

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้า
จากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ ทางภาคใต้ของประเทศไทย
**THE ANALYSIS AND FEASIBILITY STUDY FOR DISTRIBUTION SYSTEM
VOLTAGE CONVERSION FROM 33 KV DOWNT0 22 KV IN SOUTHERN THAILAND**



T117504



โดย

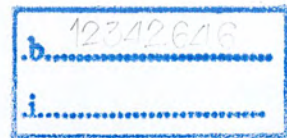
นายวรวัฒน์ เหล่าพิเชษฐกุล

นายวรุตม์ บุญเกิด

นายวิฒนพล พึ่งปาน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **117504**

วัน,เดือน,ปี..... **5 ต.ค. 2554**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2553

การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก
ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ ทางภาคใต้ของประเทศไทย

THE ANALYSIS AND FEASIBILITY STUDY FOR DISTRIBUTION SYSTEM VOLTAGE
CONVERSION FROM 33 KV DOWNTO 22 KV IN SOUTHERN THAILAND



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว

รศ.ศุภี บรรจงจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก
ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ ทางภาคใต้ของประเทศไทย

ผู้จัดทำ

1. นายวรวัฒน์ เหล่าพิเชษฐกุล

2. นายวรุตม์ บุญเกิด

3. นายวัฒน์พล ฟิ่งปาน



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาย ชมภูอินไหว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ศุภี บรรจงจิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก
ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ ทางภาคใต้ของประเทศไทย

นายวรวัฒน์ เหล่าพิเชษฐกุล

นายวรุตม์ บุญเกิด

นายวัฒนพล ฝั่งปาน

ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศุสึ บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของระบบจำหน่ายไฟฟ้าทางภาคใต้ของประเทศไทย จากระดับแรงดันไฟฟ้า 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ โดยทำการวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในเชิงข้อมูลศึกษา อาทิเช่น ทางด้านเทคนิค ด้านเสถียรภาพ ด้านความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อนำมาสังเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละระดับแรงดันของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และนำไปสู่แนวทางในการตัดสินใจเลือกระดับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย หลังจากนั้นจึงทำการจำลองระบบลงในโปรแกรม DIGSILENT PowerFactory และวิเคราะห์ผลออกเป็นสองส่วน คือ ทางด้านความมั่นคง และทางด้านความเชื่อถือได้ของระบบ เพื่อนำมาแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่สนับสนุนในการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบจำหน่ายไฟฟ้าทางภาคใต้ของประเทศไทยต่อไป

THE ANALYSIS AND FEASIBILITY STUDY FOR DISTRIBUTION SYSTEM VOLTAGE CONVERSION FROM 33 KV DOWNTO 22 KV IN SOUTHERN THAILAND

Worawat Lhaowpichetkul
Warut Bunkerd
Wattanapol Pheungpan
Asst.Prof.Dr.Chai Chompoo-inwai Advisor
Assoc.Prof.Sulee Bunjongjit Advisor
Year 2010

ABSTRACT

This project is about the analysis and feasibility study for conversion the voltage levels of electrical distribution system in the Southern Thailand from voltage level 33 kV downto 22 kV. By mean analyze information studies such as technical part, stability part and reliability part for synthesize that in table comparison. These are guideline for consideration to select the appropriate voltage level in electrical distribution system of Thailand. After that make a model in DIgSILENT PowerFactory program for analysis in security section and reliability section that demonstrate to why its support for change the voltage level of 33 kV downto 22 kV for guideline in the development of electrical distribution system in Southern Thailand.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งต่อความกรุณาที่ ผศ.ดร.ชาย ชมพูอินไหว และ รศ.ศุภี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา, คุณอนุรักษ์ ขำดี พี่ที่ห้องศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมส่องสว่าง (ESIRC) และคุณรัตติยา ยุทธวิษยานนท์ เจ้าหน้าที่แผนกพยากรณ์ระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่คอยสละเวลาและให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์เป็นอย่างมาก ตลอดจนอาจารย์ในสาขาวิชาที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้กับผู้จัดทำในครั้งนี้ ถ้าปราศจากท่านโครงการนี้ก็คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้

ท้ายที่สุดนี้ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดูตลอดจนส่งเสริมให้ผู้จัดทำได้ศึกษาเล่าเรียนจนจบในครั้งนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VII
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ.....	1
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้พื้นฐานของระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	5
2.1.1 ระดับแรงดันไฟฟ้าโดยทั่วไปในระบบสายส่ง.....	5
2.1.2 การวางแผนระบบไฟฟ้า.....	6
2.1.3 การเลือกระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	7
2.2 ลักษณะรูปแบบการส่งกำลังไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	8
2.2.1 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบเรเดียล.....	8
2.2.2 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบริง.....	9
2.2.3 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบกริด.....	10
2.3 อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	10
2.3.1 สายไฟฟ้า.....	10
2.3.2 หม้อแปลงจำหน่าย.....	11
2.3.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์.....	11
2.3.4 รีโคลสเซอร์.....	11
2.3.5 ดรออปเอาต์ฟิวส์คัทเอาต์.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา แะ IV ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.6 สวิตช์สำหรับตัดโหลดและสวิตช์แบบน้ำมัน	11
2.3.7 สวิตช์ตัดตอน.....	12
2.3.8 สวิตช์แบบอากาศ	12
2.3.9 เสาไฟฟ้า คอนสาย และลูกถ้วย.....	12
2.4 แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์.....	12
2.5 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า	15
2.5.1 ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า	15
2.5.2 การกำหนด SAIFI, SAIDI ตามความสำคัญของผู้ใช้ไฟ.....	18
2.6 สาเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องและการปรับปรุง.....	19
2.6.1 สาเหตุที่ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้ต่ำลงและแนวทางการปรับปรุง.....	19
2.6.2 การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบ.....	21
บทที่ 3 การวางแผนการศึกษาผลกระทบของการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า	
3.1 การศึกษาหาข้อมูล.....	25
3.2 การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองระบบจำหน่ายโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	25
3.2.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคง.....	25
3.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า	28
บทที่ 4 ผลการทดลองการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า	
4.1 ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา.....	34
4.1.1 ด้านความเชื่อถือได้ของระบบ	35
4.1.2 ด้านความมั่นคงของระบบ	35
4.1.3 ด้านเศรษฐศาสตร์.....	35
4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบจำหน่ายโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	35
4.2.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคง.....	35
4.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า	40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	44
ภาคผนวก.....	46
ภาคผนวก ก ข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....	ก-1
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลองโดยละเอียด.....	ข-1

ประวัติผู้เขียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ**VI**ี้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า.....	5
2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าสูญเสียและราคาค่าใช้จ่าย. 7	7
2.3 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบเบเรติเยล.....	9
2.4 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบบริง.....	9
2.5 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบกริด.....	10
2.6 แบบจำลอง 2 สถานะของอุปกรณ์.....	12
2.7 แบบจำลอง 4 สถานะของอุปกรณ์.....	13
2.8 แผนผังการล้มเหลวแบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟ.....	14
2.9 โครงสร้างโดยสายป้อนทั่วไป.....	21
2.10 โครงสร้างของสายป้อนกับการติดตั้งสวิตช์ตัดตอน.....	22
2.11 การพิจารณาอุปกรณ์วิกฤตของระบบ.....	24
3.1 ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเกิดสภาวะการณ่ผิดปกติในระบบ.....	27
3.2 ค่าอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมที่ต้องใส่ในโปรแกรม.....	28
4.1 กราฟแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ที่แรงดัน 33 กิโลโวลต์.....	36
4.2 กราฟแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ที่แรงดัน 22 กิโลโวลต์ โดยจ่ายแรงดันที่ 1.00 pu....	36
4.3 กราฟแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ที่แรงดัน 22 กิโลโวลต์ โดยจ่ายแรงดันที่ 1.05 pu....	37
4.4 แสดงค่ากำลังสูญเสียในระบบที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์.....	38
4.5 แสดงค่ากำลังสูญเสียในระบบที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์.....	38
ข-1 ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์.....	ข-26
ข-2 ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เงื่อนไขที่ 1.....	ข-26
ข-3 ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เงื่อนไขที่ 2.....	ข-27
ข-4 ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เงื่อนไขที่ 3.....	ข-27
ข-5 ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เงื่อนไขที่ 4.....	ข-28

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ.....	2
2.1 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไป.....	6
2.2 ระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศต่างๆ.....	6
3.1 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์แยกตามระดับแรงดัน.....	30
3.2 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของสายเหนือดิน แยกตามเงื่อนไข.....	32
3.3 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ตัดตอน แยกตามเงื่อนไข.....	32
3.4 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของหม้อแปลงสถานี แยกตามเงื่อนไข.....	33
3.5 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของหม้อแปลงจำหน่าย แยกตามเงื่อนไข.....	33
4.1 เปรียบเทียบปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงระดับแรงดัน.....	34
4.2 ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสลัดวงจรเมื่อเกิดเกิดสภาวะการณืผิดปกติพร้อมชนิดต่างๆ.....	39
4.3 ค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เมื่อมีเงื่อนไขต่างๆ.....	40
ก-1 อัตราความขัดข้องของอุปกรณ์ในกลุ่มสายเหนือดินระบบจำหน่าย.....	ก-1
ก-2 อัตราความขัดข้องของหม้อแปลงสถานี.....	ก-2
ก-3 อัตราความขัดข้องของหม้อแปลงจำหน่าย.....	ก-3
ก-4 อัตราความขัดข้องของอุปกรณ์ป้องกัน/ตัดตอน.....	ก-4
ก-5 ระยะเวลาซ่อมแซมของแต่ละอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	ก-5
ข-1 ขนาดแรงดันในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์.....	ข-1
ข-2 ขนาดกระแสในแต่ละสายจำหน่ายเหนือดินที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์.....	ข-7
ข-3 ขนาดแรงดันในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เมื่อจ่ายแรงดัน 1.05 pu.....	ข-13
ข-4 ขนาดกระแสในแต่ละสายเหนือดินที่แรงดัน 22 กิโลโวลต์ เมื่อจ่ายแรงดัน 1.05 pu.....	ข-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทยในส่วนใหญ่ภูมิภาค จะแบ่งระดับแรงดันออกเป็น 2 ระดับ โดยส่วนใหญ่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของประเทศจะเป็นระบบ 22 กิโลโวลต์ และส่วนที่เหลือ (ภาคใต้) จะเป็นระบบ 33 กิโลโวลต์ เนื่องจากในอดีตสถานีไฟฟ้าย่อย ทำการสร้างค่อนข้างยากและพื้นที่ทางภาคใต้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแนวยาว แต่ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่พัฒนาและทันสมัยมากขึ้น อีกทั้งการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยยังสร้างได้ค่อนข้างง่ายกว่าเมื่อก่อน ดังนั้นเพื่อความเป็นเอกภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงควรเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันให้เหมือนกันทั้งประเทศ ซึ่งคาดว่าจะก่อให้เกิดผลดีในหลาย ๆ ประการดังที่จะกล่าวต่อไป

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ ปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแต่ละระดับแรงดันทั้งในเชิงข้อมูลและการจำลองระบบผ่านโปรแกรม เพื่อหาระดับแรงดันที่เหมาะสม รวมทั้งข้อดีและข้อเสียในการแปลงระดับแรงดันจาก 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ โดยคาดหวังว่า เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันแล้วความเชื่อถือได้ (Reliability) สภาพะผิดพร่องในการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Fault) ความมั่นคงของระบบ (Security) ของระบบจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ โดยวิเคราะห์ในเชิงข้อมูลและทางโปรแกรมที่ระดับแรงดันต่างๆ เพื่อหาระดับแรงดันที่เหมาะสม และความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดันต่างๆ แล้วนำมาสังเคราะห์เปรียบเทียบทั้งทางด้านเทคนิค ด้านเสถียรภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกระดับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย พร้อมทั้งใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory ช่วยในการวิเคราะห์ผลทางด้านความมั่นคงและความเชื่อถือได้ของระบบ เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

- 1) เรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิจัยเบื้องต้น (โปรแกรม DigSILENT PowerFactory) และรูปแบบการเขียนเอกสาร
- 2) ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนระดับแรงดัน และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า
- 3) ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวกับรูปแบบในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า, ปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า
- 4) สังเคราะห์ข้อมูลและสรุปสมมติฐานในเรื่องการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้าว่าระดับแรงดันใดเหมาะสมกับประเทศไทย
- 5) ศึกษาการใช้งานโปรแกรม DigSILENT PowerFactory โดยละเอียด
- 6) ทำการจำลองระบบโดยใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory และนำมาวิเคราะห์ผลทางด้านความมั่นคงและด้านความเชื่อถือได้ของระบบ
- 7) สรุปผลการวิจัย
- 8) จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์และเตรียมนำเสนอโครงการ

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ

วิธีการดำเนินงาน	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1. เรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิจัยเบื้องต้น (DigSILENT PowerFactory) และรูปแบบการเขียนเอกสาร									
2. ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนระดับแรงดัน, การวางแผนและค่าดัชนีความน่าเชื่อถือในระบบจำหน่ายไฟฟ้า									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

วิธีการดำเนินงาน	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
3. ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวกับรูปแบบในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า, ปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า									
4. สังเคราะห์ข้อมูลและสรุปสมมติฐานและหาระดับแรงดันที่เหมาะสมกับประเทศไทย									
5. ศึกษาการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (DigSILENT PowerFactory) โดยละเอียด									
6. จำลองระบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (DigSILENT PowerFactory) และวิเคราะห์ผลทางด้านความมั่นคงและความเชื่อถือได้ของระบบ เมื่อแปลงระดับแรงดัน									
7. สรุปผลการวิจัย									
8. จัดทำรูปเล่มปริญญาบัตร และเตรียมนำเสนอโครงการ									

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) มีความรู้ความเข้าใจและทักษะในการใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory เพื่อวิเคราะห์ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า
- 2) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปของประเทศไทยที่ใช้ในปัจจุบัน
- 3) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิธีการหรือหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาระดับแรงดันในระบบจำหน่ายที่เหมาะสมกับประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญญาพันธ

บทที่ 1 เป็นการกล่าวเกี่ยวกับบทนำของโครงการที่ปฏิบัติ โดยได้กล่าวถึงความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงการ ขั้นตอนการดำเนินงาน แผนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐานของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ลักษณะรูปแบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้า อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า สาเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง และการปรับปรุง

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงกระบวนการศึกษาผลกระทบของการแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาหาข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือ ตลอดจนปฏิญญาพันธต่างๆ และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นที่การศึกษาผลกระทบทางด้านความมั่นคง และความเชื่อถือได้ของระบบ

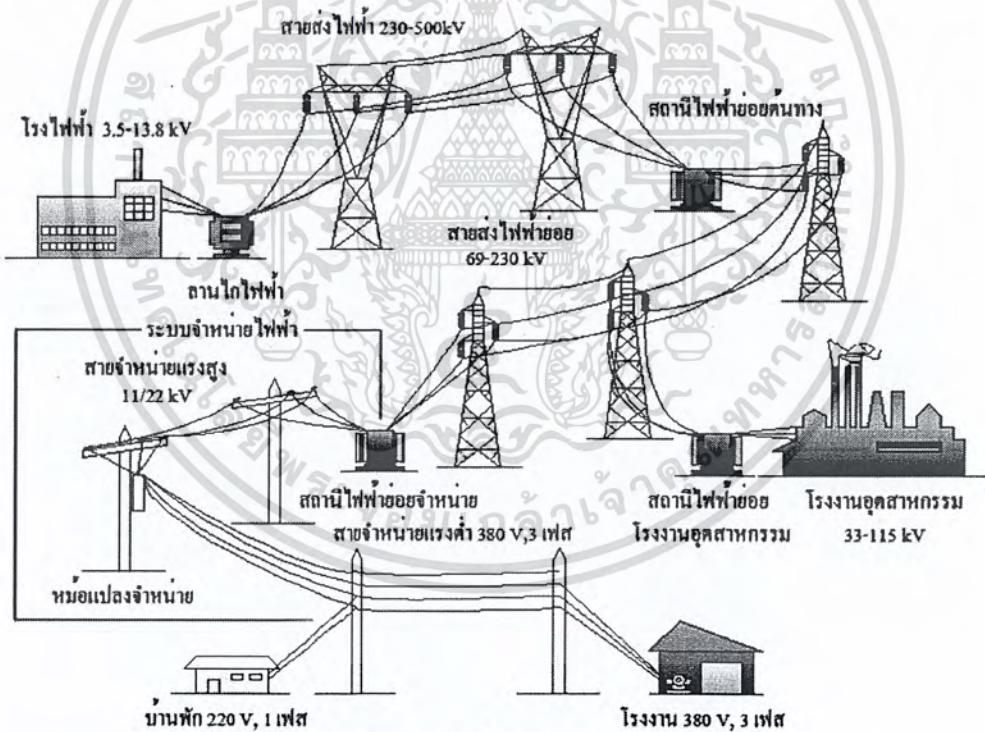
บทที่ 4 เป็นการนำเสนอผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา และผลการทดลองผลกระทบทางด้านความมั่นคง (Security) และความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อทำการแปลงระดับแรงดัน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลของการศึกษาวิจัยและผลการทดลองของโครงการการศึกษา และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานของระบบจำหน่ายไฟฟ้า [5]

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System) คือ ระบบไฟฟ้าที่ถูกลดแรงดันให้ต่ำลงจนมีค่าเหมาะสมที่จะบริการให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้ ซึ่งระดับแรงดันที่ใช้ในประเทศไทยมีหลายระดับ เช่น 11, 22 และ 33 กิโลโวลต์ เป็นระดับแรงดันที่ใช้ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ส่วนการไฟฟ้านครหลวง มีระดับแรงดันที่ใช้จะเป็น 12 กิโลโวลต์ และ 24 กิโลโวลต์ สายในระบบจำหน่ายเรียกว่า สายจำหน่ายแรงสูงหรือสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ซึ่งแรงดันระดับนี้สามารถจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ โดยสายจำหน่ายแรงสูงจะเดินรอบ ๆ ตัวเมืองและจะแปลงระดับแรงดันให้ต่ำลงอีกโดยใช้หม้อแปลงจำหน่าย เพื่อลดระดับลงเหลือ 220 โวลต์ ที่ใช้กับบ้านเรือนทั่วไป สามารถเรียกสายส่งชนิดนี้ว่า สายจำหน่ายแรงต่ำหรือสายป้อนทุติยภูมิ (Secondary Feeder)



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

2.1.1 ระดับแรงดันไฟฟ้าโดยทั่วไปในระบบสายส่ง

จากการศึกษาข้อมูลพบว่าสามารถแบ่งช่วงระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังและระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไป [2]

ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	ระดับแรงดันไฟฟ้าทั่วไป (กิโลโวลต์)	ช่วงระดับ แรงดันไฟฟ้า
ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Transmission System)	345,500,765,1100	ระดับแรงดันสูงพิเศษ (Ultra-High Voltages)
	115,138,161,230	ระดับแรงดันสูง (High Voltages)
	46,69	ระดับแรงดันปานกลาง (Medium Voltages)
ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า (Distribution System)	35,25,15,7.5,5	

ตารางที่ 2.2 ระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศต่างๆ [3]

ประเทศ	ระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย (กิโลโวลต์)
อังกฤษ	33,11,6.6
สเปน	36,25,11
เยอรมัน	30,20,15,10
เนเธอร์แลนด์	30,20,10,3
แอฟริกาใต้	22,11
ออสเตรเลีย	33,22,11,5
สหรัฐอเมริกา	34.5,24.9,22,20.8,13.2,12.47,12, 11.76,11.7,9.1,7.2,5.25,4.16,2.4

2.1.2 การวางแผนระบบไฟฟ้า (Power System Planning) [7]

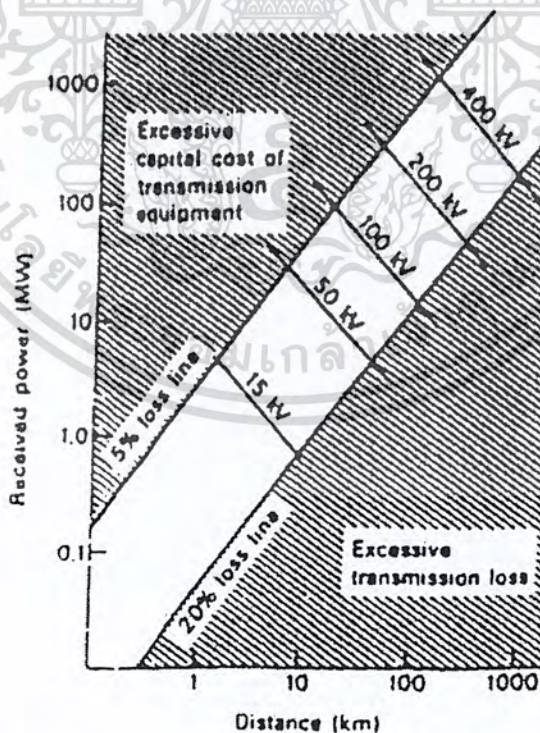
หน้าที่หลักของหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบผลิตกำลังไฟฟ้าและระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า คือจะต้องจัดเตรียมการทางด้านกำลังไฟฟ้าให้มีพิกัดกำลังเพียงพอและเป็นระบบที่มีความมั่นคงน่าเชื่อถือ ในราคาที่เป็นที่ยอมรับได้ของผู้ใช้งาน เพราะการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่พอเพียงและราคาไม่สูงมากนัก นับเป็นหัวใจสำคัญของต้นทุนการผลิตสินค้าและการใช้งานทั่วไป ซึ่งส่งผลถึงความมั่นคงทางเศรษฐกิจของประเทศชาติ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้านับเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันและการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นถึงความเจริญทางด้านอุตสาหกรรมของประเทศ ดังนั้นการวางแผนระบบไฟฟ้าล่วงหน้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะรองรับความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคต หน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องพลังงานไฟฟ้าของประเทศจะต้องวางแผนการปฏิบัติการด้วยความรวดเร็วโดยการใช้อุปกรณ์และกรรมวิธีที่เหมาะสมในการจัดการระบบ รวมทั้งพัฒนาขีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารพลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยยึดถือหลักการที่สำคัญคือ ต้องมีราคาถูก, มีความน่าเชื่อถือสูง และประหยัดพลังงาน ซึ่งจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในอนาคต รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของท้องถิ่น

2.1.3 การเลือกระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [4]

จะถูกกำหนดโดยระยะทางมากที่สุดของแต่ละฟีดเดอร์ (Feeder) จากสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) จนถึงโหลดผู้ใช้งาน โดยจำนวนฟีดเดอร์และจำนวนสถานีไฟฟ้าย่อยที่ส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่แต่ละฟีดเดอร์ จะมีผลกับจำนวนผู้บริโภคที่ได้รับผลกระทบจากเครื่องจักรหยุดทำงาน การสูญเสียของระบบ การปฏิบัติงานต่างๆ และการบำรุงรักษา ซึ่งจำเป็นที่จะต้องพิจารณาทั้งเทคโนโลยีและผลกระทบทางการเงินของระดับแรงดันไฟฟ้าที่มีอยู่ทั้งหมดก่อนที่จะกำหนดแรงดันที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพื้นที่นั้น ตามประวัติในอดีตการเลือกระดับแรงดันพบว่า ในชนบท (Rural area) ระยะทางของฟีดเดอร์ จะเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจที่จะเลือกระดับแรงดันเพราะค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากเสาสูงในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ส่วนในเมืองที่อาศัยกันอย่างหนาแน่น ความต้องการไฟฟ้าในแต่ละสำนักงานจะเกินกว่า 10 เมกกะวัตต์ และพื้นที่ในการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยมีขนาดจำกัดดังนั้นในเมือง (Urban, City) จะพิจารณาจากราคาอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าย่อย ข้อจำกัดในการเดินสายเคเบิล และค่าใช้จ่ายโดยรวมจากกำลังสูญเสีย (Power loss) เป็นปัจจัยหลักในการเลือกระดับแรงดัน



รูปที่ 2.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าสูญเสีย และราคาค่าใช้จ่าย [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าสูญเสียและราคาค่าใช้จ่าย โดยสามารถใช้กราฟนี้เป็นตัวช่วยการตัดสินใจในการเลือกระดับแรงดันที่จะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมที่สุด โดยกำหนดจากระยะทางและกำลังไฟฟ้าที่ต้องการส่งจ่ายเป็นหลัก หากจุดตัดกราฟทั้งสองตัวแปรนี้ตกอยู่บริเวณพื้นที่แรงจลรูปสามเหลี่ยมทางด้านบน จะบ่งบอกว่าระดับแรงดันที่เลือกนั้นไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่มากเกินไปเกินควร หรือหากว่าจุดตัดกราฟทั้งสองตัวแปรนี้ตกอยู่บริเวณพื้นที่แรงจลรูปสามเหลี่ยมทางด้านล่าง จะบ่งบอกว่าระดับแรงดันที่เลือกนั้นไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่มากเกินไปเกินควร ดังนั้นระดับแรงดันที่เลือกที่เหมาะสมที่สุด จุดตัดกราฟทั้งสองตัวแปรนี้จะต้องตกอยู่บริเวณพื้นที่สีขาว

2.2 ลักษณะรูปแบบการส่งกำลังไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

สามารถแยกรูปแบบการส่งกำลังไฟฟ้าได้เป็นดังนี้ [1,6,11]

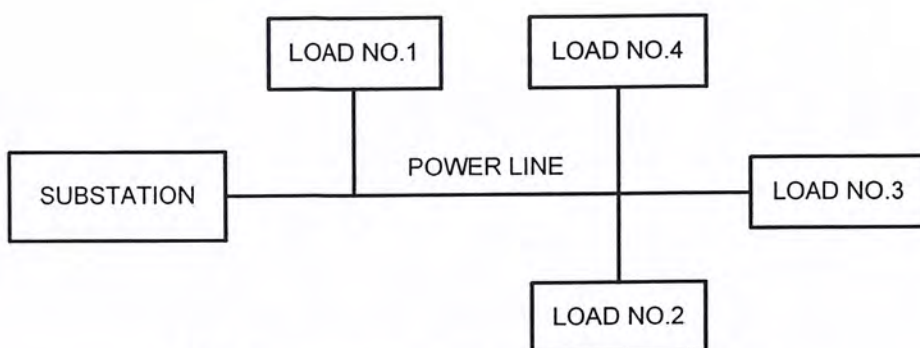
2.2.1 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบเรเดียล (Radial Network)

เป็นระบบสายส่งที่มีการป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าไปในสายส่งเพียงด้านเดียวและมีสาขาแยกโดยส่วนใหญ่แล้วจะกระจายไปยังแหล่งผู้ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ แบบเป็นเส้นกระจาย เนื่องจากในอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใหม่ ๆ นั้นขนาดของสายส่งจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากันหมด (ซึ่งสิ่งนี้จัดเป็นข้อดีการวางระบบแบบนี้) เมื่อมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถที่จะจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มเติมได้โดยการทำการระบบสายส่งเรเดียล ให้กลายมาเป็นระบบสายส่งไฟฟ้าแบบริง หรือแบบกริดต่อไปได้

การนำไปใช้งาน : ลักษณะของสายส่งแบบเรเดียลนี้เหมาะสมกับโหลดประเภทบ้านเรือน แหล่งโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกำลังไฟฟ้าขนาดเท่า ๆ กัน และโหลดเหล่านี้จะไม่ก่อให้เกิดโหลดสูงสุดขึ้น เช่น โรงงานผลิตเสื้อผ้า โรงพิมพ์ รวมทั้งสายส่งที่ส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังแหล่งผู้ใช้ไฟฟ้าในชนบท เป็นต้น

ข้อดี : ลักษณะของการวางสายส่งแบบนี้สามารถเข้าใจได้ง่าย ราคาถูกต้องการวางสายเมื่อมีการใช้พื้นที่หน้าตัดที่ลดหลั่นกันลงมาและมีการป้องกันสายส่งได้โดยวิธีการอย่างง่าย ๆ และมีการชดเชยค่ากำลังไฟฟ้านี้แอกทีฟได้ง่ายที่สุด

ข้อเสีย : มีการปรับโหลดให้สมดุลกันได้น้อยและการรักษาระดับของแรงดันให้คงที่ทำได้ยาก การขยายสายส่งออกทำได้ยาก ความปลอดภัยในการจ่ายไฟฟ้าต่ำละการตัดวงจรแบบเลือกตัดตรงจุดที่เกิดข้อขัดข้องนั้นไม่สามารถทำได้



รูปที่ 2.3 แสดงแผนภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบเรเดียล

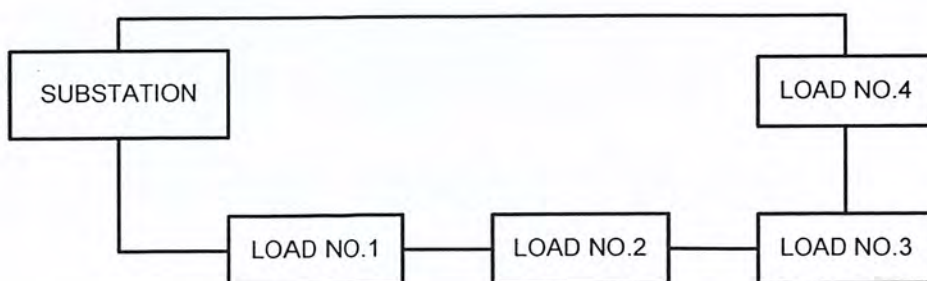
2.2.2 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบริง (Ring Network)

ลักษณะของสายส่งแบบนี้จะวางสายส่งโดยทำเป็นรูปแบบของวงแหวนโดยที่ต้นสายส่งกับปลายสายส่งที่ถูกจ่ายมาจากสถานีจ่ายไฟฟ้าตัวเดียวกันจะถูกนำมาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงกลม หรือวงแหวน ขนาดของพื้นที่หน้าตัดของสายส่งนี้จะมีขนาดเป็นสองเท่าของพื้นที่หน้าตัดแบบสายส่งที่มีการป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าทางเดียว (ระบบสายส่งแบบเรเดียล) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้สูงขึ้น ถ้าหากว่านำสายส่งนี้มาต่อแบบสายส่งที่ป้อนกำลังทางเดียวอีกครั้งหนึ่ง

การนำไปใช้งาน : ลักษณะของสายส่งแบบนี้สามารถที่จะนำไปใช้กับโหนดประเภทแหล่งอุตสาหกรรม หรือชุมชนเมืองที่มีขนาดใหญ่ได้

ข้อดี : (เมื่อเทียบกับสายส่งไฟฟ้าแบบเรเดียล) มีการสำรองสายส่ง มีความปลอดภัยของระบบการจ่ายไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้โหลดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความสมดุลเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างทางค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (ΔV) น้อยมาก สามารถที่จะทำการตัดวงจรโดยให้มีลักษณะการทำงานตัดวงจรเป็นแบบเลือกตัด (Selective) ของระบบไฟฟ้าที่เกิดการขัดข้องขึ้นได้

ข้อเสีย : การจ่ายระบบไฟฟ้าสามารถทำได้โดยให้ผ่านสถานีจ่ายไฟฟ้าที่ทำให้เกิดสายส่งแบบวงแหวนได้เพียงสถานีเดียวเท่านั้น ดังนั้นถ้ามีการขยายตัวของระบบไฟฟ้าอีก ก็จะทำให้ยากและมีขอบเขตจำกัด ดังนั้นถ้าเกิดการขัดข้องของสถานีจ่ายไฟฟ้าขึ้นก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ามืดเป็นบริเวณกว้างได้ นอกจากนี้แล้วยังจำเป็นที่จะต้องป้องกันสายส่ง (Line Protection) ให้สูงมากยิ่งขึ้น และก็ยังจำเป็นที่จะต้องมีการชดเชยค่ากำลังไฟฟ้านี้ที่ไฟให้มีความสูงมากขึ้น



รูปที่ 2.4 แสดงแผนภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

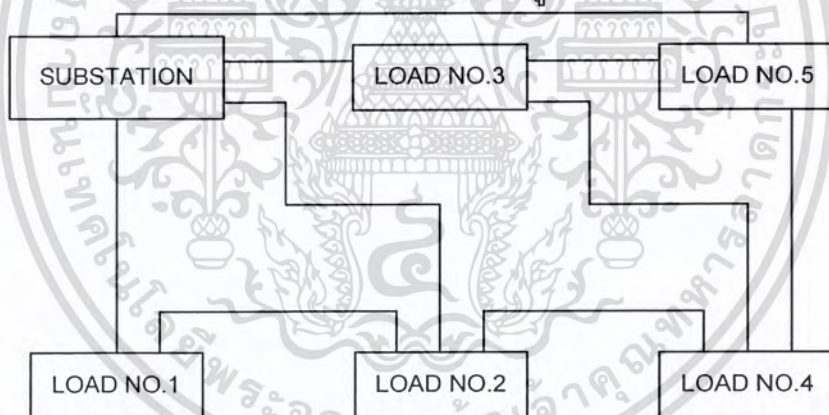
2.2.3 การส่งกำลังไฟฟ้าแบบกริด (Grid Network)

ลักษณะของสายส่งแบบนี้มีลักษณะของสายส่งที่กระจายและจะถูกต้องเข้าด้วยกันเป็นรูปแบบของเครือข่ายที่กระจายออกไปครอบคลุมแหล่งผู้ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจำนวนความหนาแน่นของสายส่ง หรือจำนวนและลักษณะของจุดป้อนกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันมีอยู่ไม่เท่ากัน ซึ่งจุดป้อนกำลังไฟฟ้านี้ก็จะมีจำนวนมากถ้าหากว่าโหลดผู้ใช้ไฟฟ้านั้นมีอยู่มาก

การนำไปใช้งาน : ลักษณะของสายส่งแบบนี้สามารถที่จะนำไปใช้กับโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีขนาดต่างๆกันต่ออยู่ในระบบไฟฟ้านั้นๆ เช่น อุตสาหกรรมโลหะ

ข้อดี : มีความปลอดภัยต่อการส่งกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าสูง เนื่องจากมีจุดป้อนกำลังไฟฟ้าที่ให้กับโหลดอยู่หลายจุด อีกทั้งยังมีการสำรองระบบสายส่งไว้หลายสายส่งอีกด้วย ระบบสายส่งแบบร่างแหนี้จึงสามารถขยายระบบไฟฟ้าให้ใหญ่มากขึ้นได้ง่าย นอกจากนี้แล้วยังสามารถสร้างสถานีจ่ายไฟฟ้าเพิ่มเติมได้อย่างง่ายดาย และจะมีการพยายามทำให้เกิดการสมดุลกันระหว่างสายส่งในระบบและตลอดทั้งระบบ เพื่อให้ค่าความแตกต่างกันของค่าแรงเคลื่อน (ΔV) มีค่าน้อยมาก

ข้อเสีย : ค่าลงทุนในการสร้างระบบนี้มีค่าค่อนข้างสูงมาก ในสภาพการทำงานที่มีวงจรปิดก็จะก่อให้เกิดกระแสลัดวงจรขนาดสูงมากได้ จึงจำเป็นต้องมีระบบการป้องกันสายส่งและจำเป็นที่จะต้องมีการชดเชยค่ากำลังไฟฟ้าย้อนที่ที่มีค่าสูงมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบกริด

2.3 อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [11]

ตามมาตรฐานการก่อสร้าง วัสดุ อุปกรณ์ และระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะทำหน้าที่จ่ายไฟได้ก็ต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักต่างๆ ดังนี้

2.3.1 สายไฟฟ้า (Conductor)

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ สายเปลือยและสายหุ้มฉนวน การเลือกใช้สายไฟฟ้าแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากต้องการระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้สูงควรใช้สายเคเบิลใต้ดินแต่ก็จะลงทุนสูงตามไปด้วย

2.3.2 หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer)

เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้ต่ำลงเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟประเภทต่างๆ ด้วยระบบแรงต่ำต่อไป

2.3.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

โดยทั่วไปใช้ติดตั้งที่สถานีไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถทำงานปิดกลับอัตโนมัติได้

2.3.4 รีโคลสเซอร์ (Recloser)

โดยทั่วไปจะติดตั้งในระบบจำหน่ายที่มีปัญหาการเกิดสภาวะผิดปกติแบบชั่วคราวบ่อยๆ โดยจะติดตั้งในสายเมนหรือสายแยกที่อยู่ห่างจากสถานีไฟฟ้า 10 กิโลเมตรขึ้นไป และในสายเมนหรือสายแยกใดที่มีปัญหาการเกิดสภาวะผิดปกติแบบชั่วคราวบ่อยครั้งหรือเป็นสายจำหน่ายที่มีความสำคัญ ก็อาจพิจารณาติดตั้งได้ตามความเหมาะสม อีกทั้งยังอาจพิจารณาติดตั้งรีโคลสเซอร์ที่สถานีไฟฟ้าได้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันแทนเซอร์กิตเบรกเกอร์ และในส่วนตำแหน่งที่ติดตั้งรีโคลสเซอร์จะต้องพิจารณาความสะดวกในการเข้าไปปฏิบัติงานและบำรุงรักษา และค่ากระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้น ณ จุดนี้ต้องมีค่าไม่มากกว่าพิกัดการตัดกระแสของรีโคลสเซอร์

2.3.5 ทรอปเอาต์ฟิวส์คัทเอาต์ (Dropout Fuse Cutout)

เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินชนิดหนึ่ง ซึ่งติดตั้งในสายแยกที่มีระยะทางเกินกว่า 1 กิโลเมตร และในสายย่อยที่มีระยะทางเกินกว่า 5 กิโลเมตร กรณีสายแยกที่มีระยะทางไม่เกิน 1 กิโลเมตร และระยะทางสายย่อยที่มีระยะทางไม่เกิน 5 กิโลเมตร อาจติดตั้งทรอปเอาต์ฟิวส์ได้ ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสมเพียงพอเช่น มีต้นไม้อยู่ในแนว เป็นต้น ซึ่งการติดตั้งจะต้องทำงานสัมพันธ์กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ หรือทรอปเอาต์ฟิวส์ด้วยกัน

2.3.6 สวิตช์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch) และสวิตช์แบบน้ำมัน (Oil Switch)

ใช้ติดตั้งในสายเมนหรือสายแยกก่อนเข้าเมืองที่สำคัญ อาจติดตั้งทุกๆ 20 เมตรก็ได้ หรืออาจจะติดตั้งในสายเชื่อมโยงตำแหน่งที่จะมีสายเชื่อมโยงระหว่างฟีดเดอร์ หรือระหว่างสถานีไฟฟ้า ส่วนกรณีสายแยกใดที่มีโหลดมากและต้องติดตั้งสวิตช์ตัดตอนให้พิจารณาติดตั้งได้ตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 สวิตช์ตัดตอน (Disconnecting Switch)

ใช้ติดตั้งเป็นสวิตช์ตัดตอนที่สถานีไฟฟ้าและก่อนเข้าสายเคเบิลแรงสูง หรืออาจจะติดตั้งเป็นสวิตช์ตัดตอนก่อนเข้าและออกจากรีโครสเซอร์และโวลต์เดจเรกกูเลเตอร์ หรืออาจจะติดตั้งในสายเมนหรือสายแยกก่อนออกจากเมืองที่สำคัญ

2.3.8 สวิตช์แบบอากาศ (Air Switch)

ใช้ติดตั้งที่สถานีไฟฟ้าเพื่อเป็นสวิตช์สำหรับทำบายพาส หรืออาจจะติดตั้งในสายเมนหรือสายแยกแทนตำแหน่งของสวิตช์ตัดตอนเมื่อต้องการปิดหรือเปิดวงจรขณะมีโหลด

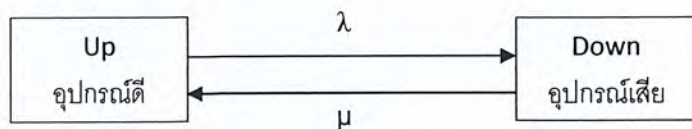
2.3.9 เสาไฟฟ้า คอนสาย และลูกถ้วย (Pole, Cross arm and Insulator)

สำหรับการศึกษาความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปจะพิจารณาอุปกรณ์ 2 ชนิดเท่านั้น ได้แก่ สายไฟฟ้าและหม้อแปลง ทั้งนี้เนื่องจากการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้นการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆอาจพิจารณา รวมอยู่ในอุปกรณ์ 2 ชนิดนี้ เช่น ลูกถ้วยสามารถพิจารณาร่วมกับสายไฟฟ้าได้ เป็นต้น สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งปกติจะอยู่ในสถานีจ่ายไฟนั้น ในการประเมินความเชื่อถือของสถานีไฟฟ้านั้นได้ทำการวิเคราะห์การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์รวมอยู่แล้วด้วย

2.4 แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ [12]

ในทางปฏิบัติอุปกรณ์แต่ละชนิดทำหน้าที่ต่างกัน แต่เมื่อต้องการประเมินความน่าเชื่อถือได้ของระบบส่งกำลังไฟฟ้าจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองสถานะ (State Model) เพื่อจำลองพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด สำหรับใช้พิจารณาถึงโอกาสที่จะเกิดขัดข้องของอุปกรณ์ชนิดนั้นๆขึ้นในระหว่างปฏิบัติงาน

โดยทั่วไปแบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์จะเป็นแบบสองสถานะ คือ สถานะใช้งานได้ตามปกติ (Up) และสถานะที่อุปกรณ์ใช้งานไม่ได้ (Down) ดังนั้นแบบจำลองพื้นฐานก็คือแบบจำลอง 2 สถานะ ดังรูปที่ 2.6



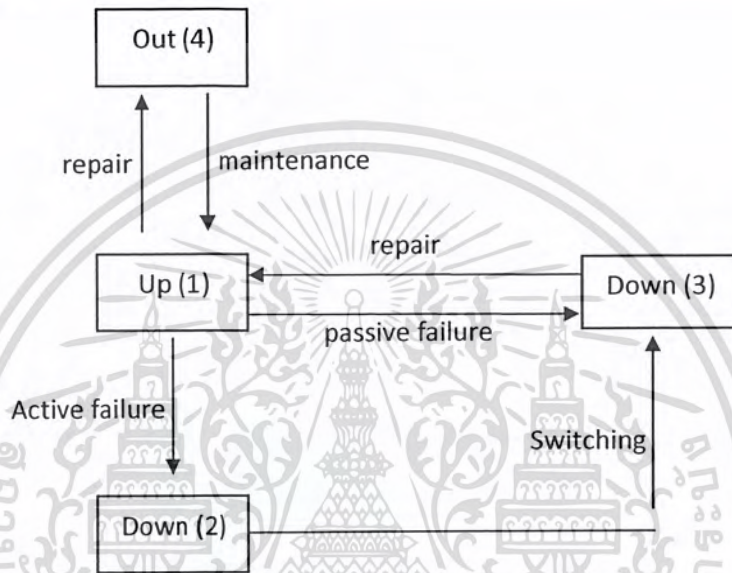
รูปที่ 2.6 แสดงแบบจำลอง 2 สถานะของอุปกรณ์

โดยที่ λ คือ อัตราการล้มเหลว (Failure Rate)

μ คือ อัตราการซ่อมแซม (Repair Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง 2 สถานะ ซึ่งเชื่อมโยงด้วยอัตราการล้มเหลว (λ) และอัตราการซ่อมแซม (μ) กล่าวคือ ในการเปลี่ยนสถานะจากการทำงานปกติไปเป็นสถานะล้มเหลวจะเป็นไปตามอัตราการล้มเหลวและเปลี่ยนสถานะในทางกลับกันจะเป็นไปตามอัตราการซ่อมแซม แบบจำลองนี้มีข้อดีคือ ง่ายแก่การเข้าใจและการวิเคราะห์ แต่ไม่สามารถจำลองการทำงานที่ซับซ้อนได้ตามความจริงของบางอุปกรณ์ เช่น การตัดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบแอกทีฟและแบบพาสซีฟ เพื่อแสดงพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์ได้ดียิ่งขึ้นดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาแบบจำลอง 4 สถานะ ดังรูปที่ 2.7



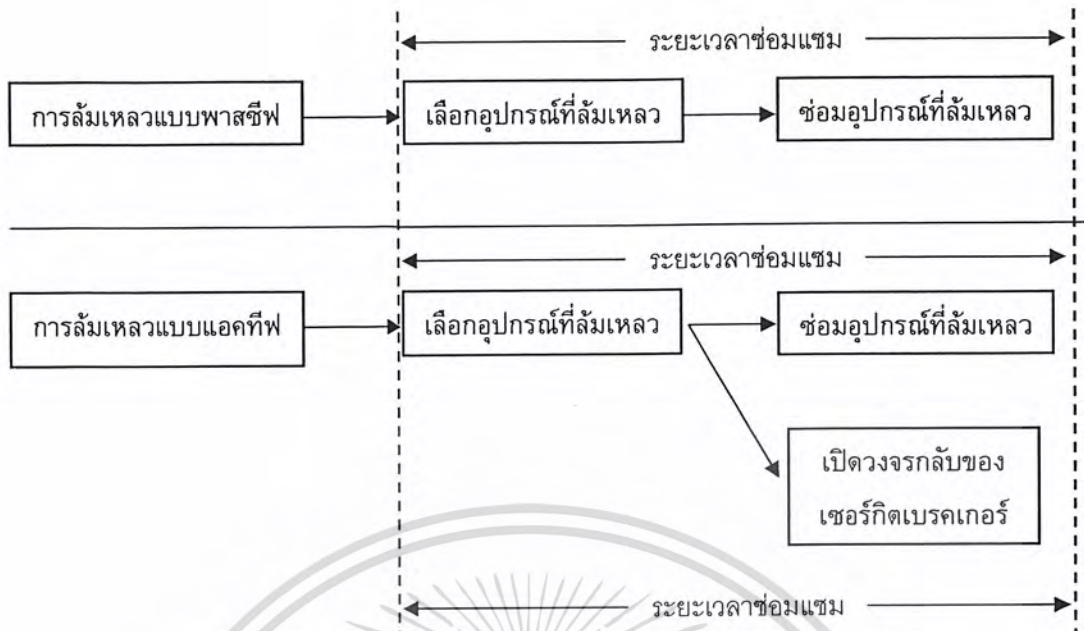
รูปที่ 2.7 แสดงแบบจำลอง 4 สถานะของอุปกรณ์

ความล้มเหลวแบบพาสซีฟ (Passive Failure) เป็นความล้มเหลวของอุปกรณ์แต่ไม่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่เหลือ ซึ่งยังคงทำงานได้ตามปกติ อุปกรณ์ที่เกิดการล้มเหลวดังกล่าวสามารถให้ทำงานได้อีกโดยการซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เกิดความล้มเหลวนั้น

ความล้มเหลวแบบแอกทีฟ (Active Failure) เป็นความล้มเหลวของอุปกรณ์ที่เป็นเหตุให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ ในเขตการป้องกันแบบปฐมภูมิ (Primary Protection Zone) ที่อยู่รอบๆ อุปกรณ์ที่ล้มเหลว นั้น ในทางปฏิบัติหลังจากที่อุปกรณ์ป้องกันทำงานเพื่อจัดการกับเหตุการณ์ดังกล่าวได้เรียบร้อยแล้วก็จะทำการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และส่วนที่ผิดปกติออกไป ซึ่งด้วยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่ล้มเหลวแบบแอกทีฟจะถูกออกไปและเซอร์กิตเบรกเกอร์จะปิดวงจรกลับมาอีกครั้ง ทำให้การทำงานทั้งหมดหรือบางส่วนกลับคืนมา จะสังเกตได้ว่าอุปกรณ์ที่ล้มเหลวนั้นจะกลับมาใช้งานได้อีกครั้งจะต้องมีการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนแปลงทดแทนด้วยเช่นกัน

ตามหลักการข้างต้นสามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างการล้มเหลวแบบแอกทีฟและการล้มเหลวแบบพาสซีฟได้ด้วยแผนภาพดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงแผนผังการล้มเหลวแบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟ

เมื่อระยะเวลาซ่อม (Repair Time) เป็นระยะเวลาซ่อมอุปกรณ์ที่ล้มเหลวหรือระยะเวลาที่เกิดการล้มเหลว คือเป็นช่วงเวลานับตั้งแต่เกิดการล้มเหลวจนถึงเวลาที่อุปกรณ์กลับมาใช้งานได้อีกครั้งโดยการซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ สำหรับระยะเวลาสวิตชิง (Switching Time) เป็นระยะเวลาที่นับจากเริ่มเปิดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันหรือสวิตช์ตัดตอนเนื่องจากการขัดข้องจนกระทั่งทำการปิดวงจรกลับคืนได้สำเร็จ

จากแบบจำลอง 4 สถานะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์อาจมีการล้มเหลวและการกลับคนสู่การทำงานแบบต่างๆกัน หากพิจารณาถึงความสำคัญระหว่างแบบจำลองดังกล่าวกับการทำงานจริงของอุปกรณ์นั้นจะพบว่าโดยทั่วไปอุปกรณ์จะทำงานในสถานะปกติ คือ สถานะที่ 1 แล้วต่อมาอาจล้มเหลวแบบแอคทีฟ เช่น เกิดการลัดวงจร อุปกรณ์ทำงานเข้าสู่สถานะที่ 2 จากนั้นพนักงานจะทำการสวิตชิงเพื่อนำอุปกรณ์ออกจากระบบ ซึ่งเปรียบเสมือนการเข้าสู่สถานะที่ 3 แล้วจึงทำการซ่อมแซมให้กลับมาใช้งานได้ตามปกติในสถานะที่ 1 หรือบางกรณีจากการทำงานปกติในสถานะที่ 1 อุปกรณ์อาจเกิดการล้มเหลวแบบพาสซีฟ เช่น การเปิดวงจรทำให้อุปกรณ์เข้าสู่สถานะที่ 3 หลังจากซ่อมแซมเรียบร้อยแล้วจึงเข้าสู่สถานะที่ 1 ตามเดิม

อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบส่งกำลังไฟฟ้าอาจไม่จำเป็นต้องมีสถานะการทำงานครบทั้ง 4 สถานะ ตามแบบจำลองข้างต้น หากแต่เกิดขึ้นกับลักษณะการทำงานของแต่ละอุปกรณ์นั้น

2.5 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า [8]

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ามีดัชนีที่เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญดังนี้

2.5.1 ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทั่วไปได้แก่ ความพร้อมใช้งาน (Availability) ซึ่งถือเป็นดัชนีพื้นฐานสำหรับการวัดความน่าเชื่อถือได้ของระบบ แต่ถ้าวัดความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายจำเป็นต้องมีดัชนีเพิ่มเติม ทั้งนี้เป็นเพราะดัชนีความพร้อมใช้งานไม่ได้บอกจำนวนครั้งของการเกิดไฟดับซึ่งในทางปฏิบัติจำนวนครั้งของการเกิดไฟดับถือเป็นเรื่องสำคัญมาก นอกจากจำนวนครั้งของไฟดับซึ่งถือว่าเป็นดัชนีความเชื่อถือได้ซึ่งบ่งเพื่อบอกสมรรถนะของระบบแล้วยังควรรวมเรื่องไฟกระพริบเข้ามาเป็นดัชนีชี้วัดด้วย เพราะอุตสาหกรรมบางประเภทได้รับความเสียหายเนื่องจากไฟกระพริบ

ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายที่ใช้กันมากได้แก่ SAIDI, SAIFI, MAIFI ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดแต่ละดัชนีไว้ดังต่อไปนี้

1) SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

คือ ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ระยะเวลา (เดือน,ปี)

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (2.1)$$

SAIFI เป็นดัชนีที่ใช้กันมากเพื่อบอกคุณภาพของไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่ไฟฟ้างดับ โดยคิดจากกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับไฟฟ้าจากสายป้อนหรือสถานีไฟฟ้าย่อย ดัชนีดังกล่าวไม่สะท้อนความเป็นจริงนักในกรณีผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับผลกระทบจากจำนวนครั้งที่ไฟดับแตกต่างกันมาก SAIFI บอกได้เป็นค่าเฉลี่ยเท่านั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายมีจำนวนครั้งที่ไฟฟ้างดับต่างจาก SAIFI มากได้ เช่น ผู้ใช้ไฟฟ้า 4 กลุ่มในสายป้อนหนึ่งได้รับผลกระทบจากไฟฟ้างดับต่างกันเป็น 2,5,15,20 ครั้งต่อปี แต่ละกลุ่มมีจำนวนผู้ใช้ไฟ 200,200,100,50 ราย เมื่อคำนวณ SAIFI ได้เท่ากับ 7 ครั้งต่อผู้ใช้ไฟต่อปี จะเห็นว่าบางรายเกิดไฟดับเพียง 2 ครั้งต่อไป แต่ดัชนี SAIFI มีค่าเป็น 7 เป็นต้น

2) SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

คือ ค่าดัชนีแสดงระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น นาที/ราย/ระยะเวลา (เดือน,ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SAIDI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับในแต่ละครั้งคูณเวลาในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (2.2)$$

การประเมินค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เพื่อบ่งบอกถึงการบริการต่อผู้ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่ โดยใช้จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบในการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3) MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index)

คือ ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย สำหรับระยะเวลาไฟดับที่น้อยกว่า 1 หรือ 5 นาที (แล้วแต่มาตรฐานแต่ละแห่งจะกำหนดระยะเวลาดังกล่าวเพื่อนิยาม MAIFI) ในช่วงเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ระยะเวลา (เดือน,ปี) แต่ส่วนใหญ่จะกำหนดไว้ที่ 1 นาที นั่นคือ ถ้าเกิดไฟดับนานน้อยกว่า 1 นาที เรียกว่าไฟกระพริบ แต่ถ้าเกิดไฟดับนานกว่า 1 นาที เรียกว่าไฟดับ เป็นต้น

$$MAIFI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับนานน้อยกว่า 1 นาทีในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (2.3)$$

จำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยของดัชนีนี้เป็นการบอกถึงจำนวนไฟดับที่มีระยะเวลาไฟดับสั้นซึ่งอาจมีผลกระทบกับอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีความเสียหายมากต่อหนึ่งครั้งของการเกิดไฟดับไม่ว่าจะเกิดไฟดับนานเท่าใดก็ตาม เช่น อุตสาหกรรมการทอ อุตสาหกรรมโพลิเมอร์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกิดไฟดับก็ต้องเริ่มกระบวนการใหม่ทั้งหมดทำให้เกิดความเสียหายมากต่อครั้งแต่อุตสาหกรรมประเภทนี้อาจมีจำนวนไม่มากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับชั่วคราวต่อผู้ใช้ไฟหรือ MAIFI แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ประกอบด้วย MAIFI และ MAIFI_E ซึ่งมีหลักการคำนวณแตกต่างกันจึงมีจุดประสงค์ที่นำไปใช้ต่างกัน MAIFI_E เหมาะที่นำไปใช้ดูแลผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมที่ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นหลักและได้รับผลกระทบเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ากระพริบ โดยปกติการไฟฟ้าระบบจำหน่ายบางแห่งจะมีการตั้งค่าการทำงานทริป/รีโครสเซอร์ ที่ประมาณ 3 ครั้งก่อนล๊อคเอาท์ (lock out) คือ ทริปที่เวลา 5,15 และ 30 วินาที โดยประมาณ

MAIFI ทั้งสองประเภทนับไฟกระพริบเป็นจำนวนครั้งและนับเป็นเหตุการณ์ ดังนี้

$$MAIFI_E = \frac{\text{ผลรวมจำนวนเหตุการณ์ไฟกระพริบคูณผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบทั้งหมด}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (2.4)$$

$$MAIFI = \frac{\text{ผลรวมจำนวนครั้งไฟกระพริบคูณผู้ใช้ไฟที่ถูกกระทบทั้งหมด}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ดัชนีความเชื่อถือได้อื่นๆ

นอกเหนือจากดัชนี SAIFI, SAIDI, MAIFI ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นยังมีดัชนีที่ใช้วัดสมรรถนะความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าโดยพิจารณาจากผู้ใช้ไฟฟ้า หรือโดยพิจารณาภาพรวมหรือโดยการพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆเป็นเกณฑ์ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถบ่งบอกสมรรถนะของระบบได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์

ดัชนีที่ชี้วัดสมรรถนะของระบบไฟฟ้าจากมุมมองของการไฟฟ้าได้แสดงไว้ข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว คือ SAIFI, SAIDI, MAIFI ซึ่งคิดจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบ แต่ถ้ามองสมรรถนะของระบบไฟฟ้าจากมุมมองของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกระทบเนื่องจากไฟดับก็ให้พิจารณาจากดัชนีความเชื่อถือได้ CAIFI, CAIDI ซึ่งมีสมการคำนวณดังนี้

CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index) คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ

$$CAIFI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่ได้รับผลกระทบ}} \quad (2.6)$$

CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ

$$CAIDI = \frac{\text{ผลรวมของ(จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบในแต่ละครั้งคูณเวลาในแต่ละครั้ง)}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่ได้รับผลกระทบ}} \quad (2.7)$$

ASAI (Average Service Availability Index) คือ ค่าเฉลี่ยการให้บริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า

$$ASAI = \frac{\text{เวลาที่สามารถให้บริการให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า}}{\text{เวลาที่ผู้ใช้ไฟต้องการกระแสไฟฟ้า}} \quad (2.8)$$

ASUI (Average Service Unavailability Index) คือ ค่าเฉลี่ยการไม่สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า

$$ASUI = \frac{\text{เวลาที่ไม่สามารถให้บริการให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า}}{\text{เวลาที่ผู้ใช้ไฟต้องการกระแสไฟฟ้า}} \quad (2.9)$$

หรือ $ASUI = 1-ASAI \quad (2.10)$

ENS (Energy Not Supplied Index) คือ พลังงานทั้งหมดที่จ่ายไม่ได้จากระบบ

ENS = ผลรวมของค่าโหลดเฉลี่ยที่สูญเสียไปเนื่องจากไฟดับกับช่วงระยะเวลาของการเกิดไฟดับ

ค่าดัชนี CAIFI และ CAIDI เป็นการพิจารณาเฉพาะผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ โดยดัชนี CAIDI เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหากระแสไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ย นั่นคือ ใช้เวลากี่นาทีในการแก้ไขปัญหากระแสไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งค่าดัชนี CAIDI นี้คิดจากระยะเวลาเฉลี่ยของการเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องต่อครั้งของการเกิดไฟดับ แต่ถ้าไปเทียบกับค่า SAIDI จะมีค่าต่างกันเพราะ SAIDI คิดจากระยะเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่เกิดไฟดับต่อระยะเวลาที่พิจารณา

ค่าดัชนี ASAI และ ASUI เป็นดัชนีที่บ่งบอกสมรรถนะความเชื่อถือได้ของระบบโดยรวม ในรูปของเวลาถ้ากำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอให้กับผู้ใช้ไฟ ASAI จะมีค่าน้อย และทำให้ ASUI มีค่ามากขึ้น เพราะทั้ง 2 ดัชนีนี้มีความเกี่ยวพันกัน โดยค่าดัชนี ASAI และ ASUI นี้จะถูกพิจารณาออกมาในรูปของความน่าจะเป็นที่จะมีปริมาณพลังงานในการจ่ายโหลดได้ และการจ่ายโหลดไม่ได้ตามลำดับ

ค่าดัชนีทั้งสามนี้สามารถคำนวณจาก SAIFI และ SAIDI ได้ เช่น ถ้าระบบมี SAIFI เท่ากับ 5 ครั้ง/ราย/ปี และ SAIDI เท่ากับ 400 นาที/ราย/ปี เพราะฉะนั้น

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{400}{5} = 80 \text{ นาที/ครั้ง}$$

$$ASUI = \frac{400}{(8760 \times 60)} = 0.000761$$

$$ASAI = 1 - 0.000761 = 0.9992389$$

2.5.2 การกำหนด SAIFI, SAIDI ตามความสำคัญของผู้ใช้ไฟ

SAIFI และ SAIDI เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพของการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ถ้ามีไฟดับบ่อยครั้งค่า SAIFI จะมีค่าสูง ซึ่งค่าดังกล่าวมักบอกเป็นจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้หนึ่งรายต่อระยะเวลาที่พิจารณา เช่น 5 ครั้งต่อผู้ใช้ไฟต่อปี และถ้าค่าเฉลี่ยไฟดับแต่ละครั้งนาน ค่า SAIDI ก็จะมีค่ามาก ซึ่งมักบอกเป็นนาทีต่อผู้ใช้ไฟฟ้าต่อปี เช่น 45 นาทีต่อผู้ใช้ไฟต่อปี

ค่า SAIFI, SAIDI ควรมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่นั้นว่ามีความพอใจในการจ่ายไฟฟ้ามาน้อยเพียงใด เช่น ในประเทศที่เจริญและอยู่ในเขตธุรกิจ ผู้ใช้ไฟฟ้าอาจต้องการค่า SAIFI, SAIDI ต่ำ เมื่อเทียบกับประเทศที่กำลังพัฒนาในพื้นที่แบบเดียวกัน หรือในประเทศเดียวกัน ผู้ใช้ไฟที่อยู่ในเมืองหลวงอาจต้องการค่า SAIFI, SAIDI ต่ำ ในขณะที่ในพื้นที่ชนบทอาจพอใจกับการจ่ายไฟฟ้าที่มีค่า SAIFI, SAIDI สูงกว่าคนที่อยู่ในเมือง

จำนวนครั้งที่เกิดไฟดับต่อผู้ใช้ไฟต่อปี (SAIFI) และระยะเวลาเฉลี่ยของการเกิดไฟดับต่อปี (SAIDI) มีค่าน้อยเพียงใดขึ้นกับความพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่นั้นๆ ถ้าผู้ใช้ไฟฟ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในพื้นที่ใดมีความไม่พอใจในการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า การไฟฟ้าก็ต้องปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีจำนวนครั้งของดับและระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยต่อครั้งน้อยลง ดังนั้นการลงทุนของการไฟฟ้าเพื่อลดค่า SAIDI, SAIFI ก็ขึ้นกับแต่ละพื้นที่เป็นเกณฑ์ถ้าเป็นการจ่ายไฟในเมืองหรือธุรกิจจะต้องปรับปรุงให้จำนวนไฟดับต่ำและระยะเวลาไฟดับต่อครั้งน้อย แต่ถ้าเป็นชนบทหรือพื้นที่อาศัยของชาวบ้านที่อยู่ในเขาก็ไม่จำเป็นต้องลงทุนความเชื่อถือได้ในการจ่ายไฟให้สูง

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การตั้งค่า SAIDI, SAIFI เพื่อปรับปรุงระบบจึงแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่บางครั้งอาจกำหนดระดับ SAIDI, SAIFI ตามพื้นที่อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม เป็นต้น ทั้งนี้ต้องสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก

2.6 สาเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องและการปรับปรุง [8]

2.6.1 สาเหตุที่ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้ต่ำลงและแนวทางการปรับปรุง

การปรับปรุงระบบเพื่อให้ SAIFI, SAIDI ดีขึ้นหรือมีค่าลดลงจำเป็นต้องทราบสาเหตุที่ทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้ต่ำลง มาจากสาเหตุหลัก 4 สาเหตุ และมีแนวทางการปรับปรุงดังนี้

1) สาเหตุจากภายในระบบ

ระบบมีความเชื่อถือได้ต่ำลงเนื่องจากสาเหตุในหลายประการดังตัวอย่าง

สาเหตุ

- ระยะทางยาวเกินไป
- อุปกรณ์มีคุณภาพไม่ดีพอ
- ไม่มีรีโคลสเตอร์มากพอเพื่อตัดตอนช่วงที่มีปัญหาออกจากระบบ
- การติดตั้งสวิตช์ตัดตอนไม่เพียงพอหรือติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม
- ไม่มีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน หรือทำการบำรุงรักษาอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

แนวทางการปรับปรุง

- ลดระยะสาย
- เพิ่มสวิตช์ตัดตอน
- เพิ่มรีโคลสเตอร์
- เพิ่มฟิวส์ในสายป้อนย่อย
- เพิ่มคุณภาพของอุปกรณ์ในระบบ
- เพิ่มจุดถ่ายโอนโหลดจากสายป้อนหลักอื่น
- เพิ่มการบำรุงรักษาและป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สาเหตุจากภายนอกระบบ

ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีความเชื่อถือไฟฟ้าต่ำเนื่องจากสิ่งรบกวนภายนอก ซึ่งสรุปได้ดังนี้

สาเหตุ

- ไฟผ่า
- พายุฝนฟ้าคะนอง
- สิ่งสกปรกภายนอกหรือไอเกลือ
- มนุษย์และสัตว์ต่างๆ

แนวทางการปรับปรุง

- การติดตั้งสายดินเหนือสายส่งหรือสายจำหน่าย
- การติดตั้งอะเรสเตอร์มากขึ้น
- การต่อลงดินต้องให้เหมาะสม
- การใช้ฉนวนลูกถ้วยที่เหมาะสมในบริเวณที่มีสิ่งสกปรก
- การป้องกันสัตว์เลื้อยคลานหรือนกที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดับได้ง่าย

3) สาเหตุจากการไฟฟ้าต้นทาง

ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใดขึ้นกับความเชื่อถือได้ในแต่ละตอนของระบบไฟฟ้าตั้งแต่ ระบบผลิต ระบบส่งจ่าย และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ดังนั้นความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มองจากผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งต้นทางการจ่ายไฟฟ้าก็ได้มาจากไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และในกรณีที่ความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายมีค่าต่ำเนื่องจากสาเหตุจากการไฟฟ้าต้นทางต้องมีการตกลงหรือแจ้งให้การไฟฟ้าต้นทางนั้นทราบเพื่อให้ปรับปรุง

ความเชื่อถือได้ของการไฟฟ้าต้นทางและระบบจำหน่ายต้องมีการแยกวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าไฟฟ้าขัดข้องมาจากส่วนใด และต้องมีการประกันในเรื่องความน่าเชื่อถือได้จากต้นทางด้วยเพื่อเป็นการประกันความรับผิดชอบร่วมกันแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าของระบบจำหน่ายด้วย

4) สาเหตุจากการบริหารการจัดการขององค์กร

การบริหารจัดการขององค์กรซึ่งอาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควรนั้นอาจเป็นสาเหตุให้ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่ำลงได้ เช่น การบริหารอะไหล่คงคลังไม่ดี ทำให้อะไหล่ไม่เพียงพอ ต้องรออะไหล่เวลานาน ทำให้ไฟฟ้าดับนานขึ้น เป็นต้น ซึ่งการ ปรับปรุงการบริหารจัดการขององค์กรในด้านต่างๆ สามารถดำเนินการได้ดังนี้

- การทำแผนบำรุงรักษาแบบป้องกัน
- การปรับปรุงการบริหารอะไหล่คงคลัง
- การจัดมาตรการเพื่อพยายามลดเวลารอ (Waiting)
- การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดไฟฟ้าดับแต่ละรายการเพื่อปรับปรุงระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

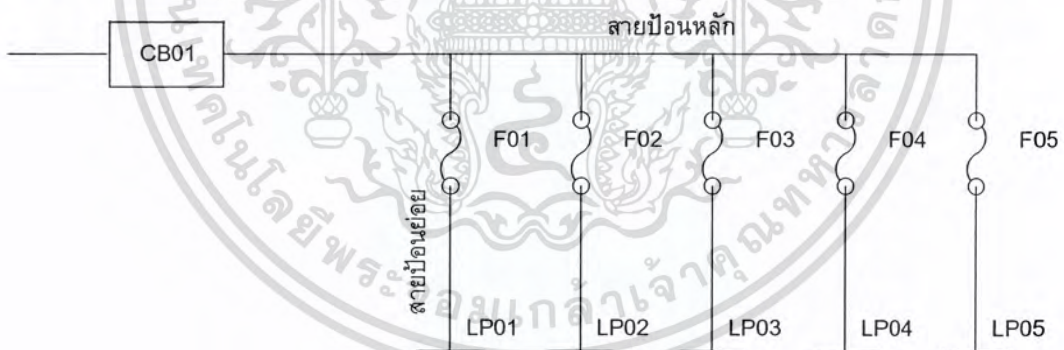
- การสร้างความเข้าใจในหลักการลด SAIFI,SAIDI เพื่อการสังการ

การแก้ไขปัญหากระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายโดยทั่วไปเป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้จ่ายไฟกลับเข้าสู่ระบบให้เร็วที่สุด แม้ว่าในทางปฏิบัติจะมีการจดบันทึกสาเหตุของกระแสไฟฟ้าขัดข้องในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะทราบสาเหตุ หรือสันนิษฐานหรือไม่ได้มีการวิเคราะห์อย่างจริงจัง ล้วนนำมาสู่การป้องกันหรือแก้ไขที่ไม่ถูกจุด ทำให้เกิดปัญหาเดิมๆ ซ้ำแล้วซ้ำอีก และความเชื่อถือได้ไม่ดีขึ้น สูญเสียทั้งงบประมาณการบำรุงรักษา เวลา และโอกาสที่จะขายไฟได้ของการไฟฟ้า

2.6.2 การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบ [8]

1) การลดระยะทางสายจำหน่าย

ระยะทางของสายมีผลต่อ SAIFI,SAIDI ตามอัตราความเสียหายของสาย ยิ่งสายยาวมากก็มีจำนวนครั้งความเสียหายมาก ดังนั้นการปรับปรุง SAIFI,SAIDI จึงเกี่ยวข้องกับระยะทาง ซึ่งถ้าต้องการลด SAIFI,SAIDI ให้เหลือน้อยลงก็ต้องวางแผนสร้างสถานีไฟฟ้ามากขึ้นเพื่อให้สายป้อนมีความยาวเฉลี่ยลดลง และค่าดัชนี SAIFI,SAIDI ไม่ได้ขึ้นกับระยะทางระบบจำหน่าย ทำให้เปรียบเทียบระบบจำหน่ายด้วยกันลำบาก เพราะระบบที่มีระยะทางของสายมากย่อมมี SAIFI,SAIDI มากตามด้วย ดังนั้นดัชนี SAIFI,SAIDI ดังกล่าวควรคำนวณออกมาเป็นต่อระยะทางจะมีประโยชน์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบได้ดีกว่า



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างโดยสายป้อนทั่วไป

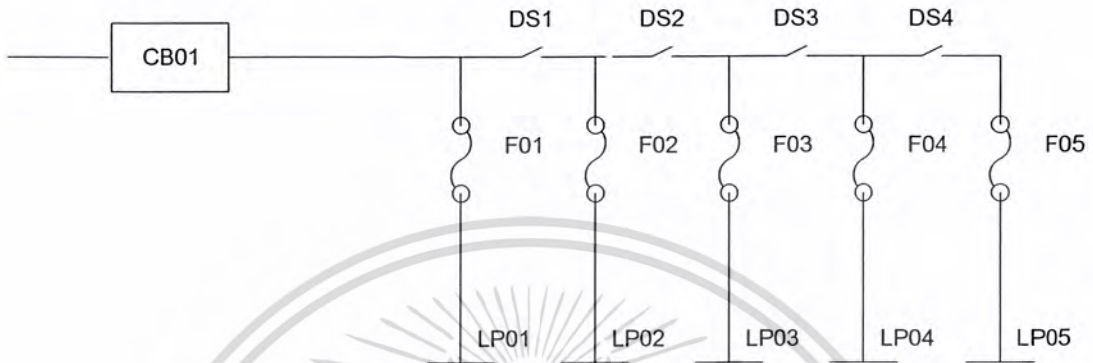
2) การเพิ่มสวิตช์ตัดตอน

การเพิ่มสวิตช์ตัดตอนในระบบไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งสวิตช์ตัดตอนดังกล่าวมีหน้าที่ตัดตอนส่วนของระบบที่มีปัญหาออกจากระบบ เช่น เมื่อมีจุดลัดวงจรเกิดขึ้นระหว่างสวิตช์ DS3 และ DS4 เบรกเกอร์ด้านทาง BC01 เปิดวงจรออก และปลดสวิตช์ DS3 เพื่อตัดจุดลัดวงจรออกจากระบบ หลังจากนั้นปิดเบรกเกอร์ CB01 เข้าไปทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในจุดโหลดที่ LP01,LP02 และ LP03 มีไฟฟ้าใช้เหมือนเดิม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสวิตช์ตัดตอนทำให้ค่า SAIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าลดลง เนื่องจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีปัญหาลดลง และระยะเวลาไฟฟ้าดับของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าในจุดโหลดที่ LP01, LP02 และ LP03 ลดน้อยลงด้วย

การมีสวิตช์ตัดตอนเพิ่มขึ้นในระบบย่อยทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้มากขึ้น แต่การเพิ่มขึ้น ของสวิตช์ตัดตอนนี้จะเพียงพอหรือมากเกินไปจนจำเป็นหรือไม่ ต้องพิจารณาความคุ้มค่าของการลงทุนต่อการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนที่เพิ่มขึ้น 1 ชุดกับค่าความน่าเชื่อถือที่ได้เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของสายป้อนกับการติดตั้งสวิตช์ตัดตอน

3) การเพิ่มรีโกลสเซอร์

การเพิ่มรีโกลสเซอร์ในระบบมีผลต่อความน่าเชื่อถือได้ของระบบ แต่จะมีผลเล็กน้อยเพียงใดจะต้องพิจารณาว่ามีรีโกลสเซอร์เหมาะกับระบบใดบ้าง และถ้าใช้เหมาะกับระบบแล้ว ความเชื่อถือได้ของระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเพียงใด การติดตั้งรีโกลสเซอร์ทุกๆ ระยะทาง เช่น 10,15 กิโลเมตร มีผลอย่างไรบ้างกับระบบเป็นต้น

การมีรีโกลสเซอร์เพิ่มขึ้นในระบบย่อมทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือได้มากขึ้นซึ่งการทำงานของรีโกลสเซอร์แตกต่างจากการทำงานของสวิตช์ตัดตอน (DS) จึงทำให้การพิจารณาผลของ SAIFI และ SAIDI แตกต่างจากสวิตช์ตัดตอน แต่การติดตั้งรีโกลสเซอร์นี้เพียงพอหรือมากเกินไปจนจำเป็นหรือไม่ ต้องพิจารณาว่าการลงทุน (ค่าใช้จ่าย) ในการติดตั้งรีโกลสเซอร์ที่เพิ่มขึ้น 1 ตัวกับความเชื่อถือได้ที่เพิ่มขึ้นมีความคุ้มค่าหรือไม่

การเพิ่มรีโกลสเซอร์เข้าไปในระบบทำให้สามารถแยกแยะระบบที่มีปัญหาออกจากระบบใหญ่ และสามารถลดจำนวนครั้งการเกิดปัญหาไฟฟ้าดับกับผู้ใช้ไฟต้นทาง ทำให้เกิดปัญหาไฟฟ้าดับกับผู้ใช้ไฟจำนวนจำกัด มีผลให้ค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ลดลง

4) การเพิ่มฟิวส์ในสายป้อนย่อย

การเพิ่มฟิวส์ในสายป้อนย่อยจะมีผลให้ระบบหรือสายป้อนหลักไม่เกิดผลกระทบเนื่องจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นในสายป้อนย่อยนั้นๆ ถ้าติดตั้งทุกๆสายป้อนย่อยเป็นการที่จะป้องกันระบบและจุดจ่ายโหลดอื่นๆ ให้ปลอดภัยจากการเกิดความผิดปกติที่สายป้อนย่อยเพียงจุดเดียว ทั้งนี้ถ้าการทำงานของฟิวส์ไม่มีความผิดพลาดเลยก็จะทำให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายป้อนย่อยได้ 100% แต่ถ้าฟิวส์ที่ติดตั้งคุณภาพไม่ดีจะมีโอกาสที่สายป้อนหลักจะได้รับผลกระทบเนื่องจากสายป้อนย่อยเกิดความผิดปกติขึ้น การพิจารณาในที่นี้จะพิจารณาว่าเมื่อติดตั้งฟิวส์และไม่ติดตั้งมีความแตกต่างกันอย่างไร รวมถึงการที่คิดว่าฟิวส์มีโอกาสที่จะไม่ทำงานเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นที่สายป้อนย่อย

5) การถ่ายโอนโหลดจากสายป้อนหลักอื่น

ความเชื่อถือได้ของระบบจะสูงขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นกับการมีสายป้อนหลักอื่นข้างเคียงเพื่อการถ่ายโอนโหลดหรือไม่ และขนาดโหลดที่มีอยู่ในแต่ละสายป้อนหลักรวมทั้งพิกัดของสายป้อนหลักมีผลต่อค่าความน่าเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด การสร้างตารางสำเร็จรูปแสดงความเชื่อถือได้ของระบบว่าสูงมากน้อยเพียงใดเมื่อสายป้อนหลักอื่นเพื่อการถ่ายโอนโหลดจะช่วยให้พนักงานตัดสินใจได้ง่ายขึ้น และเป็นการให้ความรู้กับพนักงานเพื่อการปฏิบัติงานด้วย

6) การเพิ่มการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

การรักษาเรื่องการเพิ่มการบำรุงรักษาเพื่อดูว่าสามารถลด SAIFI, SAIDI มากน้อยเพียงใด อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการบำรุงรักษาแบบป้องกันควรมีอะไรบ้างนอกเหนือจากเดิมที่มีอยู่ เช่น การบำรุงรักษาแบบป้องกันด้วยการวัดความร้อน ก็ต้องพิจารณาว่าข้อมูลความเสียหายเนื่องจากความร้อนมีจำนวนเปอร์เซ็นต์มากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับความเสียหายเนื่องจากสาเหตุอื่น

7) อุปกรณ์วิกฤตและคุณภาพของอุปกรณ์ในระบบ

อุปกรณ์วิกฤตในระบบ หมายถึง อุปกรณ์ในระบบอนุกรมที่มีอัตราความเสียหายสูงที่สุดซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข โดยที่ความเชื่อถือได้ของระบบจะไม่สามารถปรับปรุงได้ถ้ามีอุปกรณ์ใดที่อัตราความเสียหายสูงมากต่ออนุกรมอยู่ในระบบ

การที่จะทราบว่าอุปกรณ์วิกฤตจะต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อรวบรวมสถิติและนำมาหาอุปกรณ์วิกฤต พร้อมกับวิเคราะห์หัตถ์ต้นตอของสาเหตุเพื่อหามาตรการป้องกัน

โดยทั่วไประบบจำหน่ายจะมีการต่อของอุปกรณ์เป็นแบบอนุกรมกันทำให้ค่าความเชื่อถือได้รวมของระบบนั้นไม่เกินกว่าค่าความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์วิกฤต

$$P_T = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \quad (2.11)$$

$$P_T \leq \min(P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4) \quad (2.12)$$

เมื่อ P_T คือความเชื่อถือได้รวมของระบบ

จากสมการข้างต้นจะสังเกตได้ว่า ค่าความเชื่อถือได้รวมของระบบที่เป็นไปได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ที่น้อยที่สุดในระบบ เช่น ถ้า P_3 คือค่าความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อถือได้ที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์อื่น ค่าความเชื่อถือได้รวมของระบบจะมีค่าน้อยกว่าค่า P_3 นี้จึงกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ที่มีค่าความเชื่อถือได้เท่ากับค่า P_3 คืออุปกรณ์วิกฤตของระบบ ดังนั้นอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบและมีค่าความเชื่อถือได้น้อยที่สุดคืออุปกรณ์วิกฤตของระบบ



รูปที่ 2.11 แสดงการพิจารณาอุปกรณ์วิกฤตของระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวางแผนการศึกษาผลกระทบของการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า

ในบทนี้จะนำเสนอกระบวนการศึกษาผลกระทบของการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วน คือส่วนแรกเป็นการศึกษาหาข้อมูลจากหนังสือ งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ตลอดจนปริญญานิพนธ์ต่าง ๆ และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ผล โดยมุ่งเน้นที่การศึกษาผลกระทบทางด้านความมั่นคง (Security) และความเชื่อถือได้ของระบบ (Reliability) โดยใช้โปรแกรม DlgSILENT PowerFactory ช่วยในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า

3.1 การศึกษาหาข้อมูล

ทำการศึกษาข้อมูลจากหนังสือ งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ตลอดจนปริญญานิพนธ์ต่าง ๆ ซึ่งศึกษาในเรื่องของระบบจำหน่ายทั่วไป การเลือกใช้ระดับแรงดันให้เหมาะสมกับระบบจำหน่ายในประเทศไทย ลักษณะรูปแบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า รวมถึงพฤติกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จากนั้นนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงระดับแรงดันในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งสามารถสังเคราะห์ข้อมูลเป็นตารางเปรียบเทียบได้ โดยใช้หัวข้อดังต่อไปนี้

- ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI
- ผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า
- แรงดันตกช่วงสั้น, แรงดันเกินช่วงสั้น
- ผลกระทบเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า
- ความปลอดภัยในการดำเนินงานและซ่อมบำรุง
- ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันและค่ากระแสฮาร์มอนิก
- กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง

3.2 การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

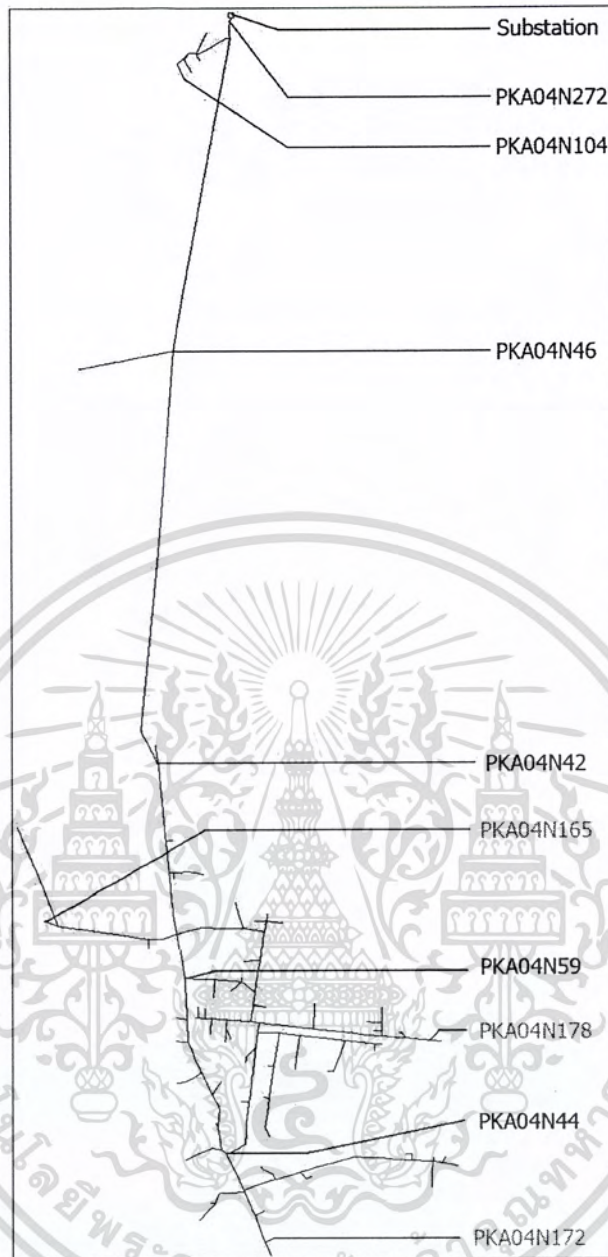
ใช้แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 กิโลโวลต์ ในจังหวัดภูเก็ต ซึ่งได้มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [13] ทำการวิเคราะห์ผลทั้งระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ และเมื่อแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ

3.2.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคง (Security)

ระบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ของจังหวัดภูเก็ต ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อโดยใช้ทฤษฎีเทวินิน (Thevenin's Theorem) กล่าวคือมีแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Source) เชื่อมต่อกับระบบ การศึกษานั้นจะเน้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในการแปลงระดับแรงดัน โดยเริ่มจากการศึกษาจำลองการไหลกำลังไฟฟ้าของกรณีฐานของระบบ (System Base Case) โดยที่ยังไม่ได้เปลี่ยนระดับแรงดัน แล้วตรวจสอบว่าระบบเกิดสภาวะผิดปกติต่างๆ (System Violations) ซึ่งได้แก่ เกิดแรงดันสูงเกินพิกัดหรือเกิดแรงดันต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้หรือไม่ เกิดกำลังไฟฟ้าไหลเกินที่สายหรือไม่ มีการสูญเสียในระบบมากน้อยเพียงใด เพื่อเตรียมเป็นกรณีฐานไว้ทำการเปรียบเทียบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ จากนั้นจึงทำการศึกษาวิเคราะห์ผลทางด้านความมั่นคง โดยประเด็นที่นำมาพิจารณาประกอบไปด้วยผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นกับระบบดังต่อไปนี้

- 1) วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านแรงดันไฟฟ้าในระบบ (Voltage Profile Analysis) โดยจะกำหนดแรงดันในสภาวะปกติของระบบอยู่ในช่วง 0.95-1.05 pu
- 2) วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านความสูญเสียในระบบไฟฟ้า (System Loss Analysis)
- 3) วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสภาวะการณผิดปกติพร่อง (Fault Analysis) ซึ่งได้แก่ Single Phase to Ground Fault , 2 – Phase Fault , 3 – Phase Fault ในตำแหน่งต่างๆ คือ ต้นสาย กลางสาย และปลายสาย ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งบัสบาร์ต่างๆ เมื่อเกิดสภาวะการณืผิดปกติในระบบ

ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคงนั้น ต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและวางแผนแนวทางการก่อสร้างระบบส่งกำลังไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย

- ค่าพารามิเตอร์ของสายไฟฟ้าประกอบด้วย ชนิด ขนาดและความยาวของสาย
- ข้อมูลโหลด จะใช้ข้อมูลโหลดเฉลี่ยของพื้นที่ที่ศึกษา
- ค่าพารามิเตอร์ที่จุดขับเคลื่อน (Driving Point) เป็นข้อมูลค่าพารามิเตอร์สมมูลเทวินินของสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า (Reliability)

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า การศึกษานั้นจะเน้นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบก่อนและหลังการแปลงระดับแรงดันซึ่งจะพิจารณาค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เป็นสำคัญ โดยใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory (version 14.0.506) เพื่อแสดงให้เห็นว่าการแปลงระดับแรงดันของระบบส่งผลให้ความน่าเชื่อถือได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยอย่างไร โดยเริ่มจากการศึกษาวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 กิโลโวลต์ ของจังหวัดภูเก็ตโดยที่ยังไม่ได้แปลงระดับแรงดัน แล้วตรวจสอบดูว่าระบบมีค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ซึ่งได้แก่ SAIFI, SAIDI มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจังหวัดภูเก็ตที่เป็นข้อมูลจริงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือไม่ มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องสูญเสียเมื่อเกิดการขัดข้องในการจำหน่ายไฟฟ้า (ENS) มากน้อยเพียงใด เพื่อเตรียมเป็นกรณีฐานไว้ทำการเปรียบเทียบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์

การคำนวณทางโปรแกรมจำเป็นต้องมีตัวแปรสำคัญ 2 ตัว ได้แก่ อัตราความขัดข้อง (Failure Frequency) มีหน่วยเป็นครั้งต่อปี และระยะเวลาซ่อมแซม (Repair Duration) มีหน่วยเป็นชั่วโมง ของแต่ละอุปกรณ์ที่ระบุในระบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (สายจำหน่ายเหนือดิน, หม้อแปลงสถานี, หม้อแปลงจำหน่าย, อุปกรณ์ป้องกัน/ตัดตอน) ดังรูปที่ 3.2

The screenshot shows a dialog box titled "Bar Type Failures - Library\Bar Type Failures.StoTypbar". It has two tabs: "Failure Data" and "Graph". The "Failure Data" tab is active and contains the following fields:

- Name: Bar Type Failures
- Failure Data FOR THE BUSBAR:
 - Failure frequency: 0.153368 1/a
 - Outage Expectancy: 0.2773814 h/a
 - Beta: 1
- Additional failure Data PER CONNECTION:
 - Failure frequency: 1 1/a
 - Outage Expectancy: 1.8086 h/a
- Repair duration:
 - Mean: 1.8086 h
 - Lambda: 1.8086 h
 - Variance: 1.8086 h
 - Beta: 1

Buttons for "OK" and "Cancel" are visible on the right side of the dialog.

รูปที่ 3.2 แสดงค่าอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมที่ต้องใส่ในโปรแกรม

DigSILENT PowerFactory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่นำมาคำนวณ ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากโครงการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [14] (ดังตารางที่ ก-1 ถึง ก-5 ในภาคผนวก ก) ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลทางสถิติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2548 แสดงในตารางที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์แยกตามระดับแรงดัน

อุปกรณ์	ระดับแรงดัน (KV)	สาเหตุ (ครั้ง/ปี)													ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (ชั่วโมง)
		ต้นไม้	อุปกรณ์	พนักงานถาวร	บุคคลภายนอก	สัตว์	ยานพาหนะ	วัสดุแปลกปลอม	สภาพแวดล้อม	ภัยธรรมชาติ	สงคราม	ไหลตก	อื่นๆ	รวม	
สายเหนือดิน	33	20.491683	5.610482	0.050561	0.299528	32.740595	0.255244	0.866504	2.600568	2.505016	0.000697	0.016040	0.573950	66.010858	1.311400
	22	5.288676	4.015518	0.084381	0.274772	10.026665	0.306299	0.550819	3.848059	3.711345	0.000000	0.019683	1.061727	29.187944	1.264700
อุปกรณ์ป้องกันตัดตอน	33	0.014750	0.065315	0.000652	0.000396	0.056533	0.000192	0.001010	0.009905	0.003758	0.000026	0.000077	0.000754	0.153368	1.808600
	22	0.029567	0.078458	0.001648	0.001608	0.111622	0.000607	0.004797	0.046378	0.031556	0.000000	0.000402	0.006065	0.312709	1.836900
หม้อแปลงสถานี	33	0.000000	0.120193	0.004808	0.000000	0.009615	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.004808	0.139424	0.375300
	22	0.002096	0.068495	0.003273	0.002544	0.015827	0.000000	0.000000	0.005233	0.008642	0.000000	0.008386	0.011659	0.126155	0.515500
หม้อแปลงจำหน่าย	33	0.000156	0.001644	0.000008	0.000009	0.002391	0.000013	0.000009	0.000168	0.000142	0.000000	0.000009	0.000021	0.004570	1.454267
	22	0.000036	0.001373	0.000005	0.000005	0.001378	0.000007	0.000022	0.000061	0.000045	0.000000	0.000017	0.000011	0.002961	1.330300

*หมายเหตุ : ข้อมูลทางสถิติอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ ได้มาจากการเฉลี่ยข้อมูลทางสถิติของทั้ง 3 ภาค คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนข้อมูลจากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ ได้มาจากรายงานข้อมูลสถิติของภาคใต้

จากตารางที่ 3.1 พบว่าอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระบบ 33 กิโลโวลต์ และ 22 กิโลโวลต์ แต่ละอุปกรณ์จะมีอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้อง โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆด้วยกัน คือ สาเหตุที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแปลงระดับแรงดัน (อุปกรณ์, โหลดเกิน), สาเหตุที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อแปลงระดับแรงดัน (ต้นไม้, สัตว์, วัสดุแปลกปลอม, สภาพแวดล้อม, ภัยธรรมชาติ และสงคราม) และสาเหตุที่ไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าเปลี่ยนไปหรือไม่เมื่อแปลงระดับแรงดัน (พนักงานถาวร, บุคคลภายนอก, ยานพาหนะ และอื่นๆ)

ดังนั้นในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า จะทำการเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบ 33 กิโลโวลต์ ที่มีอยู่เดิมและระบบที่ทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ เพื่อให้ได้ค่าความเชื่อถือได้ของระบบใกล้เคียงความจริงและมีความถูกต้องที่สุด ดังนั้นในระบบ 22 กิโลโวลต์ จึงได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของอัตราความขัดข้องใน 4 เงื่อนไขด้วยกัน คือ

- 1) อัตราความขัดข้องที่เกิดจากสาเหตุของอุปกรณ์เท่านั้น
- 2) อัตราความขัดข้องที่เกิดจากทุกสาเหตุ
- 3) อัตราความขัดข้องที่เกิดจากสาเหตุของอุปกรณ์, สาเหตุที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อแปลงระดับแรงดัน (ต้นไม้, สัตว์, วัสดุแปลกปลอม, สภาพแวดล้อม, ภัยธรรมชาติ และสงคราม) และไม่คำนึงถึงสาเหตุที่เกิดจากพนักงานถาวร, บุคคลภายนอก, ยานพาหนะ และอื่นๆ เนื่องจากไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เมื่อแปลงระดับแรงดัน
- 4) อัตราความขัดข้องที่เกิดจากสาเหตุของอุปกรณ์, โหลดเกิน, สาเหตุที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อแปลงระดับแรงดัน (ต้นไม้, สัตว์, วัสดุแปลกปลอม, สภาพแวดล้อม, ภัยธรรมชาติ และสงคราม) และไม่คำนึงถึงสาเหตุที่เกิดจากพนักงานถาวร, บุคคลภายนอก, ยานพาหนะ และอื่นๆ เนื่องจากไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เมื่อแปลงระดับแรงดัน

เมื่อทำการพิจารณาตามเงื่อนไขทั้ง 4 ดังกล่าวแล้ว สามารถระบุอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซม ในแต่ละอุปกรณ์ได้ดังตารางที่ 3.2, 3.3, 3.4 และ 3.5

ตารางที่ 3.2 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของสายเหนือดิน แยกตามระดับแรงดันและเงื่อนไข

ระดับแรงดัน (KV)	สาเหตุ (หน่วย : ครั้ง/ปี)													ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (ชั่วโมง)	
	เดือนปีที่	ต้นไม้	อุปกรณ์	พนักงานการ	บุคคลภายนอก	สัตว์	ยานพาหนะ	วัสดุแปลกปลอม	สภาพแวดล้อม	ภัยธรรมชาติ	สงคราม	โหดเกิน	อื่นๆ		รวม
33	-	20.491680	5.610482	0.050561	0.299528	32.740600	0.255244	0.866504	2.600558	2.505016	0.000697	0.016040	0.573950	66.010860	1.311400
22	1	-	4.015518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.015518	-
	2	5.288676	4.015518	0.084381	0.274772	10.026660	0.306299	0.550819	3.848059	3.711345	0.000000	0.019683	1.061727	29.187940	1.264744
	3	20.491680	4.015518	-	-	32.740600	-	0.866504	2.600558	2.505016	0.000697	-	-	63.220573	-
	4	20.491680	4.015518	-	-	32.740600	-	0.866504	2.600558	2.505016	0.000697	0.023943	-	63.244516	-

ตารางที่ 3.3 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์แรงดัน / ติดตอน แยกตามระดับแรงดันและเงื่อนไข

ระดับแรงดัน (KV)	สาเหตุ (หน่วย : ครั้ง/ปี)													ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (ชั่วโมง)	
	เดือนปีที่	ต้นไม้	อุปกรณ์	พนักงานการ	บุคคลภายนอก	สัตว์	ยานพาหนะ	วัสดุแปลกปลอม	สภาพแวดล้อม	ภัยธรรมชาติ	สงคราม	โหดเกิน	อื่นๆ		รวม
33		0.014750	0.065315	0.000652	0.000396	0.056533	0.000192	0.001010	0.009905	0.003758	0.000026	0.000077	0.000754	0.153388	1.808633
	1	-	0.078458	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.029567	-
	2	0.029567	0.078458	0.001648	0.001608	0.111622	0.000607	0.004797	0.046378	0.031556	0.000000	0.000402	0.006065	0.312709	1.836889
	3	0.014750	0.078458	-	-	0.056533	-	0.001010	0.009905	0.003758	0.000026	-	-	0.164440	-
	4	0.014750	0.078458	-	-	0.056533	-	0.001010	0.009905	0.003758	0.000026	0.000115	-	0.164555	-

ตารางที่ 3.4 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของหม้อแปลงสถานี แยกตามระดับแรงดันและเงื่อนไข

ระดับแรงดัน (KV)	เงื่อนไขที่	สาเหตุ (หน่วย : ครั้ง/ปี)										ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (ชั่วโมง)				
		ต้นไม้	อุปกรณ์	พนักงานการ	บุคคลภายนอก	สัตว์	ยานพาหนะ	วัสดุแปลกปลอม	สภาพแวดล้อม	ภัยธรรมชาติ	สงคราม		โหลดเกิน	อื่นๆ	รวม	
33	-	0.000000	0.120193	0.004808	0.000000	0.009615	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.004808	0.139424	0.375267
	1	-	0.068495	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.068495	
22	2	0.002096	0.068495	0.003273	0.002544	0.015827	0.000000	0.005233	0.008642	0.000000	0.000000	0.008386	0.011659	0.126156	0.515533	
	3	0.000000	0.068495	-	-	0.009615	-	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-	-	0.078110		
	4	0.000000	0.068495	-	-	0.009615	-	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-	0.078110		

ตารางที่ 3.5 อัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของหม้อแปลงจำหน่าย แยกตามระดับแรงดันและเงื่อนไข

ระดับแรงดัน (KV)	เงื่อนไขที่	สาเหตุ (หน่วย : ครั้ง/ปี)										ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (ชั่วโมง)			
		ต้นไม้	อุปกรณ์	พนักงานการ	บุคคลภายนอก	สัตว์	ยานพาหนะ	วัสดุแปลกปลอม	สภาพแวดล้อม	ภัยธรรมชาติ	สงคราม		โหลดเกิน	อื่นๆ	รวม
33	-	0.000156	0.001644	0.000008	0.000009	0.002391	0.000013	0.000009	0.000168	0.000142	0.000000	0.000009	0.000021	0.004570	1.454267
	1	-	0.001373	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001373	
22	2	0.000036	0.001373	0.000005	0.000005	0.001378	0.000007	0.000022	0.000061	0.000045	0.000000	0.000017	0.000011	0.002961	1.330300
	3	0.000156	0.001373	-	-	0.002391	-	0.000009	0.000168	0.000142	0.000000	-	-	0.004239	
	4	0.000156	0.001373	-	-	0.002391	-	0.000009	0.000168	0.000142	0.000000	0.000013	-	0.004252	

บทที่ 4

ผลการทดลองการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า

ในบทนี้จะนำเสนอผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา และผลการทดลอง ผลกระทบทางด้านความมั่นคง (Security) และความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อทำการแปลงระดับแรงดัน โดยใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory ช่วยในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า โดยทำการวิเคราะห์โมเดลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 33 กิโลโวลต์ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

4.1 ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลจากหนังสือ งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ตลอดจนปริญญาานิพนธ์ต่างๆ ทำให้ทราบว่าระดับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยนั้นอยู่ที่ 20 กิโลโวลต์ถึง 40 กิโลโวลต์ และสามารถนำมาสังเคราะห์เปรียบเทียบปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงระดับแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงระดับแรงดัน

หัวข้อเปรียบเทียบ	ระดับแรงดัน (กิโลโวลต์)		
	11-20	21-30	31-40
ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI [8]	I	II	III
ผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า [9]	I	II	III
แรงดันตกช่วงสั้น, แรงดันเกินช่วงสั้น [10]	I	II	III
ผลกระทบเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	I	II	III
ความปลอดภัยในการดำเนินงานและซ่อมบำรุง	III	II	I
ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันและค่ากระแสฮาร์มอนิก [16]	III	II	I
กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง [4]	III	II	I

หมายเหตุ : I หมายถึง ต่ำ, II หมายถึง กลาง และ III หมายถึง สูง

จากตารางที่ 4.1 พบว่าในระดับแรงดันที่ต่ำกว่า เสถียรภาพของระบบและความปลอดภัยมีแนวโน้มที่ดีกว่าในระดับแรงดันที่สูงกว่า แต่ในเรื่องของฮาร์มอนิกและกำลังสูญเสียมีแนวโน้มที่สูงขึ้น จึงสามารถสรุปสมมติฐานในการแปลงระดับแรงดันได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ด้านความเชื่อถือได้ของระบบ

เมื่อทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ แล้วพบว่าความเชื่อถือได้ของระบบจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น จากข้อสรุปในตารางที่ 4.1 ในเรื่องของค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และผลกระทบต่อระบบเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ ยกตัวอย่างเช่น ในระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ จะมีจำนวนสถานีไฟฟ้าย่อยที่มากกว่าระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ ทำให้ระยะทางระหว่างสถานีไฟฟ้าย่อยถึงโหลดผู้ใช้งานมีระยะที่สั้นกว่า ดังนั้นเมื่อมีสภาวะผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ จะส่งผลกระทบต่อโหลดผู้ใช้งานเป็นบริเวณแคบกว่าระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ ซึ่งส่งผลทำให้ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI ลดลงด้วย จึงคาดว่าความเชื่อถือได้ของระบบจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น

4.1.2 ด้านความมั่นคงของระบบ

จะเห็นว่าผลทางด้านความมั่นคงของระบบจะดีขึ้นหลังจากแปลงระดับแรงดัน คือ ในเรื่องของค่าแรงดันตกช่วงสั้น แรงดันเกินช่วงสั้น ผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า รวมถึงความปลอดภัยในการดำเนินงานและซ่อมบำรุงระบบ ส่วนในเรื่องของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกรวมของแรงดันและค่ากระแสฮาร์โมนิก จะมีผลเพิ่มมากขึ้นเมื่อทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์

4.1.3 ด้านเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากในปัจจุบันจำเป็นต้องจัดซื้ออุปกรณ์คงคลังทั้งในระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ และ 33 กิโลโวลต์ ซึ่งในส่วนจากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ มีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อต่อหน่วยที่แพงกว่า เนื่องจากจัดซื้อจำนวนน้อยชิ้นกว่า ดังนั้นหากทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ แล้ว คาดว่าจะส่งผลให้ราคาค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์คงคลังนี้มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยที่ลดลงตามไปด้วย

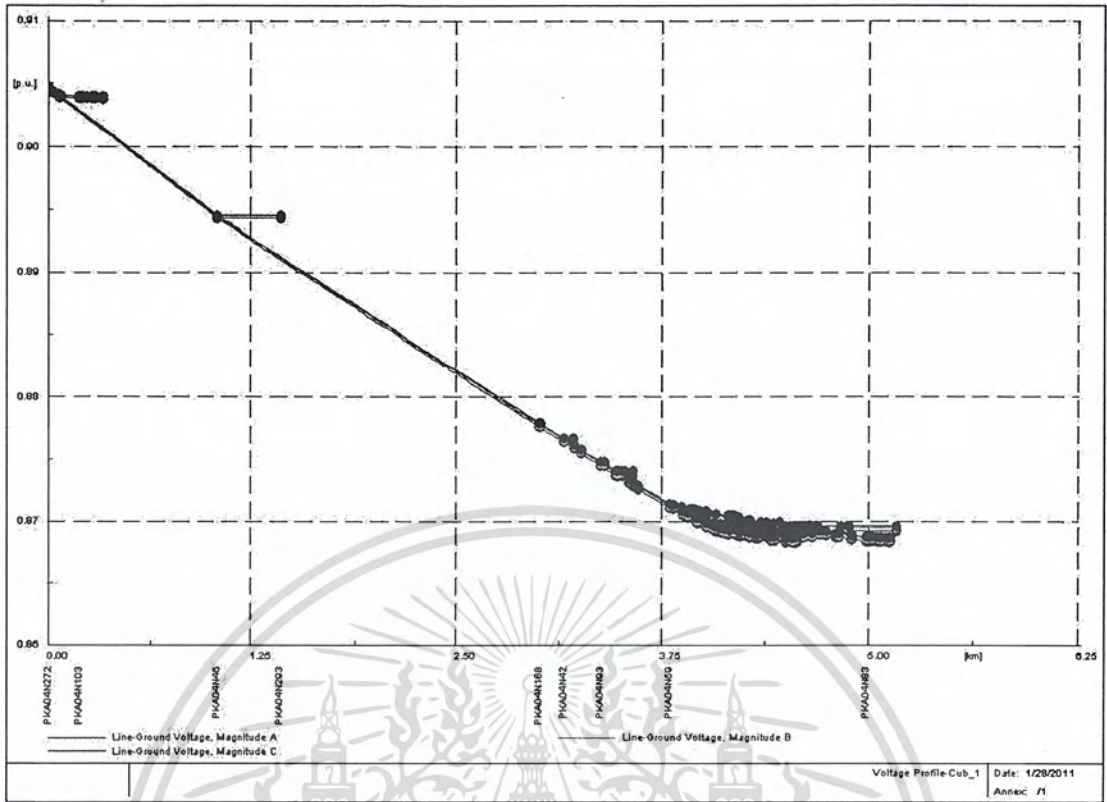
4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่ได้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [13] โดยทำการวิเคราะห์ในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

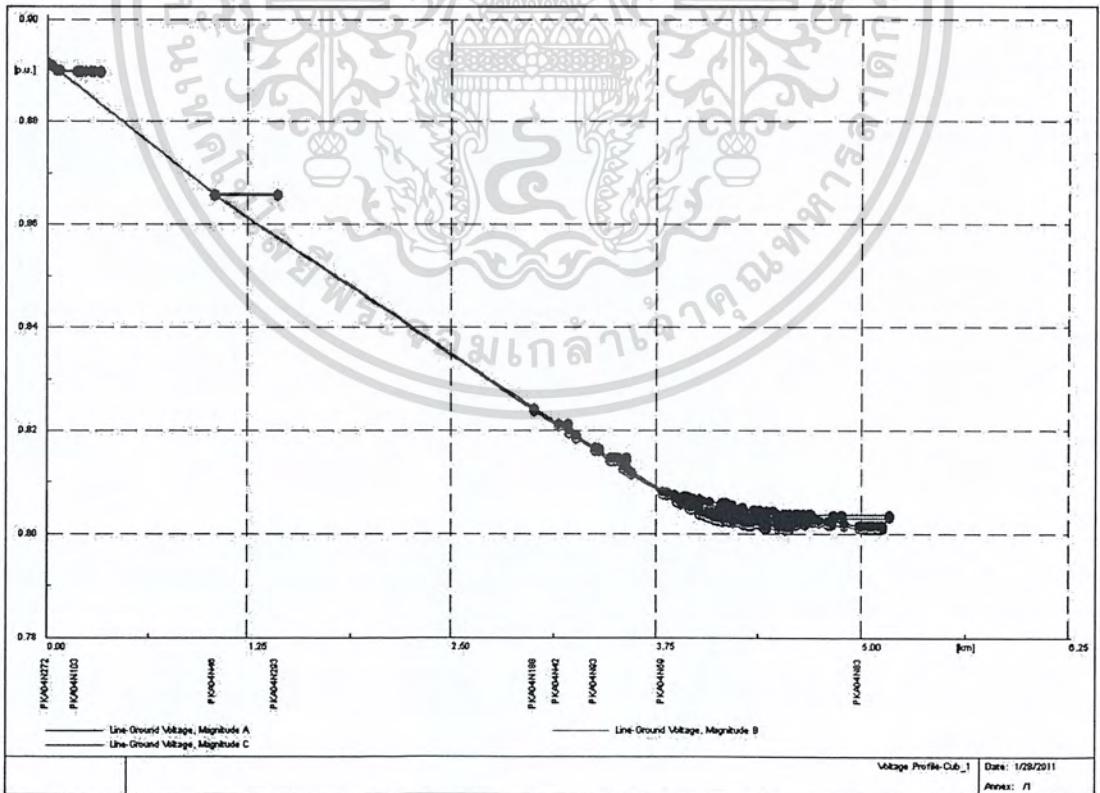
4.2.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคง

1) การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านแรงดันไฟฟ้าในระบบ (Voltage Profile Analysis) ในปริภูมิอนุพันธ์ฉบับนี้จะใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory วิเคราะห์ในเรื่องของค่าแรงดันตก (Voltage Drop) ของแบบจำลองระบบไฟฟ้าในจังหวัดภูเก็ตเปรียบเทียบระหว่างสภาพการจ่ายไฟปัจจุบัน และหลังทำการแปลงระดับแรงดัน ผลการวิเคราะห์แสดงดังกราฟในรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



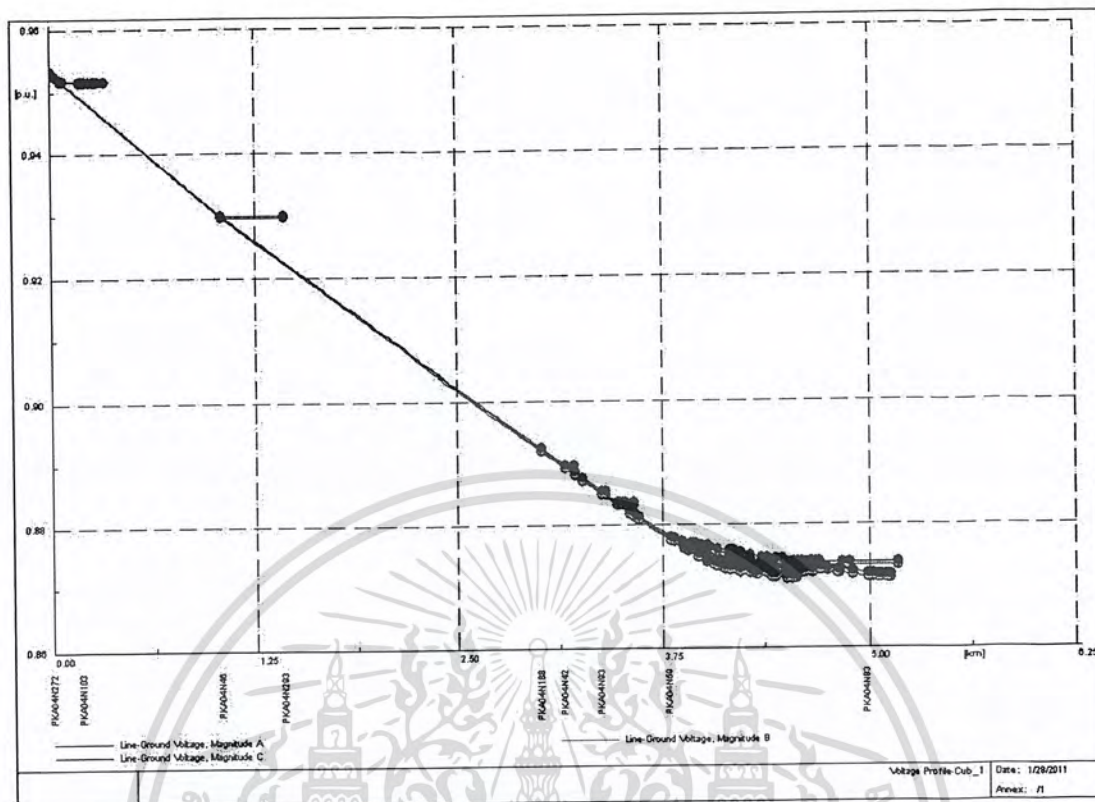
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟขนาดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟขนาดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์

โดยจ่ายแรงดันที่ 1.00 pu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟขนาดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ โดยจ่ายแรงดันที่ 1.05 pu

รูปที่ 4.1 แสดงขนาดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ของพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ จะมีระดับแรงดันในแต่ละบัสบาร์อยู่ที่ประมาณ 0.868-0.905 pu และมีค่าแรงดันตกในแต่ละบัสบาร์ประมาณ 0.095-0.132 pu (3.135-4.356 กิโลโวลต์)

รูปที่ 4.2 แสดงขนาดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ของพื้นที่จังหวัดภูเก็ตเมื่อทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ โดยจ่ายแรงดันที่ 1.00 pu จะมีขนาดแรงดันแต่ละบัสบาร์อยู่ที่ประมาณ 0.800-0.892 pu และมีค่าแรงดันตกในแต่ละบัสบาร์ประมาณ 0.108-0.200 pu (2.376-4.400 กิโลโวลต์)

รูปที่ 4.3 แสดงขนาดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสบาร์ของพื้นที่จังหวัดภูเก็ตเมื่อทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ โดยจ่ายแรงดันที่ 1.05 pu จะมีขนาดแรงดันแต่ละบัสบาร์อยู่ที่ประมาณ 0.871-0.953 pu และมีค่าแรงดันตกในแต่ละบัสบาร์ประมาณ 0.097-0.179 pu (2.134-3.938 กิโลโวลต์)

ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อจ่ายแรงดันที่ 1.05 pu ในระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ จะมีค่าแรงดันตกโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าในระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ ดังนั้นในปริณญาณพนธ์นี้จึงทำการวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าทางภาคใต้เมื่อแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 1.05 pu ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า (System Loss Analysis) ในปริณญาณินพนธ์ฉบับนี้จะใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory วิเคราะห์ในเรื่องของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของแบบจำลองระบบไฟฟ้าในจังหวัดภูเก็ตเปรียบเทียบกับระหว่างสภาพการจ่ายไฟปัจจุบัน และหลังทำการแปลงระดับแรงดัน จากการวิเคราะห์ในเรื่องของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ พบว่าที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบประมาณ 0.67 เมกกะวัตต์ ซึ่งน้อยกว่าที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ ที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบประมาณ 1.49 เมกกะวัตต์ ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

Load Flow Calculation		Total System Summary	
AC Load Flow, unbalanced, 3-phase (ABC)	Yes	Automatic Model Adaptation for Convergency	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	Yes	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1.00 kVA
Consider Reactive Power Limits	Yes	Model Equations	0.10 %
Total System Summary		Study Case: Study Case	Annex: / 1
No. of Substations	0	No. of Busbars	227
No. of 2-w Trfs.	0	No. of 3-w Trfs.	0
No. of Loads	109	No. of Shunts	6
No. of Terminals	0	No. of syn. Machines	0
No. of SWS	0	No. of asyn. Machines	0
Generation	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
External Infeed	= 24.99 MW	11.72 Mvar	27.60 MVA
Load P(U)	= 24.32 MW	13.45 Mvar	27.79 MVA
Load P(Un)	= 24.32 MW	13.45 Mvar	27.79 MVA
Load P(Un-U)	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
Motor Load	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
Grid Losses	= 0.67 MW	0.99 Mvar	
Line Charging	= -0.05 MW	-0.05 Mvar	
Compensation ind.	= 0.00 MW	0.00 Mvar	
Compensation cap.	= -2.72 MW	-2.72 Mvar	
Installed Capacity	= 0.00 MW		
Spinning Reserve	= 0.00 MW		
Total Power Factor:			
Generation	= 0.00 [-]		
Load/Motor	= 0.88 / 0.00 [-]		

รูปที่ 4.4 แสดงค่ากำลังสูญเสียในระบบที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์

Load Flow Calculation		Total System Summary	
AC Load Flow, unbalanced, 3-phase (ABC)	Yes	Automatic Model Adaptation for Convergency	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	Yes	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1.00 kVA
Consider Reactive Power Limits	Yes	Model Equations	0.10 %
Total System Summary		Study Case: Study Case	Annex: / 1
No. of Substations	0	No. of Busbars	227
No. of 2-w Trfs.	0	No. of 3-w Trfs.	0
No. of Loads	109	No. of Shunts	6
No. of Terminals	0	No. of syn. Machines	0
No. of SWS	0	No. of asyn. Machines	0
Generation	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
External Infeed	= 25.81 MW	12.99 Mvar	28.90 MVA
Load P(U)	= 24.32 MW	13.45 Mvar	27.79 MVA
Load P(Un)	= 24.32 MW	13.45 Mvar	27.79 MVA
Load P(Un-U)	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
Motor Load	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
Grid Losses	= 1.49 MW	2.29 Mvar	
Line Charging	= -0.02 MW	-0.02 Mvar	
Compensation ind.	= 0.00 MW	0.00 Mvar	
Compensation cap.	= -2.75 MW	-2.75 Mvar	
Installed Capacity	= 0.00 MW		
Spinning Reserve	= 0.00 MW		
Total Power Factor:			
Generation	= 0.00 [-]		
Load/Motor	= 0.88 / 0.00 [-]		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.5 แสดงค่ากำลังสูญเสียในระบบที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ โยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสภาวะผิดปกติพร้อม (Fault Analysis) ในปริณิญาณิพนธ์ฉบับนี้จะใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory วิเคราะห์ในเรื่องของค่ากระแสลัดวงจรเมื่อเกิดสภาวะการผิดปกติพร้อมในระบบ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของแบบจำลองระบบไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต เปรียบเทียบระหว่างสภาพการจ่ายไฟปัจจุบัน และหลังทำการแปลงระดับแรงดัน

ตารางที่ 4.2 แสดงเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าและค่ากระแสลัดวงจรสภาพการจ่ายไฟปัจจุบันและหลังทำการแปลงระดับแรงดัน จากการวิเคราะห์พบว่าขนาดของกระแสลัดวงจรสูงสุดมีแนวโน้มความรุนแรงของกระแส $3\Phi\text{Fault} > 2\Phi\text{Fault} > 1\Phi\text{-G}$ เมื่อแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ ค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มสูงขึ้น โดยตำแหน่งช่วงต้นทางของระบบจะมีค่ากระแสลัดวงจรที่มากที่สุด ส่วนปลายทางของระบบจะมีค่ากระแสลัดวงจรที่ต่ำที่สุดอันเนื่องมาจากความแตกต่างของค่าอิมพีแดนซ์

ตารางที่ 4.2 ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสลัดวงจรเมื่อเกิดสภาวะผิดปกติชนิดต่างๆ

ตำแหน่งที่เกิดสภาวะผิดปกติพร้อม	ระดับแรงดัน (kV)	ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสลัดวงจรจากสภาวะผิดปกติชนิดต่างๆ ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 33 และ 22 กิโลโวลต์							
		3 Φ		2 Φ				1 Φ -G	
				เฟส B		เฟส C		เฟส A	
		Sk" (MVA)	Ik" (kA)	Sk" (MVA)	Ik" (kA)	Sk" (MVA)	Ik" (kA)	Sk" (MVA)	Ik" (kA)
ส่วนต้นทางของระบบ									
PKA04N272	33	260.44	4.56	75.18	3.95	75.18	3.95	88.71	4.66
	22	260.44	6.83	75.18	5.92	75.18	5.92	88.72	6.98
PKA04N104	33	253.94	4.44	73.31	3.85	73.31	3.85	84.81	4.45
	22	246.12	6.46	71.05	5.59	71.05	5.59	80.33	6.32
PKA04N46	33	235.91	4.13	68.1	3.57	68.1	3.57	74.04	3.89
	22	211.03	5.54	60.92	4.8	60.92	4.8	61.35	4.83
ส่วนกลางทางของระบบ									
PKA04N42	33	205.47	3.59	59.32	3.11	59.32	3.11	55.33	2.9
	22	162.35	4.26	46.87	3.69	46.87	3.69	37.61	2.96
PKA04N59	33	197.71	3.46	57.07	3	57.07	3	51.39	2.7
	22	151.69	3.98	43.79	3.47	43.79	3.47	33.66	2.65
PKA04N44	33	191.24	3.35	55.21	2.9	55.21	2.9	48.31	2.54
	22	143.26	3.76	41.35	3.26	41.35	3.26	30.77	2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ตำแหน่งที่ เกิด สภาวะการณ์ ผิดปกติ	ระดับ แรงดัน (kV)	ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสลัดวงจรจากสภาวะการณ์ผิดปกติชนิดต่างๆ ที่ระดับ แรงดันไฟฟ้า 33 และ 22 กิโลโวลต์							
		3 Φ		2 Φ				1 Φ -G	
				เฟส B		เฟส C		เฟส A	
		Sk" (MVA)	Ik" (kA)	Sk" (MVA)	Ik" (kA)	Sk" (MVA)	Ik" (kA)	Sk" (MVA)	Ik" (kA)
ส่วนปลายทางของระบบ									
PKA04N165	33	183.74	3.21	53.04	2.78	53.04	2.78	45.78	2.4
	22	133.95	3.52	38.67	3.04	38.67	3.04	28.5	2.24
PKA04N178	33	183.98	3.22	53.11	2.79	53.11	2.79	46.68	2.45
	22	134.22	3.52	38.75	3.05	38.75	3.05	29.29	2.31
PKA04N172	33	187.92	3.29	54.25	2.85	54.25	2.85	46.8	2.46
	22	139.08	3.65	40.15	3.16	40.15	3.16	29.41	2.32

4.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า การศึกษานั้นจะเน้นการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบก่อนและหลังการแปลงระดับแรงดัน ซึ่งจะพิจารณาค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เป็นสำคัญ

ดังนั้นเมื่อนำค่าอัตราความขัดข้อง (Failure Frequency) และระยะเวลาซ่อมแซม (Repair Duration) ของแต่ละอุปกรณ์ (สายจำหน่ายเหนือดิน, หม้อแปลงสถานี, หม้อแปลงจำหน่าย และอุปกรณ์ป้องกัน/ตัดตอน) ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้จากการวิเคราะห์ (ตามตารางที่ 3.2, 3.3, 3.4 และ 3.5) นำมาคำนวณหาค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DigSILENT PowerFactory (version 14.0.506) พบว่าค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI มีค่าดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เมื่อมีเงื่อนไขต่างๆ

ระดับ แรงดัน (kV)	เงื่อนไขที่	SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี)	SAIDI (นาที/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี)	ENS (MWh/ปี)
33	-	7.292734	696.18	288.458
22	1	1.194559	120.12	49.870
	2	8.942788	932.94	387.675
	3	6.860939	658.08	272.723
	4	6.864738	658.44	272.881

หมายเหตุ : ENS คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องสูญเสียเมื่อเกิดการขัดข้องในการจำหน่ายไฟฟ้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าในระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ มีค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 7.292734 ครั้ง/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี และค่าดัชนี SAIDI เท่ากับ 696.18 นาที/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูล (พ.ศ. 2552) ที่ได้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [15] ซึ่งมีค่าดัชนี SAIFI อยู่ในช่วง 7.8 ถึง 11.843 ครั้ง/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี และค่าดัชนี SAIDI อยู่ในช่วง 291.91 ถึง 529.4 นาที/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี พบว่าค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ที่คำนวณได้จากโปรแกรมมีแนวโน้มใกล้เคียงกับข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงสามารถนำค่าอัตราขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของอุปกรณ์ [14] มาวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบในปริภูมิต้นไม้ได้

เมื่อทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ แล้วพบว่าในความเป็นจริงแล้วผลของสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น สภาพภูมิประเทศ ต้นไม้ สัตว์ เป็นต้น จะไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับแรงดันที่ลดลง รวมถึงเมื่อทำการลดระดับแรงดันลงแล้วจะมีผลของโหลดเกินด้วย ดังนั้นจึงนำค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ในเงื่อนไขที่ 4 ของระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ มาเปรียบเทียบกับค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ โดยค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ของระบบจะลดต่ำลงจาก 7.292734 เป็น 6.864738 ครั้ง/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี และ 696.18 เป็น 658.44 นาที/ผู้ใช้ 1 ราย/ปี ตามลำดับ รวมไปถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องสูญเสียเมื่อเกิดการขัดข้องในการจำหน่ายไฟฟ้า (ENS) จะลดลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เมื่อทำการแปลงระดับแรงดันลงแล้วจะทำให้ความเชื่อถือได้ของระบบเพิ่มสูงขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวិเคราะห์เชิงข้อมูลเกี่ยวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า การเลือกกระดပ်แรงดันรวมถึงปัญหาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับแรงดัน ทำให้ทราบว่าระดับแรงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยนั้นอยู่ในช่วงระดับแรงดัน 20 กิโลโวลต์ ถึง 40 กิโลโวลต์ ซึ่งในปัจจุบันระดับแรงดันของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยอยู่ในช่วงระดับแรงดันที่เหมาะสมอยู่แล้ว นั่นคือระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ (90 % ของประเทศ) และ 33 กิโลโวลต์ (10 % ของประเทศ)

ดังนั้นสิ่งสำคัญในการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ เป็น 22 กิโลโวลต์ ทางภาคใต้ของประเทศไทย คือการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคงและการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคงของระบบจะสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้าของระบบที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการแปลงระดับแรงดัน โดยผลลัพธ์จะแสดงด้วยค่าแรงดันไฟฟ้านตก (Voltage Drop) กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (System Loss) รวมถึงค่ากระแสลัดวงจร (Short-circuit Current) ของระบบไฟฟ้า ส่วนการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ก็เป็นสิ่งสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (คุณภาพและความต่อเนื่องของการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า) ของระบบส่งกำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการวางแผนปรับปรุงระบบส่งกำลังไฟฟ้าจะส่งผลให้ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ในการประเมินค่าความเชื่อถือได้ของระบบส่งกำลังไฟฟ้าจะอาศัยค่าดัชนีความเชื่อถือได้เป็นตัวชี้วัด โดยพิจารณาจากดัชนี SAIFI และ SAIDI เป็นสำคัญ ซึ่งดัชนีความเชื่อถือได้จะขึ้นอยู่กับสถิติการเกิดไฟฟ้าขัดข้อง และระยะเวลาซ่อมเฉลี่ยของพื้นที่ที่สนใจ

ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคงจะอาศัยการศึกษาค่าแรงดันไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย และค่ากระแสลัดวงจรของระบบไฟฟ้า จากรูปที่ 4.1 และ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันตก (Voltage Drop) ของระบบ 22 กิโลโวลต์ จะมีค่าน้อยกว่าและอยู่ในระดับมาตรฐานกรณีจ่ายไฟปกติของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงให้เห็นค่ากำลังสูญเสียในระบบที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ และ 22 กิโลโวลต์ ตามลำดับ พบว่ากำลังสูญเสียที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ จะมีค่าเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากในระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ จะมีกระแสไหลที่สูงกว่า จึงส่งผลให้เกิดกำลังสูญเสียมากกว่า ดังนั้นการที่ระดับแรงดันต่ำลงจะส่งผลให้ค่ากระแสสูงขึ้น เป็นผลทำให้กำลังสูญเสียในสายเพิ่มสูงขึ้นทวีคูณ และจากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นค่ากระแสลัดวงจรในระบบส่งกำลังไฟฟ้า เมื่อแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ ค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังคงอยู่ในค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity) ของอุปกรณ์ป้องกันที่สถานีไฟฟ้าสามารถทนได้ (ประมาณ 12 กิโลแอมป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์ และระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ จากการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบส่งกำลังไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการแปลงระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์ ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ซึ่งประกอบด้วยค่า SAIDI และ SAIFI จะมีค่าลดลง อีกทั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องสูญเสียเมื่อเกิดการขัดข้องในการจำหน่ายไฟฟ้า (ENS) ที่มีแนวโน้มลดลงตามไปด้วย ฉะนั้นการลดระดับแรงดันลงจะส่งผลให้ความน่าเชื่อถือในระบบเพิ่มสูงขึ้น

จากการศึกษาเชิงข้อมูลและการจำลองระบบผ่านโปรแกรมโดยวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านความมั่นคง และการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 33 กิโลโวลต์ ทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็น 22 กิโลโวลต์ เนื่องจากความน่าเชื่อถือของระบบจะเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลทางด้านความมั่นคงในเรื่องของค่ากำลังสูญเสียในระบบควรจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาระบบส่งกำลังไฟฟ้าก็เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลกระทบทางด้านความมั่นคง และความน่าเชื่อถือของระบบแล้วอันดับต่อไปควรวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย เพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุน ความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อแก้ปัญหาในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] Dale R. Patrick and Stephen W. Fardo, Electrical distribution system 2nd Edition, The Fairmont Press Inc., 2009.
- [2] U.S. Army Corps of Engineers, NAVAL Facilities Engineering Command and Air Force Civil Engineer Support Agency, "Electrical Power Supply and Distribution," UFC 3-550-03FA, 01 March 2005.
- [3] Department of Energy and Climate Change, "Review of International Network Design Standards, Practices and Plant and Equipment Specifications," URN 09/748, 2009.
- [4] E. Lakervi and E.J. Holmes, Electricity distribution network design 2nd Edition, Peter Peregrinus Ltd., 1995.
- [5] ขวลิต ดำรงรัตน์, การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เล่ม 1, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.
- [6] สุรัตน์ นันตะสุคนธ์, ระบบไฟฟ้ากำลัง เล่ม 1, ดวงกมลสมัย, 2537.
- [7] ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล, ระบบไฟฟ้ากำลัง เล่ม 1, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรกฎาคม 2537.
- [8] ภูธเรศ สุวรรณวิโก, มุรินทร์ สุวรรณโพธิ์ศรี, รวิชญ ศรีน้อย และสมศักดิ์ ถนอมกิติ, "การศึกษาแนวทางการปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบจำหน่ายโดยใช้ระบบจำหน่ายใต้ดิน," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550.
- [9] การไฟฟ้านครหลวง, ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้า, วิสมา เอเชีย, 2549.
- [10] ศักดิ์ชัย นรสิงห์, "คุณภาพกำลังไฟฟ้า," ฝ่ายพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- [11] ยโสธร สุขประสงค์, "การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่คำนึงถึงโหลดเกินสายป้อน," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548.
- [12] วรารุช จิตตพันธ์, "การวางแผนโดยคำนึงถึงความเชื่อถือได้ของระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยใช้ความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟ," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.
- [13] ศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมการส่องสว่าง, "โครงการวิจัยเพื่อการออกแบบและการควบคุมระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมและการศึกษาผลกระทบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลมต่อระบบการจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค," รายงานความก้าวหน้า, ฉบับที่ 3 (ปรับปรุง), 7 ส.ค. 2552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)


- [14] สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “โครงการเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ระยะที่ 3”, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2550.
- [15] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, รายงานผลการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (SAIFI, SAIDI & MAIFI) ประจำปี 2552, เลขที่ ป.กจฟ.(วช.) 72/2553.
- [16] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, PRC-PQG-01/1998 ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม,
[ออนไลน์] : <http://www.pea.or.th/powerquality/harmonic6.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
ข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [14,15]
(ข้อมูลอัตราความขัดข้องและระยะเวลาซ่อมแซมของแต่ละอุปกรณ์ พ.ศ. 2544 - 2548)
(ข้อมูลดัชนี SAIFI SAIDI ในปี พ.ศ. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 อัตราความขัดข้อง (Failure Frequency) ของอุปกรณ์ในกลุ่มสายเหนือดินระบบจำหน่าย

สาเหตุ	ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	ทราบ สาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบ สาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบ สาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบ สาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม
ต้นไม้	3.231159	1.305355	4.536514	4.537901	2.286087	6.823988	2.829132	1.676394	4.505526	14.813206	5.678477	20.491683
อุปกรณ์	3.890213	0.809686	4.699899	3.313937	1.322655	4.636592	2.106779	0.603284	2.710063	4.289630	1.320852	5.610482
พนักงานการ	0.120643	0.007239	0.127882	0.079017	0.007299	0.086316	0.035225	0.003721	0.038946	0.046028	0.004533	0.050561
บุคคลภายนอก	0.265758	0.003792	0.269550	0.365253	0.007933	0.373186	0.175131	0.006450	0.181581	0.288370	0.011158	0.299528
สัตว์	5.220042	6.810458	12.030500	5.003116	7.280952	12.284068	2.229073	3.536353	5.765426	11.416232	21.324363	32.740595
ยานพาหนะ	0.461200	0.012409	0.473609	0.266562	0.010789	0.277351	0.162976	0.004961	0.167937	0.243388	0.011856	0.255244
วัสดุแปลกปลอม	0.336766	0.097893	0.434659	0.433798	0.122174	0.555972	0.490664	0.171162	0.661826	0.557561	0.308943	0.866504
สภาพแวดล้อม	1.582489	3.041577	4.624066	0.869500	2.435869	3.305369	0.857050	2.757691	3.614741	0.953329	1.647229	2.600558
ภัยธรรมชาติ	1.928217	2.168123	4.096340	2.019525	1.988109	4.007634	0.850600	2.179461	3.030061	1.657690	0.847326	2.505016
สงคราม	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000697	0.000000	0.000697
ไหลตกเกิน	0.002413	0.003447	0.005860	0.031099	0.011424	0.042523	0.005953	0.004713	0.010666	0.014994	0.001046	0.016040
อื่นๆ	0.740057	0.773148	1.513205	0.228482	0.592149	0.820631	0.196216	0.655128	0.851344	0.116464	0.457486	0.573950
รวม	17.778957	15.033127	32.812084	17.148190	16.065440	33.213630	9.938799	11.599318	21.538117	34.397589	31.613269	66.010858

ตารางที่ ก-2 อัตราความถี่ข้อ (Failure Frequency) ของหม้อแปลงสถานี

หน่วย: ครั้ง/ปี

สาเหตุ	ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม
ต้นไม้	0.00000	0.00000	0.00000	0.006289	0.00000	0.006289	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
อุปกรณ์	0.024194	0.014785	0.038979	0.050314	0.031447	0.081761	0.059322	0.025424	0.084746	0.067308	0.052885	0.120193
พนักงานการ	0.001344	0.00000	0.001344	0.00000	0.00000	0.00000	0.008475	0.00000	0.008475	0.004808	0.00000	0.004808
บุคคลภายนอก	0.001344	0.00000	0.001344	0.006289	0.00000	0.006289	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
สัตว์	0.005376	0.00000	0.005376	0.025157	0.00000	0.025157	0.016949	0.00000	0.016949	0.009615	0.00000	0.009615
ยานพาหนะ	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
วัสดุแปลกปลอม	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
สภาพแวดล้อม	0.001344	0.008065	0.009409	0.006289	0.00000	0.006289	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ภัยธรรมชาติ	0.00000	0.002688	0.002688	0.006289	0.00000	0.006289	0.016949	0.00000	0.016949	0.00000	0.00000	0.00000
สงคราม	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ไหลตเกิน	0.00000	0.00000	0.00000	0.025157	0.00000	0.025157	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
อื่นๆ	0.001344	0.00000	0.001344	0.018868	0.006289	0.025157	0.00000	0.00000	0.008475	0.004808	0.00000	0.004808
รวม	0.034946	0.025538	0.060484	0.144652	0.037736	0.182388	0.101695	0.033899	0.135594	0.086539	0.052885	0.139424

หน่วย: ครั้ง/ปี

ตารางที่ ก-3 อัตราความถี่ข้อ (Failure Frequency) ของหม้อแปลงจำหน่าย

สาเหตุ	ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม
ต้นไม้	0.000067	0.000012	0.000079	0.000021	0.000000	0.000021	0.000008	0.000000	0.000008	0.000134	0.000022	0.000156
อุปกรณ์	0.001486	0.000055	0.001541	0.001358	0.000068	0.001426	0.001083	0.000070	0.001153	0.001545	0.000099	0.001644
พนักงานการ	0.000004	0.000004	0.000008	0.000004	0.000000	0.000004	0.000004	0.000000	0.000004	0.000004	0.000004	0.000008
บุคคลภายนอก	0.000004	0.000000	0.000004	0.000008	0.000000	0.000008	0.000000	0.000004	0.000004	0.000009	0.000000	0.000009
สัตว์	0.001856	0.000267	0.002123	0.001281	0.000047	0.001328	0.000630	0.000054	0.000684	0.002214	0.000177	0.002391
ยานพาหนะ	0.000012	0.000000	0.000012	0.000004	0.000000	0.000004	0.000004	0.000000	0.000004	0.000013	0.000000	0.000013
วัสดุแปลกล้อม	0.000043	0.000000	0.000043	0.000004	0.000008	0.000012	0.000012	0.000000	0.000012	0.000009	0.000000	0.000009
สภาพแวดล้อม	0.000079	0.000004	0.000083	0.000042	0.000013	0.000055	0.000037	0.000008	0.000045	0.000125	0.000043	0.000168
ภัยธรรมชาติ	0.000059	0.000004	0.000063	0.000030	0.000000	0.000030	0.000037	0.000004	0.000041	0.000060	0.000082	0.000142
สงคราม	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
โหลดเกิน	0.000008	0.000020	0.000028	0.000008	0.000000	0.000008	0.000008	0.000008	0.000016	0.000009	0.000000	0.000009
อื่นๆ	0.000008	0.000016	0.000024	0.000004	0.000000	0.000004	0.000004	0.000000	0.000004	0.000017	0.000004	0.000021
รวม	0.003626	0.000382	0.004008	0.002764	0.000136	0.002900	0.001827	0.000148	0.001975	0.004139	0.000431	0.004570

ตารางที่ ก-4 อัตราความขัดข้อง (Failure Frequency) ของอุปกรณ์ป้องกันตัดตอน

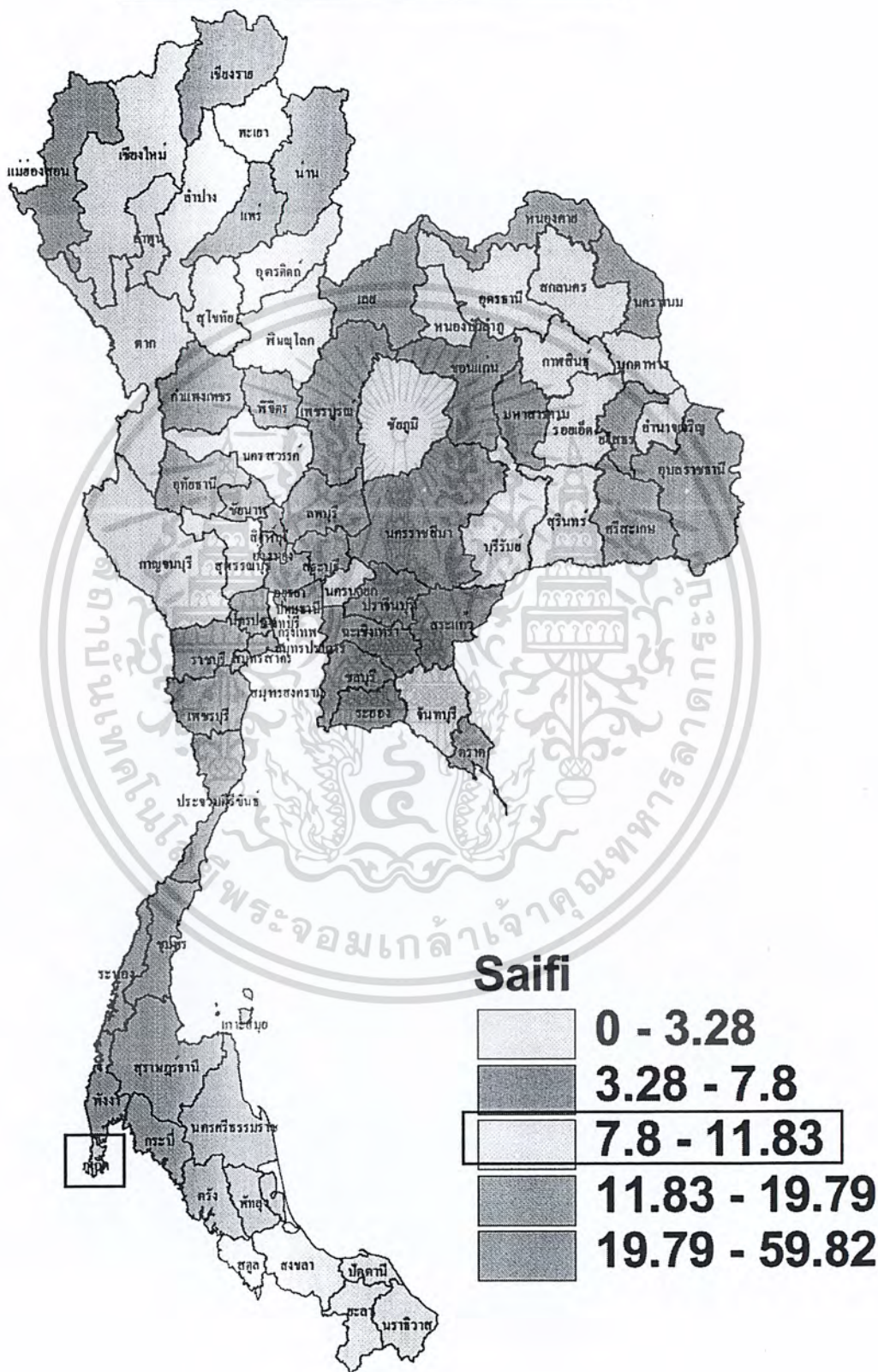
หน่วย: ครั้ง/ปี

สาเหตุ	ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม	ทราบสาเหตุ	สันนิษฐาน	รวม
ต้นไม้	0.029528	0.011432	0.040960	0.025829	0.009396	0.035225	0.008749	0.003767	0.012516	0.009919	0.004831	0.014750
อุปกรณ์	0.078574	0.009686	0.088260	0.076182	0.009199	0.085381	0.053477	0.008257	0.061734	0.057569	0.007746	0.065315
พนักงานการ	0.002109	0.000322	0.002431	0.001500	0.000107	0.001607	0.000830	0.000077	0.000907	0.000614	0.000038	0.000652
บุคคลภายนอก	0.001693	0.000094	0.001787	0.002269	0.000107	0.002376	0.000630	0.000031	0.000661	0.000345	0.000051	0.000396
สัตว์	0.093634	0.081852	0.175486	0.063375	0.061410	0.124785	0.020265	0.014330	0.034595	0.030088	0.026445	0.056533
ยานพาหนะ	0.000833	0.000081	0.000914	0.000661	0.000107	0.000768	0.000138	0.000000	0.000138	0.000128	0.000064	0.000192
วัสดุปลอม	0.004487	0.001652	0.006139	0.003805	0.001893	0.005698	0.001661	0.000892	0.002553	0.000729	0.000281	0.001010
สภาพแวดล้อม	0.031999	0.054891	0.086890	0.008431	0.025793	0.034224	0.008118	0.009902	0.018020	0.004486	0.005419	0.009905
ภัยธรรมชาติ	0.022018	0.025712	0.047730	0.014183	0.011414	0.025597	0.008949	0.012393	0.021342	0.002224	0.001534	0.003758
สงคราม	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000026	0.000000	0.000026
ไหลตกเกิน	0.000228	0.000228	0.000456	0.000429	0.000107	0.000536	0.000123	0.000092	0.000215	0.000064	0.000013	0.000077
อื่นๆ	0.003748	0.003439	0.007187	0.001375	0.002929	0.004304	0.001630	0.005074	0.006704	0.000294	0.000460	0.000754
รวม	0.268851	0.189389	0.458240	0.198039	0.122462	0.320501	0.104570	0.054815	0.159385	0.106486	0.046882	0.153368

ตารางที่ ก-5 ระยะเวลาซ่อมแซม (Repair Duration) ของแต่ละอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

กลุ่มอุปกรณ์	ภาค	ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (นาที)						
		2544	2545	2546	2547	2548	เฉลี่ย 5 ปี	
สายเหนือดินระบบจำหน่าย	ภาคกลาง	67.980	66.340	62.390	61.430	58.690	63.366	
	ภาคเหนือ	83.260	80.250	67.420	65.190	60.810	71.386	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	97.240	120.360	83.200	82.550	81.160	92.902	
	ภาคใต้	90.460	84.150	75.350	72.330	71.140	78.686	
	รวมทั้งประเทศ	85.080	86.260	72.430	70.680	68.500	76.590	
	ภาคกลาง	36.000	13.330	24.000	9.870	25.830	21.806	
หม้อแปลงสถานี	ภาคเหนือ	0.000	25.000	48.530	59.930	29.800	32.652	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.000	48.000	41.830	49.000	52.860	38.338	
	ภาคใต้	0.000	32.000	23.430	25.750	31.400	22.516	
	รวมทั้งประเทศ	36.000	29.800	43.070	39.890	35.290	36.810	
	ภาคกลาง	58.970	68.710	59.710	57.870	57.240	60.500	
	ภาคเหนือ	98.180	73.970	62.430	73.970	60.010	73.712	
หม้อแปลงจำหน่าย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	121.230	130.440	98.520	95.510	80.510	105.242	
	ภาคใต้	104.640	114.120	78.280	67.300	71.940	87.256	
	รวมทั้งประเทศ	88.790	93.150	72.870	70.530	65.300	78.128	
	ภาคกลาง	107.580	273.180	58.700	57.130	54.610	110.240	
	ภาคเหนือ	206.130	98.110	64.060	56.980	60.180	97.092	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	146.890	223.500	81.550	81.770	82.830	123.308	
อุปกรณ์ป้องกันตัดออกระบบจำหน่าย	ภาคใต้	117.900	229.090	68.110	62.370	65.120	108.518	
	รวมทั้งประเทศ	143.700	200.800	64.450	61.670	60.570	106.238	

ข้อมูล Saifi แบ่งตามจังหวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ขนาดแรงดันในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N272	33	17.2366	0.9047	17.2378	17.2373	17.2347
PKA04N179	33	17.2312	0.9044	17.2324	17.2319	17.2293
PKA04N179n	33	17.2312	0.9044	17.2324	17.2319	17.2293
PKA04N30	33	17.2248	0.9041	17.2261	17.2255	17.2229
PKA04N182	33	17.2245	0.9041	17.2258	17.2252	17.2226
PKA04N182n	33	17.2245	0.9041	17.2258	17.2252	17.2226
PKA04N103	33	17.2227	0.9040	17.2240	17.2234	17.2208
PKA04N183	33	17.2227	0.9040	17.2239	17.2234	17.2208
PKA04N183n	33	17.2227	0.9040	17.2239	17.2234	17.2208
PKA04N84	33	17.2227	0.9040	17.2239	17.2234	17.2208
PKA04N150	33	17.2227	0.9040	17.2239	17.2234	17.2207
PKA04N104	33	17.2224	0.9039	17.2237	17.2231	17.2205
PKA04N159	33	17.2224	0.9039	17.2236	17.2231	17.2205
PKA04N139	33	17.2223	0.9039	17.2236	17.2230	17.2204
PKA04N139n	33	17.2223	0.9039	17.2236	17.2230	17.2204
PKA04N105	33	17.2221	0.9039	17.2234	17.2228	17.2202
PKA04N164	33	17.2221	0.9039	17.2233	17.2228	17.2202
PKA04N167	33	17.2219	0.9039	17.2231	17.2226	17.2200
PKA04N293	33	17.0420	0.8945	17.0437	17.0426	17.0396
PKA04N46	33	17.0420	0.8945	17.0437	17.0426	17.0396
PKA04N188	33	16.7233	0.8777	16.7262	16.7237	16.7199
PKA04N188n	33	16.7233	0.8777	16.7262	16.7237	16.7199
PKA04N226n	33	16.6998	0.8765	16.7028	16.7002	16.6963
PKA04N42	33	16.6998	0.8765	16.7028	16.7002	16.6963
PKA04N14	33	16.6902	0.8760	16.6932	16.6906	16.6867
PKA04N176	33	16.6826	0.8756	16.6857	16.6831	16.6792
PKA04N176n	33	16.6826	0.8756	16.6857	16.6831	16.6792
PKA04N93	33	16.6639	0.8746	16.6670	16.6643	16.6604
PKA04N136	33	16.6639	0.8746	16.6670	16.6643	16.6603
PKA04N75	33	16.6493	0.8739	16.6525	16.6497	16.6457
PKA04N163	33	16.6492	0.8739	16.6524	16.6496	16.6456
PKA04N163n	33	16.6492	0.8739	16.6524	16.6496	16.6456
PKA04N12	33	16.6491	0.8739	16.6523	16.6495	16.6455
PKA04N141	33	16.6491	0.8738	16.6523	16.6495	16.6455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือปรับใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N130	33	16.6489	0.8738	16.6522	16.6493	16.6452
PKA04N67	33	16.6370	0.8732	16.6402	16.6374	16.6334
PKA04N41	33	16.6328	0.8730	16.6360	16.6332	16.6293
PKA04N8	33	16.6285	0.8728	16.6316	16.6289	16.6249
PKA04N59	33	16.5997	0.8713	16.6028	16.6001	16.5961
PKA04N114	33	16.5979	0.8712	16.6011	16.5983	16.5944
PKA04N115	33	16.5949	0.8710	16.5981	16.5953	16.5913
PKA04N116	33	16.5922	0.8709	16.5954	16.5926	16.5886
PKA04N144	33	16.5921	0.8709	16.5952	16.5925	16.5885
PKA04N144n	33	16.5921	0.8709	16.5952	16.5925	16.5885
PKA04N171	33	16.5917	0.8708	16.5949	16.5921	16.5881
PKA04N170	33	16.5909	0.8708	16.5941	16.5913	16.5873
PKA04N170n	33	16.5909	0.8708	16.5941	16.5913	16.5873
PKA04N58	33	16.5885	0.8707	16.5917	16.5889	16.5850
PKA04N78	33	16.5885	0.8707	16.5917	16.5889	16.5849
PKA04N279n	33	16.5884	0.8707	16.5916	16.5888	16.5848
PKA04N79	33	16.5884	0.8707	16.5916	16.5888	16.5848
PKA04N39	33	16.5880	0.8706	16.5912	16.5884	16.5844
PKA04N166	33	16.5878	0.8706	16.5910	16.5882	16.5842
PKA04N9	33	16.5857	0.8705	16.5888	16.5861	16.5821
PKA04N168n	33	16.5847	0.8705	16.5879	16.5851	16.5812
PKA04N168	33	16.5847	0.8705	16.5879	16.5851	16.5812
PKA04N123	33	16.5832	0.8704	16.5863	16.5836	16.5796
PKA04N56	33	16.5818	0.8703	16.5849	16.5822	16.5782
PKA04N48	33	16.5816	0.8703	16.5848	16.5820	16.5781
PKA04N156	33	16.5816	0.8703	16.5848	16.5820	16.5780
PKA04N124	33	16.5797	0.8702	16.5829	16.5801	16.5761
PKA04N192	33	16.5791	0.8702	16.5823	16.5795	16.5755
PKA04N35	33	16.5786	0.8701	16.5818	16.5790	16.5750
PKA04N120	33	16.5780	0.8701	16.5812	16.5784	16.5744
PKA04N121	33	16.5777	0.8701	16.5809	16.5781	16.5742
PKA04N10	33	16.5776	0.8701	16.5807	16.5780	16.5740
PKA04N174	33	16.5774	0.8701	16.5806	16.5778	16.5739
PKA04N113	33	16.5772	0.8701	16.5804	16.5776	16.5736

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือปรับใช้บนสถานการณ์ค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N140	33	16.5772	0.8701	16.5803	16.5776	16.5736
PKA04N126	33	16.5744	0.8699	16.5776	16.5748	16.5708
PKA04N50	33	16.5712	0.8698	16.5743	16.5716	16.5676
PKA04N45	33	16.5710	0.8698	16.5742	16.5714	16.5674
PKA04N191	33	16.5707	0.8697	16.5739	16.5711	16.5671
PKA04N186	33	16.5703	0.8697	16.5735	16.5707	16.5667
PKA04N44	33	16.5703	0.8697	16.5735	16.5707	16.5667
PKA04N112	33	16.5695	0.8697	16.5727	16.5699	16.5659
PKA04N61	33	16.5688	0.8696	16.5720	16.5692	16.5653
PKA04N194	33	16.5684	0.8696	16.5716	16.5688	16.5648
PKA04N80	33	16.5680	0.8696	16.5712	16.5684	16.5645
PKA04N47	33	16.5679	0.8696	16.5711	16.5683	16.5644
PKA04N119	33	16.5679	0.8696	16.5711	16.5683	16.5643
PKA04N146	33	16.5678	0.8696	16.5710	16.5682	16.5642
PKA04N134	33	16.5674	0.8696	16.5706	16.5678	16.5638
PKA04N149n	33	16.5671	0.8695	16.5703	16.5675	16.5635
PKA04N149	33	16.5671	0.8695	16.5703	16.5675	16.5635
PKA04N5	33	16.5669	0.8695	16.5701	16.5673	16.5634
PKA04N70	33	16.5667	0.8695	16.5699	16.5671	16.5631
PKA04N267	33	16.5666	0.8695	16.5697	16.5670	16.5630
PKA04N69	33	16.5666	0.8695	16.5697	16.5670	16.5630
PKA04N66	33	16.5665	0.8695	16.5697	16.5669	16.5629
PKA04N128	33	16.5664	0.8695	16.5696	16.5668	16.5629
PKA04N147	33	16.5664	0.8695	16.5696	16.5668	16.5629
PKA04N135	33	16.5663	0.8695	16.5695	16.5667	16.5628
PKA04N109	33	16.5662	0.8695	16.5694	16.5666	16.5626
PKA04N118	33	16.5657	0.8695	16.5689	16.5661	16.5621
PKA04N315	33	16.5657	0.8695	16.5689	16.5661	16.5621
PKA04N111	33	16.5657	0.8695	16.5689	16.5661	16.5621
PKA04N172	33	16.5657	0.8695	16.5689	16.5661	16.5621
PKA04N161	33	16.5657	0.8695	16.5688	16.5661	16.5621
PKA04N89	33	16.5656	0.8695	16.5687	16.5660	16.5620
PKA04N125	33	16.5656	0.8695	16.5687	16.5660	16.5620
PKA04N90	33	16.5655	0.8695	16.5687	16.5659	16.5619

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขปรับปรุงเนื้อหาเอกสารค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N148	33	16.5655	0.8695	16.5687	16.5659	16.5619
PKA04N185	33	16.5655	0.8695	16.5687	16.5659	16.5619
PKA04N110	33	16.5655	0.8695	16.5687	16.5659	16.5619
PKA04N81	33	16.5650	0.8694	16.5682	16.5654	16.5614
PKA04N3	33	16.5649	0.8694	16.5681	16.5653	16.5613
PKA04N20	33	16.5648	0.8694	16.5680	16.5652	16.5612
PKA04N25	33	16.5648	0.8694	16.5679	16.5652	16.5612
PKA04N127	33	16.5648	0.8694	16.5679	16.5652	16.5612
PKA04N127n	33	16.5648	0.8694	16.5679	16.5652	16.5612
PKA04N169	33	16.5647	0.8694	16.5679	16.5651	16.5611
PKA04N173	33	16.5647	0.8694	16.5679	16.5651	16.5611
PKA04N175	33	16.5647	0.8694	16.5679	16.5651	16.5611
PKA04N310	33	16.5646	0.8694	16.5677	16.5650	16.5610
PKA04N100	33	16.5646	0.8694	16.5677	16.5650	16.5610
PKA04N57	33	16.5645	0.8694	16.5677	16.5649	16.5609
PKA04N165	33	16.5645	0.8694	16.5676	16.5649	16.5609
PKA04N18	33	16.5626	0.8693	16.5658	16.5630	16.5591
PKA04N68	33	16.5624	0.8693	16.5656	16.5628	16.5588
PKA04N181	33	16.5623	0.8693	16.5655	16.5627	16.5587
PKA04N26	33	16.5615	0.8693	16.5647	16.5619	16.5579
PKA04N51	33	16.5613	0.8692	16.5645	16.5617	16.5577
PKA04N17	33	16.5611	0.8692	16.5643	16.5615	16.5575
PKA04N72	33	16.5610	0.8692	16.5641	16.5614	16.5574
PKA04N131	33	16.5609	0.8692	16.5641	16.5613	16.5573
PKA04N133	33	16.5607	0.8692	16.5639	16.5611	16.5572
PKA04N27	33	16.5602	0.8692	16.5634	16.5606	16.5566
PKA04N21	33	16.5602	0.8692	16.5633	16.5606	16.5566
PKA04N1	33	16.5600	0.8692	16.5632	16.5604	16.5565
PKA04N91	33	16.5599	0.8692	16.5630	16.5603	16.5563
PKA04N108	33	16.5593	0.8691	16.5625	16.5597	16.5557
PKA04N22	33	16.5591	0.8691	16.5623	16.5595	16.5555
PKA04N184	33	16.5591	0.8691	16.5622	16.5595	16.5555
PKA04N184n	33	16.5591	0.8691	16.5622	16.5595	16.5555
PKA04N23	33	16.5589	0.8691	16.5621	16.5593	16.5553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เช่าได้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ตามการค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N250	33	16.5589	0.8691	16.5621	16.5593	16.5553
PKA04N36	33	16.5589	0.8691	16.5621	16.5593	16.5553
PKA04N189	33	16.5589	0.8691	16.5621	16.5593	16.5553
PKA04N82	33	16.5589	0.8691	16.5621	16.5593	16.5553
PKA04N190	33	16.5589	0.8691	16.5620	16.5593	16.5553
PKA04N145	33	16.5588	0.8691	16.5620	16.5592	16.5552
PKA04N177	33	16.5587	0.8691	16.5619	16.5591	16.5551
PKA04N15	33	16.5587	0.8691	16.5619	16.5591	16.5551
PKA04N122	33	16.5585	0.8691	16.5617	16.5589	16.5549
PKA04N33	33	16.5585	0.8691	16.5617	16.5589	16.5549
PKA04N40	33	16.5585	0.8691	16.5616	16.5589	16.5549
PKA04N101	33	16.5584	0.8691	16.5616	16.5588	16.5548
PKA04N85	33	16.5584	0.8691	16.5616	16.5588	16.5548
PKA04N142	33	16.5584	0.8691	16.5615	16.5588	16.5548
PKA04N31	33	16.5582	0.8691	16.5614	16.5586	16.5547
PKA04N13	33	16.5582	0.8691	16.5614	16.5586	16.5546
PKA04N7	33	16.5581	0.8691	16.5613	16.5585	16.5545
PKA04N241	33	16.5581	0.8691	16.5613	16.5585	16.5545
PKA04N24	33	16.5581	0.8691	16.5613	16.5585	16.5545
PKA04N154	33	16.5579	0.8691	16.5611	16.5583	16.5543
PKA04N99	33	16.5578	0.8691	16.5610	16.5582	16.5543
PKA04N37	33	16.5578	0.8691	16.5610	16.5582	16.5542
PKA04N94	33	16.5577	0.8691	16.5609	16.5581	16.5541
PKA04N4	33	16.5577	0.8691	16.5609	16.5581	16.5541
PKA04N137	33	16.5576	0.8691	16.5608	16.5580	16.5541
PKA04N55	33	16.5576	0.8690	16.5608	16.5580	16.5541
PKA04N73	33	16.5575	0.8690	16.5606	16.5579	16.5539
PKA04N186n	33	16.5574	0.8690	16.5606	16.5578	16.5538
PKA04N187	33	16.5574	0.8690	16.5606	16.5578	16.5538
PKA04N98	33	16.5574	0.8690	16.5606	16.5578	16.5538
PKA04N151	33	16.5574	0.8690	16.5606	16.5578	16.5538
PKA04N106	33	16.5565	0.8690	16.5597	16.5569	16.5529
PKA04N117	33	16.5562	0.8690	16.5594	16.5566	16.5526
PKA04N86	33	16.5561	0.8690	16.5593	16.5565	16.5525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือปรับใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N2	33	16.5549	0.8689	16.5581	16.5553	16.5513
PKA04N16	33	16.5548	0.8689	16.5580	16.5552	16.5512
PKA04N11	33	16.5548	0.8689	16.5580	16.5552	16.5512
PKA04N138	33	16.5547	0.8689	16.5579	16.5551	16.5512
PKA04N32	33	16.5547	0.8689	16.5579	16.5551	16.5511
PKA04N155	33	16.5546	0.8689	16.5577	16.5550	16.5510
PKA04N76	33	16.5545	0.8689	16.5577	16.5549	16.5510
PKA04N64	33	16.5545	0.8689	16.5576	16.5548	16.5509
PKA04N304	33	16.5544	0.8689	16.5576	16.5548	16.5509
PKA04N77	33	16.5544	0.8689	16.5576	16.5548	16.5509
PKA04N107	33	16.5544	0.8689	16.5576	16.5548	16.5508
PKA04N65	33	16.5543	0.8689	16.5575	16.5547	16.5507
PKA04N34	33	16.5542	0.8689	16.5573	16.5546	16.5506
PKA04N71	33	16.5541	0.8689	16.5573	16.5545	16.5505
PKA04N153	33	16.5541	0.8689	16.5572	16.5544	16.5505
PKA04N178	33	16.5541	0.8689	16.5572	16.5544	16.5505
PKA04N53	33	16.5537	0.8688	16.5569	16.5541	16.5501
PKA04N60	33	16.5526	0.8688	16.5558	16.5530	16.5490
PKA04N157	33	16.5526	0.8688	16.5557	16.5530	16.5490
PKA04N96	33	16.5514	0.8687	16.5546	16.5518	16.5478
PKA04N43	33	16.5513	0.8687	16.5545	16.5517	16.5477
PKA04N132	33	16.5511	0.8687	16.5543	16.5515	16.5476
PKA04N308	33	16.5511	0.8687	16.5543	16.5515	16.5476
PKA04N95	33	16.5511	0.8687	16.5543	16.5515	16.5476
PKA04N62	33	16.5494	0.8686	16.5526	16.5498	16.5459
PKA04N63	33	16.5493	0.8686	16.5524	16.5497	16.5457
PKA04N180	33	16.5492	0.8686	16.5524	16.5496	16.5457
PKA04N83	33	16.5486	0.8686	16.5518	16.5490	16.5450
PKA04N193n	33	16.5486	0.8686	16.5518	16.5490	16.5450
PKA04N162	33	16.5485	0.8686	16.5517	16.5489	16.5450
PKA04N54	33	16.5485	0.8686	16.5517	16.5489	16.5450
PKA04N74	33	16.5485	0.8686	16.5516	16.5488	16.5449
PKA04N19	33	16.5479	0.8685	16.5510	16.5483	16.5443
PKA04N87	33	16.5478	0.8685	16.5510	16.5482	16.5443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นข้อผิดพลาดในการคำนวณ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N158	33	16.5478	0.8685	16.5510	16.5482	16.5442
PKA04N88	33	16.5477	0.8685	16.5509	16.5481	16.5442
PKA04N92	33	16.5477	0.8685	16.5509	16.5481	16.5441
PKA04N143	33	16.5477	0.8685	16.5509	16.5481	16.5441
PKA04N282	33	16.5477	0.8685	16.5509	16.5481	16.5441
PKA04N129	33	16.5475	0.8685	16.5507	16.5479	16.5439
PKA04N97	33	16.5471	0.8685	16.5502	16.5475	16.5435
PKA04N212	33	16.5468	0.8685	16.5500	16.5472	16.5432
PKA04N38	33	16.5468	0.8685	16.5500	16.5472	16.5432
PKA04N152	33	16.5466	0.8685	16.5498	16.5470	16.5430
PKA04N102	33	16.5460	0.8684	16.5492	16.5464	16.5425

ตารางที่ ข-2 ขนาดกระแสในแต่ละสายจำหน่ายเหนือดินที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์

สายจำหน่าย	ขนาดกระแสเฟส A (kA)	ขนาดกระแสเฟส B (kA)	ขนาดกระแสเฟส C (kA)	ขนาดกระแสพิกัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาวสาย (km)
Line_127	0.5335	0.5335	0.5344	0.5640	94.7566	0.0326
Line_107	0.5335	0.5335	0.5344	0.5640	94.7565	0.0274
Line_16	0.5137	0.5137	0.5146	0.5640	91.2490	0.0597
Line_148	0.5137	0.5137	0.5146	0.5640	91.2482	0.1458
Line_130	0.5136	0.5136	0.5146	0.5640	91.2471	1.9720
Line_67	0.5135	0.5136	0.5145	0.5640	91.2310	0.9761
Line_191	0.5111	0.5111	0.5121	0.5640	90.7988	0.1170
Line_91	0.5111	0.5111	0.5121	0.5640	90.7979	0.0470
Line_179	0.5072	0.5072	0.5081	0.5640	90.0932	0.0922
Line_32	0.4968	0.4968	0.4968	0.5640	88.0871	0.0792
Line_145	0.4942	0.4943	0.4943	0.5640	87.6346	0.0269
Line_39	0.4917	0.4917	0.4917	0.5640	87.1821	0.0286
Line_5	0.4837	0.4837	0.4837	0.5640	85.7685	0.1910
Line_62	0.2844	0.2844	0.2844	0.3840	74.0573	0.0039
Line_167	0.2808	0.2808	0.2808	0.3840	73.1172	0.0826
Line_69	0.2804	0.2804	0.2804	0.3840	73.0155	0.0527
Line_143	0.2804	0.2804	0.2804	0.3840	73.0151	0.0238

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสพิกัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_9	0.2778	0.2778	0.2778	0.3840	72.3482	0.0025
Line_203	0.2738	0.2738	0.2738	0.3840	71.3054	0.0578
Line_110	0.1623	0.1624	0.1624	0.3840	42.2796	0.0270
Line_172	0.2320	0.2320	0.2320	0.5640	41.1327	0.0357
Line_159	0.2304	0.2304	0.2304	0.5640	40.8484	0.0281
Line_4	0.2304	0.2304	0.2304	0.5640	40.8483	0.0206
Line_138	0.2030	0.2030	0.2030	0.5640	35.9999	0.0269
Line_174	0.1950	0.1950	0.1950	0.5640	34.5808	0.0445
Line_52	0.1268	0.1268	0.1268	0.3840	33.0177	0.0273
Line_75	0.1790	0.1790	0.1790	0.5640	31.7424	0.0426
Line_205	0.1790	0.1790	0.1790	0.5640	31.7421	0.0229
Line_64	0.1750	0.1750	0.1750	0.5640	31.0333	0.0500
Line_182	0.1750	0.1750	0.1750	0.5640	31.0328	0.0022
Line_74	0.1710	0.1710	0.1710	0.5640	30.3240	0.0470
Line_207	0.1520	0.1520	0.1520	0.5640	26.9487	0.0736
Line_136	0.1457	0.1457	0.1457	0.5640	25.8256	0.0130
Line_14	0.0657	0.0657	0.0657	0.2580	25.4621	0.0138
Line_45	0.1419	0.1419	0.1419	0.5640	25.1634	0.0251
Line_206	0.1416	0.1416	0.1416	0.5640	25.1138	0.0053
Line_96	0.1376	0.1376	0.1376	0.5640	24.4026	0.0757
Line_157	0.1351	0.1351	0.1351	0.5640	23.9476	0.0756
Line_23	0.1285	0.1285	0.1285	0.5640	22.7819	0.1161
Line_150	0.1285	0.1285	0.1285	0.5640	22.7806	0.0209
Line_188	0.1155	0.1155	0.1155	0.5640	20.4799	0.0616
Line_82	0.1113	0.1113	0.1113	0.5640	19.7279	0.0684
Line_80	0.1087	0.1087	0.1087	0.5640	19.2713	0.0274
Line_95	0.0476	0.0476	0.0476	0.2580	18.4460	0.0465
Line_168	0.0390	0.0390	0.0390	0.2150	18.1356	0.0951
Line_117	0.0364	0.0364	0.0364	0.2150	16.9381	0.0923
Line_199	0.0436	0.0436	0.0436	0.2580	16.8863	0.0555
Line_193	0.0645	0.0645	0.0645	0.3840	16.7861	0.1301
Line_170	0.0338	0.0338	0.0338	0.2150	15.7391	0.0052
Line_34	0.0683	0.0683	0.0683	0.4380	15.5862	0.0424
Line_162	0.0395	0.0395	0.0395	0.2580	15.3257	0.0190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ตามการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_100	0.0657	0.0657	0.0657	0.4380	14.9981	0.0872
Line_97	0.0322	0.0322	0.0322	0.2150	14.9909	0.0127
Line_3	0.0383	0.0383	0.0383	0.2580	14.8541	0.0240
Line_149	0.0370	0.0370	0.0370	0.2580	14.3280	0.0742
Line_121	0.0795	0.0795	0.0795	0.5640	14.0904	0.0417
Line_180	0.0765	0.0765	0.0765	0.5640	13.5674	0.0606
Line_102	0.0754	0.0754	0.0754	0.5640	13.3768	0.0323
Line_8	0.0725	0.0725	0.0725	0.5640	12.8550	0.1332
Line_93	0.0282	0.0282	0.0282	0.2580	10.9229	0.0305
Line_20	0.0274	0.0274	0.0274	0.2580	10.6088	0.0444
Line_200	0.0262	0.0262	0.0262	0.2580	10.1738	0.0379
Line_71	0.0359	0.0359	0.0359	0.3840	9.3572	0.0192
Line_165	0.0191	0.0191	0.0191	0.2150	8.9004	0.0774
Line_144	0.0492	0.0492	0.0492	0.5640	8.7232	0.0427
Line_41	0.0322	0.0322	0.0322	0.3840	8.3936	0.0354
Line_33	0.0322	0.0322	0.0322	0.3840	8.3932	0.0148
Line_83	0.0320	0.0320	0.0320	0.3840	8.3390	0.1158
Line_194	0.0312	0.0312	0.0312	0.3840	8.1345	0.1045
Line_183	0.0457	0.0457	0.0457	0.5640	8.1091	0.0216
Line_169	0.0457	0.0457	0.0457	0.5640	8.1090	0.0237
Line_197	0.0200	0.0200	0.0200	0.2580	7.7360	0.0100
Line_115	0.0200	0.0200	0.0200	0.2580	7.7344	0.0495
Line_178	0.0198	0.0198	0.0198	0.2580	7.6790	0.1010
Line_57	0.0421	0.0421	0.0421	0.5640	7.4647	0.0184
Line_35	0.0272	0.0272	0.0272	0.3840	7.0866	0.0953
Line_40	0.0390	0.0390	0.0390	0.5640	6.9111	0.0121
Line_90	0.0390	0.0390	0.0390	0.5640	6.9111	0.0203
Line_15	0.0390	0.0390	0.0390	0.5640	6.9110	0.0442
Line_94	0.0177	0.0177	0.0177	0.2580	6.8656	0.0273
Line_76	0.0161	0.0161	0.0161	0.2580	6.2292	0.0245
Line_31	0.0161	0.0161	0.0161	0.2580	6.2288	0.0093
Line_59	0.0339	0.0339	0.0339	0.5640	6.0123	0.0215
Line_187	0.0151	0.0151	0.0151	0.2580	5.8461	0.0051
Line_108	0.0134	0.0134	0.0134	0.2580	5.1816	0.0496

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_11	0.0292	0.0292	0.0292	0.5640	5.1812	0.0177
Line_132	0.0121	0.0121	0.0121	0.2580	4.6813	0.0045
Line_24	0.0174	0.0174	0.0174	0.3840	4.5293	0.0486
Line_87	0.0104	0.0104	0.0114	0.2580	4.4059	0.0091
Line_61	0.0104	0.0104	0.0114	0.2580	4.4058	0.0067
Line_120	0.0112	0.0112	0.0112	0.2580	4.3476	0.0650
Line_114	0.0235	0.0235	0.0235	0.5640	4.1585	0.0240
Line_171	0.0158	0.0158	0.0158	0.3840	4.1100	0.0193
Line_55	0.0101	0.0101	0.0101	0.2580	3.9333	0.0273
Line_185	0.0101	0.0101	0.0101	0.2580	3.9322	0.0210
Line_156	0.0101	0.0101	0.0101	0.2580	3.9274	0.0632
Line_7	0.0098	0.0098	0.0098	0.2580	3.8068	0.0086
Line_153	0.0166	0.0166	0.0166	0.4380	3.7816	0.0144
Line_113	0.0097	0.0097	0.0097	0.2580	3.7437	0.0223
Line_42	0.0201	0.0201	0.0201	0.5640	3.5685	0.0425
Line_89	0.0136	0.0136	0.0136	0.3840	3.5501	0.0434
Line_118	0.0129	0.0129	0.0129	0.3840	3.3523	0.0175
Line_44	0.0129	0.0129	0.0129	0.3840	3.3521	0.0262
Line_184	0.0146	0.0146	0.0146	0.4380	3.3434	0.0746
Line_124	0.0146	0.0146	0.0146	0.4380	3.3429	0.0030
Line_190	0.0188	0.0188	0.0188	0.5640	3.3286	0.0072
Line_109	0.0080	0.0080	0.0080	0.2580	3.1197	0.0129
Line_98	0.0066	0.0066	0.0066	0.2150	3.0723	0.0231
Line_66	0.0116	0.0116	0.0116	0.3840	3.0326	0.1218
Line_201	0.0170	0.0170	0.0170	0.5640	3.0186	0.0275
Line_139	0.0113	0.0113	0.0113	0.3840	2.9331	0.0152
Line_56	0.0064	0.0064	0.0074	0.2580	2.8549	0.0092
Line_101	0.0161	0.0161	0.0161	0.5640	2.8548	0.0366
Line_10	0.0068	0.0068	0.0068	0.2580	2.6217	0.0042
Line_106	0.0068	0.0068	0.0068	0.2580	2.6197	0.0139
Line_46	0.0144	0.0144	0.0144	0.5640	2.5630	0.1267
Line_13	0.0066	0.0066	0.0066	0.2580	2.5564	0.0333
Line_58	0.0064	0.0064	0.0064	0.2580	2.4956	0.0922
Line_158	0.0064	0.0064	0.0064	0.2580	2.4955	0.0453

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นตามการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_198	0.0063	0.0063	0.0063	0.2580	2.4594	0.0361
Line_53	0.0106	0.0106	0.0106	0.4380	2.4249	0.0535
Line_163	0.0131	0.0131	0.0131	0.5640	2.3283	0.0096
Line_186	0.0131	0.0131	0.0131	0.5640	2.3282	0.0084
Line_135	0.0101	0.0101	0.0101	0.4380	2.3130	0.0118
Line_85	0.0056	0.0056	0.0056	0.2580	2.1836	0.0087
Line_88	0.0051	0.0051	0.0051	0.2580	1.9961	0.0138
Line_176	0.0051	0.0051	0.0051	0.2580	1.9667	0.0076
Line_63	0.0049	0.0049	0.0049	0.2580	1.8904	0.0228
Line_140	0.0049	0.0049	0.0049	0.2580	1.8902	0.0324
Line_18	0.0072	0.0072	0.0072	0.3840	1.8849	0.0556
Line_133	0.0040	0.0040	0.0040	0.2150	1.8737	0.0065
Line_175	0.0105	0.0105	0.0105	0.5640	1.8545	0.0115
Line_49	0.0104	0.0104	0.0104	0.5640	1.8498	0.0240
Line_189	0.0042	0.0042	0.0042	0.2580	1.6229	0.0266
Line_47	0.0042	0.0042	0.0042	0.2580	1.6224	0.0424
Line_131	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5608	0.0445
Line_104	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5605	0.0352
Line_36	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5604	0.0225
Line_105	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5602	0.0239
Line_77	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5599	0.0294
Line_37	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5597	0.0341
Line_151	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5593	0.0856
Line_155	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5587	0.0123
Line_141	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5577	0.0546
Line_27	0.0040	0.0040	0.0040	0.2580	1.5519	0.0180
Line_68	0.0039	0.0039	0.0039	0.2580	1.5003	0.0478
Line_50	0.0039	0.0039	0.0039	0.2580	1.5003	0.0557
Line_28	0.0083	0.0083	0.0083	0.5640	1.4790	0.0504
Line_134	0.0056	0.0056	0.0056	0.3840	1.4678	0.0856
Line_22	0.0056	0.0056	0.0056	0.3840	1.4661	0.0278
Line_160	0.0082	0.0082	0.0082	0.5640	1.4561	0.0665
Line_147	0.0080	0.0080	0.0080	0.5640	1.4279	0.0845
Line_119	0.0080	0.0080	0.0080	0.5640	1.4271	0.0776

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_154	0.0080	0.0080	0.0080	0.5640	1.4251	0.0228
Line_30	0.0026	0.0026	0.0026	0.2150	1.1992	0.0195
Line_99	0.0040	0.0040	0.0040	0.3840	1.0487	0.0539
Line_161	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9993	0.0110
Line_60	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9990	0.0161
Line_19	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9987	0.0311
Line_43	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9986	0.0607
Line_164	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9981	0.0170
Line_86	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9977	0.0101
Line_81	0.0026	0.0026	0.0026	0.2580	0.9975	0.0512
Line_166	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9359	0.0423
Line_70	0.0026	0.0026	0.0026	0.3840	0.6707	0.0675
Line_142	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6245	0.0379
Line_2	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6244	0.0164
Line_79	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6243	0.0242
Line_196	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6242	0.0220
Line_125	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6239	0.0106
Line_6	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6239	0.0188
Line_137	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6238	0.0057
Line_1	0.0016	0.0016	0.0016	0.2580	0.6236	0.0354
Line_78	0.0026	0.0026	0.0026	0.5640	0.4566	0.0276
Line_54	0.0026	0.0026	0.0026	0.5640	0.4560	0.0075
Line_84	0.0024	0.0024	0.0024	0.5640	0.4252	0.2658
Line_177	0.0016	0.0016	0.0016	0.3840	0.4184	0.0567
Line_25	0.0000	0.0000	0.0010	0.2580	0.3726	0.0500
Line_195	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0058	0.3314
Line_152	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0042	0.3905
Line_128	0.0000	0.0000	0.0000	0.3840	0.0020	0.0793
Line_181	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0013	0.0656
Line_146	0.0000	0.0000	0.0000	0.4380	0.0013	0.0595
Line_48	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0010	0.0566
Line_51	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0009	0.0451
Line_202	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0008	0.0442
Line_12	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0007	0.0210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_73	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0006	0.0177
Line_122	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0003	0.0106
Line_92	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0003	0.0165
Line_192	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0003	0.0185
Line_103	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0002	0.0214
Line_72	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0002	0.0086
Line_26	0.0000	0.0000	0.0000	0.3840	0.0001	0.0033
Line_126	0.0000	0.0000	0.0000	0.4380	0.0001	0.0031

ตารางที่ ข-3 ขนาดแรงดันในแต่ละบัสบาร์ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เมื่อจ่ายแรงดัน 1.05 pu

บัสบาร์	ขนาด แรงดัน L-L (kV)	ขนาด แรงดัน เฉลี่ย (kV)	ขนาด แรงดัน เฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดัน เฟส A (kV)	ขนาดแรงดัน เฟส B (kV)	ขนาดแรงดัน เฟส C (kV)
PKA04N272	22	12.1080	0.9533	12.1089	12.1085	12.1067
PKA04N179	22	12.0999	0.9526	12.1007	12.1004	12.0985
PKA04N179n	22	12.0999	0.9526	12.1007	12.1004	12.0985
PKA04N30	22	12.0902	0.9519	12.0911	12.0907	12.0888
PKA04N182	22	12.0897	0.9518	12.0906	12.0902	12.0883
PKA04N182n	22	12.0897	0.9518	12.0906	12.0902	12.0883
PKA04N103	22	12.0872	0.9516	12.0881	12.0877	12.0858
PKA04N183	22	12.0871	0.9516	12.0880	12.0876	12.0857
PKA04N183n	22	12.0871	0.9516	12.0880	12.0876	12.0857
PKA04N84	22	12.0871	0.9516	12.0880	12.0876	12.0857
PKA04N150	22	12.0871	0.9516	12.0879	12.0876	12.0857
PKA04N104	22	12.0867	0.9516	12.0876	12.0872	12.0854
PKA04N159	22	12.0867	0.9516	12.0875	12.0872	12.0853
PKA04N139	22	12.0866	0.9516	12.0875	12.0871	12.0852
PKA04N139n	22	12.0866	0.9516	12.0875	12.0871	12.0852
PKA04N105	22	12.0863	0.9515	12.0872	12.0868	12.0849
PKA04N164	22	12.0862	0.9515	12.0871	12.0867	12.0849
PKA04N167	22	12.0860	0.9515	12.0869	12.0865	12.0846
PKA04N293	22	11.8121	0.9300	11.8137	11.8126	11.8100
PKA04N46	22	11.8121	0.9300	11.8137	11.8126	11.8100
PKA04N188	22	11.3328	0.8922	11.3362	11.3330	11.3292

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเมื่อการตีพิมพ์เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N188n	22	11.3328	0.8922	11.3362	11.3330	11.3292
PKA04N226n	22	11.2976	0.8895	11.3012	11.2978	11.2940
PKA04N42	22	11.2976	0.8895	11.3012	11.2978	11.2940
PKA04N14	22	11.2833	0.8883	11.2868	11.2834	11.2795
PKA04N176	22	11.2720	0.8874	11.2756	11.2721	11.2682
PKA04N176n	22	11.2720	0.8874	11.2756	11.2721	11.2682
PKA04N93	22	11.2440	0.8852	11.2477	11.2441	11.2401
PKA04N136	22	11.2439	0.8852	11.2476	11.2440	11.2401
PKA04N75	22	11.2221	0.8835	11.2259	11.2222	11.2182
PKA04N163	22	11.2220	0.8835	11.2258	11.2221	11.2181
PKA04N163n	22	11.2220	0.8835	11.2258	11.2221	11.2181
PKA04N12	22	11.2219	0.8835	11.2257	11.2220	11.2179
PKA04N6	22	11.2215	0.8835	11.2254	11.2216	11.2176
PKA04N67	22	11.2037	0.8821	11.2075	11.2038	11.1998
PKA04N41	22	11.1975	0.8816	11.2013	11.1976	11.1936
PKA04N8	22	11.1909	0.8811	11.1947	11.1910	11.1870
PKA04N59	22	11.1479	0.8777	11.1517	11.1480	11.1440
PKA04N114	22	11.1453	0.8775	11.1491	11.1454	11.1414
PKA04N115	22	11.1408	0.8771	11.1446	11.1409	11.1369
PKA04N116	22	11.1368	0.8768	11.1406	11.1368	11.1329
PKA04N144	22	11.1366	0.8768	11.1404	11.1366	11.1327
PKA04N144n	22	11.1366	0.8768	11.1404	11.1366	11.1327
PKA04N171	22	11.1360	0.8767	11.1398	11.1361	11.1321
PKA04N170	22	11.1348	0.8766	11.1386	11.1349	11.1309
PKA04N170n	22	11.1348	0.8766	11.1386	11.1349	11.1309
PKA04N58	22	11.1313	0.8764	11.1351	11.1314	11.1274
PKA04N78	22	11.1313	0.8764	11.1351	11.1314	11.1274
PKA04N279n	22	11.1311	0.8763	11.1349	11.1312	11.1272
PKA04N79	22	11.1311	0.8763	11.1349	11.1312	11.1272
PKA04N39	22	11.1305	0.8763	11.1343	11.1306	11.1266
PKA04N166	22	11.1302	0.8763	11.1340	11.1303	11.1263
PKA04N9	22	11.1270	0.8760	11.1308	11.1271	11.1231
PKA04N168n	22	11.1256	0.8759	11.1294	11.1257	11.1217
PKA04N168	22	11.1256	0.8759	11.1294	11.1257	11.1217

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N123	22	11.1232	0.8757	11.1271	11.1233	11.1194
PKA04N56	22	11.1212	0.8756	11.1250	11.1213	11.1173
PKA04N48	22	11.1210	0.8756	11.1248	11.1211	11.1171
PKA04N156	22	11.1209	0.8755	11.1247	11.1210	11.1170
PKA04N124	22	11.1181	0.8753	11.1219	11.1182	11.1142
PKA04N192	22	11.1172	0.8753	11.1210	11.1173	11.1133
PKA04N35	22	11.1164	0.8752	11.1202	11.1165	11.1125
PKA04N120	22	11.1155	0.8751	11.1193	11.1156	11.1116
PKA04N121	22	11.1152	0.8751	11.1190	11.1152	11.1113
PKA04N10	22	11.1149	0.8751	11.1187	11.1149	11.1110
PKA04N174	22	11.1147	0.8751	11.1185	11.1148	11.1108
PKA04N140	22	11.1143	0.8750	11.1181	11.1144	11.1104
PKA04N49	22	11.1102	0.8747	11.1140	11.1103	11.1063
PKA04N126	22	11.1102	0.8747	11.1140	11.1102	11.1063
PKA04N45	22	11.1051	0.8743	11.1089	11.1052	11.1012
PKA04N191	22	11.1047	0.8743	11.1085	11.1048	11.1008
PKA04N186	22	11.1041	0.8742	11.1079	11.1041	11.1002
PKA04N44	22	11.1041	0.8742	11.1079	11.1041	11.1002
PKA04N112	22	11.1029	0.8741	11.1067	11.1029	11.0990
PKA04N61	22	11.1018	0.8740	11.1056	11.1019	11.0979
PKA04N194	22	11.1012	0.8740	11.1050	11.1013	11.0973
PKA04N80	22	11.1006	0.8739	11.1044	11.1007	11.0968
PKA04N47	22	11.1005	0.8739	11.1043	11.1006	11.0966
PKA04N119	22	11.1004	0.8739	11.1042	11.1005	11.0965
PKA04N146	22	11.1003	0.8739	11.1041	11.1004	11.0964
PKA04N134	22	11.0997	0.8739	11.1035	11.0997	11.0958
PKA04N149n	22	11.0992	0.8738	11.1030	11.0993	11.0953
PKA04N149	22	11.0992	0.8738	11.1030	11.0993	11.0953
PKA04N5	22	11.0990	0.8738	11.1028	11.0991	11.0951
PKA04N70	22	11.0986	0.8738	11.1024	11.0987	11.0947
PKA04N267	22	11.0984	0.8738	11.1022	11.0985	11.0945
PKA04N69	22	11.0984	0.8738	11.1022	11.0985	11.0945
PKA04N66	22	11.0983	0.8738	11.1021	11.0984	11.0944
PKA04N128	22	11.0983	0.8738	11.1021	11.0983	11.0944

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือประนีประนอมดำเนินการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N147	22	11.0982	0.8738	11.1021	11.0983	11.0944
PKA04N135	22	11.0981	0.8737	11.1019	11.0982	11.0942
PKA04N109	22	11.0979	0.8737	11.1017	11.0979	11.0940
PKA04N118	22	11.0972	0.8737	11.1010	11.0973	11.0933
PKA04N315	22	11.0972	0.8737	11.1010	11.0973	11.0933
PKA04N111	22	11.0972	0.8737	11.1010	11.0973	11.0933
PKA04N172	22	11.0972	0.8737	11.1010	11.0973	11.0933
PKA04N161	22	11.0971	0.8737	11.1009	11.0972	11.0932
PKA04N52	22	11.0970	0.8737	11.1008	11.0971	11.0931
PKA04N89	22	11.0970	0.8737	11.1008	11.0970	11.0931
PKA04N90	22	11.0969	0.8737	11.1007	11.0970	11.0930
PKA04N148	22	11.0969	0.8737	11.1007	11.0970	11.0930
PKA04N185	22	11.0969	0.8737	11.1007	11.0970	11.0930
PKA04N185n	22	11.0969	0.8737	11.1007	11.0970	11.0930
PKA04N110	22	11.0968	0.8736	11.1006	11.0969	11.0930
PKA04N3	22	11.0959	0.8736	11.0997	11.0960	11.0921
PKA04N20	22	11.0958	0.8736	11.0996	11.0959	11.0919
PKA04N25	22	11.0957	0.8736	11.0995	11.0958	11.0918
PKA04N127	22	11.0957	0.8736	11.0995	11.0958	11.0918
PKA04N127n	22	11.0957	0.8736	11.0995	11.0958	11.0918
PKA04N169	22	11.0957	0.8736	11.0995	11.0958	11.0918
PKA04N173	22	11.0957	0.8736	11.0995	11.0958	11.0918
PKA04N175	22	11.0956	0.8736	11.0994	11.0957	11.0917
PKA04N310	22	11.0954	0.8735	11.0992	11.0955	11.0915
PKA04N100	22	11.0954	0.8735	11.0992	11.0955	11.0915
PKA04N57	22	11.0953	0.8735	11.0991	11.0954	11.0914
PKA04N165	22	11.0953	0.8735	11.0991	11.0954	11.0914
PKA04N18	22	11.0926	0.8733	11.0964	11.0927	11.0887
PKA04N68	22	11.0922	0.8733	11.0960	11.0923	11.0883
PKA04N181	22	11.0920	0.8733	11.0958	11.0921	11.0882
PKA04N26	22	11.0909	0.8732	11.0947	11.0910	11.0870
PKA04N51	22	11.0906	0.8732	11.0944	11.0907	11.0867
PKA04N17	22	11.0903	0.8731	11.0941	11.0904	11.0864
PKA04N72	22	11.0901	0.8731	11.0939	11.0902	11.0862

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N131	22	11.0900	0.8731	11.0938	11.0901	11.0861
PKA04N133	22	11.0897	0.8731	11.0936	11.0898	11.0859
PKA04N27	22	11.0890	0.8730	11.0928	11.0891	11.0851
PKA04N21	22	11.0889	0.8730	11.0927	11.0890	11.0850
PKA04N1	22	11.0887	0.8730	11.0925	11.0888	11.0848
PKA04N91	22	11.0884	0.8730	11.0922	11.0885	11.0845
PKA04N108	22	11.0876	0.8729	11.0914	11.0876	11.0837
PKA04N29	22	11.0875	0.8729	11.0913	11.0876	11.0836
PKA04N22	22	11.0873	0.8729	11.0911	11.0874	11.0834
PKA04N184n	22	11.0872	0.8729	11.0910	11.0873	11.0834
PKA04N23	22	11.0870	0.8729	11.0908	11.0871	11.0831
PKA04N250	22	11.0870	0.8729	11.0908	11.0871	11.0831
PKA04N36	22	11.0870	0.8729	11.0908	11.0871	11.0831
PKA04N189n	22	11.0870	0.8729	11.0908	11.0870	11.0831
PKA04N189	22	11.0870	0.8729	11.0908	11.0870	11.0831
PKA04N82	22	11.0870	0.8729	11.0908	11.0870	11.0831
PKA04N145	22	11.0869	0.8729	11.0907	11.0869	11.0830
PKA04N177	22	11.0867	0.8729	11.0905	11.0868	11.0828
PKA04N15	22	11.0867	0.8729	11.0905	11.0868	11.0828
PKA04N122	22	11.0864	0.8728	11.0902	11.0865	11.0825
PKA04N40	22	11.0864	0.8728	11.0902	11.0864	11.0825
PKA04N33	22	11.0863	0.8728	11.0901	11.0864	11.0825
PKA04N101	22	11.0863	0.8728	11.0901	11.0864	11.0824
PKA04N85	22	11.0862	0.8728	11.0901	11.0863	11.0824
PKA04N142	22	11.0862	0.8728	11.0900	11.0863	11.0823
PKA04N31	22	11.0860	0.8728	11.0898	11.0861	11.0821
PKA04N13	22	11.0859	0.8728	11.0897	11.0860	11.0820
PKA04N7	22	11.0858	0.8728	11.0896	11.0859	11.0819
PKA04N241	22	11.0857	0.8728	11.0895	11.0858	11.0819
PKA04N24	22	11.0857	0.8728	11.0895	11.0858	11.0819
PKA04N154	22	11.0855	0.8728	11.0893	11.0856	11.0816
PKA04N99	22	11.0854	0.8728	11.0892	11.0855	11.0815
PKA04N37	22	11.0853	0.8727	11.0891	11.0854	11.0815
PKA04N4	22	11.0852	0.8727	11.0890	11.0853	11.0813

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ตามการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N94	22	11.0852	0.8727	11.0890	11.0853	11.0813
PKA04N137	22	11.0851	0.8727	11.0889	11.0852	11.0812
PKA04N55	22	11.0851	0.8727	11.0889	11.0852	11.0812
PKA04N73	22	11.0848	0.8727	11.0886	11.0849	11.0810
PKA04N186n	22	11.0848	0.8727	11.0886	11.0849	11.0809
PKA04N187	22	11.0848	0.8727	11.0886	11.0849	11.0809
PKA04N98	22	11.0848	0.8727	11.0886	11.0849	11.0809
PKA04N151	22	11.0847	0.8727	11.0885	11.0848	11.0808
PKA04N117	22	11.0829	0.8726	11.0868	11.0830	11.0791
PKA04N86	22	11.0828	0.8725	11.0866	11.0828	11.0789
PKA04N2	22	11.0810	0.8724	11.0848	11.0811	11.0771
PKA04N16	22	11.0809	0.8724	11.0847	11.0810	11.0770
PKA04N11	22	11.0808	0.8724	11.0846	11.0809	11.0769
PKA04N138	22	11.0808	0.8724	11.0846	11.0809	11.0769
PKA04N160	22	11.0807	0.8724	11.0845	11.0808	11.0768
PKA04N32	22	11.0807	0.8724	11.0845	11.0808	11.0768
PKA04N155	22	11.0805	0.8724	11.0843	11.0806	11.0766
PKA04N64	22	11.0803	0.8724	11.0841	11.0804	11.0765
PKA04N304	22	11.0803	0.8723	11.0841	11.0804	11.0764
PKA04N77	22	11.0803	0.8723	11.0841	11.0804	11.0764
PKA04N107	22	11.0802	0.8723	11.0840	11.0803	11.0764
PKA04N65	22	11.0801	0.8723	11.0839	11.0802	11.0762
PKA04N34	22	11.0799	0.8723	11.0837	11.0800	11.0760
PKA04N71	22	11.0798	0.8723	11.0836	11.0799	11.0759
PKA04N153	22	11.0797	0.8723	11.0835	11.0798	11.0759
PKA04N178	22	11.0797	0.8723	11.0835	11.0798	11.0759
PKA04N53	22	11.0792	0.8723	11.0831	11.0793	11.0754
PKA04N60	22	11.0775	0.8721	11.0813	11.0776	11.0737
PKA04N157	22	11.0775	0.8721	11.0813	11.0776	11.0736
PKA04N96	22	11.0757	0.8720	11.0795	11.0758	11.0718
PKA04N43	22	11.0756	0.8720	11.0794	11.0757	11.0717
PKA04N132	22	11.0754	0.8720	11.0792	11.0755	11.0715
PKA04N308	22	11.0754	0.8720	11.0792	11.0755	11.0715
PKA04N95	22	11.0754	0.8720	11.0792	11.0755	11.0715

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยูเอชเห็นไปใช้ประโยชน์ตามการก้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

บัสบาร์	ขนาดแรงดัน L-L (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (kV)	ขนาดแรงดันเฉลี่ย (p.u.)	ขนาดแรงดันเฟส A (kV)	ขนาดแรงดันเฟส B (kV)	ขนาดแรงดันเฟส C (kV)
PKA04N62	22	11.0728	0.8718	11.0766	11.0729	11.0689
PKA04N63	22	11.0726	0.8717	11.0764	11.0727	11.0687
PKA04N180	22	11.0725	0.8717	11.0763	11.0726	11.0687
PKA04N83	22	11.0717	0.8717	11.0755	11.0717	11.0678
PKA04N193	22	11.0716	0.8717	11.0754	11.0717	11.0677
PKA04N193n	22	11.0716	0.8717	11.0754	11.0717	11.0677
PKA04N162	22	11.0715	0.8717	11.0753	11.0716	11.0677
PKA04N74	22	11.0714	0.8716	11.0752	11.0715	11.0675
PKA04N19	22	11.0705	0.8716	11.0743	11.0706	11.0666
PKA04N87	22	11.0705	0.8716	11.0743	11.0706	11.0666
PKA04N158	22	11.0704	0.8716	11.0742	11.0705	11.0666
PKA04N88	22	11.0703	0.8716	11.0741	11.0704	11.0664
PKA04N92	22	11.0703	0.8716	11.0741	11.0704	11.0664
PKA04N143	22	11.0703	0.8716	11.0741	11.0703	11.0664
PKA04N282	22	11.0703	0.8716	11.0741	11.0703	11.0664
PKA04N28	22	11.0703	0.8716	11.0741	11.0703	11.0664
PKA04N129	22	11.0700	0.8715	11.0738	11.0701	11.0661
PKA04N97	22	11.0693	0.8715	11.0731	11.0694	11.0654
PKA04N38	22	11.0689	0.8715	11.0727	11.0690	11.0650
PKA04N152	22	11.0686	0.8714	11.0724	11.0687	11.0647
PKA04N102	22	11.0677	0.8714	11.0716	11.0678	11.0639

ตารางที่ ข-4 ขนาดกระแสในแต่ละสายจำหน่ายเหนือดินที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เมื่อจ่ายแรงดัน 1.05 pu

สายจำหน่าย	ขนาดกระแสเฟส A (kA)	ขนาดกระแสเฟส B (kA)	ขนาดกระแสเฟส C (kA)	ขนาดกระแสพิกัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาวสาย (km)
Line_127	0.7950	0.7950	0.7965	0.5640	141.2185	0.0326
Line_107	0.7950	0.7950	0.7965	0.5640	141.2184	0.0274
Line_16	0.7667	0.7667	0.7681	0.5640	136.1947	0.0597
Line_148	0.7667	0.7667	0.7681	0.5640	136.1941	0.1458
Line_130	0.7666	0.7666	0.7681	0.5640	136.1934	1.9720
Line_67	0.7666	0.7666	0.7680	0.5640	136.1820	0.9761

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_191	0.7629	0.7629	0.7644	0.5640	135.5275	0.1170
Line_91	0.7629	0.7629	0.7644	0.5640	135.5269	0.0470
Line_179	0.7570	0.7570	0.7585	0.5640	134.4809	0.0922
Line_32	0.7416	0.7416	0.7417	0.5640	131.5025	0.0792
Line_145	0.7378	0.7379	0.7379	0.5640	130.8303	0.0269
Line_39	0.7340	0.7341	0.7341	0.5640	130.1578	0.0286
Line_5	0.7222	0.7222	0.7222	0.5640	128.0558	0.1910
Line_62	0.4248	0.4248	0.4248	0.3840	110.6235	0.0039
Line_167	0.4193	0.4193	0.4193	0.3840	109.2011	0.0826
Line_69	0.4188	0.4188	0.4188	0.3840	109.0699	0.0527
Line_143	0.4188	0.4188	0.4188	0.3840	109.0697	0.0238
Line_9	0.4150	0.4150	0.4150	0.3840	108.0742	0.0025
Line_203	0.4090	0.4090	0.4090	0.3840	106.5184	0.0578
Line_110	0.2426	0.2426	0.2426	0.3840	63.1773	0.0270
Line_172	0.3466	0.3466	0.3466	0.5640	61.4562	0.0357
Line_159	0.3442	0.3442	0.3442	0.5640	61.0315	0.0281
Line_4	0.3442	0.3442	0.3442	0.5640	61.0314	0.0206
Line_138	0.3030	0.3030	0.3030	0.5640	53.7254	0.0269
Line_204	0.2970	0.2970	0.2970	0.5640	52.6684	0.0480
Line_52	0.1895	0.1895	0.1895	0.3840	49.3486	0.0273
Line_205	0.2672	0.2672	0.2672	0.5640	47.3811	0.0229
Line_64	0.2613	0.2613	0.2613	0.5640	46.3241	0.0500
Line_182	0.2613	0.2613	0.2613	0.5640	46.3238	0.0022
Line_74	0.2553	0.2553	0.2553	0.5640	45.2666	0.0470
Line_173	0.2426	0.2426	0.2426	0.5640	43.0143	0.0017
Line_207	0.2269	0.2269	0.2269	0.5640	40.2330	0.0736
Line_136	0.2175	0.2175	0.2175	0.5640	38.5700	0.0130
Line_14	0.0981	0.0981	0.0981	0.2580	38.0324	0.0138
Line_45	0.2119	0.2119	0.2119	0.5640	37.5701	0.0251
Line_206	0.2115	0.2115	0.2115	0.5640	37.5083	0.0053
Line_96	0.2055	0.2056	0.2056	0.5640	36.4470	0.0757
Line_157	0.2017	0.2017	0.2017	0.5640	35.7677	0.0756
Line_23	0.1919	0.1919	0.1919	0.5640	34.0267	0.1161
Line_150	0.1919	0.1919	0.1919	0.5640	34.0258	0.0209

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่สัญญาใด ๆ ให้ใช้ประโยชน์ตามการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสพิกัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_188	0.1727	0.1727	0.1727	0.5640	30.6184	0.0616
Line_82	0.1662	0.1662	0.1662	0.5640	29.4757	0.0684
Line_80	0.1624	0.1624	0.1624	0.5640	28.7939	0.0274
Line_95	0.0711	0.0711	0.0711	0.2580	27.5744	0.0465
Line_168	0.0583	0.0583	0.0583	0.2150	27.1131	0.0951
Line_117	0.0544	0.0544	0.0544	0.2150	25.3227	0.0923
Line_199	0.0651	0.0651	0.0651	0.2580	25.2438	0.0555
Line_193	0.0964	0.0964	0.0964	0.3840	25.0931	0.1301
Line_170	0.0506	0.0506	0.0506	0.2150	23.5306	0.0052
Line_34	0.1020	0.1020	0.1020	0.4380	23.2808	0.0424
Line_162	0.0591	0.0591	0.0591	0.2580	22.9121	0.0190
Line_97	0.0482	0.0482	0.0482	0.2150	22.4113	0.0872
Line_100	0.0981	0.0981	0.0981	0.4380	22.4026	0.0127
Line_3	0.0572	0.0572	0.0572	0.2580	22.1866	0.0240
Line_149	0.0553	0.0553	0.0553	0.2580	21.4203	0.0742
Line_121	0.1188	0.1188	0.1188	0.5640	21.0568	0.0417
Line_180	0.1144	0.1144	0.1144	0.5640	20.2834	0.0606
Line_102	0.1127	0.1127	0.1127	0.5640	19.9910	0.0323
Line_8	0.1084	0.1084	0.1084	0.5640	19.2177	0.1332
Line_93	0.0421	0.0421	0.0421	0.2580	16.3144	0.0305
Line_20	0.0409	0.0409	0.0409	0.2580	15.8464	0.0444
Line_71	0.0537	0.0537	0.0537	0.3840	13.9731	0.0192
Line_129	0.0529	0.0529	0.0529	0.3840	13.7835	0.0215
Line_165	0.0285	0.0285	0.0285	0.2150	13.2709	0.0774
Line_144	0.0735	0.0735	0.0735	0.5640	13.0401	0.0427
Line_41	0.0482	0.0482	0.0482	0.3840	12.5482	0.0354
Line_33	0.0482	0.0482	0.0482	0.3840	12.5468	0.0148
Line_83	0.0478	0.0478	0.0478	0.3840	12.4526	0.1158
Line_194	0.0467	0.0467	0.0467	0.3840	12.1557	0.1045
Line_183	0.0683	0.0683	0.0683	0.5640	12.1134	0.0216
Line_169	0.0683	0.0683	0.0683	0.5640	12.1133	0.0237
Line_178	0.0296	0.0296	0.0296	0.2580	11.4809	0.0100
Line_57	0.0628	0.0628	0.0628	0.5640	11.1410	0.0495
Line_197	0.0284	0.0284	0.0284	0.2580	11.0272	0.1010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_115	0.0284	0.0284	0.0284	0.2580	11.0260	0.0184
Line_35	0.0407	0.0407	0.0407	0.3840	10.5897	0.0953
Line_40	0.0582	0.0582	0.0582	0.5640	10.3250	0.0121
Line_90	0.0582	0.0582	0.0582	0.5640	10.3249	0.0203
Line_15	0.0582	0.0582	0.0582	0.5640	10.3248	0.0442
Line_94	0.0265	0.0265	0.0265	0.2580	10.2543	0.0273
Line_76	0.0239	0.0239	0.0239	0.2580	9.2809	0.0245
Line_31	0.0239	0.0239	0.0239	0.2580	9.2806	0.0093
Line_59	0.0507	0.0507	0.0507	0.5640	8.9832	0.0215
Line_187	0.0215	0.0215	0.0215	0.2580	8.3339	0.0051
Line_108	0.0200	0.0200	0.0200	0.2580	7.7474	0.0496
Line_11	0.0436	0.0436	0.0436	0.5640	7.7373	0.0177
Line_132	0.0180	0.0180	0.0180	0.2580	6.9919	0.0045
Line_24	0.0260	0.0260	0.0260	0.3840	6.7680	0.0486
Line_87	0.0154	0.0154	0.0169	0.2580	6.5383	0.0091
Line_61	0.0154	0.0154	0.0169	0.2580	6.5382	0.0067
Line_114	0.0350	0.0351	0.0351	0.5640	6.2150	0.0650
Line_120	0.0160	0.0160	0.0160	0.2580	6.1974	0.0240
Line_171	0.0236	0.0236	0.0236	0.3840	6.1414	0.0193
Line_29	0.0152	0.0152	0.0152	0.2580	5.8732	0.0169
Line_185	0.0152	0.0152	0.0152	0.2580	5.8729	0.0210
Line_123	0.0152	0.0152	0.0152	0.2580	5.8727	0.0179
Line_7	0.0147	0.0147	0.0147	0.2580	5.6886	0.0086
Line_153	0.0247	0.0247	0.0247	0.4380	5.6384	0.0144
Line_113	0.0144	0.0144	0.0144	0.2580	5.5924	0.0223
Line_42	0.0301	0.0301	0.0301	0.5640	5.3289	0.0425
Line_89	0.0204	0.0204	0.0204	0.3840	5.3056	0.0434
Line_118	0.0192	0.0192	0.0192	0.3840	5.0096	0.0175
Line_44	0.0192	0.0192	0.0192	0.3840	5.0094	0.0262
Line_184	0.0219	0.0219	0.0219	0.4380	4.9922	0.0746
Line_124	0.0219	0.0219	0.0219	0.4380	4.9919	0.0030
Line_190	0.0280	0.0280	0.0280	0.5640	4.9681	0.0072
Line_109	0.0120	0.0120	0.0120	0.2580	4.6573	0.0129
Line_98	0.0099	0.0099	0.0099	0.2150	4.5930	0.0231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขปรับปรุงเนื้อหาตามการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสพิกัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_66	0.0174	0.0174	0.0174	0.3840	4.5359	0.0275
Line_201	0.0254	0.0254	0.0254	0.5640	4.5120	0.1218
Line_139	0.0168	0.0168	0.0168	0.3840	4.3833	0.0152
Line_101	0.0240	0.0240	0.0240	0.5640	4.2631	0.0092
Line_56	0.0095	0.0095	0.0109	0.2580	4.2364	0.0366
Line_10	0.0101	0.0101	0.0101	0.2580	3.9201	0.0042
Line_106	0.0101	0.0101	0.0101	0.2580	3.9103	0.0139
Line_46	0.0216	0.0216	0.0216	0.5640	3.8310	0.1267
Line_13	0.0098	0.0098	0.0098	0.2580	3.8153	0.0333
Line_58	0.0096	0.0096	0.0096	0.2580	3.7254	0.0922
Line_158	0.0096	0.0096	0.0096	0.2580	3.7251	0.0453
Line_53	0.0159	0.0159	0.0159	0.4380	3.6207	0.0361
Line_198	0.0090	0.0090	0.0090	0.2580	3.5053	0.0535
Line_163	0.0196	0.0196	0.0196	0.5640	3.4802	0.0096
Line_186	0.0196	0.0196	0.0196	0.5640	3.4801	0.0084
Line_135	0.0151	0.0151	0.0151	0.4380	3.4488	0.0118
Line_85	0.0084	0.0084	0.0084	0.2580	3.2636	0.0087
Line_88	0.0077	0.0077	0.0077	0.2580	2.9793	0.0138
Line_176	0.0076	0.0076	0.0076	0.2580	2.9384	0.0076
Line_133	0.0060	0.0060	0.0060	0.2150	2.8009	0.0522
Line_175	0.0156	0.0156	0.0156	0.5640	2.7686	0.0324
Line_49	0.0156	0.0156	0.0156	0.5640	2.7661	0.0396
Line_63	0.0069	0.0069	0.0069	0.2580	2.6937	0.0556
Line_140	0.0069	0.0069	0.0069	0.2580	2.6934	0.0115
Line_21	0.0069	0.0069	0.0069	0.2580	2.6930	0.0240
Line_189	0.0063	0.0063	0.0063	0.2580	2.4267	0.0266
Line_47	0.0063	0.0063	0.0063	0.2580	2.4238	0.0424
Line_131	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3319	0.0445
Line_105	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3315	0.0352
Line_77	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3313	0.0225
Line_104	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3310	0.0239
Line_36	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3305	0.0294
Line_37	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3281	0.0341
Line_151	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3268	0.0856

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือขึ้นต้นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟีกัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_155	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3248	0.0123
Line_141	0.0060	0.0060	0.0060	0.2580	2.3214	0.0546
Line_27	0.0059	0.0059	0.0059	0.2580	2.3025	0.0180
Line_28	0.0125	0.0125	0.0125	0.5640	2.2219	0.0504
Line_160	0.0124	0.0124	0.0124	0.5640	2.1940	0.0776
Line_134	0.0084	0.0084	0.0084	0.3840	2.1933	0.0478
Line_22	0.0084	0.0084	0.0084	0.3840	2.1914	0.0557
Line_154	0.0121	0.0121	0.0121	0.5640	2.1444	0.0228
Line_68	0.0055	0.0055	0.0055	0.2580	2.1379	0.0665
Line_50	0.0055	0.0055	0.0055	0.2580	2.1377	0.0845
Line_147	0.0120	0.0120	0.0120	0.5640	2.1342	0.0856
Line_119	0.0120	0.0120	0.0120	0.5640	2.1305	0.0278
Line_30	0.0039	0.0039	0.0039	0.2150	1.7925	0.0195
Line_99	0.0060	0.0060	0.0060	0.3840	1.5668	0.0539
Line_161	0.0039	0.0039	0.0039	0.2580	1.4937	0.0110
Line_60	0.0039	0.0039	0.0039	0.2580	1.4928	0.0161
Line_19	0.0038	0.0038	0.0038	0.2580	1.4918	0.0311
Line_43	0.0038	0.0038	0.0038	0.2580	1.4916	0.0607
Line_38	0.0038	0.0038	0.0038	0.2580	1.4902	0.0303
Line_86	0.0038	0.0038	0.0038	0.2580	1.4884	0.0101
Line_81	0.0038	0.0038	0.0038	0.2580	1.4878	0.0512
Line_166	0.0036	0.0036	0.0036	0.2580	1.3972	0.0423
Line_17	0.0059	0.0059	0.0059	0.4380	1.3536	0.0244
Line_70	0.0038	0.0038	0.0038	0.3840	1.0013	0.0675
Line_142	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9334	0.0164
Line_79	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9327	0.0242
Line_196	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9322	0.0220
Line_137	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9320	0.0106
Line_1	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9318	0.0188
Line_125	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9315	0.0057
Line_6	0.0024	0.0024	0.0024	0.2580	0.9312	0.0354
Line_78	0.0038	0.0038	0.0038	0.5640	0.6817	0.0276
Line_54	0.0038	0.0038	0.0038	0.5640	0.6813	0.0075
Line_84	0.0036	0.0036	0.0036	0.5640	0.6372	0.2658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

สาย จำหน่าย	ขนาดกระแส เฟส A (kA)	ขนาดกระแส เฟส B (kA)	ขนาดกระแส เฟส C (kA)	ขนาด กระแสฟักัด (kA)	Max. Loading (%)	ความยาว สาย (km)
Line_177	0.0024	0.0024	0.0024	0.3840	0.6258	0.0567
Line_25	0.0000	0.0000	0.0014	0.2580	0.5528	0.0500
Line_195	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0039	0.3314
Line_152	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0029	0.3905
Line_128	0.0000	0.0000	0.0000	0.3840	0.0013	0.0793
Line_181	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0009	0.0656
Line_146	0.0000	0.0000	0.0000	0.4380	0.0008	0.0595
Line_48	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0007	0.0566
Line_51	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0006	0.0451
Line_202	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0005	0.0442
Line_12	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0005	0.0210
Line_112	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0005	0.0343
Line_73	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0004	0.0177
Line_122	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0002	0.0106
Line_92	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0002	0.0165
Line_192	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0002	0.0185
Line_65	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0002	0.0151
Line_103	0.0000	0.0000	0.0000	0.5640	0.0001	0.0214
Line_72	0.0000	0.0000	0.0000	0.2580	0.0001	0.0086
Line_126	0.0000	0.0000	0.0000	0.4380	0.0000	0.0031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดันและเงื่อนไขต่าง ๆ

		DigSILENT	Project:
		PowerFactory	
		14.0.506	Date: 2/9/2011
Contingency/Reliability Analysis			
- Network, connectivity analysis			
Selection = Whole system			
No = Common mode	No = Independent second failures		
Yes = Busbars / terminals	No = Double earth faults		
Yes = Lines / cables	No = Generators/external grids		
No = Transformers	No = Maintenance		
Study Case: Study Case		Annex:	/ 1
System Summary			
System Average Interruption Frequency Index	: SAIFI: =	7.292734	l/Ca
Customer Average Interruption Frequency Index	: CAIFI: =	7.292734	l/Ca
System Average Interruption Duration Index	: SAIDI: =	11.603	h/Ca
Customer Average Interruption Duration Index	: CAIDI: =	1.591	h
Average Service Availability Index	: ASAI: =	0.9986754481	
Average Service Unavailability Index	: ASUI: =	0.0013245519	
Energy Not Supplied	: ENS: =	288.458	MWh/a
Average Energy Not Supplied	: AENS: =	2.646	MWh/Ca
Average Customer Curtailment Index	: ACCI: =	2.590	MWh/Ca
Expected Interruption Cost	: EIC: =	0.000	฿/a
Interrupted Energy Assessment Rate	: IEAR: =	0.000	¢/kWh
System energy shed	: SES: =	0.000	MWh/a

รูปที่ ข-1 แสดงค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 33 กิโลโวลต์

		DigSILENT	Project:
		PowerFactory	
		14.0.506	Date: 2/9/2011
Contingency/Reliability Analysis			
- Network, connectivity analysis			
Selection = Whole system			
No = Common mode	No = Independent second failures		
Yes = Busbars / terminals	No = Double earth faults		
Yes = Lines / cables	No = Generators/external grids		
No = Transformers	No = Maintenance		
Study Case: Study Case		Annex:	/ 1
System Summary			
System Average Interruption Frequency Index	: SAIFI: =	1.194559	l/Ca
Customer Average Interruption Frequency Index	: CAIFI: =	1.194559	l/Ca
System Average Interruption Duration Index	: SAIDI: =	2.002	h/Ca
Customer Average Interruption Duration Index	: CAIDI: =	1.676	h
Average Service Availability Index	: ASAI: =	0.9997714740	
Average Service Unavailability Index	: ASUI: =	0.0002285260	
Energy Not Supplied	: ENS: =	49.870	MWh/a
Average Energy Not Supplied	: AENS: =	0.458	MWh/Ca
Average Customer Curtailment Index	: ACCI: =	0.707	MWh/Ca
Expected Interruption Cost	: EIC: =	0.000	฿/a
Interrupted Energy Assessment Rate	: IEAR: =	0.000	¢/kWh
System energy shed	: SES: =	0.000	MWh/a

รูปที่ ข-2 แสดงค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เงื่อนไขที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		DigSILENT	Project:
		PowerFactory	
		14.0.506	Date: 2/9/2011
Contingency/Reliability Analysis			
- Network, connectivity analysis			
Selection = Whole system			
No = Common mode	No = Independent second failures		
Yes = Busbars / terminals	No = Double earth faults		
Yes = Lines / cables	No = Generators/external grids		
No = Transformers	No = Maintenance		
Study Case: Study Case		Annex:	/ 1
System Summary			
System Average Interruption Frequency Index	: SAIFI: =	8.942788	l/Ca
Customer Average Interruption Frequency Index	: CAIFI: =	8.942788	l/Ca
System Average Interruption Duration Index	: SAIDI: =	15.549	h/Ca
Customer Average Interruption Duration Index	: CAIDI: =	1.739	h
Average Service Availability Index	: ASAI: =	0.9982250071	
Average Service Unavailability Index	: ASUI: =	0.0017749929	
Energy Not Supplied	: ENS: =	387.675	MWh/a
Average Energy Not Supplied	: AENS: =	3.557	MWh/Ca
Average Customer Curtailment Index	: ACCI: =	3.559	MWh/Ca
Expected Interruption Cost	: EIC: =	0.000	M\$/a
Interrupted Energy Assessment Rate	: IEAR: =	0.000	\$/kWh
System energy shed	: SES: =	0.000	MWh/a

รูปที่ ข-3 แสดงค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เจริญชัยที่ 2

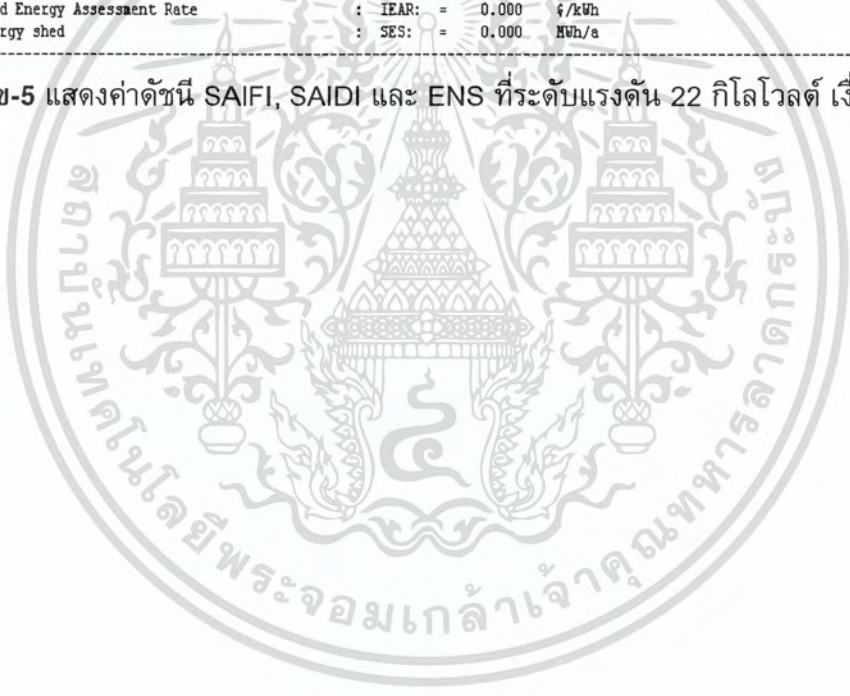
		DigSILENT	Project:
		PowerFactory	
		14.0.506	Date: 2/9/2011
Contingency/Reliability Analysis			
- Network, connectivity analysis			
Selection = Whole system			
No = Common mode	No = Independent second failures		
Yes = Busbars / terminals	No = Double earth faults		
Yes = Lines / cables	No = Generators/external grids		
No = Transformers	No = Maintenance		
Study Case: Study Case		Annex:	/ 1
System Summary			
System Average Interruption Frequency Index	: SAIFI: =	6.860939	l/Ca
Customer Average Interruption Frequency Index	: CAIFI: =	6.860939	l/Ca
System Average Interruption Duration Index	: SAIDI: =	10.968	h/Ca
Customer Average Interruption Duration Index	: CAIDI: =	1.599	h
Average Service Availability Index	: ASAI: =	0.9987479416	
Average Service Unavailability Index	: ASUI: =	0.0012520584	
Energy Not Supplied	: ENS: =	272.723	MWh/a
Average Energy Not Supplied	: AENS: =	2.502	MWh/Ca
Average Customer Curtailment Index	: ACCI: =	2.435	MWh/Ca
Expected Interruption Cost	: EIC: =	0.000	M\$/a
Interrupted Energy Assessment Rate	: IEAR: =	0.000	\$/kWh
System energy shed	: SES: =	0.000	MWh/a

รูปที่ ข-4 แสดงค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เจริญชัยที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		DIGSILENT	Project:
		PowerFactory	
		14.0.506	Date: 2/9/2011
Contingency/Reliability Analysis			
- Network, connectivity analysis			
Selection = Whole system			
No = Common mode	No = Independent second failures		
Yes = Busbars / terminals	No = Double earth faults		
Yes = Lines / cables	No = Generators/external grids		
No = Transformers	No = Maintenance		
Study Case: Study Case		Annex: / 1	
System Summary			
System Average Interruption Frequency Index	: SAIFI: =	6.864738	l/Ca
Customer Average Interruption Frequency Index	: CAIFI: =	6.864738	l/Ca
System Average Interruption Duration Index	: SAIDI: =	10.974	h/Ca
Customer Average Interruption Duration Index	: CAIDI: =	1.599	h
Average Service Availability Index	: ASAI: =	0.9987472166	
Average Service Unavailability Index	: ASUI: =	0.0012527834	
Energy Not Supplied	: ENS: =	272.881	MWh/a
Average Energy Not Supplied	: AENS: =	2.503	MWh/Ca
Average Customer Curtailment Index	: ACCI: =	2.437	MWh/Ca
Expected Interruption Cost	: EIC: =	0.000	฿/a
Interrupted Energy Assessment Rate	: IEAR: =	0.000	฿/kWh
System energy shed	: SES: =	0.000	MWh/a

รูปที่ ข-5 แสดงค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เฟืองไขที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายวรวัฒน์ เหล่าพิเชษฐกุล เกิดวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2532
ที่อยู่ : 1 หมู่ 1 ซอยสุขาภิบาล 2 ตำบลย่านตาขาว อำเภอย่านตาขาว
จังหวัดตรัง รหัสไปรษณีย์ 92140
เบอร์โทรศัพท์ : 084-7440185
อีเมลล์ : worawat_lh@hotmail.com



นายวรุตม์ บุญเกิด เกิดวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2531
ที่อยู่ : 86 ซอย ฟิ่งมี 9 ถนนสุขุมวิท แขวงบางจาก เขตพระโขนง
จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10260
เบอร์โทรศัพท์ : 086-0923413
อีเมลล์ : warut_bunkerd@hotmail.com



นายวัฒนพล ฟิ่งปาน เกิดวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2531
ที่อยู่ : 1/108 ประคู 6 ซ 6096 ถนนริมทะเล ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง
จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000
เบอร์โทรศัพท์ : 085-4460508
อีเมลล์ : wattanapol_pp@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้