล แทนนักเขียนโปรแกรม (Programmer) ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถที่จะเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยไม่จำเป็นต้องทราบโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูล เนื่องจากโปรแกรมนี้อาจมีส่วนของภาษาสอบถาม (Query Language) สำหรับระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จะใช้ภาษา SQL เป็นภาษาสอบถามหรือเรียกใช้ข้อมูล ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆที่ใช้ในการจัดการและเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล สามารถใช้ร่วมกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆได้ เช่น PHP, ASP และ JSP เป็นต้น ในการพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์สำหรับเว็บต่อไป

3.4 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูล [21]

การจัดการข้อมูลให้เป็นระบบ ฐานข้อมูล เป็นเรื่องที่ต้องกักรต่างๆให้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบฐานข้อมูลทำให้การจัดการสารสนเทศขององค์กร มีคุณลักษณะที่ดีหลายประการ รายละเอียดดังนี้

3.4.1 ลดการเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อน

เนื่องจากการใช้งานระบบฐานข้อมูล ต้องมีการออกแบบฐานข้อมูล ไม่ให้มีการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนกันหลายแห่ง เพื่อป้องกันการปรับปรุงข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน แล้วจะทำให้เกิดความขัดแย้งกันของข้อมูลตามมา และยังเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลด้วย การออกแบบฐานข้อมูลดังกล่าว จะทำให้ข้อมูลในฐานข้อมูลเกิดความซ้ำซ้อนกันน้อยที่สุด

3.4.2 รักษาความถูกต้องของข้อมูล

เนื่องจากระบบจัดการฐานข้อมูล เป็นองค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ของระบบฐานข้อมูล มีความสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้เป็นอย่างดี โดยถือเป็นหน้าที่ของระบบจัดการฐานข้อมูล ที่จะจัดการเรื่องความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูล เช่นในกรณีที่มีข้อมูลชุดเดียวกันปรากฏอยู่หลายแห่ง ในฐานข้อมูลเดียวกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องตรงกัน ถ้ามีการแก้ไขข้อมูลนี้ทุกๆ แห่ง ที่ข้อมูลนั้นปรากฏอยู่ ระบบจัดการฐานข้อมูลจะแก้ไขข้อมูลให้มีความถูกต้อง ตรงกันหมดโดยอัตโนมัติ

3.4.3 การป้องกันและรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูลทำได้สะดวก

เนื่องจากระบบฐานข้อมูลส่วนใหญ่ จะมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล โดยจะให้สิทธิเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น เข้าไปใช้ฐานข้อมูลได้ จึงต้องมีการกำหนดสิทธิ์ไว้ก่อนล่วงหน้า และในการเข้าใช้งานฐานข้อมูล สำหรับผู้ใช้แต่ละคน ผู้ใช้จะเห็นข้อมูลที่ถูกรวบรวมไว้ในฐานข้อมูล ตามสิทธิ์ที่ได้รับจากระบบผู้ใช้ (User) และรหัสผ่าน (Password) ของตนเอง

3.4.4 สามารถใช้ข้อมูลในฐานข้อมูลร่วมกันได้

เนื่องจากระบบฐานข้อมูลจะเป็นศูนย์กลางที่เก็บรวบรวมข้อมูลของหน่วยงานย่อยๆ ภายในองค์กรไว้ด้วยกัน ผู้ใช้แต่ละคนสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ของหน่วยงานอื่นๆ ได้ ผ่านระบบฐานข้อมูล แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสิทธิ์ที่ได้รับดังกล่าวข้างต้น

3.4.5 มีความเป็นอิสระของข้อมูล

เมื่อผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อมูล หรือนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา สามารถสร้างข้อมูลนั้นขึ้นมาใช้ใหม่ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบฐานข้อมูล เพราะข้อมูลที่ผู้ใช้นำมาประยุกต์ใช้ใหม่นั้น จะไม่กระทบต่อโครงสร้างที่แท้จริงของการจัดเก็บข้อมูล นั่นคือ การใช้ระบบฐานข้อมูล จะทำให้เกิดความเป็นอิสระระหว่างการจัดเก็บข้อมูลและการประยุกต์ใช้

บทที่ 4

การออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

4.1 ส่วนนำของเนื้อหา [22, 23, 24]

เนื้อหาในบทนี้ ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เริ่มจากการศึกษาแบบแผนการบันทึกเก็บข้อมูล วิธีการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI และโครงสร้างข้อมูลที่มีการจัดเก็บ รวมทั้งได้พิจารณาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น กับโครงสร้างข้อมูลในแต่ละตารางของระบบงานเดิม จากนั้นจึงพัฒนาปรับปรุงแบบแผนการบันทึกและโครงสร้างข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยเริ่มจากการเขียนแผนภาพ E-R (Entity – Relationship Diagram, E-R) เพื่อแสดงเอนทิตี แอททริบิวต์ของแต่ละเอนทิตี และความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีที่มีทั้งหมด ของระบบงานที่ได้ออกแบบในลักษณะแผนภาพ หลังจาก ที่สร้างแผนภาพ E-R แล้ว ขั้นตอนถัดไป คือ การแปลงแผนภาพ E-R ให้เป็นรีเลชัน และแปลง ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ให้เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้น ถ้ารีเลชันใดไม่เป็น รูปแบบบรรทัดฐาน จะถูกนำมาปรับบรรทัดฐาน โดยผ่านกระบวนการปรับบรรทัดฐาน (Normalization Process) เมื่อผ่านกระบวนการปรับบรรทัดฐานแล้ว แบบจำลองที่ได้ จะเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเลือกประเภทระบบการจัดการ ฐานข้อมูล ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้โปรแกรม MySQL ซึ่งเป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ชนิดหนึ่ง จากนั้นจึงกำหนดประเภทและขนาดข้อมูลให้ตรงกับฐานข้อมูลที่ใช้ ซึ่ง สามารถนำแบบจำลองที่ได้ ไปใช้กับระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ต่อไป

4.2 แบบแผนการบันทึกเก็บข้อมูลของระบบงานเดิม [25, 26]

แบบแผนการบันทึกข้อมูลความเชื่อถือได้ของระบบงานเดิม วิธีการบันทึกข้อมูลคือ จะนำข้อมูลที่รวบรวมทั้งหมด ไปเก็บบันทึกในแฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุล DBF ในครั้งเดียว จะไม่มีการบันทึกทีละรายการ แฟ้มข้อมูลต่างๆจะถูกเก็บไว้ในไฟล์เดอร์เดียวกันหรือฐานข้อมูล แฟ้มข้อมูลที่มีการจัดเก็บได้แก่ Year200X.DBF, AREA_FDR.DBF, NW_CAUSE.DBF และ COMPONET.DBF แต่ละแฟ้มข้อมูลจะเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางซึ่งเก็บข้อมูลต่างๆ รายละเอียดดังนี้

4.2.1 แฟ้มข้อมูลตาราง Year200X.DBF

จะเก็บบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

4.2.2 เพิ่มข้อมูลตาราง AREA.DBF

จะเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีแล้ว ในแต่ละเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งแบ่งเป็น 3 เขตพื้นที่ ได้แก่ เขตเมืองและธุรกิจ เขตนิคมอุตสาหกรรม เขตชานเมืองและชนบท

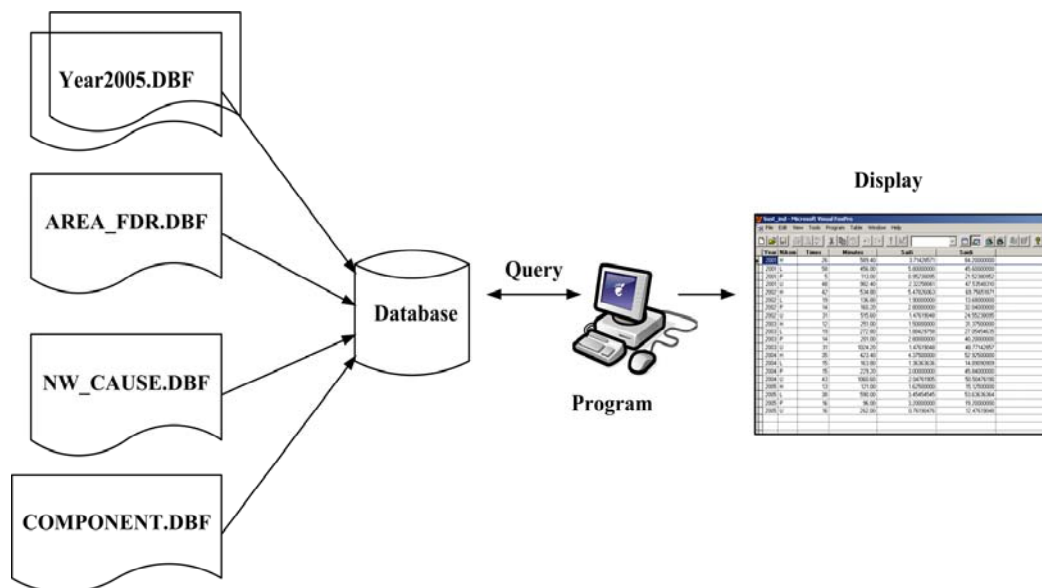
4.2.3 เพิ่มข้อมูลตาราง NW_CAUSE.DBF

จะเก็บบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

4.2.4 เพิ่มข้อมูลตาราง COMPONENT.DBF

จะเก็บบันทึกข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

รายละเอียดข้อมูลในแต่ละตารางจะแสดงดังตารางที่ 4-1 เมื่อต้องการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI จะใช้โปรแกรม Microsoft Visual FoxPro ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ชนิดหนึ่ง สอบถามข้อมูลหรือจัดการกับข้อมูลภายในฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL เพื่อคำนวณและรายงานค่าดัชนีผ่านหน้าต่างของโปรแกรม ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 แบบแผนการบันทึกข้อมูลของระบบงานเดิม

ตารางที่ 4-1 ตารางข้อมูลที่มีการบันทึกของระบบงานเดิม

ตาราง	คอลัมน์
AREA_FDR	เดือน, ปี, ชื่อเขตพื้นที่ (แสดงจำนวนสายป้อนที่มีการต่อของแต่ละเขต)
YEAR200X	วันเดือนปี, เดือน, ปี, ชื่อสถานีย่อย, เวลา CB open, เวลา CB close, ระยะเวลาที่โหลดหายไปช่วงที่ 1, เวลาที่โหลดปกติ, ระยะเวลาไฟฟ้าดับ, โหลดที่หายไปช่วงที่ 1, โหลดที่หายไปช่วงที่ 2, ระดับแรงดัน, สภาพอากาศ, รหัสสาเหตุ, รหัสอุปกรณ์, รหัสพื้นที่
NW_CAUSE	รหัสสาเหตุ, ชื่อสาเหตุ
COMPONENT	รหัสอุปกรณ์, ชื่ออุปกรณ์

จากตารางที่ 4-1 แสดงตารางข้อมูลที่มีการบันทึกของระบบงานเดิม ประกอบด้วย ตารางข้อมูล 4 ตาราง แต่ละตารางจะมีประกอบด้วยคอลัมน์ต่างๆรายละเอียดมีดังนี้

4.2.5 ตาราง AREA_FDR

ประกอบด้วยคอลัมน์ ปี เดือน ชื่อเขตพื้นที่ ซึ่งจะแสดงจำนวนสายป้อนที่มีการต่อในแต่ละเดือนของเขตพื้นที่

4.2.6 ตาราง YEAR200X

ประกอบด้วยคอลัมน์ วันเดือน ปี ชื่อสถานีย่อย เวลา CB open เวลา CB close ระยะเวลาที่โหลดหายไปช่วงที่ 1 เวลาที่โหลดปกติ ระยะเวลาไฟฟ้าดับ โหลดที่หายไปช่วงที่ 1 โหลดที่หายไปช่วงที่ 2 ระดับแรงดัน สภาพอากาศ รหัสสาเหตุ รหัสอุปกรณ์ และรหัสพื้นที่

4.2.7 ตาราง NW_CAUSE

ประกอบด้วยคอลัมน์ รหัสสาเหตุ และชื่อสาเหตุ ตัวชี้เฉพาะในตารางคือ รหัสสาเหตุ และข้อมูลรหัสสาเหตุ ไปปรากฏอยู่ในตาราง YEAR200X

4.2.8 ตาราง COMPONENT

ประกอบด้วยคอลัมน์ รหัสอุปกรณ์ และชื่ออุปกรณ์ ตัวชี้เฉพาะในตารางคือ รหัสสาเหตุ และข้อมูลรหัสอุปกรณ์ จะไปปรากฏอยู่ในตาราง YEAR200X

4.3 การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI

การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI มาจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่มีระยะเวลาไฟฟ้าดับมากกว่าหนึ่งนาทีก่อนการไฟฟ้านครหลวง ที่รวบรวมได้ในแต่ละปี

จากสมการที่ (1-1) ดัชนี SAIFI มีค่าเท่ากับจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบทุกครั้งรวมกันต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด เมื่อคิดจำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ สูตรการคำนวณดัชนีจึงเป็นดังสมการที่ (4-1)

$$SAIFI = \frac{\sum N_i X_i}{N_T} \quad (4-1)$$

เมื่อ N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบจากไฟฟ้าดับครั้งที่ i
 X_i คือ จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ
 N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

เนื่องจากไม่ทราบจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่แน่นอนในแต่ละสายป้อน จึงสมมติให้จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละสายป้อนเท่ากับจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อจำนวนสายป้อนทั้งหมด

$N_i = N_T$ = จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าต่อสายป้อน
 F_T = จำนวนสายป้อนเฉลี่ยที่มีการต่อในระบบในช่วงเวลาที่พิจารณา

ค่าดัชนี SAIFI จะมีค่าเท่ากับผลรวมของจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ต่อจำนวนสายป้อนที่มีการต่อเฉลี่ยในช่วงเวลาที่พิจารณา ดังสมการที่ (4-2)

$$\begin{aligned} SAIFI &= \frac{N_T \sum X_i}{N_T \times F_T} \\ &= \frac{\sum X_i}{F_T} \end{aligned} \quad (4-2)$$

จากสมการที่ (1-2) ดัชนี SAIDI จะมีค่าเท่ากับผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบคูณด้วยระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในแต่ละครั้งต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

$$SAIDI = \frac{\sum N_i T_i}{N_T}$$

$$SAIDI = \frac{N_T \sum T_i}{N_T \times F_T}$$

เนื่องจากไม่ทราบจำนวนผู้ใช้ไฟที่แน่นอนในแต่ละสายป้อน จึงสมมติให้จำนวนผู้ใช้ไฟในแต่ละสายป้อน เท่ากับจำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดต่อจำนวนสายป้อนทั้งหมด ค่าดัชนี SAIDI จึงมีค่าเท่ากับผลรวมของจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ต่อจำนวนสายป้อนเฉลี่ยที่มีการต่ออยู่กับสถานีในช่วงเวลาที่พิจารณา ดังสมการที่ (4-3)

$$SAIDI = \frac{\sum T_i}{F_T} \quad (4-3)$$

เมื่อ T_i คือ ระยะเวลาที่ผู้ใช้ไฟไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าหรือระยะเวลาไฟฟ้าดับ

F_T คือ จำนวนสายป้อนเฉลี่ยต่อปีที่มีการต่ออยู่กับสถานี

4.3.1 การคำนวณจำนวนสายป้อนเฉลี่ยต่อปีที่มีการต่ออยู่กับสถานี

การคำนวณจำนวนสายป้อนเฉลี่ยต่อปีที่มีการต่ออยู่กับสถานี จะคำนวณจากผลรวมของจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีในแต่ละปีที่พิจารณาหารด้วยจำนวนเดือนในหนึ่งปี

ตารางที่ 4-2 ข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีในหนึ่งปีของสถานี A

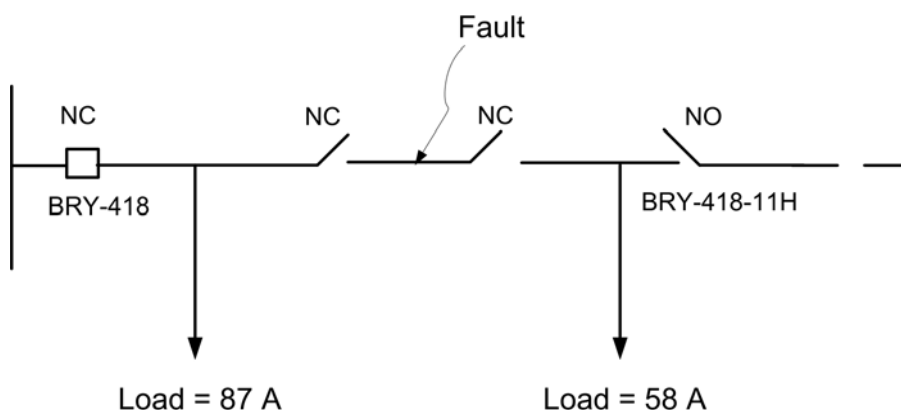
สถานี	เดือน	จำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานี (สายป้อน)
A	มกราคม	10
	กุมภาพันธ์	10
	มีนาคม	10
	เมษายน	10
	พฤษภาคม	10
	กรกฎาคม	10
	สิงหาคม	10
	กันยายน	10
	ตุลาคม	10
	พฤศจิกายน	10
	ธันวาคม	10

จากตารางที่ 4-2 แสดงข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่ในแต่ละเดือนของสถานี A ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม จะมีจำนวนสายป้อนที่มีต่ออยู่กับสถานีเท่ากับ 10 สายป้อน หมายถึงเริ่มต้นที่เดือนมกราคม สถานี A มีจำนวนสายป้อนที่มีการต่อเท่ากับ 10 สายป้อน ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคมไม่มีการต่อสายป้อนเพิ่ม จำนวนสายป้อนจึงมีค่าเท่ากับ 10 สายป้อนเท่าเดิม

ดังนั้นจำนวนสายป้อนเฉลี่ยต่อปีของสถานี A จะมีค่าเท่ากับผลรวมของจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีแต่ละเดือนหารด้วยจำนวนเดือนในหนึ่งปี คือ 120 สายป้อนหารด้วย 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 สายป้อน

4.3.2 การคำนวณระยะเวลาที่ผู้ใช้ไฟไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าหรือระยะเวลาไฟฟ้าดับ (T)

จากภาพที่ 4-2 แสดงตัวอย่างการเกิดความผิดปกติที่สายป้อน ในสภาวะปกติ ก่อนเกิดความผิดปกติ โหลดที่สามารถมองเห็นในสถานีเท่ากับ 145 แอมแปร์ รายละเอียดเหตุการณ์มีดังนี้



ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างการเกิดความผิดปกติที่สายป้อนของสถานี

4.3.2.1 เวลา 21.36 นาฬิกา

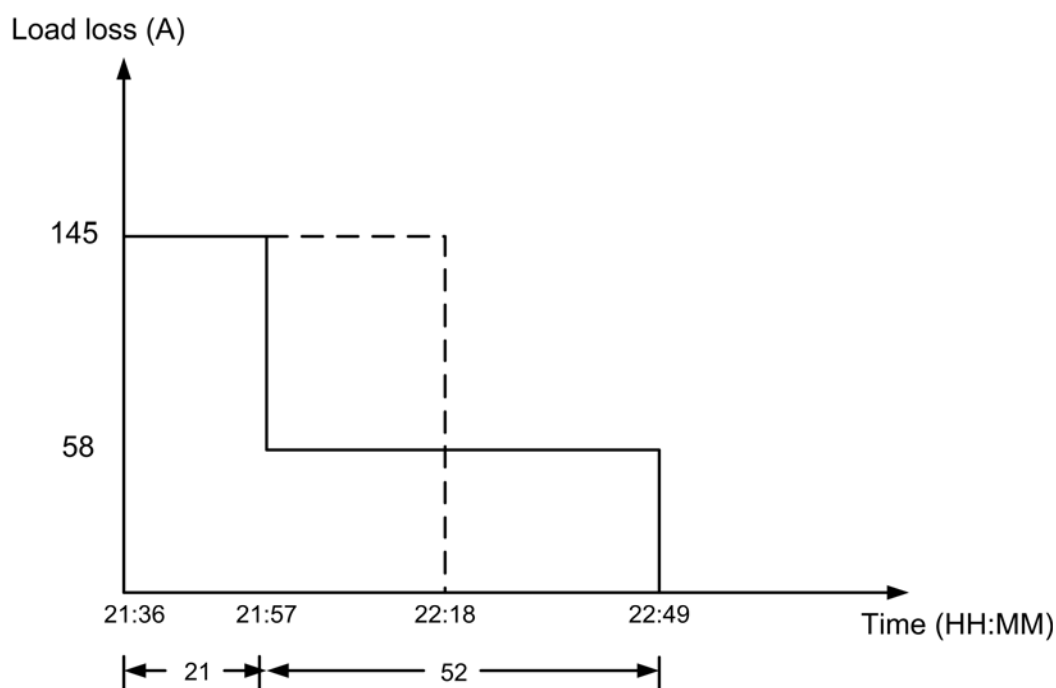
เกิดความผิดปกติขึ้นที่สายป้อน วงจรเบรกเกอร์ BRY-418 จะเปิดวงจร ค่ากระแสที่มองเห็นในสถานี มีค่าเท่ากับศูนย์หรือเกิดการสูญเสียโหลดไป 145 แอมแปร์ จากนั้นสวิตช์ไบเมทัลทั้งสองตัวที่อยู่บนสายป้อนจะเปิดวงจรแยกความผิดปกตินั้นออก เพื่อทำการซ่อมแซม

4.3.2.2 เวลา 21.57 นาฬิกา

วงจรเบรกเกอร์ BRY-418 จะปิดวงจร เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟอีกครั้ง ดังนั้นค่ากระแสที่มองเห็นในสถานีมีค่าเท่ากับ 87 แอมแปร์หรือเกิดการสูญเสียโหลดไป 58 แอมแปร์

4.3.2.3 เวลา 22.49 นาฬิกา

สวิตช์ใบมีด BRY-418-11H จะทำการปิดวงจร โดยจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากอีกสถานีอื่นๆ ค่ากระแสที่มองเห็นในสถานีนี้อาจเท่ากับ 145 แอมแปร์หรือโหลดที่หายไปมีค่าเท่ากับศูนย์

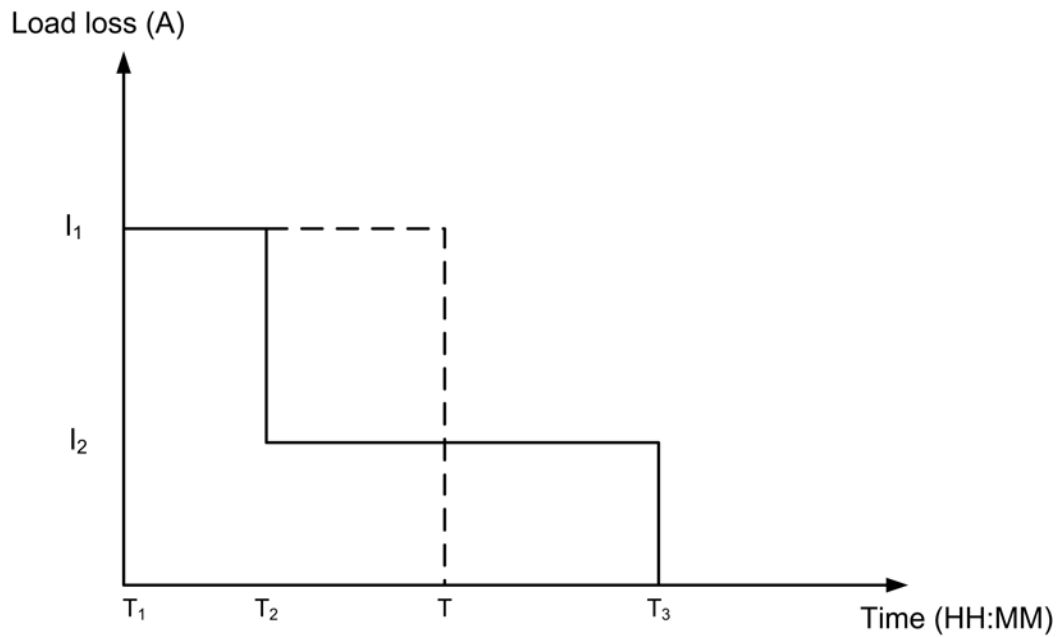


ภาพที่ 4-3 กราฟสถานะโหลดที่หายไปและเวลา จากตัวอย่างการเกิดความผิดปกติที่สายป้อนของสถานี

จากภาพที่ 4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหลดที่หายไปและเวลา จากตัวอย่างการเกิดความผิดปกติที่สายป้อนของสถานี ระยะเวลาไฟฟ้าดับสามารถหาได้ โดยคิดจากระยะเวลาที่โหลดหายไป รายละเอียดการคำนวณมีดังนี้

$$T = (145 \times 21) + (58 \times 52) / 145$$

$$= 41.8 \text{ นาที}$$



ภาพที่ 4-4 กราฟสภาวะโหลดที่หายไปและเวลา

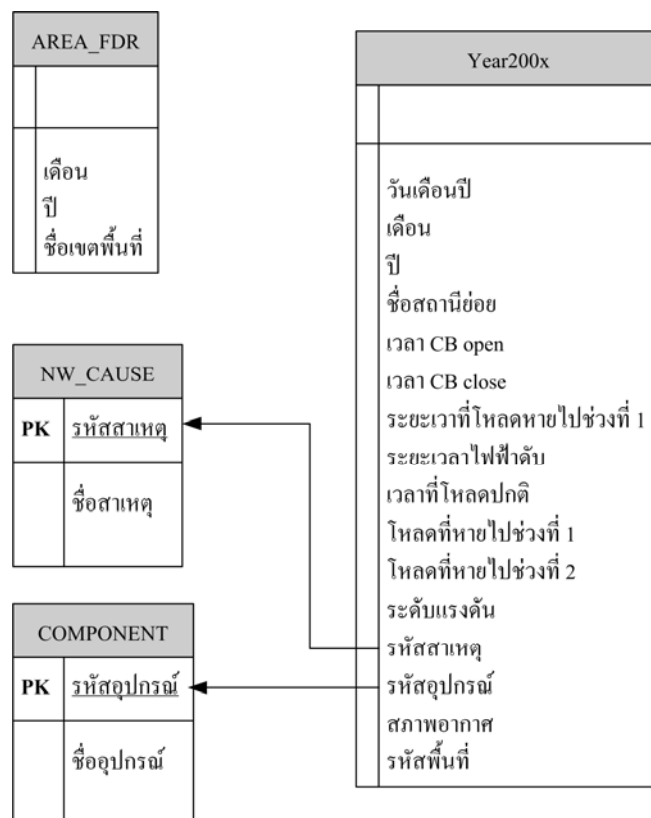
ดังนั้นจากภาพที่ 4-4 สามารถคำนวณระยะเวลาที่โหลดหายไปช่วงที่ 1 และระยะเวลาไฟฟ้าดับดังสมการที่ (4-4) และ (4-5) ตามลำดับ

$$\text{Time_lossload} = (T_2 - T_1) \quad (4-4)$$

$$T = \frac{I_1(\text{Time_lossload}) + I_2(T_3 - T_2)}{I_1} \quad (4-5)$$

เมื่อ	Time_lossload	คือ ระยะเวลาที่โหลดหายไปช่วงที่ 1
	T_1	คือ เวลาการเปิดวงจรของเบรกเกอร์ครั้งที่ 1
	T_2	คือ เวลาการปิดวงจรของเบรกเกอร์ครั้งที่ 1
	T_3	คือ เวลาที่โหลดเป็นปกติ
	I_1	คือ โหลดที่หายไปช่วงที่ 1 (T_1 ถึง T_2)
	I_2	คือ โหลดที่หายไปช่วงที่ 2 (T_2 ถึง T_3)

4.4 โครงสร้างตารางข้อมูลของระบบงานเดิม



ภาพที่ 4-5 โครงสร้างข้อมูลของตารางในฐานข้อมูลระบบงานเดิม

จากภาพที่ 4-5 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตารางในฐานข้อมูลระบบงานเดิม ประกอบด้วย ตารางข้อมูล AREA_FDR, YEAR200X, NW_CAUSE และ COMPONENT จากโครงสร้างข้อมูลในระบบงาน พบว่าข้อมูลในคอลัมน์รหัสสาเหตุของตาราง YEAR200X จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับข้อมูลในคอลัมน์รหัสสาเหตุของตาราง NW_CAUSE และข้อมูลในคอลัมน์รหัสอุปกรณ์ของตาราง YEAR200X จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับข้อมูลในคอลัมน์รหัสอุปกรณ์ของตาราง COMPONENT ส่วนข้อมูลในคอลัมน์อื่นๆของแต่ละตารางในระบบงาน จะไม่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน

จากที่เนื้อหาได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.2 โปรแกรม Microsoft Visual FoxPro เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลชนิดหนึ่ง ที่ใช้สำหรับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ แต่โครงสร้างข้อมูลที่จัดเก็บของระบบงานเดิม ยังไม่เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ซึ่งคุณสมบัติฐานข้อมูลประเภทนี้ คือ แต่ละตาราง

ในฐานข้อมูลจะต้องมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันทั้งหมด โดยมีคอล์มน์ข้อมูลในตารางเป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์

เมื่อระบบการจัดการข้อมูลมาใช้ อาจจะทำให้เกิดปัญหากับข้อมูลในตารางของระบบงานเดิม และอาจจะส่งผล ทำให้การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้เกิดความผิดพลาด ปัญหาต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้น รายละเอียดดังนี้

4.4.1 ความผิดปกติของการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูล (Update Anomaly)

ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแถวใดแถวหนึ่งในตารางของระบบงานไม่ครบถ้วน จะทำให้เกิดความขัดแย้งกันของข้อมูล (Data Inconsistency) ภายในตารางเอง ตัวอย่างเช่น ตาราง YEAR200X ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงชื่อของสถานีย่อยแห่งหนึ่ง โดยเปลี่ยนข้อมูลจาก “A” เป็น “B” จะต้องแก้ไขข้อมูลดังกล่าวให้ครบทุกแถว ถ้าแก้ไขข้อมูลไม่ครบทุกแถว จะทำให้ข้อมูลในตารางเกิดความขัดแย้งกัน ซึ่งจะเกิดปัญหาข้อมูลชื่อของสถานี ชื่อใดเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง

4.4.2 ความผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูล

เนื่องจากมีบางข้อมูลที่ต้องคำนวณด้วยมือ ก่อนที่จะบันทึกเก็บข้อมูลในตาราง YEAR200X ได้แก่เวลาที่ไหลตกหายไปช่วงที่ 1 และระยะเวลาไฟฟ้าดับ ดังสมการที่ (4-4) และ (4-5) ถ้าคำนวณด้วยมือแล้วเกิดความผิดพลาด และมีการบันทึกข้อมูลนั้น ในการคำนวณดัชนี SAIDI จะเกิดความผิดพลาดไปด้วย

4.4.3 ความผิดปกติต่อการลบข้อมูล (Delete Anomaly)

การลบข้อมูล อาจจะทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูลที่ตารางใดตารางหนึ่งได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลในตาราง YEAR200X มีข้อมูลของสถานี A จำนวนหนึ่งแถว เมื่อมีการลบข้อมูลแถวสถานี A ออกไป ทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานี A ทั้งหมด ทั้งๆที่สถานีดังกล่าว มีการต่ออยู่ในระบบแล้ว อีกทั้งเมื่อต้องการป้อนข้อมูลสถานี A ทำให้เสียเวลาในการบันทึกข้อมูลเข้าไปใหม่

4.4.4 ความยุ่งยากในการค้นหา เพื่อแก้ไขและปรับปรุงข้อมูล เนื่องจากบางตารางในฐานข้อมูลไม่มีตัวชี้เฉพาะตัวอย่างเช่น ตาราง Year200X และ AREA_FDR เป็นต้น

เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้น จึงนำโครงสร้างข้อมูลในแต่ละตารางของฐานข้อมูลของระบบงานเดิม มาพัฒนาและปรับปรุงให้เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยเริ่มจากการเขียนแผนภาพ E-R ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูล เป็นการออกแบบฐานข้อมูลในระดับแนวคิด ซึ่งจะใช้แบบจำลองข้อมูลระดับแนวคิดในการออกแบบ ในลักษณะของแผนภาพ E-R รายละเอียดมีดังนี้

4.5 แผนภาพ E-R ของระบบความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

แผนภาพ E-R เป็นแบบจำลองข้อมูลระดับแนวคิด (Conceptual Data Model) อยู่ในขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูลระดับแนวคิด (Conceptual Database Design) เป็นการนำเสนอฐานข้อมูลในลักษณะแผนภาพ เพื่อแสดงเอนทิตีที่มีทั้งหมดในระบบงานที่ออกแบบ แอททริบิวต์ของแต่ละเอนทิตีและความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ก่อนที่จะเขียนแผนภาพ E-R ควรทำความเข้าใจกับคำศัพท์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีในแผนภาพ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

4.5.1 คำศัพท์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพ E-R

4.5.1.1 เอนทิตี (Entity)

คือ สิ่งต่างๆที่ถูกรวบรวมเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในระบบงาน อาจเป็นรูปธรรม สามารถมองเห็นได้เช่น สถานี อุปกรณ์ เป็นต้น หรืออาจเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้เช่น เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ เป็นต้น เอนทิตีในแผนภาพ E-R แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก) เอนทิตีปกติ (Strong Entity)

เป็นเอนทิตีที่ประกอบด้วยสมาชิกที่มีคุณสมบัติ ซึ่งบ่งบอกเอกลักษณ์ของแต่ละสมาชิกนั้น ตัวอย่างเช่น เอนทิตี “สถานีย่อย” มีสมาชิกภายในเอนทิตีได้แก่ ข้อมูลของแต่ละสถานี ประกอบด้วยคุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวกับรหัสสถานีย่อย ชื่อสถานี และระดับแรงดันของสถานี เป็นต้น ข้อมูลแต่ละแถว จะไม่ซ้ำกันเลย ถ้ามีรหัสสถานีย่อยเป็นตัวบ่งบอกเอกลักษณ์ของเอนทิตี “สถานีย่อย” เป็นต้น มีสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ข) เอนทิตีอ่อนแอ (Weak Entity)

เป็นเอนทิตีที่สมาชิกจะสามารถมีคุณสมบัติ ที่บ่งบอกถึงเอกลักษณ์ของแต่ละสมาชิกได้ จะต้องอาศัยคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งของเอนทิตีปกติ มาประกอบกับคุณสมบัติตัวมันเอง มีสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซ้อนกันสองรูป เอนทิตีอ่อนแอในแผนภาพ E-R ได้แก่ เอนทิตี “ดัชนี” ซึ่งต้องอาศัยคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งของเอนทิตี “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” เป็นต้น

4.5.1.2 แอททริบิวต์ (Attribute)

เป็นสิ่งที่ใช้อธิบายคุณลักษณะต่างๆของเอนทิตี มีสัญลักษณ์เป็นรูปวงรี ตัวอย่างเช่น เอนทิตี “สถานีย่อย” ประกอบด้วยแอททริบิวต์ รหัสสถานีย่อย ชื่อสถานีย่อย และระดับแรงดันของสถานี เป็นต้น ในแผนภาพ E-R แอททริบิวต์ สามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

ก) แอททริบิวต์แบบธรรมดา (Simple Attribute)

เป็นแอททริบิวต์ที่ค่าภายในแอททริบิวต์นั้น ไม่สามารถแบ่งย่อยได้อีก เช่น รหัสสถานีย่อย ชื่อ สถานีย่อย และระดับแรงดันของสถานี ของเอนทิตี “สถานีย่อย” เป็นต้น

ข) แอททริบิวต์แบบตัวชี้เฉพาะ (Identifier) หรือคีย์ (Key)

เป็นแอททริบิวต์หรือกลุ่มของแอททริบิวต์ ที่มีค่าในแต่ละสมาชิกของเอนทิตีไม่ซ้ำกัน ซึ่งถูกนำมาใช้กำหนดความเป็นเอกลักษณ์ ให้กับแต่ละสมาชิกในเอนทิตี เช่น “รหัสสถานีย่อย” ของเอนทิตี “สถานีย่อย” ใช้แทนรหัสประจำสถานีของสถานีย่อย ในแผนภาพ E-R จะมีสัญลักษณ์ขีดเส้นใต้ที่ชื่อของแอททริบิวต์นั้น

ค) แอททริบิวต์แบบมีที่มา (Derived Attribute)

เป็นแอททริบิวต์ที่ค่าของข้อมูลนั้น ได้จากการนำเอาค่าของแอททริบิวต์อื่นมาทำการคำนวณ ซึ่งค่าของแอททริบิวต์ประเภทนี้ จะต้องเปลี่ยนแปลงทุกครั้ง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแอททริบิวต์ที่ถูกนำค่ามาคำนวณ เช่น แอททริบิวต์ “เวลาที่ไหลทรายไปช่วงที่ 1” จะได้มาจากแอททริบิวต์ “เวลา CB open” และ “เวลา CB close” ดังสมการที่ (4-3) เป็นต้น ในแผนภาพ E-R จะมีสัญลักษณ์เป็นเส้นประเชื่อม ระหว่างเอนทิตีและแอททริบิวต์

ง) แอททริบิวต์แบบมีค่าเดียว (Single-Valued Attribute)

เป็นแอททริบิวต์ที่มีค่าข้อมูลภายใต้ค่าของแอททริบิวต์ใดแอททริบิวต์หนึ่งเพียงค่าเดียว

4.5.2 ความสัมพันธ์ (Relationships)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีภายในระบบ สัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของสองเอนทิตีหรือมากกว่า สามารถแบ่งประเภทความสัมพันธ์ สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มดังนี้

4.5.2.1 ความสัมพันธ์แบบ 1 : 1 (1 : 1 Relationship)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของเอนทิตี A หนึ่งรายการจะมีความสัมพันธ์กับสมาชิกของเอนทิตี B เพียงหนึ่งรายการเท่านั้น

4.5.2.2 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M (1 : M Relationship)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของเอนทิตี A หนึ่งรายการจะมีความสัมพันธ์กับสมาชิกของเอนทิตี B หนึ่งรายการหรือมากกว่า แต่สมาชิกของเอนทิตี B จะมีความสัมพันธ์กับสมาชิกของเอนทิตี A เพียงหนึ่งรายการเท่านั้น

4.5.2.3 ความสัมพันธ์แบบ M : N (M : N Relationship)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของเอนทิตี A แต่ละรายการ จะมีความสัมพันธ์กับสมาชิกของเอนทิตี B หนึ่งรายการหรือมากกว่า และสมาชิกของเอนทิตี B แต่ละรายการ จะมีความสัมพันธ์กับสมาชิกของเอนทิตี A หนึ่งรายการหรือมากกว่าเช่นกัน

4.5.3 การเขียนแผนภาพ E-R

ในการออกแบบฐานข้อมูล มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อประเมินความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในสถานีย่อย ดังนั้นการเขียนแผนภาพ E-R จึงมีแนวคิดดังนี้คือ สถานีย่อยซึ่งมีชื่อของสถานีและระดับแรงดันเป็นสิ่งที่บ่งบอกลักษณะของสถานีย่อย โดยแต่ละสถานีจะมีจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีในแต่ละเดือนของทั้งปีได้หลายค่า และยังสามารถที่จะเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้หลายเหตุการณ์ สำหรับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ แต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดขึ้นจากโอกาสและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งขณะเกิดเหตุมีสภาพอากาศที่แตกต่างกันด้วย โดยสมมุติให้มีการขัดข้องขึ้นที่ด้านแรงสูงหรือที่บัสของสถานี เป็นผลทำให้เกิดเหตุไฟฟ้าดับในด้านแรงต่ำ

จากแนวคิดดังกล่าว จึงกำหนดเอนทิตีในระบบงานขึ้น ประกอบด้วยเอนทิตี 2 ประเภท คือ เอนทิตีปกติและเอนทิตีอ่อนแอ เอนทิตีปกติได้แก่ “จำนวนสายป้อน” “สถานีย่อย” “โอกาส” “อุปกรณ์” “สภาพอากาศ” “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” และเอนทิตีอ่อนแอ ได้แก่ “ดัชนี” ของรายละเอียดแอมเพริวัตต์แต่ละเอนทิตี จะแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-3 เอนทิตีและแอมเพริวัตต์แต่ละเอนทิตีในแผนภาพ E-R ของฐานข้อมูล

ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระดับแนวคิด

เอนทิตี	แอมเพริวัตต์
จำนวนสายป้อน	รหัสสายป้อน, เดือน, ปี, จำนวนสายป้อน,
สถานีย่อย	รหัสสถานีย่อย, ชื่อสถานีย่อย, ระดับแรงดันของสถานีย่อย
โอกาส	รหัสโอกาส, ชื่อโอกาส
อุปกรณ์	รหัสอุปกรณ์, ชื่ออุปกรณ์
สภาพอากาศ	รหัสสภาพอากาศ, ชื่อสภาพอากาศ
เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	รหัสเหตุการณ์, วันเดือนปี, ปี, เวลา CB open, เวลา CB close, เวลาที่โหลดปกติ, โหลดที่หายไปช่วงที่ 1, โหลดที่หายไปช่วงที่ 2, ระดับแรงดัน, ระยะเวลาที่โหลดหายไปช่วงที่ 1, ระยะเวลาไฟฟ้าดับ
ดัชนี	SAIFI, SAIDI

จากตารางที่ 4-3 แสดงเอนทิตีและแอมเพริวัตต์แต่ละเอนทิตี ในแผนภาพ E-R ของฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระดับแนวคิด โดยกำหนดสิ่งที่สนใจในระบบ

ขึ้นมาเป็นเอนติตี้ แต่ละเอนติตี้จะคุณสมบัติที่บ่งบอกคุณลักษณะของเอนติตี้หรือแอททริบิวท์ รายละเอียดมีดังนี้

4.5.3.1 เอนติตี้ “จำนวนสายป้อน”

ประกอบด้วยแอททริบิวท์ “รหัสสายป้อน” “เดือน” “ปี” และ “จำนวนสายป้อน”

4.5.3.2 เอนติตี้ “สถานีย่อย”

ประกอบด้วยแอททริบิวท์ “รหัสสถานีย่อย” “ชื่อสถานีย่อย” และ “ระดับแรงดันของสถานีย่อย”

4.5.3.3 เอนติตี้ “โอกาส”

ประกอบด้วยแอททริบิวท์ “รหัสโอกาส” และ “ชื่อโอกาส”

4.5.3.4 เอนติตี้ “อุปกรณ์”

ประกอบด้วยแอททริบิวท์ “รหัสอุปกรณ์” และ “ชื่ออุปกรณ์”

4.5.3.5 เอนติตี้ “สภาพอากาศ”

ประกอบด้วยแอททริบิวท์ “รหัสสภาพอากาศ” และ “ชื่อสภาพอากาศ”

4.5.3.6 เอนติตี้ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

ประกอบด้วยแอททริบิวท์ “รหัสเหตุการณ์” และ “วันเดือนปี” “ปี” “เวลา CB open” “เวลา CB close” “เวลาที่โหลดปกติ” “โหลดที่หายไปช่วงที่ 1” “โหลดที่หายไปช่วงที่ 2” “ระดับแรงดัน” “ระยะเวลาที่โหลดหายไปช่วงที่ 1” และ “ระยะเวลาไฟฟ้าดับ”

4.5.3.7 เอนติตี้ “ดัชนี”

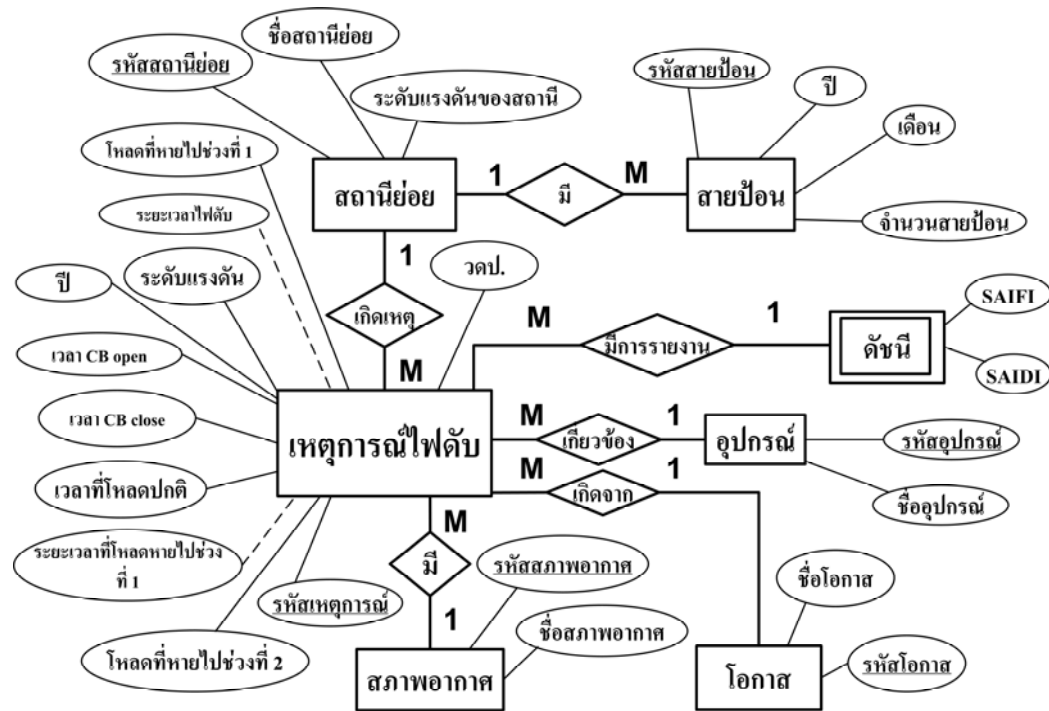
ประกอบด้วย แอททริบิวท์ “SAIFI” และ “SAIDI”

เมื่อกำหนดเอนติตี้และแอททริบิวท์ของเอนติตี้ได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของเอนติตี้ ตัวอย่างเช่น หนึ่งสถานีสามารถมีจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีได้หลายสายป้อน และสายป้อนที่มีการต่อ จะเป็นของสถานีหนึ่งแห่งเท่านั้น ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ จึงกำหนดให้เป็น 1 : M รายละเอียดของความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ แสดงดังตารางที่ 4-3 ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในหัวข้อที่ 4.3.2.2 ต่อไป

ตารางที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีในแผนภาพ E-R ของฐานข้อมูล
ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าระดับแนวคิด

เอนทิตี A	เอนทิตี B	ความสัมพันธ์
สถานีย่อย	จำนวนสายป้อน	1 : M
สถานีย่อย	เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	1 : M
โอกาส	เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	1 : M
อุปกรณ์	เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	1 : M
สภาพอากาศ	เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	1 : M
ดัชนี	เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	1 : M

เมื่อกำหนดเอนทิตี แอททริบิวต์ของแต่ละเอนทิตี และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีในระบบแล้ว จากนั้นจึงเขียนเป็นแผนภาพ E-R จากภาพที่ 4-6 แสดงแผนภาพ E-R ของระบบข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระดับแนวคิด ประกอบด้วยเอนทิตี 7 เอนทิตีคือ จำนวนสายป้อน สถานีย่อย เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ โอกาส สภาพอากาศ อุปกรณ์และดัชนี โดยเอนทิตีเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ จะมีความสัมพันธ์กับเอนทิตี สถานีย่อย โอกาส สภาพอากาศ อุปกรณ์และดัชนี เป็นแบบ M : 1 และเอนทิตีจำนวนสายป้อน มีความสัมพันธ์กับเอนทิตีสถานีย่อยเป็นแบบ M : 1 เช่นกัน



ภาพที่ 4-6 แผนภาพ E-R ของระบบข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระดับแนวคิด

เมื่อได้แผนภาพ E-R แล้ว นำแผนภาพมาแปลงเป็นรีเลชันหรือตาราง ซึ่งเป็นแบบจำลองข้อมูลระดับตรรกะ (Logical Data Model) ในใช้สำหรับการออกแบบฐานข้อมูลระดับตรรกะ (Logical Database Design) รายละเอียดการออกแบบมีดังนี้

4.6 การแปลงแผนภาพ E-R ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

เพื่อความสะดวกและง่ายต่อความเข้าใจ จะใช้สัญลักษณ์ในภาพที่ 4-7 แทนรีเลชันโดยแถบบนสุดจะเป็นชื่อของรีเลชัน แถวที่สองที่เขียนว่า PK และ Attribute1 จะเป็นคีย์หลัก (Primary Key, PK) และแอททริบิวต์ของรีเลชัน ส่วนแถวอื่นๆคือ Attribute1 Attribute2 และ Attribute3 จะเป็นแอททริบิวต์แบบธรรมดาของรีเลชัน

4.6.1 สัญลักษณ์ของรีเลชัน

Table	
PK	<u>Attribute1</u>
	Attribute2
	Attribute3
	Attribute4

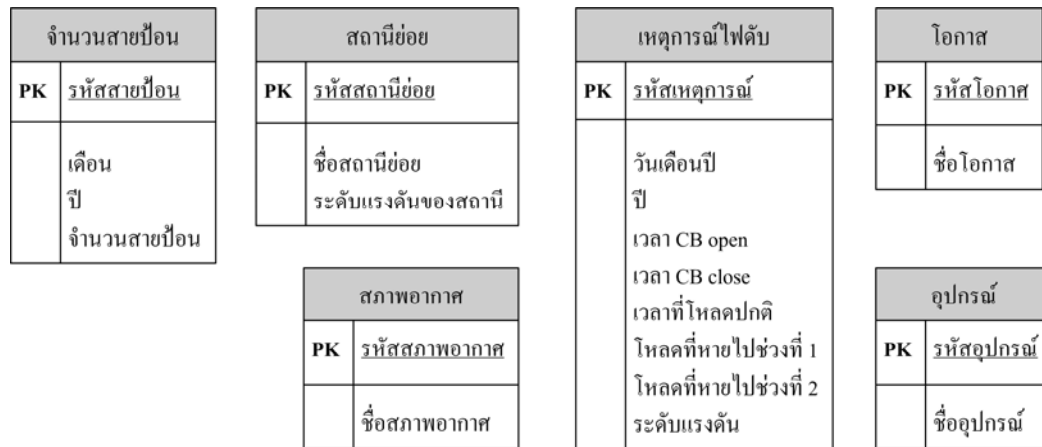
ภาพที่ 4-7 สัญลักษณ์ของพื้นฐานของรีเลชันในแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

4.6.2 การแปลงแผนภาพ E-R เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

การแปลงแผนภาพเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เป็นขั้นตอนของการออกแบบระดับตรรกะ การแปลงแผนภาพแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการแบ่งแผนภาพ E-R ให้เป็นรีเลชันและขั้นตอนการแปลงความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชัน เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเชิงสัมพันธ์ ซึ่งเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้น

4.6.2.1 การแปลงแผนภาพ E-R เป็นรีเลชัน

เมื่อวาดแผนภาพ E-R ได้แล้ว จากข้อมูลเอนติตี้และแอททริบิวต์ ในตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-6 นำเอนติตี้ปกติและแอททริบิวต์ของเอนติตี้ปกติ มาแปลงเป็นรีเลชันและแอททริบิวต์ของรีเลชัน รวมทั้งนำตัวชี้เฉพาะของเอนติตี้คือ รหัสต่างๆของแต่ละเอนติตี้ในแผนภาพ มาแปลงเป็นคีย์หลักของรีเลชัน แต่ในการออกแบบ แอททริบิวต์ระยะเวลาไฟฟ้าดับและการทำงานของ CB ซึ่งเป็นแอททริบิวต์แบบมีที่มา จะไม่ปรากฏในรีเลชัน ดังภาพที่ 4-8



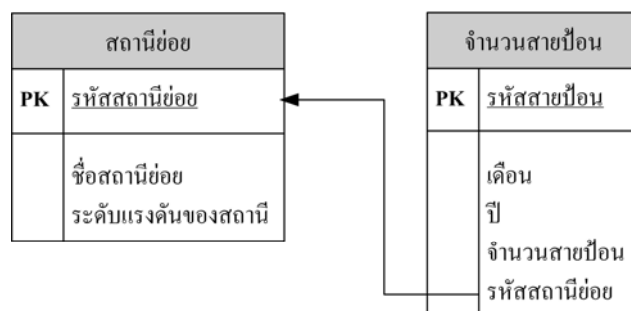
ภาพที่ 4-8 รีเลชันและแอททริบิวต์ของรีเลชันจากการแปลงแผนภาพ E-R

4.6.2.2 การแปลงความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชันเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้น

ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชันในแบบจำลอง จะใช้คีย์นอก (Foreign Key, FK) เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชัน และใช้ข้อมูลในตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-6 สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชัน เป็นแบบจำลองข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้นได้ ดังนี้

ก) ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี “สถานีย่อย” และ “สายป้อน”

เนื่องจากเอนทิตี “สถานีย่อย” มีความสัมพันธ์กับเอนทิตี “สายป้อน” เป็นแบบ 1 : M กล่าวคือ สถานีย่อยหนึ่งแห่ง สามารถมีข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีได้มากกว่าหนึ่งข้อมูล แต่ข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีหลายข้อมูล จะเป็นข้อมูลของสถานีหนึ่งแห่งเท่านั้น



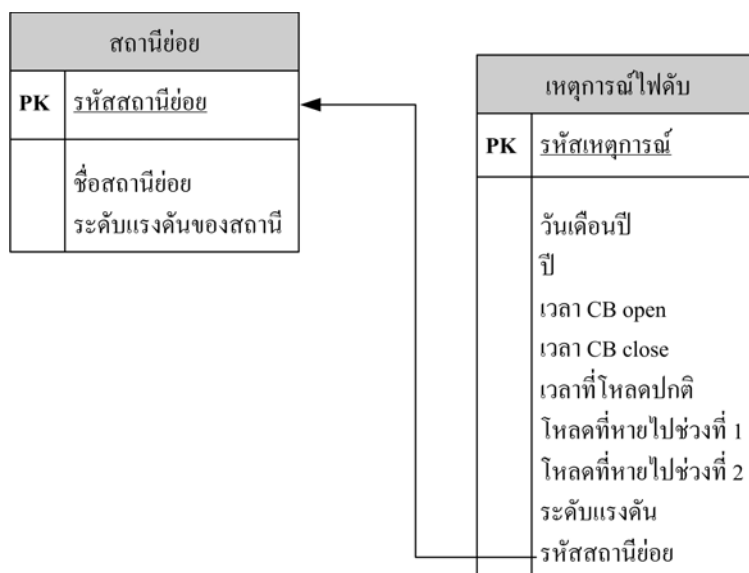
ภาพที่ 4-9 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลชัน “สถานีย่อย” และรีเลชัน “สายป้อน”

จากภาพที่ 4-9 การกำหนดคีย์นอกให้กับรีเลชัน จะนำคีย์หลักของรีเลชัน “สถานีย่อย” คือ รหัสสถานีย่อย ซึ่งเป็นด้านที่มีความสัมพันธ์ 1 ไปเป็นคีย์นอกของรีเลชัน “สายป้อน” ซึ่งเป็นด้านที่มีความสัมพันธ์ M จึงเขียนเป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้แอททริบิวต์ รหัสสถานีย่อย ของทั้งสองรีเลชันเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ข) ความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ “สถานีย่อย” และ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

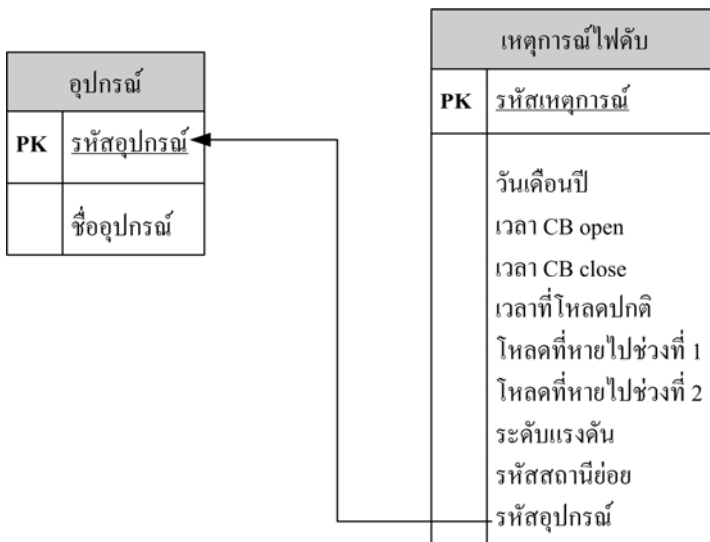
เนื่องจากเอนติตี้ “สถานีย่อย” มีความสัมพันธ์กับเอนติตี้ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” เป็นแบบ 1 : M กล่าวคือ สถานีย่อยหนึ่งแห่ง สามารถเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้หลายเหตุการณ์ แต่เหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์จะเกิดขึ้นกับสถานีย่อยเพียงหนึ่งแห่งเท่านั้น

ดังนั้น การกำหนดคีย์นอกให้กับรีเลชัน จะนำคีย์หลักของรีเลชัน “สถานีย่อย” คือ รหัสสถานีย่อย ซึ่งเป็นด้านที่มีความสัมพันธ์ 1 ไปเป็นคีย์นอกของรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ซึ่งเป็นด้านที่มีความสัมพันธ์ M จึงเขียนเป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้แอททริบิวต์ รหัสสถานีย่อย ของทั้งสองรีเลชันเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลชัน “สถานีย่อย” และรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

ค) ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี “อุปกรณ์” และ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”



ภาพที่ 4-11 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลชัน “อุปกรณ์” และรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

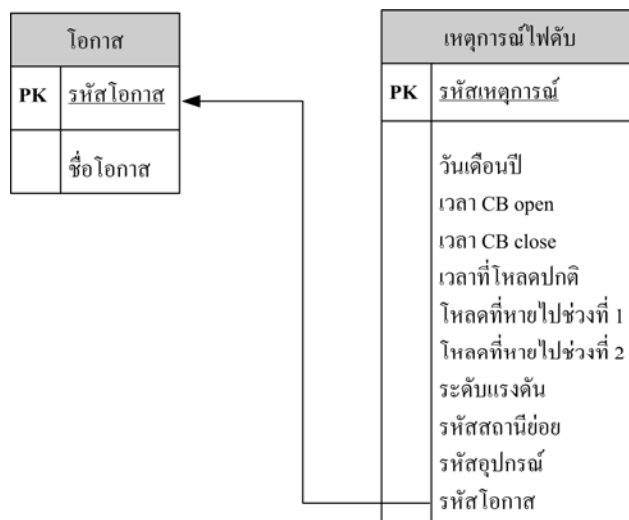
เนื่องจากเอนทิตี “อุปกรณ์” มีความสัมพันธ์กับเอนทิตี “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” เป็นแบบ 1 : M กล่าวคือ อุปกรณ์หนึ่งตัวจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์ แต่เหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์จะเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เพียงหนึ่งตัวเท่านั้น

ดังนั้น การกำหนดคีย์นอกให้กับรีเลชัน จะนำคีย์หลักของรีเลชัน “อุปกรณ์” คือ รหัสอุปกรณ์ ซึ่งเป็นคีย์ที่มีความสัมพันธ์ 1 ไปเป็นคีย์นอกของรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ซึ่งเป็นคีย์ที่มีความสัมพันธ์ M จึงเขียนเป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้แอททริบิวต์ รหัสอุปกรณ์ ของทั้งสองรีเลชันเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4-11

ง) ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี “โอกาส” และ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

เนื่องจากเอนทิตี “โอกาส” มีความสัมพันธ์กับเอนทิตี “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” เป็นแบบ 1 : M กล่าวคือ โอกาสที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดับหนึ่งโอกาสจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์ แต่เหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์จะเกี่ยวข้องกับโอกาสหนึ่งโอกาสเท่านั้น

ดังนั้น การกำหนดคีย์นอกให้กับรีเลชัน จะนำคีย์หลักของรีเลชัน “โอกาส” คือ รหัสโอกาส ซึ่งเป็นคีย์ที่มีความสัมพันธ์ 1 ไปเป็นคีย์นอกของรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ซึ่งเป็นคีย์ที่มีความสัมพันธ์ M จึงเขียนเป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้แอททริบิวต์ รหัสโอกาส ของทั้งสองรีเลชันเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4-12

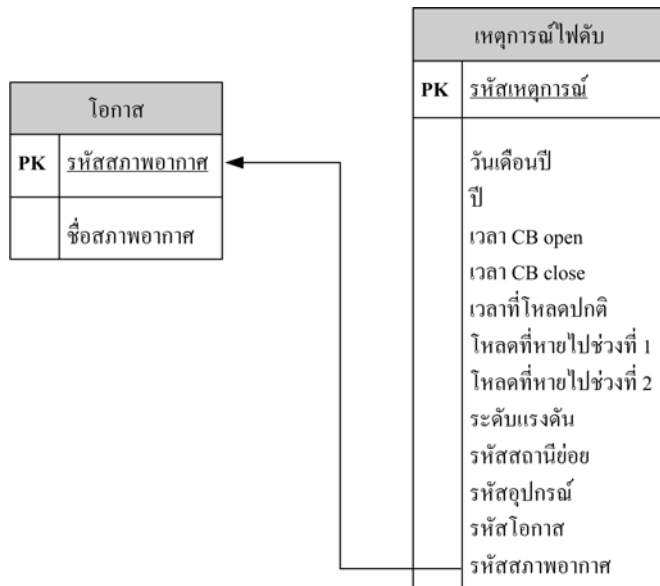


ภาพที่ 4-12 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลชัน “โอกาส” และรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

จ) ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี “สภาพอากาศ” และ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

เนื่องจากเอนทิตี “สภาพอากาศ” มีความสัมพันธ์กับเอนทิตี “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” เป็นแบบ 1 : M กล่าวคือ สภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์ แต่เหตุการณ์ไฟฟ้าดับหลายเหตุการณ์จะเกี่ยวข้องกับสภาพอากาศหนึ่งสภาพอากาศเท่านั้น

ดังนั้น การกำหนดคีย์นอกให้กับรีเลชัน จะนำคีย์หลักของรีเลชัน “สภาพอากาศ” คือ รหัสสภาพอากาศซึ่งเป็นด้านที่มีความสัมพันธ์ 1 ไปเป็นคีย์นอกของรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ซึ่งเป็นด้านที่มีความสัมพันธ์ M จึงเขียนเป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้แอททริบิวต์ รหัสสภาพอากาศ ของทั้งสองรีเลชันเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4-13

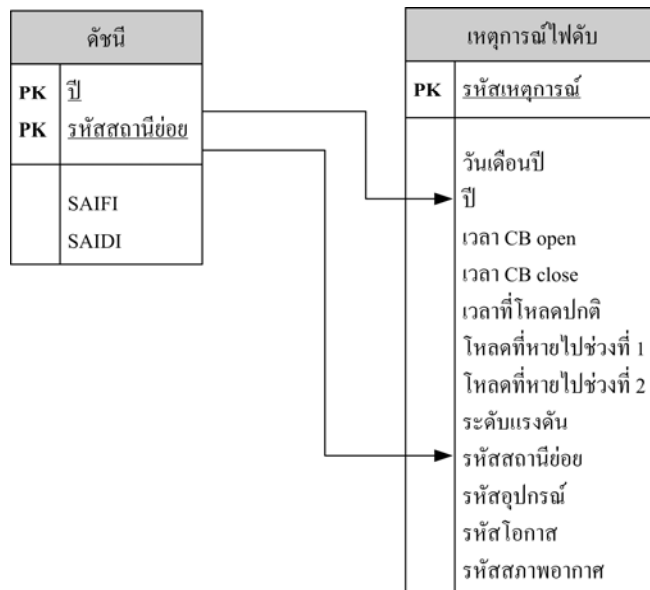


ภาพที่ 4-13 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลชัน “สภาพอากาศ” และรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

จ) ความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ “ดัชนี” และ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ “ดัชนี” และ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” พบว่าเอนติตี้ “ดัชนี” เป็นเอนติตี้แบบอ่อนแอ ที่ใช้เก็บผลลัพธ์ที่เกิดจากการประมวลผลของเอนติตี้ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ดังนั้นในการเอนติตี้ “ดัชนี” จะเป็นเอนติตี้ที่เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีเอนติตี้ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ปรากฏขึ้นเท่านั้น กล่าวถึงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นในแต่ละปีของสถานีย่อย

รีเลชันที่ได้จากการแปลงแผนภาพ นอกจากจะประกอบด้วยแอททริบิวต์ของตัวเองแล้ว คือ SAIFI และ SAIDI แล้ว ยังประกอบด้วยคีย์หลักคือ รหัสสถานีย่อย และ ปี ที่นำมาจากรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ทั้งสอง จึงเขียนเป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-14 ความสัมพันธ์แบบ 1 : M ระหว่างรีเลชัน “ดัชนี” และรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

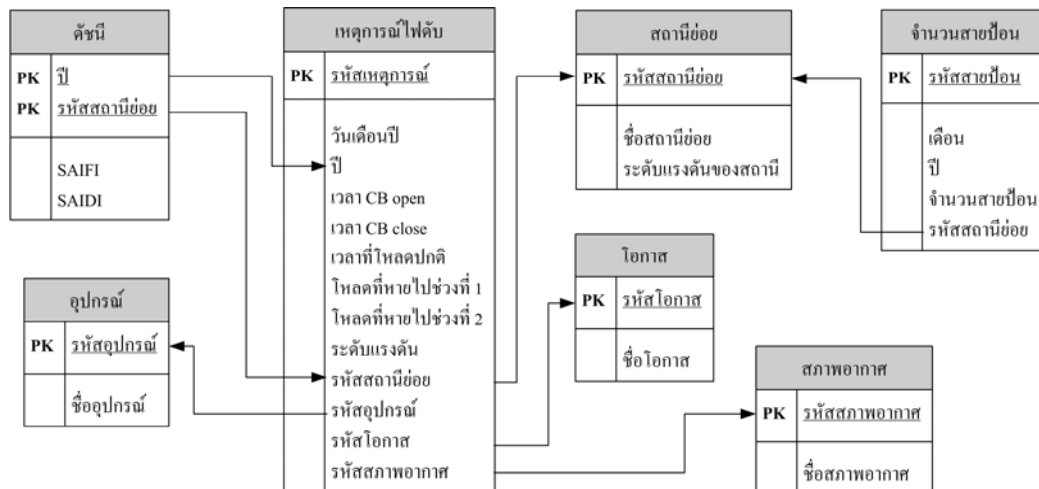
จากภาพที่ 4-15 แสดงแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ความเชื่อถือได้ จากการแปลงแผนภาพ E-R และผ่านขั้นตอนการแปลงแผนภาพ E-R ให้เป็นรีเลชัน รวมทั้งการแปลงความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชันให้เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้น ประกอบด้วย 7 รีเลชัน แต่ละรีเลชันจะมีคีย์หลักของแต่ละรีเลชัน และมีแอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์นอก เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชันในแบบจำลอง รายละเอียดมีดังนี้

ก) รีเลชัน “สถานีย่อย” จะเชื่อมโยงกับรีเลชัน “จำนวนสายป้อน” โดยมีแอททริบิวต์ “รหัสสถานีย่อย” มีแอททริบิวต์รหัสสถานีย่อยทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมโยงระหว่างรีเลชัน

ข) รีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” จะเชื่อมโยงกับรีเลชัน “สถานีย่อย” โดยมีแอททริบิวต์ “รหัสสถานีย่อย” ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมโยงระหว่างรีเลชัน

ค) รีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” จะเชื่อมโยงกับรีเลชัน “โอกาส” โดยมีแอททริบิวต์ “รหัสโอกาส” ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมโยงระหว่างรีเลชัน

ง) รีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” จะเชื่อมโยงกับรีเลชัน “สภาพอากาศ” โดยมีแอททริบิวต์ “รหัสสภาพอากาศ” ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมโยงระหว่างรีเลชัน



ภาพที่ 4-15 แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขั้นต้น

จ) รีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” จะเชื่อมโยงกับรีเลชัน “อุปกรณ์” โดยมีแอททริบิวต์ “รหัสอุปกรณ์” ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมโยงระหว่างรีเลชัน

ฉ) รีเลชัน “ดัชนี” จะเชื่อมโยงกับรีเลชัน “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ” โดยมีแอททริบิวต์ “รหัสสถานีย่อย” และ “ปี” ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมโยงระหว่างรีเลชัน

ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำแต่ละรีเลชันในแบบจำลอง มาผ่านกระบวนการปรับบรรทัดฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบปัญหาด้านความซ้ำซ้อนของข้อมูล ความถูกต้องของข้อมูล และความผิดพลาดในการเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลที่จะเกิดขึ้น โดยรีเลชันที่ผ่านกระบวนการจะอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า “รูปแบบบรรทัดฐาน” (Normal Form) เมื่อทุกรีเลชันเป็นรูปแบบบรรทัดฐานแล้ว แบบจำลองขั้นต้นนั้นก็จะกลายเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ที่สามารถนำระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ มาใช้จัดการฐานข้อมูลได้ต่อไป

4.7 กระบวนการปรับบรรทัดฐาน

การพิจารณาโครงสร้างของแต่ละรีเลชัน ว่ามีโครงสร้างอยู่ในรูปแบบบรรทัดใดระดับใด จะพิจารณาจากฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน (Function Dependency) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์ต่างๆ และแอททริบิวต์หรือกลุ่มของแอททริบิวต์ในรีเลชัน ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์ของรีเลชันนั้น

4.7.1 ฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน (Function Dependency)

เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของกลุ่มแอททริบิวต์ในรีเลชันว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ แบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

4.7.1.1 การขึ้นต่อกันอย่างสมบูรณ์ (Complete Dependencies)

เป็นการขึ้นต่อกันระหว่างกลุ่มของแอททริบิวต์ที่ไม่ใช่คีย์หลัก มีการขึ้นตรงต่อแอททริบิวต์หรือกลุ่มของแอททริบิวต์ ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์หลักในรีเลชันนั้น

4.7.1.2 การขึ้นต่อกันเพียงบางส่วน (Partial Dependencies)

เป็นรูปแบบการขึ้นต่อกันของแอททริบิวต์ที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลชัน มีการขึ้นต่อแอททริบิวต์บางตัวที่ร่วมเป็นคีย์หลักในรีเลชันนั้น

4.7.1.3 การขึ้นต่อกันแบบทรานซิทีฟ (Transitive Dependencies)

เป็นรูปแบบการขึ้นต่อกันของแอททริบิวต์ที่ไม่ใช่คีย์หลัก มีการขึ้นต่อแอททริบิวต์อื่นๆที่ไม่ได้เป็นคีย์หลักในรีเลชัน

4.7.2 รูปแบบบรรทัดฐาน

4.7.2.1 รูปแบบบรรทัดฐานที่ 1 (First Normal Form, 1NF)

รีเลชันหนึ่งๆจะเป็นรูปแบบบรรทัดฐานที่ 1 ก็ต่อเมื่อค่าของแอททริบิวต์หนึ่ง ในแต่ละแถวหรือทUPLEของรีเลชันนั้น มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว

4.7.2.2 รูปแบบบรรทัดฐานที่ 2 (Second Normal Form, 2NF)

รีเลชันหนึ่งๆจะเป็นรูปแบบ 2NF ก็ต่อเมื่อ รีเลชันนั้นเป็น 1 NF และทุกแอททริบิวต์ในรีเลชันที่ไม่ใช่คีย์หลัก จะต้องขึ้นต่อกับแอททริบิวต์ที่เป็นคีย์หลัก นั่นคือเป็นฟังก์ชันขึ้นต่อกันแบบสมบูรณ์ รวมทั้งต้องไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันเพียงบางส่วน

4.7.2.3 รูปแบบบรรทัดฐานที่ 3 (Third Normal Form, 3NF)

รีเลชันหนึ่งๆจะเป็นรูปแบบ 3NF ก็ต่อเมื่อรีเลชันนั้น อยู่ในรูปแบบ 2NF แล้ว และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิทีฟ

จากรูปแบบบรรทัดฐานที่ 1 ถึง 3 พบว่ารูปแบบการปรับบรรทัดฐานที่ 3 จะมีคุณสมบัติของรูปแบบบรรทัดฐานที่ 1 และ 2 อยู่ด้วย ดังนั้นการพิจารณาแต่ละรีเลชัน สามารถพิจารณาแต่ละรีเลชันว่าเป็นรูปแบบบรรทัดฐานที่ 3 หรือไม่

4.8 การพิจารณารีเลชันในแบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ด้วยกระบวนการปรับบรรทัดฐาน

จากภาพที่ 4-13 แสดงแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขั้นต้น ซึ่งต้องนำรีเลชันในแบบจำลอง มาผ่านกระบวนการปรับบรรทัดฐาน โดยจะพิจารณาในแต่ละรีเลชันแบบจำลองเป็นรูปแบบบรรทัดฐานที่ 3 หรือไม่ รายละเอียดของแต่ละรีเลชัน จะแสดงในตารางที่ 4-4 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-5 รีเลชัน แอททริบิวต์ที่ทำหน้าเป็นคีย์หลักและแอททริบิวต์อื่นๆในรีเลชันที่ได้จาก
แบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

รีเลชัน	คีย์หลัก	แอททริบิวต์อื่นๆ	รูปแบบ บรรทัดฐานที่
จำนวนสายป้อน	รหัสสายป้อน	ปี, เดือน, จำนวนสายป้อน, รหัสสถานีย่อย	3NF
สถานีย่อย	รหัสสถานีย่อย	ชื่อสถานีย่อย, ระดับแรงดันของสถานี	3NF
เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	รหัสเหตุการณ์	วันเดือนปี, ปี, เวลา CB open, เวลา CB close, โหลดที่หายไปช่วงที่ 1, โหลดที่หายไปช่วงที่ 2, ระดับแรงดัน, รหัสสถานี, รหัสอุปกรณ์, รหัสโอกาส, รหัสสภาพอากาศ	3NF
อุปกรณ์	รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	3NF
โอกาส	รหัสโอกาส	ชื่อโอกาส	3NF
สภาพอากาศ	รหัสสภาพอากาศ	ชื่อสภาพอากาศ	3NF
ดัชนี	ปี, รหัสสถานีย่อย	SAIFI, SAIDI	3NF

จากตารางที่ 4-4 แสดงรีเลชัน แอททริบิวต์ที่ทำหน้าเป็นคีย์หลักและแอททริบิวต์อื่นๆในรีเลชัน ที่ได้จากแบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเชิงสัมพันธ์ขั้นต้น ประกอบด้วย 7 รีเลชัน ได้แก่ จำนวนสายป้อน สถานีย่อย เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ อุปกรณ์ โอกาส สภาพอากาศ และดัชนี ในกระบวนการปรับบรรทัดจะพิจารณาแต่ละรีเลชัน มีรายละเอียดดังนี้

4.8.1 รีเลชัน “จำนวนสายป้อน”

ทุกแอททริบิวต์ในแต่ละแถวหรือทUPLEของรีเลชัน มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอททริบิวต์ต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลชันได้แก่ ปี เดือน จำนวนสายป้อน และรหัสสถานีย่อย จะขึ้นต่อแอททริบิวต์ที่เป็นคีย์หลักคือ รหัสสายป้อน และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิทีฟ

4.8.2 รีเลชัน “สถานีย่อย”

ทุกแอททริบิวต์ในแต่ละแถวหรือทUPLEของรีเลชัน มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอททริบิวต์ต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลชันได้แก่ ชื่อสถานีย่อย และระดับแรงดันของสถานี จะขึ้นต่อแอททริบิวต์ที่เป็นคีย์หลักคือ รหัสสถานีย่อย และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิทีฟ

4.8.3 รีเลย์ “เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ”

ทุกแอมัลทิวิวิในแต่ละแหวหรือทัฬฬิลของรีเลย์ มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอมัลทิวิวิต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลย์ได้แก่ วันเดือนปี ปี เวลา CB open เวลา CB close เวลาที่โหลดปกติ โหลดที่หายไปช่วงที่ 1 โหลดที่หายไปช่วงที่ 2 ระดับแรงดัน รหัสสถานี รหัสอุปกรณ์ รหัสโอกาส และรหัสสภาพอากาศ จะขึ้นต่อแอมัลทิวิวิที่เป็นคีย์หลัก คือ รหัสเหตุการณ์ และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิติฟ

4.8.4 รีเลย์ “อุปกรณ์”

ทุกแอมัลทิวิวิในแต่ละแหวหรือทัฬฬิลของรีเลย์ มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอมัลทิวิวิต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลย์ได้แก่ ชื่ออุปกรณ์ จะขึ้นต่อแอมัลทิวิวิที่เป็นคีย์หลักคือ รหัสอุปกรณ์ และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิติฟ

4.8.5 รีเลย์ “โอกาส”

ทุกแอมัลทิวิวิในแต่ละแหวหรือทัฬฬิลของรีเลย์ มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอมัลทิวิวิต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลย์ได้แก่ ชื่อโอกาส จะขึ้นต่อแอมัลทิวิวิที่เป็นคีย์หลักคือ รหัสโอกาส และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิติฟ

4.8.6 รีเลย์ “สภาพอากาศ”

ทุกแอมัลทิวิวิในแต่ละแหวหรือทัฬฬิลของรีเลย์ มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอมัลทิวิวิต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลย์ได้แก่ ชื่อสภาพอากาศ จะขึ้นต่อแอมัลทิวิวิที่เป็นคีย์หลักคือ รหัสสภาพอากาศ และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิติฟ

4.8.7 รีเลย์ “ดัชนี”

ทุกแอมัลทิวิวิในแต่ละแหวหรือทัฬฬิลของรีเลย์ มีค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว แอมัลทิวิวิต่างๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลย์ได้แก่ SAIFI และ SAIDI จะขึ้นต่อกลุ่มแอมัลทิวิวิที่เป็นคีย์หลักคือ รหัสสถานีย่อยและปี และไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบบางส่วน รวมทั้งไม่เกิดฟังก์ชันการขึ้นต่อกันแบบทรานซิติฟ

จากคุณสมบัติดังกล่าว จึงสรุปได้ว่าทุกรีเลย์เป็นรูปแบบบรรทัดฐานที่ 3 เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขึ้นต้นในภาพที่ 4-13 เป็นแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่สามารถนำระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์มาใช้ได้ต่อไป รวมทั้งไม่เกิดปัญหาในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ลบหรือเพิ่มข้อมูลอีกต่อไป

4.9 การกำหนดประเภท และขนาดของข้อมูล

เป็นขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลทางกายภาพ (Physical Database Design) หลังจากปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลเป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เรียบร้อยแล้ว จะต้องนำโครงร่างนั้นมากำหนดประเภทและขนาดข้อมูลที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ทางฐานข้อมูลที่เลือกมาใช้งาน ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถกำหนดรายละเอียดประเภทและขนาดข้อมูล ในแต่ละตาราง รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-6 ตารางจำนวนสายป้อน

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
1.	รหัสสายป้อน	VARCHAR (10)	PK	A103
2.	เดือน	INTEGER (2)		10
3.	ปี	INTEGER (4)		2007
4.	จำนวนสายป้อน	INTEGER (11)		10
5.	รหัสสถานีย่อย	VARCHAR (4)	FK	A

ตารางที่ 4-7 ตารางสถานีย่อย

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
1.	รหัสสถานีย่อย	VARCHAR (4)	PK	A
2.	ชื่อสถานีย่อย	VARCHAR (20)		1
3.	ระดับแรงดันของสถานี	TINYINT (4)		12

ตารางที่ 4-8 ตารางเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
1.	รหัสเหตุการณ์	INTEGER (5)	PK	00001
2.	วันเดือนปี	DATETIME		2007-05-14 13 : 00 : 00
3.	ปี	INTEGER (4)		2550
4.	เวลา CB open	VARCHAR (5)		1300

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
5.	เวลา CB close	VARCHAR (5)		1430
6.	เวลาที่โหลดปกติ	VARCHAR (5)		1440
7.	โหลดที่หายไปช่วงที่ 1	INTEGER (4)		100
8.	โหลดที่หายไปช่วงที่ 2	INTEGER (4)		80
9.	ระดับแรงดัน	INTEGER (3)		12
10.	รหัสสถานี	VARCHAR (4)	FK	A
11.	รหัสอุปกรณ์	VARCHAR (4)	FK	C01
12.	รหัสโอกาส	INTEGER (3)	FK	050
13.	รหัสสภาพอากาศ	INTEGER (3)	FK	001

ตารางที่ 4-9 ตารางอุปกรณ์

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
1.	รหัสอุปกรณ์	VARCHAR (4)	PK	C01
2.	ชื่ออุปกรณ์	VARCHAR (20)		สายอากาศ

ตารางที่ 4-10 ตารางโอกาส

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
1.	รหัสโอกาส	INTEGER (3)	PK	050
2.	ชื่อโอกาส	VARCHAR (20)		สัตว์

ตารางที่ 4-11 ตารางสภาพอากาศ

ลำดับที่	แอททริบิวต์	ชนิดข้อมูล	คีย์	หมายเหตุ
1.	รหัสสภาพอากาศ	INTEGER (3)	PK	001
2.	ชื่อสภาพอากาศ	VARCHAR (20)		ปกติ

4.10 สรุปส่วนของเนื้อหา

แนวคิดของการออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เริ่มต้นที่การศึกษาแบบแผนการบันทึกข้อมูลของระบบงานเดิม วิธีการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI และพิจารณาโครงสร้างข้อมูลว่าเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์หรือไม่ รวมทั้งพิจารณาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับข้อมูลในตารางของระบบงานเดิม เมื่อนำระบบการจัดการข้อมูลมาใช้

จากนั้นเป็นการออกแบบระดับแนวคิด โดยเริ่มจากการกำหนดเอนทิตี แอททริบิวต์ของเอนทิตี และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี แล้วจึงวาดแผนภาพ E-R เมื่อได้แผนภาพแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนการแปลงแผนภาพให้เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้น ซึ่งอยู่ในรูปแบบของรีเลชัน โดยแต่ละรีเลชันจะประกอบด้วย ชื่อของรีเลชัน แอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์หลักของรีเลชัน แอททริบิวต์อื่นๆที่ไม่ใช่คีย์หลักของรีเลชัน และแอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์นอก เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างรีเลชัน

เมื่อได้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นต้นแล้ว เป็นการนำรีเลชันในแบบจำลอง มาทำการตรวจสอบ โดยผ่านกระบวนการปรับบรรทัดฐาน โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนและความขัดแย้งกันของข้อมูลภายในรีเลชัน โดยพิจารณาจากรายละเอียดของฟังก์ชันการขึ้นต่อกัน เมื่อผ่านกระบวนการปรับบรรทัดฐานแล้ว จะได้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่สามารถนำระบบการจัดการฐานข้อมูลมาใช้ โดยไม่ต้องกังวลว่าจะเกิดปัญหาใดๆกับข้อมูล ขั้นตอนสุดท้าย เป็นกำหนดประเภทและชนิดข้อมูล ให้ตรงกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่เลือกใช้ ในวิทยานิพนธ์นี้เลือก MySQL จึงกำหนดประเภทและชนิดข้อมูลให้ตรงกับฐานข้อมูล

บทที่ 5

การทดสอบและเปรียบเทียบผลการทดสอบ

5.1 ส่วนนำของเนื้อหา [27, 28, 29]

หลังจากได้แบบจำลองฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแล้ว จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ได้ มาทดสอบ โดยเริ่มจากสร้างฐานข้อมูล ก่อนอื่นจะต้องติดตั้งโปรแกรม AppServ ซึ่งเป็นชุดติดตั้งโปรแกรม PHP แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์บนระบบปฏิบัติการ Windows ในชุดติดตั้งนี้ ประกอบด้วยโปรแกรมต่างๆ ได้แก่ Apache, PHP, MySQL และ PhpMyAdmin โปรแกรม Apache เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็น เว็บเซิร์ฟเวอร์ โปรแกรม PHP ทำหน้าที่เป็นตัวแปลภาษา PHP และเป็นโปรแกรมประยุกต์ด้านการพัฒนาเว็บ โปรแกรม MySQL ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ของฐานข้อมูล (Database Server) และโปรแกรม PhpMyAdmin ทำหน้าที่เป็นโปรแกรมบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL

ในการสร้างฐานข้อมูล จะใช้โปรแกรม PHPMyAdmin ซึ่งเป็นโปรแกรม mysql client ที่พัฒนามาจากภาษา PHP ลักษณะสคริปต์ ใช้ในการบริหารฐานข้อมูลออนไลน์ผ่านทางหน้าเว็บหรือบราวเซอร์ (Browser) ได้ เมื่อสร้างฐานข้อมูลแล้ว เป็นขั้นตอนการทดสอบ โดยป้อนข้อมูลต่างๆเข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล MySQL ผ่านทางหน้าเว็บ ที่เขียนด้วยภาษา PHP

จากภาพที่ 5-1 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของ PHP ร่วมกับระบบการจัดการฐานข้อมูล MySQL มีดังนี้

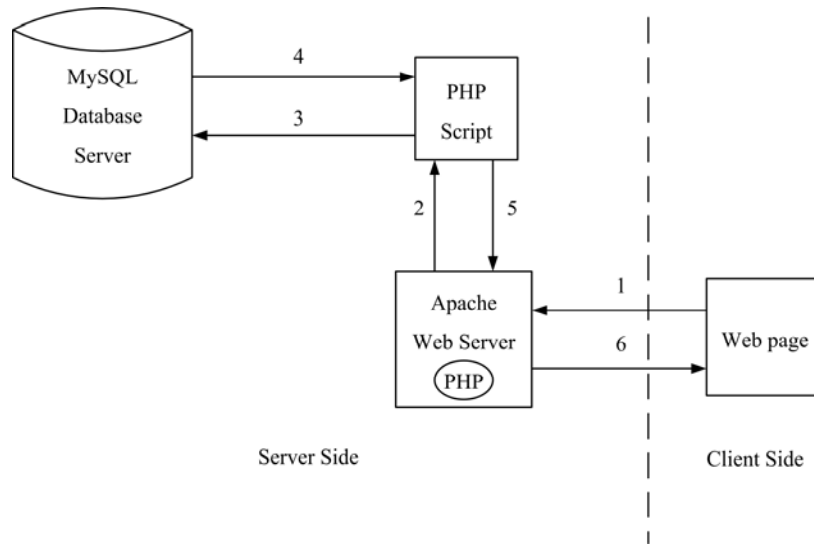
ขั้นตอนที่ 1 ฝ่าย Client จะทำการร้องขอหรือเรียกใช้งาน PHP ที่เก็บในฝั่ง Server

ขั้นตอนที่ 2 ฝ่าย Server จะทำการค้นหาไฟล์ PHP แล้วทำการประมวลผลไฟล์ PHP ตามที่ Client ทำการร้องขอ

ขั้นตอนที่ 3 และ ขั้นตอนที่ 4 หากมีการร้องขอใช้ฐานข้อมูล PHP จะทำการดึงข้อมูลในฐานข้อมูล มาใช้ร่วมกับการประมวลผล

ขั้นตอนที่ 5 ประมวลผลคำสั่ง PHP และส่งผลลัพธ์การประมวลผลไปยัง Server

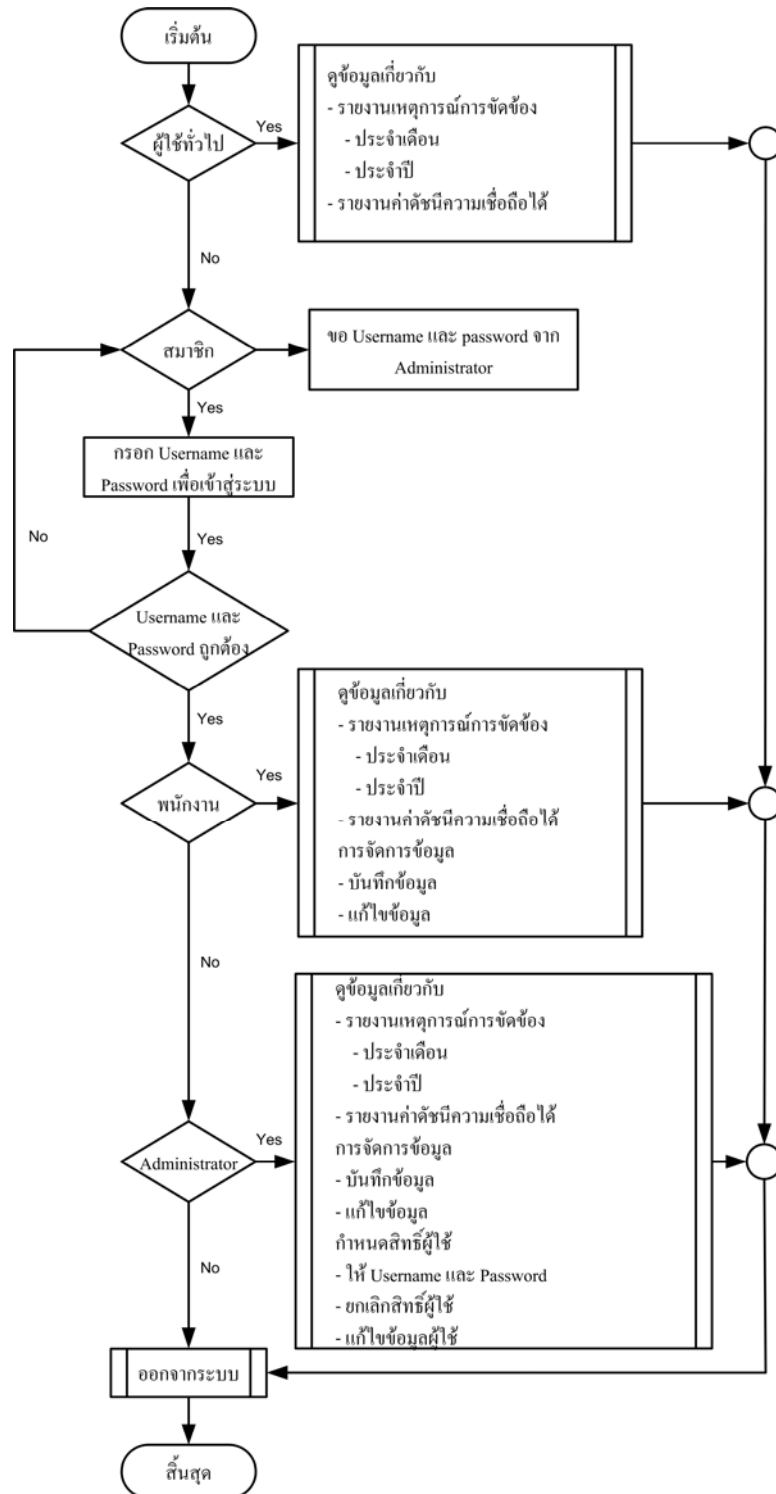
ขั้นตอนที่ 6 ส่งผลลัพธ์จากการประมวลผลไปยังเครื่องฝั่ง Client ในรูปแบบ HTML



ภาพที่ 5-1 รูปแบบการทำงานของ PHP และ MySQL

5.2 การพัฒนาโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้ออกแบบในบทที่ 4 ได้ถูกจัดทำเป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บ ภายในเว็บนี้จะแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่มคือ ผู้ใช้ทั่วไปที่ไม่เป็นสมาชิก ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิก (Member) และผู้ดูแลระบบ (Administrator) ในส่วนของการใช้งานเว็บของผู้ใช้แต่ละประเภท จะสามารถใช้งานเว็บในลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบ จะเป็นผู้กำหนดชื่อผู้ใช้ รหัสผ่านและประเภทของผู้ใช้ ดังภาพที่ 5-2



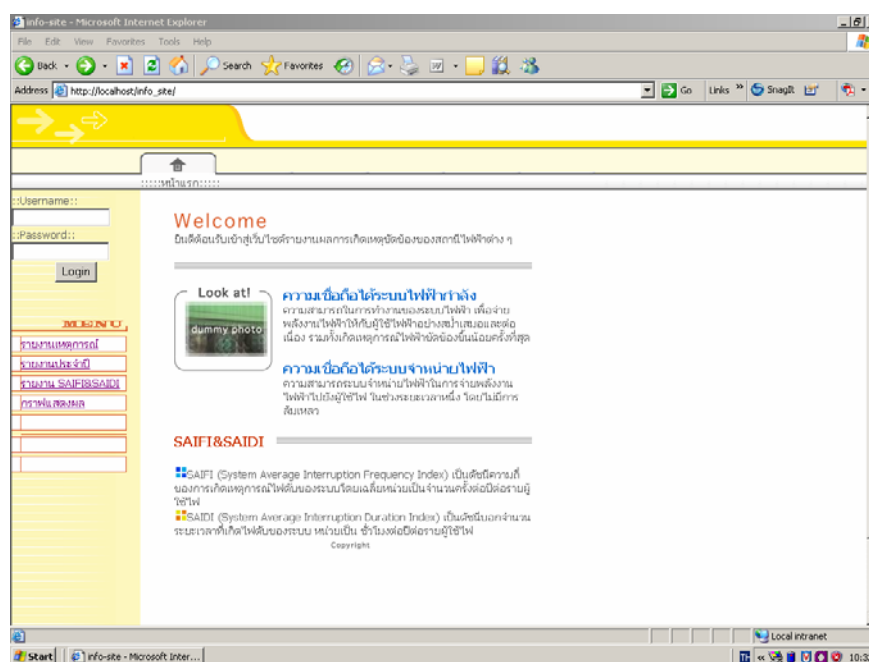
ภาพที่ 5-2 การใช้งานระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนหน้าเว็บ

5.2.1 ผู้ใช้ทั่วไปที่ไม่ได้เป็นสมาชิก

จากภาพที่ 5-3 แสดงหน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ใช้ทั่วไปที่ไม่ได้เป็นสมาชิก ผู้ใช้จะไม่สามารถเข้าสู่ระบบ แต่สามารถดูข้อมูลต่างๆของแต่ละสถานีย่อยได้ เช่น

5.2.1.1 รายงานเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของสถานีย่อย มีการรายงานเป็นรายเดือนและรายปี

5.2.1.2 รายงานดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของสถานีย่อยในแต่ละปี



ภาพที่ 5-3 หน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ใช้ทั่วไป

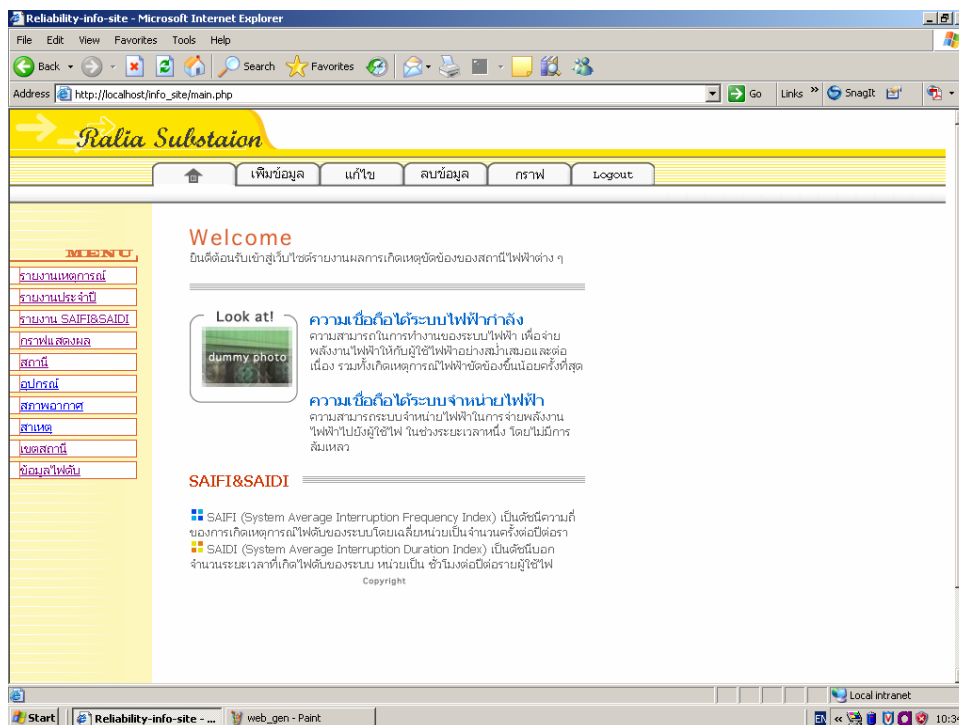
5.2.2 ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิก

จากภาพที่ 5-4 แสดงหน้าเว็บสำหรับการใช้งานของผู้ใช้ที่เป็นสมาชิก ผู้ใช้จะสามารถเข้าสู่ระบบได้ ก็ต่อเมื่อผู้ดูแลระบบให้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านแก่ผู้ใช้ ซึ่งสมาชิกสามารถจัดการและดูข้อมูลต่างๆของแต่ละสถานีย่อยได้ เช่น

5.2.2.1 การเพิ่มและแก้ไขข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลสถานีย่อย อุปกรณ์ สภาพอากาศ โอกาส จำนวนสายป้อน และข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ตามลำดับ ดังตารางข้อมูลต่างๆที่ได้ออกแบบในหัวข้อที่ 4.8

5.2.2.2 รายงานเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของสถานีย่อย มีการรายงานเป็นรายเดือนและรายปี

5.2.2.3 รายงานดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของสถานีย่อยในแต่ละปี



ภาพที่ 5-4 หน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ใช้ที่เป็นสมาชิก

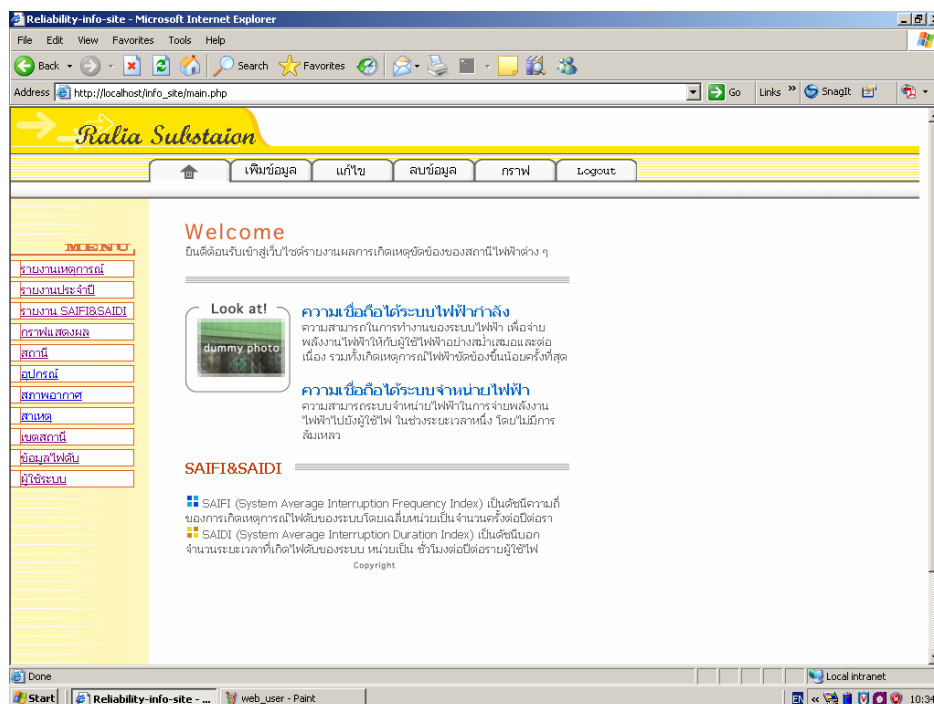
5.2.3 ผู้ดูแลระบบ

จากภาพที่ 5-5 แสดงหน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ดูแลระบบ ผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้กำหนดและแก้ไข ชื่อผู้ใช้ รหัสผ่าน ประเภทผู้ใช้ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิก และผู้ดูแลระบบ รวมทั้งสามารถยกเลิกสิทธิ์การใช้งานเว็บของผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกได้ ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการและดูข้อมูลต่างๆของแต่ละสถานีย่อยได้ เช่น

5.2.3.1 การเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลสถานีย่อย อุปกรณ์ สภาพอากาศ โอกาส จำนวนสายป้อน และข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ตามลำดับ ดังตารางข้อมูลต่างๆที่ได้ออกแบบในหัวข้อที่ 4.8

5.2.3.2 รายงานเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของสถานีย่อย มีการรายงานเป็นรายเดือนและรายปี

5.2.3.3 รายงานดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของสถานีย่อยในแต่ละปี



ภาพที่ 5-5 หน้าเว็บสำหรับการใช้งานในส่วนของผู้ดูแลระบบ

เพื่อให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จึงได้นำข้อมูลต่างๆ ในปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 ที่เกี่ยวข้องกับสถานี A และ B เป็นสถานีที่มีระดับแรงดัน 12 กิโลโวลต์ และ 24 กิโลโวลต์ ตามลำดับ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ชนบทและชานเมืองของการไฟฟ้านครหลวง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ ข้อมูลสถานีย่อย ข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลโอกาส ข้อมูลจำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานี และข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ตามลำดับ ซึ่งเป็นตารางข้อมูลต่างๆ ในฐานข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบเป็นข้อมูลป้อนเข้า เพื่อดำเนินการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของสถานีย่อยในแต่ละปี รวมทั้งแสดงค่าสถิติจำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน ที่เกิดจากโอกาสและอุปกรณ์ต่างๆ สถิติดังกล่าวได้จากข้อมูลของการรายงานเหตุการณ์ในแต่ละปี โดยสมมุติให้จำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่กับสถานีในแต่ละปี มีจำนวนคงที่หรือไม่มีการต่อเพิ่ม

5.3 การทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานี A

สถานี A เป็นสถานีที่มีระดับแรงดัน 12 กิโลโวลต์ มีจำนวนสายป้อนเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 10 สายป้อน จากการป้อนข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานี ระหว่าง พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2548 เข้าไปเก็บ

ไว้ในฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และใช้โปรแกรม PHP สอบถามหรือจัดการข้อมูลภายในฐานข้อมูล ผลการทดสอบสามารถคำนวณและรายงานค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของสถานี A สถิติจำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน จากโอกาสและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้จากการรายงานเหตุการณ์ประจำปี รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5-1 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI จำนวนครั้งที่และระยะเวลาไฟฟ้าดับ
เป็นเวลานานของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

พ.ศ.	SAIFI (ครั้งต่อปี)	SAIDI (นาทิต่อปี)	จำนวนครั้ง	ระยะเวลา (นาทิต่อปี)
2546	1.40	20.80	14	208
2547	0.80	16.10	8	161
2548	1.50	16.60	15	166

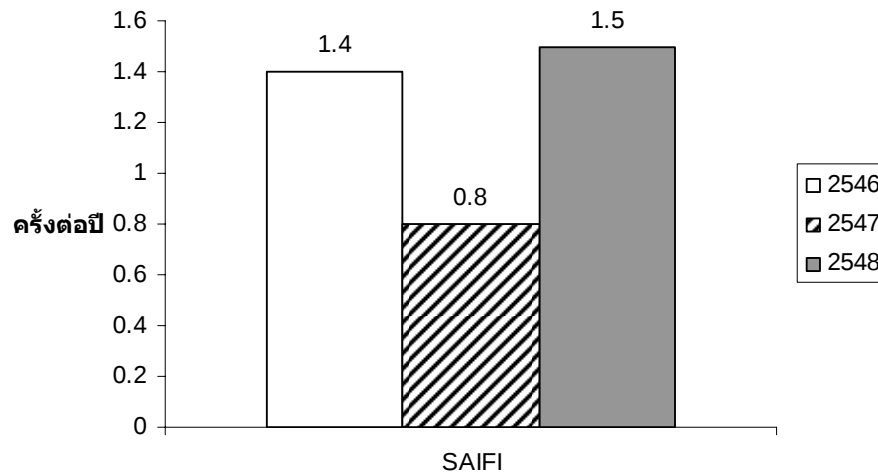
จากตารางที่ 5-1 แสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI จำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีข้อมูลในแต่ละปีดังนี้

ปี พ.ศ. 2546 มีค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 1.40 ครั้งต่อปี SAIDI เท่ากับ 20.80 นาทิต่อปี จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 14 ครั้ง และระยะเวลาไฟฟ้าดับเป็นเวลานานเท่ากับ 208 นาทิต่อปี

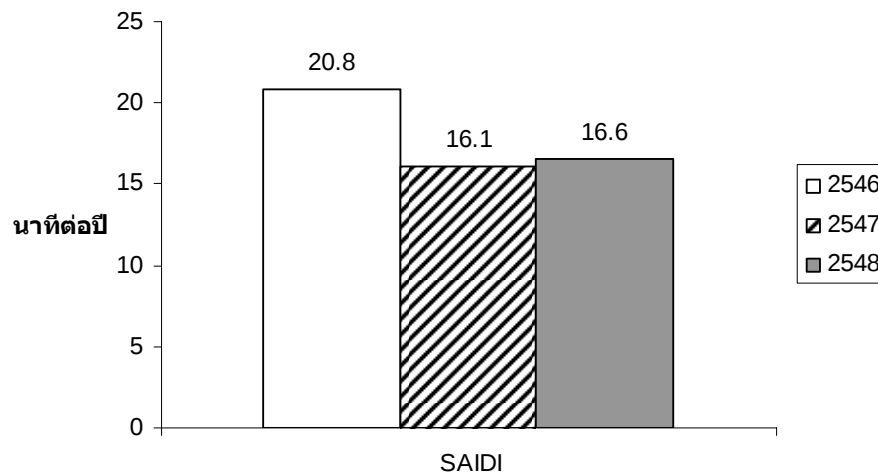
ปี พ.ศ. 2547 มีค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 0.80 ครั้งต่อปี SAIDI เท่ากับ 16.10 นาทิต่อปี จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 8 ครั้ง และระยะเวลาไฟฟ้าดับเป็นเวลานานเท่ากับ 161 นาทิต่อปี

ปี พ.ศ. 2548 มีค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 1.60 ครั้งต่อปี SAIDI เท่ากับ 16.6 นาทิต่อปี จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 15 ครั้ง และระยะเวลาไฟฟ้าดับเป็นเวลานานเท่ากับ 166 นาทิต่อปี

จากภาพที่ 5-6 ค่าดัชนี SAIFI เมื่อเรียงลำดับจากค่ามากไปหาน้อย ในปี พ.ศ. 2548 มีค่าดัชนีมากกว่า ค่าดัชนีในปี พ.ศ. 2546 และ 2547 ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเทียบจากค่าดัชนี SAIFI แล้ว ยังพบว่า จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลาของสถานี A ในปี พ.ศ. 2548 มีสถิติจำนวนครั้งที่เกิดเหตุไฟฟ้าดับเฉลี่ยมากกว่าจำนวนครั้งที่เกิดในปี พ.ศ. 2546 และ 2547 คือ 15, 14 และ 8 ครั้งต่อปีตามลำดับ



ภาพที่ 5-6 แผนภูมิแท่งค่าดัชนี SAIFI ของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548



ภาพที่ 5-7 แผนภูมิแท่งค่าดัชนี SAIDI ของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

จากภาพที่ 5-7 พบว่าค่าดัชนี SAIDI ในปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีค่าเท่ากับ 20.8, 16.1 และ 16.6 นาฬิกาต่อปี ตามลำดับ นั้นแสดงถึง สถานี A ในปี พ.ศ. 2546 มีระยะเวลาไฟฟ้าดับเฉลี่ยที่นานกว่าระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 คือ 208, 166 และ 168 นาฬิกาต่อปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ดี เนื่องจากระยะเวลาไฟฟ้าดับเฉลี่ยมีแนวโน้มที่ลดลงในปี พ.ศ. 2547 และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยใน ปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 5-2 สถิติโอกาส จำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานของสถานี A
4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

พ.ศ.	ชื่อโอกาส	จำนวนครั้ง	ระยะเวลา (นาท)
2546	ไม่ทราบสาเหตุ	6	64
	ต้นไม้และกิ่งไม้	3	65
	ระบบป้องกันชำรุด	2	36
	ยานพาหนะ	1	32
2547	วัสดุแปลกปลอม	3	129
	สายอากาศ	2	12
	อุปกรณ์ในการสวิตช์ชำรุด	1	15
	ไม่ทราบสาเหตุ	1	2
2548	อุปกรณ์ในการควบคุม	10	100
	แรงดันไฟฟ้าชำรุด		
	เกิดจาก EGAT	10	85
	ไม่ทราบสาเหตุ	2	33
	อุปกรณ์ในการสวิตช์ชำรุด	1	29

จากตารางที่ 5-2 แสดงสถิติโอกาส จำนวนครั้งและระยะเวลา ที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน
ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548 มีดังนี้

ปี พ.ศ. 2546 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 6 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 64 นาท ต้นไม้และกิ่งไม้ 3 ครั้ง ใช้
ระยะเวลา 64 นาท ระบบป้องกันชำรุด 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 36 นาท และยานพาหนะ 1 ครั้ง ใช้
ระยะเวลา 32 นาท

ปี พ.ศ. 2547 เกิดจากวัสดุแปลกปลอม 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 129 นาท สายอากาศ 2 ครั้ง ใช้
ระยะเวลา 12 นาท อุปกรณ์ในการสวิตช์ชำรุด 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 15 นาท และไม่ทราบสาเหตุ 1
ครั้ง ใช้ระยะเวลา 2 นาท

ปี พ.ศ. 2548 เกิดจากอุปกรณ์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าชำรุด 10 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 100
นาท เกิดจาก EGAT 10 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 85 นาท ไม่ทราบสาเหตุ 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 33 นาท และ
อุปกรณ์ในการสวิตช์ชำรุด 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 29 นาท

ตารางที่ 5-3 สถิติอุปกรณ์ จำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานของสถานี A
4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

พ.ศ.	ชื่ออุปกรณ์	จำนวนครั้ง	ระยะเวลา (นาทีก)
2546	ไม่ทราบสาเหตุ	4	54
	สายอากาศ	3	65
	สวิตช์ใบมีด	2	13
	สายป้องกันฟ้าผ่า	1	34
2547	สายอากาศ	3	84
	สวิตช์ใบมีด	2	17
	ไม่ทราบสาเหตุ	1	3
	เสา	1	51
2548	ไม่ทราบสาเหตุ	22	202
	ฟิวส์	1	4
	สวิตช์ใบมีด	1	29

จากตารางที่ 5-3 แสดงสถิติอุปกรณ์ จำนวนครั้งและระยะเวลา ที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน
ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีดังนี้

ปี พ.ศ. 2546 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 4 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 44 นาที สายอากาศ 3 ครั้ง ใช้
ระยะเวลา 65 นาที สวิตช์ใบมีด 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 13 นาที และสายป้องกันฟ้าผ่า 1 ครั้ง ใช้
ระยะเวลา 32 นาที

ปี พ.ศ. 2547 เกิดจากสายอากาศ 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 90 นาที สวิตช์ใบมีด 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา
17 นาที ไม่ทราบสาเหตุ 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 3 นาที และเสา 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 51 นาที

ปี พ.ศ. 2548 เกิดจากไม่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ 22 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 202 นาที โดยเกิดจาก
EGAT ถึง 85 นาที ดังนั้นระยะเวลาที่ไม่ทราบสาเหตุที่เกิดขึ้นในระบบ ใช้ระยะเวลา 117 นาที ฟิวส์
1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 4 นาที สวิตช์ใบมีด 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 29 นาที

5.3.1 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของสถานี A ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548

สถานี A ในปี พ.ศ. 2547 มีระดับความเชื่อถือได้ที่ดีกว่าปี พ.ศ. 2546 และ 2548 ตามลำดับ
โดยเปรียบเทียบจากดัชนี SAIFI และ SAIDI ซึ่งค่าดัชนีในปี พ.ศ. 2546 จะมีค่าน้อยกว่าปี พ.ศ.
2546 และ 2548 ตามลำดับ

ส่วนข้อมูลในตารางที่ 5-2 และ 5-3 สามารถนำไปพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ในแต่ละปี ให้ดีขึ้น รายละเอียดมีดังนี้ ในปี พ.ศ. 2546 ควรจะมีการวางแผนตัดแต่งกิ่งไม้ ดูแลอุปกรณ์ป้องกันและสายอากาศ รวมทั้งสายป้องกันฟ้าผ่าด้วย ปี พ.ศ. 2547 ควรจะดูแลเกี่ยวกับวัสดุเปลกปลอมที่เกี่ยวข้องกับสายอากาศ และปี พ.ศ. 2548 ควรจะดูแลเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าและสวิตช์ใบมีด

5.4 การทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานี B

สถานี B เป็นสถานีที่มีระดับแรงดัน 24 กิโลโวลต์ มีจำนวนสายป้อนเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 8 สายป้อน จากการป้อนข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสถานี ระหว่าง พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2548 เข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และใช้โปรแกรม PHP สอบถามหรือจัดการข้อมูลภายในฐานข้อมูล ผลการทดสอบสามารถคำนวณและรายงานค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของสถานี A สถิติจำนวนครั้งที่และระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน จากโอกาสและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้จากรายงานเหตุการณ์ประจำปี รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5-4 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI จำนวนครั้งที่และระยะเวลาไฟฟ้าดับ

เป็นเวลานานของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

พ.ศ.	SAIFI (ครั้งต่อปี)	SAIDI (นาทิต่อปี)	จำนวนครั้ง	ระยะเวลา (นาทิต่อปี)
2546	2.25	94.375	18	755
2547	0.50	3.875	4	31
2548	1.00	10.250	8	82

จากตารางที่ 5-4 แสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI จำนวนครั้งที่และระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีข้อมูลในแต่ละปีดังนี้

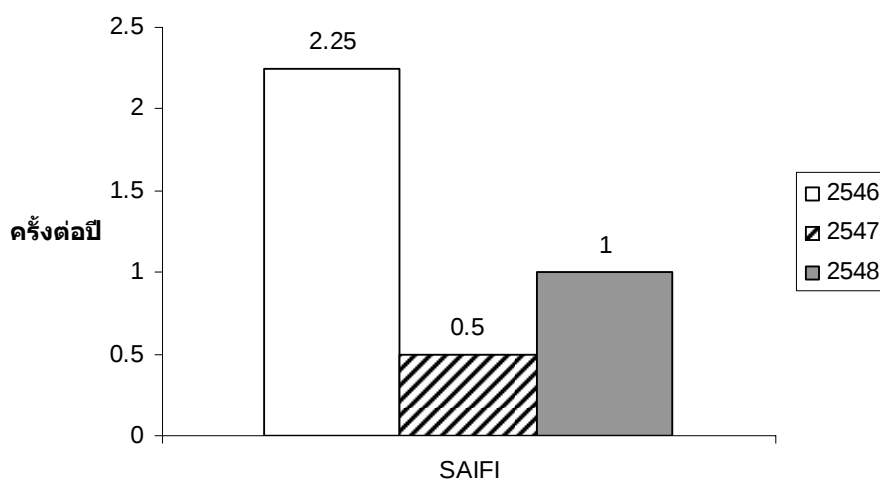
ปี พ.ศ. 2546 ค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 2.25 ครั้งต่อปี SAIDI เท่ากับ 94.375 นาทิต่อปี จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 18 ครั้ง และระยะเวลาไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 755 นาที

ปี พ.ศ. 2547 ค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 0.50 ครั้งต่อปี ค่าดัชนี SAIDI เท่ากับ 3.875 นาทิต่อปี จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 4 ครั้ง และระยะเวลาไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 31 นาที

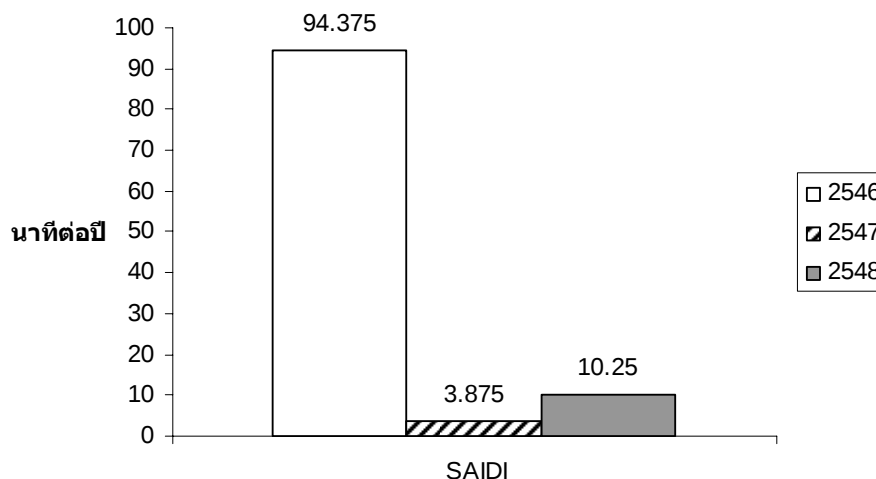
ปี พ.ศ. 2548 ค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 1.00 ครั้งต่อปี ค่าดัชนี SAIDI เท่ากับ 10.25 นาฬิกาต่อปี จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 8 ครั้ง และระยะเวลาไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน 82 นาที

จากภาพที่ 5-8 พบว่าค่าดัชนี SAIFI ในปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีค่าเท่ากับ 2.25, 0.5 และ 1 ครั้งต่อปี นั้นแสดงถึง จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลาของสถานี B ในปี พ.ศ. 2546 มีจำนวนครั้งเฉลี่ยที่เกิดไฟฟ้าดับมากที่สุด รองลงมาคือปี พ.ศ. 2548 และปี พ.ศ. 2546 คือ 4, 8 และ 18 ครั้งตามลำดับ

จากภาพที่ 5-9 พบว่าค่าดัชนี SAIDI ในปี พ.ศ. 2546-2548 มีค่าเท่ากับ 94.375, 3.875 และ 10.25 นาฬิกาต่อปี ตามลำดับ นั้นแสดงถึง ระยะเวลาไฟฟ้าดับเฉลี่ยของสถานี B ในปี พ.ศ. 2546 มีระยะเวลาไฟฟ้าดับเฉลี่ยที่ใช้เวลานานกว่าปี พ.ศ. 2548 และ 2547 คือ 755, 82 และ 31 นาทีต่อปีตามลำดับเช่นกัน



ภาพที่ 5-8 แผนภูมิแท่งแสดงค่าดัชนี SAIFI ของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548



ภาพที่ 5-9 แผนภูมิแท่งค่าดัชนี SAIDI ของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

ตารางที่ 5-5 สถิติโอกาส จำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานของสถานี B
4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

พ.ศ.	ชื่อโอกาส	จำนวนครั้ง	ระยะเวลา (นาที)
2546	ไม่ทราบสาเหตุ	5	64
	ดับไฟฉุกเฉินโดยไม่มี Work permit	5	76
	สาเหตุมาจากลูกค้า	4	508
	สัตว์	2	94
2547	ไม่ทราบสาเหตุ	4	31
2548	ไม่ทราบสาเหตุ	6	39
	ดับไฟฉุกเฉินโดยไม่มี Work permit	2	43

จากตารางที่ 5-5 แสดงสถิติโอกาส จำนวนครั้งและระยะเวลา ที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน
ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีดังนี้

ปี พ.ศ. 2546 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 5 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 64 นาที ดับไฟฉุกเฉินโดยไม่มี
Work permit 5 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 76 นาที สาเหตุมาจากลูกค้า 4 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 508 นาที และ
สัตว์ 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 94 นาที

ปี พ.ศ. 2547 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 4 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 31 นาที

ปี พ.ศ. 2548 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 6 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 39 นาที ไฟวส์ 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 4 นาที คับไฟฉุกเฉินโดยไม่มี Work permit 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 43 นาที

ตารางที่ 5-6 สถิติอุปกรณ์ จำนวนครั้งและระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานานของสถานี B
4 อันดับแรก ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

พ.ศ.	ชื่ออุปกรณ์	จำนวนครั้ง	ระยะเวลา (นาที)
2546	ไม่ทราบสาเหตุ	8	417
	ไฟวส์	2	180
	หม้อแปลง	2	77
	ลูกถ้วย	1	45
2547	ไม่ทราบสาเหตุ	3	29
	สวิตช์ใบมีด	1	2
2548	ไม่ทราบสาเหตุ	7	54
	ไฟวส์	1	28

จากตารางที่ 5-6 แสดงสถิติอุปกรณ์ จำนวนครั้งและระยะเวลา ที่เกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีดังนี้

ปี พ.ศ. 2546 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 8 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 417 นาที ไฟวส์ 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 180 นาที หม้อแปลง 2 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 77 นาที และเกิดจากลูกถ้วย 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 45 นาที

ปี พ.ศ. 2547 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 29 นาที ไฟวส์ 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 2 นาที

ปี พ.ศ. 2548 เกิดจากไม่ทราบสาเหตุ 7 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 54 นาที ไฟวส์ 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 28 นาที

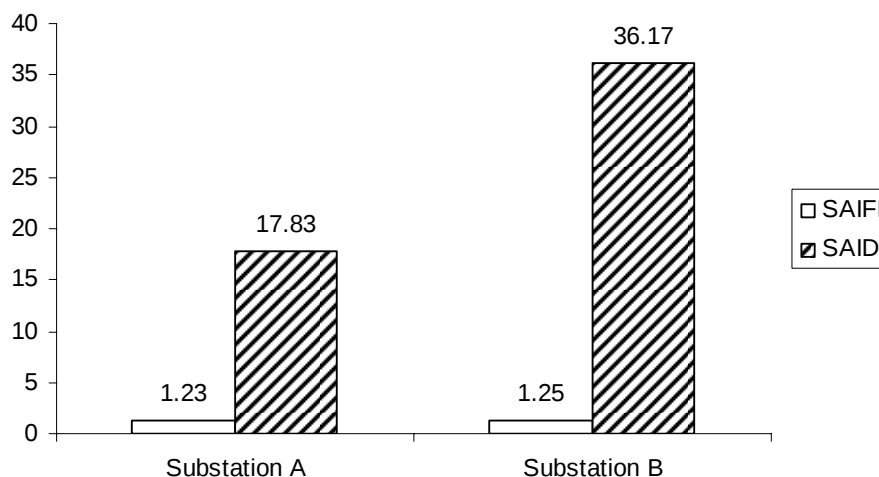
5.4.1 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของสถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548

จากข้อมูลในตารางที่ 5-4 ในปี พ.ศ. 2547 สถานี B มีระดับความเชื่อถือได้ที่ดีกว่า ปี พ.ศ. 2548 และ 2546 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบจากดัชนี SAIFI และ SAIDI ซึ่งค่าดัชนีในปี พ.ศ. 2547 จะมีค่าน้อยกว่าปี พ.ศ. 2548 และ 2546 ตามลำดับ

ส่วนข้อมูลในตารางที่ 5-5 และ 5-6 สามารถนำไปพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง ความเชื่อถือได้ในแต่ละปีให้ดีขึ้น รายละเอียดมีดังนี้ ในปี พ.ศ.2546 ควรบำรุงรักษาไฟวส์ หม้อแปลง

และลูกถ้วย รวมทั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับลูกถ้วย ในปี พ.ศ.2547 และ 2548 ควรจะหาสาเหตุที่ทำให้ไฟฟ้าดับให้ได้ เพื่อจะทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ไฟฟ้าดับ

5.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบความเชื่อถือได้ของสถานี A และ สถานี B ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548



ภาพที่ 5-10 แผนภูมิแท่งค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เฉลี่ยของสถานี A และ B ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

จากภาพที่ 5-6 ดัชนีความเชื่อถือได้โดยเฉลี่ยของทั้งสามปีแล้ว สถานี A มีดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI มีค่าเท่ากับ 1.23 ครั้งต่อปี และ 17.83 นาทีต่อปีตามลำดับ ส่วนสถานี B มีค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เท่ากับ 1.25 ครั้งต่อปี และ 36.17 นาทีต่อปี ค่าดัชนีทั้งสองค่าของสถานี A มีค่าดัชนีที่น้อยกว่าค่าดัชนีของสถานี B จึงสรุปได้ว่าในระยะเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548 สถานี A มีระดับความเชื่อถือได้ที่ดีกว่าสถานี B

ส่วนแนวทางการปรับปรุงโดยภาพรวมของแต่ละสถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง 2548 มีรายละเอียดดังนี้คือ สถานี A ควรจะบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆและวางแผนการตัดแต่งกิ่งไม้ ส่วนสถานี B ควรจะดูแลอุปกรณ์ด้านแรงดันต่ำที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ไฟหรือลูกถ้วย

5.6 สรุปส่วนของเนื้อหา

ตัวแปรที่มีผลต่อการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI คือ จำนวนครั้งและระยะเวลาไฟฟ้าดับ ในกรณีที่ให้จำนวนสายป้อนที่มีการต่ออยู่ในระบบมีจำนวนคงที่ ถ้าจำนวนครั้งและระยะเวลาไฟฟ้าดับมีค่ามาก ทำให้ค่าดัชนีทั้งสองที่คำนวณได้ มีค่ามากตามไปด้วย

ส่วนแนวทางการปรับปรุงความเชื่อถือได้ สามารถใช้สถิติโอกาสและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ มาใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เช่น การตัดแต่งกิ่งไม้ การตรวจสอบสภาพการใช้งานของ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้ลดจำนวนครั้งและระยะเวลาไฟฟ้าดับ อาจจะทำให้ค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI มีค่าที่ลดลงไปจากเดิม

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้ได้สรุปผลการวิจัยทั้งหมด เพื่อความชัดเจนจึงได้แยกย่อยออกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ การเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ไว้ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ การออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และจุดเด่นของระบบการจัดการข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บที่ได้ออกแบบในครั้งนี้นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงข้อควรปรับปรุงของการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลที่ออกแบบนี้ด้วย รวมไปถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 การเลือกใช้รูปแบบการเก็บข้อมูลความเชื่อถือได้ไว้ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

เนื่องจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ มีลักษณะข้อมูลและโครงสร้างข้อมูลที่มีความเป็นอิสระ ทำให้มีความเป็นอิสระโดยไม่ขึ้นอยู่กับโปรแกรม ที่ใช้ในการจัดการกับข้อมูล ดังนั้นการจัดการกับข้อมูลจึงมีความเป็นอิสระ การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลก็มีความเป็นอิสระด้วย อีกเหตุผลหนึ่งคือเรื่องของความยืดหยุ่นของคำสั่งในการสอบถามหรือการจัดการกับฐานข้อมูล เรียกภาษาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลว่า ภาษา SQL ซึ่งเป็นรูปแบบภาษาที่ง่ายต่อการศึกษาและการใช้งาน ทำให้ลดขั้นตอนการเขียนโปรแกรมประยุกต์ที่ซับซ้อนลง

6.2 การออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ขั้นตอนในการออกแบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า ได้จากการนำแนวคิดของการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ มาประยุกต์ใช้ การออกแบบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ การออกแบบฐานข้อมูลระดับแนวคิด การออกแบบฐานข้อมูลระดับตรรกะ และการออกแบบฐานข้อมูลระดับกายภาพ

ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลระดับแนวคิด เป็นขั้นตอนพื้นฐานของการออกแบบฐานข้อมูล ทำให้เห็นภาพรวมของระบบฐานข้อมูลที่ออกแบบ โดยแสดงลักษณะต่างๆ เอนติตี้ หรือสิ่งที่สนใจในระบบงานเช่น ชื่อของเอนติตี้ แอททริบิวต์ของเอนติตี้ และความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ เป็นต้น

ส่วนขั้นตอนการออกแบบระดับตรรกะ เป็นขั้นตอนในการกำหนดโครงสร้างข้อมูลของรีเลชันหรือตาราง และการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตาราง โดยใช้ข้อมูลในตารางเป็นตัวเชื่อมโยง รวมทั้งเป็นขั้นตอนในการปรับโครงสร้างข้อมูล เพื่อลดปัญหาที่จะเกิดกับข้อมูลจากการจัดการข้อมูล ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเรียกว่า กระบวนการปรับบรรทัดฐาน และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการออกแบบฐานข้อมูลระดับกายภาพ เป็นการเลือกโปรแกรมระบบการจัดการฐานข้อมูล จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ได้จากการขั้นตอนที่แล้ว มากำหนดประเภทและขนาดข้อมูลให้ตรงกับฐานข้อมูลที่ใช้

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น เมื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างข้อมูลในฐานข้อมูล หรือต้องการปรับปรุงเปลี่ยนโครงสร้างข้อมูลภายในฐานข้อมูล สามารถที่จะทำได้ โดยเริ่มต้นจากขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลระดับแนวคิดก่อนเสมอ ถ้าผู้ออกแบบมีชำนาญแล้วสามารถข้ามขั้นตอนการออกแบบในระดับแนวคิด มาออกแบบฐานข้อมูลในขั้นตอนของการออกแบบในระดับตรรกะได้เลย จากนั้นค่อยมาออกแบบในระดับกายภาพตามลำดับต่อไป

6.3 จุดเด่นของระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บไซต์ได้ออกแบบในครั้งนี้

ระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บไซต์ได้ออกแบบในครั้งนี้ มีจุดเด่นอยู่หลายประการ จากผลการทดสอบที่ผ่านมาในบทที่ 5 สามารถสรุปได้ดังนี้

6.3.1 เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ป้อนเข้าทั้งหมดแล้ว ผลการคำนวณค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และการรายงานเหตุการณ์ไฟฟ้า ของแต่ละสถานีแล้ว มีข้อมูลที่ตรงกัน ซึ่งเป็นการยืนยันว่าขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์นั้นความถูกต้องด้วย และไม่ทำให้เกิดปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลภายในฐานข้อมูลได้ออกแบบด้วย

6.3.2 สามารถปรับปรุง แก้ไข เปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ เมื่อมีการป้อนข้อมูลผิด

6.3.3 สามารถสามารถป้อนข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ยังไม่มีการบันทึกในฐานข้อมูล เช่น สาเหตุที่เกิดขึ้นใหม่ จำนวนการต่อสายป้อนที่อยู่กับสถานีในปัจจุบันได้

6.3.4 สามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงการจัดการฐานข้อมูล โดยแยกตามประเภทของผู้ใช้ ได้

6.3.5 สามารถเก็บบันทึกข้อมูลที่ป้อนเข้าจำนวนมากได้

6.4 ข้อควรปรับปรุงของระบบการจัดการฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ได้ออกแบบในครั้งนี้

จากผลการทดสอบในบทที่ 5 เนื่องจากข้อมูลในตารางโอกาสของระบบงานเดิม ยังไม่มีการแยกชนิดของโอกาสและประเภทของอุปกรณ์หลักที่ชัดเจน ทำให้ข้อมูลโอกาสบางแถวมีข้อมูลที่ตรงกันกับข้อมูลบางแถวในตารางอุปกรณ์เช่น ชื่อของโอกาสและอุปกรณ์เป็น สายอากาศ เป็นต้น

ทำให้การวิเคราะห์สถิติที่เกิดจากโอกาสและอุปกรณ์ยุ่งยากไปด้วย นอกจากนี้การแยกอุปกรณ์หลักที่ชัดเจน ยังนำไปสู่การหาอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์หลักแต่ละชนิดได้อีกด้วย

6.5 ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้

จากผลการทดสอบในบทที่ 5 จะสังเกตได้ว่า ไม่มีการกล่าวถึงอัตราการล้มเหลวเฉลี่ยและระยะเวลาการขัดข้องของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งเป็นพารามิเตอร์พื้นฐานที่ควรจะได้จากการประเมินสมรรถนะของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอดีต เนื่องจากระบบงานเดิมไม่มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับการหาค่าดังกล่าว เช่น ความยาวสาย จำนวนอุปกรณ์แต่ละชนิด และพารามิเตอร์อื่นๆที่จำเป็นต่อการคำนวณ รวมทั้งการแยกอุปกรณ์ที่ชัดเจน เป็นต้น ในอนาคต ถ้าต้องการหาค่าดังกล่าวก็สามารถที่จะทำได้ โดยการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของฐานข้อมูลก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นค่อยมาปรับเปลี่ยนโครงสร้างโปรแกรมประยุกต์ สำหรับการจัดการฐานข้อมูลต่อไป

6.6 งานที่สามารถทำได้ในอนาคต

ในส่วนงานที่สามารถทำได้หลังจากนี้มีอยู่หลายประการดังต่อไปนี้

6.6.1 การนำฐานข้อมูลไปใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ระดับเขตพื้นที่

ในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบระบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ เพื่อประเมินความเชื่อถือได้ในระดับสถานีย่อย แต่ด้วยโครงสร้างของฐานข้อมูล น่าจะนำไปใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับเขตพื้นที่ต่อไป

6.6.2 การนำฐานข้อมูลไปใช้ในการรายงานเหตุการณ์

ระบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ที่ได้ออกแบบนี้ สามารถนำไปปรับปรุงพัฒนาให้เป็นฐานข้อมูลที่สามารถรายงานเหตุการณ์ประจำวันได้

6.6.3 การนำฐานข้อมูลไปใช้ในการหาอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาขัดข้อง

ระบบฐานข้อมูลความเชื่อถือได้ที่ได้ออกแบบนี้ ในการหาอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการขัดข้องของอุปกรณ์สามารถทำได้ ถ้ามีข้อมูลที่เพียงพอต่อการคำนวณ เช่น ระยะเวลาการซ่อมแซม ระยะเวลาการขัดข้องของอุปกรณ์ และการแยกประเภทของอุปกรณ์อย่างชัดเจน เป็นต้น เพียงแต่มีการปรับปรุงโครงสร้างภายในฐานข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

1. IEEE Standard 1159-1995. IEEE recommended practice for monitoring electric power quality. November 1995.
2. The IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms IEEE Standard 100-1996. 6th ed. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1996.
3. Billinton, R. and Goel, L. "Hierarchical Reliability Evaluation In An Electric Power System." IEEE/NTUA Athens Power Tech Conference, Greece. 2 (Sep. 1993) : 616-621.
4. Billinton, R. and Goel, L. "Overall adequacy assessment of an electric power system." IEE Proceedings on Generation Transmission and Distribution. 139 (Jan. 1992) : 58-63.
5. Billinton, R. and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Engineering Systems Concept and Techniques. 2nd ed. PLENUM PRESS, 1992.
6. Brown, R. E. Electric Power Distribution Reliability. New York : Marcel Dekker, 2002.
7. IEEE 1366, IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1996.
8. Billinton, R. and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concept and Techniques. 2nd ed. New York and London : Plenum press, 1992.
9. Billinton, R. and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Engineering Systems Concept and Techniques. : Pitman Advance Publishing Program, 1992.
10. Bunyakul, T. Test Variance Reduction Techniques. M.Sc.Thesis, Faculty of Engineering and Electronics, University of Manchester Institute of Science and Technology, 1998.
11. Brown, R. E. and Humphrey, B. G. "Asset Management for Transmission and Distribution." IEEE on power and energy magazine. 3 (May-June. 2005) : 39-45.
12. Public Utility commission of Texas. Rules and Laws. Chapter 25 Applicable to Electric Service Providers. Available online at www.puc.state.tx.us/rules/subrules/electric/ [2006,December 14].
13. Rusch, R.J. and Metz, D.L. "Customer oriented reliability indices and data collection." Rural Electric Power Conference. (1999) : A1/1-A1/8.

14. Warren, C. A., Pearson, D. J. and Sheehan, M. T. "A Nationwide Survey of Recorded Information Used for calculating Distribution Reliability Indices." IEEE Transactions on Power Delivery. 18 (April 2003) : 449-453.
15. Schnettler, A., Schwan, M., and Bunyagul, T. "Evaluation of Supply Reliability Indices in Power Systems -Statistical documentation and probabilistic calculation-." ECTI Conference on power system. 2004.
16. Oprisan, M., Filippelli, F., Clark, I.M., and Billinton, R. "A reliability data system for the reporting of forced outages of distribution equipment." IEEE Western Canada Conference on Computer Power and Communications Systems in a Rural Environment. (May 1991) : 267-270.
17. Billinton, R. and Allan, R. N. "Concept of data for assessment the reliability of transmission and distribution equipment." The reliability of transmission and Distribution equipment. (March 1995) : 1-6.
18. Kivikko K., Antti., M. and Pertti., J. "Methods for Advanced Compilation of Interruption Statistics to Cater Renewing Regulation." 1-13. Lappeenranta University of Technology. Finland. (Mimeographed)
19. DuBois, P. MySQL Cookbook. 1st ed. CA. : O'Reilly & Associates, c2002.
20. กิตติ ภักดีวัฒนกุล และจำลอง กระจุดสาหะ. กัมภีร์ระบบฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : เเคทีพี, 2545.
21. สมจิตร อาอินทร์ และงามนิจ อาอินทร์ (พิสิษฐเจริญทัต). หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น : ขอนแก่นการพิมพ์, 2549.
22. Welling L. and Thomson L. MySQL Tutorial. United States of America : Sams Publishing, 2003.
23. Yank K. Build Your Own Database-Driven Website Using PHP & MySQL. 2nd ed. Australia : SitePoint Pty. Ltd, 2003.
24. Siberschatz , A., Korth H. F. and Sudarsh S. Database system concepts. 4th ed. Singapore : Mc Graw Hill, 2002.
25. กองวิจัยและวางแผนระบบไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า. ข้อมูลไฟฟ้าจัดซื้อ [แฟ้มข้อมูล]. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้านครหลวง, 2006.

26. เทคนิคการใช้ Visual FOXPRO 3.0 for windows. กรุงเทพฯ : อินเด็กซ์ เซ็นเตอร์, 2539.
27. อติศักดิ์ จันทรมิน. สร้าง Web Application อย่างมืออาชีพด้วย PHP ฉบับ Workshop.
กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549.
28. AppServ 2.4.8 [online] 2006 November 20 [cited 2007 March 20]. Available from :
<http://www.appservnetwork.com>
29. กิตติ ภัคดีวัฒนกุล. ถ่มถึร้ PHP. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : เคทีพีเอนคอนซัลท์ฯ, 2547.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายวรจักร นราภัย
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : ระบบการจัดการฐานข้อมูลความเชื่อถือได้บนเว็บ
 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเบรเคียล
 สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

ประวัติ

ข้าพเจ้าชื่อ นายวรจักร นราภัย เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2519 ที่อ.เชียงคาน จังหวัดเลย
 ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 12/23 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย จากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย
 จังหวัดขอนแก่น

พ.ศ. 2542 ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัย
 อุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2542-2543 วิศวกรไฟฟ้าบริษัท VGI GLOBAL MEDIA กรุงเทพฯ มีหน้าที่ควบคุมดูแล
 และตรวจสอบการติดตั้งร้านค้าและป้ายโฆษณาบนสถานีรถไฟฟ้า BTS 23 สถานี ร่วมกับทีมงาน
 ของบริษัท SIEMEN