

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทย
และข้อเสนอแนะวิธีการป้องกันพิเศษเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงให้ระบบ

STEADY STATE AND TRANSIENT STABILITY STUDY
FOR A THAILAND'S EASTERN REGION POWER SYSTEM AND
RECOMMENDATION A SPECIAL PROTECTION SCHEME
FOR SYSTEM SECURITY ENHANCEMENT



ฉบับ
4451
2554

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 117948
วัน,เดือน,ปี..... 22 ค.ศ. 2554

b. 12848430
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2554

KMITL-2011-EN-M-020-016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STEADY STATE AND TRANSIENT STABILITY STUDY
FOR A THAILAND'S EASTERN REGION POWER SYSTEM AND
RECOMMENDATION A SPECIAL PROTECTION SCHEME
FOR SYSTEM SECURITY ENHANCEMENT**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2011

KMITL-2011-EN-M-020-016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และข้อเสนอแนะวิธีการป้องกันพิเศษเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงให้ระบบ
นักศึกษา	นาย ชัยสิทธิ์ วันน้อย
รหัสประจำตัว	50060202
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาเสถียรภาพในสถานะคงตัวและสถานะทรานเซียนส์ของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและข้อเสนอแนะวิธีการป้องกันพิเศษ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงให้ระบบจากผลกระทบที่มีต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้า โดยจะเน้นทำการศึกษาในกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV ที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรืออยู่ในระหว่างการซ่อมบำรุง และกรณีที่มีฟอลต์ครบถ้วนอย่างรุนแรงเกิดขึ้นในสถานะที่สายส่ง 500 kV ถูกปลดออก ในการวิเคราะห์ผลได้ใช้โปรแกรม DIGSILENT จำลองเหตุการณ์ โดยจะเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระบบในสถานะปกติและในสถานะที่ระบบมีภาวะฟอลต์ครบถ้วน ในการศึกษาในภาวะคงตัวจะทำการศึกษารับภาระ (Loading) ของสายส่ง หม้อแปลงไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 115kV และ 230kV ในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในการเปรียบเทียบผลในสถานะทรานเซียนส์นั้นจะเน้นศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องเสถียรภาพมุม โรเตอร์ กำลังไฟฟ้านอกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ (IPP) ทั้งหมด 11 เครื่อง โดยพบว่าระบบการป้องกันพิเศษที่นำเสนอสามารถช่วยบรรเทาและลดผลกระทบด้านเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อระบบเกิดภาวะฟอลต์ครบถ้วนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Steady State and Transient Stability Study for a Thailand's Eastern Region Power System and Recommendation a Special Protection Scheme for System Security Enhancement

Student Mr. Chaisit Wannoi

Student ID. 50060202

Degree Master of Engineering

Program Electrical Engineering

Year 2011

Thesis Advisor Asst. Prof. Dr. Chai Chompoo-inwai

ABSTRACT

This thesis presents a steady state and transient stability study for a Thailand's eastern region power system and proposes a Special Protection Scheme (SPS) for system security enhancement from stability impact in power system. The study is focused on two case scenarios. The first one is an outage of 500 kV transmission lines connected to a Thailand's eastern region power system caused by contingency or during maintenance periods. The other is the situation when a large disturbance occurs in the system during 500 kV transmission lines outages. These studies employ DIgSILENT Program for analysis. The results are to comparison of power systems in normal conditions and under fault conditions. The assessment indices include the percent loading of the transmission lines, transformer and voltage profiles of 115 kV and 230 kV buses in a Thailand's eastern region power system for the steady state study and the assessment indices include rotor angle stabilities and power outputs of the generators in the Independent Power Producer (IPP) group for transient stability studies. Simulation results show that with a proposed SPS, it can relief the stability impact when a fault occurs in the power system.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร.ชาย ชมภูอินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ ในห้อง Energy System and Illumination Research Center (ESIRC) ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่องและทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำหรับคุณค่าและประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชัยสิทธิ์ วันน้อย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย.....	5
2.1 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Stability).....	5
2.1.1 ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	5
2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า P และ δ	7
2.2 การหมุนโรเตอร์และสมการสวิง.....	9
2.2.1 ค่าความเฉื่อยคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส.....	9
2.2.2 หลัการทางกล.....	11
2.3 การศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าโดยหลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากัน.....	16
2.4 มุมเคลียร์วิกฤต (Critical Clearing Angle).....	20
2.5 การประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากัน.....	23
2.5.1 กรณี เกิดฟอลต์แบบสมมาตร 3 เฟส ที่ปลายสายส่งด้านใดด้านหนึ่ง.....	23
2.5.2 กรณี เกิดฟอลต์แบบสมมาตร 3 เฟส ที่ตำแหน่งใดๆบนสายส่ง.....	26
2.6 รูปแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบภายนอก.....	28
2.7 แบบแผนการป้องกันพิเศษ.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7.1	แฟลคเตอร์การกระจายการไหลของกำลังไฟฟ้าจากสายส่งที่ถูกลด (LODF)...	36
2.7.2	เจนเนเรชันชิฟแฟลคเตอร์(GSF).....	37

บทที่ 3	ระบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	39
3.1	วงจรสมมูลของเครื่องจักรกลเชิงโรนัส.....	41
3.1.1	อินดักแตนซ์และค่าคงตัวเวลาชั่วแวบ.....	49
3.1.2	อินดักแตนซ์ และค่าคงตัวเวลาชั่วครู่.....	54
3.1.3	อินดักแตนซ์อยู่ตัว.....	56
3.1.4	ค่าคงตัวเวลาอาร์เมเจอร์.....	57
3.2	แบบจำลองมาตรฐาน.....	58
3.3	แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษา.....	62
3.3.1	เครื่องจักรกลเชิงโรนัสชนิด SYM: GENROU.....	63
3.3.2	เครื่องต้นกำลังชนิด PRU: IEEEG1.....	65
3.3.3	เครื่องควบคุมแรงดันชนิด VCO: SCRX.....	67
3.3.4	เครื่องควบคุมเสถียรภาพชนิด PSS: IEEEEST.....	69

บทที่ 4	ผลการศึกษาความเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก.....	72
4.1	ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก.....	72
4.2	การวิเคราะห์ความเสถียรภาพและผลกระทบในระบบกำลังไฟฟ้า.....	75
4.3	การจำลองเหตุการณ์.....	79
4.3.1	เงื่อนไขการจำลองการศึกษาความเสถียรภาพ กรณีสายส่ง 500kV ถูกลดออก.....	80
4.3.2	เงื่อนไขการจำลองการศึกษาความเสถียรภาพ กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกลดออกภายใต้สภาวะระบบกำลังไฟฟ้าปรกติ.....	80
4.3.3	เงื่อนไขการจำลองการศึกษาความเสถียรภาพ กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกลดออกภายใต้สภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกลดออก.....	81
4.4	ผลการศึกษาค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส.....	82
4.5	การศึกษการไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow Study).....	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.6 การศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพ กรณีสายส่ง 500kV ถูกปลดออก.....	84
4.6.1 ผลการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือในสถานะคงตัว.....	84
4.6.1.1 ผลการศึกษาแฟลคเตอร์การกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF).....	86
4.6.1.2 ผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่ง.....	88
4.6.1.3 ผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า.....	89
4.6.1.4 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบ.....	91
4.6.1.5 ผลการศึกษาขีดความสามารถของสายส่ง.....	93
4.6.2 ผลการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือในสถานะทรานเซียนต์.....	95
4.6.2.1 ผลศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสถานะสายส่ง 500KV ถูกปลดออก กรณีสวิตซ์ซึ่ง.....	96
4.6.2.2 ผลศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสถานะสายส่ง 500KV ถูกปลดออก กรณีเกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส.....	97
4.7 ผลการศึกษาความเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก	98
4.8 ผลการศึกษาเสถียรภาพมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากกรณีที่ระบบไม่มี เสถียรภาพ.....	152
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะวิธีการป้องกันพิเศษ.....	161
5.1 การทำงานการวิเคราะห์ของระบบการป้องกันพิเศษ.....	161
5.2 ผลการศึกษาการแก้ไขปัญหา.....	164
5.2.1 การแก้ไขปัญหาการรับภาระโหลดเกินของสายส่งในสถานะคงตัวจากระบบ กำลังไฟฟ้าในสถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก.....	164
5.2.2 การแก้ไขปัญหาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนต์ จากกรณีสายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก.....	168
5.2.2.1 ผลการศึกษาแฟลคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (GSF).....	168
5.2.2.2 เงื่อนไขการจำลอง กรณีศึกษา การแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนต์ กรณีการสวิตซ์ซึ่งสายส่ง.....	170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2.2.3	เงื่อนไขการจำลอง กรณีศึกษา การแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนต์ กรณีการลัดวงจรแบบ 3 เฟส.....	170
5.2.2.4	ผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาในระบบในสถานะทรานเซียนต์ กรณี สวิตช์ซึ่ง ด้วยการลดกำลังการผลิต.....	171
5.2.2.5	ผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาในระบบในสถานะทรานเซียนต์ กรณีการลัดวงจร ด้วยการปลดโรงไฟฟ้ากลุ่ม IPP.....	173
5.2.2.6	ผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาในระบบในสถานะทรานเซียนต์ กรณีการลัดวงจร ด้วยการปลดโรงไฟฟ้ากลุ่ม SPP.....	175
5.3	ผลการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าหลังจากระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัว.....	178
5.3.1	ผลการศึกษา ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง.....	178
5.3.2	ผลการศึกษา ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า.....	182
5.3.3	ผลการศึกษา ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้า.....	186
5.4	ผลการศึกษาระบบการป้องกันผลกระทบในสถานะคงตัวหลังจากระบบกลับคืนสู่ สถานะคงตัว.....	194
5.4.1	ผลการศึกษา กำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่งที่ได้รับภาระเกิน (GSF).....	195
5.4.2	ผลการศึกษา การป้องกันผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง.....	199
5.4.3	ผลการศึกษา การป้องกันผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดัน ไฟฟ้า.....	203
5.4.4	ผลการศึกษา การป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้า.....	208
บทที่ 6	สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	216
6.1	สรุปผลการวิจัย.....	216
6.1.1	สรุปผลการศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพ กรณีสายส่ง 500kV ถูกปลด ออก.....	217
6.1.2	สรุปผลการศึกษาความเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสายส่งแรงดัน 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก.....	218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.2	สรุปผลการศึกษาระบบการป้องกัน.....	219
6.2.1	สรุปผลการแก้ไขปัญหาการรับภาระ โหลดเกินของสายส่งในสถานะคงตัวจากระบบกำลังไฟฟ้า ในสถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก.....	220
6.2.2	สรุปผลการแก้ไขปัญหาค่าความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนส์ จากกรณีสายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก.....	220
6.3	ข้อเสนอแนะ.....	221
	เอกสารอ้างอิง.....	222
	ภาคผนวก ก. ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์.....	223
	ประวัติผู้เขียน.....	228



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แบบจำลองมาตรฐานเครื่องจักรกลเชิงโรนัส (SYM).....	58
3.2 แบบจำลองมาตรฐานเครื่องต้นกำลัง (PCU).....	59
3.3 แบบจำลองมาตรฐานเครื่องควบคุมแรงดัน (VCO).....	60
3.4 แบบจำลองมาตรฐานเครื่องควบคุมเสถียรภาพกำลังไฟฟ้า (PSS).....	61
3.5 ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องจักรกลเชิงโรนัสแบบ GENROU	64
3.6 ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องต้นกำลังแบบ IEEE1	66
3.7 ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบ SCRX.....	69
3.8 ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องควบคุมเสถียรภาพ IEEEEST.....	71
4.1 ระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย.....	73
4.2 กำลังการผลิตและปริมาณโหลดในภาคต่างๆของประเทศไทย.....	73
4.3 เวลาการทำงานของ Distance Relay ในแต่ละโซน.....	80
4.4 ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส.....	82
4.5 ชื่อและหมายเลขสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV, 230kV และ 115 kV.....	85
4.6 ผลแฟลคเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง (LODF).....	86
4.7 ผลแฟลคเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้าในหม้อแปลง (LODF).....	87
4.8 เปอร์เซนต์การรับ โหลดของสายส่งและกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง.....	88
4.9 แสดงเปอร์เซนต์การรับ โหลดกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านหม้อแปลง.....	90
4.10 ระดับแรงดัน 500KV และ 230KV ที่บัสต่างๆกรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....	91
4.11 ระดับแรงดัน 115KV ที่บัสต่างๆของระบบกรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....	92
4.12 ชัดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งคงเหลือ.....	94
4.13 แสดงผลการศึกษาความเสถียรภาพของระบบ.....	99
4.14 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเสถียรภาพมุม โรเตอร์.....	160
5.1 แฟลคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง 6800-6804 (AP_B-RY2).....	164
5.2 เปอร์เซนต์การรับ โหลดของสายส่งหลังลดกำลังการผลิตกรณีสายส่ง 500kV ถูกปลด.....	167
5.3 แฟลคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (GSF) ที่ส่งผลกระทบ.....	168
5.4 ปริมาณการลดกำลังไฟฟ้าและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำสุด.....	177
5.5 หมายเลขเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกลดกำลังไฟฟ้าและปลดออกในระบบกำลังไฟฟ้า.....	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.6 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN).....	178
5.7 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B).....	179
5.8 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI).....	180
5.9 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN).....	181
5.10 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN).....	182
5.11 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B).....	183
5.12 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI).....	184
5.13 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN).....	185
5.14 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN).....	186
5.15 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B).....	188
5.16 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI).....	190
5.17 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN).....	192
5.18 ผลการศึกษากำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ของสายส่ง 6800-6804.....	195
5.19 ผลการศึกษากำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ของสายส่ง 6707-6706.....	197
5.20 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN).....	199
5.21 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B).....	200
5.22 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI).....	201
5.23 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN).....	202
5.24 ผลการป้องกันภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณี สายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN).....	203
5.25 ผลการป้องกันภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณี 6802-6891 (AP-BPK_B).....	204
5.26 ผลการป้องกันภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI).....	205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.27 ผลการป้องกันภาวะโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BKI).....	206
5.28 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN).....	208
5.29 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B).....	210
5.30 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI).....	212
5.31 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN).....	214
5.32 ปริมาณการลดกำลังไฟฟ้าหลังจากระบบกลับคืนสู่สภาวะคงตัวเพื่อลดภาวะโหลดของสายส่ง.....	215



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	5
2.2 วงจรสมมูลลำดับบวกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	7
2.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า P และ δ	9
2.4 การเปลี่ยนแปลงของมุม δ ตามเวลาแบบเสถียรภาพและไม่เสถียรภาพ.....	16
2.5 การเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าในระบบในการเร่งและหน่วงโรเตอร์ เพื่อเข้าสู่จุดเสถียรภาพ.....	18
2.6 เส้นโค้งกำลังไฟฟ้าและมุม δ แสดง มุมครีयरริงวิกฤต (δ_{cr}).....	20
2.7 แผนภาพระบบไฟฟ้าที่เกิดฟอลต์ที่ปลายสายส่ง.....	23
2.8 เส้นโค้งกำลังไฟฟ้าแสดงสภาวะก่อนเกิดฟอลต์, ช่วงเกิดฟอลต์ และหลังเกิดฟอลต์.....	24
2.9 แผนภาพระบบไฟฟ้าขณะเกิดฟอลต์ที่ปลายสายส่ง.....	25
2.10 รีแอกแตนซ์ไดอะแกรมของระบบไฟฟ้าในรูปที่ 2.7.....	26
2.11 การใช้หลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากันกับการเคลียร์ฟอลต์.....	27
2.12 เฟสเซอร์ไดอะแกรมตามแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในสภาวะคงตัว.....	29
2.13 เฟสเซอร์ไดอะแกรมตามแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในสภาวะ ทราน เซียนส์.....	30
2.14 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในสภาวะทรานเซียนส์.....	31
2.15 แบบจำลองของระบบไฟฟ้าภายนอก.....	32
2.16 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าภายนอกสำหรับศึกษาเสถียรภาพแบบทราน เซียนส์.....	32
2.17 เส้นโค้งแสดงค่า P_m และ P_e กับมุม δ	33
2.18 ปฏิกริยาของระบบไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงค่า P_m	34
2.19 แผนการป้องกันการเกิดไฟฟ้าดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.....	35
2.20 การส่งผ่านพลังงานระหว่างบัส i และบัส j	36
3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรหลักในโรงไฟฟ้าทั่วไป.....	39
3.2 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	39
3.3 ขดลวดเฟสเอ, บี และซี พร้อมแกนแม่เหล็ก.....	42
3.4 ขดลวดอาร์เมเจอร์ในแกนตรงและแกนขวาง.....	42
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแกนตรง, แกนขวาง, แกนจริง และแกนจินตภาพ.....	44
3.6 ขดลวดอาร์เมเจอร์และโรเตอร์บนแกนตรงและแกนขวาง.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 วงจรไฟฟ้าในแนวแกนตรง.....	48
3.8 วงจรไฟฟ้าในแนวแกนขวาง.....	48
3.9 วงจรสมมูลในสถานะชั่วแวบ ชั่วครู่ และอยู่ตัว ในแนวแกนตรง.....	50
3.10 วงจรสมมูลในสถานะชั่วแวบ ชั่วครู่ และอยู่ตัว ในแกนขวาง.....	53
3.11 แบบจำลองมาตรฐานเครื่องจักรกลซิงโครนัสชนิด GENROU.....	63
3.12 บล็อกไดอะแกรมของแบบจำลองเครื่องต้นกำลัง IEEE1.....	65
3.13 แบบจำลองมาตรฐานเครื่องต้นกำลังชนิด IEEE1.....	65
3.14 ระบบเครื่องต้นกำลังชนิด Tandem compound, single reheat.....	65
3.15 ระบบเครื่องต้นกำลังชนิด Cross compound, single reheat.....	66
3.16 การทำงานของระบบเครื่องกระตุ้น (Excite System).....	67
3.17 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมแรงดัน SCR.....	68
3.18 แบบจำลองของเครื่องควบคุมแรงดันชนิด SCR.....	68
3.19 การทำงานของเครื่องควบคุมเสถียรภาพ.....	69
3.20 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมเสถียรภาพ IEEEEST.....	70
3.21 เครื่องควบคุมเสถียรภาพชนิด IEEEEST PSS.....	70
4.1 ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก.....	74
4.2 แผนผังการทำงานการวิเคราะห์ความเสถียรภาพและผลกระทบในระบบกำลังไฟฟ้า.....	76
4.3 รูปแบบการศึกษาผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก.....	78
4.4 รูปแบบโซนป้องกันของ Distance Relay.....	79
4.5 ผลการตรวจสอบ Violating Element จากฐานข้อมูลเดิม.....	83
4.6 ผลการตรวจสอบ Violating Element หลังการปรับแต่ง.....	84
4.7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โหลดของแต่ละสายส่ง ในระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติและกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....	89
4.8 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านของแต่ละสายส่ง ในระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติและกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....	89
4.9 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โหลดของแต่ละหม้อแปลงในระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติและกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10	เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านของแต่ละหม้อแปลง ในระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปรกติ และกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....91
4.11	ระดับแรงดัน500KV และ 230KV ที่บัสต่างๆของระบบกรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....93
4.12	แสดงระดับแรงดัน115KV ที่บัสต่างๆของระบบกรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลด.....93
4.13	ขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งคงเหลือ.....94
4.14	สัญลักษณ์แถบสีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง.....95
4.15	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปรกติ.....95
4.16	มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปรกติ.....96
4.17	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบในสถานะที่ทำการสวิตซ์ซึ่งสายส่ง 500KV....96
4.18	มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบในสถานะที่ทำการสวิตซ์ซึ่งสายส่ง 500KV....97
4.19	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะที่สายส่ง 500KV ถูกปลด ออก.....97
4.20	มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะที่สายส่ง 500KV ถูกปลด ออก.....98
4.21	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตซ์ซึ่งสายส่ง (6800-6806) ภายใต้ระบบสถานะ ปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....100
4.22	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตซ์ซึ่งสายส่ง (6800-6806) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kv ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....100
4.23	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6806) ภายใต้ระบบสถานะ ปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....101
4.24	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6806) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kv ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....101
4.25	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตซ์ซึ่งสายส่ง (6800-6804) ภายใต้ระบบสถานะ ปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....102
4.26	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตซ์ซึ่งสายส่ง (6800-6804) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kv ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....102
4.27	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6804) ภายใต้ระบบสถานะ ปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6804) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....103
4.29	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6802) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....104
4.30	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6802) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....104
4.31	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6802) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....105
4.32	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6802) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....105
4.33	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....106
4.34	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....106
4.35	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6802-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....107
4.36	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....107
4.37	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....108
4.38	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....108
4.39	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6807) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....109
4.40	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....109
4.41	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.42	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....110
4.43	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6806) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....111
4.44	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....111
4.45	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6804-6807) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....112
4.46	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6804-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....112
4.47	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6804-6807) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....113
4.48	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6804-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....113
4.49	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6810) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....114
4.50	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6810) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....114
4.51	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6810) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....115
4.52	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6810) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....115
4.53	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6812-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....116
4.54	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6812-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....116
4.55	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6812-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.56	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6812-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....117
4.57	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6808) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....118
4.58	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....118
4.59	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6808) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....119
4.60	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....119
4.61	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6811) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....120
4.62	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6811) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....120
4.63	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6811) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....121
4.64	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6811) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....121
4.65	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1804-6801) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....122
4.66	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1804-6801) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....122
4.67	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1804-6801) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....123
4.68	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1804-6801) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....123
4.69	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1804-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.70	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1804-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....124
4.71	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1804-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....125
4.72	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1804-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....125
4.73	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1809-6808) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....126
4.74	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1809-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....126
4.75	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1809-6808) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....127
4.76	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1809-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....127
4.77	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1810-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....128
4.78	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1810-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....128
4.79	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1810-6891) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....129
4.80	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1810-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....129
4.81	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6705) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....130
4.82	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6705) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....130
4.83	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6705) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.84 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6705) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	131
4.85 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6705-6706) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....	132
4.86 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6705-6706) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....	132
4.87 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6705-6706) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....	133
4.88 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6705-6706) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	133
4.89 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6706-6707) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....	134
4.90 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6706-6707) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....	134
4.91 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6706-6707) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....	135
4.92 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6706-6707) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	135
4.93 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6709) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....	136
4.94 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6709) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....	136
4.95 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6709) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....	137
4.96 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6709) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	137
4.97 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6708-6723) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.98	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6708-6723) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....138
4.99	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6708-6723) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....139
4.100	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6708-6723) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....139
4.101	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6709-6710) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....140
4.102	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6709-6710) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....140
4.103	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6709-6710) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....141
4.104	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6709-6710) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....141
4.105	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6716-6734) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....142
4.106	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6716-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....142
4.107	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6716-6734) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....143
4.108	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6716-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....143
4.109	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6713-6734) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....144
4.110	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6713-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....144
4.111	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6713-6734) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.112	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6713-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2145
4.113	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6703) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....146
4.114	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6703) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....146
4.115	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6703) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....147
4.116	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6703) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....147
4.117	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6708) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....148
4.118	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6708) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....148
4.119	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6708) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....149
4.120	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6708) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2149
4.121	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6726-6727) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1.....150
4.122	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6726-6727) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....150
4.123	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6726-6727) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1.....151
4.124	กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6726-6727) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....151
4.125	มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6800-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.126 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	152
4.127 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....	154
4.128 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	154
4.129 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....	156
4.130 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	156
4.131 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2.....	158
4.132 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2.....	158
5.1 แผนผังการทำงานการวิเคราะห์ของระบบการป้องกันพิเศษ.....	161
5.2 แบบแผนการป้องกันพิเศษ.....	163
5.3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่ง.....	167
5.4 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6800-6806) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	171
5.5 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	171
5.6 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	172
5.7 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	172
5.8 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6800-6806) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.9 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6802-6891) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	173
5.10 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6807) หลังปลดเครื่องกำเนิด ไฟฟ้ากลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	174
5.11 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6806) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	174
5.12 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6800-6806) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	175
5.13 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6802-6891) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	175
5.14 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6807) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	176
5.15 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6806) หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3.....	176
5.16 แผนการลดภาระโหลดของสายส่ง.....	194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทยได้มีแผนการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจที่มีแนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่ง (Line Congestion) เป็นปัญหาหนึ่งของระบบกำลังไฟฟ้า ถ้าสายส่งที่มีความสำคัญได้ถูกปลดออกจากระบบ (Trip) สายส่งที่ยังคงเหลืออยู่อาจจะไม่เพียงพอในการส่งผ่านพลังงาน ของระบบกำลังไฟฟ้า ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการแกว่งของพลังงานขึ้นและอาจเป็นสาเหตุทำให้ระบบกำลังไฟฟ้าถูกตัดออกหรือนำไปสู่ความล้มเหลวทั้งหมดได้ (System Black Out) ซึ่งหากพิจารณากำลังการผลิต และปริมาณ โหลดในแต่ละภาคของประเทศไทยจะพบว่าไม่สมดุลกัน โดยเฉพาะ ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก มีกำลังการผลิตมากกว่าปริมาณ โหลด โดยที่ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกนั้นมีกำลังการผลิตโดยรวมอยู่ประมาณกว่า 7000 MW แต่ปริมาณ โหลดโดยรวมอยู่ประมาณกว่า 3000 MW ซึ่งกำลังการผลิตที่เหลือนั้นจะถูกส่งจ่ายพลังงานไปยังระบบกำลังไฟฟ้าภาคกลางโดยส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV และ 230 kV ดังนั้นหากเกิดความผิดปกติขึ้นกับสายส่งที่ระดับแรงดัน 500KV จนทำให้ถูกปลดออก หรือแม้กระทั่งการสวิตซ์ซึ่งสายส่งเพื่อ ทำการซ่อมบำรุงรักษา พลังงานที่ไหลผ่านสายส่ง 500KV ทั้งหมดนั้นจะถูกส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 230KV และ 115KV ในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกแทนซึ่งในสภาวะดังกล่าวนี้จะทำให้สายส่งที่ระดับแรงดัน 230KV และ 115KV ได้ รับภาระ (%Loading) มากขึ้น และระบบในสภาวะดังกล่าวนี้ หากมีการรบกวนอย่างรุนแรงเกิดขึ้นหรือ แม้กระทั่งการสวิตซ์ซึ่งสายส่งเพื่อทำการซ่อมบำรุงรักษา โดยเฉพาะกับสายส่งที่ระดับแรงดัน 230KV และ 115KV เหล่านี้จนทำให้ถูกปลดออก สายส่งที่ยังคงเหลืออยู่อาจไม่เพียงพอในการส่งผ่านพลังงาน และจะส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าของภาคตะวันออก ซึ่งผลกระทบดังกล่าวจะทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนส์

และจากผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนส์ จะทำการศึกษาวิธีการป้องกัน แก่ไข หรือ จำกัดขอบเขตของปัญหา เพื่อที่จะนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติ ซึ่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบในสภาวะคงตัว และสภาวะ ทรานเซียนส์ และระบบการป้องกันในการนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติ จะได้กล่าวถึง การศึกษาและวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในสภาวะคงตัวและสภาวะทรานเซียนส์ จากปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่ง (Line Congestion) โดยจะทำการศึกษาในกรณี สายส่ง 500kV ที่เชื่อมต่อ ระหว่างภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่งที่ระดับแรงดัน 115kV และ 230kV ขึ้นได้ และ ภายใต้สภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออกนี้ ถ้าสายส่งที่ระดับแรงดัน 115kV และ 230kV ที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงานถูกปลดออก อาจส่งผลกระทบต่อและทำให้กำลังไฟฟ้าในระบบเกิดการแกว่งขึ้นได้ โดยศึกษาจากกำลังไฟฟ้าด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) ที่กระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงศึกษาแนวทางการป้องกันและแก้ไข เพื่อลดผลกระทบจากปัญหาที่เกิดขึ้น หรือ กำหนดขอบเขตของปัญหาในระยะสั้น เพื่อยกระดับความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ใช้หลักการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีความเสถียรภาพแบบทรานเซียนส์ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ความเสถียรภาพมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะจำลองเหตุการณ์โดยการศึกษาจากการไหลของกำลังไฟฟ้าในการส่งจ่ายพลังงานในระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย ซึ่งพบว่ากำลังการผลิตและปริมาณของ โหลดในแต่ละภาคจะไม่สมดุลกัน โดยเฉพาะระบบกำลังไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังการผลิตสูงกว่าปริมาณโหลดในระบบ โดยกำลังการผลิตที่เหลือจะถูกส่งจ่ายพลังงานไปยังภาคกลาง ซึ่งถ้าสายส่งที่มีการส่งผ่านพลังงานที่สูงถูกปลดออก สายส่งที่เหลืออาจจะไม่เพียงพอในการส่งผ่านพลังงาน หรืออาจทำให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่งขึ้นได้ และในการศึกษาวิจัยจะทำการศึกษาวิเคราะห์แฟคเตอร์การกระจายจากผลกระทบในกรณีที่สายส่งถูกปลดออก (LODF: Line Outage Distribution Factor) เพื่อใช้ศึกษาจำนวนอุปกรณ์ในการส่งผ่านพลังงานที่ได้รับผลกระทบจากการการกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้า และ ใช้การวิเคราะห์แฟคเตอร์กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งด้วยวิธีการของเจนเนอเรชันชิฟแฟคเตอร์ (GSF: Generation Shift Factor) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณแฟคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งเส้นนั้น ว่ามาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดในระบบกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหากจากผลกระทบที่เกิดขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลกระทบและปัญหาต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในสภาวะคงตัว และ สภาวะทรานเซียนต์ ในกรณีที่มีสายส่ง 500kV ที่เชื่อมต่อภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือถูกปลดออกและในกรณีที่มีสายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออก ภายใต้ที่มีสายส่ง 500kV ถูกปลดออก
2. ทำให้ทราบถึงขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งที่ระดับแรงดัน 115kV, 230kV รวมถึงสายส่งที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงาน จากผลกระทบในกรณีที่มีสายส่ง 500kV ที่เชื่อมต่อภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือถูกปลดออกและในกรณีที่มีสายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออก ภายใต้ที่มีสายส่ง 500kV ถูกปลดออก
3. ใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการ การสวิตช์ซึ่งสายส่งในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบและปัญหาต่อระบบกำลังไฟฟ้า
4. ใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการป้องกัน ต่อความเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หากเกิดการรบกวนขึ้นในระบบ
5. ใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการพัฒนา เพื่อยกระดับความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้า

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เริ่มศึกษาตั้งแต่ทฤษฎีความเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์รวมถึงแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในการที่จะกำหนดเหตุการณ์รบกวนซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ความเสถียรภาพและผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือในกรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลดออก และในกรณีสายส่ง 115kV, 230KV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะสายส่ง 500KV ถูกปลดออกจากการรบกวนอย่างรุนแรงในระบบ ซึ่งได้กำหนดให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงต่อสายส่งไว้สองกรณีคือ กรณีการสวิตช์ซึ่งสายส่งเพื่อซ่อมบำรุงรักษาและกรณีเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส สำหรับการศึกษผลกระทบในสภาวะคงตัวจะทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์ในการรับภาระโหลดเพิ่มขึ้นของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานซึ่งประกอบไปด้วย สายส่งไฟฟ้าและหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 500KV, 230KV และ 115KV รวมถึงผลกระทบทางด้านแรงดันไฟฟ้า โดยจะทำการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่บัส ตามสถานีย่อยที่ระดับแรงดัน 500kV, 230kV และ 115kV ต่างๆในระบบ พร้อมกันนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์แฟกเตอร์ของการกระจายกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งจากสายส่งที่ถูกปลดออก (LODF: Line Outage Distribution Factor) และปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ ด้วยวิธีการของเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนเรชั่นชิฟแฟกเตอร์ (GSF: Generation Shift Factor) เฉพาะสายส่งที่ส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบ รวมถึงศึกษาความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งที่คงเหลืออยู่ และค่าของกระแสขณะเกิดการลัดวงจร ส่วนการศึกษาในสภาวะทรานเซียนส์นั้นจะทำการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มของผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ (IPP: Independent Power Producer) ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตที่สูง ซึ่งกระจายตัวอยู่ในระบบกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 11 เครื่อง โดยจะทำการเปรียบเทียบผลกับระบบในสภาวะปกติ รวมถึงทำการศึกษาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหา จากผลกระทบที่เกิดขึ้น ทั้งในสภาวะคงตัวและสภาวะทรานเซียนส์จากทั้งสองกรณี เพื่อลดผลกระทบ หรือกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะเป็นแผนการป้องกันระยะสั้น ในการที่จะนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติ

1.6 ขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัย

ในการศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนส์ และระบบการป้องกัน ในการนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติ ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งได้เนื้อหาในการศึกษาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการศึกษาถึงผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติกับสภาวะที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงประโยชน์ ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีการวิเคราะห์ความเสถียรภาพแบบทรานเซียนส์ ด้วยการวิเคราะห์จากความเสถียรภาพมุม โรเตอร์ (Rotor angle Stability)

บทที่ 3 กล่าวถึงปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้า, วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมาตรฐานของระบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ผล

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการวิจัยในการศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทยทั้งในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนส์ในกรณีที่สายส่ง 500kV ที่เชื่อมต่อภาคกลาง และภาคตะวันออกถูกปลดออกและในกรณีที่สายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออก ภายใต้ที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก

บทที่ 5 กล่าวถึงข้อเสนอแนะและระบบการป้องกันพิเศษ (SPS) เพื่อนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติจากผลกระทบและความเสถียรภาพของระบบกำลัง ไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทยทั้งในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนส์

บทที่ 6 กล่าวถึงบทสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

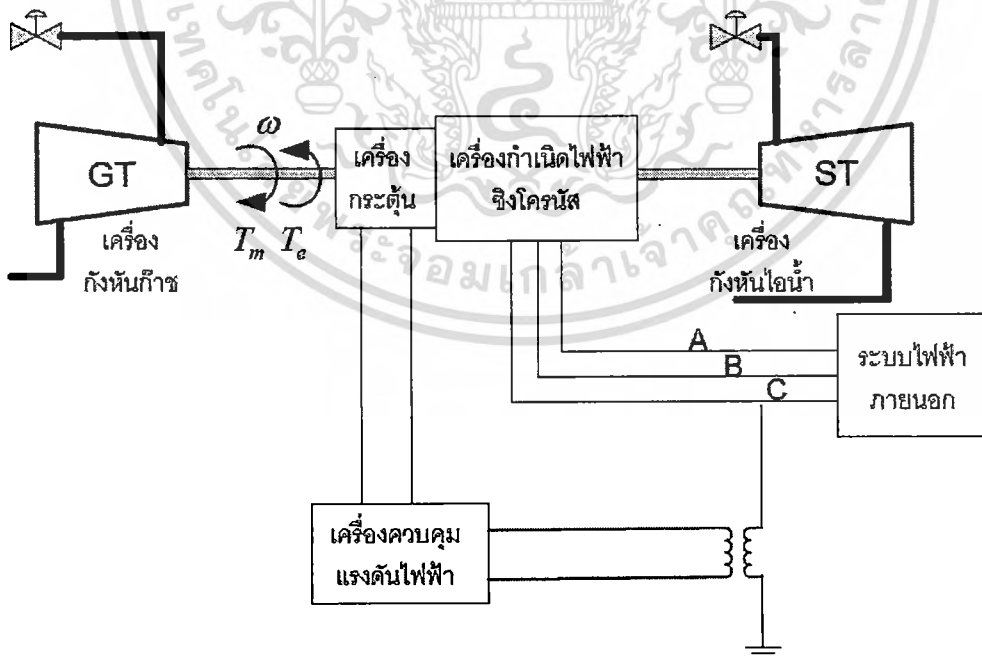
บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Stability)

เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังนั้นหมายถึง ความสามารถของระบบไฟฟ้าที่ยังคงทำงานอยู่ได้อย่างสมดุล หรือยังอยู่ในสถานะซิงโครไนซ์ (Synchronism) ในขณะที่เกิดการรบกวนขึ้นกับระบบไฟฟ้า โดยในการวิจัยเล่มนี้จะเน้นในการศึกษาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะคงตัว (Steady state) และความเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์ (Transient stability) โดยความเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์จะเป็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกับการตอบสนองของระบบไฟฟ้าต่อการรบกวนอย่างรุนแรง (Large disturbance) ที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด อย่างเช่น พอลต์ที่สายส่ง การสวิตซ์ซึ่งสายส่ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือสายส่งถูกปลดออก โดยสิ่งเหล่านี้จะไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของ โรเตอร์ (Rotor speed) มุมกำลัง (Power angle) และการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง

2.1.1 ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 เครื่องกังหันแก๊สและเครื่องกังหันไอน้ำจะผลิตแรงบิดหรือทอร์ก T_m ตามทิศทางการหมุน โดยแรงบิด T_m จะสามารถควบคุมได้โดยจากการเพิ่มลดเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ โดยใช้วาล์วควบคุมเชื้อเพลิงแก๊สของเครื่องกังหันแก๊ส และวาล์วไอน้ำของเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งแรงบิดนี้จะมีขนาดเท่ากับแรงต้านกับแรงบิดแม่เหล็กไฟฟ้า T_e ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสนามแม่เหล็กของโรเตอร์และสเตเตอร์ โดยที่แรงบิด (T_e) จะมีความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้า P_e จาก $P_e = T_e \omega_m$ ในการทำงานนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบความเร็วของเพลลา ω ว่าเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ตั้งไว้เท่าไร (ω_s) ซึ่งตัวควบคุมก็จะทำการปรับความเร็วให้เท่ากับค่าที่ตั้งไว้ ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ของแรงบิด คือ $T_m = T_e$ และเมื่อโหลดในระบบมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในรูป T_e ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างระหว่าง T_m และ T_e ซึ่งจะทำให้เกิด ความต่างของความเร็วซึ่งเรียกว่า แรงบิดเร่ง (T_a : accelerating torque) ดังสมการที่ (2.1)

$$T_m - T_e = T_a \quad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้

T_m คือ แรงบิดกำลังทางกลของเครื่องกังหัน, Nm

T_e คือ แรงบิดแม่เหล็กไฟฟ้าต้านกลับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, Nm

J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของทุกส่วนที่หมุน, $Kg - m^2$

B คือ สัมประสิทธิ์ของแรงบิดหน่วง, $Nm - s$

ω_m คือ ความเร็วของเพลลาโรเตอร์, rad / s

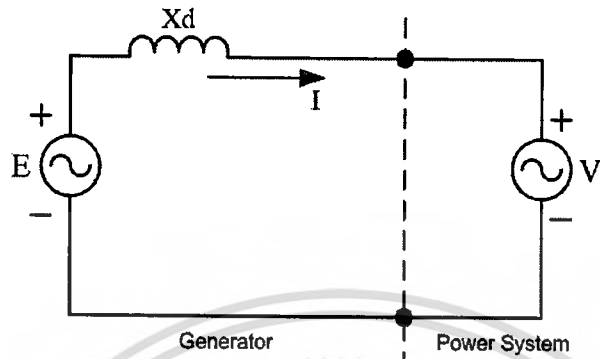
P_e คือ กำลังเนื่องจากแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, W

P_m คือ กำลังทางกลของเครื่องกังหัน, W

ในส่วนของแรงดันเหนี่ยวนำภายในของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (E) จะมีการควบคุมโดยเครื่องกระตุ้น (Exciter) โดยที่หม้อแปลงแรงดันทำการตรวจจับแรงดันขาออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและป้อนแรงดันกลับมายังเครื่องควบคุมค่าแรงดันซึ่งเครื่องควบคุมค่าแรงดันจะเปรียบเทียบกับค่าแรงดันป้อนกลับเป็นค่าแรงดันอ้างอิงที่ได้ตั้งค่าไว้แล้วจึงใช้ค่าความแตกต่างไปควบคุมการจ่ายแรงดันของเครื่องกระตุ้นให้โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันเหนี่ยวนำภายใน (E) เพื่อจะเพิ่มแรงดันขาออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เท่ากับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง

2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า P และ δ [5]

ถ้าพิจารณาให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส สมดุลในสภาวะคงตัวเราสามารถเขียนวงจรสมมูลลำดับบวกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลลำดับบวกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.2 เมื่อประยุกต์ใช้กฎแรงดันของเคิร์ชฮอฟฟ์สามารถเขียนเป็นสมการที่มีหน่วยเป็นเปอร์ยูนิตได้คือ

$$E = jX_d I + V \quad (2.2)$$

หรือ

$$I = \frac{E - V}{jX_d} \quad (2.3)$$

สำหรับกำลังเชิงซ้อน

$$S = VI^* = V \left[\frac{E - V}{jX_d} \right]^* \quad (2.4)$$

เมื่อ V คือ $V \angle 0^\circ$ คือแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

E คือ $E \angle \delta$ คือแรงดันเหนี่ยวนำภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

δ คือ มุมกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากสมการ (2.2), (2.3) และ(2.4) จะได้

$$\begin{aligned}
 S &= V \left[\frac{E}{X_d} \angle \delta - 90^\circ + j \frac{V}{X_d} \right]^* \\
 S &= V \frac{E}{X_d} \angle 90^\circ - \delta - j \frac{V^2}{X_d} \\
 S &= \left[\frac{VE}{X_d} \cos \angle 90^\circ - \delta + j \frac{VE}{X_d} \sin \angle 90^\circ - \delta \right] - j \frac{V^2}{X_d} \\
 S &= \frac{VE}{X_d} \sin \delta + j \left[\frac{VE}{X_d} \cos \delta - \frac{V^2}{X_d} \right]
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.5) กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) คือ

$$P = R_e [S] = \frac{VE}{X_d} \sin \delta \tag{2.6}$$

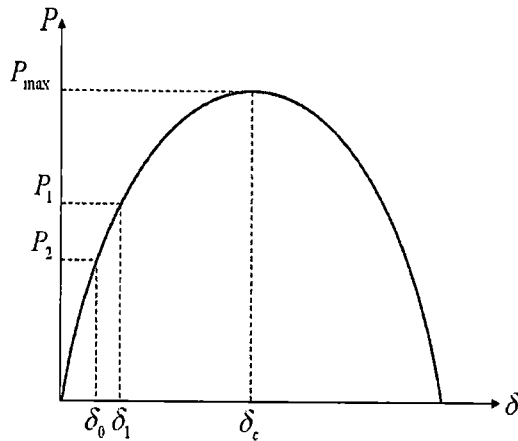
และกำลังรีแอกทีฟ (Reactive Power) คือ

$$Q = I_m [S] = \frac{VE}{X_d} \cos \delta - \frac{V^2}{X_d} \tag{2.7}$$

สำหรับกำลังจริง (P) คือ P_e ที่ได้จากการเปลี่ยนรูปกำลังกล P_m เป็นกำลังไฟฟ้าซึ่งจะอธิบายปฏิกิริยาของระบบควบคุมระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับเครื่องต้นกำลังและเครื่องกระตุ้น โดยเริ่มพิจารณากำลังจริงที่ได้รับด้วยการปรับวาล์วควบคุมแก๊สหรือควบคุมไอน้ำ ถ้ามีการปรับวาล์วมากขึ้น เครื่องต้นกำลังก็จะผลิตแรงบิด T_m มากขึ้นดังนั้นกำลังกล P_m ก็จะมากขึ้นด้วยและส่งผลให้กำลังไฟฟ้า P_e และ P เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ถ้ากำหนดให้แรงดัน E, V และรีแอกแตนซ์ X_d มีค่าคงที่ ดังนั้นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นก็คือ มุมกำลัง (δ) เมื่อพิจารณา รูปที่ 2.3 การเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้า P_2 เป็น P_1 จะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของมุมกำลังจาก δ_0 เป็น δ_1 อย่างไรก็ตามกำลังไฟฟ้ามียึดจำกัดอยู่ที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power) ค่าหนึ่ง ซึ่งยึดจำกัดความเสถียรภาพแบบอยู่ตัวใช้อ้างอิง ดังสมการที่ (2.8) เมื่อ $\delta_c = 90^\circ$ เรียกว่า มุมวิกฤต

$$P_{\max} = \frac{EV}{X_d} \sin \delta_c = \frac{EV}{X_d} \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า P และ δ

จากรูปที่ 2.3 ถ้ามีการเพิ่มกำลังกล P_m ต่อไปโดยมุม δ มีค่าเกิน 90° จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถที่ซิงโครไนซ์กับระบบได้ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปจะทำงานโดยมีมุมกำลังขนาดเล็ก ประมาณ 20° จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการตั้งค่าวาล์วควบคุมแก๊สและไอน้ำจะมีความสัมพันธ์กับการไหลของกำลังไฟฟ้า P และมุม δ เมื่อพิจารณาระบบควบคุมส่วนที่สองกล่าวคือ ตั้งค่าของเครื่องควบคุมค่าแรงดันให้สูงขึ้นจะส่งผลให้แรงดันเหนี่ยวนำภายใน E มีค่าเพิ่มขึ้นจากสมการกำลังรีแอกตีฟ สมมุติให้แรงดัน V รีแอกแตนซ์ X_d และมุม δ มีค่าคงที่ดังนั้นเมื่อแรงดัน E มีค่าเพิ่มขึ้นกำลังรีแอกตีฟ Q ก็จะเพิ่มขึ้นตาม ด้วยเหตุนี้การตั้งค่าเครื่องควบคุมแรงดันจะมีความสัมพันธ์กับแรงดันเหนี่ยวนำ E และกำลังรีแอกตีฟ Q ที่ไหลออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.2 การหมุนโรเตอร์และสมการสวิง [5]

2.2.1 ค่าความเฉื่อยคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

เครื่องจักรกลซิงโครนัสจะมีส่วนสำคัญ 2 อย่างที่มีผลต่อการหาความเสถียรภาพคือ โมเมนต์ดัมเชิงมุม และค่าความเฉื่อยคงที่ สำหรับในทางปฏิบัติจะกำหนดค่าคงที่อย่างหนึ่งเรียกว่า ค่าคงที่ H เป็นค่าความเฉื่อยคงที่ โดยที่ค่าความเฉื่อยคงที่ หาได้จาก

$$H = \frac{KE}{G} = \frac{1}{2} \frac{J\omega_s^2}{G} \quad (2.9)$$

เมื่อ H คือ ค่าความเฉื่อยคงที่, s (MJ / MVA)

KE คือ พลังงานจลน์สะสมในทุกๆ ส่วนที่หมุนที่ความเร็วซิงโครนัส, MJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของทุกส่วนที่หมุน, $kg - m^2$

ω_s คือ ความเร็วเชิงโคโรนัสเชิงมุม, rad / s

G คือ พิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ดังนั้นจากสมการที่ (2.9) เราสามารถหาค่าพลังงานสะสมได้คือ

$$GH = \frac{1}{2} J \omega_s^2 \quad (MJ) \quad (2.10)$$

สำหรับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยการหมุนจะมีโมเมนต์เชิงมุมตามสมการ

$$M = J \omega_s \quad (2.11)$$

ดังนั้นแทนค่าสมการที่ (2.11) ลงในสมการที่ (2.10)

จะได้สมการพลังงานสะสม ดังสมการที่ (2.12)

$$GH = \frac{1}{2} J \omega_s^2 = \frac{1}{2} M \omega_s \quad (MJ) \quad (2.12)$$

หรือ

$$M = \frac{2GH}{\omega_s} = \frac{GH}{\pi f} \quad (MJ - s / rad) \quad (2.13)$$

เมื่อ M คือ โมเมนต์เชิงมุม, $(MJ - s / rad)$

ถ้าจะพิจารณาหน่วยของโมเมนต์เชิงมุมที่เป็นเมกะจูล-วินาที ต่อองศาเรเดียน สามารถแปลงเป็นองศาทางไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (2.15)

$$M = \frac{GH}{\pi f} \times \frac{2\pi}{360} \quad (2.14)$$

ดังนั้นจะได้

$$M = \frac{GH}{180f} \quad MJ - s / \text{องศาทางไฟฟ้า} \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 หลักการทางกล [4][5]

จากสมการแรงบิดรวมที่เกิดความเร่งจากโรเตอร์ เมื่อโหลดในระบบมีการเปลี่ยนแปลง จากสมการที่ (2.1) คือ

$$T_a = T_m - T_e$$

จากสมการที่ (2.1) ภายใต้สภาวะคงตัว เครื่องจักรไฟฟ้าจะหมุนด้วยความเร็ว ซึ่งโครนัส ภายใต้สภาวะทรานเซียนส์จะเกิดอัตราเร่งของโรเตอร์ ดังกล่าว

เมื่อแรงบิดถูกระงับทำให้เกิดโดยโรเตอร์ จะมีอัตราเร่งเชิงมุม (α) เกิดขึ้น ถ้า (r) เป็นระยะทางของอนุภาคใดๆบนโรเตอร์ ดังนั้นอัตราเร่ง (a) จะได้

$$a = r\alpha \quad (2.16)$$

โดยให้ α มีหน่วยเป็น เรเดียน / (วินาที)²

ถ้าพิจารณาว่ามวลของโรเตอร์เป็นจำนวนอนุภาคมารวมกัน แล้วแรงเพื่อเร่งอนุภาคมวล dm จะ เป็นไปตามสมการที่ (2.18) จะได้

$$F = ma \quad (2.17)$$

$$dF = (dm)a$$

$$dF = (r\alpha)dm \quad (2.18)$$

แล้วแรงบิดเร่งจะเป็น

$$dT = r(dF)$$

$$dT = r^2\alpha(dm) \quad (2.19)$$

ทำการ อินทิเกรต สมการที่ (2.19) จะได้

$$T = \int r^2\alpha dm$$

$$T = \alpha \int r^2 dm$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้สมการแรงบิดเร่งของเครื่องจักรกลซึ่งเคลื่อนที่ด้วยการหมุน ดังสมการที่ (2.20)

$$T = J\alpha \quad (2.20)$$

โดยที่ J คือ โมเมนต์ความเฉื่อย

ดังนั้น สมการอัตราเร่งเชิงมุม (α) จะเขียนได้ดังสมการที่ (2.21)

$$\alpha = \frac{d\omega_m}{dt} \quad (2.21)$$

ดังนั้นแทนค่าสมการที่ (2.21) ใน สมการที่ (2.20) จะได้สมการแรงบิดเร่ง ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (2.22)

$$T = J \frac{d\omega_m}{dt} \quad (2.22)$$

ดังนั้นสมการการเคลื่อนที่ของโรเตอร์ของเครื่องจักรกลเชิงโรคน้ำจะนำไปตามหลักการเคลื่อนที่แบบไดนามิกส์ ดังนั้นระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากรูปที่ (2.1) เราสามารถเขียนสมการเคลื่อนที่แบบไดนามิกส์ได้ ถ้าพิจารณาแรงบิดหน่วงที่เกิดขึ้นจากความเสียดทานที่แบริงของโรเตอร์ แรงลมปะทะ และแรงบิดอื่นๆรวมเข้าด้วยดังสมการที่ (2.23)

$$T_a = T_m - T_e = J \frac{d\omega_m}{dt} + B\omega_m \quad (2.23)$$

แต่แรงบิดหน่วงที่เกิดขึ้นจากความเสียดทานที่แบริงของโรเตอร์, แรงลมปะทะ และแรงบิดอื่นๆ มีค่าน้อยมากซึ่งสามารถละเว้นได้ ดังนั้นเขียนสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (2.24)

$$T_m - T_e = J \frac{d\omega_m}{dt} \quad (2.24)$$

เมื่อคูณสมการด้วย ω_m ทั้งสองข้างดังนั้นเขียนสมการได้ดังสมการที่ (2.25) และ (2.26)

$$T_m \omega_m - T_e \omega_m = \omega_m J \frac{d\omega_m}{dt} \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$P_m - P_e = \omega_m J \frac{d\omega_m}{dt} \quad (2.26)$$

โดยที่ $P_m = T_m \omega_m$ คือ กำลังทางกลของเครื่องกักหน้, W

$P_e = T_e \omega_m$ คือ กำลังเนื่องจากแม่เหล็กไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, W

ในสภาวะคงตัวคือ ไม่มีการรบกวนเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะหมุนด้วยความเร็วคงที่ ดังสมการที่ (2.27)

$$\frac{d\omega_m}{dt} = 0 \quad (2.27)$$

ด้วยเหตุนี้สมการในสภาวะคงตัว สามารถเขียนได้ ดังสมการที่ (2.28) และ (2.29)

$$P_m - P_e = T_m \omega_m - T_e \omega_m \quad (2.28)$$

หรือ

$$P_m = P_e \text{ และ } T_m \omega_m = T_e \omega_m \quad (2.29)$$

ถ้าเกิดเหตุการณ์รบกวนขึ้นกับระบบไฟฟ้าเช่น เกิดฟอลต์ขึ้นกับระบบ จะมีผลทำให้กำลังที่จ่ายให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า P_m และกำลังขาออก P_e มีค่าไม่เท่ากัน และในขณะเดียวกันจะเกิดแรงบิดเร่งเพื่อให้ระบบกลับคืนสู่สภาวะคงตัวอีกครั้งหนึ่งจะได้ดังสมการที่ (2.30)

$$P_a = P_m - P_e = T_a \omega_m \quad (2.30)$$

เมื่อ T_a คือ แรงบิดเร่งหรือแรงบิดหน่วง, Nm

P_a คือ กำลังเร่งหรือกำลังหน่วง, MW

สำหรับแรงบิดเร่งที่ได้จากเครื่องจักรกลไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ด้วยการหมุนจะมีสมการเป็น

$$T_a = J \alpha \quad (2.31)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.31) เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2.30) เขียนสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (2.32)

$$P_a = (J\alpha)\omega_m = M\alpha = P_m - P_e \quad (2.32)$$

เมื่อสมมุติให้แกนอ้างอิงหมุนอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราเร็วเชิงมุม (Angular velocity) เป็นไปตามความเร็วเชิงโคจรให้

ω_s คือ ความเร็วเชิงมุมเชิงโคจร

θ คือ มุมตำแหน่งของจักรไฟฟ้าที่เวลา t ใดๆ

δ คือ มุมแทนตำแหน่งของเครื่องจักรไฟฟ้าเทียบกับแกนอ้างอิง ดังนั้นจะได้สมการที่ (2.33)

$$\delta = \theta - \omega_s t \quad (2.33)$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของมุมแทนตำแหน่ง หาได้เมื่อทำการ ดิฟเฟอเรนเชียล เข้าไปทั้งสองข้างจะได้

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{d\theta}{dt} - \frac{d\omega_s t}{dt}$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{d\theta}{dt} - \omega_s$$

ซึ่งเป็นอัตราเร็วเชิงมุมเทียบกับแกนอ้างอิง ส่วนอัตราเร่งจะทำได้โดยการ ดิฟเฟอเรนเชียล เข้าไปทั้งสองข้างอีกครั้ง ดังนั้นสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (2.34)

$$\alpha = \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (2.34)$$

จากสมการที่ (2.34) จะเห็นได้ว่าความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์ $\frac{d\theta}{dt}$ จะมีค่าคงที่และเท่ากับความเร็วเชิงโคจรก็ต่อเมื่อ $\frac{d\delta}{dt}$ เท่ากับศูนย์ ด้วยเหตุนี้เทอม $\frac{d\delta}{dt}$ จึงเป็นสิ่งที่แสดงถึงความเร็วโรเตอร์ที่แตกต่างไปจากความเร็วเชิงโคจรสมิหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที เมื่อแทนค่าความเร็วเชิงมุมจากสมการที่ (2.34) ลงในสมการที่ (2.32) ซึ่งเขียนสมการใหม่จะได้ดังสมการที่ (2.35) และ (2.36)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\alpha = P_m - P_e = M \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_a \quad (2.35)$$

$$P_a = M \frac{d^2 \delta}{dt^2} \quad (2.36)$$

ซึ่งจะเรียกสมการที่ (2.36) นี้ว่า สมการสวิง โดยจะใช้เป็นสมการพื้นฐานในการศึกษาความเสถียรภาพแบบทรานเซียนส์ ส่วนโมเมนต์เชิงมุม M หรือค่าความเฉื่อยของเครื่องจักรกล ซึ่งโครน์สจะมีค่าไม่คงที่หากความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เปลี่ยนแปลง อาจกำหนดให้ M มีค่าคงที่ได้ถ้าความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์ไม่ได้แตกต่างไปจากความเร็วเชิงโครน์สมากเกินขีดจำกัดความเสถียรภาพ ดังนั้น

ถ้า P_a อยู่ในหน่วย MW และอัตราเร่งเชิงมุมอยู่ในหน่วย เรเดียน / (วินาที)² แล้ว M จะมีหน่วย $MW - Sec^2 / radian$ และถ้าอัตราเร่งมีหน่วยเป็น $degree / (sec)^2$ แล้ว M จะมีหน่วยเป็น $MW - Sec^2 / degree$

การแปลงค่าระหว่างมุมทางกลเป็นมุมทางไฟฟ้าจะได้

$$1^\circ (\text{ทางกล}) = P^\circ (\text{ทางไฟฟ้า})$$

โดยที่ P เป็นจำนวนคู่ขั้วของเครื่องจักรไฟฟ้า

สมการระหว่างกำลังไฟแรงและอัตราเร่งเชิงมุมแสดงได้สมการ 2.36 ซึ่งเรียกว่าสมการสวิง หน่วยของ P_a เป็น MW แต่เราสามารถแสดงเป็นรูป $p.u.$ ได้ด้วยการหารด้วยค่าฐาน MVA ซึ่งเราเลือกเอาไว้ ในลักษณะเดียวกัน M จะสามารถแสดงเป็นรูป $p.u.$ โดยการหาด้วยฐาน MVA ถ้าพลังงานจลน์ของโรเตอร์ที่อัตราเร็วเชิงมุมเชิงโครน์ส แล้ว โมเมนต์จะเป็นไปตามสมการที่ (2.37)

$$M = \frac{2N}{\omega_s} \quad (2.37)$$

เมื่อกำหนดให้

$$N = \frac{1}{2} J \omega_s^2 = \frac{1}{2} M \omega_s$$

โดยที่ $\omega_s = 2\pi n$ ทางกล ($radian / second$), n เป็นความถี่หน่วย rps

$\omega_s = 2\pi f$ ทางไฟฟ้า ($radian / second$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยพลังงานจลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายตัวมีค่า MVA เท่ากันแล้วอาจจะมีค่าพลังงานจลน์และโมเมนตัมต่างกันได้ ดังนั้นค่าคงที่ H (ซึ่งอาจจะอ้างใช้เป็นค่าคงที่ความเฉื่อย H) จะเท่ากับพลังงานจลน์ ที่ถูกเก็บไว้หน่วย $Mega-joule$ กับอัตรา MVA

$$H = \frac{N}{S} \text{ โดยที่ } S \text{ เป็นอัตรา } MVA$$

$$N = S.H$$

$$M = \frac{2N}{360f} = \frac{N}{180f} = \frac{S.H}{180f}$$

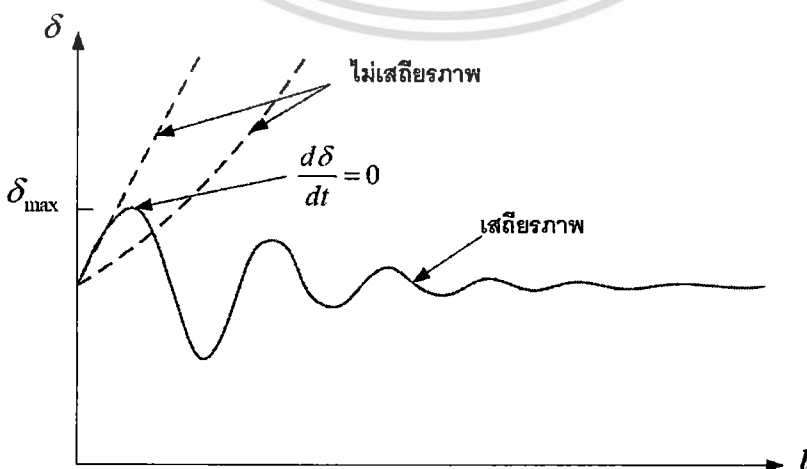
ดังนั้นสมการสวิงที่มีค่าเป็นหน่วยเปอร์ยูนิตจะได้ดังสมการที่ (2.38)

$$P_a = P_m - P_e = \frac{H}{180f} \frac{d^2\delta}{dt^2} \quad p.u. \quad (2.38)$$

โดยที่ δ มีหน่วยเป็นองศาทางไฟฟ้า

2.3 การศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าโดยหลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากัน

จากสมการที่ (2.38) ซึ่งเป็นสมการสวิง ถ้าพิจารณามุม δ ในสมการนี้จะบอกถึงการเคลื่อนที่ หรือ การสวิงของโรเตอร์ ก็คือ การที่โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงและต่ำกลับไปกลับมา หรือความเร็วไม่คงที่ เมื่อเกิดการรบกวนขึ้นในระบบไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของมุม δ ตามเวลาแบบเสถียรภาพและไม่เสถียรภาพ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 ในกรณีที่ระบบไม่มีความเสถียรภาพมุม δ จะเพิ่มขึ้นไปตามเวลาและเครื่องจักรซึ่งโครนัสก็จะหลุดจากการซิงโครไนซ์ ในกรณีที่ระบบที่มีความเสถียรภาพมุม δ จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะออสซิลเลชัน หรือสวิงไปมาและในที่สุดก็จะหยุดคงที่ และจะเห็นได้ว่าบางช่วงของเวลาจะต้องมี $d^2\delta/dt^2 = 0$ และถ้าพิจารณา dx^2/dx จะได้

$$\frac{dx^2}{dt} = 2x \frac{dx}{dt}$$

ดังนั้น

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{d\delta}{dt} \right]^2 = 2 \frac{d\delta}{dt} \frac{d^2\delta}{dt^2}$$

หรือ

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d(d\delta/dt)^2}{2d\delta} \tag{2.39}$$

แทนสมการที่ (2.39) ลงในสมการสวิง ดังสมการที่ (2.35) จะได้สมการที่ (2.40)

$$Md \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 = 2(P_m - P_e)d\delta \tag{2.40}$$

ทำการอินทิเกรต สมการที่ (2.40) จะได้

$$\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 = \frac{2}{M} \int_{\delta_0}^{\delta} (P_m - P_e) d\delta \tag{2.41}$$

ดังนั้น

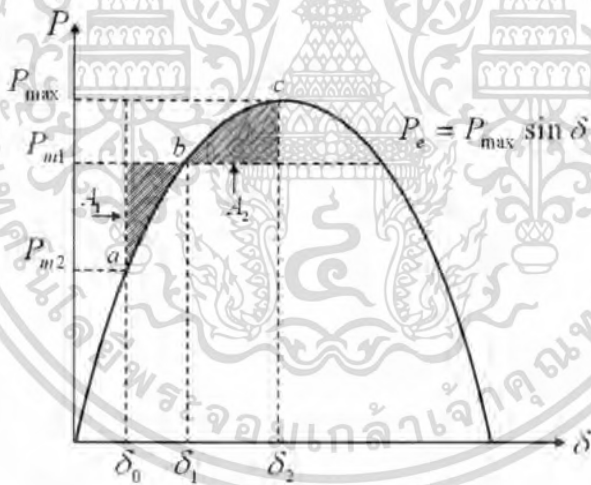
$$\frac{d\delta}{dt} = \sqrt{\frac{2}{M} \int_{\delta_0}^{\delta} (P_m - P_e) d\delta} \tag{2.42}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ δ_0 คือ มุมกำลังเริ่มต้นก่อนที่โรเตอร์จะเกิดการสวิตจิง จากสาเหตุการรบกวนที่จะเกิดขึ้นจากหลักเกณฑ์ของการเสถียรภาพจะได้ $d\delta/dt = 0$ ที่เวลาในบางช่วง ดังสมการที่ (2.43)

$$\int_{\delta}^{\delta_0} (P_m - P_e) d\delta = 0 \quad (2.43)$$

จากสมการ (2.43) เป็นเงื่อนไขสำหรับการศึกษาเสถียรภาพโดยการพิจารณาจากรูปที่ 2.5 ถ้าระบบเริ่มต้นจ่ายพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่มุม δ_0 แต่เมื่อเกิดการรบกวนขึ้นกับระบบ จนทำให้ต้องมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยมุม δ เลื่อนไปสู่มุม δ_1 ($P_{m1} > P_{e0}$) ดังนั้นจึงต้องเร่งโรเตอร์จากมุม δ_0 ไปสู่มุม δ_1 เพื่อให้สูงสุดเสถียรภาพ ($P_{m1} = P_{e1}$) โดยใช้พลังงานเร่งโรเตอร์เท่ากับพื้นที่ A_1 แต่โรเตอร์ไม่สามารถหยุดอยู่ที่มุม δ_1 ได้เนื่องจากความเฉื่อยของส่วนที่หมุน จึงทำให้ δ เลื่อนไปสู่มุม δ_2 ($P_{m1} < P_{e2}$) ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการหน่วงโรเตอร์กลับมาที่มุม δ_1 โดยใช้พลังงานเท่ากับพื้นที่ A_2 จึงจะทำให้เกิดเสถียรภาพ กล่าวคือพลังงานที่ใช้เร่งโรเตอร์จะเท่ากับพลังงานที่ใช้หน่วงโรเตอร์



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าในระบบในการเร่งและหน่วงโรเตอร์ เพื่อเข้าสู่จุดเสถียรภาพ

จากรูปที่ 2.5 สามารถหาพื้นที่ A_1 และ A_2 ได้ดังนี้

$$\text{พื้นที่} \quad A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_1} (P_{m1} - P_e) d\delta = \int_{\delta_0}^{\delta_1} (P_{m1} - P_{\max} \sin \delta) d\delta$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกัน

$$\text{พื้นที่} \quad A_2 = \int_{\delta_1}^{\delta_2} (P_e - P_{m1}) d\delta = \int_{\delta_1}^{\delta_2} (P_{\max} \sin \delta - P_{m1}) d\delta$$

ตามหลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากันสำหรับเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังจะได้

$$\text{พื้นที่ } A_1 \text{ เท่ากับ พื้นที่ } A_2$$

หรือเขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ (2.44)

$$\int_{\delta_0}^{\delta} (P_{m1} - P_{\max} \sin \delta) d\delta = \int_{\delta_1}^{\delta_2} (P_{\max} \sin \delta - P_{m1}) d\delta \quad (2.44)$$

เมื่อทำการอินทิเกรต สมการที่ (2.44) จะได้ดังสมการที่ (2.45)

$$P_{m1} (\delta_1 - \delta_0) + P_{\max} (\cos \delta_1 - \cos \delta_0) = P_{m1} (\delta_1 - \delta_2) + P_{\max} (\cos \delta_1 - \cos \delta_2) \quad (2.45)$$

แต่ที่จุดเสถียรภาพจะมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.46) และสมการที่ (2.47)

$$(P_m = P_e) \quad (2.46)$$

หรือ

$$P_{m1} = P_{\max} \sin \delta_1 \quad (2.47)$$

แทนที่ในสมการที่ (2.47) ในสมการ (2.45) เขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ (2.48)

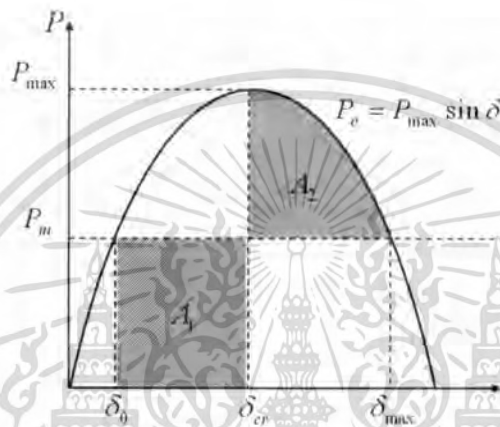
$$(\delta_2 - \delta_0) \sin \delta_1 + \cos \delta_2 - \cos \delta_0 = 0 \quad (2.48)$$

เมื่อทราบค่า δ_0 และ δ_1 เราสามารถใช้สมการที่ (2.48) หาค่า δ_2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มุมเคลียร์วิกฤต (Critical Clearing Angle)

เมื่อมีการรบกวนหรือฟอลต์เกิดขึ้นในระบบ จะมีผลทำให้มุม δ มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของกำลังที่ทำให้เกิดความเร่ง ซึ่งถ้ามุม δ มีค่าสูงมากระบบก็จะไม่เสถียรภาพ ถ้าต้องการให้ระบบอยู่ในสถานะเสถียรสภาพและสอดคล้องกับเงื่อนไขของหลักเกณฑ์พื้นที่ที่เท่ากัน เราจึงจำเป็นต้องแยกหรือกำจัดฟอลต์ออกก่อนที่ระบบจะมีมุม δ เกินค่าวิกฤตค่าหนึ่ง ซึ่งจะเรียกมุมนี้ว่า มุมเคลียร์วิกฤต (δ_{cr}) และเวลาที่สอดคล้องกันสำหรับแยกฟอลต์ ออกจากระบบเรียกว่า เวลาเคลียร์วิกฤต (t_{cr})



รูปที่ 2.6 เส้น โก้งกำลังไฟฟ้าและมุม δ แสดง มุมเคลียร์วิกฤต (δ_{cr})

ในกรณีรูปที่ 2.6 เราสามารถหามุมเคลียร์วิกฤต และเวลาเคลียร์วิกฤตได้ดังนี้

พื้นที่สี่เหลี่ยม A_1 จะได้ ดังสมการที่ (2.49)

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_{cr}} P_m d\delta = P_m (\delta_{cr} - \delta_0) \quad (2.49)$$

ในขณะที่ พื้นที่ A_2 จะได้ ดังสมการที่ (2.50)

$$\begin{aligned} A_2 &= \int_{\delta_{cr}}^{\delta_{max}} (P_e - P_m) d\delta \\ &= \int_{\delta_{cr}}^{\delta_{max}} (P_{max} \sin \delta - P_m) d\delta \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้

$$A_2 = P_{\max} (\cos \delta_{cr} - \cos \delta_{\max}) - P_m (\delta_{\max} - \delta_{cr}) \quad (2.50)$$

จากหลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากัน ดังนั้นพื้นที่ A_1 เท่ากับ A_2 แทนค่าจะได้ดังสมการที่ (2.51)

$$P_{\max} (\cos \delta_{cr} - \cos \delta_{\max}) - P_m (\delta_{\max} - \delta_{cr}) = P_m (\delta_{cr} - \delta_0) \quad (2.51)$$

$$P_{\max} (\cos \delta_{cr} - \cos \delta_{\max}) = P_m (\delta_{\max} - \delta_0) \quad (2.52)$$

ดังนั้นจะได้

$$\cos \delta_{cr} = \frac{P_m}{P_{\max}} (\cos \delta_{cr} - \delta_0) + \cos \delta_{\max} \quad (2.53)$$

สำหรับเส้นโค้งกำลังไฟฟ้าและมุม δ เป็นฟังก์ชันไซนูซอยด์ ดังนั้นจะได้

$$\delta_{\max} = \pi - \delta_0 \text{ เรเดียสทางไฟฟ้า}$$

และ

$$P_m = P_{\max} \sin \delta_0$$

เมื่อแทนค่า δ_{\max} และ P_m ลงในสมการที่ (2.53) จะได้ดังสมการที่ (2.54)

$$\cos \delta_{cr} = \frac{P_{\max} \sin \delta_0}{P_{\max}} (\pi - \delta_0 - \delta_0) + \cos(\pi - \delta_0) \quad (2.54)$$

และหาค่ามุม δ_{cr} ได้คือ

$$\delta_{cr} = \cos^{-1} [(\pi - 2\delta_0) \sin \delta_0 - \cos \delta_0] \quad (2.55)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการสวิง

$$P_m - P_e = \frac{H}{\pi f} \frac{d^2 \delta}{dt^2}$$

เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นที่เวลา $t=0$ ในทันทีทันใดนั้น ค่ากำลังไฟฟ้าขาออก P_e จะตกลงเป็นศูนย์แต่กำลังกลขาเข้าที่เพลลาของโรเตอร์ก็คงยังมีอยู่ซึ่งจะเป็นกำลังให้เกิดความเร่งนั่นเอง ดังนั้นในเหตุการณ์ช่วงเวลาดังกล่าวจะได้

$$\frac{H}{\pi f} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m$$

และ

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{\pi f}{H} P_m = \frac{2\pi f}{2H} P_m$$

หรือ

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{\omega_s}{2H} P_m \quad (2.56)$$

ดังนั้นในขณะที่เกิดฟอลต์ความเร็วของโรเตอร์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าความเร็วเชิงโครนัส ซึ่งเราสามารถหาค่าความเร็วนี้ได้จากการอินทิเกรตสมการที่ (2.56) ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ (2.57)

$$\frac{d\delta}{dt} = \int_0^t \frac{\omega_s}{2H} P_m dt = \frac{\omega_s}{2H} P_m t + C_1 \quad (2.57)$$

เนื่องจากสภาวะก่อนเกิดฟอลต์ระบบมีความเสถียรภาพ ($P_m = P_e$) หรือ $d\delta/dt = 0$ ดังนั้นเมื่อเริ่มเกิดฟอลต์ที่ $t=0$ ค่า C_1 ในสมการ (2.56) มีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าเราต้องการหาค่ามุม δ ที่เลื่อนออกไปจากมุม δ_0 เนื่องจากความเร่งที่โรเตอร์ที่ได้รับ ก็สามารถทำได้โดยอินทิเกรตสมการที่ (2.57) เทียบกับเวลาจะได้ดังสมการที่ (2.58)

$$\delta = \int \frac{\omega_s}{2H} P_m t dt = \frac{\omega_s}{4H} P_m t^2 + C_2 \quad (2.58)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่เริ่มเกิดฟอลต์ที่เวลา $t = 0$ มีมุม $\delta = \delta_0$ ดังนั้นเขียนสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (2.59)

$$\delta = \frac{\omega_s}{4H} P_m t^2 + \delta_0 \quad (2.59)$$

มุม δ เป็นตำแหน่งเชิงมุมของโรเตอร์ที่เลื่อนออกไป เนื่องจากความเร่ง ถ้าเรากำหนดหามุมเคลียร์ริง์วิกฤตจากสมการ (2.55) แล้วนำมาแทนค่าสมการทางซ้ายมือของสมการ (2.59) ก็สามารรถกำหนดหาเวลาเคลียร์ริง์วิกฤตได้ ดังสมการที่ (2.60) และ (2.61)

$$\delta_{cr} = \frac{\omega_s}{4H} P_m t_{cr}^2 + \delta_0 \quad (2.60)$$

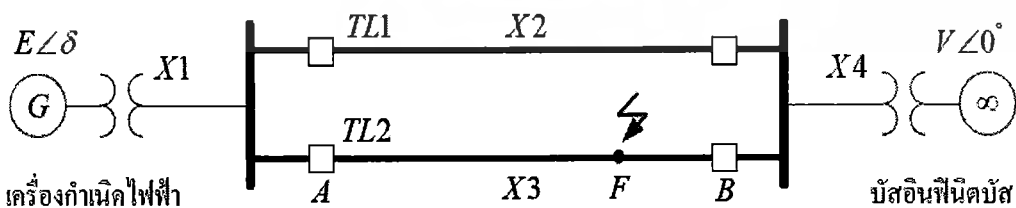
หรือ

$$t_{cr} = \sqrt{\frac{4H(\delta_{cr} - \delta_0)}{\omega_s P_m}} \quad (2.61)$$

2.5 การประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากัน

สำหรับหลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากันไม่ใช่วิธีการหาเวลาเคลียร์ริง์วิกฤต แต่เป็นเป็นวิธีการที่ใช้หามุมเคลียร์ริง์วิกฤต ซึ่งมันก็จะสอดคล้องกันด้วยเช่นกัน ในการศึกษาเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์ส่วนมากแล้วจะเป็นฟอลต์แบบสมมาตร 3 เฟส [3] โดยหลักเกณฑ์พื้นที่เท่ากันสามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลไฟฟ้า 2 เครื่อง หรือ เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1 เครื่อง กับอีก 1 บัสอินฟินิต

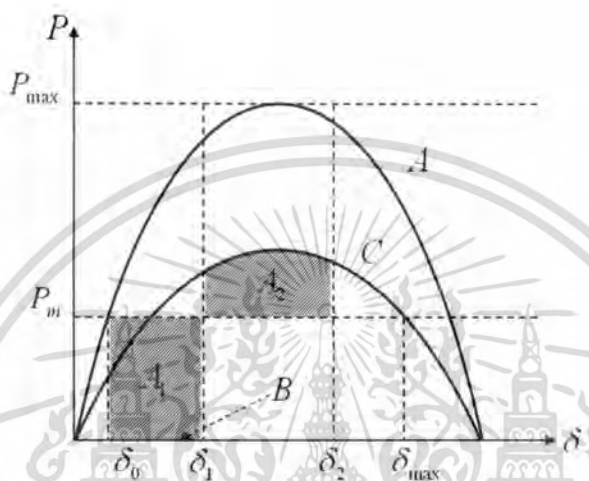
2.5.1 กรณีเกิดฟอลต์แบบสมมาตร 3 เฟส ที่ปลายสายส่งด้านใดด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.7 แผนภาพระบบไฟฟ้าที่เกิดฟอลต์ที่ปลายสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 เป็นระบบไฟฟ้าที่มีสายส่ง 2 วงจรต่อขนานกัน โดยที่ปลายสายส่งต่อกับบัสเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และบัสอินฟินิต เมื่อเกิดฟลัดด์แบบสมมาตร 3 เฟสที่ปลายสายส่งด้านหนึ่งตรงจุด F ในทันทีทันใดนั้นเองกำลังไฟฟ้าขาออก P_e จะตกลงเป็นศูนย์ และเซอร์กิตเบรกเกอร์ A และ B จะทำงานโดยปลดสายส่ง $TL2$ เพื่อแยกฟลัดด์ออกจากระบบ หลังจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าส่งพลังงานเข้าไปยังระบบโดยผ่านสายส่ง $TL1$ ซึ่งสามารถแสดงเป็นลำดับขั้นตอนได้ 3 ขั้นตอนตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เส้นโค้งกำลังไฟฟ้าแสดงสภาวะก่อนเกิดฟลัดด์, ช่วงเกิดฟลัดด์ และหลังเกิดฟลัดด์

จากรูปที่ 2.8 แสดงเส้นโค้งกำลังไฟฟ้าตามขั้นตอนการเกิดฟลัดด์และสามารถอธิบายตามขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นตอนก่อนเกิดฟลัดด์ แสดงด้วยเส้นโค้ง A ซึ่งถือได้ว่าระบบอยู่ในสภาวะปกติ ดังนั้น

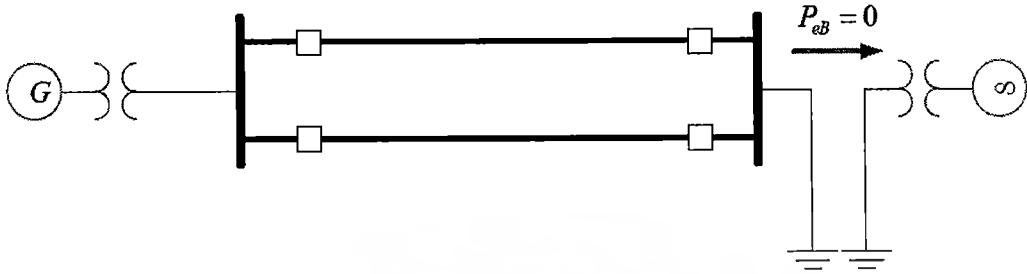
$$P_e = P_m \quad (2.61)$$

และสามารถหา P_e ได้จากสมการที่ (2.62)

$$P_{e1} = \frac{EV \sin \delta}{X_1 + X_4 + \frac{X_2 X_3}{X_2 + X_3}} \quad (2.62)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนขณะเกิดฟอลต์ เมื่อเกิดฟอลต์แบบสมมาตรแบบ 3 เฟส ที่จุด F จะเสมือนกับว่าได้แยกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบดังแสดงในรูปที่ 2.9 ดังนั้น กำลังไฟฟ้าขาออก $P_c = 0$ พื้นที่ A_1 ในรูปที่ 2.8 จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานจลน์สะสมในโรเตอร์ที่ทำให้เกิดความเร่ง และมีการเลื่อนมุม δ ไปตามตำแหน่ง δ_1



รูปที่ 2.9 แผนภาพระบบไฟฟ้าขณะเกิดฟอลต์ที่ปลายสายส่ง

3. ขั้นตอนหลังจากแยกฟอลต์ออกจากระบบถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ A และ B สามารถแยกได้ทันที ระบบจะได้รับพลังงานผ่านสายส่ง $TL1$ ตามเส้นโค้ง C ซึ่งจะมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 2.63

$$P_{ec} = \frac{EV \sin \delta}{X_1 + X_2 + X_4} \quad (2.63)$$

หลังจากแยกสายส่ง $TL2$ ออกจากระบบแล้วโรเตอร์ยังคงได้รับความเร่งจลน์ δ เคลื่อนออกไปจนเกินมุม δ_1 จนกระทั่งถึงมุม δ_2 ซึ่งในช่วงนี้ กำลังไฟฟ้าขาออก P_c มีค่าสูงกว่ากำลังขาเข้า P_m แล้วจึงจัดสมการให้พื้นที่ A_1 และ A_2 ได้จาก

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_1} P_m d\delta = (\delta_1 - \delta_0) P_m$$

และ

$$A_2 = \int_{\delta_1}^{\delta_2} (P_{ec} - P_m) d\delta \quad (2.64)$$

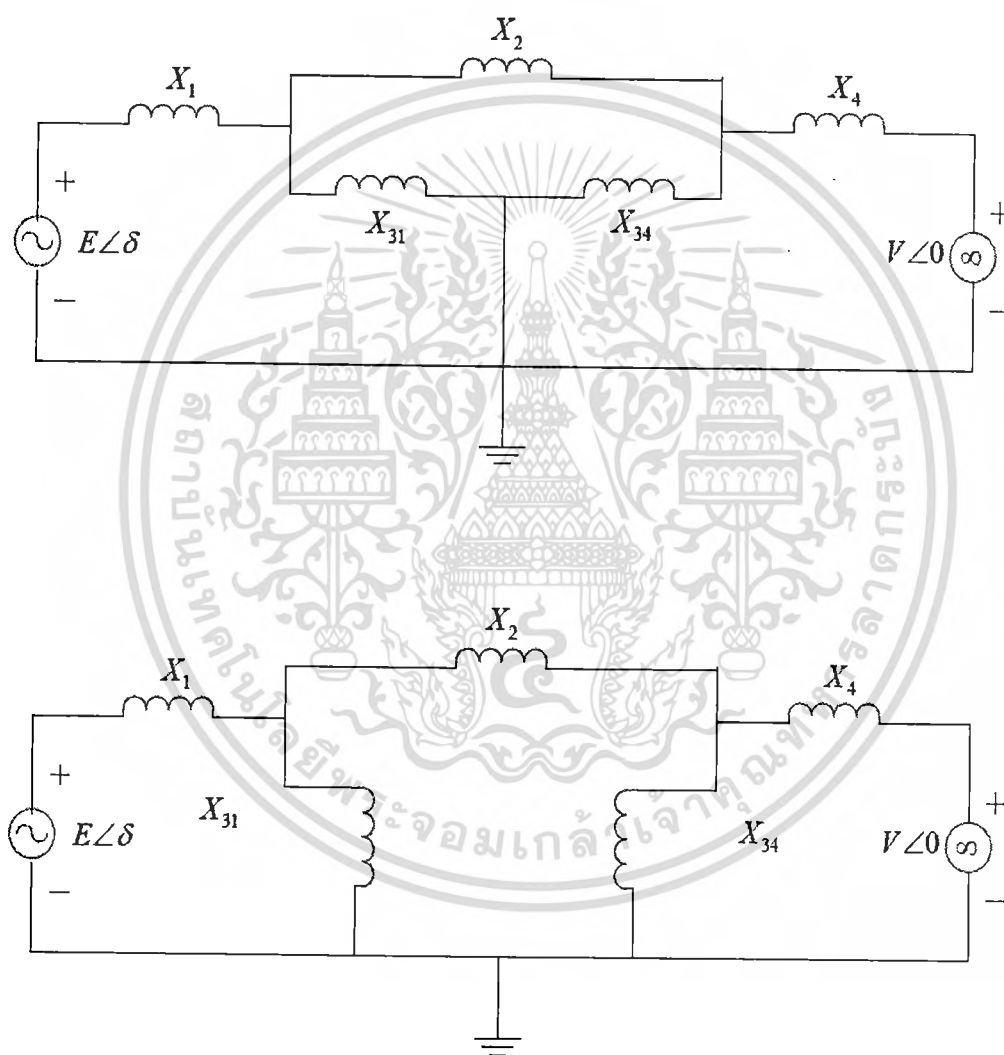
สำหรับการคำนวณหามุมเคลียร์ริงวิกฤต ในกรณีนี้ ($\delta_{cr} = \delta_1$) โดยตั้งค่า δ_2 ของสมการที่ (2.64) ให้เท่ากับ δ_{max} ที่เป็นจุดตัด ระหว่างเส้นโค้ง C กับ P_m แล้วจึงจัดสมการให้พื้นที่ $A_1 = A_2$ นั้นซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (2.65)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(\delta_{cr} - \delta_0)P_m = \int_{\delta_1}^{\delta_2} (P_{eC} - P_m)d\delta \quad (2.65)$$

2.5.2 กรณีเกิดฟอลต์แบบสมมาตร 3 เฟส ที่ตำแหน่งใดๆบนสายส่ง

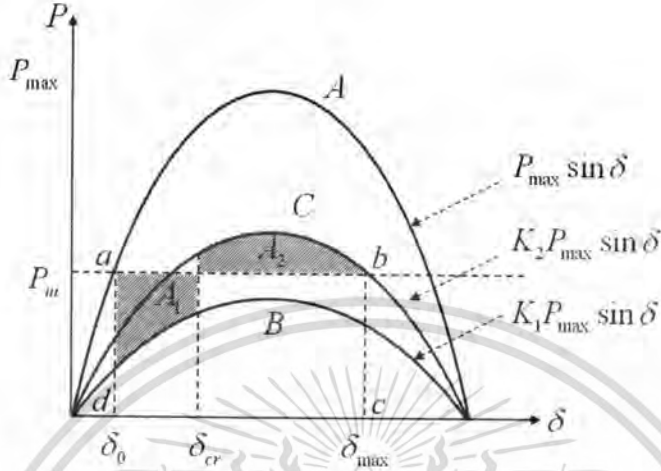
เมื่อเกิดฟอลต์แบบสมมาตร 3 เฟสที่ตำแหน่งใดๆ บนสายส่ง ของระบบกำลังไฟฟ้าในรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่ามีอิมพีแดนซ์บางส่วนของสายส่งต่อระหว่างบัสกับจุดฟอลต์ดังแสดงเป็น รีแอกแตนซ์ไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 รีแอกแตนซ์ไดอะแกรมของระบบไฟฟ้าในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าบางส่วน ให้กับระบบในขณะที่เกิดฟอลต์ได้ ดังนั้นถ้าประยุกต์หลักเกณฑ์พื้นที่ที่เท่ากัน จะสามารถสร้างเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างกำลังและมุม δ ได้ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การใช้หลักเกณฑ์พื้นที่ที่เท่ากันกับการเคลียร์ฟอลต์

จากรูปที่ 2.11 กำหนดให้เส้นโค้ง A คือ กำลังไฟฟ้าของระบบก่อนเกิดฟอลต์ สำหรับช่วงเวลาที่เกิดฟอลต์แสดงด้วยเส้นโค้ง B และเส้นโค้ง C เป็นกำลังไฟฟ้าของระบบหลังจากแยกฟอลต์ออกจากระบบแล้ว ดังนั้นเราสามารถหาความสัมพันธ์ ของค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเหตุการณ์ต่างๆ ได้ดังนี้

$$A = P_{\max} \sin \delta$$

$$B = K_1 A = K_1 P_{\max} \sin \delta$$

$$C = K_2 A = K_2 P_{\max} \sin \delta$$

โดยที่ $K_1 < K_2$

สำหรับเงื่อนไขสำหรับการรักษาเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้านั้นจะต้องมีพื้นที่ $A_1 = A_2$ ดังนั้นจะได้

$$(\delta_{\max} - \delta_0) P_m = \int_{\delta_0}^{\delta_{cr}} B d\delta + \int_{\delta_{cr}}^{\delta_{\max}} C d\delta \tag{2.66}$$

ดังนั้นแทนค่า B, C และ $P_m = P_{\max} \sin \delta_0$ ลงในสมการ (2.66) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\cos \delta_{cr} = \frac{1}{K_2 - K_1} [(\delta_{\max} - \delta_0) \sin \delta_0 - K_1 \cos \delta_0 + K_2 \cos \delta_{\max}] \quad (2.67)$$

และจากรูปที่ 2.11 เขียนเป็นสมการก็ได้ ดังสมการที่ (2.68)

$$P_m = P_{\max} \sin \delta_0 = K_2 P_{\max} \sin \delta_{\max} = K_2 P_{\max} \sin(\pi - \delta_{\max}) \quad (2.68)$$

จากสมการ(2.68) จะได้สมการสำหรับคำนวณหาเวลาเฉลี่ยรีจิงวิกฤต ดังสมการที่ (2.69)

$$\sin \delta_0 = K_2 \sin(\pi - \delta_{\max}) \quad (2.69)$$

ในกรณีนี้ไม่สามารถจัดเป็นรูปแบบได้ แต่การหาเวลาเฉลี่ยรีจิงวิกฤตสามารถหาได้โดยการนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุม δ และเวลา t มาสร้างเป็นเส้นโค้งสวิงโดยใช้วิธีขั้นต่อขั้น

2.6 รูปแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบภายนอก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสที่ทำงานในเงื่อนไขของสถานะคงตัวจะมีสมการแรงดันอยู่ในรูปสมการที่ (2.70) และ (2.71)

$$E_f = V + jX_q I_q + X_d I_d \quad (2.70)$$

$$I = I_d + I_q \quad (2.71)$$

เมื่อ $E_f = E_f \angle \delta$ คือ แรงดันเหนี่ยวนำภายในที่เกิดจากสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ซึ่งมีเฟสอยู่ที่แกน q โดยกำหนดให้

V คือ แรงดันที่ขั้ว

I คือ กระแสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

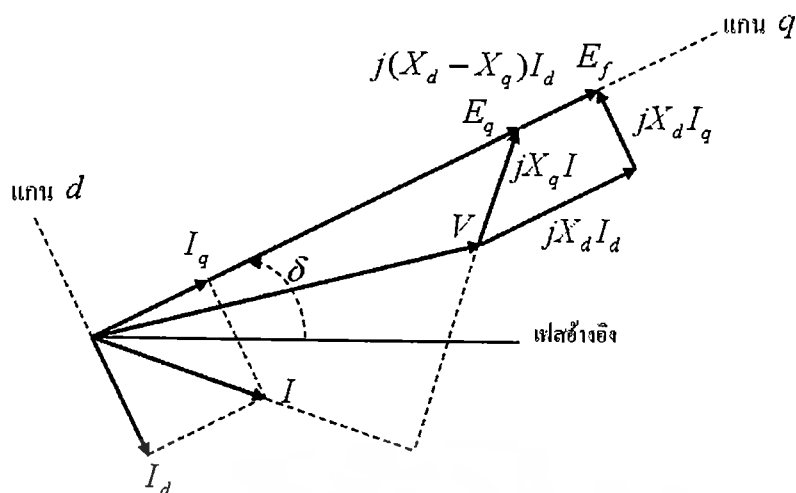
I_d คือ ส่วนประกอบของกระแส I ตามแกนตรง

I_q คือ ส่วนประกอบของกระแส I ตามแกนขวาง

X_d คือ ซิงโครนัสรีแอกแตนซ์ตามแกนตรง

X_q คือ ซิงโครนัสรีแอกแตนซ์ตามแกนขวาง

โดย ปริมาณทั้งหมดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ส่วนกระแสและแรงดันเป็นค่าของลำดับบวก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 เฟสเซอร์ไดอะแกรมตามแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส
ในสถานะคงตัว

จะสังเกตได้ว่า E_f จะอยู่ในแกน q และมีเฟสมีเฟสต่างจากเฟสอ้างอิงเป็นมุม δ จากสมการที่ (2.70) และ (2.71) จะได้

$$E_f = V + jX_q I_q + jX_d I_d$$

$$E_f = V + jX_q (I - I_d) + jX_d I_d$$

$$E_f = V + jX_q I - jX_q I_d + jX_d I_d$$

ดังนั้น $E_f = E_q + j(X_d - X_q) I_d$ (2.72)

เมื่อ $E_q = V + jX_q I$ (2.73)

จะเห็นได้ว่า E_q สามารถคำนวณได้โดยตรงถ้าทราบค่า V และ I ส่วนเฟสเซอร์ $j(X_d - X_q) I_d$ จะตกอยู่ในแกน q เมื่อ E_q เป็นแรงดันในแกน q ดังนั้น $E_q = E_f \angle \delta$ ในสถานะทรานเซียนส์ นั้นค่ารีแอกแตนซ์ตามแกนตรง X_d ควรจะแทนด้วยค่า ทรานเซียนส์รีแอกแตนซ์ X'_d ส่วนค่ารีแอกแตนซ์ตามแกนขวาง X'_q ยังคงมีค่าเท่ากับ X_q

ดังนั้น

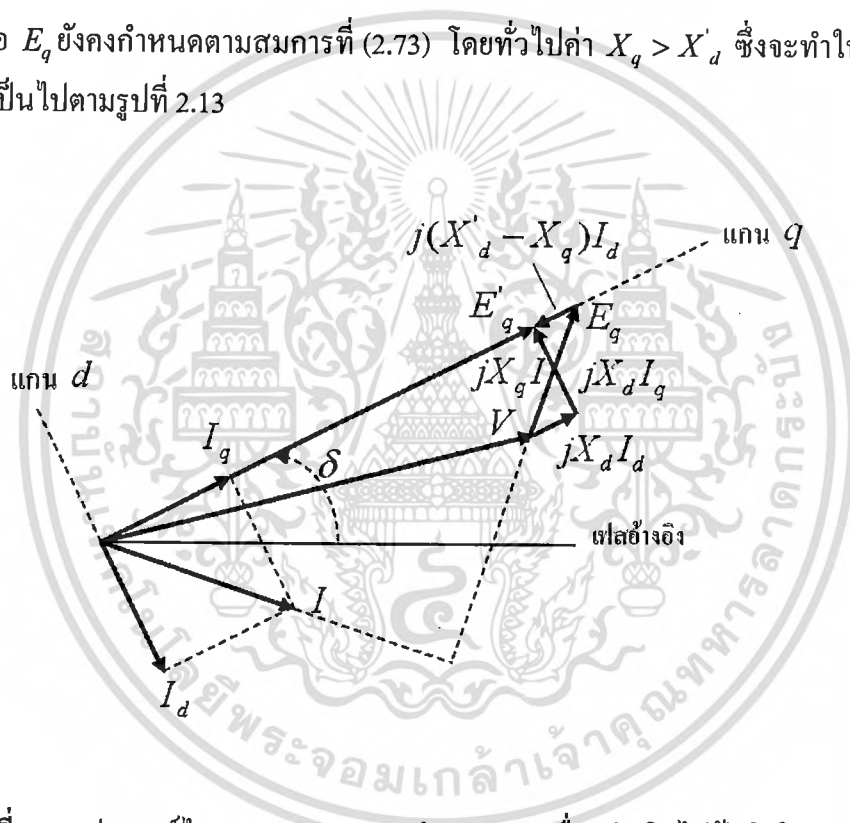
$$E'_q = V + jX_q I_q + jX'_d I_d$$

$$E'_q = V + jX_q (I - I_d) + jX'_d I_d$$

$$E'_q = V + jX_q I - jX_q I_d + jX'_d I_d$$

จะได้
$$E'_q = E_q + j(X'_d - X_q) I_d \quad (2.74)$$

เมื่อ E_q ยังคงกำหนดตามสมการที่ (2.73) โดยทั่วไปค่า $X_q > X'_d$ ซึ่งจะทำให้เฟสเซอร์ไคอะแกรมเป็นไปตามรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เฟสเซอร์ไคอะแกรมตามแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส
ในสถานะ ทรานเซียนต์

เพื่อให้แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสได้ผลง่ายขึ้น จึงพิจารณาให้ $X'_d = X_q$ จะ
ได้

$$E'_q = E_q \quad (2.75)$$

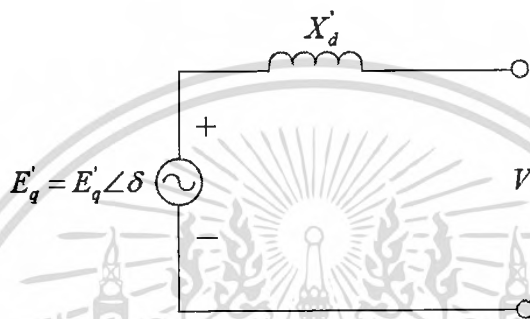
$$E'_q = jX_q I + V \quad (2.76)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเขียนสมการใหม่จะได้ดังสมการที่ (2.77)

$$E'_q = jX'_d I + V \quad (2.77)$$

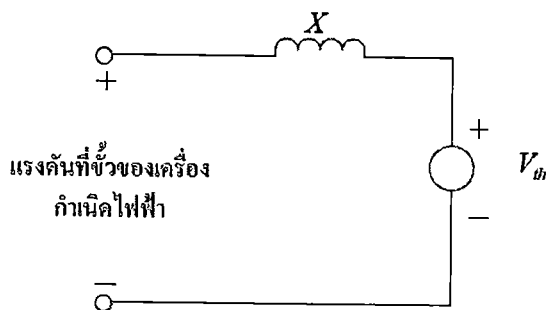
จากสมการ (2.77) สามารถนำมาสร้างแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ วงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจะใช้แบบจำลองนี้ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการศึกษาเสถียรภาพ แบบทรานเซียนต์



รูปที่ 2.14 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์ในสภาวะทรานเซียนต์

เมื่อมองจากขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมาสู่ระบบกำลังไฟฟ้าภายนอก ซึ่งก็คือเป็น วงจรไฟฟ้าที่มีการต่อกันของหม้อแปลงกำลัง สายส่ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยอื่นๆ เมื่อระบบ เกิดฟอลต์ หรือมีการสวิตช์ซึ่งขึ้นจะเป็นการรบกวน ซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหาเสถียรภาพแบบทราน เซียนต์ ต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยใดหน่วยหนึ่งหรือ ทุกหน่วย อย่างไรก็ตามปัญหาเหล่านี้จะมี ผลกระทบมากเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับ ฟอลต์มากที่สุด จึงมีความเป็นไปได้ที่สร้าง ระบบไฟฟ้าภายนอกเป็นวงจรสมมูล

ซึ่งในทางปฏิบัติระบบไฟฟ้าภายนอกจะจัดให้อยู่ในรูปแบบของบัสอินฟินิต ซึ่งถือว่าเมื่อ เกิดการรบกวนขึ้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อแรงดันและความถี่ที่บัสนี้ โดยรูปแบบจำลองของบัสอินฟินิต นั้นเราสามารถใช่วงจรสมมูลเทวินินที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีแรงดันเฟสและ ความถี่ ดังรูปที่ 2.15



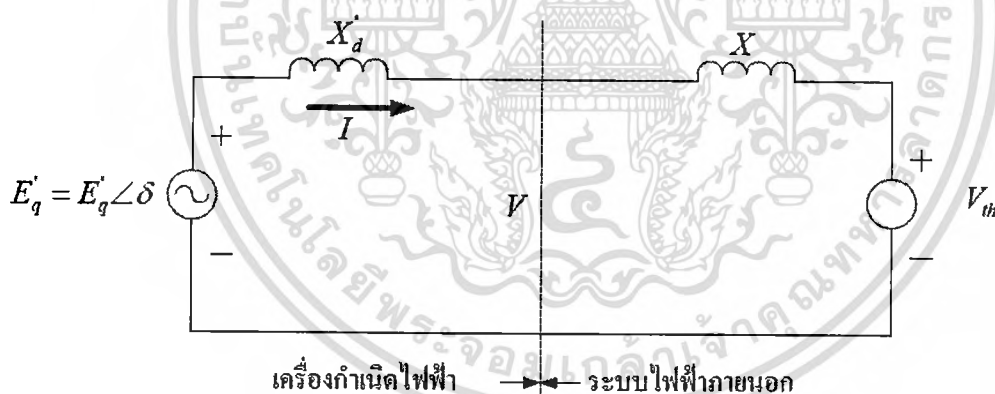
รูปที่ 2.15 แบบจำลองของระบบไฟฟ้าภายนอก

เมื่อ กำหนดให้

V_{th} คือ แรงดันสมมูลเทวินินของระบบไฟฟ้า โดยมองจากขั้วของกำเนิดไฟฟ้าที่กำหนด ออกสู่ระบบ

X คือ รีแอกแตนซ์สมมูลเทวินิน

ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังแบบทรานเซียนส์ เราจึงสามารถสร้างแบบจำลองของระบบไฟฟ้าได้ดัง รูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าภายนอก

สมมติว่าในสภาวะทรานเซียนส์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ด้วยระบบควบคุมความเร็วโรเตอร์ หรือ ระบบควบคุมแรงดัน ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อความถี่ของระบบด้วยสมมติฐานนี้จึงทำให้สามารถประยุกต์ใช้สมการสวิงตามสมการ (2.78) คือ

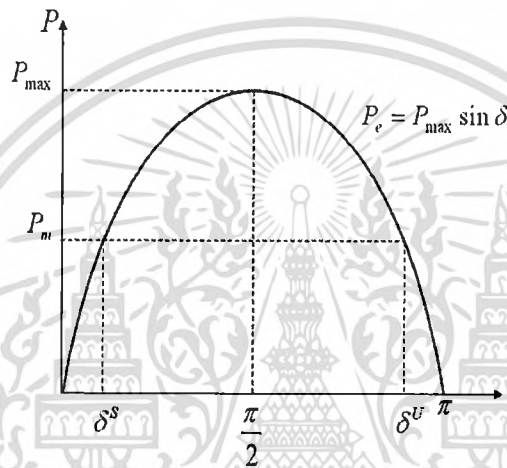
$$P_a = P_m - P_e = \frac{H}{180f} \frac{d^2\delta}{dt^2} \quad (2.78)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้ P_m คือ ค่าคงที่ จะได้

$$P_e = \frac{E'_q V_{th}}{X'_q + X} \sin \delta = P_{\max} \sin \delta \quad (2.79)$$

ดังนั้น จากสมการที่ (2.78) สามารถกล่าวได้ว่าระบบไฟฟ้าจะอยู่ในสภาวะสมดุลก็ต่อเมื่อ $P_m = P_e$ นั้นหมายถึง $d^2 \delta / dt^2 = 0$ และจากรูปที่ 2.17 จะเห็นได้ว่าค่า P_m ซึ่งมีค่าคงที่ จะมีผลต่อการสมดุลกับ P_e อยู่สองค่าคือ ที่มุม $\delta = \delta^s$ และ $\delta = \delta^u$

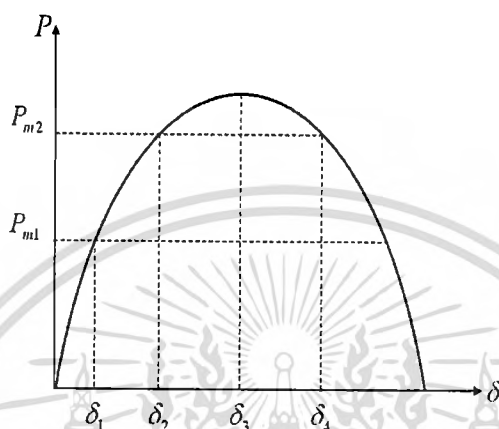


รูปที่ 2.17 เส้นโค้งแสดงค่า P_m และ P_e กับมุม δ

และจากรูปที่ 2.17 ระบบทำงานโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าอยู่ที่มุม δ เมื่อมีการรบกวนด้วยจำนวนเล็กน้อยเกิดขึ้น อย่างทันทีทันใด ทำให้ δ เปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ $P_e > P_m$ และ $d^2 \delta / dt^2$ ในสมการที่ 2.78 จะมีค่าเป็นลบ ด้วยเหตุนี้ ระบบจึงต้องตอบสนองโดยการลดมุม δ ให้กลับมายู่ที่ δ^s ต่อมาถ้าสมมติว่า δ เพิ่มจาก δ^u นั้นย่อมหมายความว่า $P_m > P_e$ และ $d^2 \delta / dt^2$ จะมีค่าเป็นบวกซึ่งจะส่งผลตอบสนองโดยการเพิ่มมุม δ ให้เคลื่อนที่ออกไปจากมุม δ^u มากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้มุม δ^s และ δ^u จึงใช้อ้างอิงต่อเหตุการณ์ของระบบไฟฟ้าในสถานะเสถียรภาพและไม่เสถียรภาพตามลำดับและเมื่อพิจารณาเสถียรภาพแบบทรานเซียนส์จากรูปที่ 2.18 สมมติว่าในสภาวะปรกติระบบทำงานอยู่ที่ $P_m = P_{m1}$ และ $\delta = \delta_1$ เมื่อ P_m ได้รับความเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด เป็น P_{m2} ที่เวลา $t = 0$ แต่โรเตอร์จะมีค่าความเฉื่อยไม่สามารถปรับตามกำลังทางกลได้ทันที ด้วยเหตุนี้เวลา $t = 0^+$ จะได้มุม $\delta = \delta_1$ และ $P_m > P_e$ ดังนั้น จึงทำให้โรเตอร์มีความเร่ง มุม δ ก็จะเพิ่มขึ้น และเพิ่ม ต่อเนื่องจนกระทั่ง $\delta = \delta_2$ ถึงจุดนี้เราก็คould ได้ $P_m = P_e$ อย่างไรก็ตามเนื่องจากโรเตอร์มีความเฉื่อย จึงไม่สามารถทำให้มุม δ หยุดที่จุดนี้ได้ จึงทำให้มุม δ นี้เคลื่อนที่ต่อไป เมื่อ $\delta > \delta_2$ จะส่งผลให้ $P_m < P_e$ จึงทำให้เกิดความหน่วงขึ้นจนในที่สุดโรเตอร์ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหยุดที่มุม δ_3 และเคลื่อนที่กลับไป δ_2 ในช่วงนี้โรเตอร์จะเกิดการสวิงไปมา หรือออสซิลเลชัน อยู่ระยะหนึ่งและในที่สุดจะมีความเสถียรภาพที่จุดสมดุลค่าใหม่คือ ที่มุม δ_2 และถ้าขึ้นในการเพิ่ม P_m มากเกินไปก็จะทำให้โรเตอร์เกิดการสวิงมากเช่นเดียวกัน เมื่อใดก็ตามถ้ามีการสวิงจนมุม $\delta > \delta_4$ ที่จุดนี้ $P_m > P_c$ ซึ่งจะเกิดความเร่งให้กับโรเตอร์อีก และเป็นเหตุให้มุม δ เพิ่มขึ้นต่อไป ด้วยเหตุนี้ระบบจึงไม่พบจุดเสถียรภาพ ถ้ามีการสวิงจนมุม δ ผ่านมุม δ_4



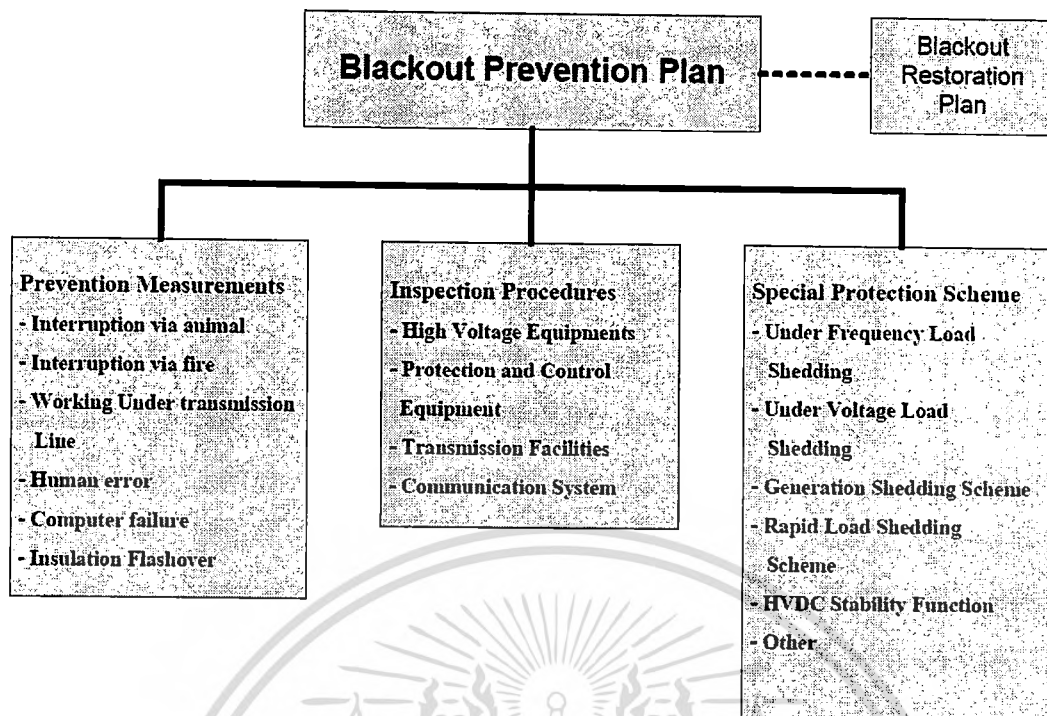
รูปที่ 2.18 ปฏิกริยาของระบบไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงค่า P_m

2.7 แบบแผนการป้องกันพิเศษ

การป้องกันในระบบกำลังไฟฟ้านั้นจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์การป้องกันต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด หรืออุปกรณ์ป้องกันทางด้านแรงดันไฟฟ้าเกินหรือต่ำกว่าพิกัด เป็นต้น แต่สำหรับ แบบแผนการป้องกันพิเศษ เป็นกระบวนการ การป้องกันระบบกำลังไฟฟ้าเฉพาะเจาะจงในแต่ละปัญหา ซึ่งแผนการป้องกันแบบพิเศษ (SPS) นี้ได้ถูกออกแบบและใช้เป็นเครื่องมือในการป้องกันระบบ เมื่อมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้นเพื่อที่จะรักษาความเสถียรภาพของระบบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อจำกัดขอบเขตของปัญหาและลดผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบกำลังไฟฟ้าให้น้อยที่สุด

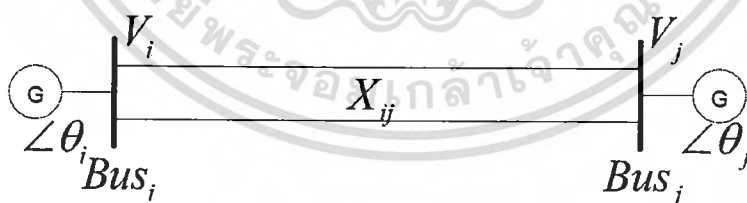
ซึ่งแบบแผนการป้องกันพิเศษนี้ได้เลือกใช้วิธีการ การลดกำลังไฟฟ้าและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากการป้องกันการเกิดไฟฟ้าดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในรูปที่ 2.19 ซึ่งจัดเป็นแผนการป้องกันระยะสั้น โดยได้เลือกใช้ วิธีการการลดกำลังไฟฟ้ากับกรณี ผลกระทบจากการทำสวิตช์ซึ่งสายส่ง เนื่องจากการทำสวิตช์ซึ่งนั้นมีแบบแผนและกำหนดการล่วงหน้าชัดเจนซึ่งมีเวลาเพียงพอในการเตรียมระบบ และสำหรับวิธีการการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้เลือกใช้กับกรณี การเกิดการลัดวงจรขึ้นในระบบ เนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทันทีทันใดซึ่งหากใช้วิธีการการลดกำลังไฟฟ้านั้นอาจจะไม่ทันต่อเหตุการณ์เนื่องจากติดปัญหาในเรื่องของอัตราการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แผนการป้องกันการเกิดไฟฟ้าดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [7]

กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านในสายส่งเส้นใดเส้นหนึ่งนั้นสามารถแสดงให้ได้ในรูปที่ 2.20 ซึ่งใช้ในการอธิบาย การคำนวณหาค่าการส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งระหว่างจาก บัส i และบัส j , แฟลคเตอร์การกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) และอธิบายการคำนวณหาค่า เจนเนเรชันชิฟแฟลคเตอร์ (GSF) เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ถูกปลดออก [11]



รูปที่ 2.20 การส่งผ่านพลังงานระหว่างบัส i และบัส j

จากรูปที่ 2.20 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสามารถอ้างอิงจากสมการที่ 2.6 ได้ซึ่งสามารถเขียนสมการใหม่จะได้ดังสมการที่ 2.80

$$P_{ij} = \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin(\theta_i - \theta_j) \quad (2.80)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ 2.80 หากสมมุติให้ $V_i = V_j = 1 p.u.$ และ $\sin(\theta_i - \theta_j) \approx (\theta_i - \theta_j)$ เขียนสมการใหม่จะ
ได้ดังสมการที่ 2.81

$$P_{ij} = \frac{(\theta_i - \theta_j)}{X_{ij}} \quad (2.81)$$

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายหรือฉีดเข้าไปยังบัส i สามารถหาได้จากสมการที่ 2.82

$$P_i = \sum_{j=1}^N P_{ij} = \sum_{j=1}^N \frac{(\theta_i - \theta_j)}{X_{ij}} \quad (2.82)$$

จะได้

$$\frac{\partial P_i}{\partial \theta_i} = \sum_{j=1}^N \frac{1}{X_{ij}} = -\frac{1}{X_{ij}}$$

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าที่บัส i สามารถเขียนสมการใหม่จะได้

$$\Delta P_i = \frac{\partial P_i}{\partial \theta_1} \Delta \theta_1 + \dots + \frac{\partial P_i}{\partial \theta_N} \Delta \theta_N \quad (2.83)$$

2.7.1 แฟกเตอร์การกระจายการไหลของกำลังไฟฟ้าจากสายส่งที่ถูกปลด (LODF)

แฟกเตอร์การกระจายของกำลังไฟฟ้าจากสายส่งที่ถูกปลดสามารถหาการรับภาระโหลด
ของสายส่งได้ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.84

$$d_{lk} = \frac{\Delta f_l}{f_k^{old}} \quad (2.84)$$

โดยกำหนดให้

d_{lk} คือ แฟกเตอร์การกระจายของกำลังไฟฟ้าของสายส่ง l หลังจากสายส่ง k ถูกปลด

Δf_l คือ การเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้า (MW) ในสายส่ง l หลังจากสายส่ง k
ถูกปลด

f_k^{old} คือ กำลังไฟฟ้าในสายส่ง k ก่อนถูกปลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสามารถหาสมการกำลังไฟฟ้าไหลใหม่ได้ดังสมการที่ 2.85

$$f_l^{new} = f_l^{old} + d_{lk} f_k^{old} \quad (2.85)$$

2.7.2 เจนเนเรชันซีฟแฟคเตอร์ (GSF)

ในการคำนวณผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้า หรือ สมการของเจนเนเรชันซีฟแฟคเตอร์ ในสายส่งสามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.86

$$a_{li} = \frac{\Delta f_l}{\Delta P_i} \quad (2.86)$$

โดยกำหนดให้

a_{li} คือ เจนเนเรชันซีฟแฟคเตอร์เชิงเส้นสำหรับสายส่ง l เมื่อกำลังไฟฟ้าของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า i เปลี่ยน

Δf_l คือ การเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้า (MW) ในสายส่ง l

ΔP_i คือ การเปลี่ยนแปลงการส่งจ่ายไฟฟ้าที่ บัส i

หากสมมติให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่บัส i ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าการไหลกำลังไฟฟ้าใหม่ที่เกิดขึ้นได้ดังสมการที่ 2.87

$$f_l^{new} = f_l^{old} + a_{li} \Delta p_i; \forall l = 1, 2, \dots, L \quad (2.87)$$

โดยกำหนดให้

f_l^{new} คือ การไหลกำลังไฟฟ้าในสายส่งใหม่หลังจากที่เครื่องกำเนิด i ถูกปลด

f_l^{old} คือ การไหลกำลังไฟฟ้าในสายส่งใหม่ก่อนที่เครื่องกำเนิด i ถูกปลด

P_i^{old} คือ กำลังไฟฟ้าของก่อนเครื่องกำเนิด i ถูกปลด

จะได้สมการการไหลกำลังไฟฟ้าใหม่หลังจากที่เครื่องกำเนิดถูกปลดดังสมการที่ 2.88

$$f_l^{new} = f_l^{old} - a_{li} P_i^{old}; \forall l = 1, 2, \dots, L; [\because \Delta P_i = -P_i^{old}] \quad (2.88)$$

ดังนั้นจะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า j จ่ายกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมาซึ่ง Proportionality Factor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า j สามารถหาได้จากสมการที่ 2.89

$$\gamma_{ji} = \frac{P_j^{\max}}{\sum_{k=1(k \neq i)}^{N_G} P_k^{\max}} \quad (2.89)$$

โดยกำหนดให้

- γ_{ji} คือ Proportionality Factor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า j เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i ถูกปลดออก
- P_k^{\max} คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า k
- N_G คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ดังนั้นสามารถเขียนสมการการไหลกำลังไฟฟ้าใหม่หลังจากที่เครื่องกำเนิด j ที่เพิ่มค่าขึ้นมาได้ดังสมการที่ 2.90

$$f_i^{\text{new}} = f_i^{\text{old}} + a_{ii} \Delta P_i - \sum_{j=1, j \neq i}^{N_G} (a_{ij} \gamma_{ji} \Delta P_i) \quad (2.90)$$

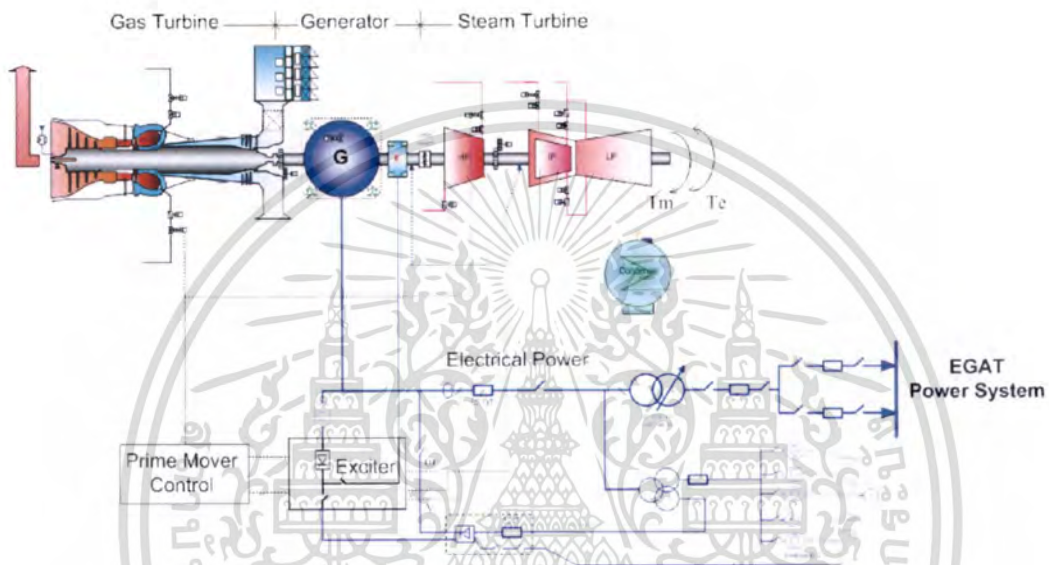
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากการศึกษาแพ็คเกจการกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้าจากผลกระทบในกรณีที่สายส่งถูกปลดออก (LODF: Line Outage Distribution Factor) และแพ็คเกจกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งด้วยวิธีการของเจนเนเรชั่นชิฟแฟคเตอร์ (GSF: Generation Shift Factor) เป็นดัชนีสำคัญในการศึกษา ซึ่งผลในการศึกษาแพ็คเกจการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) นั้นจะทำให้เราทราบถึงปริมาณหรือจำนวนของสายส่งที่ถูกผลกระทบหรือได้รับภาระโหลดเพิ่มขึ้น ถ้าหากมีสายส่งในระบบเส้นใดเส้นหนึ่งถูกปลดออกจากระบบ (N-1 หรือ N-2) ส่วนผลการศึกษาเจนเนเรชั่นชิฟแฟคเตอร์ (GSF) นั้นทำให้เราทราบถึงปริมาณกำลังไฟฟ้าในสายส่งเส้นนั้นๆว่ามีกำลังไฟฟ้าส่งผ่านมาจากเครื่องกำเนิดเครื่องใดบ้างและปริมาณเท่าใด ซึ่งจากข้อมูลนี้ทำให้เราเลือกลดกำลังการผลิตหรือปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกต้องและทำให้กำลังไฟฟ้าที่ลดหรือปลดออกนั้นมีจำนวนน้อยที่สุด (MRMR: Minimum Require MW Reducing หรือ MRMS: Minimum Require MW Shedding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

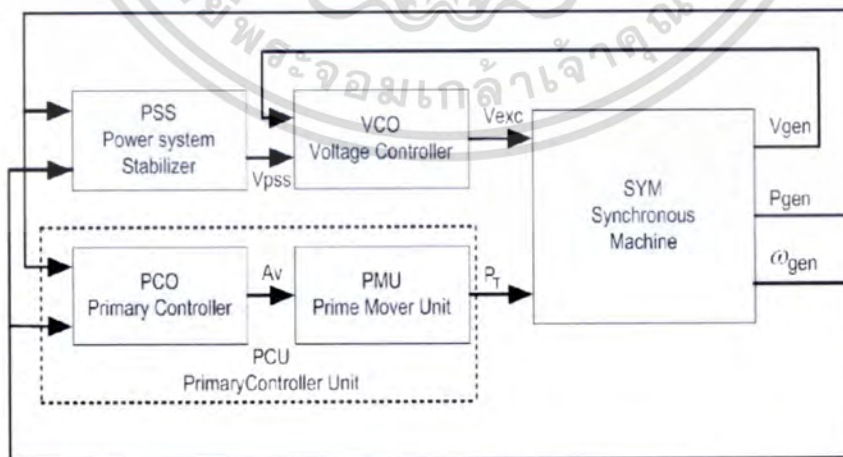
บทที่ 3

ระบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในบทนี้จะทำการศึกษาการทำงานของระบบและแบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้แบบจำลองมาตรฐาน ในโปรแกรม DIgSILENT PowerFactory 13.2 ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรหลักในโรงไฟฟ้าทั่วไป



รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใน โปรแกรม DigSilent [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในโรงไฟฟ้าซึ่งจากรูปจะเป็นระบบของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบเพลลาเดี่ยว ซึ่งเครื่องจักรหลักในโรงไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย เครื่องกังหันก๊าซ และเครื่องกังหันไอน้ำ ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลเพื่อส่งกำลังไปหมุนเพลลาหรือโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกลซิงโครนัสโดยจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่พร้อมกันกับในส่วนเครื่องควบคุมแรงดันและเครื่องกระตุ้นไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.2 แสดงแบบจำลองของโรงไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์ความเสถียรภาพ มุมโรเตอร์ ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ในช่วงสภาวะทรานส์เซียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

1. เครื่องจักรกลซิงโครนัส (SYM: Synchronous machine)
2. เครื่องต้นกำลัง (PRMU: Prime Mover Unit และ PCO: Primary Controller)
3. เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า (VCO: Voltage Controllers)
4. เครื่องควบคุมความเสถียรภาพกำลังไฟฟ้า (PSS: Power System Stabilizer)

ซึ่งทั้ง 4 ส่วนจะทำการควบคุมค่าทางด้านออกโดยค่าทางด้านออกที่จะพิจารณาในที่นี้คือ กำลังไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า และ ความเร็วรอบ โดยแต่ละ 4 ส่วนนั้นจะประกอบด้วยข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ ของแต่ละส่วน ซึ่งในแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะแตกต่างกันไป ซึ่งในการทดลองจะใช้แบบจำลองมาตรฐานในการทดลอง โดยสามารถแสดงให้เห็นถึงมาตรฐานของแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3-3.6

หลักการทั่วไปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะถูกควบคุมโดย เครื่องต้นกำลัง ซึ่งหลักการทำงานโดยทั่วไปแล้ว เครื่องต้นกำลังจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานทางกลเพื่อส่งกำลังไปขับหรือหมุนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตัวอย่างของเครื่องต้นกำลัง ได้แก่ เครื่องกังหันแก๊ส, เครื่องกังหันไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งการควบคุมนั้นจะทำการควบคุมโดยวาล์วควบคุม (Control valve) ซึ่งจะทำหน้าที่ ป้อนปริมาณเชื้อเพลิงหรือ ไอน้ำเข้าไปยังเครื่องกำเนิดแก๊ส หรือไอน้ำ ในส่วนของ แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะถูก ควบคุมโดยในส่วนของ เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปยัง ในส่วนของ โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Voltage Excite) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และเพื่อให้กำลังไฟฟ้ามีความเสถียรภาพ จะทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมความเสถียรภาพกำลังไฟฟ้า ซึ่งการทำงานในการควบคุมนั้นจะทำงานให้สอดคล้องกับ การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้า และความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.1 วงจรสมมูลของเครื่องจักรกลเชิงโครนัส [1]

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในแต่ละเฟสของอาร์เมเจอร์จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็ก $f(t)$ และเส้นแรงแม่เหล็ก $\psi(t)$ ในแต่ละเฟสดังนี้

$$\psi_A(t) = \psi_{\max} \cos(\omega_s t - \alpha + 0^\circ) \quad (3.1)$$

$$\psi_B(t) = \psi_{\max} \cos(\omega_s t - \alpha - 120^\circ) \quad (3.2)$$

$$\psi_C(t) = \psi_{\max} \cos(\omega_s t - \alpha + 120^\circ) \quad (3.2)$$

เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในเฟสเอ, บี และซีจะมีทิศทางพุ่งไปตามแกนแม่เหล็กของแต่ละเฟสตามลำดับดังรูปที่ 3.3 แกนแม่เหล็กของแต่ละเฟสจะไม่เคลื่อนที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กในแต่ละเฟสจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่ม และลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลอยู่ในเฟสนั้น ๆ เมื่อนำเส้นแรงแต่ละเฟสในสมการที่ 3.1-3.3 มารวมกันทางเวกเตอร์ดังแสดงในสมการที่ 3.4 จะได้เส้นแรงแม่เหล็กลัพธ์ ของอาร์เมเจอร์ $\vec{\psi}(t)$ ดังสมการที่ 3.5 และเมื่อจัดรูปใหม่จะได้ดังสมการที่ 3.6

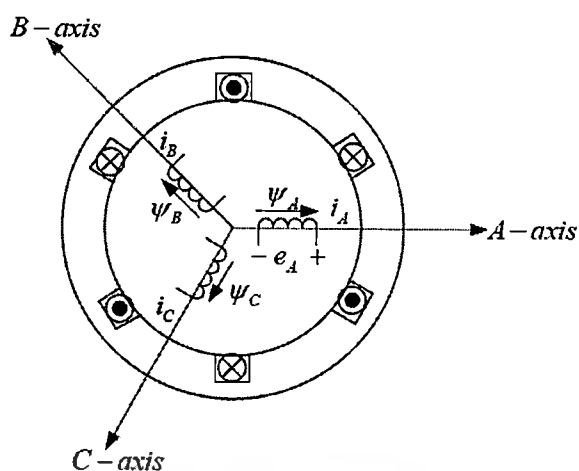
$$\vec{\psi}(t) = \psi_A(t)e^{j0} + \psi_B(t)e^{j2\pi/3} + \psi_C(t)e^{j4\pi/3} \quad (3.3)$$

$$\vec{\psi}(t) = 1.5\psi_{\max} (\cos(\omega_s t - \alpha) + j\sin(\omega_s t - \alpha)) \quad (3.4)$$

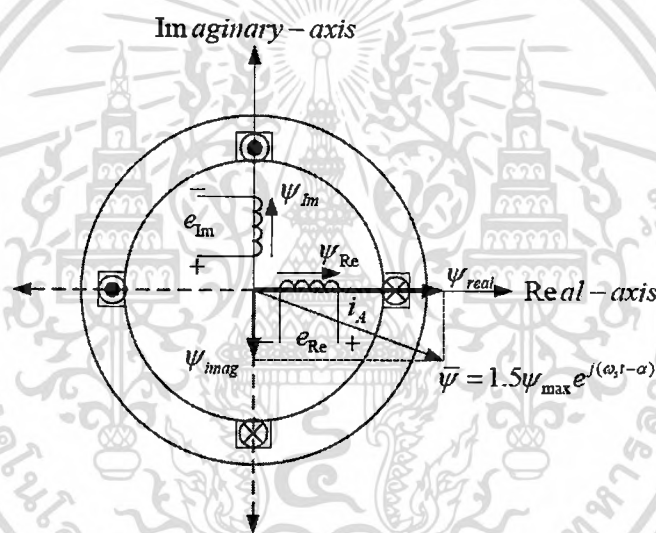
$$\vec{\psi}(t) = 1.5\psi_{\max} e^{j(\omega_s t - \alpha)} \quad (3.5)$$

การรวมกันของเส้นแรงแม่เหล็กนั้นเป็นการรวมแบบเวกเตอร์ซึ่งมีแกนอ้างอิงอยู่แกนจริงในระนาบเชิงซ้อน (real-imaginary plane) ดังแสดงในรูปที่ 3.4

ค่า e^{j0} , $e^{j2\pi/3}$ และ $e^{j4\pi/3}$ ซึ่งคูณอยู่กับปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กในแต่ละเฟสในสมการที่ 3.3 หมายถึงตำแหน่งแกนแม่เหล็กของแต่ละเฟสนั่นเอง โดยที่ขดลวดเฟสบี จะวางหน้าหน้าขดลวดเฟสเออยู่ 120 องศา และขดลวดเฟสซีจะวางหน้าหน้าขดลวดเฟสเออยู่ 240 องศา ด้วยเหตุนี้เมื่อกำหนดให้โรเตอร์มีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา กระแสของเฟสบี จึงล่าหลังเฟสเออยู่ 120 องศาและกระแสเฟสซีจะล่าหลังกระแสเฟสเออยู่ 240 องศา



รูปที่ 3.3 ขดลวดเฟสเอ, บี และซี พร้อมแกนแม่เหล็ก



รูปที่ 3.4 ขดลวดอาร์เมเจอร์ในแกนตรงและแกนขวาง

สนามแม่เหล็กลัพธ์ที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ดังสมการที่ 3.5 สามารถแยกออกเป็นองค์ประกอบได้สององค์ประกอบคือ

$$\psi_{real}(t) = 1.5\psi_{max} \cos(\omega_s t - \alpha) \quad (3.6)$$

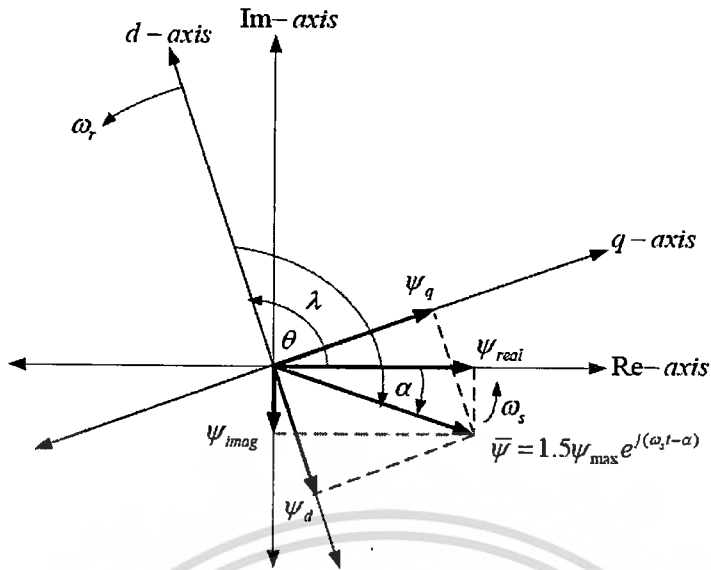
$$\psi_{image}(t) = 1.5\psi_{max} \sin(\omega_s t - \alpha) \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 3.6-3.7 จะเห็นว่าองค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็กกลัพธ์ในอาร์เมเจอร์สามารถแตกออกมาได้เป็นองค์ประกอบตามแนวแกนจริงและแนวจินตภาพตามลำดับ องค์ประกอบทั้งสองนี้มีขนาดเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยความเร็ว (ω_r) การเปลี่ยนแปลงของทั้งสององค์ประกอบนี้ ไม่ได้ทำให้ขนาดของเส้นแรงแม่เหล็กกลัพธ์ ($\vec{\psi}(t)$) มีค่าเปลี่ยนแปลงไป แต่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือการหมุนของเส้นแรงแม่เหล็กกลัพธ์บนระนาบเชิงซ้อนด้วยความเร็ว (ω_r) เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับสมการ 3.5 การหมุนนี้จะมีทิศทางเดียวกับลำดับเฟสของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ในสมการ 3.5 ซึ่งลำดับเฟสเป็นเอ, บี และซี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเส้นแรงแม่เหล็กในแนวแกนแม่เหล็กทั้งสาม ได้แก่ แกนเอ บี และซี (ระบบสามแกน) สามารถแตกเป็นองค์ประกอบตามแนวแกนจริงและแกนจินตภาพ ซึ่งเป็นระบบสองแกนได้ จะสังเกตเห็นได้จากสมการ 3.5 ว่าขนาดของเส้นแรงแม่เหล็กกลัพธ์จะมีค่าคงที่เท่ากับ 1.5 เท่าของค่ายอด (ψ_{\max}) เสมอ

ดังนั้น หากต้องการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กในระบบสองแกนดังสมการที่ 3.6-3.7 ให้มีขนาดและทิศทางเท่ากับเส้นแรงแม่เหล็กกลัพธ์ที่เกิดในระบบสามแกนก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็ก (ψ_{\max}) ให้มีค่ามากขึ้นจากเดิมเป็น 1.5 เท่า ด้วยการจ่ายกระแสไฟฟ้า i_{\max} ให้กับขดลวดในแนวแกนจริง และแกนจินตภาพ โดยมีขนาดเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าจากเดิม ในการศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าและการศึกษาสมรรถนะการควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้าจะมุ่งเน้นในการอธิบายเพื่อชี้ให้เห็นถึงเฉพาะการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเส้นแรงแม่เหล็กในแนวแกนจริงและแกนจินตภาพซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการรบกวนที่เกิดขึ้นในภาวะสถานะชั่วครู่ การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทั้งสององค์ประกอบทั้งสองด้วยความเร็วเชิง โครนัส (ω_r) ในสถานะอยู่ตัว ดังแสดงในสมการที่ 3.6-3.7 ก่อให้เกิดความซับซ้อนที่จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขององค์ประกอบทั้งสอง ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทั้งสองด้วยความเร็วเชิง โครนัสจึงถูกกำจัดให้หมดไปโดยนำมาเทียบกับความเร็วของโรเตอร์ (ω_r) ซึ่งเป็นความเร็วเดียวกับความเร็วของแกนอ้างอิงแกนตรงและแกนขวาง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วเชิง โครนัส ในภาวะสถานะอยู่ตัวการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็ก ($\psi(t)$) จะมีค่าคงที่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งเดิมอ้างอิงกับแกนจริงแกนจินตภาพ จึงถูกเปลี่ยนไปอ้างอิงกับแกนตรงแกนขวาง ซึ่งหมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของโรเตอร์ (ω_r) ดังนั้น สมการที่ 3.5 จึงสามารถเขียนได้โดยการนำเอา ($e^{-j\theta_r}$) คูณทั้งสองข้างของสมการจะได้

$$\vec{\psi}(t)e^{-j\theta_r} = 1.5\psi_{\max} e^{j(\omega_r t - \alpha)} e^{-j\theta_r} \quad (3.8)$$



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแกนตรง, แกนขวาง, แกนจริง และแกนจินตภาพ

แทนค่า $\theta_r(t) = \omega_r t + \lambda - \alpha$ ในสมการที่ (3.8) จะได้

$$\hat{\psi}_{dq}(t) = 1.5\psi_{\max} e^{j((\omega_s - \omega_r)t - \lambda)} \quad (3.9)$$

$$\hat{\psi}_{dq}(t) = \hat{\psi}_{ar}(t) e^{-j(\omega_s t + \lambda - \alpha)} \quad (3.10)$$

จากสมการที่ 3.9 องค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็กในแนวแกนตรงและแกนขวางคือ

$$\psi_d(t) = 1.5\psi_{\max} \cos((\omega_s - \omega_r)t - \lambda) \quad (3.11)$$

$$\psi_q(t) = 1.5\psi_{\max} \sin((\omega_s - \omega_r)t - \lambda) \quad (3.12)$$

เมื่อหมุนโรเตอร์ ด้วยความเร็วเชิงโคโรนัส ($\omega_r = \omega_s$) สมการที่ 3.11-3.12 สามารถเขียนใหม่ได้

$$\psi_d(t) = 1.5\psi_{\max} \cos(-\lambda) \quad (3.13)$$

$$\psi_q(t) = 1.5\psi_{\max} \sin(-\lambda) \quad (3.14)$$

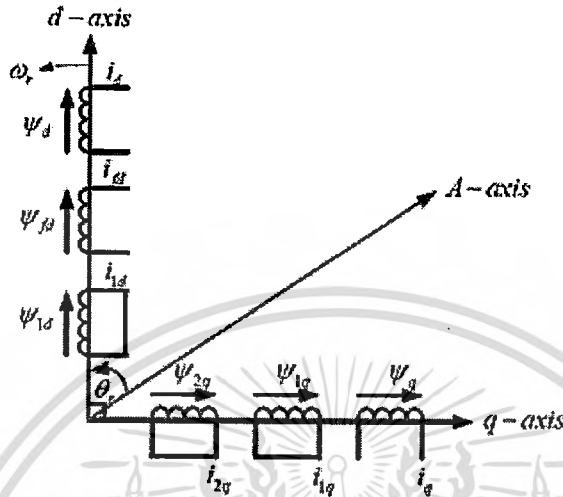
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมายหมวก (hat sign) ซึ่งอยู่บน $\hat{\psi}_{dq}(t)$ ในสมการที่ 3.9 แสดงแกนอ้างอิงแกนใหม่ ซึ่งได้แก่แกนตรงและแกนขวาง จากสมการที่ 3.13-3.14 จะสังเกตเห็นว่าเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเชิงโคโรนา ($\omega_r = \omega_s$) องค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็กในแนวแกนตรง $\psi_d(t)$ และแนวแกนขวาง $\psi_q(t)$ จะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา องค์ประกอบนี้ขึ้นอยู่กับมุมเริ่มต้น λ ซึ่งเป็นมุมระหว่างแกนตรงและแกนแม่เหล็กหลักในอาร์เมเจอร์ ดังนั้น ในภาวะสถานะอยู่ตัว องค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็ก $\psi_d(t)$, $\psi_q(t)$ และกระแสไฟฟ้า $i_d(t)$, $i_q(t)$ ทั้งในแนวแกนตรงและแกนขวางจึงมีค่าคงที่เพราะปริมาณเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับความเร็วของโรเตอร์ ($\omega_s - \omega_r = 0$) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ ของอาร์เมเจอร์ซึ่งอ้างอิงกับแกนจริงและแกนขวางจึงเปรียบเสมือนว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ในแกนจริงและแกนจินตภาพได้ย้ายแกนอ้างอิงมาอยู่บนแกนตรงและแกนขวางของโรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 สมการที่ 3.11-3.12 แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของเส้นแรงแม่เหล็กในแนวแกนตรงและแกนขวางจะมีค่าเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อขนาด (ค่ายอด) ของปริมาณดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงหรือ โรเตอร์มีความเร็วมากกว่าหรือน้อยกว่าความเร็วเชิงโคโรนา องค์ประกอบในแนวแกนตรงและแกนขวางของปริมาณอื่น ๆ เช่น กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าก็มีการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน ดังนั้น การย้ายแกนอ้างอิงจากระบบแกนอ้างอิงสามแกน (แกนเอบีซีซึ่งไม่เคลื่อนที่) เป็นระบบสองแกน (แกนจริงแกนจินตภาพซึ่งไม่เคลื่อนที่) และในที่สุดเป็นระบบสองแกน (แกนตรงตรงและแกนขวางซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (ω_r)) จึงมีความสำคัญเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณดังกล่าวเนื่องจากการรบกวนโดยตรง หลักการเปลี่ยนปริมาณไฟฟ้าจากระบบอ้างอิงสามแกนมาเป็นระบบสองแกนถูกพัฒนาโดยพาร์ค (R.H.Parks) เมื่อปริมาณต่าง ๆ ของอาร์เมเจอร์ในแกนเอ บี และซี อ้างอิงอยู่กับแกนตรงแกนขวางแล้วก็จะง่ายต่อการนำค่าอินดักแตนซ์ในแกนตรง L_d และแกนขวาง L_q ของอาร์เมเจอร์มาศึกษาพร้อมกับค่าอินดักแตนซ์ของโรเตอร์ซึ่งอยู่ในแกนตรงและแกนขวางเพื่อหาค่าอินดักแตนซ์ในภาวะสถานะชั่วคราว จากรูปที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรกลเชิงโคโรนาประกอบด้วยขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งอยู่ตรงแกนตรงและแกนขวางขดลวดทั้งสองมีปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็ก (ψ_d , ψ_q) กระแส (i_d , i_q) และแรงเคลื่อน (e_d , e_q) เนื่องจากการเปลี่ยนนั้นได้นำเอาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณต่าง ๆ ของอาร์มาเจอร์ที่ความถี่ฐาน (50 Hz) หรือความเร็วเชิงโคโรนาออกไป

ดังนั้น ปริมาณทางไฟฟ้าทั้งแกนตรงและแกนขวางจึงมีค่าคงที่ในภาวะสถานะอยู่ตัว ส่วนโรเตอร์ประกอบด้วยขดลวดในแกนตรงและแกนขวางจำนวนสองชุด ขดลวดในแกนตรงได้แก่ขดลวดสนามและขดลวดหน่วงจำนวนหนึ่งชุด โดยปกติขดลวดสนามจะถูกป้อนด้วยแรงดันกระแสตรง (e_{fd}) และจะมีกระแสตรงไหลเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กร่วม อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดการรบกวน เช่น การลัดวงจรกระแสเหนี่ยวนำ (i_{fd}) และ (i_d) ซึ่งเกิดในขดลวดสนามและขดลวดหน่วงในแกนตรงจะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก (ψ_{fd}) และ (ψ_d) เพื่อต้านสนามแม่เหล็กที่มาจากอาร์มาเจอร์ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน กระแสเหนี่ยวนำ (i_{fd}) และ (i_d) จะสร้างสนามแม่เหล็ก (ψ_{fd})

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ (ψ_{2q}) ในขดลวดหน่วงที่หนึ่งและสองในแกนขวาง ตามลำดับ หมายถึง จะสังเกตเห็นได้ว่า ปลายของขดลวดหน่วงเชื่อมต่อกันและไม่ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันภายนอก ซึ่งเป็นไปตาม โครงสร้างจริงของเครื่องจักรกลไฟฟ้า



รูปที่ 3.6 ขดลวดอาร์เมเจอร์และ โรเตอร์บนแกนตรงและแกนขวาง

กระแสของขดลวดหน่วงจะถูกเหนี่ยวนำขึ้นในภาวะสถานะชั่วแวบและชั่วครู่เท่านั้นและ จะหมดไปในภาวะสถานะอยู่ตัว ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กในแกนตรงและแกนขวาง ของขดลวดอาร์มาเจอร์ (ψ_d, ψ_q) ขดลวดสนาม (ψ_{fd}) และขดลวดหน่วง $(\psi_{1d}, \psi_{1q}, \psi_{2q})$ และ กระแสในแต่ละขดลวดต่าง ๆ มีดังนี้คือ

ขดลวดอาร์เมเจอร์

$$\bar{\psi}_d = \bar{L}_d \bar{i}_d + \bar{L}_{ad} \bar{i}_{fd} + \bar{L}_{ad} \bar{i}_d \quad (3.15)$$

$$\bar{\psi}_q = \bar{L}_q \bar{i}_q + \bar{L}_{aq} \bar{i}_q + \bar{L}_{aq} \bar{i}_{2q} \quad (3.16)$$

โดยกำหนดให้

$\bar{L}_d = \bar{L}_{ad} + \bar{L}_l$ คือ ค่าอินดักแตนซ์ในตัวเองของขดลวดอาร์เมเจอร์ในแกนตรง

$\bar{L}_q = \bar{L}_{aq} + \bar{L}_l$ คือ ค่าอินดักแตนซ์ในตัวเองของขดลวดอาร์เมเจอร์ในแกนขวาง

\bar{L}_{ad} คือ ค่าอินดักแตนซ์ร่วมระหว่างอาร์เมเจอร์และ โรเตอร์ในแกนตรง

\bar{L}_{aq} คือ ค่าอินดักแตนซ์ร่วมระหว่างอาร์เมเจอร์และ โรเตอร์ในแกนขวาง

\bar{L}_l คือ ค่าอินดักแตนซ์รั่วไหลของขดลวดอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดสนามในแกนตรง

$$\bar{\psi}_{fd} = \bar{L}_{ad}\bar{i}_d + \bar{L}_{ffd}\bar{i}_{fd} + \bar{L}_{ad}\bar{i}_d \quad (3.17)$$

โดยกำหนดให้

$\bar{L}_{ffd} = \bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd}$ คือ ค่าอินดักแตนซ์ในตัวเองของขดลวดสนามในแกนตรง
 \bar{L}_{fd} คือ ค่าอินดักแตนซ์ร่วมไหลของขดลวดสนาม

ขดลวดหนึ่งขดหนึ่งในแกนตรง

$$\bar{\psi}_{1d} = \bar{L}_{ad}\bar{i}_d + \bar{L}_{ad}\bar{i}_{fd} + \bar{L}_{11d}\bar{i}_d \quad (3.18)$$

โดยกำหนดให้

$\bar{L}_{11d} = \bar{L}_{ad} + \bar{L}_{1d}$ คือ ค่าอินดักแตนซ์ในตัวเองของขดลวดหนึ่งขดหนึ่งในแกนตรง
 \bar{L}_{1d} คือ ค่าอินดักแตนซ์ร่วมไหลของขดลวดหนึ่งขดหนึ่งในแกนตรง

ขดลวดหนึ่งขดหนึ่งในแกนขวาง

$$\bar{\psi}_{1q} = \bar{L}_{aq}\bar{i}_q + \bar{L}_{aq}\bar{i}_{2q} + \bar{L}_{11q}\bar{i}_q \quad (3.19)$$

โดยกำหนดให้

$\bar{L}_{11q} = \bar{L}_{aq} + \bar{L}_{1q}$ คือ ค่าอินดักแตนซ์ในตัวเองของขดลวดหนึ่งขดหนึ่งในแกนขวาง
 \bar{L}_{1q} คือ ค่าอินดักแตนซ์ร่วมไหลของขดลวดหนึ่งขดหนึ่งในแกนขวาง

ขดลวดหนึ่งขดที่สองในแกนขวาง

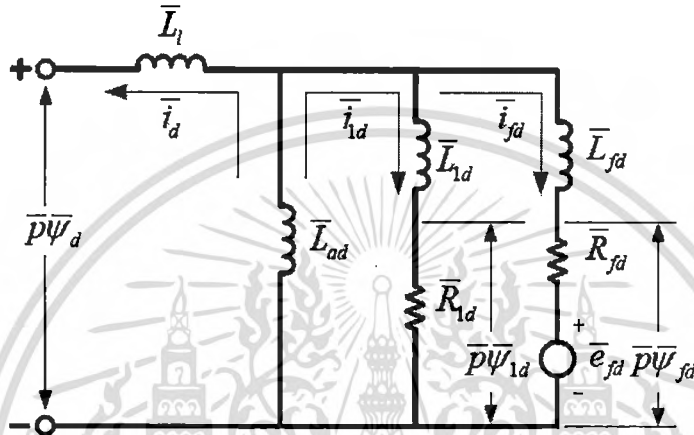
$$\bar{\psi}_{2q} = \bar{L}_{aq}\bar{i}_q + \bar{L}_{1q}\bar{i}_q + \bar{L}_{22q}\bar{i}_{2q} \quad (3.20)$$

โดยกำหนดให้

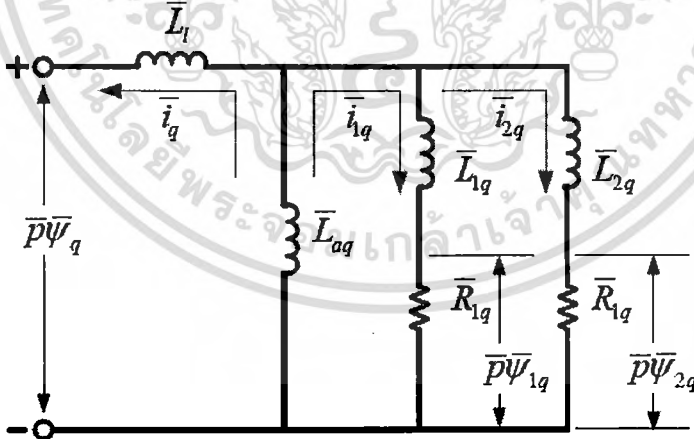
$\bar{L}_{22q} = \bar{L}_{aq} + \bar{L}_{2q}$ คือ ค่าอินดักแตนซ์ในตัวเองของขดลวดหนึ่งขดที่สองในแกนขวาง
 \bar{L}_{2q} คือ ค่าอินดักแตนซ์ร่วมไหลของขดลวดหนึ่งขดที่สองในแกนขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นแรงแม่เหล็กในแกนตรงและแกนขวางของขดลวดอาร์มาเจอร์ ขดลวดสนามและขดลวดหน่วง ในสมการที่ 3.15-3.20 ค่าตัวแปรกระแสไฟฟ้า เส้นแรงแม่เหล็ก และอินดักแตนซ์เป็นค่าต่อหน่วยซึ่งแสดงโดยใช้เครื่องหมายบาร์บนตัวแปร การเปลี่ยนค่าอินดักแตนซ์จากค่าจริงในหน่วยเฮนรี่ให้เป็นค่าต่อหน่วยมีจุดประสงค์เพื่อปรับค่าอินดักแตนซ์ร่วมระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์กับขดลวดโรเตอร์และระหว่างขดลวดโรเตอร์กับขดลวดอาร์มาเจอร์มีค่าเท่ากันและเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลได้ในรูปที่ 3.7-3.8



รูปที่ 3.7 วงจรไฟฟ้าในแนวแกนตรง



รูปที่ 3.8 วงจรไฟฟ้าในแนวแกนขวาง

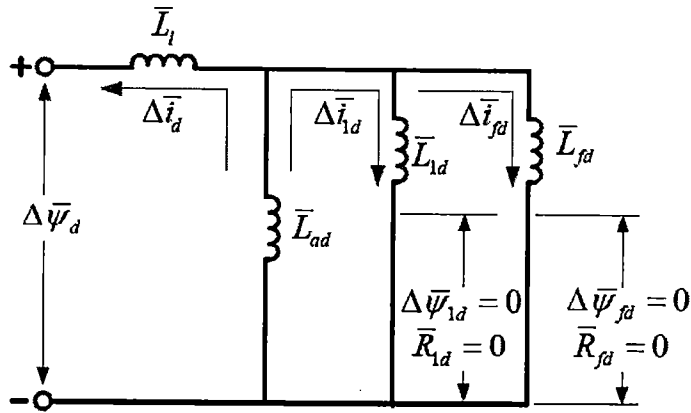
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวดำเนินการ (\bar{p}) หมายถึง $(\frac{1}{\omega_s} \frac{d}{dt})$ ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดหน่วงและขดลวดสนาม ทั้งในแกนตรงและแกนขวางนั้นก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ($e(t) = \bar{p}\bar{\psi}$) ซึ่งมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 3.7-3.8 แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลภายในขดลวด กระแสไฟฟ้านี้ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานภายในขดลวด ($\bar{R}\bar{i}$) ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ ($\bar{p}\bar{\psi}$) ด้วยเหตุนี้ จึงเกิดการสลายตัวของพลังงานซึ่งสะสมอยู่ในรูปของเส้นแรงแม่เหล็กออกมาในรูปของความร้อนอันเนื่องมาจากค่าความต้านทานของขดลวดทั้งในแกนตรงและแกนขวาง ค่าอินดักแตนซ์และค่าคงตัวเวลาในแกนตรงและแกนขวางของเครื่องจักรกลไฟฟ้าในภาวะต่าง ๆ สามารถหาได้โดยอาศัยวงจรสมมูลในแกนตรงและแกนขวาง ค่าอินดักแตนซ์และค่าคงตัวเวลาสามารถแบ่งออกตามช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ดังนี้

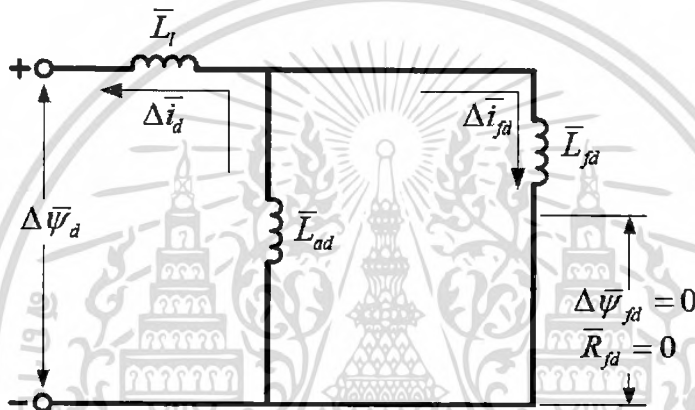
3.1.1 อินดักแตนซ์และค่าคงตัวเวลาชั่วคราว

อินดักแตนซ์และค่าคงตัวเวลาชั่วคราวจะพิจารณา ณ เวลาทันทีที่เครื่องจักรกลไฟฟ้าซึ่งโครนัสเข้าสู่ภาวะสถานะชั่วคราว กระแสเหนี่ยวนำซึ่งไหลในขดลวดหน่วง (\bar{i}_{fd}) ขดลวดสนาม (\bar{i}_{fd}) จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กต้านกับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากอาร์มาเจอร์ (\bar{i}_d) เพื่อรักษาเส้นแรงแม่เหล็กไว้ก่อนและหลังการเกิดการลัดวงจรให้มีค่าคงที่ ดังนั้น จึงยังไม่เกิดการสลายตัวของพลังงานผ่านขดลวดหน่วงและขดลวดสนาม

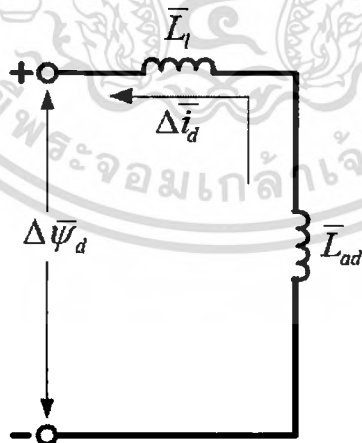
ด้วยเหตุนี้ จึงกำหนดให้ค่าความต้านทานของขดลวดทั้งสองซึ่งได้แก่ (\bar{R}_{fd}) และ (\bar{R}_{fd}) มีค่าเท่ากับศูนย์ และการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กลัพธ์ในขดลวดหน่วง $\Delta\bar{\psi}_{fd}$ และขดลวดสนาม $\Delta\bar{\psi}_{fd}$ ในสมการ 3.17 และ 3.18 ตามลำดับ จึงมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน ดังนั้น วงจรสมมูลของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซึ่งโครนัสในแกนตรงจะเห็นว่าค่าอินดักแตนซ์ชั่วคราวแกนตรง (\bar{L}_d : d-axis Subtransient inductance) สามารถหาได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กของอาร์มาเจอร์ $\Delta\bar{\psi}_{fd}$ กับกระแส $\Delta\bar{i}_d$ ในแกนตรงเมื่อมองเข้าไปยังภายในอาร์มาเจอร์ของรูปที่ 3.9 ค่าอินดักแตนซ์ชั่วคราวในแกนตรงจะสามารถเขียน โดยใช้กฎของโอห์มได้ดังนี้



ช่วงเวลาชั่วแวบ (Sub-Transient)



ช่วงเวลาชั่วคราว (Transient)



ช่วงเวลาคงตัว (Steady State)

รูปที่ 3.9 วงจรสมมูลในภาวะสถานะชั่วแวบ ชั่วครู่ และอยู่ตัว ในแนวแกนตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{X}_d'' = \bar{L}_d'' = \bar{L}_1 + \frac{1}{1/\bar{L}_{ad} + 1/\bar{L}_{fd} + 1/\bar{L}_{1d}} \quad (3.21)$$

หรือ

$$\bar{X}_d'' = \bar{L}_d'' = \bar{L}_1 + \frac{\bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd}\bar{L}_{1d}}{\bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd} + \bar{L}_{ad}\bar{L}_{1d} + \bar{L}_{fd}\bar{L}_{1d}} \quad (3.22)$$

จะเห็นว่าค่าอินดักแตนซ์ชั่วคราวแกนตรงนี้สามารถหาได้โดยมองจากขั้วของอาร์มาเจอร์เข้าไปยังภายใน ซึ่งจะพบว่าค่ารีแอกแตนซ์ทั้งสามซึ่งได้แก่ \bar{L}_{ad} , \bar{L}_{fd} และ \bar{L}_{1d} ขนานกันและอนุกรมกับ \bar{L}_1 ดังแสดงในสมการที่ 3.21 หมายเหตุ ค่ารีแอกแตนซ์ (\bar{X}_d'') และค่าอินดักแตนซ์ (\bar{L}_d'') จะมีค่าเท่ากันในระบบต่อหน่วย เนื่องจากความเร็วเชิงมุม (ω_s) ถูกกำหนดให้เป็นความเร็วฐาน (ω_{base}) ส่วนค่าคงตัวเวลาเปิดวงจรสถานะชั่วคราวแกนตรง (d-axis open circuit subtransient time constant, τ_{do}'') สามารถหาได้ในขณะที่เปิดวงจรอาร์มาเจอร์ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งจะทำให้กระแส (\bar{i}_d) มีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าคงตัวเวลานี้บ่งชี้อัตราการสลายตัวของพลังงานส่วนใหญ่ซึ่งเกิดขึ้นที่ขดลวดหน่วงในแกนตรงมากกว่าขดลวดสนามในช่วงเวลาชั่วคราวเนื่องจากค่าความต้านทานของขดลวดหน่วง (\bar{R}_{1d}) มีค่ามากกว่าค่าความต้านทานขดลวดสนาม (\bar{R}_{fd}) อยู่มาก (ค่าความต้านทานขดลวดสนาม (\bar{R}_{fd}) มีค่าน้อยมากและกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ทันทีที่เข้าใกล้ผู้สภาวะชั่วคราว) ด้วยเหตุนี้ค่าคงตัวเวลาเปิดวงจรนี้ จะถูกกำหนดโดยความต้านทาน (\bar{R}_{1d}) และค่าอินดักแตนซ์ลัพท์ของวงจรดังรูปที่ 3.7 ซึ่งหาได้จาก $(\bar{L}_{fd} // \bar{L}_{ad}) + \bar{L}_{1d}$ ดังนั้นค่าคงตัวเวลาเปิดวงจรสถานะชั่วคราวแกนตรงคือ

$$T_{do}'' = \frac{\bar{L}_{1d} + \frac{\bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd}}{\bar{L}_{ad} + \bar{L}_{fd}}}{\omega_s \bar{R}_{1d}} \quad (3.23)$$

ค่าคงตัวเวลาลัดวงจรสถานะชั่วคราวแกนตรง (T_{do}'' : d-axis short-circuit subtransient time constant) ก็สามารถหาได้ในทำนองเดียวกันเพียงแต่ลัดวงจรขดลวดอาร์มาเจอร์ในแกนตรง ดังนั้นจะได้

$$T_d'' = \frac{\bar{L}_{1d} + \frac{\bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd}\bar{L}_{1d}}{\bar{L}_{ad}\bar{L}_{1d} + \bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd} + \bar{L}_{fd}\bar{L}_{1d}}}{\omega_s \bar{R}_{1d}} \quad (3.24)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอินดักแทนซ์ชั่วแวงแกนขวาง (\bar{L}_q : q-axis short-circuit subtransient time constant) จะมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ ทางแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดหน่วงที่หนึ่ง (\bar{i}_{1q}) และขดลวดที่สอง (\bar{i}_{2q}) ในช่วงเวลาชั่วแวง กระแสในขดลวดหน่วงทั้งสองจะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กในแกนขวางเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นแรงแม่เหล็ก ที่เกิดจากกระแสของอาร์เมเจอร์ (\bar{i}_q) พุ่งเข้ามายังโรเตอร์ได้ ในช่วงเวลานี้จะพิจารณาเป็นช่วงเวลาเริ่มต้น ในขณะที่ยังไม่เกิดการสลายตัวของพลังงานผ่านขดลวดหน่วงทั้งสอง ด้วยเหตุนี้จึงกำหนดให้ค่าความต้านทาน ของขดลวดทั้งสอง ซึ่งได้แก่ (\bar{R}_{1q}) และ (\bar{R}_{2q}) มีค่าเท่าศูนย์ และการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กพัทธ์ ในขดลวดหน่วง ($\Delta\bar{\psi}_{1q}$) และขดลวดสนาม ($\Delta\bar{\psi}_{2q}$) มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น วงจรสมมูลของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส ในแกนขวางสามารถเขียนได้ดังรูปที่ 3.10 ค่าอินดักแทนซ์ชั่วแวงแกนขวางสามารถหาได้จากอัตราการผลิตเปลี่ยนแปลงระหว่างเส้นแรงแม่เหล็ก ของอาร์เมเจอร์ในแกนขวาง ($\Delta\bar{\psi}_q$) และกระแส ($\Delta\bar{i}_q$) ในแกนขวางดังรูปที่ 3.10 ดังนี้

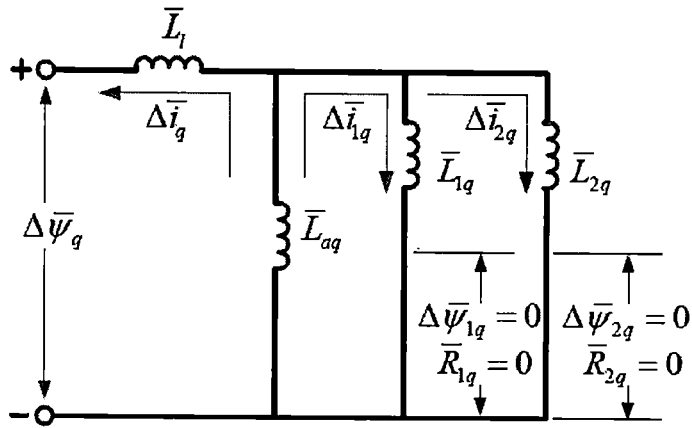
$$\bar{X}_q'' = \bar{L}_q'' = \bar{L}_l + \frac{1}{1/\bar{L}_{aq} + 1/\bar{L}_{1q} + 1/\bar{L}_{2q}} \quad (3.25)$$

$$\bar{X}_q'' = \bar{L}_q'' = \bar{L}_l + \frac{\bar{L}_{aq}\bar{L}_{2q}\bar{L}_{1q}}{\bar{L}_{aq}\bar{L}_{2q} + \bar{L}_{aq}\bar{L}_{1q} + \bar{L}_{1q}\bar{L}_{2q}} \quad (3.26)$$

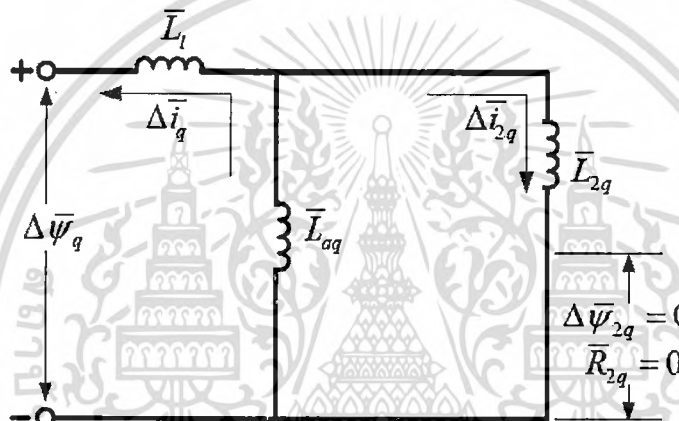
ส่วนค่าคงตัวเวลาเปิดวงจรสถานะชั่วแวงแกนขวาง (T_{qo}'' : q-axis open-circuit sub-transient) สามารถหาได้โดยการเปิดวงจรของอาร์เมเจอร์ในแกนขวาง ซึ่งกระแส (\bar{i}_q) มีค่าเป็นศูนย์ดังรูปที่ 3.8 เนื่องจากค่าความต้านทานของขดลวดหน่วงขดที่สอง (\bar{R}_{2q}) มีค่ามากกว่าค่าความต้านทานของขดลวดหน่วงขดที่หนึ่ง (\bar{R}_{1q}) มากๆ (พลังงานส่วนใหญ่จะสลายตัวผ่าน (\bar{R}_{2q}) มากกว่าผ่าน (\bar{R}_{1q}) ในสภาวะสถานะชั่วแวง ดังนั้นจึงกำหนดให้ (\bar{R}_{1q}) มีค่าเท่ากับศูนย์) ดังนั้นค่าคงตัวเปิด

วงจรนี้จะถูกกำหนดโดยค่าความต้านทาน (\bar{R}_{2q}) ด้วยเหตุนี้ ค่าอินดักแทนซ์พัทธ์ ของค่าคงตัวเวลาดังรูปที่ 3.8 ซึ่งหาได้จาก ($(\bar{L}_{1q} // \bar{L}_{aq}) + \bar{L}_{2q}$) และค่าคงตัวเวลาเปิดวงจรสถานะชั่วแวงแกนขวางคือ

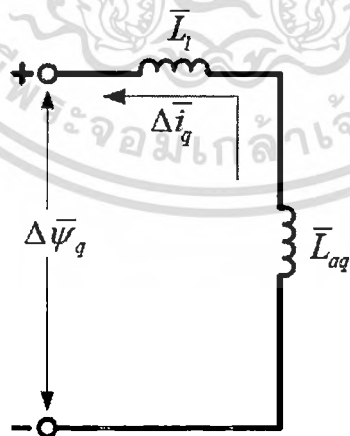
$$T_{qo}'' = \frac{\bar{L}_{2q} + \frac{\bar{L}_{aq}\bar{L}_{1q}}{\bar{L}_{aq} + \bar{L}_{1q}}}{\omega_s \bar{R}_{2q}} \quad (3.27)$$



ช่วงเวลาย้ำแวบ (Sub-Transient)



ช่วงเวลาย้ำครู่ (Transient)



ช่วงเวลาย้ำคงตัว (Steady State)

รูปที่ 3.10 วงจรสมมูลในสถานะชั่วแวบ ชั่วครู่ และอยู่ตัว ในแกนขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่าคงตัวเวลาลัดวงจรสถานะชั่วแวนแกนขวาง (T''_q : q-axis short circuit subtransient time constant) สามารถหาได้โดยทำนองเดียวกันเพียงแต่ลัดวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์ในแนวแกนขวาง ดังนี้

$$T''_q = \frac{\bar{L}_{2q} + \frac{\bar{L}_{1q}\bar{L}_{aq}\bar{L}_l}{\bar{L}_{aq}\bar{L}_l + \bar{L}_{aq}\bar{L}_{1q} + \bar{L}_{1q}\bar{L}_l}}{\omega_s \bar{R}_{2q}} \quad (3.28)$$

3.1.2 อินดักแตนซ์ และค่าคงตัวเวลาชั่วคราว

อินดักแตนซ์ และค่าคงตัวเวลาชั่วคราวจะพิจารณาในขณะที่เครื่องจักรกลไฟฟ้าเข้าสู่สถานะสถานะชั่วคราวและสถานะชั่วแวนได้หมดไป ในสถานะสถานะดังกล่าว กระแส (\bar{i}_d) และ (\bar{i}_q) และเส้นแรงแม่เหล็ก ($\bar{\psi}_{1d}$) และ ($\bar{\psi}_{2q}$) ซึ่งเกิดในขดลวดหน่วงขดที่หนึ่งในแกนตรง และขดลวดหน่วงขดที่สองในแกนขวาง ได้ลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ ด้วยเหตุนี้ ขดลวดหน่วงดังกล่าวจึงไม่นำมาพิจารณา ในสถานะสถานะชั่วคราว โดยกำหนดให้ค่าความต้านทาน (\bar{R}_{1d}) และ (\bar{R}_{2q}) มีค่าเป็นอนันต์ จากสถานะสถานะชั่วแวนหมดไป เส้นแรงแม่เหล็กจากอาร์เมเจอร์บางส่วนสามารถพุ่งเข้าไป ยังโรเตอร์ได้เพียงบางส่วน ตรงบริเวณพื้นผิวของขดลวดหน่วง เส้นแรงแม่เหล็กจากอาร์เมเจอร์ยังคงถูกเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งสร้างมาจากขดลวดสนามในแกนตรงและขดลวดในแกนขวาง ป้องกันเพื่อไม่ให้พุ่งเข้ามายัง โรเตอร์ได้ทั้งหมดดังนั้น ขดลวดใน โรเตอร์ที่มีกระแสเหนี่ยวนำไหลในภาวะนี้ จึงเหลืออยู่สองขดดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

ในช่วงที่สู่สถานะชั่วคราวนี้ จะพิจารณาในขณะที่ยังไม่เกิดการสลายตัวผ่านขดลวดหน่วงขดที่หนึ่งในแกนขวางและขดลวดสนามในแกนตรง ด้วยเหตุนี้ จึงกำหนดให้ค่าความต้านทานของขดลวดทั้งสองซึ่งได้แก่ (\bar{R}_{1q}) และ (\bar{R}_{fd}) และการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดทั้งสองซึ่งได้แก่ ($\Delta\bar{\psi}_{1q}$) และ ($\Delta\bar{\psi}_{fd}$) มีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าอินดักแตนซ์ชั่วคราวแกนตรง (\bar{L}'_d) สามารถหาได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนตรง ($\Delta\bar{\psi}_d$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาร์เมเจอร์ในแกนตรง ($\Delta\bar{i}_d$) ดังรูปที่ 3.9 มีค่าดังนี้

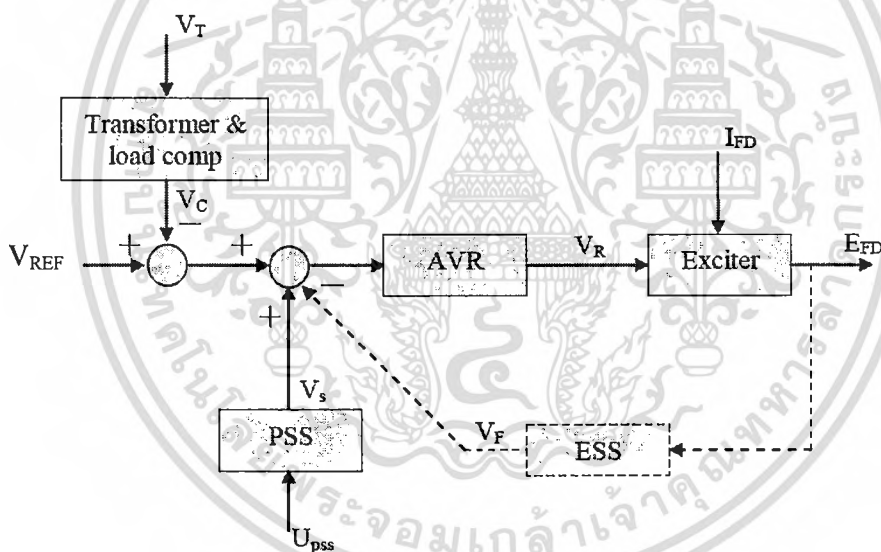
$$\bar{X}'_d = \bar{L}'_d = \bar{L}_l + \frac{1}{1/\bar{L}_{ad} + 1/\bar{L}_{fd}} \quad (3.29)$$

$$\bar{X}'_d = \bar{L}'_d = \bar{L}_l + \frac{\bar{L}_{ad}\bar{L}_{fd}}{\bar{L}_{ad} + \bar{L}_{fd}} \quad (3.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบกับ ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ จากตารางที่ 3.6 ดังนั้นการทำงานของเครื่องต้นกำลังจะทำการสร้างหรือผลิตกำลังงานทางกลซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกไดอะแกรมแล้วก็คือ $PMECH_{HP}$ โดยการทำงานจะทำการควบคุมโดยการสั่งการทำงานของ Governor หรือ Servo valve เพื่อที่จะป้อนพลังงานเข้าเครื่องกังหัน (Turbine) ซึ่งประกอบไปด้วย High Pressure Turbine, Intermediate Pressure Turbine และ Medium Pressure Turbine ซึ่งในการทำงานจะทำการตรวจการเปลี่ยนแปลงของความเร็รรอบและกำลังไฟฟ้าด้านออก ซึ่งหากความเร็รรอบมีการเปลี่ยนแปลงหรือกำลังไฟฟ้าด้านออกมีการเปลี่ยนแปลงโดยผลต่างที่ได้ก็จะถูกส่งไปควบคุมการทำงานของ Governor หรือ Servo valve อีกครั้งเพื่อที่จะผลิตกำลังงานทางกล หรือเพิ่ม ลด กำลังไฟฟ้า และควบคุมความเร็รรอบ (ความถี่ไฟฟ้า) ให้คงที่ โดยที่ค่าทางด้านออกในการควบคุม นั้นจะมีการจำกัดระยะหรือขอบเขตไว้

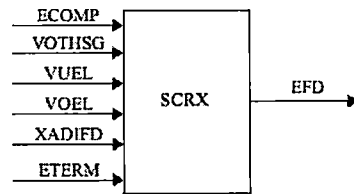
3.3.3 เครื่องควบคุมแรงดันชนิด VCO: SCRX



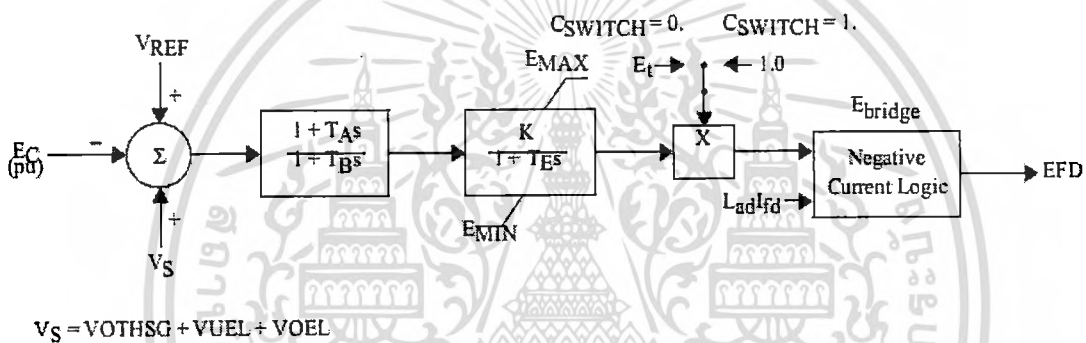
รูปที่ 3.16 การทำงานของระบบเครื่องกระตุ้น (Excite System) [13]

จากรูปที่ 3.16 ในการทำงานของ ตัวควบคุมแรงดัน จะทำการควบคุมแรงดันด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าทางด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีการตรวจจับหรือวัดค่าโดยใช้เครื่องมือวัดแรงดัน (Voltage Transducer) ซึ่งแรงดันที่วัดค่าได้ (V_C) จะส่งค่ามายังชุดควบคุมแรงดัน โดยค่าที่ได้จะทำการเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิง (V_{REF}) ที่ตั้งไว้และค่าแรงดัน (V_S) จากตัวควบคุม เสถียรภาพ (PSS) ซึ่งผลต่างที่ได้ก็จะส่งไปยังในส่วนของ ชุดปรับแรงดันอัตโนมัติ (AVR) เพื่อส่งสัญญาณแรงดัน (V_R) ไปยัง เครื่องกระตุ้น ($Exciter$) เพื่อปรับและส่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไปยังโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และในส่วนของชุดของเครื่องกระตุ้นอาจจะมีในส่วนของการควบคุมค่าแรงดันที่ป้อนเข้าโรเตอร์ โดยมีตัวควบคุม (ESS) ในการช่วยเพิ่มความเสถียรภาพ



รูปที่ 3.17 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมแรงดัน SCRX



รูปที่ 3.18 แบบจำลองของเครื่องควบคุมแรงดันชนิด

SCRX: Bus or solid fed SCR bridge excitation system model [12]

จากรูปที่ 3.17 และ 3.18 เป็นแบบจำลองของตัวควบคุมแรงดันที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6104 โดยเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนี้ใช้แบบจำลองมาตรฐานชนิด SCRX ซึ่งลักษณะการควบคุมก็จะเหมือนกันคือ สัญญาณจากเครื่องมือวัดแรงดัน (E_C) จะนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง (V_{REF}) และแรงดันจากตัวควบคุมเสถียรภาพ (PSS) และผลต่างที่ได้นั้นจะถูกส่งไปยังส่วนของตัวปรับแรงดันอัตโนมัติ (AVR) ซึ่งจะทำให้การควบคุมแรงดันที่จะส่งไปในส่วนของโรเตอร์ โดยจะมีการจำกัดขอบเขตในการควบคุมไว้เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะมีการจำกัดของเขตเป็น ค่าแรงดันต่ำสุดและแรงดันสูงสุดที่จะป้อนให้โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งก่อนที่จะมีการส่งสัญญาณที่จะไปยังชุดของเครื่องปรับแรงดันอัตโนมัตินั้น จากรูปจะมีในส่วนของชุด ลดอัตราการขยาย ทรานเซียนส์ ซึ่งเรียกว่า (TGR: *Transient Gain Reducing*) โดยค่าตัวแปรต่าง ๆ นั้น สามารถดูได้จากตารางที่

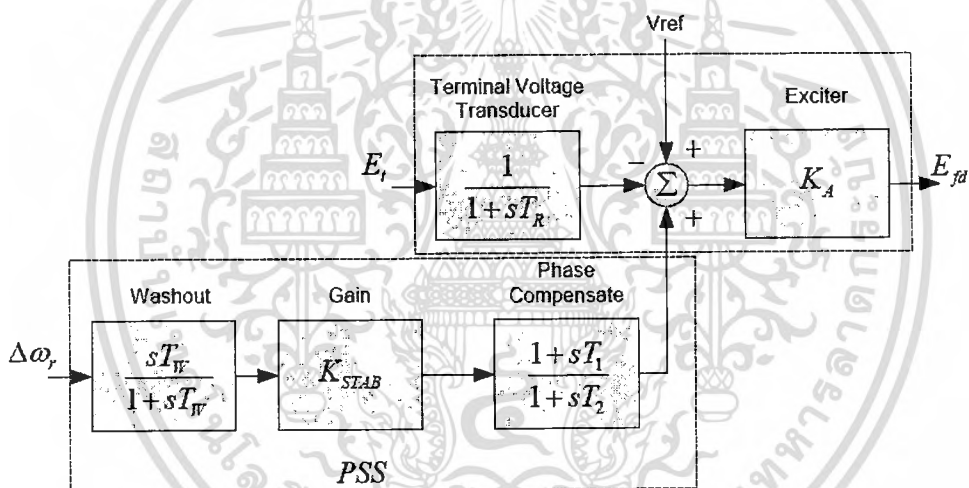
เอก3.7 ซึ่งเป็นค่าทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบ SCRX

No.	Code	Description	Parameter	Unit
1	Ta	Filter derivative time constant	1.5	s
2	Tb	Filter delay time	10	s
3	Te	Exciter time constant	0.04	s
4	K	Controller Gain	200	p.u.
5	Emin	Controller Minimum Output	0	p.u.
6	Emax	Controller Maximum Output	4	p.u.

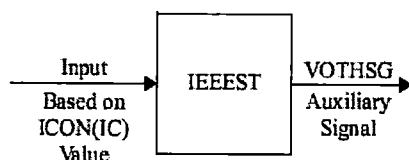
3.3.4 เครื่องควบคุมเสถียรภาพชนิด PSS: IEEE ST



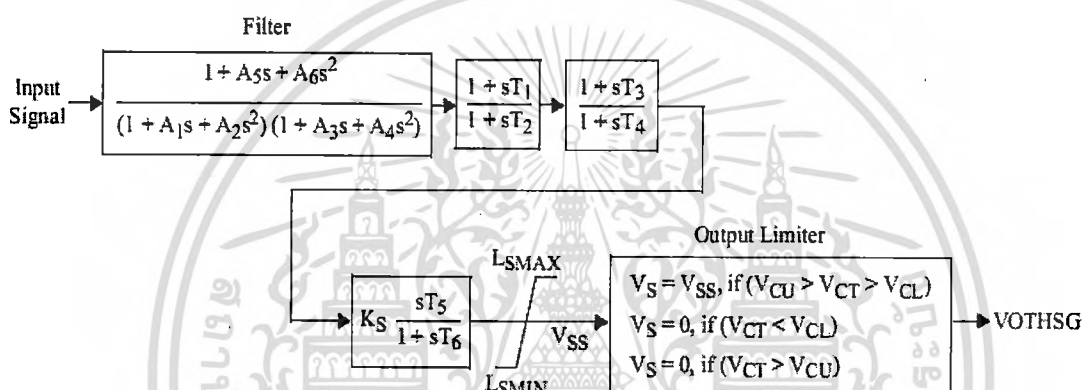
รูปที่ 3.19 การทำงานของเครื่องควบคุมเสถียรภาพ [10]

จากรูปที่ 3.19 แสดงการทำงานของเครื่องควบคุมเสถียรภาพ [9] โดยจะทำการรับสัญญาณจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบของโรเตอร์ ($\Delta\omega_r$) ซึ่งเครื่องควบคุมเสถียรภาพ จะประกอบไปด้วยในส่วนของ Washout Block ซึ่งจะหน้าที่เหมือนชุดกรองสัญญาณซึ่งเป็นแบบ High Pass Filter และสัญญาณด้านออกจะส่งไปยังในส่วนของ Phase Compensation Block ซึ่งจะผ่านในส่วนของ Gain STAB block สำหรับชุด Phase Compensation block จะทำหน้าที่ชดเชยเฟส (Lead-Lag) ระหว่างสัญญาณด้านเข้าของเครื่องกระตุ้นและเทอร์คของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก่อนจะส่งสัญญาณไปยังส่วนของเครื่องควบคุมแรงดัน เพื่อที่จะเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงและแรงดันด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะมีอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จะส่งไปควบคุมเครื่องกระตุ้นเพื่อควบคุมแรงดันที่จะป้อนไปยังโรเตอร์ อีกที ซึ่งได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.3.3



รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมเสถียรภาพ IEEEEST



รูปที่ 3.21 เครื่องควบคุมเสถียรภาพชนิด

IEEEEST PSS: Power System Stabilizer Model [12]

จากรูปที่ 3.20 และ 3.21 แบบจำลองของเครื่องควบคุมเสถียรภาพที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 6104 โดยเครื่องควบคุมเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนี้ใช้แบบจำลองมาตรฐานชนิด IEEEEST ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังส่วนของเครื่องควบคุมแรงดันเพื่อที่จะควบคุมแรงดันที่จะส่งไปในส่วนของโรเตอร์ โดยจากบล็อกควบคุมนั้นจะประกอบด้วยในส่วนของ บล็อกชุดกรองสัญญาณก่อนที่จะส่งสัญญาณ ไปในส่วนของ ตัวชดเชยเฟส และชุดอัตราขยายของชุดควบคุมเสถียรภาพ โดยสัญญาณด้านออกจะมีการจำกัดขอบเขตของแรงดันด้านขาออก (V_{SS}) ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า ซึ่งข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องควบคุมเสถียรภาพได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลทางด้านไดนามิกส์ของเครื่องควบคุมเสถียรภาพ IEEE ST

No.	Code	Description	Parameter	Unit
1	Ics	Input Selector[1-6]	3	-
2	T1	Lead-Lag 1th Time Constant	0.06	s
3	T2	Lead-Lag 2th Time Constant	0.18	s
4	T3	Lead-Lag 3th Time Constant	0.06	s
5	T4	Lead-Lag 4th Time Constant	0.18	s
6	T5	Stabilizer Derivative Time Constant	5	s
7	T6	Stabilizer Time Constant	5	s
8	Tdu	Time constant for gradient calculation	1	s
9	T1u	Delay time constant for grad. Cal	0.1	s
10	Ks	Stabilizer Gain	-0.75	p.u.
11	A1	Filter 1th time constant	0	s
12	A2	Filter 2th time constant	0	s
13	A3	Filter 3th time constant	0	s
14	A4	Filter 4th time constant	0	s
15	A5	Filter 5th time constant	0	s
16	A6	Filter 6th time constant	0	s
17	Lsmin	Controller Minimum control Output	-0.1	p.u.
18	Lsmax	Controller Maximum control Output	0.1	p.u.
19	Vcl	Controller Minimum Limit	0	p.u.
20	Vcu	Controller Maximum Limit	0	p.u.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษาเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก

ในบทนี้จะทำการศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพในสภาวะคงตัวและสภาวะ ทรานเซียนต์ ของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทย ในกรณีที่ 1 สายส่ง 500kV ที่ส่งถ่ายพลังงานไปยังภาคกลางถูกปลดออกทั้งสองเส้น จากการสวิตช์ซึ่งเพื่อทำการบำรุงรักษาหรือมีการรบกวนอย่างรุนแรงเกิดขึ้นต่อสายส่งซึ่งได้กำหนดให้เกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส โดยในสภาวะดังกล่าวนี้ ทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ส่งผ่านสายส่ง 500kV ทั้งหมด จะถูกส่งผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ในภาคตะวันออกแทน ซึ่งในสภาวะดังกล่าว ส่งผลให้สายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ได้รับความโหลดเพิ่มขึ้นและอาจเกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่งขึ้นได้ (Line Congestion) หรือ (Thermal Limit) ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสายส่ง และอาจส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นได้ และในกรณีที่ 2 จะทำการศึกษาผลกระทบจากสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกปลดออกเส้นใดเส้นหนึ่ง ในสภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น จากการสวิตช์ซึ่งเพื่อทำการบำรุงรักษาหรือมีการรบกวนอย่างรุนแรงเกิดขึ้นต่อสายส่งซึ่งได้กำหนดให้เกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส เช่นเดียวกัน ซึ่งในสภาวะดังกล่าว หากสายส่งที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงานถูกปลดออก อาจทำให้กำลังไฟฟ้าเกิดการแกว่ง หรือส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าได้

4.1 ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก [6]

ระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย จากข้อมูลระบบกำลังไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้า สูงสุด (Peak Load) ปี 2007 จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหากทำการศึกษาและพิจารณาระบบโดยรวมแล้ว สามารถแสดงให้เห็นได้ในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเราทำการพิจารณาเปรียบเทียบถึงปริมาณกำลังการผลิต และปริมาณโหลดรวมปริมาณการสูญเสีย ในระบบโดยรวมทั้งประเทศจะพบว่าระบบยังมีปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสำรอง (Reserve Power) โดยเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตสูงสุด ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของแต่ละเครื่อง ทั้งประเทศอยู่ที่กว่า 4200 MW หรือคิดเป็นร้อยละ 20-25% ซึ่งเป็นปริมาณกำลังไฟฟ้าสำรองที่ค่อนข้างสูงซึ่งสามารถรองรับปริมาณโหลดที่อาจจะเพิ่มขึ้นมาในอนาคตและ รองรับการสูญเสียหรือการถูกปลดออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 ระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย

ลำดับที่	รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
1	กำลังการผลิต (สูงสุด)	26597.70	MW
2	กำลังการผลิต	22354.81	MW
3	ปริมาณโหลด	21866.43	MW
4	กำลังการสูญเสีย	488.38	MW
5	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	219	เครื่อง
6	จำนวนโหลด	696	โหลด
7	จำนวนบัส	1468	บัส
8	Switch Shunts	327	Shunt
9	Lines and Transformer	2021	Line
10	DC Line	1	Line

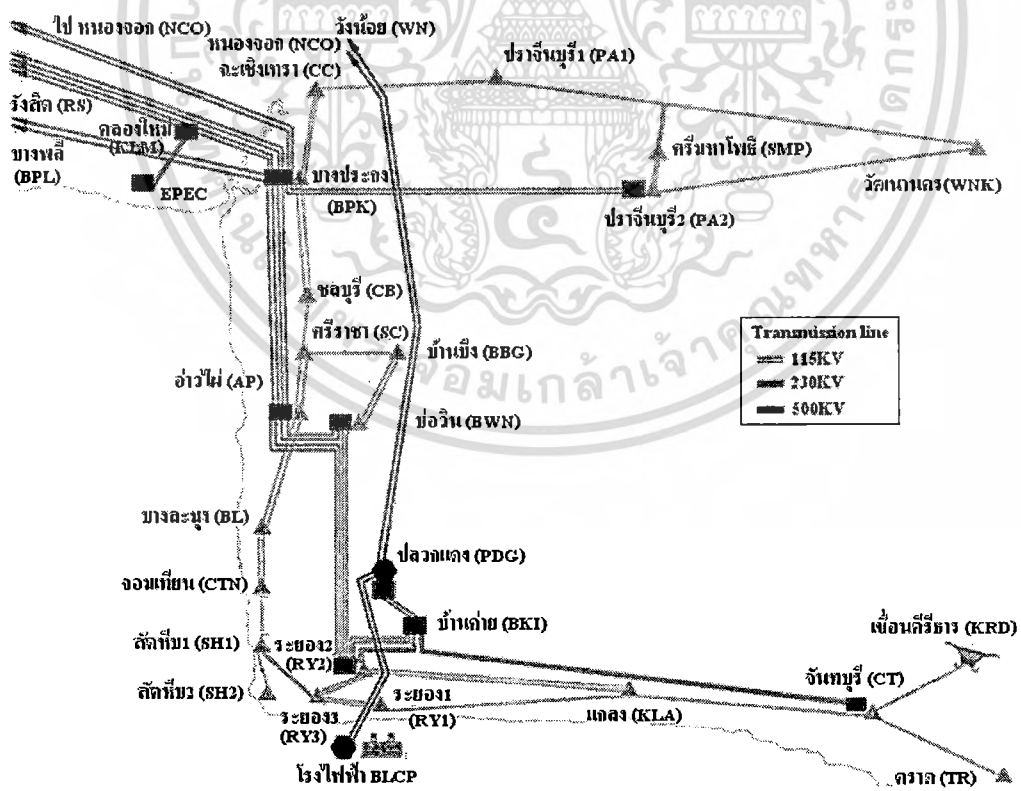
การส่งผ่านพลังงาน โดยการส่งผ่านสายส่ง และหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ระดับแรงดันต่างๆ นับเป็นสิ่งสำคัญในระบบกำลังไฟฟ้าซึ่งสามารถถ่ายโอนกำลังงานไฟฟ้าในระบบหรือเชื่อมต่อบริเวณต่างๆเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะจากแหล่งที่มีกำลังการผลิตที่สูงไปยังแหล่งที่มีความต้องการปริมาณไฟฟ้า ดังนั้นหากเราพิจารณาถึงกำลังการผลิตและความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าหรือโหลดในแต่ละส่วนโดยแบ่งตามภาคต่างๆในประเทศไทยอาจจะสรุปได้ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 กำลังการผลิตและปริมาณ โหลดในภาคต่างๆของประเทศไทย ปี 2007

ลำดับที่	ภาคต่างๆประเทศไทย	กำลังการผลิต	โหลด	กำลังสูญเสีย
1	ภาคตะวันตก	5777	9665.65	75.61
2	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1044	2438.58	166.6
3	ภาคใต้	1328	1710.89	46.57
4	ภาคเหนือ	3421.41	2518.74	107.54
5	ภาคกลาง	2805	2403.21	51.31
6	ภาคตะวันออก	7979.4	3129.36	40.75
	รวม	22354.81	21866.43	488.38

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า กำลังการผลิตและปริมาณ โหลดในแต่ละภาคของประเทศไทยซึ่งพบว่ากำลังการผลิตและปริมาณ โหลดรวมกำลังสูญเสียในแต่ละภาคนั้นไม่สมดุลกัน ซึ่งจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าบางภาคมีกำลังการผลิตที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณ โหลด และบางภาคมีกำลังการผลิตมากกว่าปริมาณโหลด แต่ความสมดุลของระบบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นสมดุลเนื่องจากการใช้การส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งเชื่อมต่อระบบกำลังไฟฟ้าของแต่ละภาคเข้าด้วยกัน ซึ่งการเชื่อมต่อนั้น ทำให้มีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าหรือพลังงานไปยังจุดที่มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้า เพื่อสร้างความสมดุล ระหว่างกำลังการผลิตและปริมาณโหลด ด้วยเหตุผลดังกล่าวหากเราพิจารณาเฉพาะกำลังการผลิตในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะพบได้ว่ามีปริมาณกำลังการผลิตมากกว่าปริมาณโหลด ซึ่งมีกำลังการผลิตอยู่ที่ประมาณ 7980MW แต่ปริมาณความต้องการหรือโหลดอยู่ที่ 3130MW ซึ่งกำลังการผลิตที่เหลือนั้นจะถูกส่งจ่าย ไปยังระบบกำลังไฟฟ้าภาคกลาง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 โดยการส่งจ่ายพลังงานผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV สองเส้นคือ จากสถานีย่อยปลวกแดงไปยังสถานีย่อยหนองจอกซึ่งมีกำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านอยู่ที่ 819MW และสถานีย่อยปลวกแดงไปยังสถานีย่อยวังน้อยซึ่งมีกำลังไฟฟ้าส่งผ่านอยู่ที่ 730MW โดยกำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านสายส่งทั้งสองเส้น โดยรวมอยู่ที่กว่า 1550MW ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง และกำลังไฟฟ้าที่เหลือจะถูกส่งผ่านสายส่ง 230kV คือจากสถานีย่อยบางปะกงไปยังสถานีย่อยหนองจอก, จากสถานีย่อยบางปะกงไปยังสถานีย่อยบางพลี และจากสถานีย่อยคลองใหม่ไปยังสถานีย่อยหนองจอก โดยรายละเอียดการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าของแต่ละสายส่งนั้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.1 ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

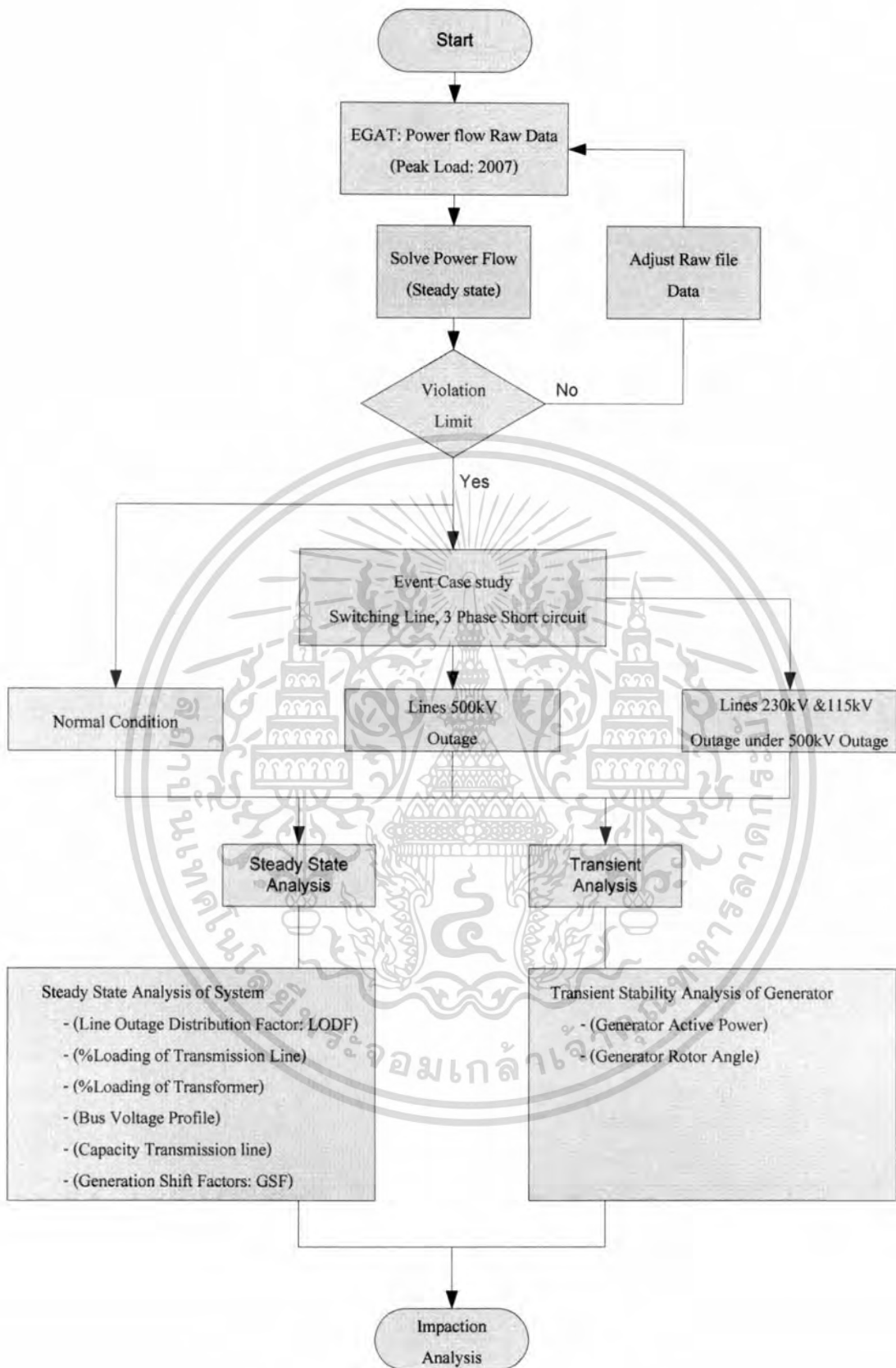
จากรูปที่ 4.1 แสดงระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการเชื่อมต่อกับระบบกำลังไฟฟ้าภาคกลาง โดยเชื่อมต่อผ่านสายส่ง 500kV, 230kV หากพิจารณาระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้วจะพบว่ามีข้อมูลดังต่อไปนี้

กำลังการผลิตของระบบ (สูงสุด)	9667.1 MW
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 93 เครื่อง โดยแบ่งเป็น	
IPP 17 เครื่อง กำลังการผลิต (สูงสุด)	5561 MW
SPP 74 เครื่อง กำลังการผลิต (สูงสุด)	4089.6 MW
Hydro Plant 1 เครื่อง กำลังการผลิต (สูงสุด)	6.1 MW
VSPP 1 เครื่อง กำลังการผลิต (สูงสุด)	10.4 MW
สายส่งและบัส ที่เชื่อมต่อระหว่างสถานีย่อย	
สายส่งระดับแรงดัน 500 kV	2 เส้น
สายส่งระดับแรงดัน 230 kV	15 เส้น
สายส่งระดับแรงดัน 115 kV	11 เส้น
บัสระดับแรงดัน 500 kV	1 บัส
บัสระดับแรงดัน 230 kV	14 บัส
บัสระดับแรงดัน 115 kV	25 บัส

4.2 การวิเคราะห์ความเสถียรภาพและผลกระทบในระบบกำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนในการศึกษาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเน้นถึงการศึกษา ความเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่มีการรบกวนเกิดขึ้นในระบบ โดยการศึกษานั้นจะเริ่มจากการศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบ ซึ่งในที่นี้จะเป็นการศึกษาของระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงที่มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) โดยในการศึกษานั้นจะใช้โปรแกรม Dig silent และ Power World ใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบกำลังไฟฟ้า ซึ่งหากขั้นตอนในการคำนวณ หรือการทดสอบการไหลกำลังไฟฟ้าของระบบ พบว่าระบบกำลังไฟฟ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้น ก็จะทำการปรับแต่งข้อมูลในระบบกำลังไฟฟ้าจนกระทั่งไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งความผิดปกติที่เกิดขึ้นจะเป็นในส่วนของแรงดันไฟฟ้าในระบบเพอร์เซนต์โวลตของสายส่ง และกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยสิ่งผิดปกติเหล่านี้สามารถปรับแต่ง โดย การปรับ แท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้า, การปรับค่าคาปาซิเตอร์ และการปรับโวลต์เตจเรกกูเรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อทำการทดสอบการไหลกำลังไฟฟ้าของระบบจนไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ก็จะได้รับการระบบกำลังไฟฟ้ากรณีฐานที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนผังการทำงานการวิเคราะห์ความเสถียรภาพและผลกระทบในระบบกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ระบบกำลังไฟฟ้ากรณีฐานแล้ว ก็จะทำการกำหนดหรือสร้างกรณีศึกษาเพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้า โดยจะทำการศึกษาในสองกรณีคือ

1. กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก
2. กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก

โดยในแต่ละกรณีจะทำการเปรียบเทียบผลกับระบบในสภาวะปกติ จากผลกระทบทั้งสองกรณีนั้นจะแบ่งการศึกษาเป็นสองอย่างคือ

1. การศึกษาผลกระทบในสภาวะคงตัว
2. การศึกษาผลกระทบในสภาวะทรานเซียนส์

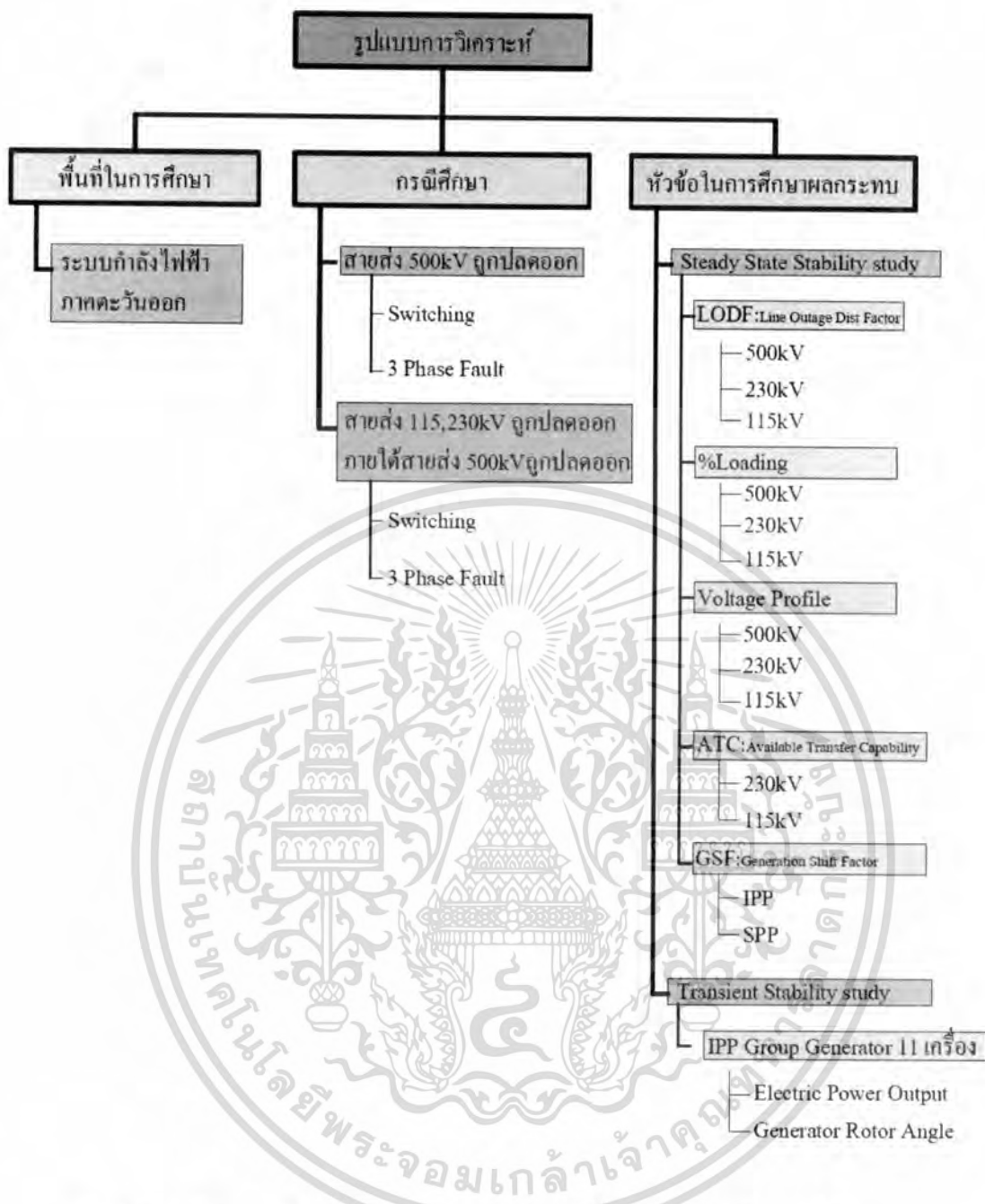
การศึกษาในสภาวะคงตัวจะทำการศึกษาถึง จำนวนหรือปริมาณสายส่งที่ถูกผลกระทบจากกรณีกรณีสายส่ง 500 kV ถูกปลดออกด้วยการศึกษาแฟกเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้า (LODF: Line Outage Distribution Factor) และทำการศึกษาผลกระทบต่อการรับโหลดของอุปกรณ์ในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า โดยสามารถจะแบ่งได้

1. กำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านและเปอร์เซ็นต์การรับ โหลดของสายส่ง
2. กำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านและเปอร์เซ็นต์การรับ โหลดของหม้อแปลง
3. แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ
4. ขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่ง
5. แฟกเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (GSF: Generation Shift Factor)

ส่วนในการศึกษาในสภาวะทรานเซียนส์นั้น จะทำการศึกษาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าโดย ทำการศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มของผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP: Independent Power Producer) ที่กระจายอยู่ในภาคตะวันออก โดยจะมีจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ 11 เครื่อง ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ BLCPP 2 เครื่อง เครื่องละ 700 MW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ EPEC 1 เครื่อง 350 MW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ BPK 3 เครื่อง เครื่องละ 700 MW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ BWN 2 เครื่อง เครื่องละ 350 MW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ IPT 3 เครื่อง เครื่องละ 230 MW ซึ่งหัวข้อในการศึกษาความเสถียรภาพนั้นกำหนดไว้สองหัวข้อคือ

1. กำลังไฟฟ้านอกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ซึ่งผลกระทบในสภาวะทรานเซียนส์นั้นจะทำการเปรียบเทียบผลกระทบกับระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติโดยรูปแบบการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 รูปแบบการศึกษผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การจำลองเหตุการณ์

การศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพในสภาวะคงตัวและสภาวะ ทรานเซียนต์ ของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทยได้กำหนดกรณีการศึกษาไว้สองกรณีคือ

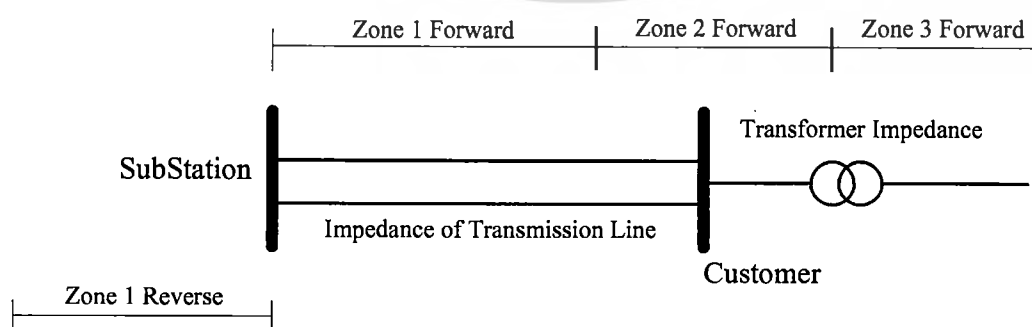
1. กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก
2. กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก

ซึ่งในการปลดสายส่งแต่ละกรณีนั้นได้กำหนดไว้สองกรณีคือ

1. ปลดสายส่งจากการ สวิตซ์ซึ่งสายส่ง เพื่อทำการซ่อมบำรุงรักษา
2. สายส่งถูกปลดจากการรบกวนอย่างรุนแรงในระบบโดยกำหนดให้เกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส

การทำสวิตซ์ซึ่งสายส่ง (Transmission Line Switching) เป็นการทำงานที่มีการปลดสายส่งออก ในสภาวะที่สายส่งนั้นมีกำลังไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งในบางครั้งการทำงานในระบบกำลังไฟฟ้านั้นอาจจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา หรือการซ่อมแซมอุปกรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการปลดสายส่งเพื่อที่จะตัดการจ่ายไฟออกเพื่อที่จะสามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

ในส่วนการลัดวงจรเกิดที่สายส่งนั้น จะกำหนดการเกิดการลัดวงจรเป็นแบบ 3 เฟส สมมาตร ซึ่งการลัดวงจรกรณีดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อระบบแรงดันที่สูงสุด และกำหนดให้เกิดขึ้นที่ 50% ของสายส่ง ซึ่งเมื่อเกิดการลัดวงจรเกิดขึ้นจะกำหนดให้อุปกรณ์ป้องกันสายส่งสั่งปลดสายส่งที่ลัดวงจรออก โดยการปลดสายส่งนั้นจะสั่งเปิดเบรกเกอร์หรืออุปกรณ์ตัดต่อที่ปลายสายส่งทั้งสองด้านในเวลา 0.035 วินาที ซึ่งเป็นค่าเวลาสูงสุดใน โชนที่ 1 ตามตารางที่ 4.3 โดยปรกติแล้วในระบบกำลังไฟฟ้าอุปกรณ์ป้องกันสายส่งส่วนมากจะใช้เป็น Distance Relay [2] ในการป้องกันจะกำหนดรูปแบบโซนการป้องกันดังรูปที่ 4.4 และการป้องกันสายส่งได้กำหนดไม่ให้มีการทำงานของอุปกรณ์ รีโคสเซอร์ เพื่อต้องการศึกษาผลกระทบในกรณีที่สายส่งนั้นถูกปลดออก



รูปที่ 4.4 รูปแบบโซนป้องกันของ Distance Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เวลาการทำงานของ Distance Relay ในแต่ละโซน

Protection Zone	Distance Protection Setting	Zone time Coordination
Zone 1 Forward	0-85% of Line	0.01 - 0.035 Second
Zone 2 Forward	100% of Line 1+ 40% of Transformer impedance at remote end	0.30 - 0.60 Second
Zone 3 Forward	100% of Line 1+ 60% of Transformer impedance at remote end	0.60 - 0.10 Second
Zone 1 Reverse	10% of Zone 1 Reach	0.60 - 1.00 Second

4.3.1 เงื่อนไขการจำลองการศึกษาคงเสถียรภาพ กรณีสายส่ง 500kV ถูกปลดออก

4.3.1.1 กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง

ในการจำลองการทำสวิตช์ซึ่ง ได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-WN) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2 วินาที
2. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 8 วินาที

4.3.1.2 กรณีเกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส

ในการจำลองการเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส นั้น ได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดเกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 500 kV (PDG-WN) ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 2 วินาที
2. กำหนดเกิดการลัดวงจรที่สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 2 วินาที
3. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-WN) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที
4. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที

4.3.2 เงื่อนไขการจำลองการศึกษาคงเสถียรภาพ กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะระบบกำลังไฟฟ้าปกติ

4.3.2.1 กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง

ในการจำลองการทำสวิตช์ซึ่ง ได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดให้ สายส่ง 230 kV เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2 วินาที

4.3.2.2 กรณีเกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส

ในการจำลองการเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส นั้น ได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดให้เกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 230 kV ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 2 วินาที
2. กำหนดให้ สายส่ง 230 kV เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที

4.3.3 เงื่อนไขการจำลองการศึกษาความเสถียรภาพ กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก

4.3.3.1 กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง

ในการจำลองการทำสวิตช์ซึ่ง ได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-WN) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2 วินาที
2. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 8 วินาที
3. กำหนดให้ สายส่ง 230 kV เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 16 วินาที

4.3.3.2 กรณีเกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส

ในการจำลองการเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส นั้น ได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดเกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 500 kV (PDG-WN) ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 2 วินาที
2. กำหนดเกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 2 วินาที
3. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที
4. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที
5. กำหนดให้เกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 230 kV ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 10 วินาที
6. กำหนดให้ สายส่ง 230 kV เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 10.035 วินาที

โดยค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส ของแต่ละสายส่งนั้นได้ทำการคำนวณ โดยได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

4.4 ผลการศึกษาค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่ากระแสลัดวงจรซึ่งคำนวณผลจากการลัดวงจรแบบ 3 เฟส ซึ่งได้แสดงผลค่ากระแสลัดวงจรของแต่ละสายส่งที่ใช้ในการจำลอง

ตารางที่ 4.4 ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส

No.	Transmission Line			Voltage kV	Short circuit (3 phase fault)		
	Number	From Name	To Name		Sk"(MVA)	Ik"(kA)	Ip(kA)
1	6661-6911	NCO	PDG	500	14933.32	17.24	45.26
2	5906-6911	WN	PDG	500	14475.89	16.72	43.68
3	6800-6806	AP-B	BWN	230	11123.05	27.92	68.41
4	6800-6804	AP-B	RY2	230	8606.1	21.6	52.5
5	6801-6802	BPK-A	AP	230	8536.38	21.43	51.92
6	6802-6891	AP	BPK-B	230	8752.64	21.97	53.2
7	6803-6807	RY2-B	BKI	230	17064.55	42.84	100.84
8	6803-6806	RY2-B	BWN	230	8344.94	20.95	51.3
9	6804-6807	RY2	BKI	230	16554.24	41.55	107.96
10	6807-6810	BKI	CT	230	3069.78	7.71	18.43
11	6812-6891	PA2	BPK-B	230	6404.77	16.08	40.8
12	6801-6808	BPK-A	KLM	230	15025.95	37.72	96.83
13	6807-6811	BKI	PDG	230	11955.99	30.01	79.07
14	1804-6801	BPL	BPK-A	230	11697.06	29.36	74.38
15	1804-6891	BPL	BPK-B	230	12486.63	31.34	79.96
16	1809-6808	RS	KLM	230	8001.07	20.08	50.7
17	1810-6891	NCO	BPK-B	230	12486.63	31.34	79.69
18	6702-6705	CC	BPK	115	2745.49	13.78	31.1
19	6705-6706	BPK	CB	115	2517	12.64	29.87
20	6706-6707	CB	SC	115	2968.72	14.9	34.55
21	6707-6709	SC	AP	115	5399.73	27.11	67.55
22	6708-6723	BBG	BWN	115	3108.24	15.6	37.78
23	6709-6710	AP	BL	115	3252.18	16.33	40.2
24	6716-6734	KLA	RY2-B	115	1642.87	8.25	16.78
25	6734-6713	RY2-B	RY3	115	6466.49	32.46	84.62
26	6702-6703	CC	PA1	115	996.13	5	10.06
27	6707-6708	SC	BBG	115	2502.16	12.56	26.61
28	6726-6727	PA2	SMP	115	4244.16	21.31	54.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow Study)

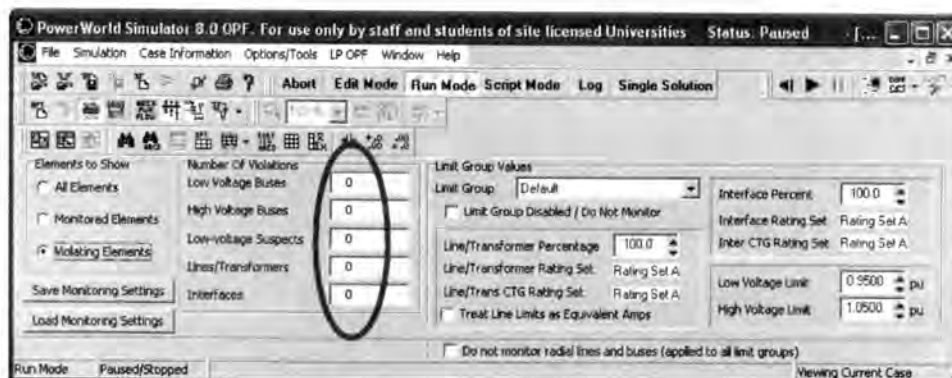
ในการศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้า นั้นได้ทำการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล ของระบบกำลังไฟฟ้าจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยฐานข้อมูลนั้น เป็นระบบกำลังไฟฟ้าในช่วงที่มี การใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดในประเทศ (Peak Load) โดยฐานข้อมูล ของระบบนั้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ซึ่งในการคำนวณหรือทดสอบการไหลของกำลัง ไฟฟ้า นั้น ได้ใช้โปรแกรม เพาเวอร์เวิลด์ (Power World) ในการทดสอบ จากฐานข้อมูลเดิม นั้น โดย ค่าควบคุม ในส่วนของเปอร์เซ็นต์โหลดของสายส่งอยู่ที่ 100% ส่วนค่าควบคุมในส่วนองแรงดันอยู่ที่ 0.95-1.05 p.u. ซึ่งพบว่าระบบยังมีจุดผิดปกติอยู่บ้าง ซึ่งพบว่า มีแรงดัน ไฟฟ้าที่เกินขอบเขตในการ ควบคุมอยู่ 14 บัส ซึ่งเป็นบัสทางด้านแรงดันต่ำดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.5

Number	Name	Area Name	Monitor	Limit Group	PU Volt	Volt (kV)	
1	2283	SKA-1	2	Yes	Default	0.94033	20.667
2	2269	LE-1	2	Yes	Default	0.93476	20.554
3	2270	LE-2	2	Yes	Default	0.91536	20.142
4	2267	NBL-1	2	Yes	Default	0.95963	20.672
5	2211	PEC-1	2	Yes	Default	0.93676	20.642
6	2706	PEC	2	Yes	Default	0.94029	109.054
7	2707	SU	2	Yes	Default	0.94184	108.312
8	2735	LE	2	Yes	Default	0.93130	107.099
9	2750	SKA	2	Yes	Default	0.93129	107.098
10	2276	PEC-2	2	Yes	Default	0.94133	20.709
11	4912	CMG	4	Yes	Default	0.94652	212.700
12	9549	CBO-2	5	Yes	Default	0.94276	20.741
13	9500	CBO-1	5	Yes	Default	0.94178	20.719
14	5714	CBO	5	Yes	Default	0.94399	108.850

รูปที่ 4.5 ผลการตรวจสอบ Violating Element จากฐานข้อมูลเดิม

จากผลการตรวจสอบ Violating Element จากฐานข้อมูลเดิม ได้แก้ไข โดยการปรับแต่งใน ส่วนของปรับค่า คาปาซิเตอร์ (Capacitor Bank) เพื่อชดเชยแรงดัน และปรับแท็ปของหม้อแปลง แรงดันไฟฟ้าเพื่อลดและเพิ่มแรงดันไฟฟ้าบางจุดในระบบ รวมถึงการปรับค่าโวลต์เตจเรกกูเลเตอร์ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยไม่ให้เกินขอบเขตในการควบคุมของเครื่องซึ่งสามารถแก้ไขปัญหของ ระบบกำลังไฟฟ้าได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลการตรวจสอบ Violating Element หลังการปรับแต่ง

จากผลการทดสอบ Violating Element ของระบบกำลังไฟฟ้าไม่มีจุดผิดปกติ ดังนั้นเราจะ
ได้ระบบกำลังไฟฟ้าที่ใช้เป็นกรณีฐานในการศึกษา

4.6 การศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพ กรณีสายส่ง 500kV ถูกปลดออก

ในการศึกษานั้นสามารถแบ่งผลการศึกษาได้เป็นสองใหญ่ๆ คือ การศึกษาผลกระทบต่อ
ระบบในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนส์ โดยใช้เงื่อนไขในการจำลองที่ 4.3.1.1 และ 4.3.1.2
โดยผลในการศึกษานั้นสามารถแสดงได้ดังนี้

4.6.1 ผลการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกในสภาวะคงตัว

การศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะคงตัวจะมุ่งศึกษาในส่วนเปอร์เซ็นต์การรับ โหลด
ของสายส่ง, หม้อแปลง, แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่าง, จิตความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่ง
และ แฟลคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งซึ่งจากตารางที่ 4.5 เป็นข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษา
ในส่วนของการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบในสภาวะปกติ ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 4.1 ซึ่งประกอบ
ไปด้วยสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV, 230-kV และ 115 kV ทั้งหมด 28 สายส่งที่ใช้ในการศึกษาใน
ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก โดยการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรับ โหลดของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงาน
นั้นจะสอดคล้องกับการศึกษาในส่วนของคุณภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ ซึ่งใน
กรณีที่สายส่ง 500 kV ถูกปลดออก จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่ง 500kV
ทั้งหมดจะถูกส่งผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 230 kV, 115kV แทน โดยในสภาวะดังกล่าวนี้ สายส่ง
และหม้อแปลงจะรับภาระมากขึ้นตาม และส่งผลกระทบต่อแรงดันในระบบ โดยตรง

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรับ โหลดของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงาน
และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า ที่ระดับแรงดัน 500 kV, 230kV และ 115 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ชื่อและหมายเลขสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV, 230kV และ 115 kV

Case	Transmission Line			Quantity	Voltage	Length	%Loading	Power
No.	Number	From Name	To Name	of Lines	(kV)	(km)	(%)	(MW)
1	6661-6911	NCO	PDG	1	500	148.6	26.3	817.9
2	5906-6911	WN	PDG	1	500	171.9	23.4	728.9
3	6800-6806	AP-B	BWN	2	230	29	38.8	178.3
4	6800-6804	AP-B	RY2	1	230	52	51.9	244.4
5	6801-6802	BPK-A	AP	1	230	51.2	72.4	338.7
6	6802-6891	AP	BPK-B	3	230	52.5	35.7	164.9
7	6803-6807	RY2-B	BK1	1	230	12.3	27.6	230.6
8	6803-6806	RY2-B	BWN	2	230	44.7	15.1	72
9	6804-6807	RY2	BK1	3	230	12.3	28.9	247.8
10	6807-6810	BK1	CT	2	230	116	22.9	96.7
11	6812-6891	PA2	BPK-B	2	230	76.2	5	22.1
12	6801-6808	BPK-A	KLM	2	230	8.1	23.13	222.07
13	6807-6811	BKI	PDG	2	230	36.3	7.25	115.98
14	1804-6801	BPL	BPK-A	1	230	43.9	39.6	377.3
15	1804-6891	BPL	BPK-B	1	230	43.9	67.9	647.9
16	1809-6808	RS	KLM	2	230	73.1	23.5	221.9
17	1810-6891	NCO	BPK-B	4	230	51.7	45	320.6
18	6702-6705	CC	BPK	2	115	16.1	15.1	18.7
19	6705-6706	BPK	CB	2	115	25.3	15.8	27.7
20	6706-6707	CB	SC	1	115	21.4	12.6	12.4
21	6707-6709	SC	AP	2	115	4.6	19.5	17
22	6708-6723	BBG	BWN	2	115	26.2	18.2	64.2
23	6709-6710	AP	BL	2	115	21.7	32.1	105.6
24	6716-6734	KLA	RY2-B	2	115	56.7	22.8	29.6
25	6734-6713	RY2-B	RY3	2	115	4.9	13.4	11.8
26	6702-6703	CC	PA1	1	115	71.8	3.23	2.29
27	6707-6708	SC	BBG	1	115	33.2	25.11	25.99
28	6726-6727	PA2	SMP	2	115	12	25.65	93.87

แต่ในการศึกษาผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่งนั้นได้ทำการศึกษาถึงปริมาณสายส่งที่ได้รับผลกระทบจากกรณีที่มีสายส่งในระบบถูกปลดออก ซึ่งใช้ข้อมูลจากการศึกษา แฟลคเตอร์การกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1.1 ผลการศึกษาแฟกเตอร์การกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF)

ก่อนการศึกษาผลกระทบต่ออุปกรณ์ในการส่งผ่านพลังงาน ได้ทำการศึกษา จำนวน หรือปริมาณสายส่งที่ถูกผลกระทบจากกรณีสายส่ง 500 kV ถูกปลดออก ด้วยการศึกษแฟกเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้า (LODF: Line Outage Distribution Factor) ซึ่งแสดงไว้ตามตารางที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งตารางที่ 4.6 พบว่ามีสายส่งที่ถูกกระทบจากผลของการปลดสายส่ง 500kV มีจำนวน 20 สายส่ง โดยแบ่งเป็นสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV จำนวน 13 สายส่ง, 115kV จำนวน 7 สายส่ง ซึ่งได้เปรียบเทียบให้เห็นกับระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ

ตารางที่ 4.6 ผลแฟกเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง (LODF)

No.	Line LODF Records			Normal case		500KV line outage 2 Line	
	Number	From Name	To Name	% LODF	Power flow	% LODF	Power flow
1	1804-6891	BPL	BPK-B	0	651.6	15.1	890.1
2	1804-6801	BPL	BPK-A	0	374.9	9.6	517.9
3	1809-6808	RS	KLM	0	225.8	8.4	356.9
4	1810-6891	NCO	BPK-B	0	384.8	16	624
5	6702-6705	CC	BPK	0	18.8	0.1	21
6	6702-6703	CC	PA1	0	2.3	0.3	6.8
7	6706-6707	CB	SC	0	13.1	6.4	110.6
8	6707-6709	SC	AP	0	15.4	1.1	31.4
9	6707-6708	SC	BBG	0	26.5	4.3	92.1
10	6708-6723	BBG	BWN	0	66.5	2.2	99.3
11	6726-6727	PA2	SMP	0	94.2	0.1	96.4
12	6800-6806	AP-B	BWN	0	178.3	25.4	565.8
13	6800-6804	AP-B	RY2	0	248.3	44.9	935.3
14	6801-6808	BPK-A	KLM	0	224.3	8.4	355.5
15	6801-6802	BPK-A	AP	0	346.9	26.4	754.4
16	6802-6891	AP	BPK-B	0	164.9	22.2	501.2
17	6803-6807	RY2-B	BKI	0	232.9	54	1058.3
18	6803-6806	RY2-B	BWN	0	73	27.6	493.8
19	6807-6811	BKI	PDG	0	113.7	50	650.1
20	6807-6810	BKI	CT	0	96.7	0.5	104.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลแฟคเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้าในหม้อแปลง (LODF)

No.	Line LODF Records			Normal case		500KV line outage 2 Line	
	Number	From Name	To Name	% LODF	Power flow	% LODF	Power flow
1	6709-608	AP	AP-3J	0	157.6	0.7	168.2
2	6709-607	AP	AP-2J	0	157.3	0.7	167.9
3	6709-606	AP	AP-1J	0	158.9	0.7	169.6
4	6717-642	CT	CT-5J	0	95.6	0.5	103.8
5	6717-641	CT	CT-4J	0	95.7	0.5	103.9
6	6723-623	BWN	BWN-3J	0	112	1	127.6
7	6723-624	BWN	BWN-4J	0	114.4	1.1	130.4
8	6723-621	BWN	BWN-1J	0	123.3	1.1	140.5
9	6723-622	BWN	BWN-2J	0	119.2	1.1	135.9
10	6802-608	AP	AP-3J	0	157.6	0.7	168.2
11	6802-607	AP	AP-2J	0	157.3	0.7	167.9
12	6802-606	AP	AP-1J	0	158.9	0.7	169.6
13	6806-622	BWN	BWN-2J	0	119.2	1.1	135.9
14	6806-621	BWN	BWN-1J	0	123.3	1.1	140.5
15	6806-624	BWN	BWN-4J	0	114.4	1.1	130.4
16	6806-623	BWN	BWN-3J	0	112	1	127.6
17	6810-641	CT	CT-4J	0	95.7	0.5	103.9
18	6810-642	CT	CT-5J	0	95.6	0.5	103.8
19	6811-681	PDG	PDG-1J	0	113.6	50	650.6
20	6811-682	PDG	PDG-2J	0	113.6	50	650.6
21	6911-682	PDG	PDG-2J	0	113.6	50	650.6
22	6911-681	PDG	PDG-1J	0	113.6	50	650.6

จากตารางที่ 4.7 พบว่ามีหม้อแปลงไฟฟ้าที่ถูกกระทบจากผลของการปลดสายส่ง 500KV มีจำนวน 22 หม้อแปลง โดยแบ่งเป็นหม้อแปลงที่ระดับแรงดัน 230kV จำนวน 13 หม้อแปลง, 115kV จำนวน 9 หม้อแปลง ซึ่งได้เปรียบเทียบให้เห็นกับระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติ

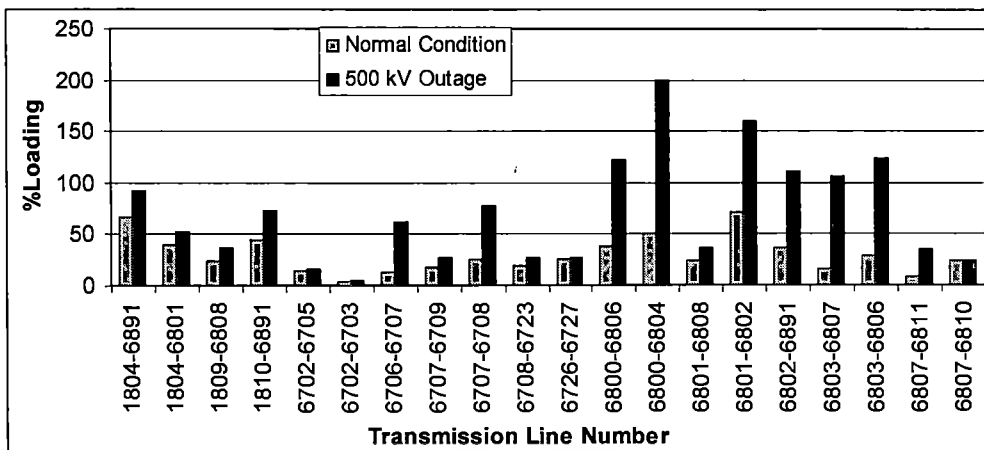
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1.2 ผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่ง

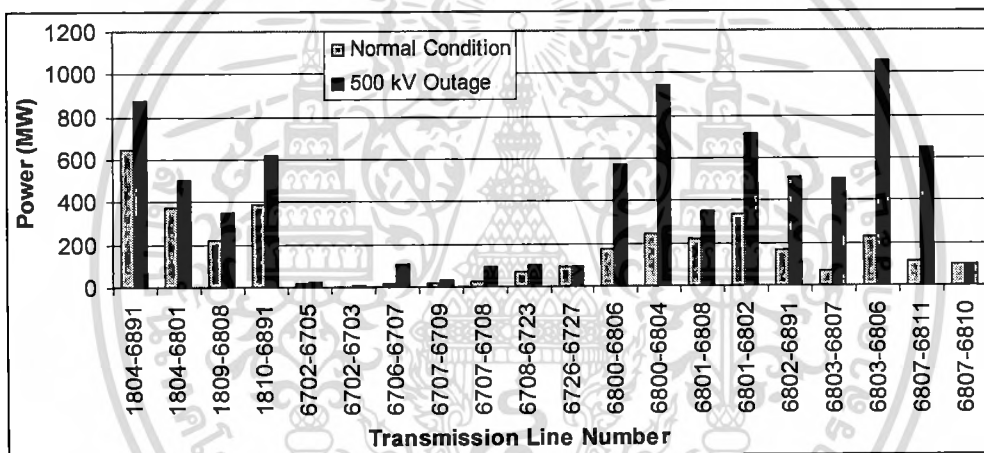
จากตารางที่ 4.8 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่งและกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งในสถานะคงตัวโดยการวิเคราะห์จากโปรแกรม Power World ซึ่งผลที่ได้นั้น ได้ทำการเปรียบเทียบผลจากระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะที่ปรกติ และในสถานะที่สายส่ง 500KV ถูกปลดทั้งสองเส้นซึ่งค่าควบคุมจะควบคุมไม่ให้เกิน 100% จะเห็นได้ว่ามี สายส่งที่ลำดับ 12, 13, 15, 16, 17 และ 18 ตามตารางที่ 4.8 นั้น จะรับภาระ โหลดเพิ่มขึ้นมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้าไหลผ่านเพิ่มขึ้นนี้อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อสายส่งได้หากเราพิจารณาในส่วนของขีดจำกัดในส่วนของความร้อน และเพื่อให้เห็นความแตกต่างและง่ายต่อการวิเคราะห์ได้แสดงกราฟผลการทดลองไว้ในรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่งและกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง

No.	Line LODF Records			Normal case		500KV line outage 2 Line	
	Number	From Name	To Name	% Loading	Power flow	% Loading	Power flow
1	1804-6891	BPL	BPK-B	67.16	648.74	92.38	873.56
2	1804-6801	BPL	BPK-A	38.84	375.19	52.96	503.8
3	1809-6808	RS	KLM	23.2	223.73	36.72	348.95
4	1810-6891	NCO	BPK-B	44.36	385.57	72.38	616.14
5	6702-6705	CC	BPK	14.91	18.77	15.24	19.43
6	6702-6703	CC	PA1	3.23	2.29	5.52	5.21
7	6706-6707	CB	SC	13.15	13.05	62.16	109.95
8	6707-6709	SC	AP	17.95	15.47	26.51	32.25
9	6707-6708	SC	BBG	25.11	25.99	76.99	89.04
10	6708-6723	BBG	BWN	18.33	66.04	27.2	96.87
11	6726-6727	PA2	SMP	25.65	93.87	26.21	94.66
12	6800-6806	AP-B	BWN	37.78	177.16	122.51	571.01
13	6800-6804	AP-B	RY2	50.53	246.36	199.01	943.13
14	6801-6808	BPK-A	KLM	23.13	222.07	36.52	346.68
15	6801-6802	BPK-A	AP	71.49	336.77	159.84	717.37
16	6802-6891	AP	BPK-B	35.78	169.96	109.98	512.12
17	6803-6807	RY2-B	BKI	15.77	71.81	105.8	500.61
18	6803-6806	RY2-B	BWN	27.75	230.6	124.16	1055.93
19	6807-6811	BKI	PDG	7.25	115.98	34.16	648.73
20	6807-6810	BKI	CT	22.96	95.59	24	99.95



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โหลดของแต่ละสายส่ง ในระบบกำลังไฟฟ้า ในสถานะปกติและกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านของแต่ละสายส่ง ในระบบกำลังไฟฟ้า ในสถานะปกติและกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด

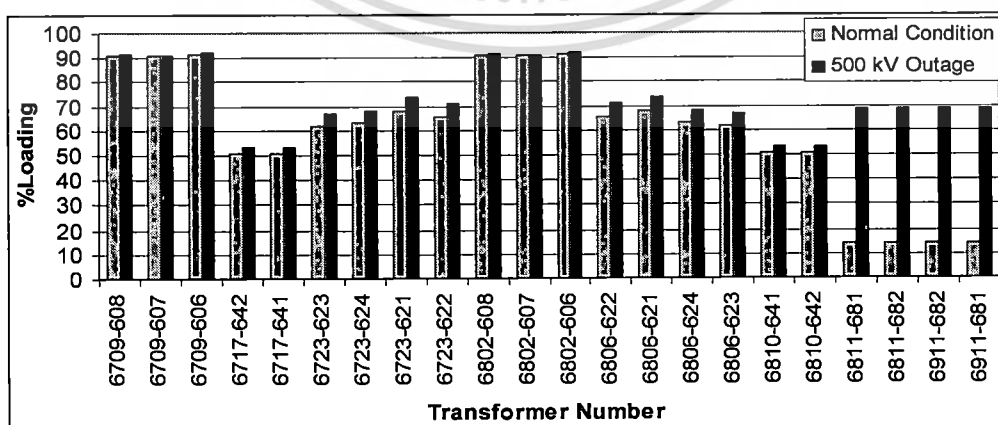
4.6.1.3 ผลกระทบเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

จากตารางที่ 4.9 เป็นตารางเปอร์เซ็นต์การรับโหลดกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านหม้อแปลง ในสถานะคงตัวโดยการวิเคราะห์จากโปรแกรม Power World ซึ่งผลที่ได้นั้นจะทำการเปรียบเทียบ ผลกับระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะที่ปกติ และในสถานะที่สายส่ง 500KV ถูกปลดทั้งสองเส้นซึ่งค่า ความคุมจะควบคุมไม่ให้เกิน 100% จะเห็นได้ว่ามี หม้อแปลงในระดับที่ 19, 20, 21 และ 22 ที่ได้รับการ ถ่ายโอนพลังงานเพิ่มอย่างเห็น ได้ชัดเจน แต่เมื่อวิเคราะห์ในส่วนขอเปอร์เซ็นต์โหลดแล้วไม่ พบว่ามีหม้อแปลงรับ โหลดเกิน 100% และเพื่อให้เห็นความแตกต่างและง่ายต่อการวิเคราะห์ได้ แสดงกราฟผลการทดลองไว้ในรูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

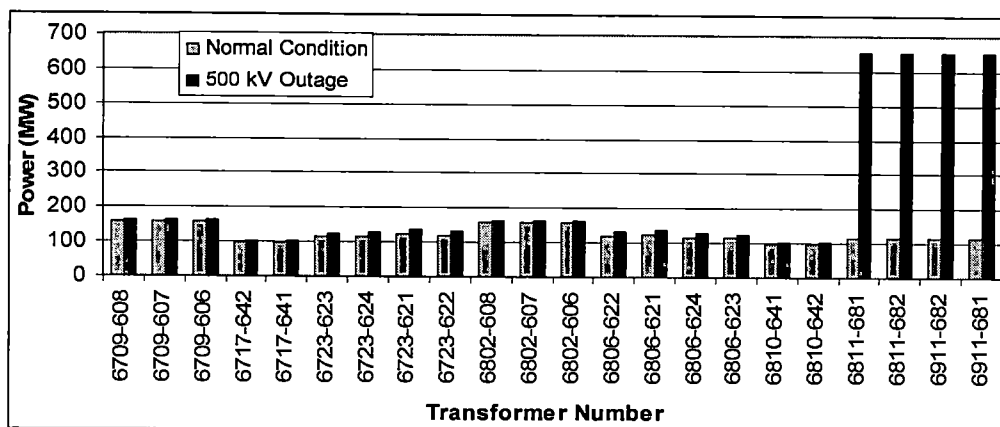
ตารางที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การรับโหลดกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านหม้อแปลง

No	Line LODF Records			Normal Case		500KV Outage case	
	Number	From Name	To Name	%loading	Power flow	%loading	Power flow
1	6709-608	AP	AP-3J	90.88	157.61	91.2	162.09
2	6709-607	AP	AP-2J	90.73	157.34	91.04	161.82
3	6709-606	AP	AP-1J	91.65	158.93	91.96	163.45
4	6717-642	CT	CT-5J	50.5	95.55	52.83	98.73
5	6717-641	CT	CT-4J	50.54	95.63	52.79	98.81
6	6723-623	BWN	BWN-3J	61.58	111.92	66.58	122.4
7	6723-624	BWN	BWN-4J	62.92	114.35	68.03	125.07
8	6723-621	BWN	BWN-1J	67.8	123.22	73.31	134.77
9	6723-622	BWN	BWN-2J	65.54	119.12	70.86	130.28
10	6802-608	AP	AP-3J	90.88	157.61	91.2	162.09
11	6802-607	AP	AP-2J	90.73	157.34	91.04	161.82
12	6802-606	AP	AP-1J	91.65	158.93	91.96	163.45
13	6806-622	BWN	BWN-2J	65.54	119.12	70.86	130.28
14	6806-621	BWN	BWN-1J	67.8	123.22	73.31	134.77
15	6806-624	BWN	BWN-4J	62.92	114.35	68.03	125.07
16	6806-623	BWN	BWN-3J	61.58	111.92	66.58	122.4
17	6810-641	CT	CT-4J	50.54	95.63	52.83	98.81
18	6810-642	CT	CT-5J	50.5	95.55	52.79	98.73
19	6811-681	PDG	PDG-1J	13.99	115.77	68.61	653
20	6811-682	PDG	PDG-2J	13.99	115.77	68.61	653
21	6911-682	PDG	PDG-2J	13.99	115.77	68.61	653
22	6911-681	PDG	PDG-1J	13.99	115.77	68.61	653



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โหลดของแต่ละหม้อแปลงในระบบกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในพิธีการทักไซเท่านั้น มิใช่ผู้ดูแลให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านของแต่ละหม้อแปลง ในระบบกำลังไฟฟ้า ในสภาวะปกติและกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด

4.6.1.4 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบ

ตารางที่ 4.10 ระดับแรงดัน 500KV และ 230KV ที่บัสต่างๆกรณีสายส่ง 500KV ถูกปลด

no.	Bus		Bus Voltage		Normal condition		500kV outage	
	Number	Name	(kV)	(pu)	(kV)	(pu)	(kV)	(pu)
1	6911	PDG	500	1	509.96	1.02	493.91	0.988
2	6800	AP-B	230	1	232.31	1.01	225.43	0.98
3	6801	BPK-A	230	1	232.99	1.013	229.42	0.997
4	6802	AP	230	1	232.33	1.01	225.54	0.981
5	6803	RY2-B	230	1	233.9	1.017	228.26	0.992
6	6804	RY2	230	1	235.52	1.024	229.75	0.999
7	6806	BWN	230	1	231.5	1.007	225.38	0.98
8	6807	BKI	230	1	235.36	1.023	229.23	0.997
9	6808	KLM	230	1	232.56	1.011	229.35	0.997
10	6809	SSM	230	1	235.34	1.02	234.73	1.02
11	6810	CT	230	1	229.3	0.997	223.86	0.973
12	6812	PA2	230	1	229.44	0.998	225.7	0.981
13	6822	AU2	230	1	232.39	1.01	229.2	1
14	6853	NKM	230	1	234.03	1.02	232.33	1.01
15	6891	BPK-B	230	1	232.99	1.013	228.06	0.992

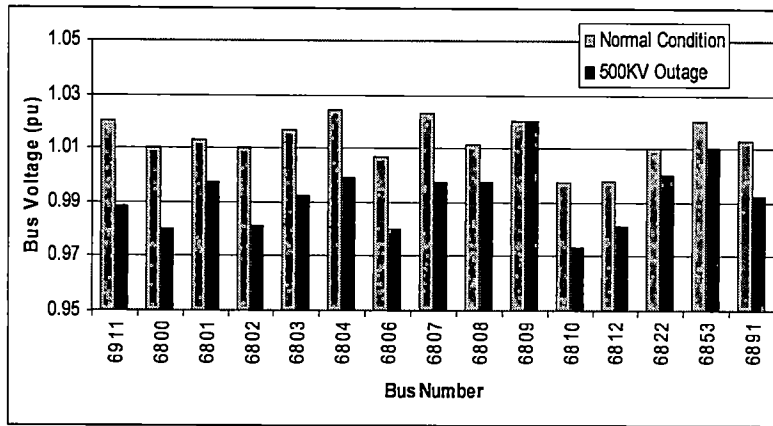
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ระดับแรงดัน 115KV ที่บัสต่างๆของระบบกรณีที่สายส่ง 500KV ถูกปลด

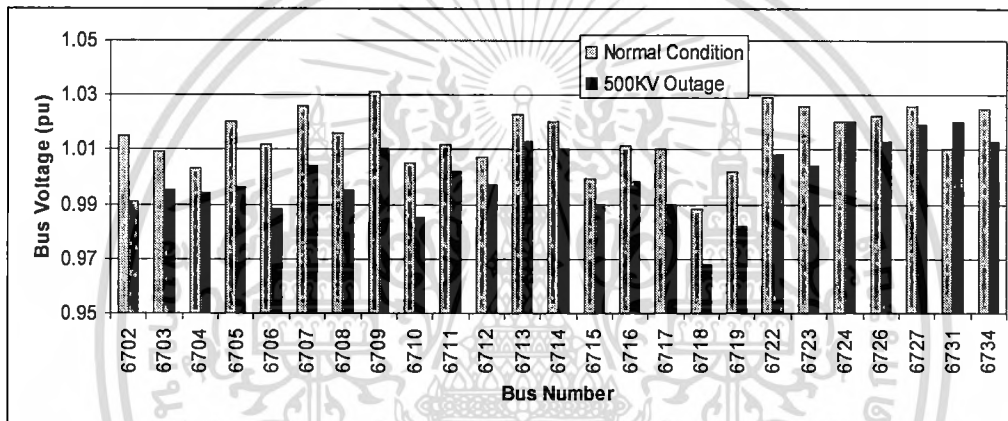
no.	Bus		Bus Voltage		Normal condition		500KV outaged	
	Number	Name	(kV)	(pu)	(kV)	(pu)	(kV)	(pu)
1	6702	CC	115	1	116.71	1.015	113.99	0.991
2	6703	PA1	115	1	116	1.009	114.4	0.995
3	6704	WNK	115	1	115.3	1.003	114.36	0.994
4	6705	BPK	115	1	117.35	1.02	114.51	0.996
5	6706	CB	115	1	116.4	1.012	113.58	0.988
6	6707	SC	115	1	118.04	1.026	115.51	1.004
7	6708	BBG	115	1	116.81	1.016	117.37	0.995
8	6709	AP	115	1	118.53	1.031	116.16	1.01
9	6710	BL	115	1	115.53	1.005	113.22	0.985
10	6711	SHI	115	1	116.39	1.012	115.25	1.002
11	6712	SH2	115	1	115.81	1.007	114.67	0.997
12	6713	RY3	115	1	117.68	1.023	116.53	1.013
13	6714	RY2_A	115	1	116.69	1.02	116.4	1.01
14	6715	RY1	115	1	114.86	0.999	113.85	0.99
15	6716	KLA	115	1	116.22	1.011	114.73	0.998
16	6717	CT	115	1	116.18	1.01	113.8	0.99
17	6718	TR	115	1	113.65	0.988	111.32	0.968
18	6719	CTN	115	1	115.26	1.002	112.96	0.982
19	6722	AU1	115	1	118.32	1.029	115.93	1.008
20	6723	BWN	115	1	118.01	1.026	115.41	1.004
21	6724	KLM	115	1	117.82	1.02	117.43	1.02
22	6726	PA2	115	1	117.54	1.022	116.48	1.013
23	6727	SMP	115	1	117.59	1.026	117.15	1.019
24	6731	KRD	115	1	116.7	1.01	117.73	1.02
25	6734	RY2-B	115	1	117.89	1.025	116.52	1.013

จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง หรือผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ระดับแรงดัน 500kV, 230kV และ 115kV โดยผลการศึกษาก็จะทำการเปรียบเทียบผลกับระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติในการอ้างอิง โดยแรงดันไฟฟ้าในการศึกษานั้น ได้ทำการตั้งค่าในการควบคุมคือ 0.95 - 1.05 เอร์ยูนิต ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าแรงดันที่บัสต่างนั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงแต่ยังอยู่ในขอบเขตที่ตั้งไว้ และเพื่อให้เห็นความแตกต่างและง่ายต่อการวิเคราะห์ได้แสดงกราฟผลการทดลองไว้ในรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12

ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ระดับแรงดัน 500KV และ 230KV ที่บัสต่างๆของระบบ
กรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลด



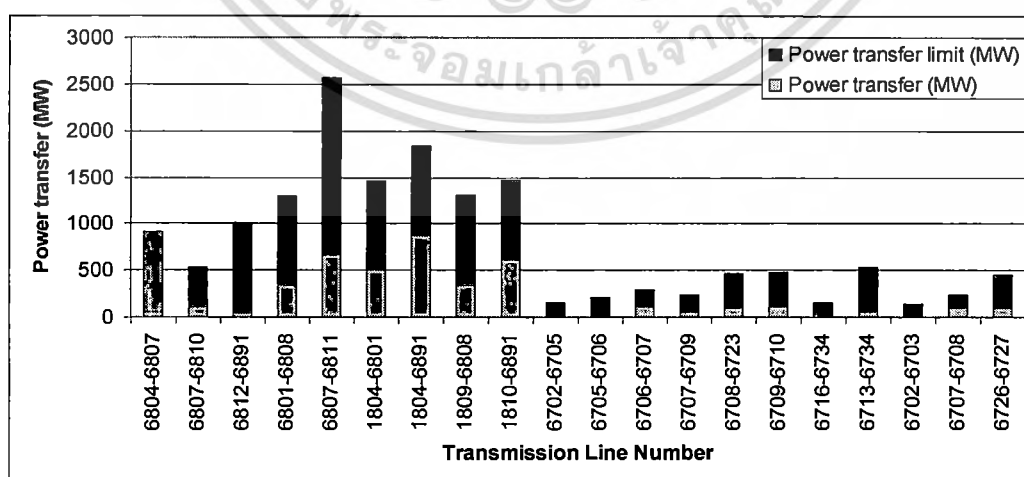
รูปที่ 4.12 แสดงระดับแรงดัน 115KV ที่บัสต่างๆของระบบ
กรณีที่มีสายส่ง 500KV ถูกปลด

4.6.1.5 ผลการศึกษาขีดความสามารถของสายส่ง

จากผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์โหลดของสายส่งซึ่งพบว่าสายส่งที่ได้รับผลกระทบเกิน 100% อยู่ 6 สายส่งด้วยกัน จากการที่สายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก ดังนั้นได้ทำการศึกษาขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งที่ยังคงเหลือของแต่ละสายส่ง เพื่ออาจใช้ในการวางแผนในการถ่ายโอนพลังงาน หรือใช้ในการวางแผนในการเพิ่มจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นในระบบกำลังไฟฟ้า ในอนาคต ซึ่งการศึกษาศักยภาพในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งได้ทำการเปรียบเทียบให้เห็นระหว่างระบบกำลังไฟฟ้าปกติและในสถานะ 500kV ถูกปลดออก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 ซึ่งพบว่าสายส่งที่เหลือยังมีขีดความสามารถรับภาระโหลดในการส่งผ่านได้อีก

ตารางที่ 4.12 ขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งคองเหลือ

No.	Line Records				Normal Condition		500kV line Outage		Limit
	Number	Name	Number	Name	Used Flow	Used %	Used Flow	Used %	
1	6804	RY2	6807	BKI	250.2	29.1	51.4	6	858.9
2	6807	BKI	6810	CT	98.9	23	105.8	24.6	429.4
3	6812	PA2	6891	BPK-B	47.7	5	46.9	4.9	953.7
4	6801	BPK-A	6808	KLM	229	24	341.7	35.8	953.7
5	6807	BKI	6811	PDG	170.8	9	662.8	34.8	1907.4
6	1804	BPL	6801	BPK-A	375.2	39.3	500	52.4	953.7
7	1804	BPL	6891	BPK-B	652.1	68.4	873.9	91.6	953.7
8	1809	RS	6808	KLM	226.7	23.8	342.9	36	953.7
9	1810	NCO	6891	BPK-B	386.8	45	606.9	70.7	858.9
10	6702	CC	6705	BPK	19.7	15.2	21.1	16.3	129.7
11	6705	BPK	6706	CB	27.8	15.5	24.1	13.4	179.1
12	6706	CB	6707	SC	26.6	14.8	106.8	59.6	179.1
13	6707	SC	6709	AP	39.1	21.8	49.3	27.5	179.1
14	6708	BBG	6723	BWN	64.8	18.1	98.7	27.6	358.1
15	6709	AP	6710	BL	114.9	32.1	114.9	32.1	358.1
16	6716	KLA	6734	RY2-B	29.7	22.9	24.3	18.7	129.7
17	6713	RY3	6734	RY2-B	66.4	13.9	55.8	11.7	476.9
18	6702	CC	6703	PA1	4.3	3.4	6.1	4.8	127.5
19	6707	SC	6708	BBG	36.2	27.9	99.5	76.7	129.7
20	6726	PA2	6727	SMP	94.1	26.3	95.9	26.8	358.1

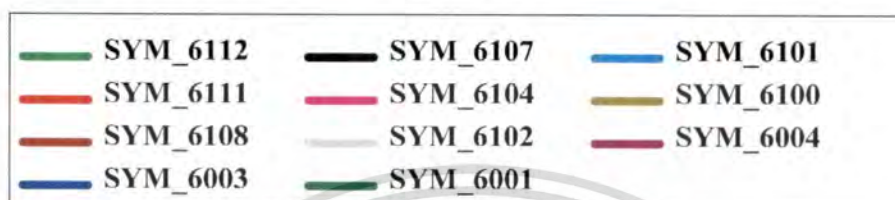


รูปที่ 4.13 ขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งคองเหลือ
(สายส่งที่ไม่ได้รับผลกระทบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

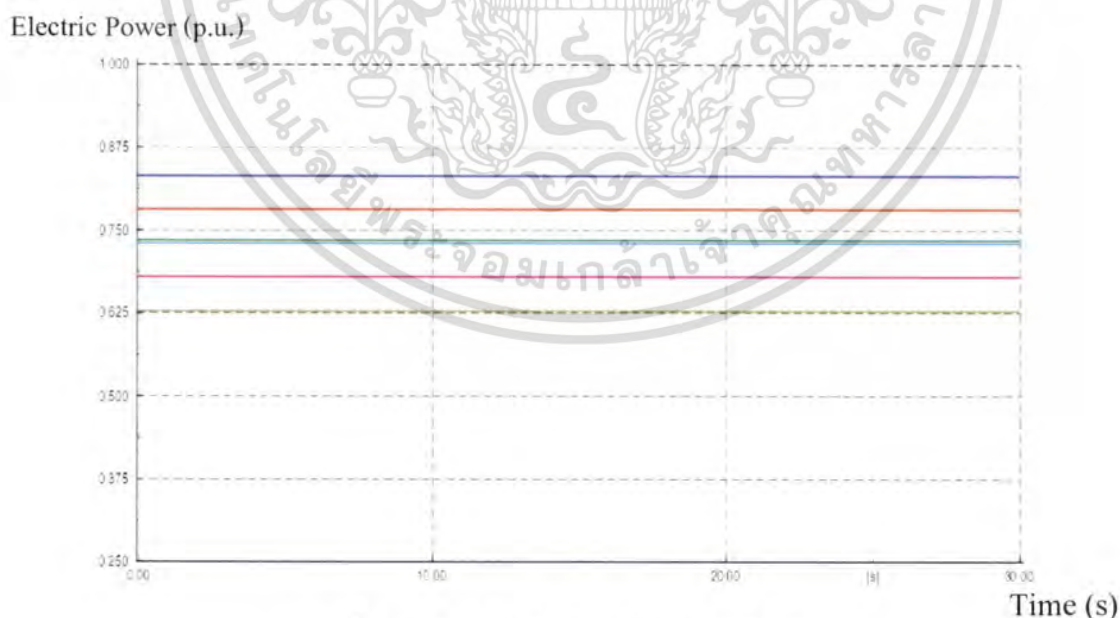
4.6.2 ผลการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การศึกษาค่าความเสถียรภาพจะทำการศึกษาผลตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 11 เครื่อง ซึ่งกระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในการจำลองผลนั้นได้แทน สัญลักษณ์แถบสีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่องซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.14



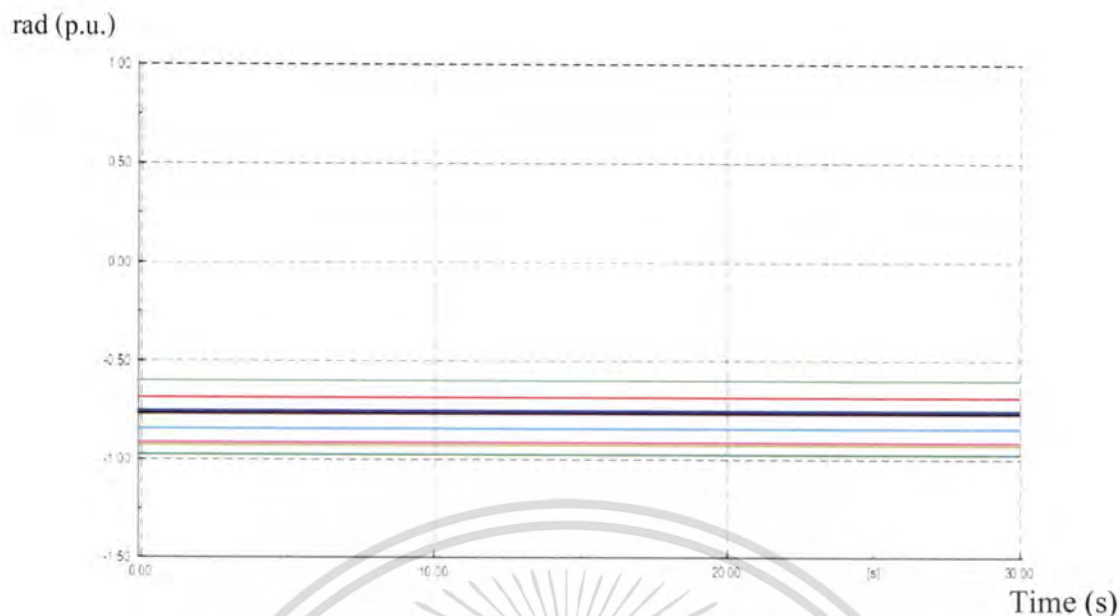
รูปที่ 4.14 สัญลักษณ์แถบสีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง

จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 นั้นเป็นรูปกราฟของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์ซึ่งแสดงในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ ในสถานะของระบบกำลังไฟฟ้าที่ปกติ ยังไม่มีการรบกวนเกิดขึ้นในระบบ ซึ่งได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาที ซึ่งจะเห็นได้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง มีความเสถียรภาพ



รูปที่ 4.15 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
กรณีระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติ

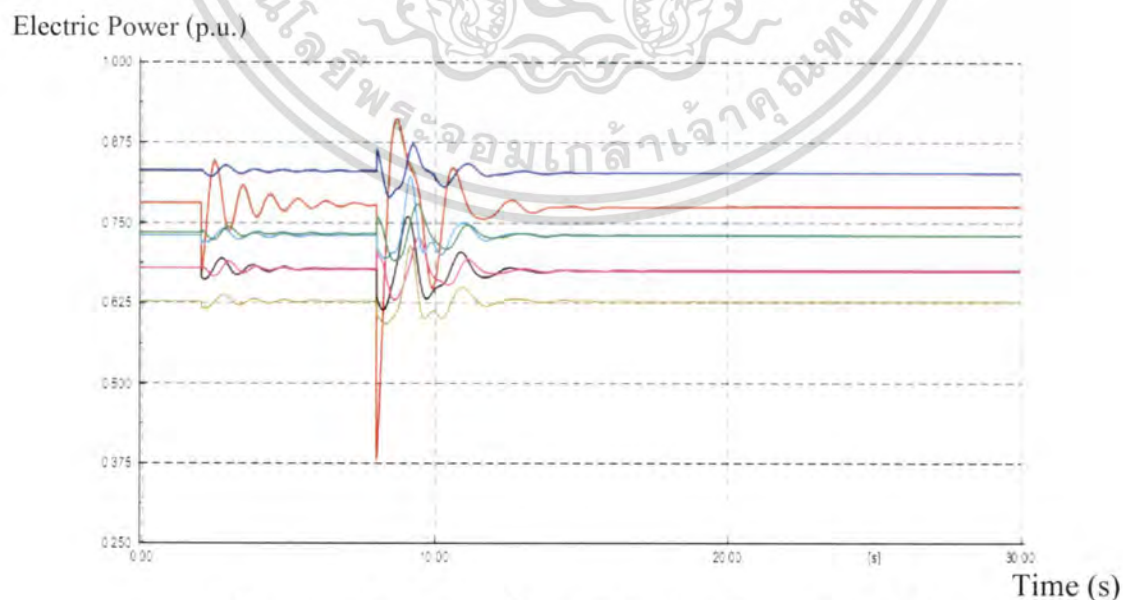
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
กรณีระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ

4.6.2.1 ผลศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสภาวะสายส่ง 500KV ถูกปลดออกกรณีสวิทช์ซึ่ง

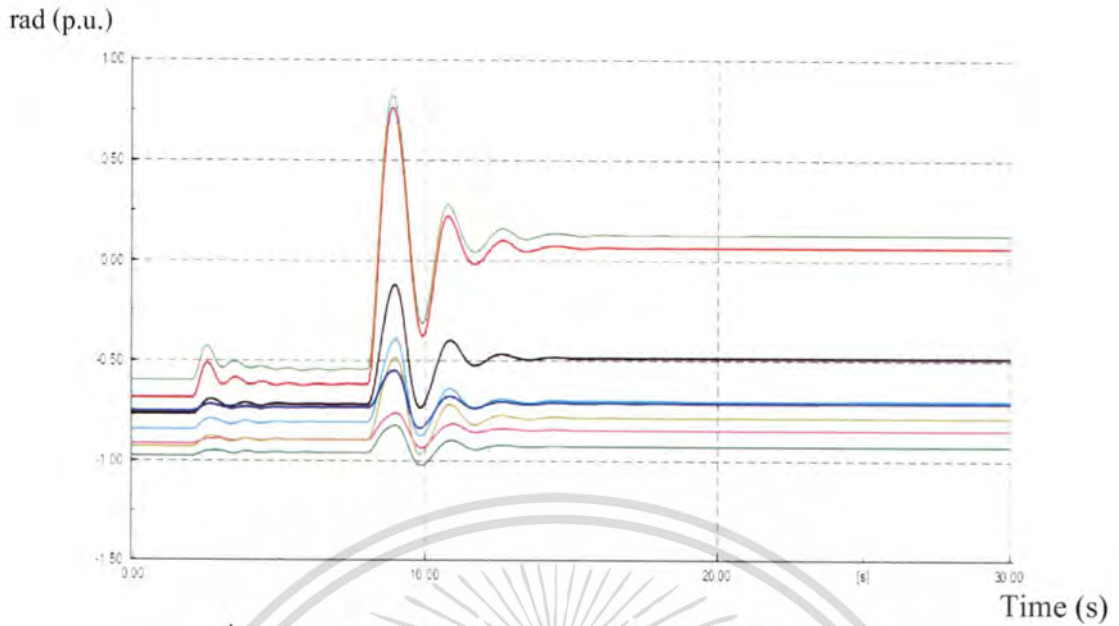
จากรูปที่ 4.17 และ 4.18 นั้นเป็นรูปกราฟของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
และมุมโรเตอร์ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.1.1 ซึ่งใช้ในการศึกษาผลตอบสนองในสภาวะทรานเซียนต์ของ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการสวิทช์ซึ่งสายส่งที่ระดับแรงดัน 500KV



รูปที่ 4.17 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้า

ในสภาวะที่ทำให้การสวิทช์ซึ่งสายส่ง 500KV

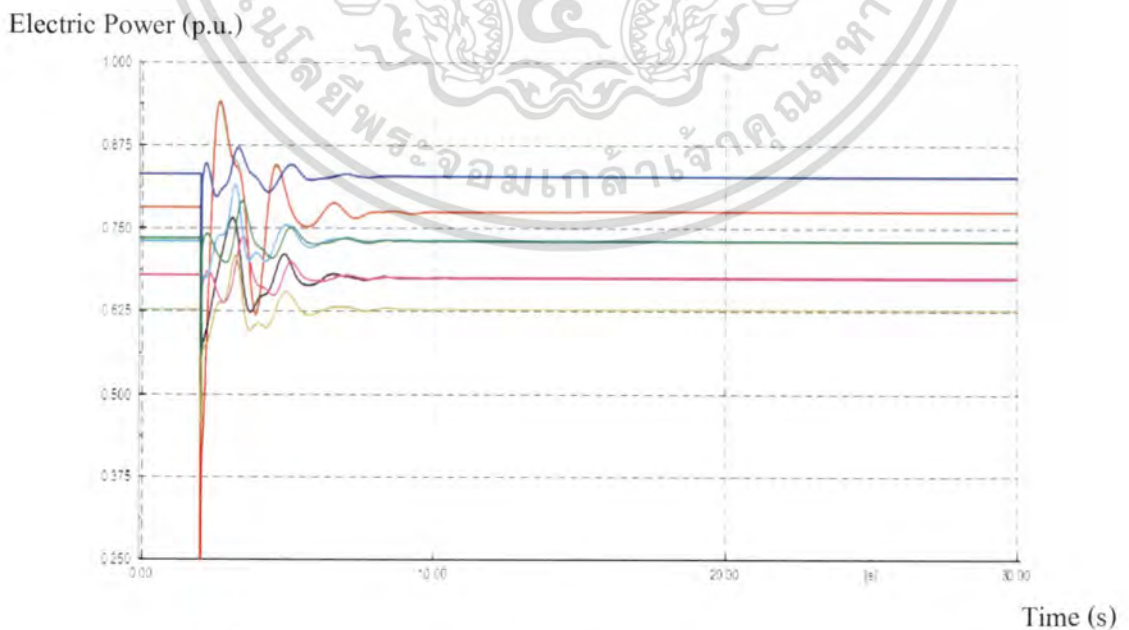
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้า
ในสถานะที่ทำการสวิตช์ซึ่งสายส่ง 500KV

4.6.2.2 ผลศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสถานะสายส่ง 500KV ถูกปลดออกกรณีเกิดการลัดวงจร แบบ 3 เฟส

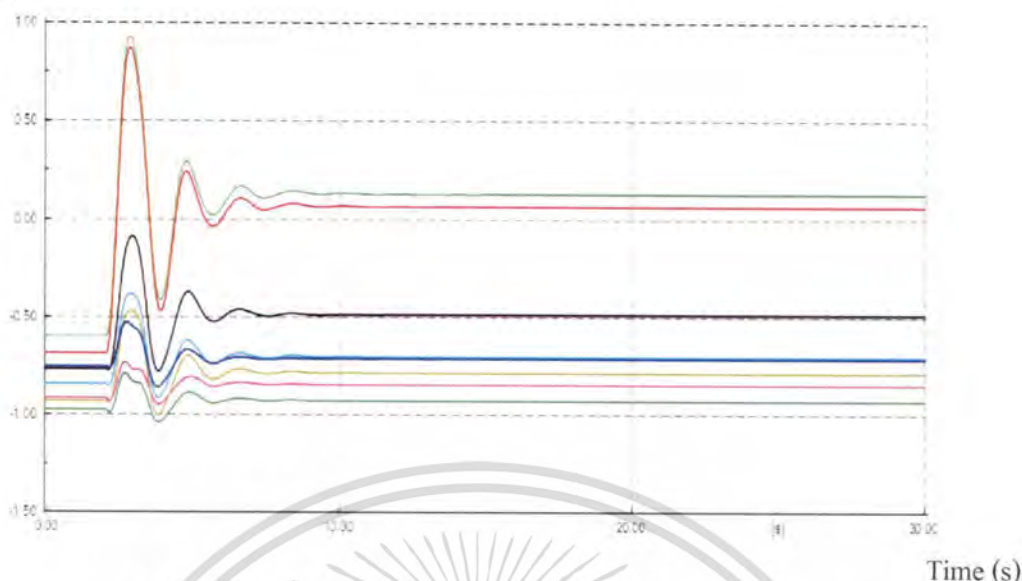
ในส่วนของรูปที่ 4.19 และ 4.20 นั้นเป็นรูปกราฟกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
และมุมโรเตอร์ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.1.2



รูปที่ 4.19 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับในสถานะที่สายส่ง 500KV ถูกปลดออก อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rad (p.u.)



รูปที่ 4.20 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีระบบกำลังไฟฟ้า
ในสถานะที่สายส่ง 500KV ถูกปลดออก

จากผลการทดลองนั้นได้ทำการศึกษาผลตอบสนองในสถานะทรานเซียนส์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากการปลดสายส่ง 500KV ออกทั้งสองเส้นจากการสวิทช์ซึ่งสายส่งเพื่อทำการบำรุงรักษาในขณะที่มีกำลังไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.17 และ 4.18 ซึ่งจะพบว่าในขณะที่สายส่ง 500KV ถูกปลดออกทั้งคู่นั้นระบบยังมีความเสถียรภาพแม้ว่ากำลังไฟฟ้าจะมีการแกว่งแต่ก็สามารถกลับสภาวะคงตัวได้ ส่วนรูปที่ 4.19 และ 4.20 เป็นผลการตอบสนองในสถานะการเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส จนทำให้สายส่ง 500KV ถูกปลดออก ซึ่งผลที่ได้พบว่ากำลังไฟฟ้าจะมีการแกว่งแต่ก็สามารถกลับสภาวะคงตัวได้ เช่นเดียวกับกับกรณีเกิดการสวิทช์ซึ่ง และทั้งสองกรณีเมื่อศึกษาจากผลตอบสนองของมุมโรเตอร์ ในสถานะทรานเซียนส์จะพบว่า มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 6111 และ 6112 ได้รับผลกระทบรุนแรง เมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องอื่น แต่ยังสามารถกลับคืนสู่สภาวะปกติได้

4.7 ผลการศึกษาความเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก

จากผลการศึกษาความเสถียรภาพในสภาวะคงตัวในหัวข้อที่แล้วซึ่งพบว่า มีสายส่งอยู่ 6 เส้นที่ได้รับภาระโหลด เกิน 100% ซึ่งทำให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่งขึ้น ดังนั้นในหัวข้อนี้ได้ศึกษาถึงความเสถียรภาพของระบบ จากข้อสมมุติฐานจากปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่ง ถ้าสายส่งที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงานได้ถูกปลดออก อาจจะทำให้ระบบขาดความเสถียรภาพได้ ดังนั้นจะทำการศึกษากกรณีที่สายส่ง 230kV หรือ 115kV ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกปลดออกภายใต้สภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออกตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1, 4.3.3.2 และทำการเปรียบเทียบผลกับระบบในสภาวะปกติซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1, 4.3.2.2 ซึ่งสายส่งที่ทำการจำลองนั้นจะเป็นไปตามตารางที่ 4.5 ในแต่ละกรณีนั้นก็ทำการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งผลการตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ละเครื่องได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.21 ถึง 4.124 และผลสรุปการจำลองทั้งหมดได้แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการศึกษาความเสถียรภาพของระบบ

no.	Contingencies N-1 line number	Voltage (kV)	Base case				Under 500KV Outage			
			Switching		3 phase fault		Switching		3 phase fault	
			Stable	Unstable	Stable	Unstable	Stable	Unstable	Stable	Unstable
1	6800-6806	230	✓	X	✓	X	X	✓	X	✓
2	6800-6804	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
3	6801-6802	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
4	6802-6891	230	✓	X	✓	X	X	✓	X	✓
5	6803-6807	230	✓	X	✓	X	X	✓	X	✓
6	6803-6806	230	✓	X	✓	X	X	✓	X	✓
7	6804-6807	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
8	6807-6810	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
9	6812-6891	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
10	6801-6808	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
11	6807-6811	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
12	1804-6801	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
13	1804-6891	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
14	1809-6808	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
15	1810-6891	230	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
16	6702-6705	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
17	6705-6706	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
18	6706-6707	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
19	6707-6709	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
20	6708-6723	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
21	6709-6710	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
22	6716-6734	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
23	6734-6713	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
24	6702-6703	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
25	6707-6708	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
26	6726-6727	115	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X

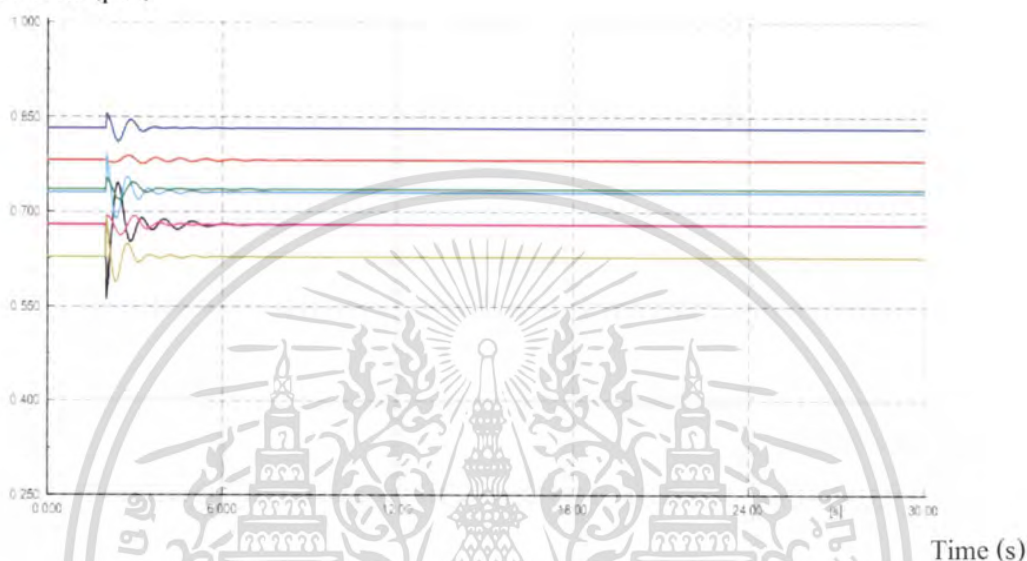
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.13 สามารถแสดงผลการจำลองความเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้ระบบสภาวะปกติ และสภาวะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออกดังนี้

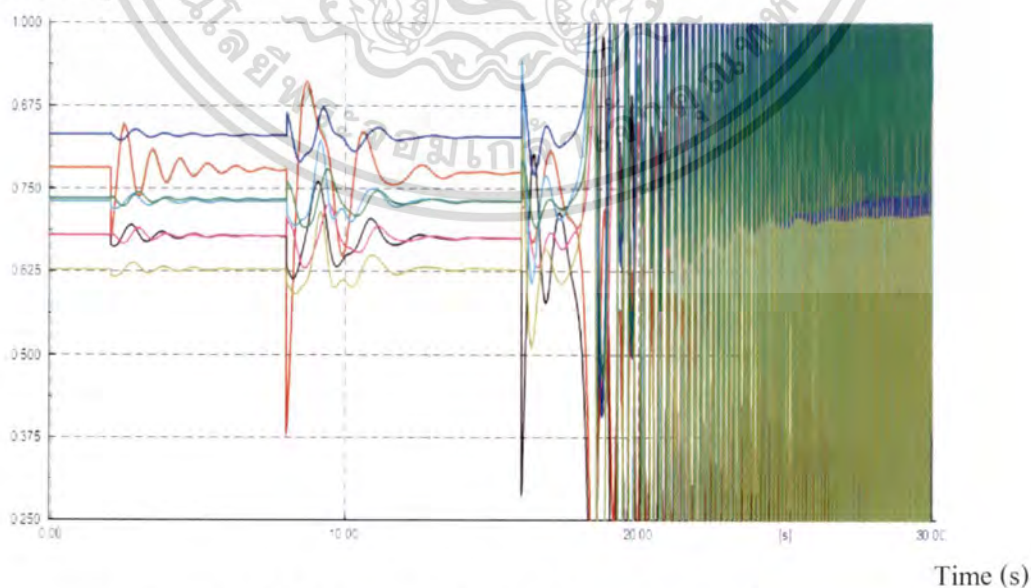
กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.21 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6800-6806) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

Electric Power (p.u.)

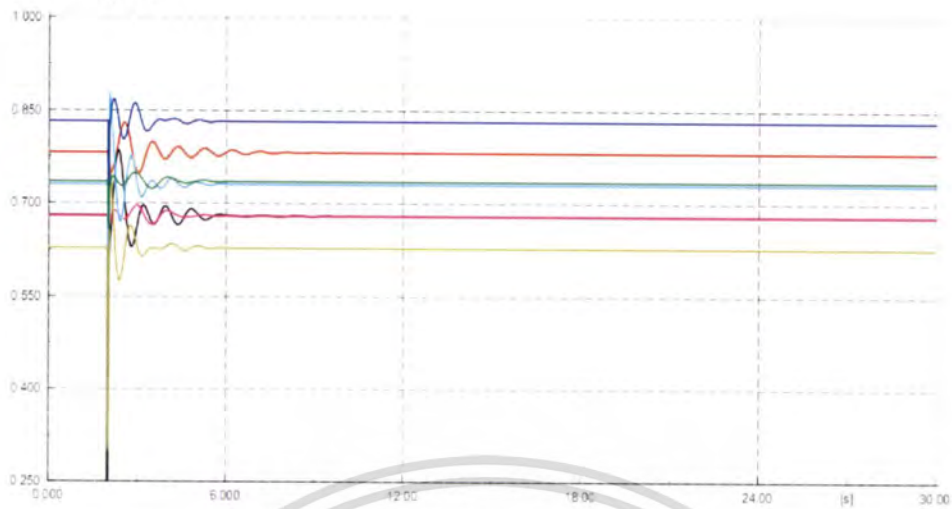


รูปที่ 4.22 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง

(6800-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

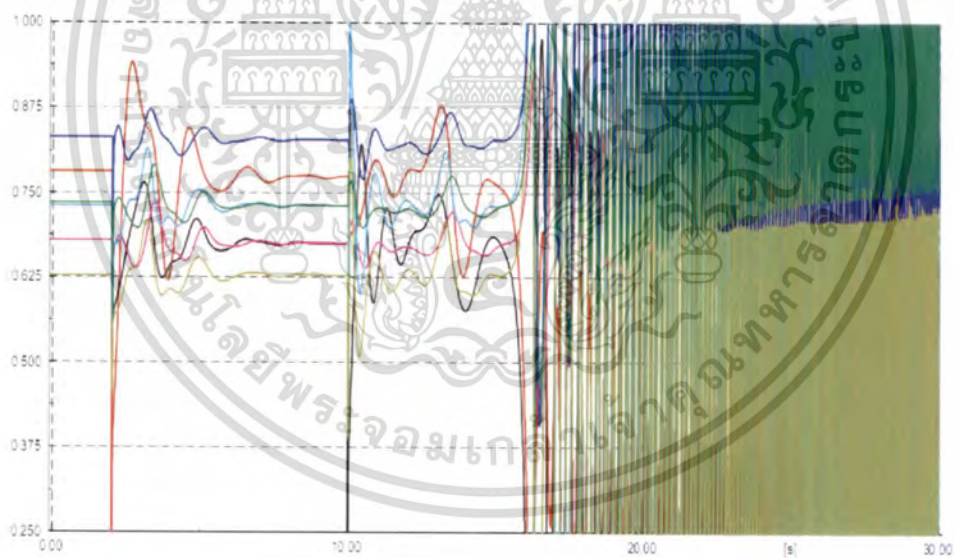
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.23 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6806) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



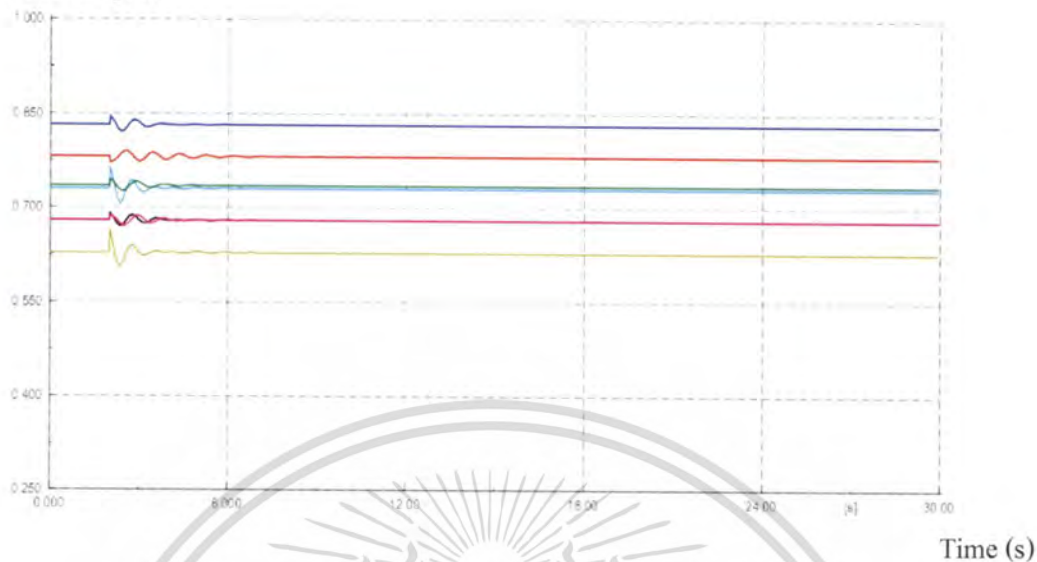
Time (s)

รูปที่ 4.24 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

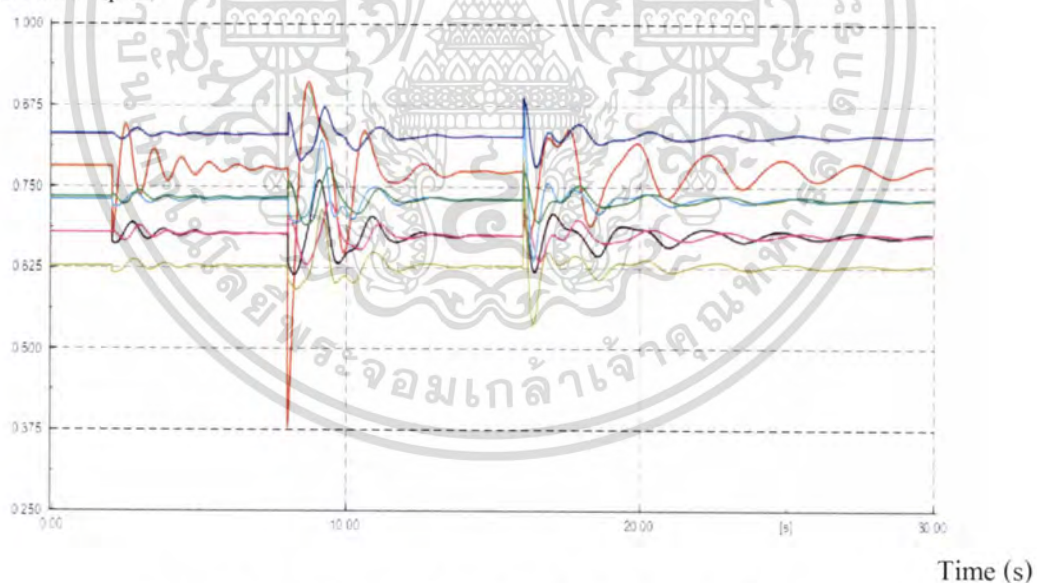
กรณีศึกษาที่ 2. สายส่ง 6800-6804 (AP_B-RY_2) ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.25 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6800-6804) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

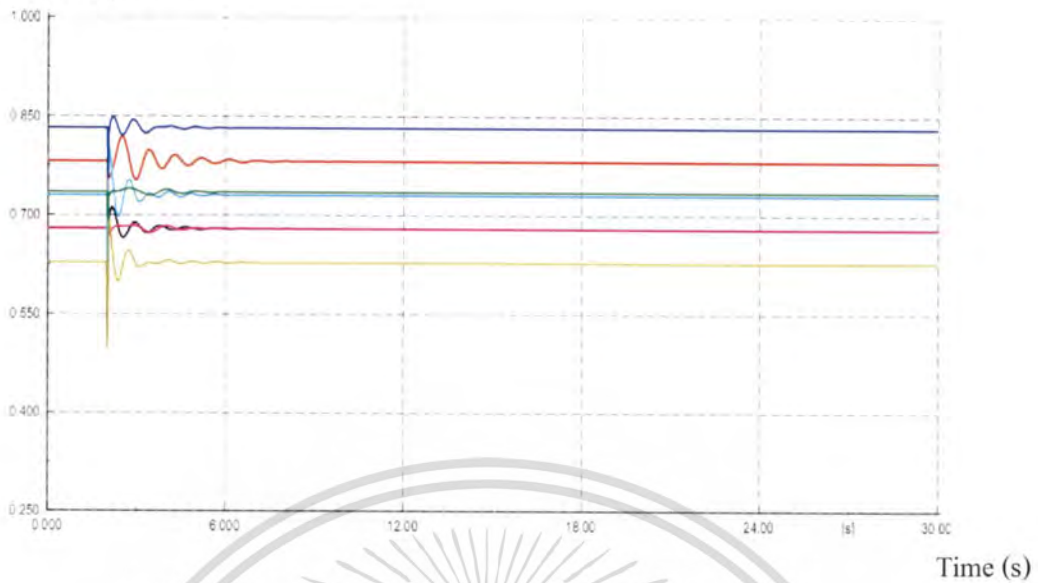
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.26 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6800-6804) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

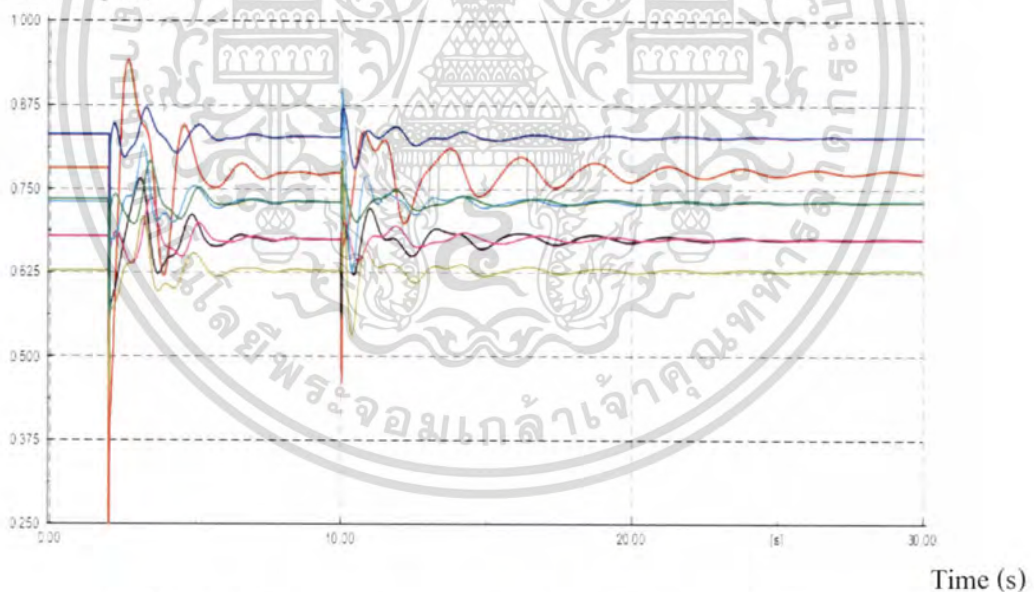
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.27 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6804) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)

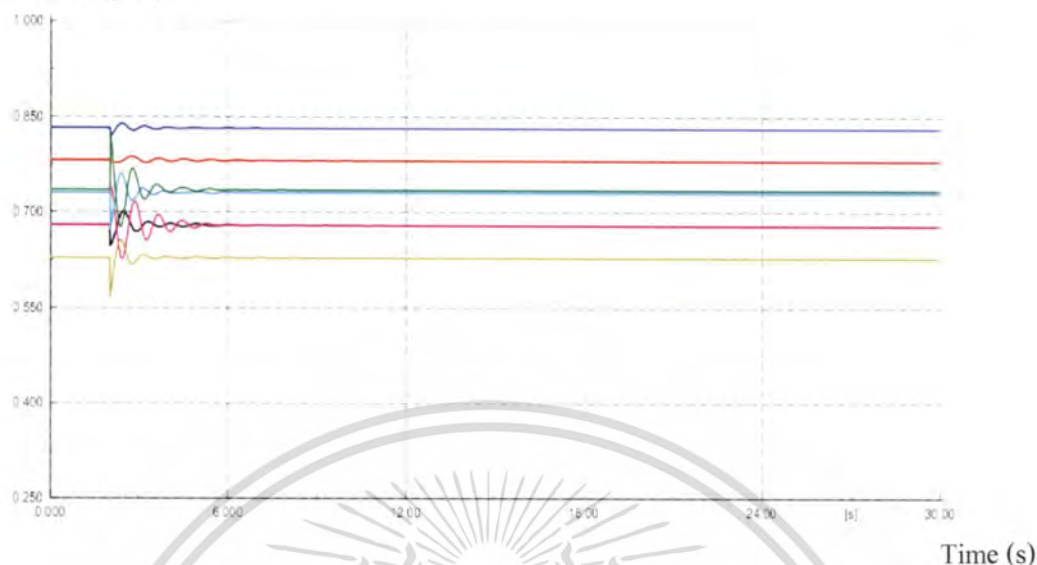


รูปที่ 4.28 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6804) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

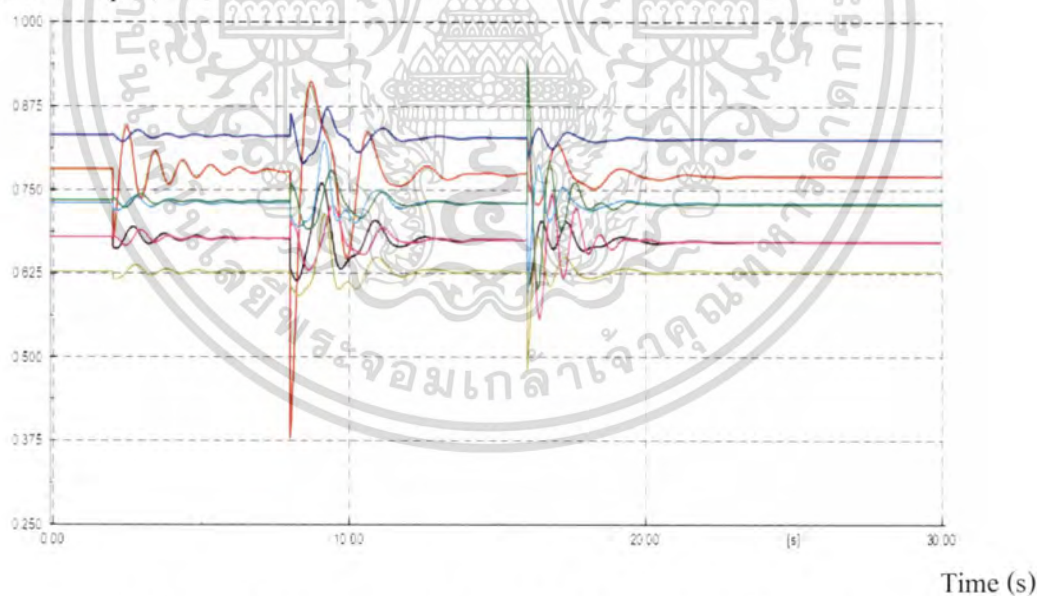
กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6801-6802 (BPK_A-AP)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.29 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6802) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

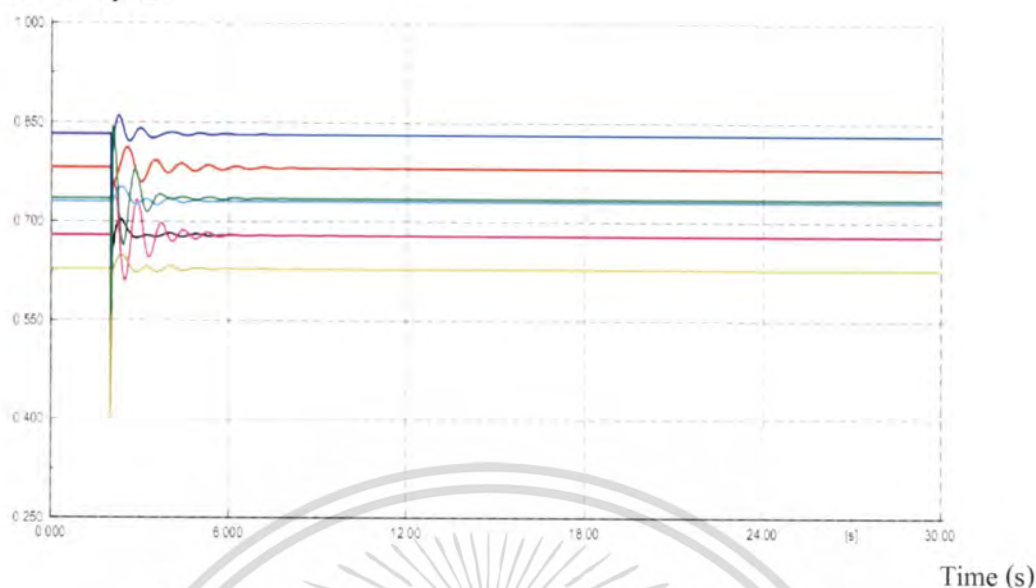
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.30 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6802) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

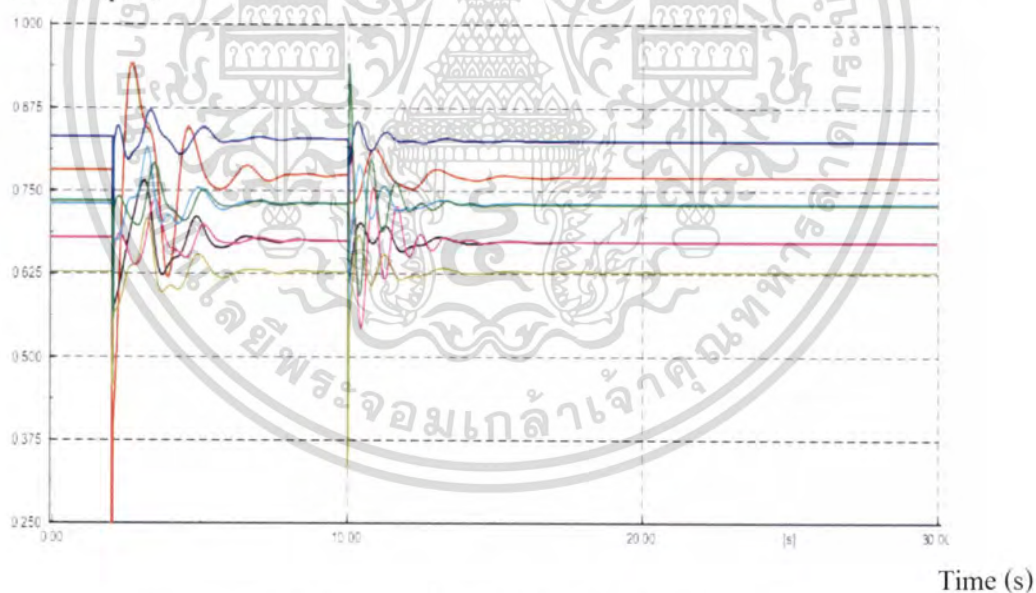
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.31 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6802) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)

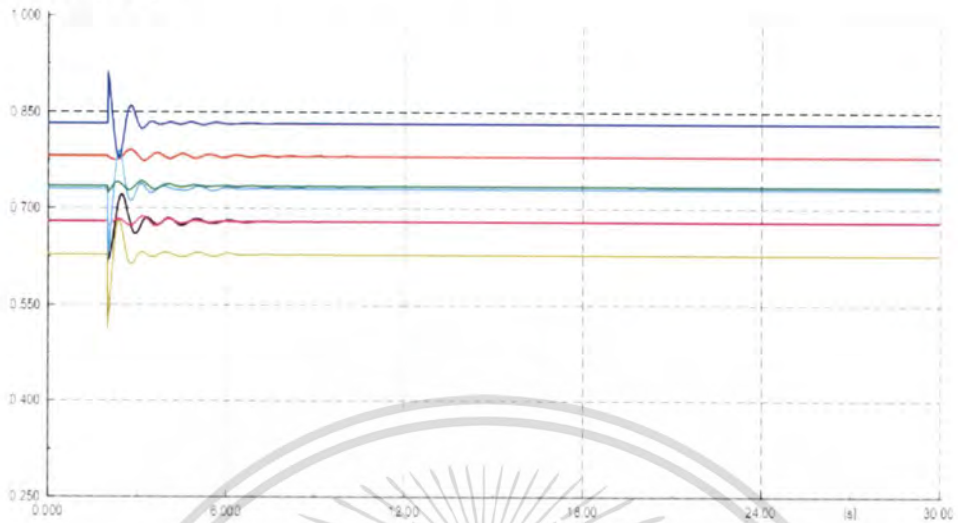


รูปที่ 4.32 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6802) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

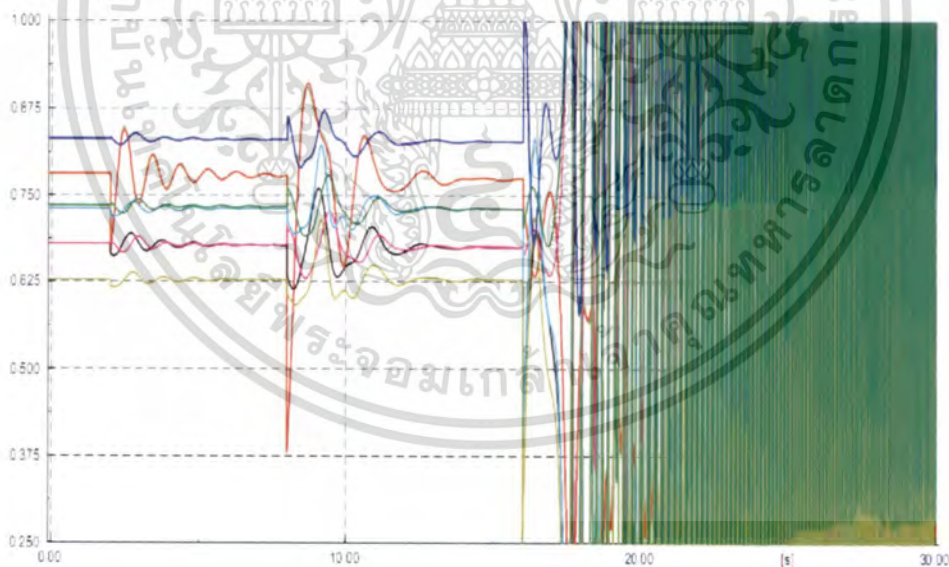
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.33 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

Electric Power (p.u.)

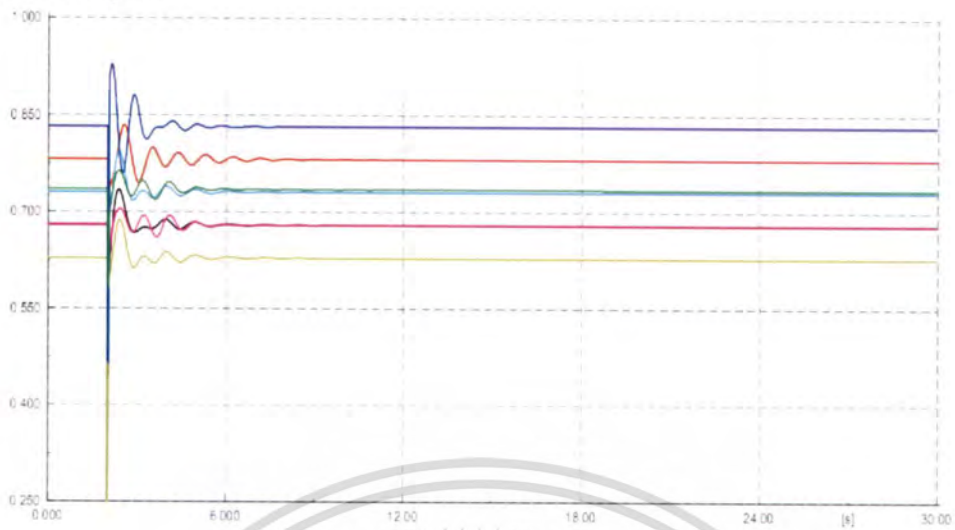


Time (s)

รูปที่ 4.34 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

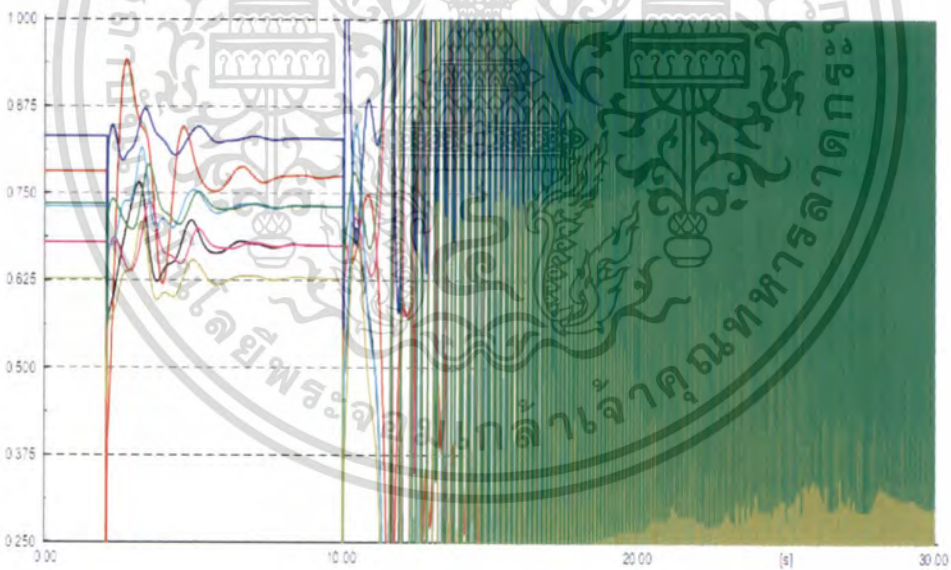
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.35 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6802-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



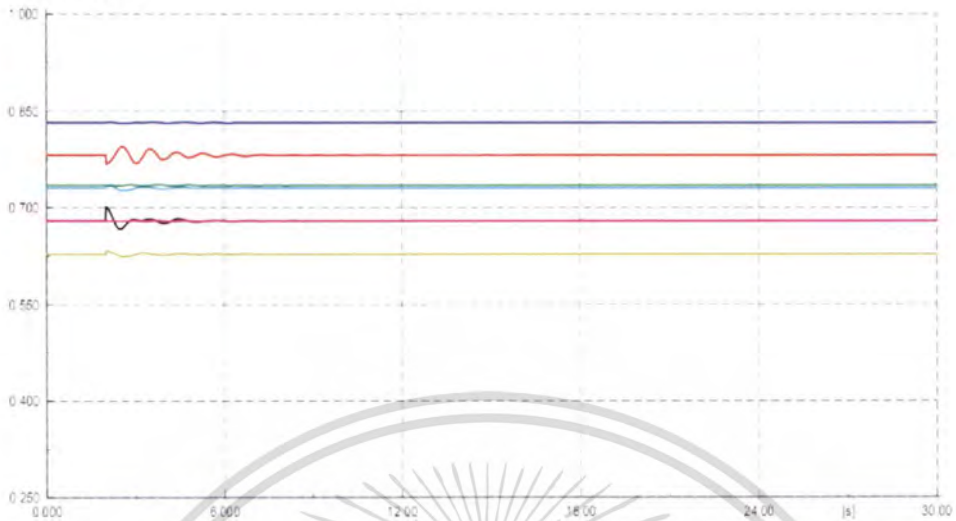
Time (s)

รูปที่ 4.36 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6802-6891) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 5. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

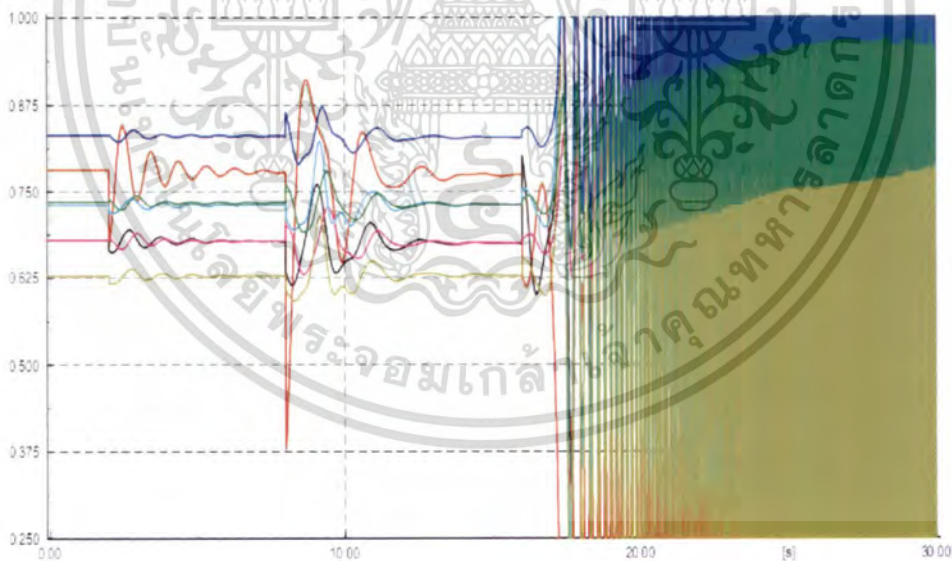
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.37 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

Electric Power (p.u.)

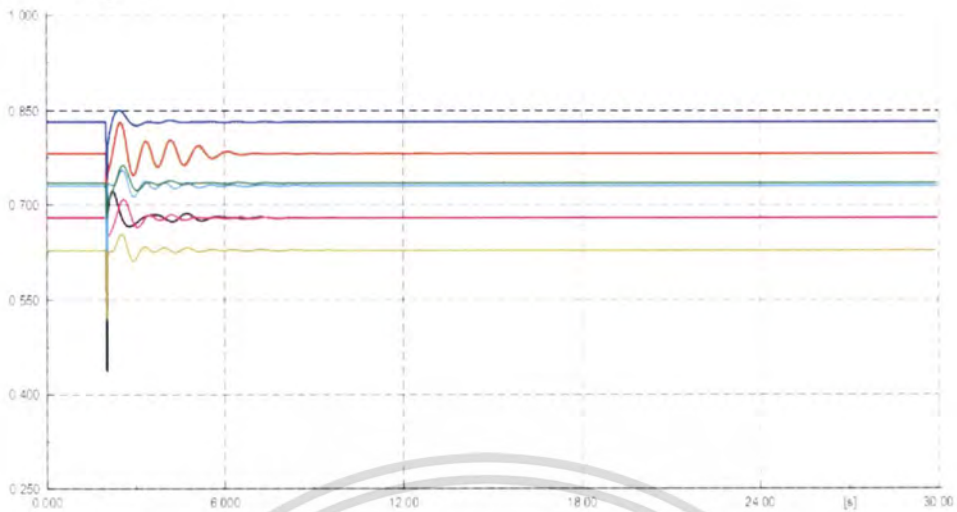


Time (s)

รูปที่ 4.38 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

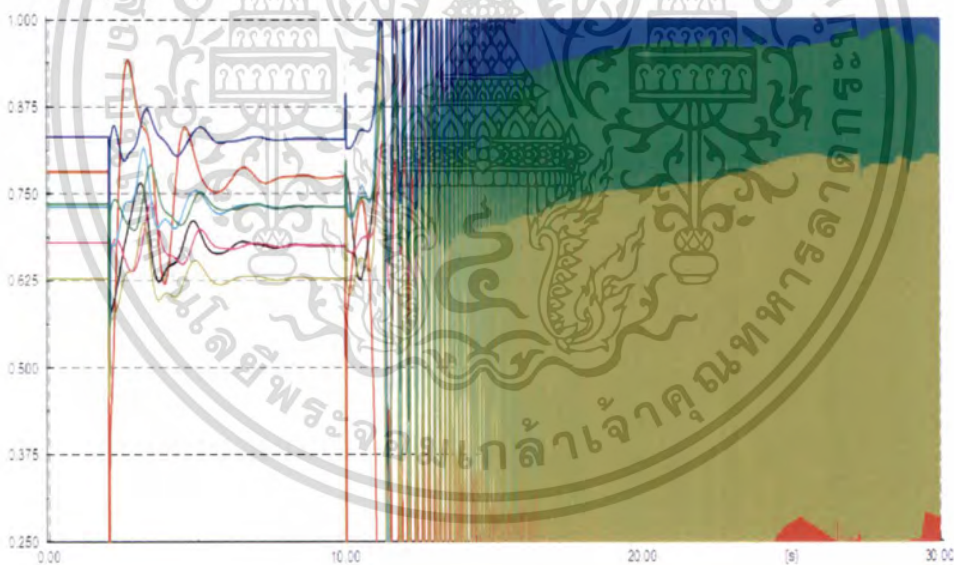
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.39 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6807) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



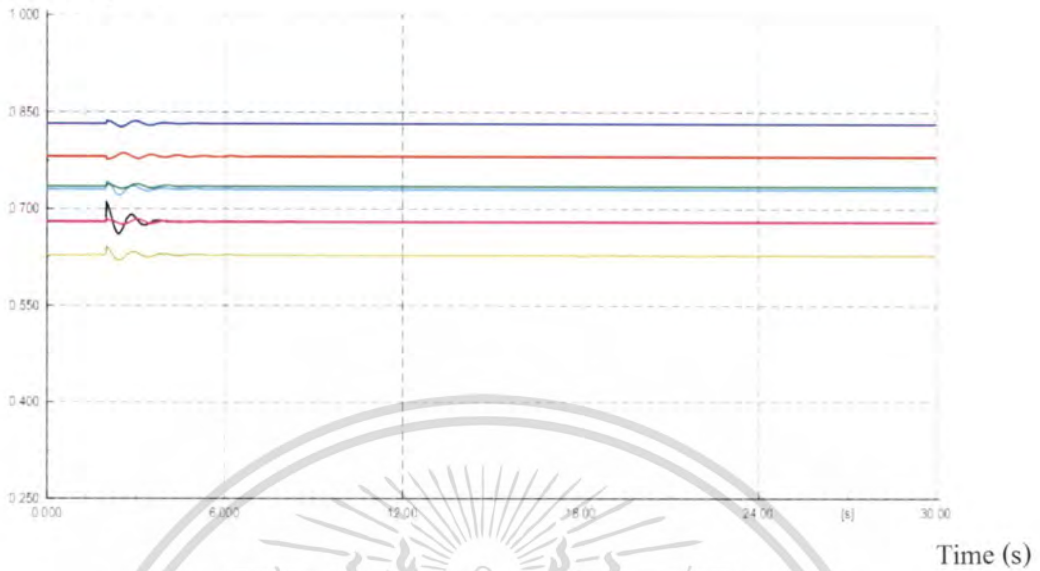
Time (s)

รูปที่ 4.40 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

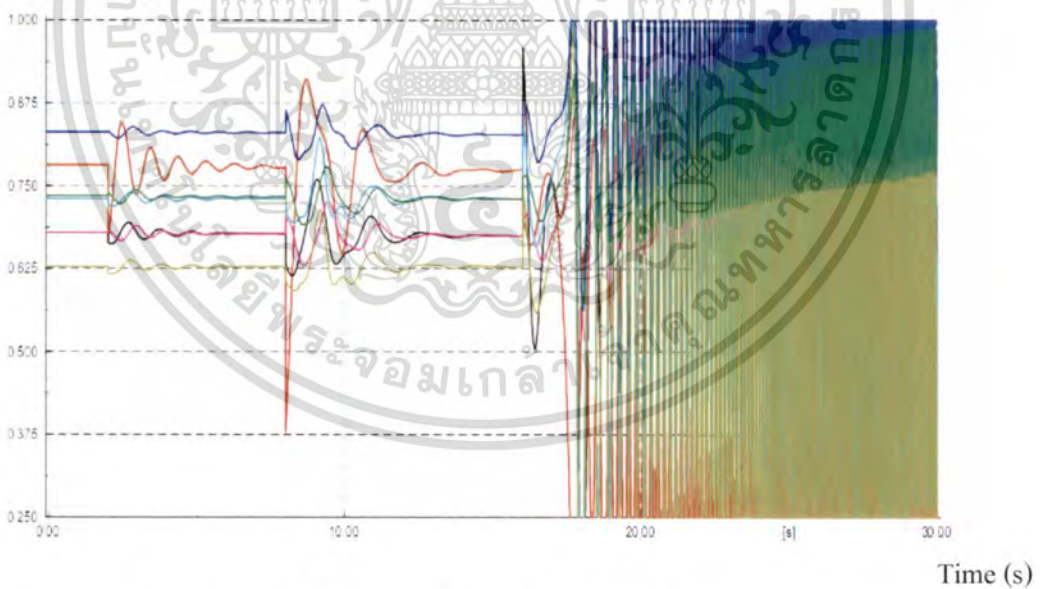
กรณีศึกษาที่ 6. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.41 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

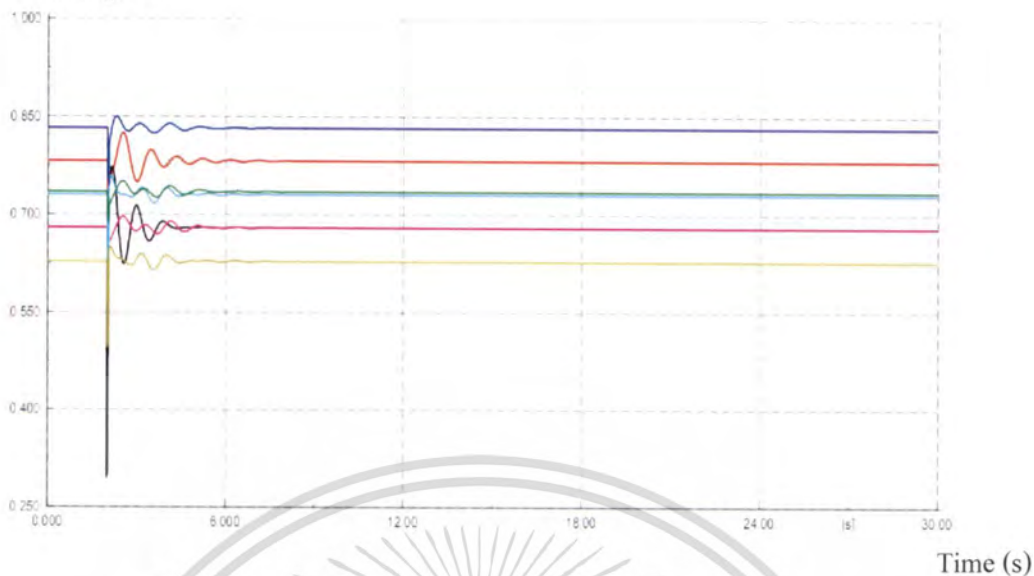
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.42 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

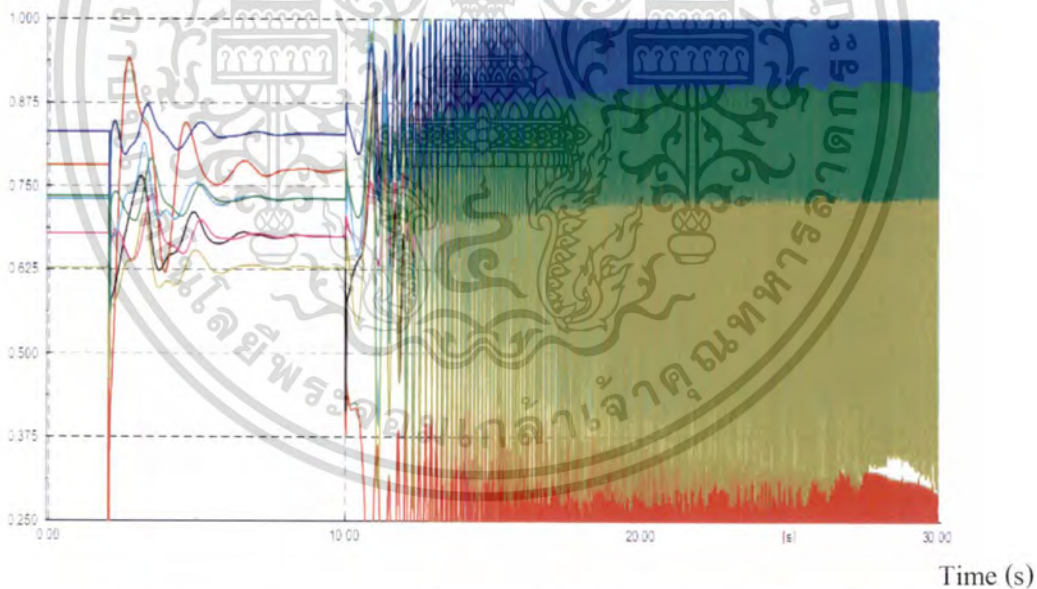
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.43 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6806) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)

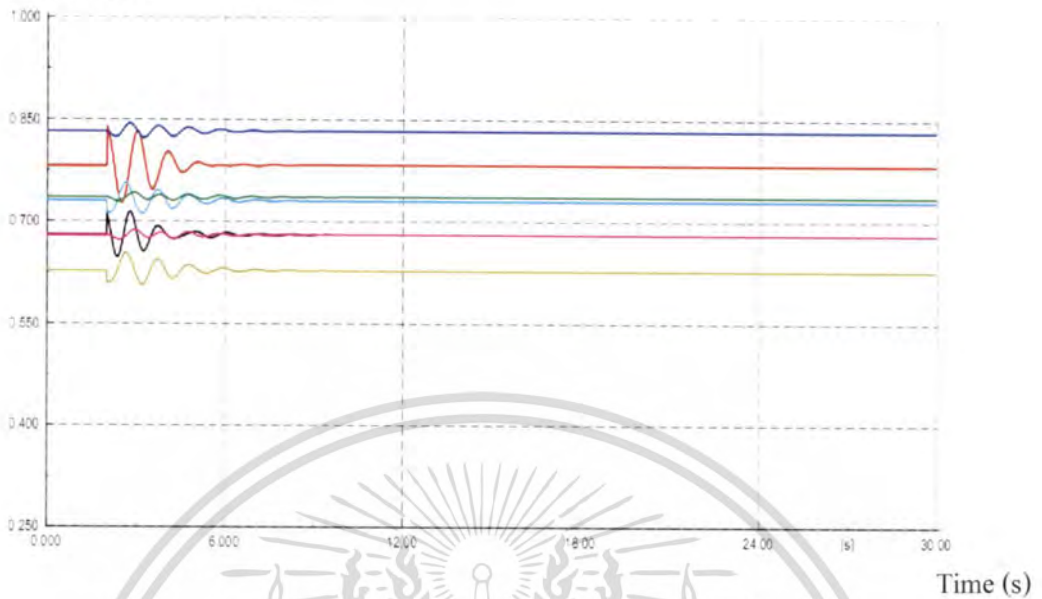


รูปที่ 4.44 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

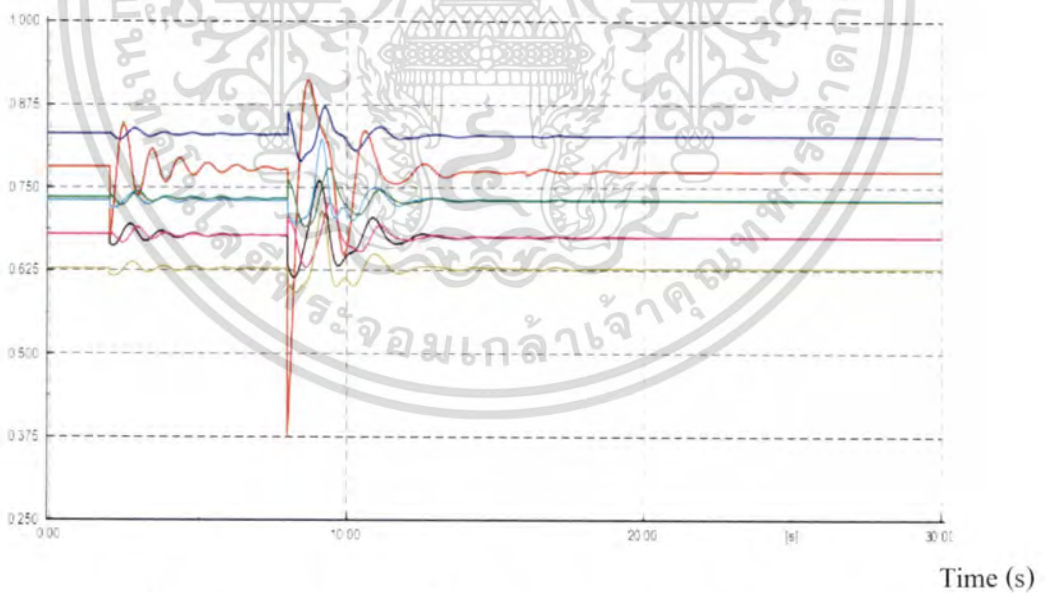
กรณีศึกษาที่ 7. สายส่ง 6804-6807 (RY2-BKI)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.45 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6804-6807) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

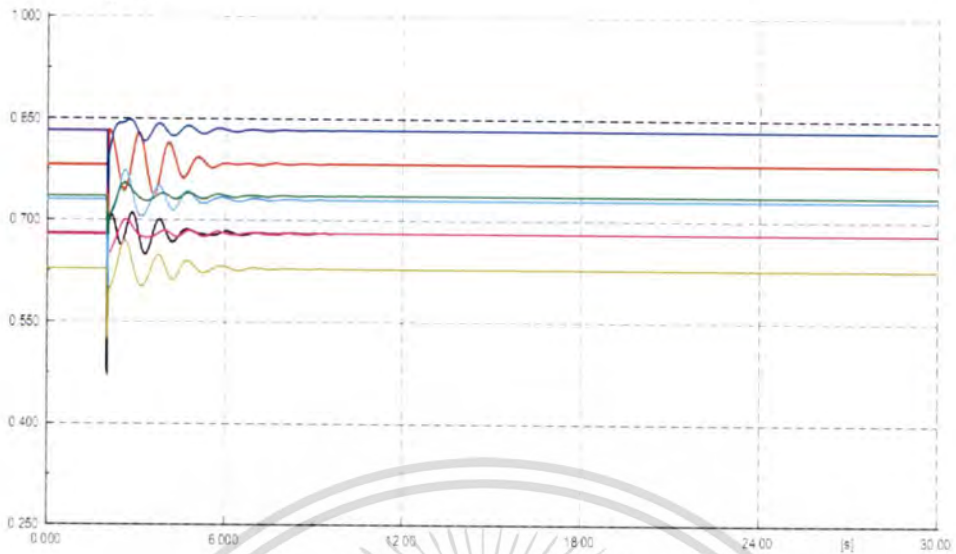
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.46 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6804-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

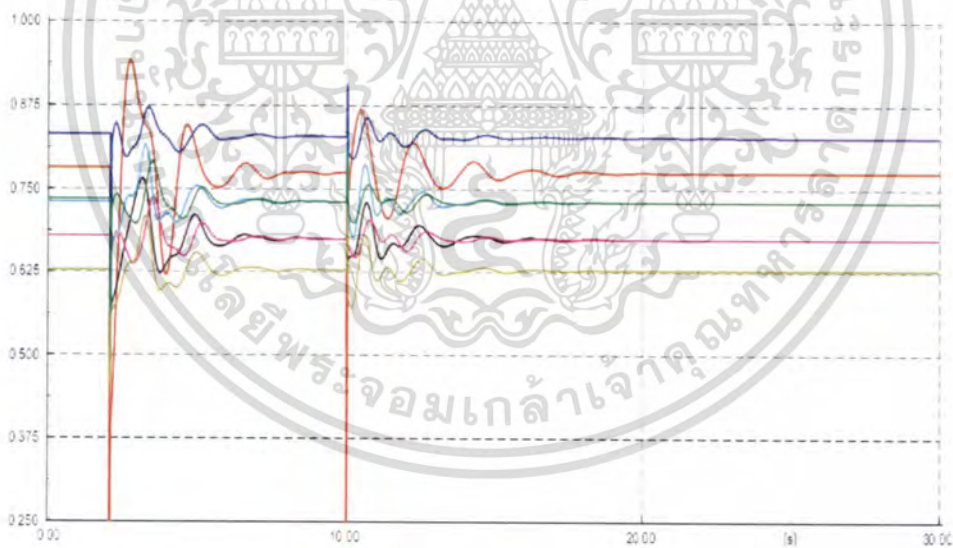
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.47 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6804-6807) ภายใต้ระบบสภาวะปรกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



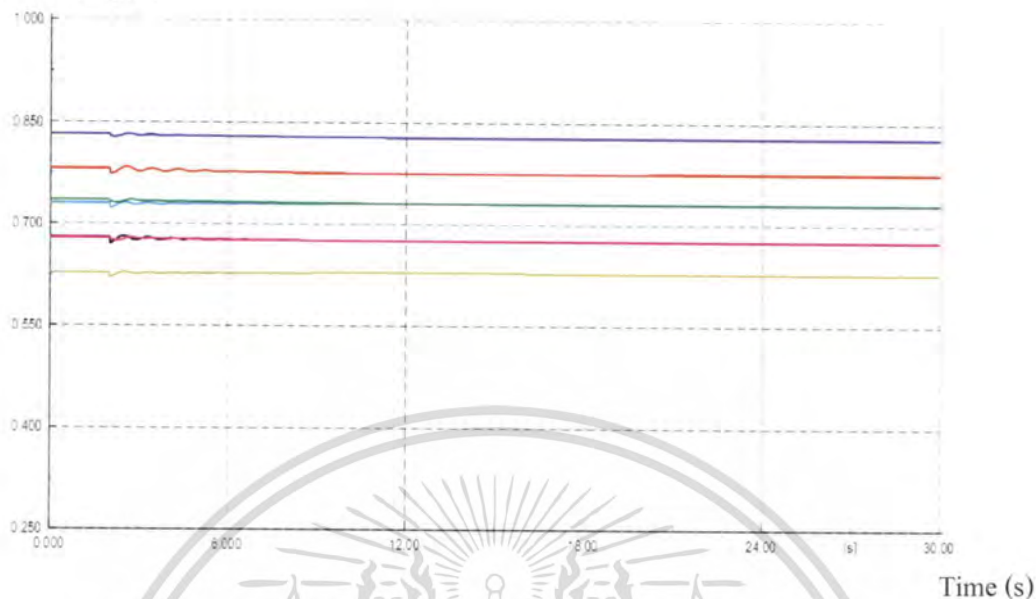
Time (s)

รูปที่ 4.48 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6804-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

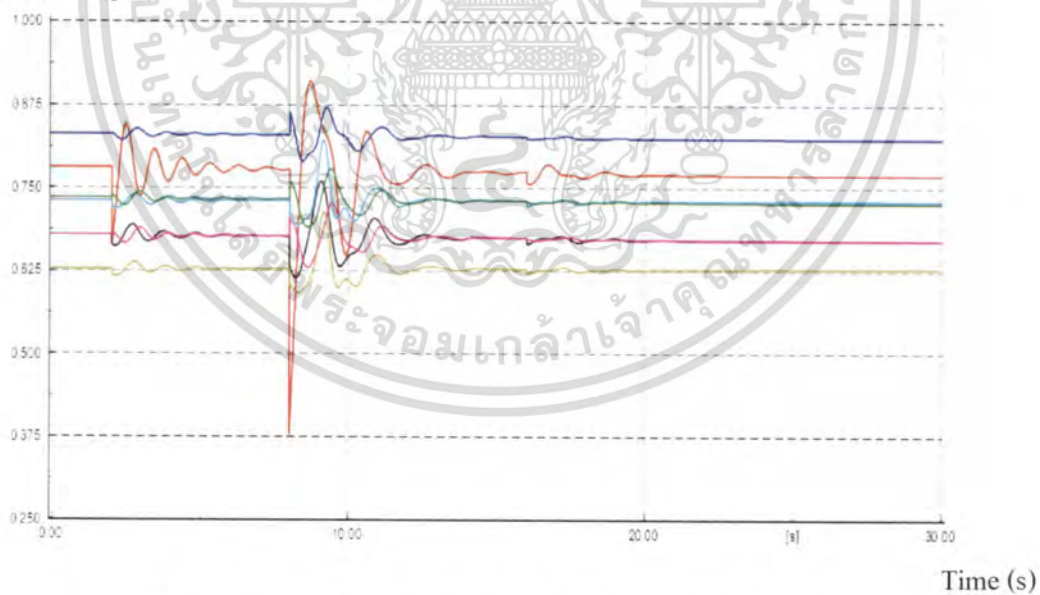
กรณีศึกษาที่ 8. สายส่ง 6807-6810 (BKI-CT)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.49 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6810) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

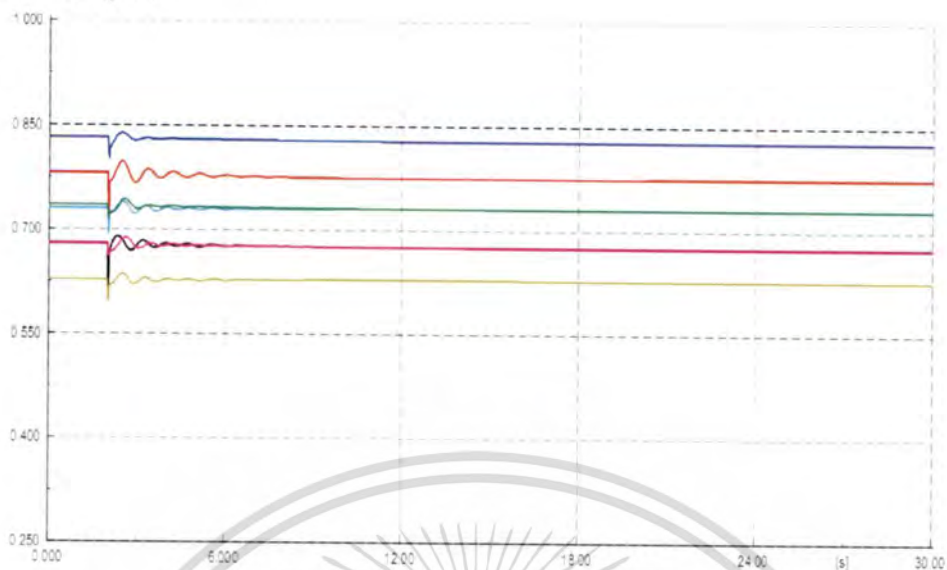
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.50 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6810) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

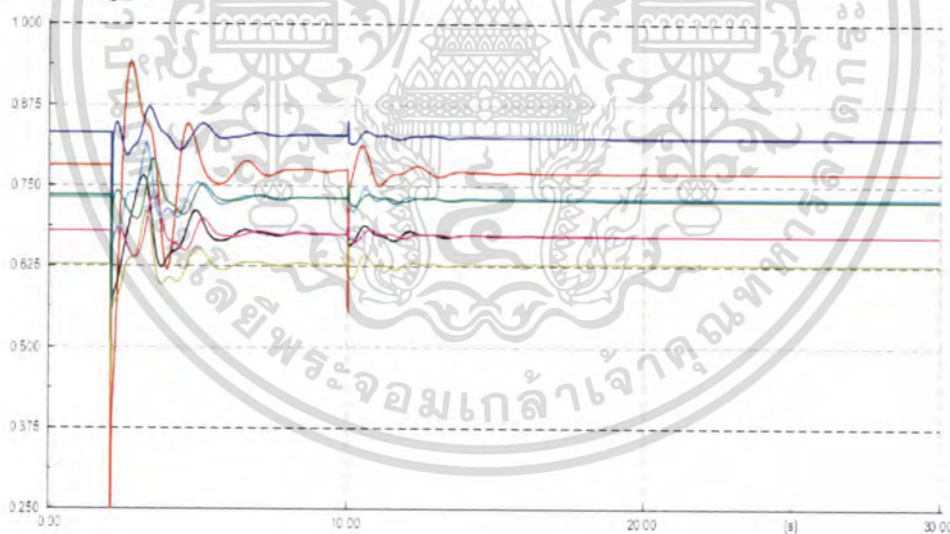
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.51 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6810) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



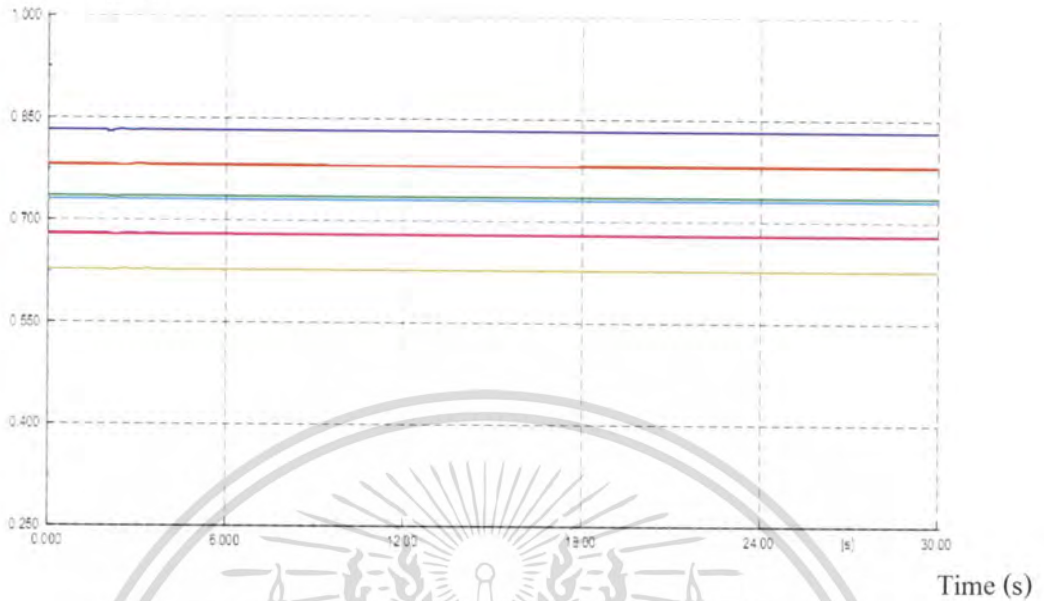
Time (s)

รูปที่ 4.52 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6810) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

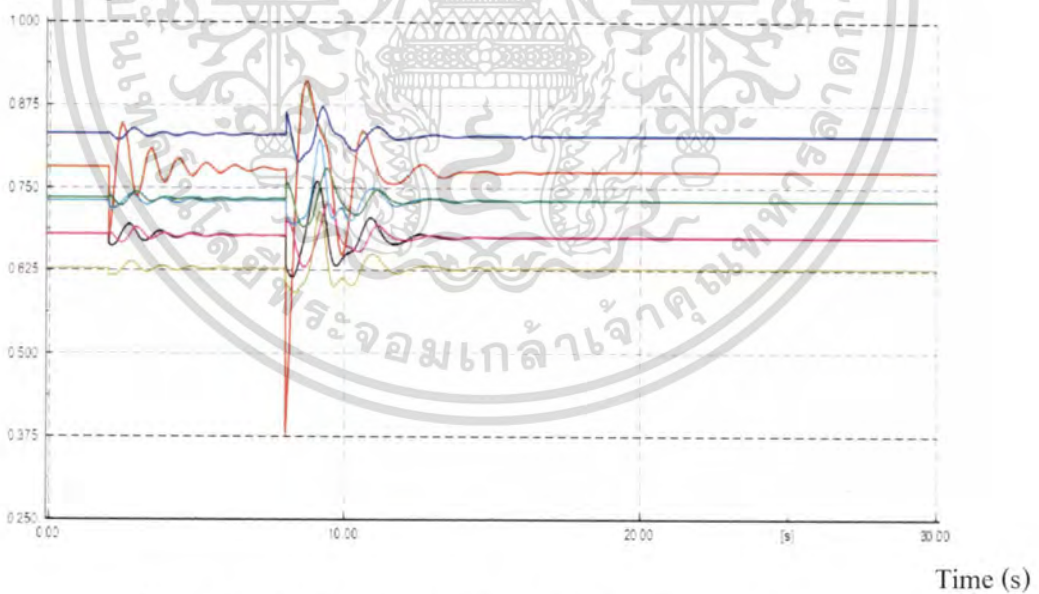
กรณีศึกษาที่ 9. สายส่ง 6812-6891 (PA2-BPK_B)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.53 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6812-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

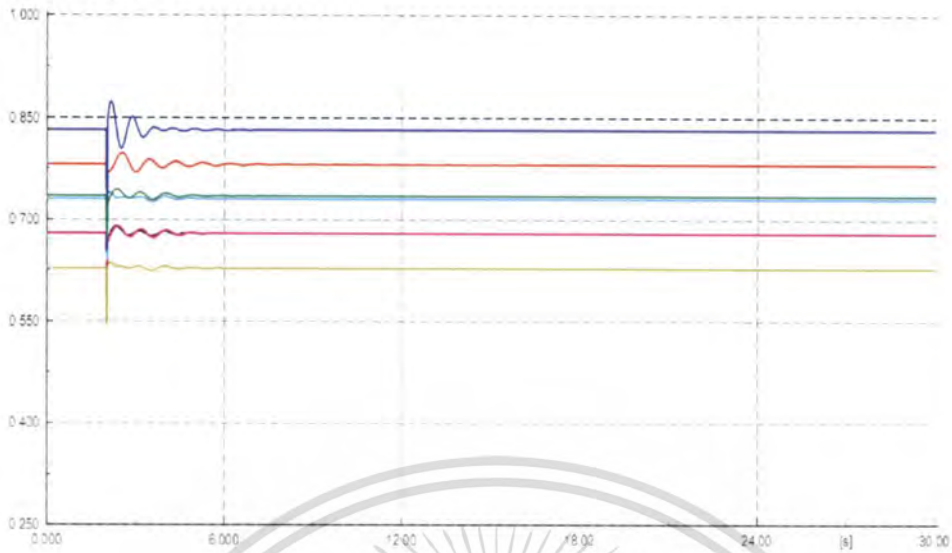
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.54 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6812-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

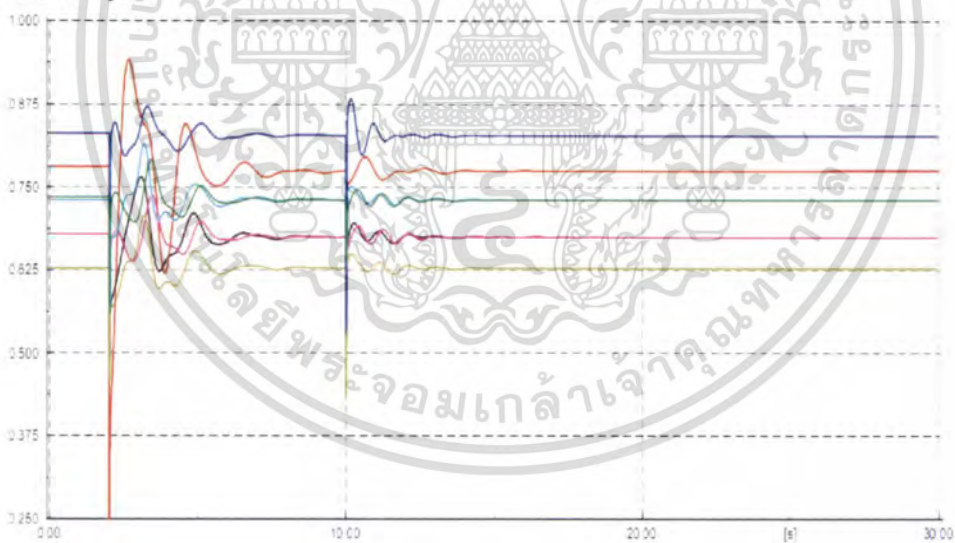
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.55 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6812-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



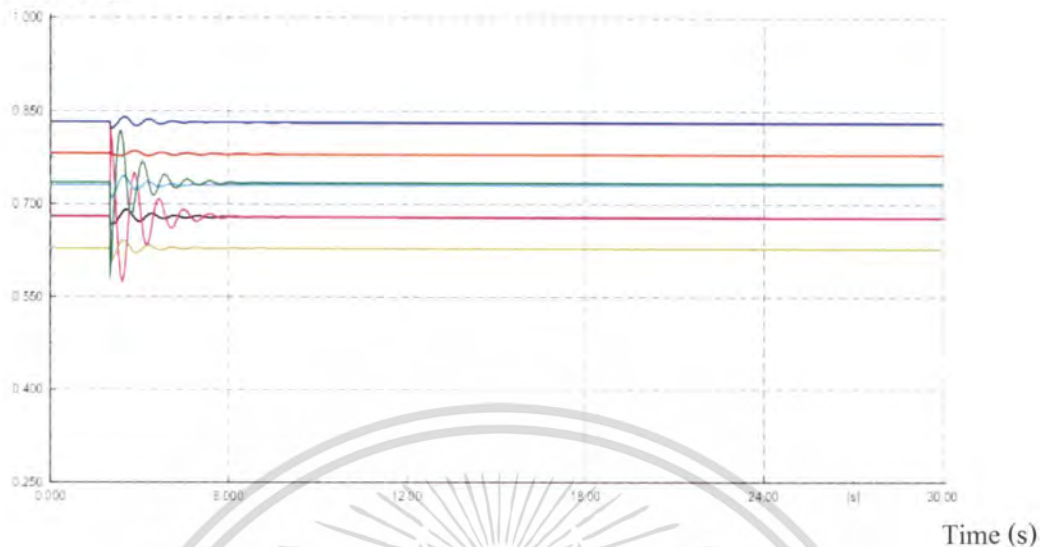
Time (s)

รูปที่ 4.56 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6812-6891) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

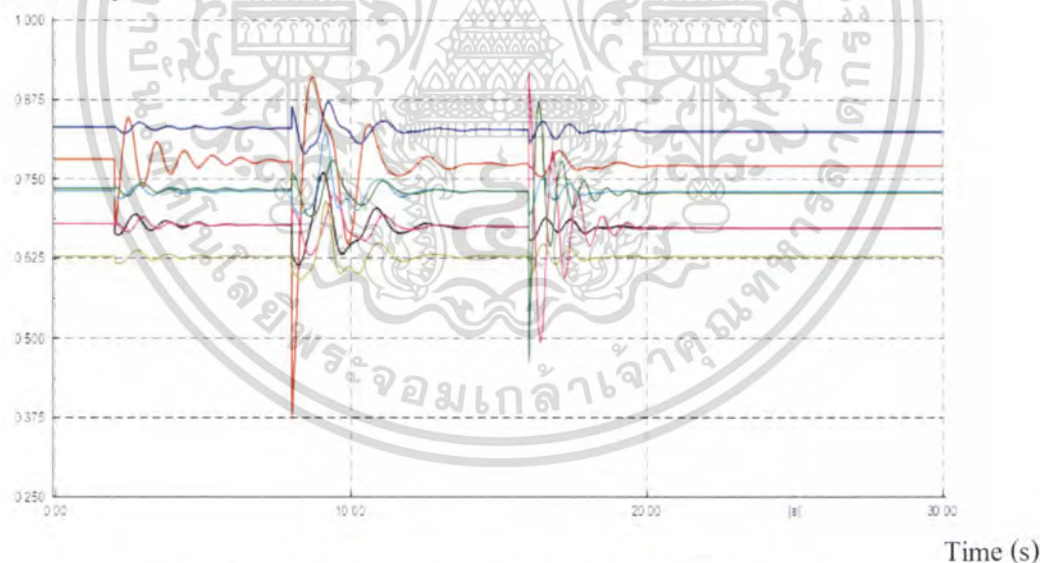
กรณีศึกษาที่ 10. สายส่ง 6801-6808 (BPK_A-KLM)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.57 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6808) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

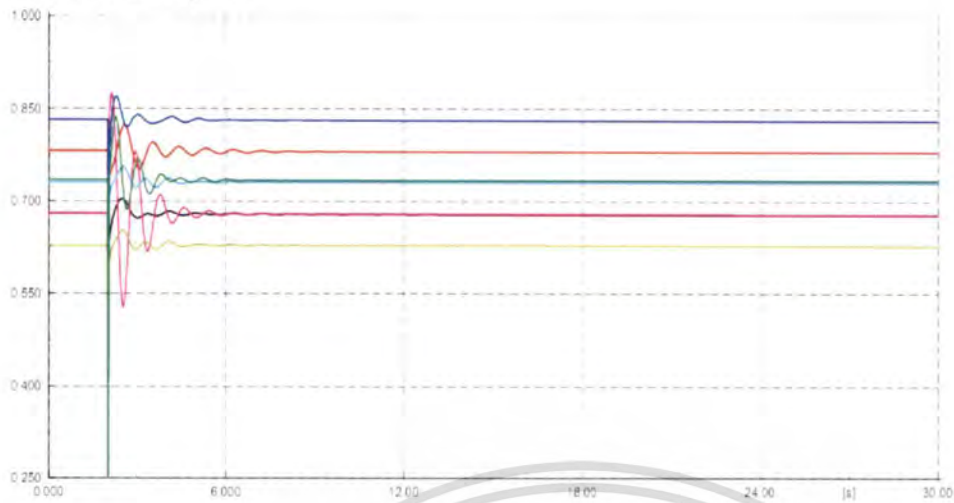
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.58 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6801-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

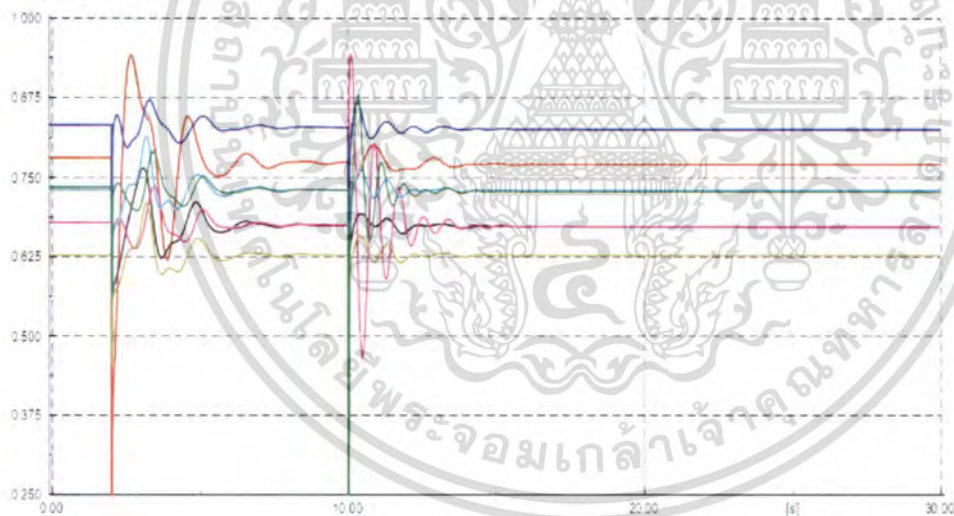
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.59 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6808) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



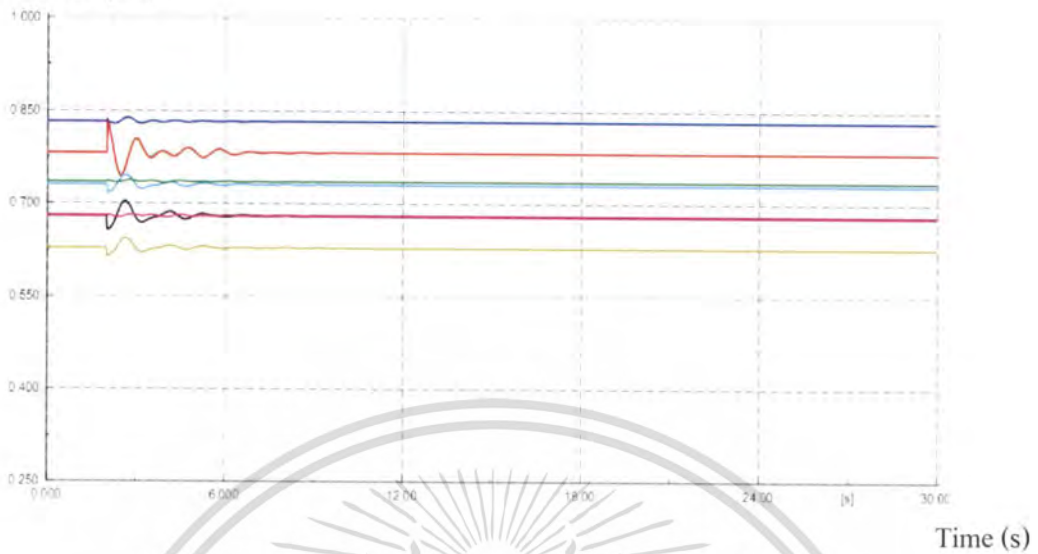
Time (s)

รูปที่ 4.60 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6801-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

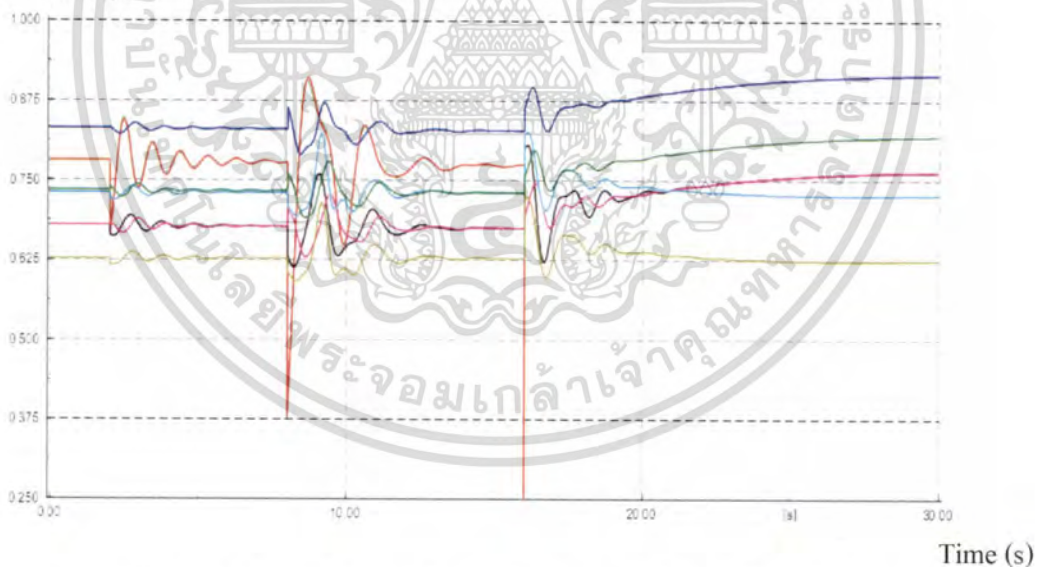
กรณีศึกษาที่ 11. สายส่ง 6807-6811(BKI-PDG)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.61 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6811) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

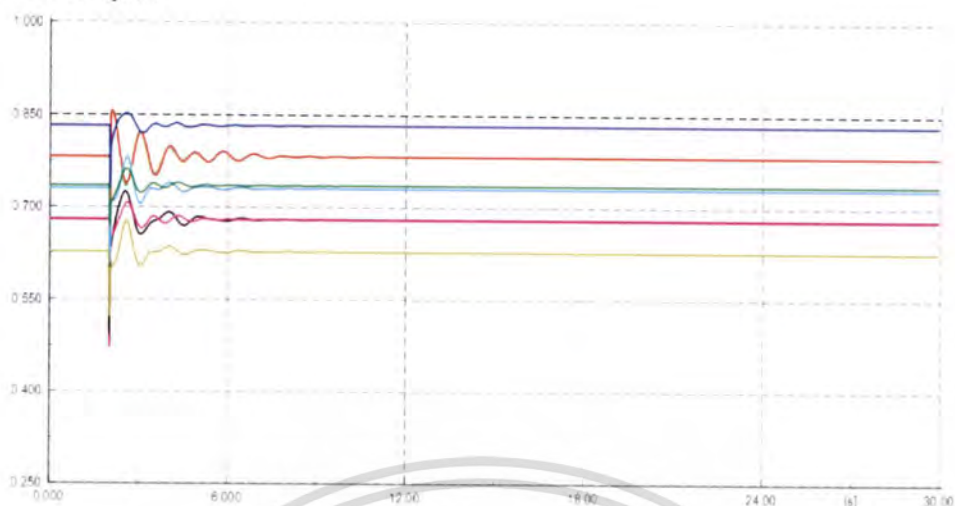
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.62 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6807-6811) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

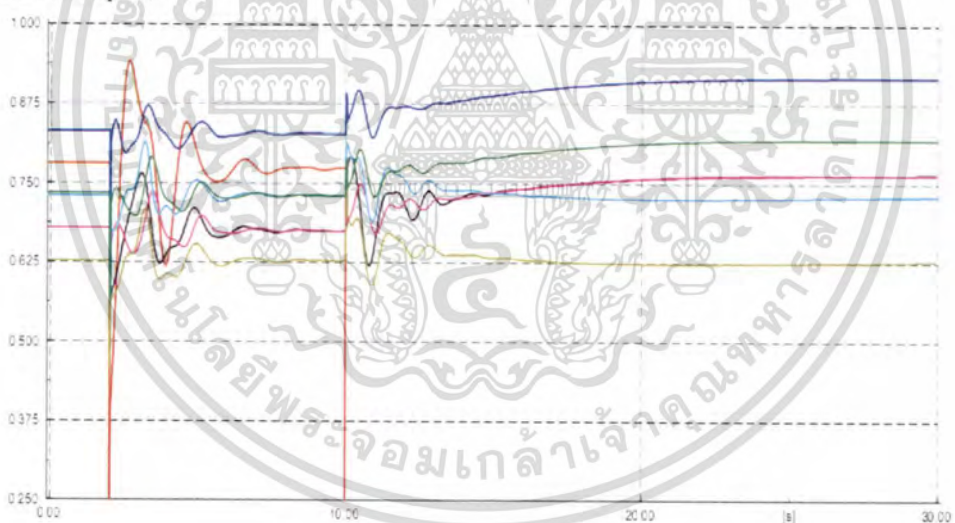
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.63 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6811) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



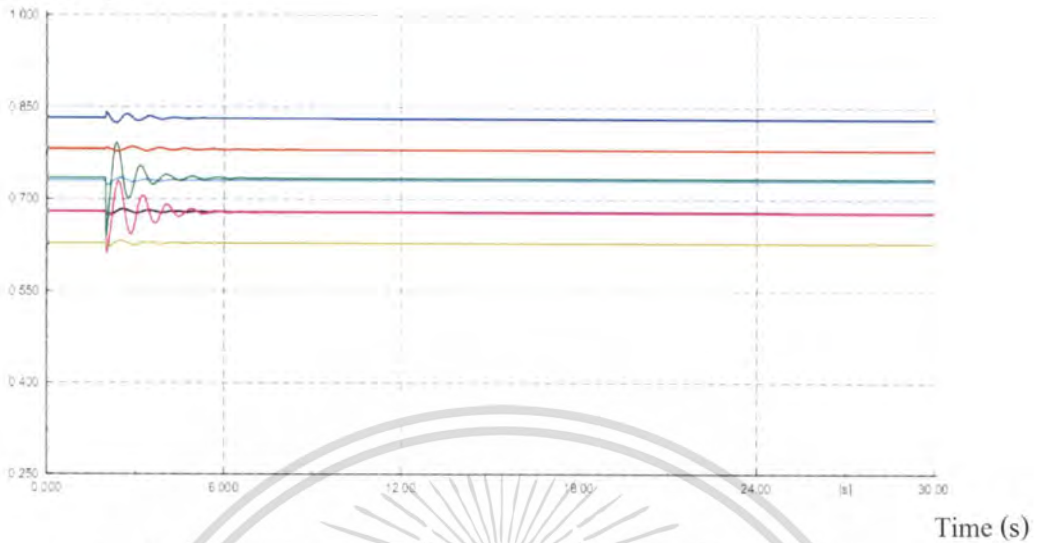
Time (s)

รูปที่ 4.64 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6807-6811) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

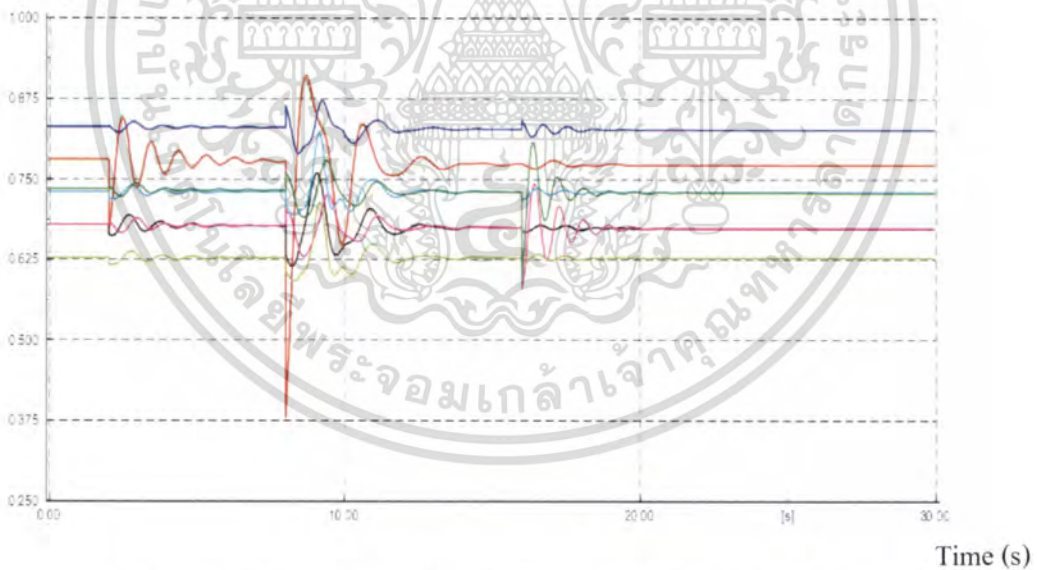
กรณีศึกษาที่ 12. สายส่ง 1804-6801 (BPL-BPK_A)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.65 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1804-6801) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

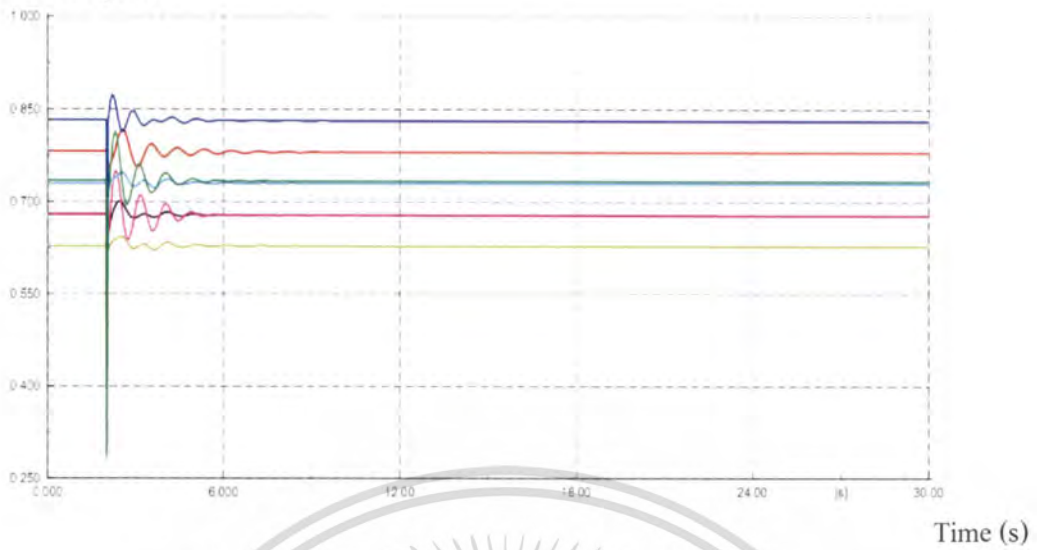
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.66 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1804-6801) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

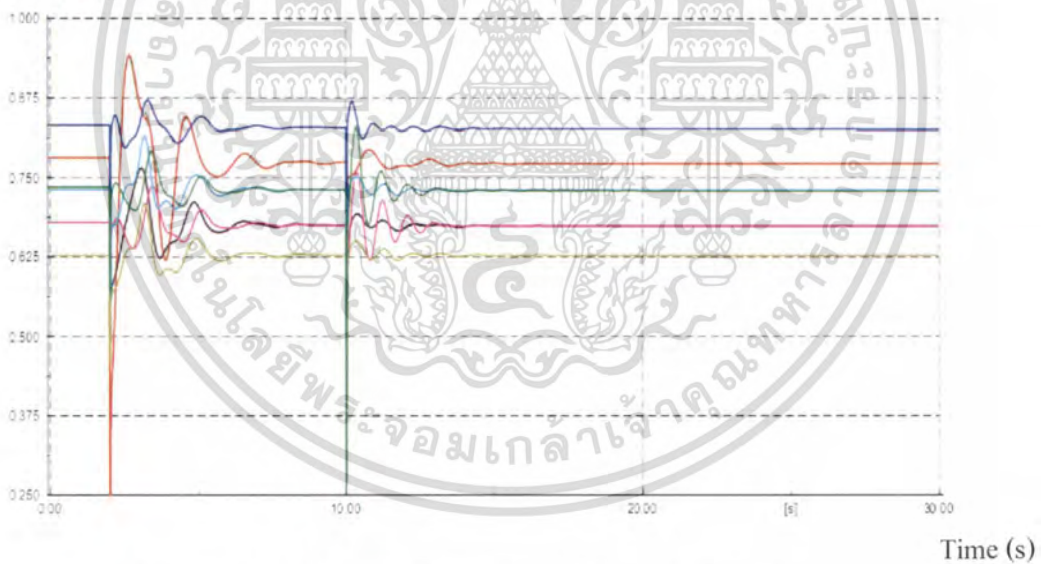
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.67 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1804-6801) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)

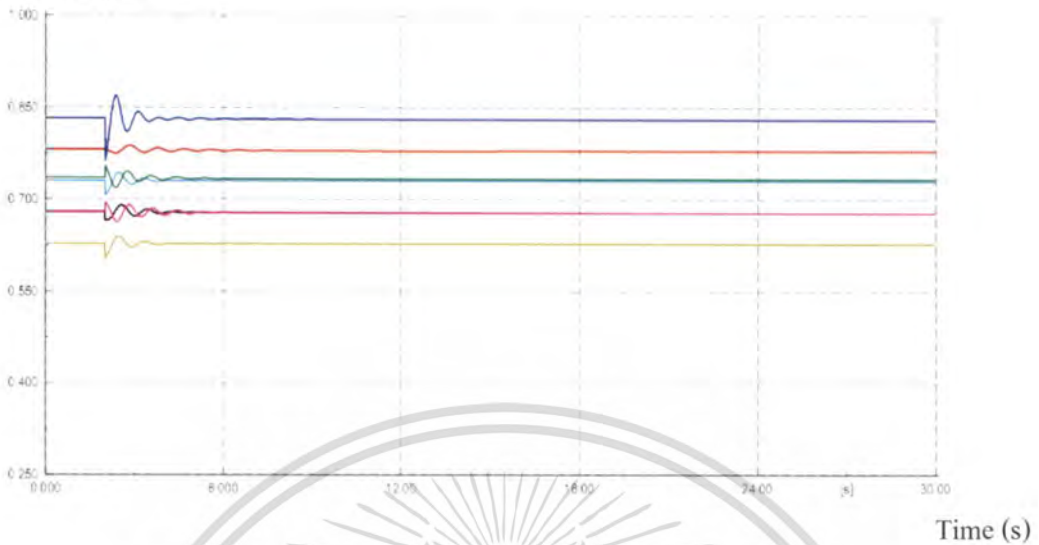


รูปที่ 4.68 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1804-6801) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

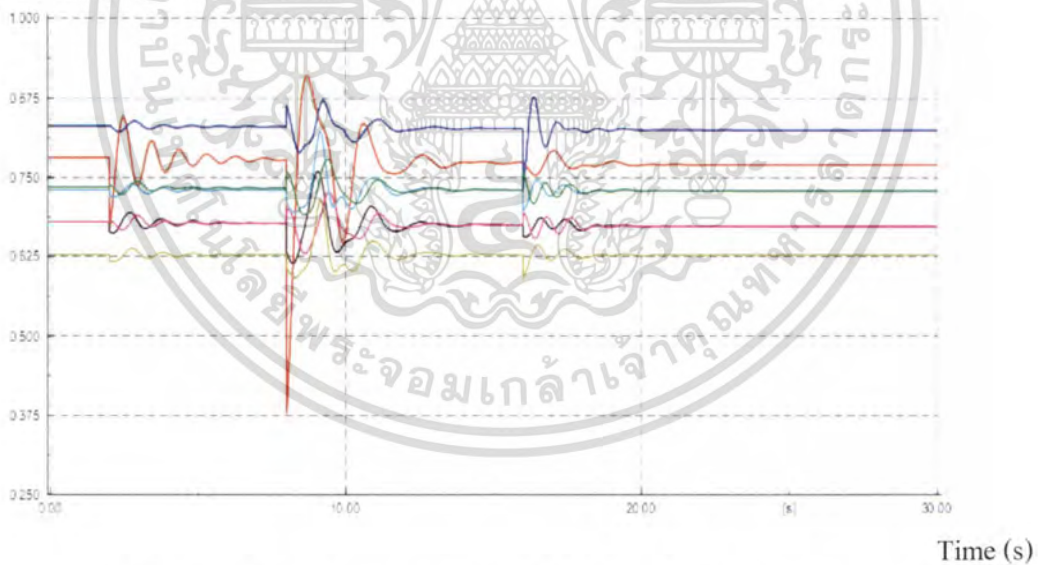
กรณีศึกษาที่ 13. สายส่ง 1804-6891 (BPL-BPK_B)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.69 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิทช์ซึ่งสายส่ง (1804-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

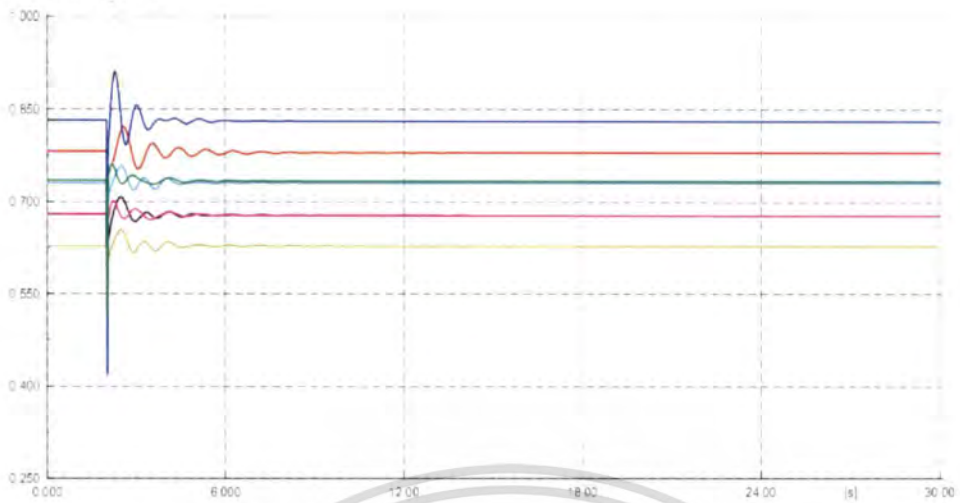
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.70 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิทช์ซึ่งสายส่ง (1804-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

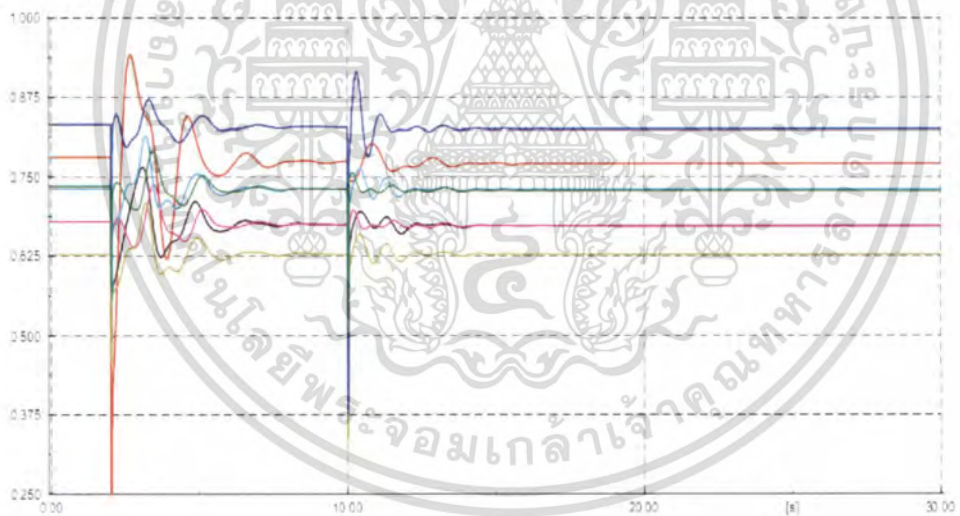
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.71 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร
(1804-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



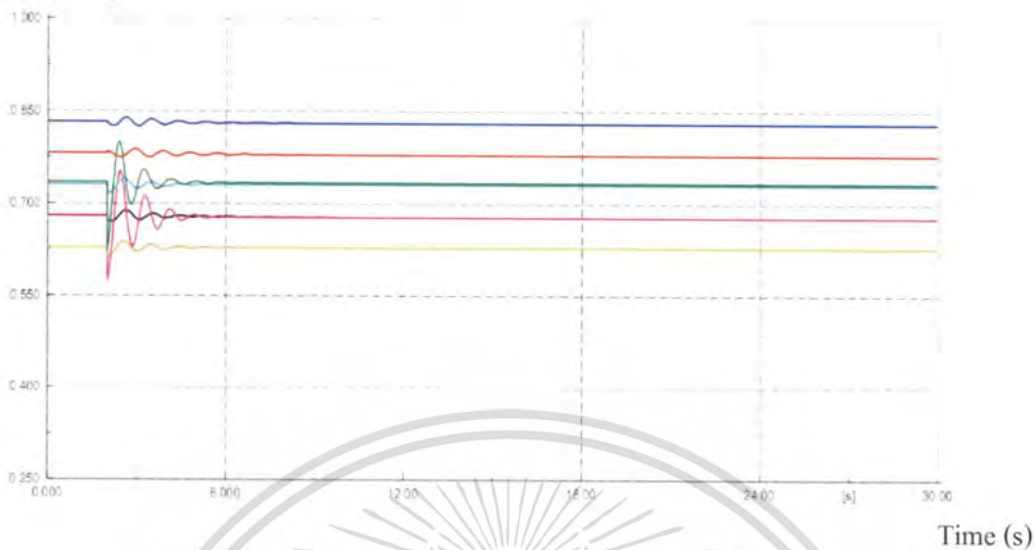
Time (s)

รูปที่ 4.72 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร
(1804-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

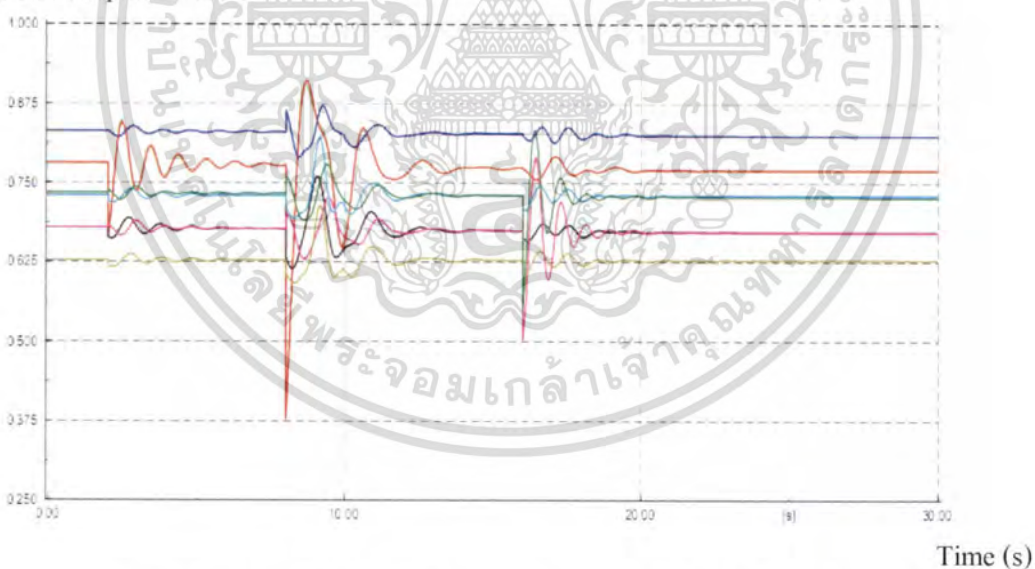
กรณีศึกษาที่ 14. สายส่ง 1809-6808 (RS-KLM)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.73 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิทช์ซึ่งสายส่ง (1809-6808) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

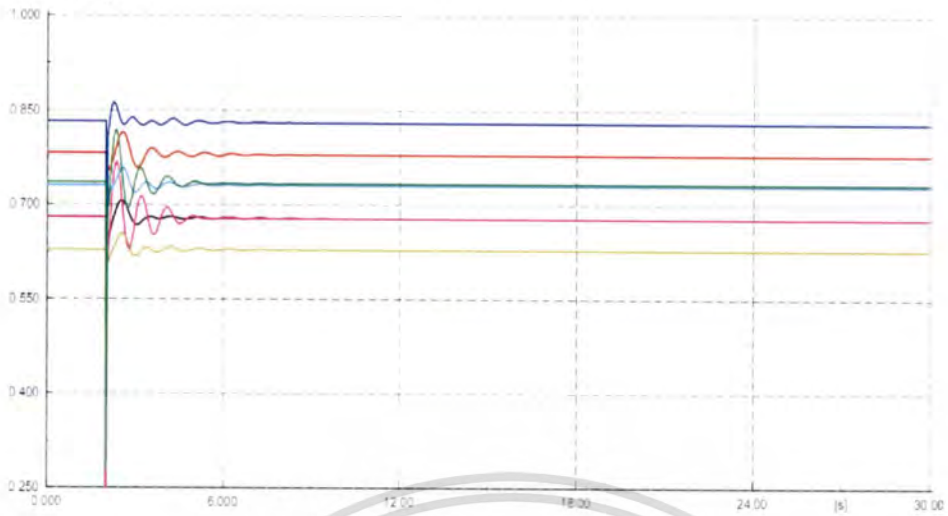
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.74 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิทช์ซึ่งสายส่ง (1809-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

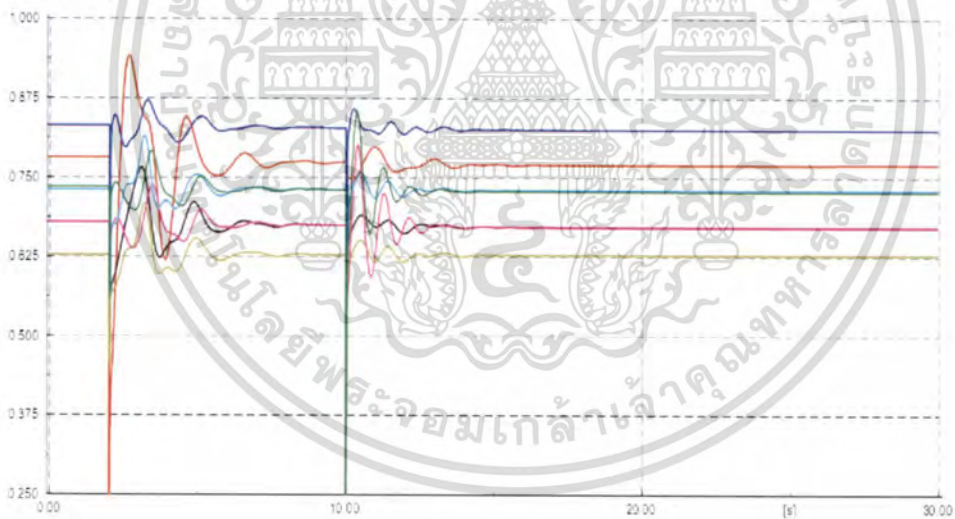
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.75 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1809-6808) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



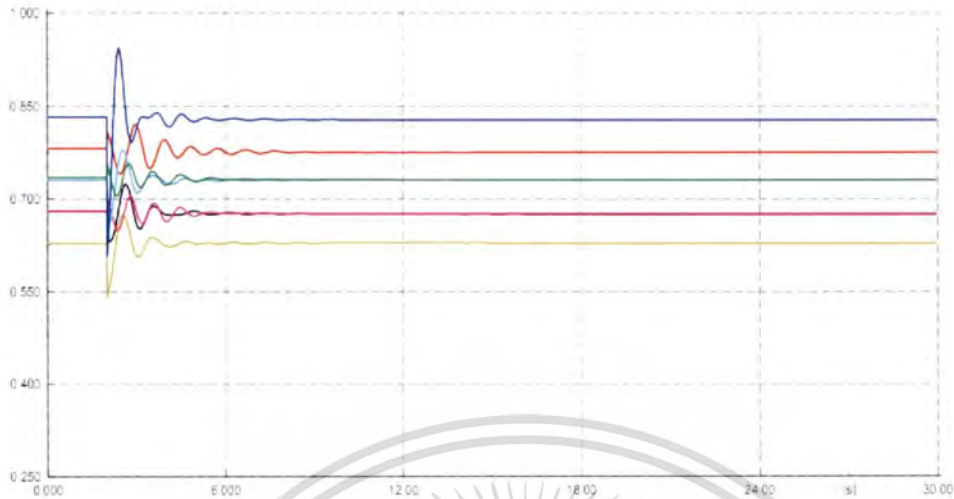
Time (s)

รูปที่ 4.76 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1809-6808) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 15. สายส่ง 1810-6891 (NCO-BPK_B)

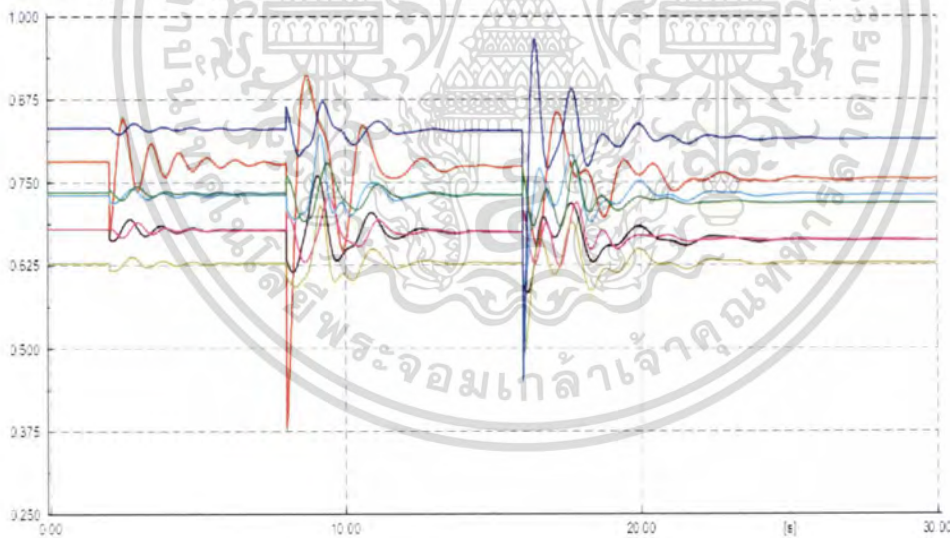
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.77 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1810-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

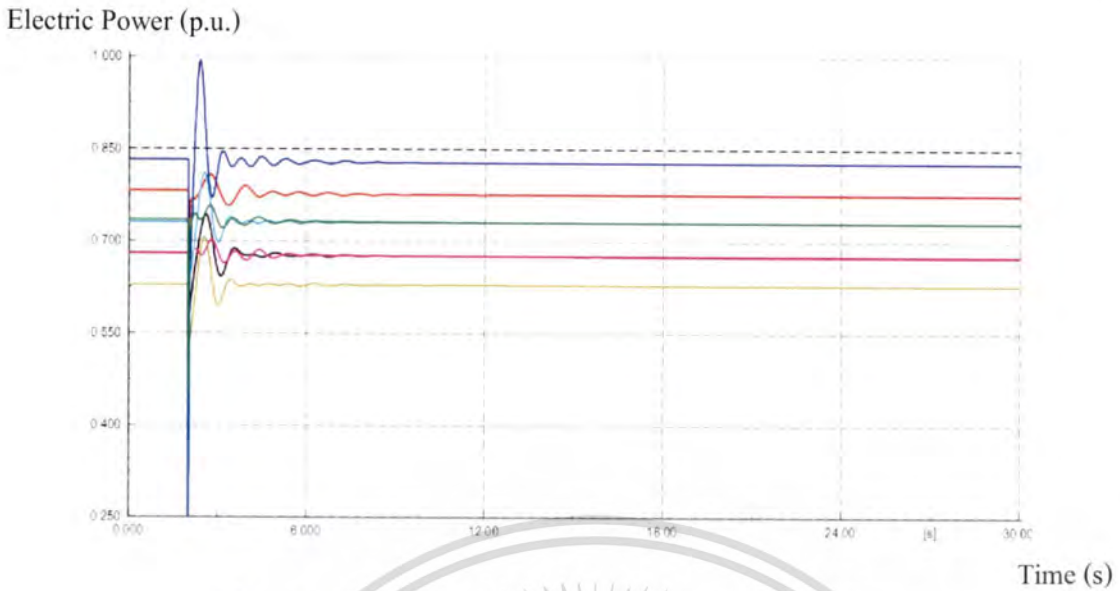
Electric Power (p.u.)



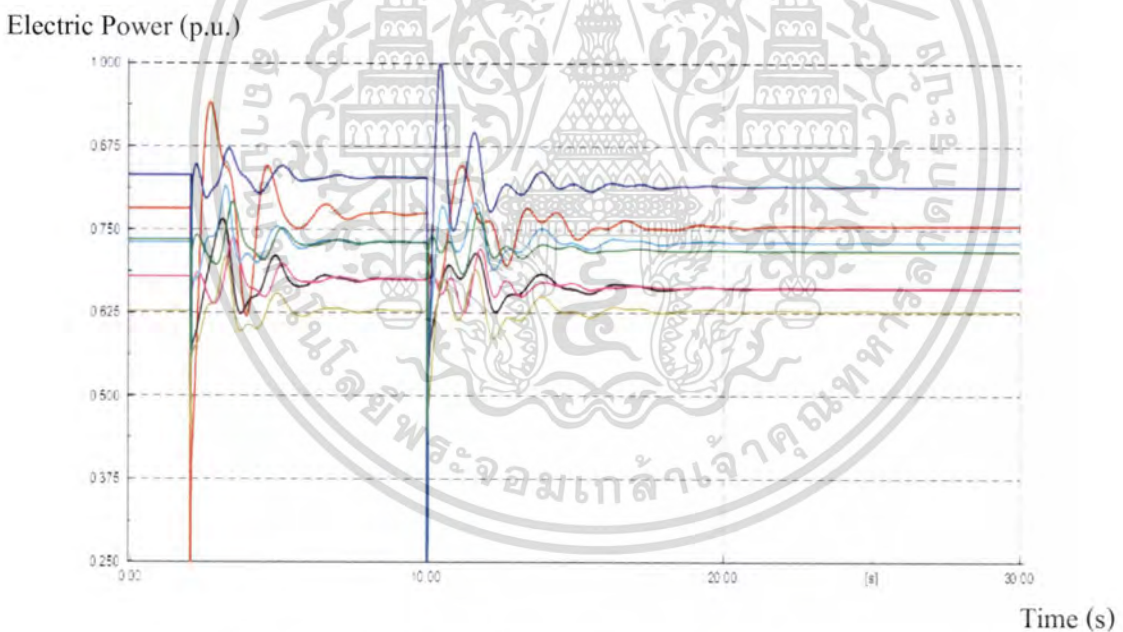
Time (s)

รูปที่ 4.78 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (1810-6891) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.79 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1810-6891) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

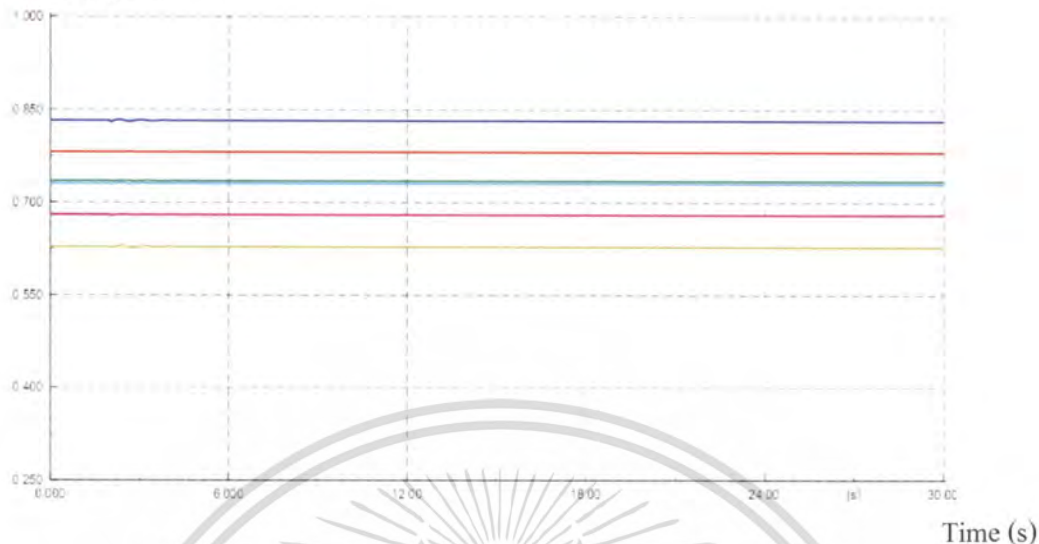


รูปที่ 4.80 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (1810-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

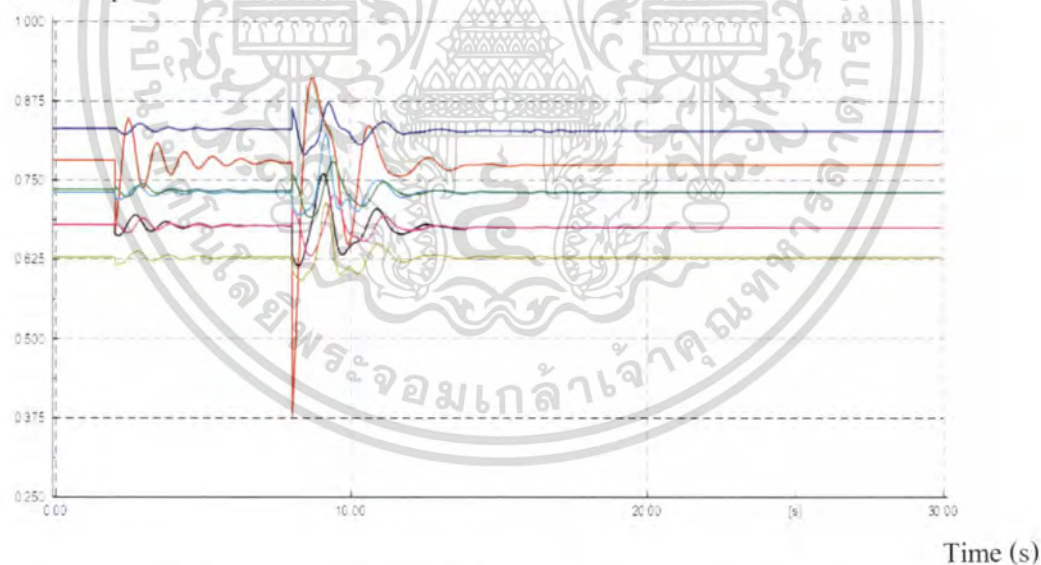
กรณีศึกษาที่ 16. สายส่ง 6702-6705 (CC-BPK)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.81 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6705) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

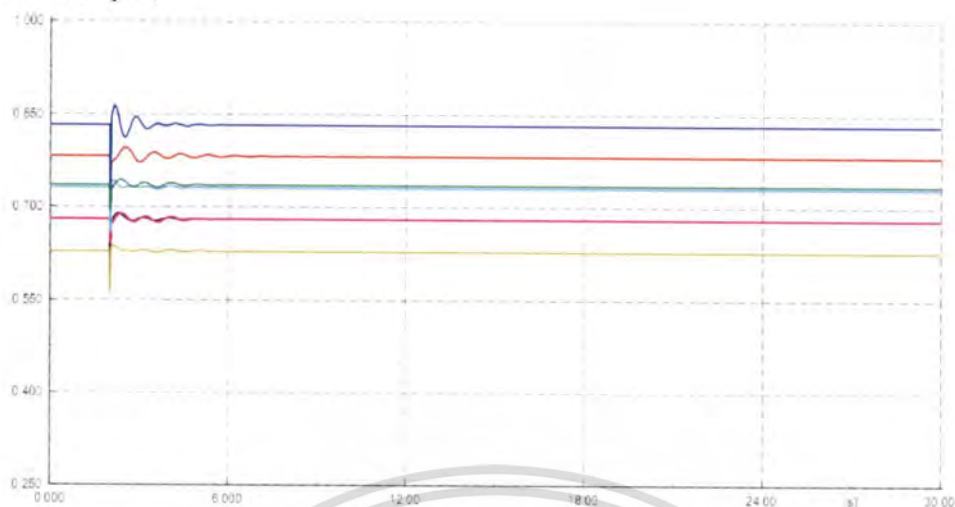
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.82 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6705) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

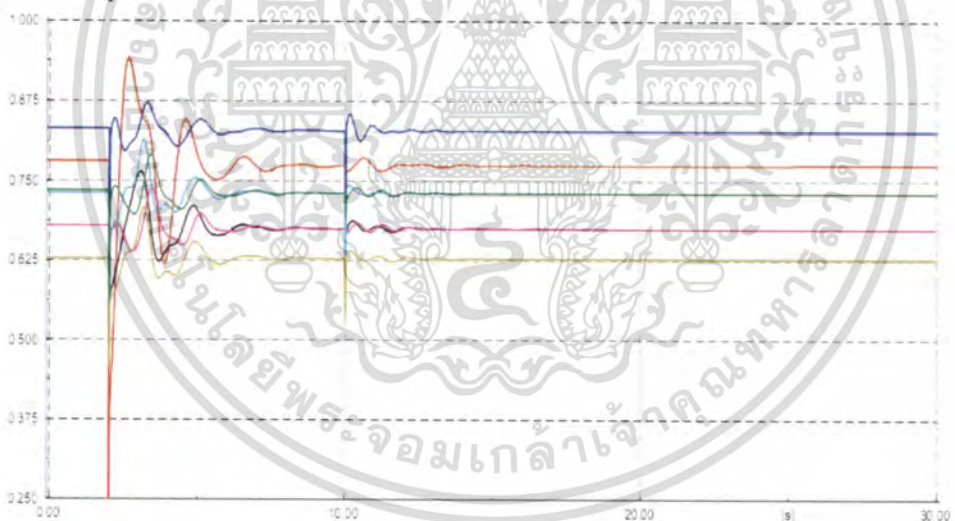
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.83 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6705) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



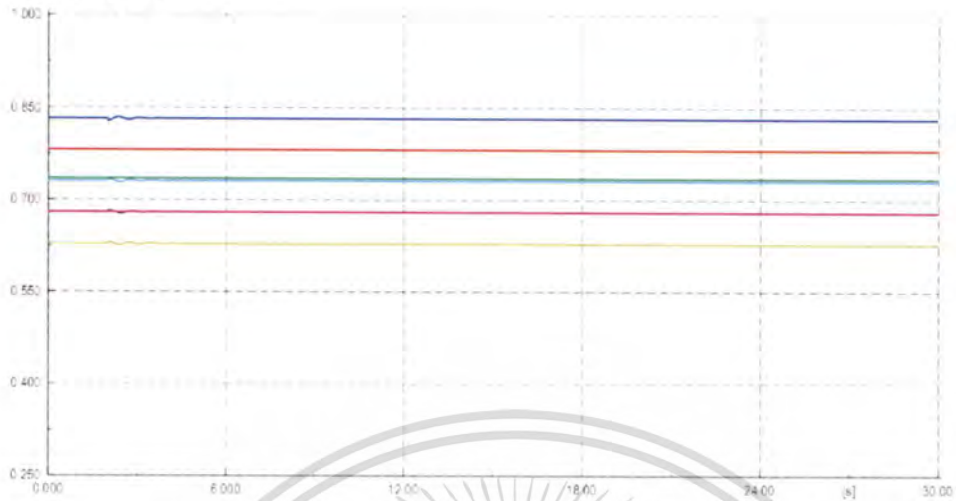
Time (s)

รูปที่ 4.84 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6705) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 17. สายส่ง 6705-6706 (BPK-CB)

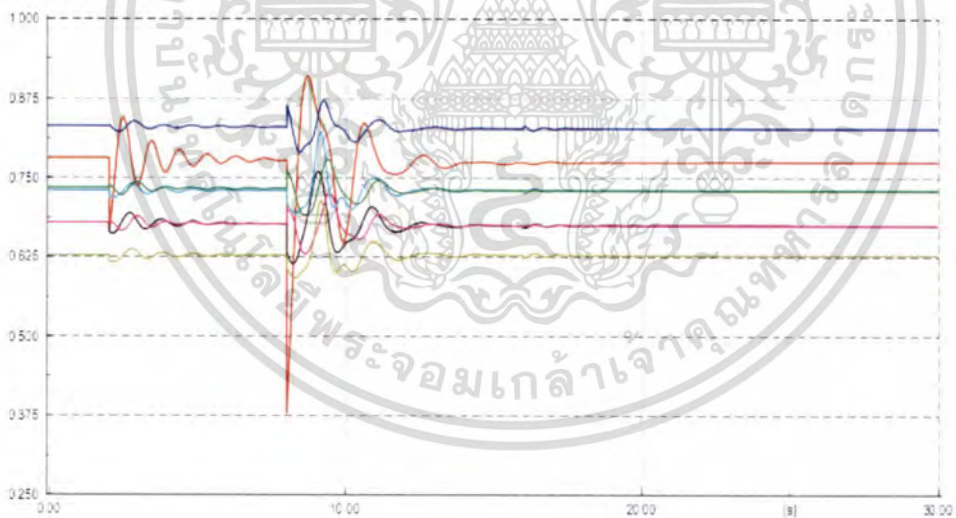
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.85 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6705-6706) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

Electric Power (p.u.)

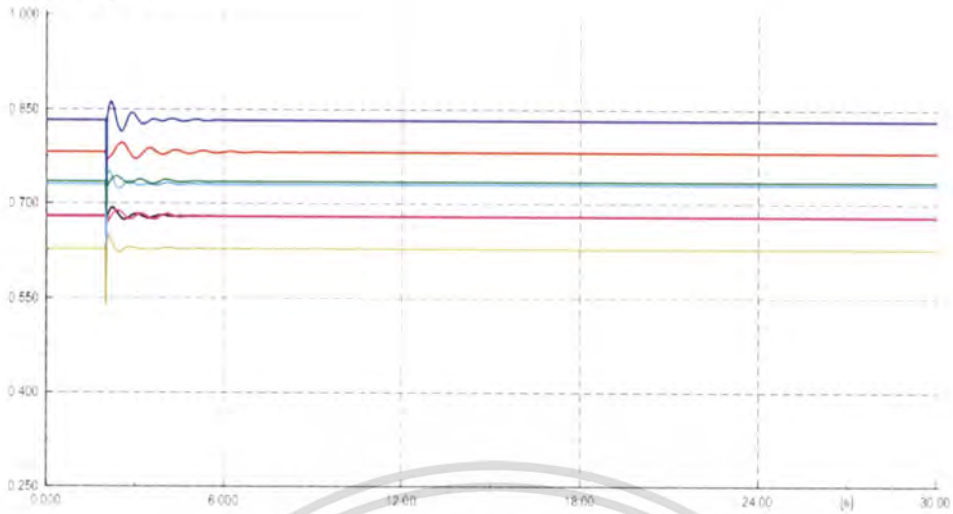


Time (s)

รูปที่ 4.86 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6705-6706) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

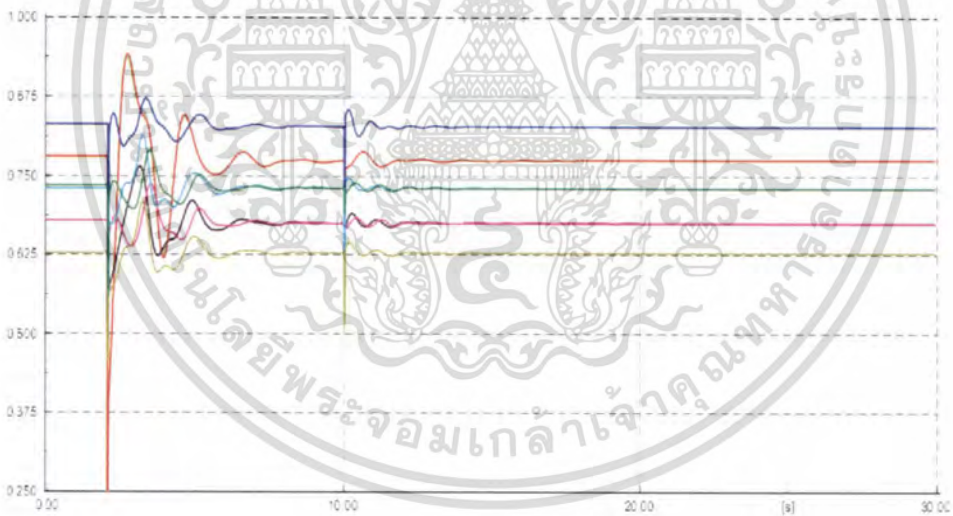
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.87 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6705-6706) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



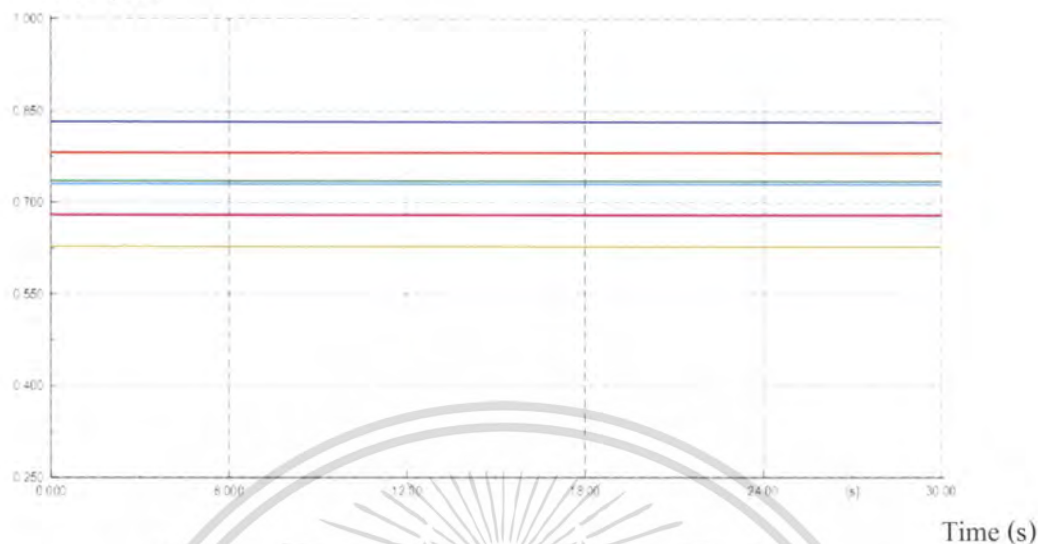
Time (s)

รูปที่ 4.88 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6705-6706) ภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

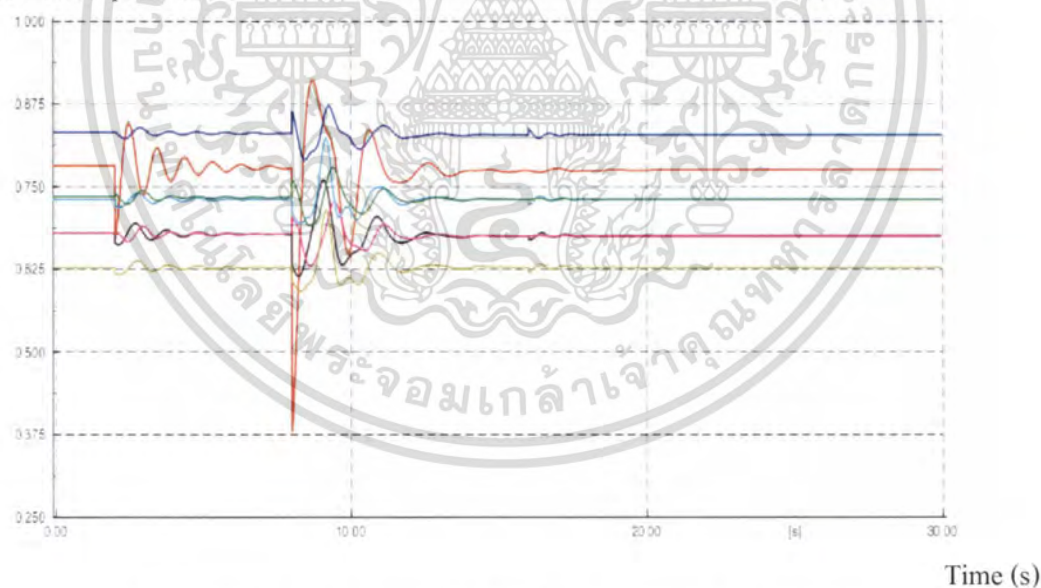
กรณีศึกษาที่ 18. สายส่ง 6706-6707 (CB-SC)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.89 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6706-6707) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

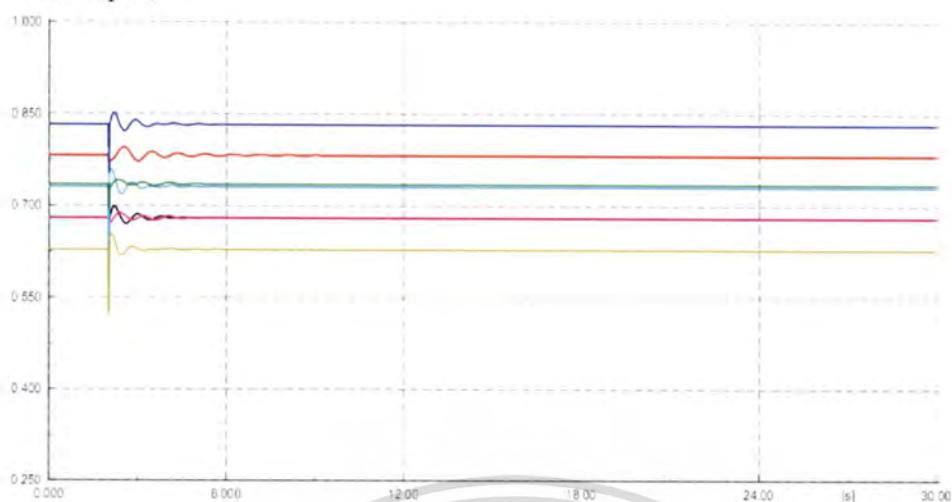
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.90 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6706-6707) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.91 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร
(6706-6707) ภายใต้ระบบสภาวะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



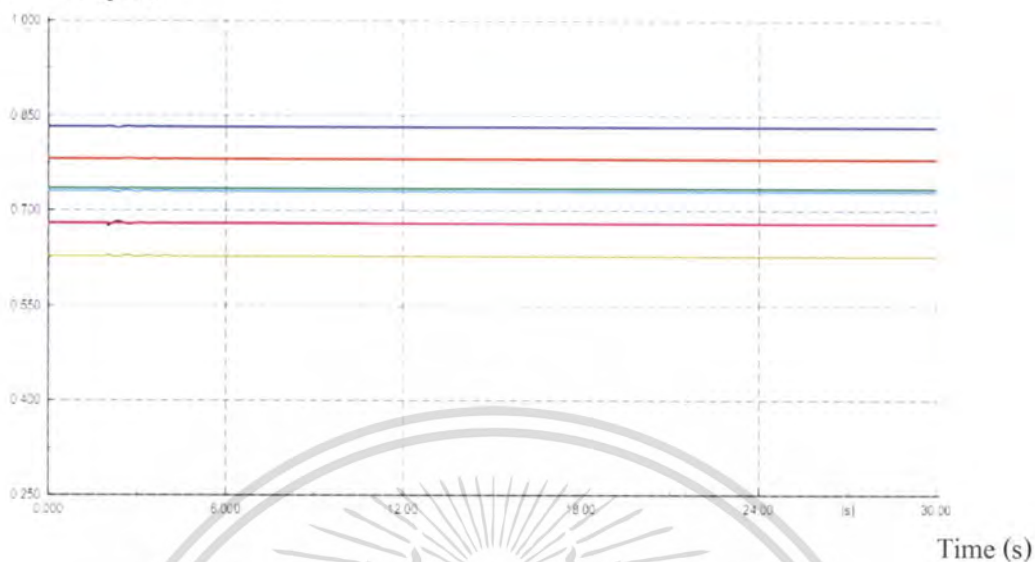
Time (s)

รูปที่ 4.92 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร
(6706-6707) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

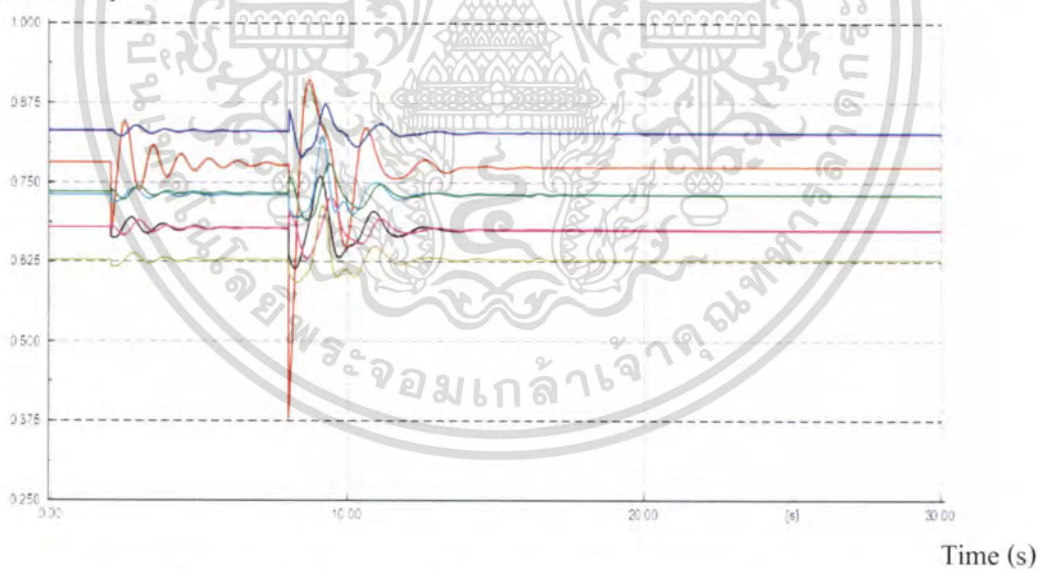
กรณีศึกษาที่ 19. สายส่ง 6707-6709 (SC-AP)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.93 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6709) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

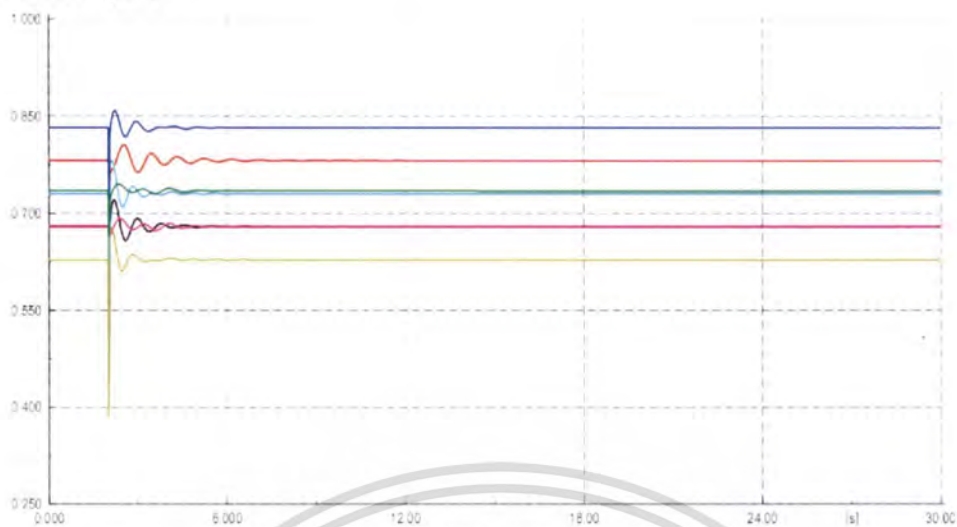
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.94 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6709) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

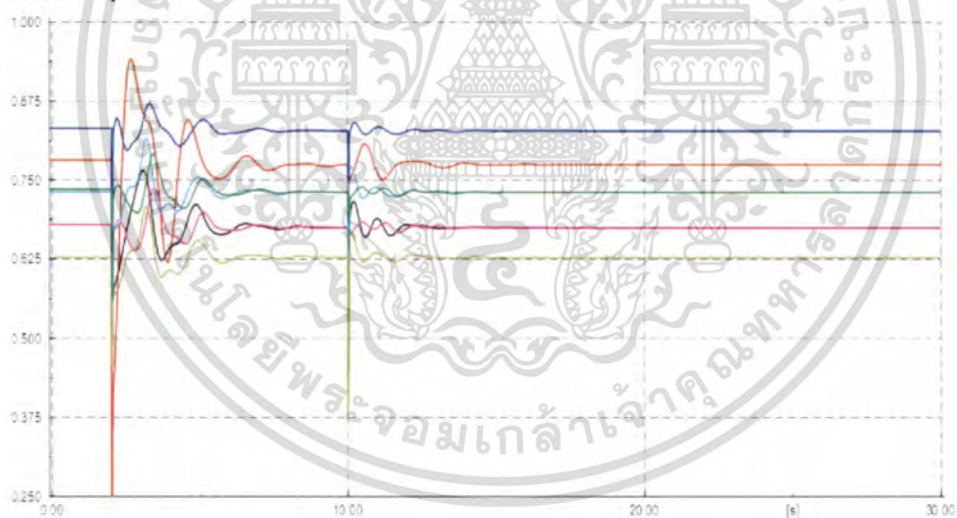
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.95 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6709) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



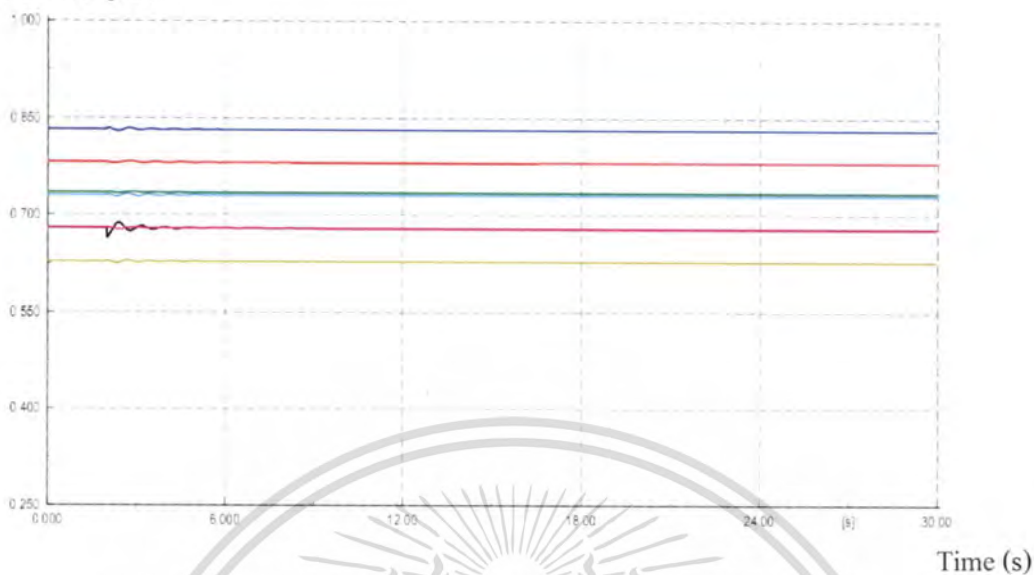
Time (s)

รูปที่ 4.96 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6709) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

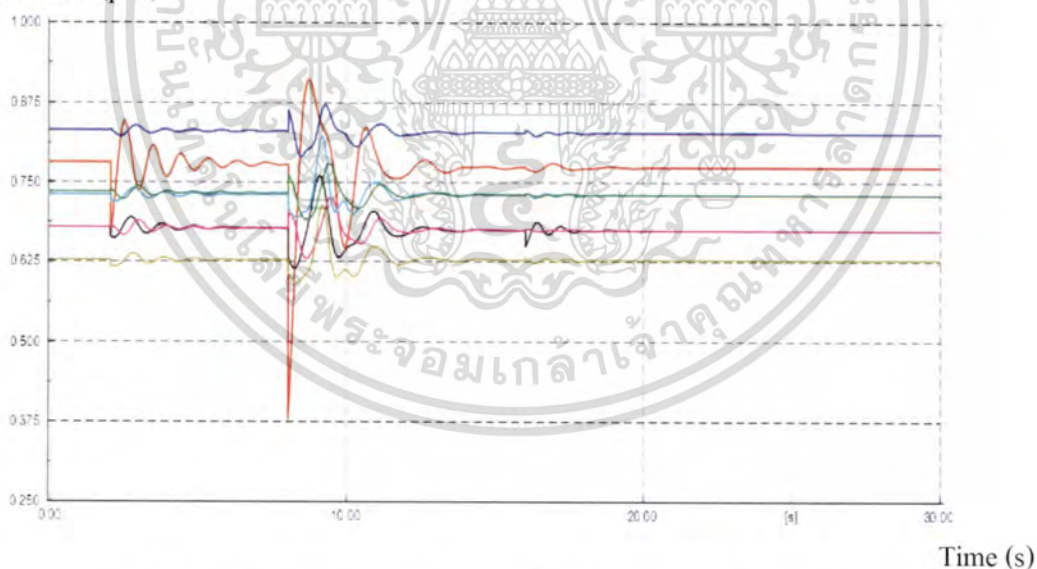
กรณีศึกษาที่ 20. สายส่ง 6708-6723 (BBG-BWN)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.97 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ชิงสายส่ง (6708-6723) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

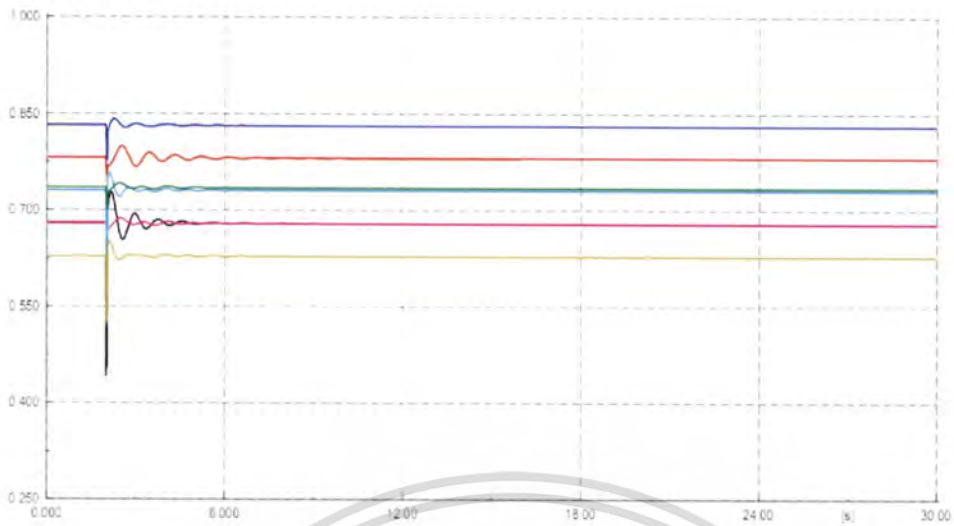
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.98 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ชิงสายส่ง (6708-6723) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

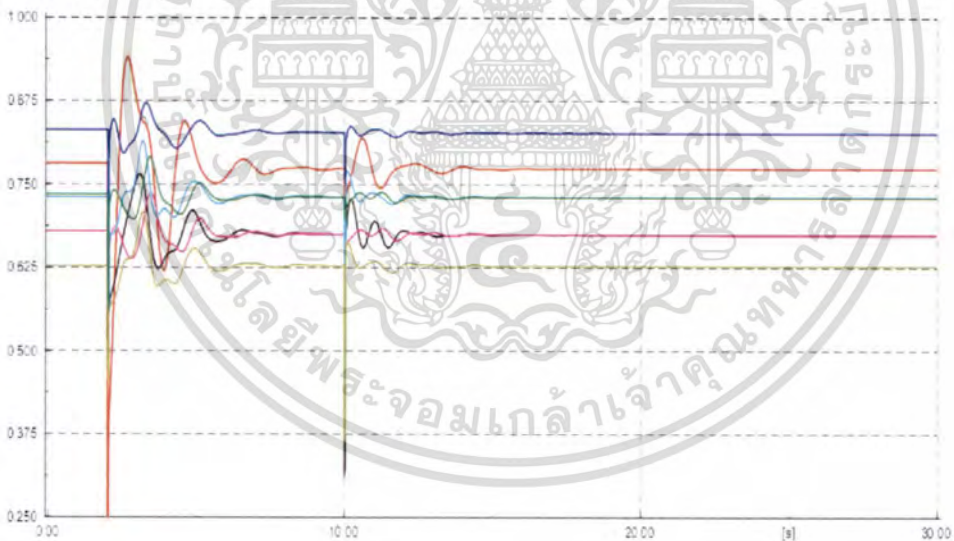
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.99 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6708-6723) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



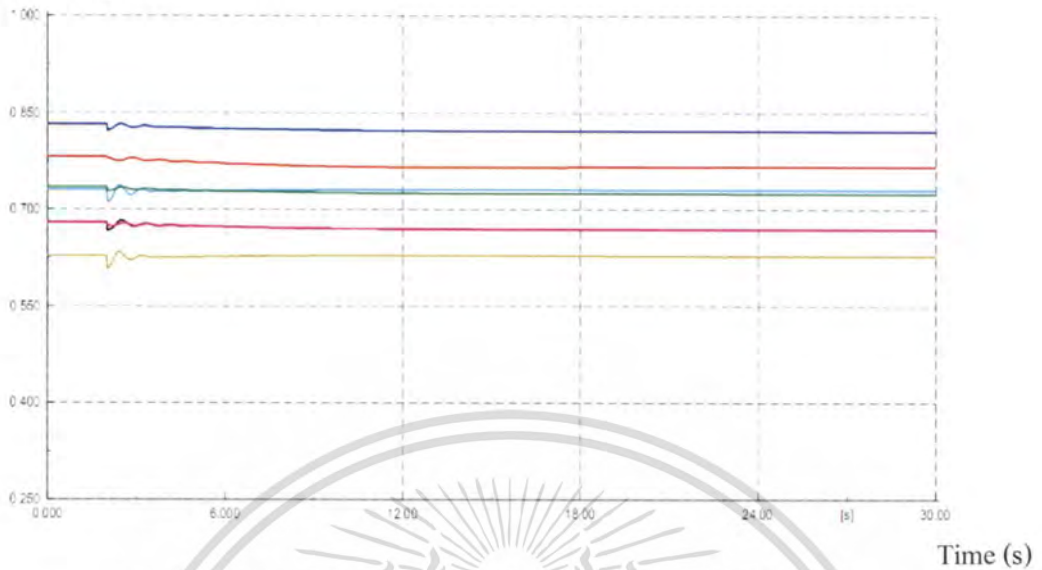
Time (s)

รูปที่ 4.100 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6708-6723) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

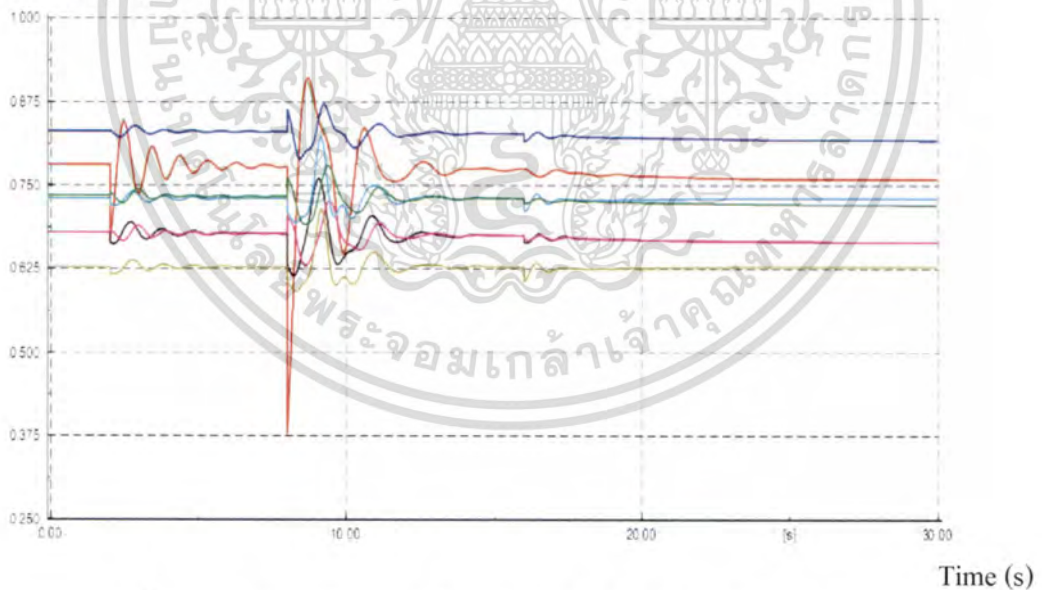
กรณีศึกษาที่ 21. สายส่ง 6709-6710 (AP-BL)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.101 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6709-6710) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

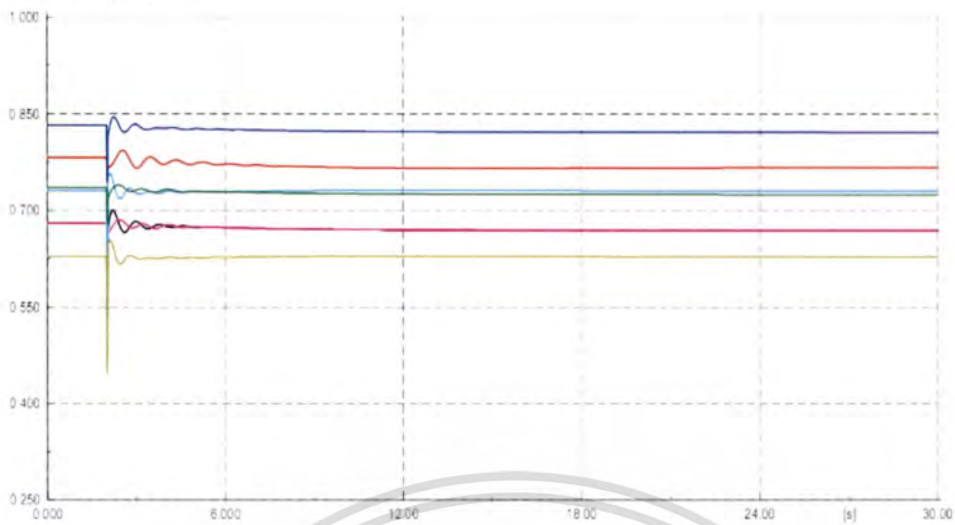
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.102 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6709-6710) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

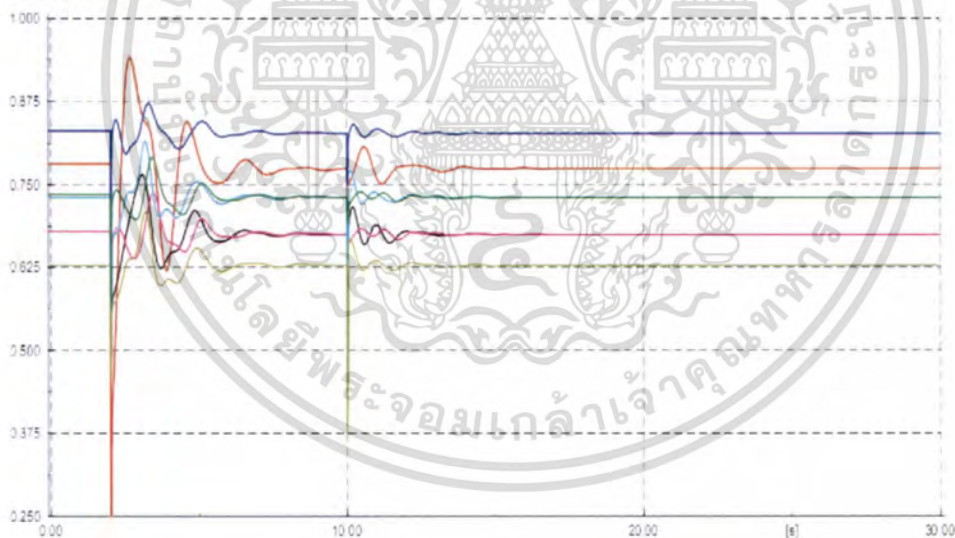
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.103 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6709-6710) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



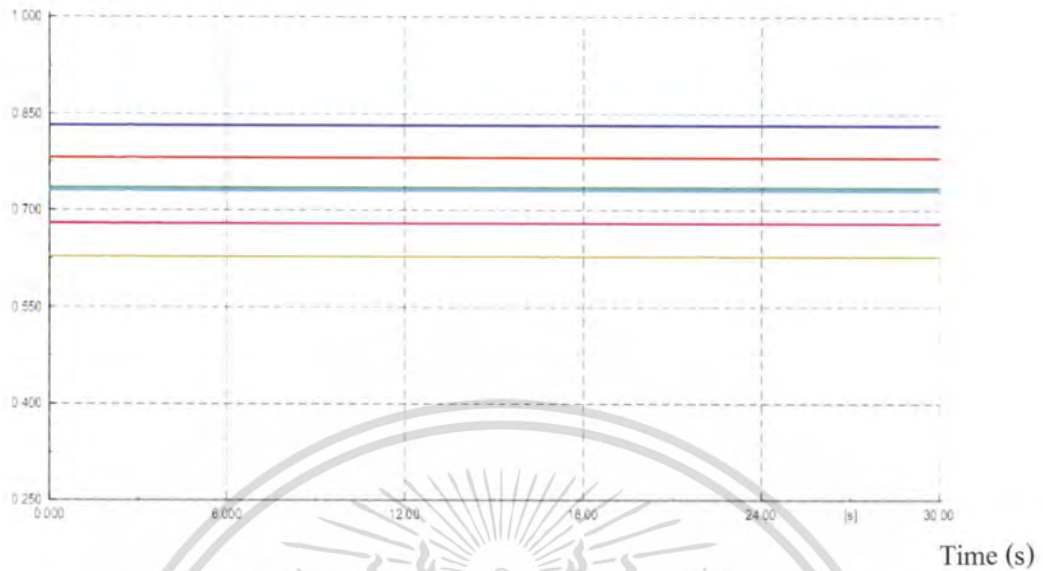
Time (s)

รูปที่ 4.104 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6709-6710) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

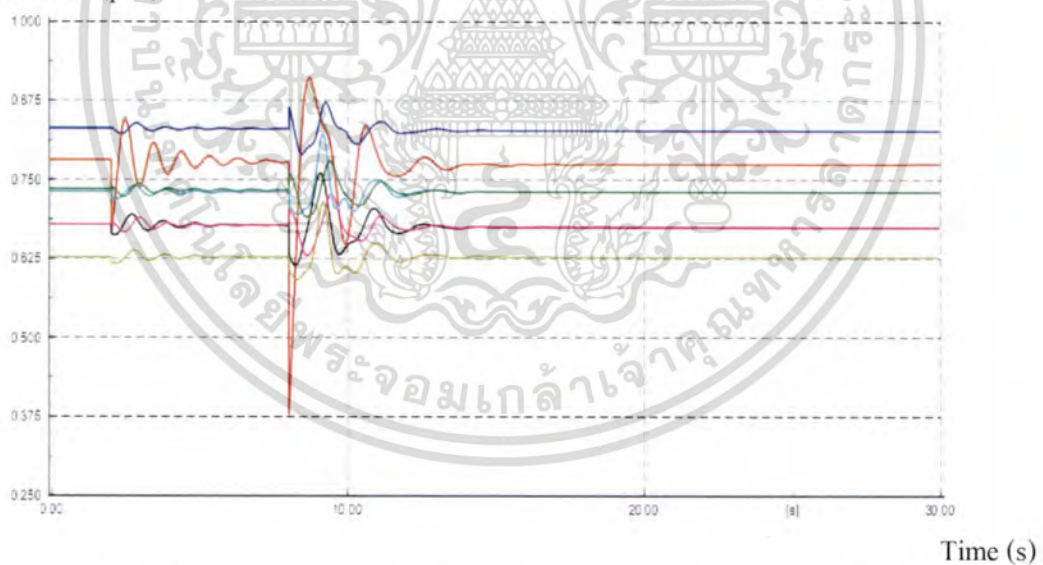
กรณีศึกษาที่ 22. สายส่ง 6716-6734 (KLA-RY2_B)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.105 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6716-6734) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

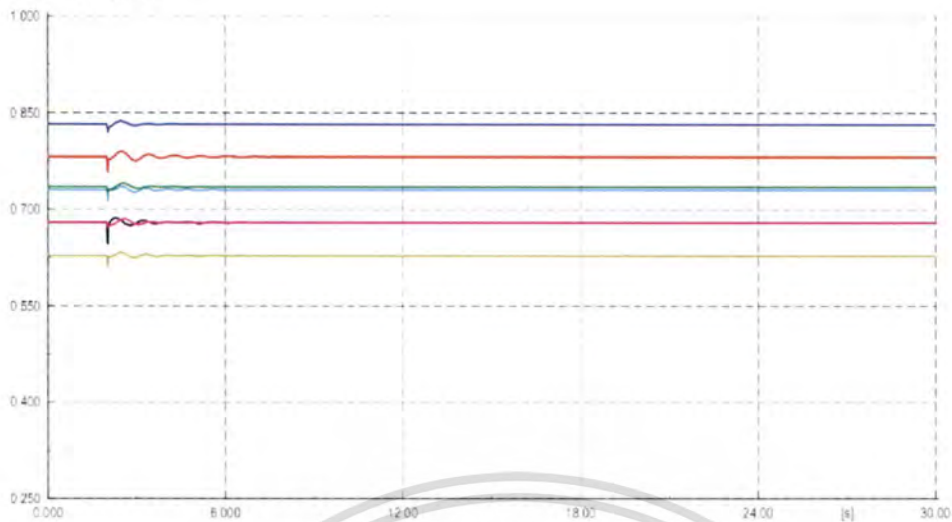
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.106 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6716-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

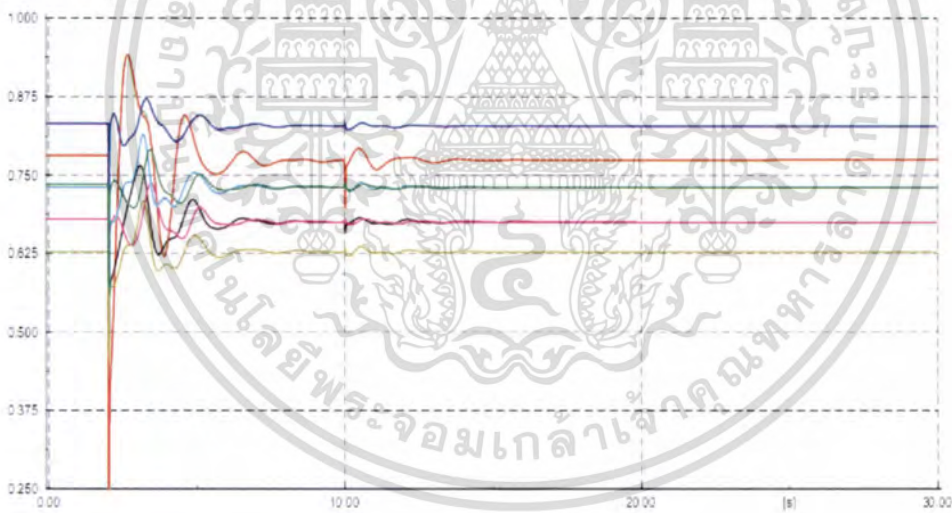
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.107 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6716-6734) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



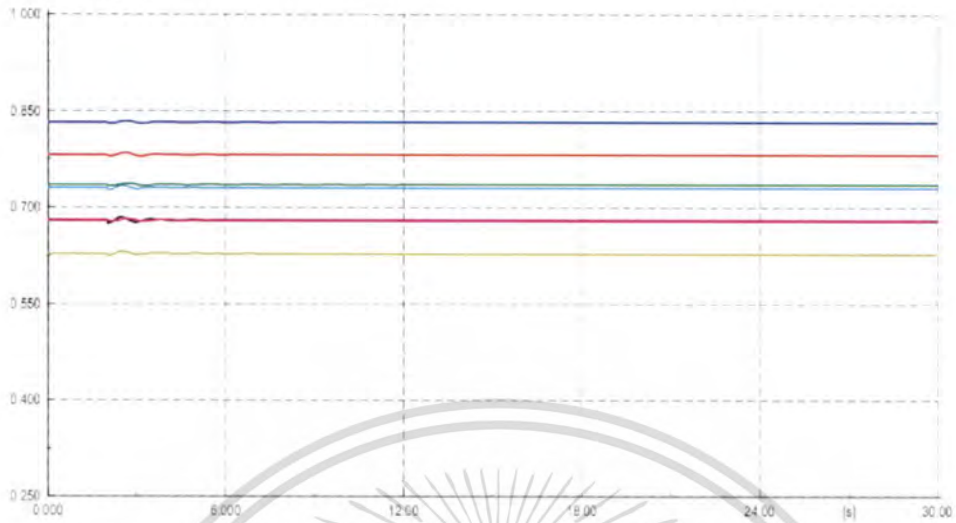
Time (s)

รูปที่ 4.108 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6716-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 23. สายส่ง 6713-6734 (KLA-RY2_B)

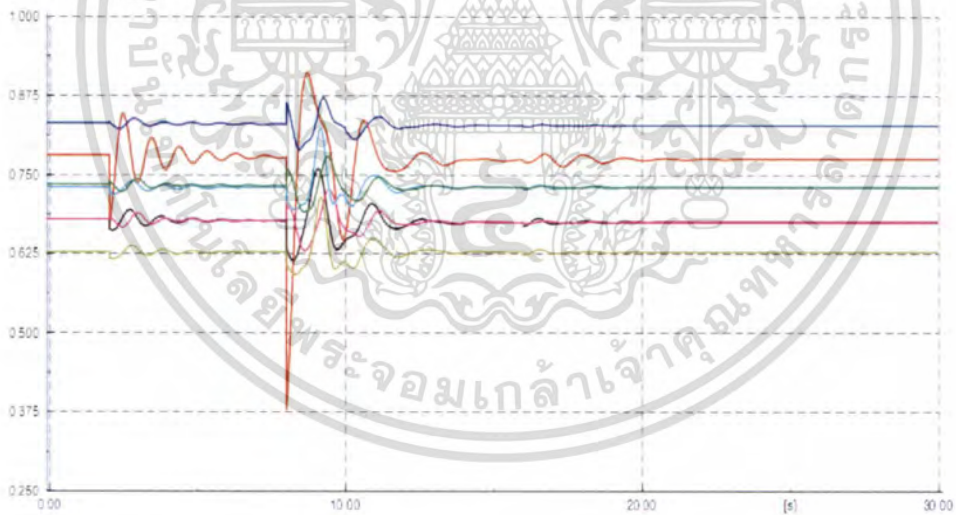
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.109 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6713-6734) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

Electric Power (p.u.)

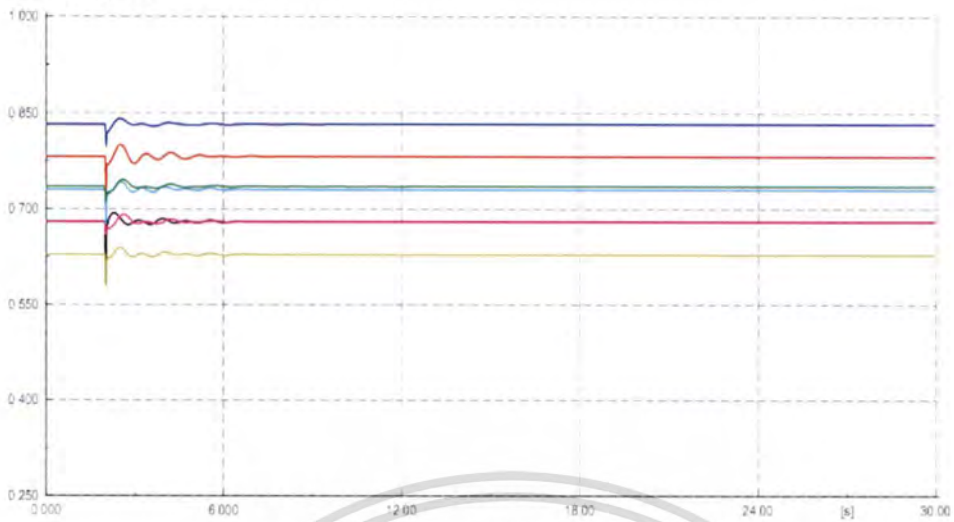


Time (s)

รูปที่ 4.110 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6713-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

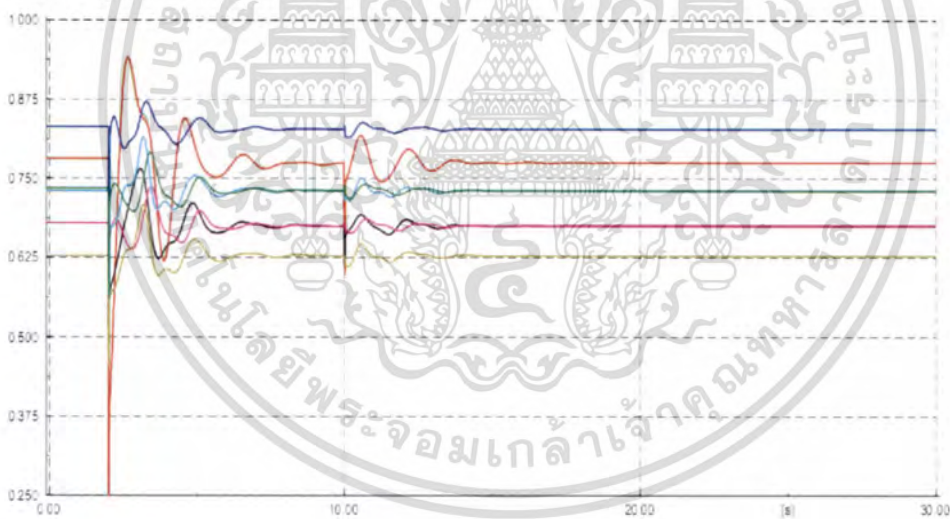
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.111 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6713-6734) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



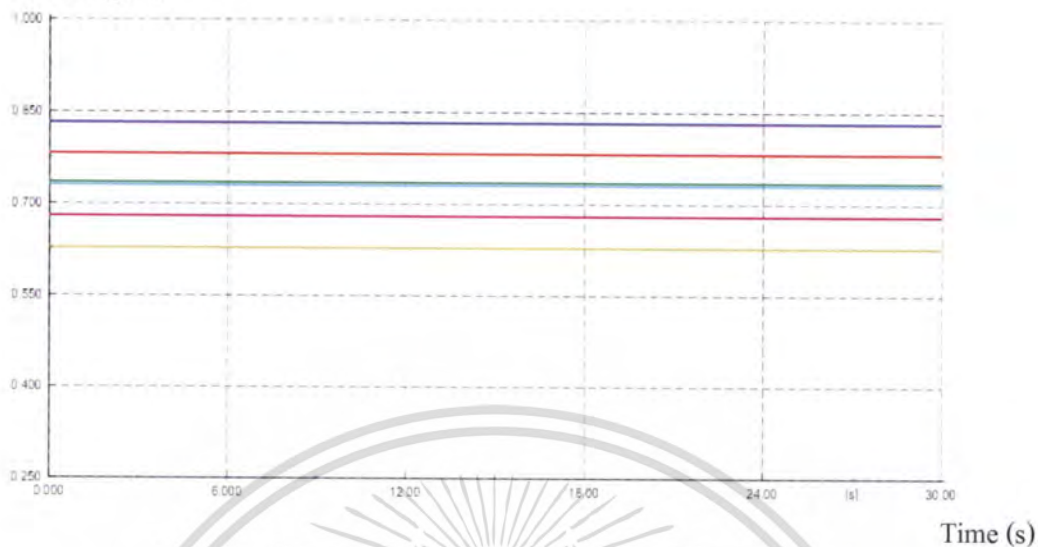
Time (s)

รูปที่ 4.112 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6713-6734) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

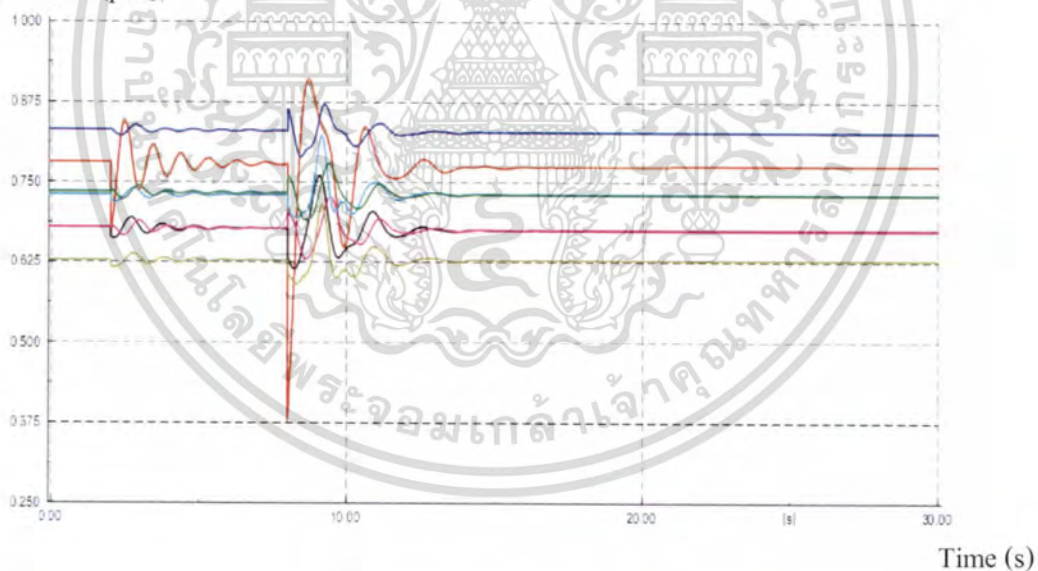
กรณีศึกษาที่ 24. สายส่ง 6702-6703 (CC-PA1)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.113 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6703) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

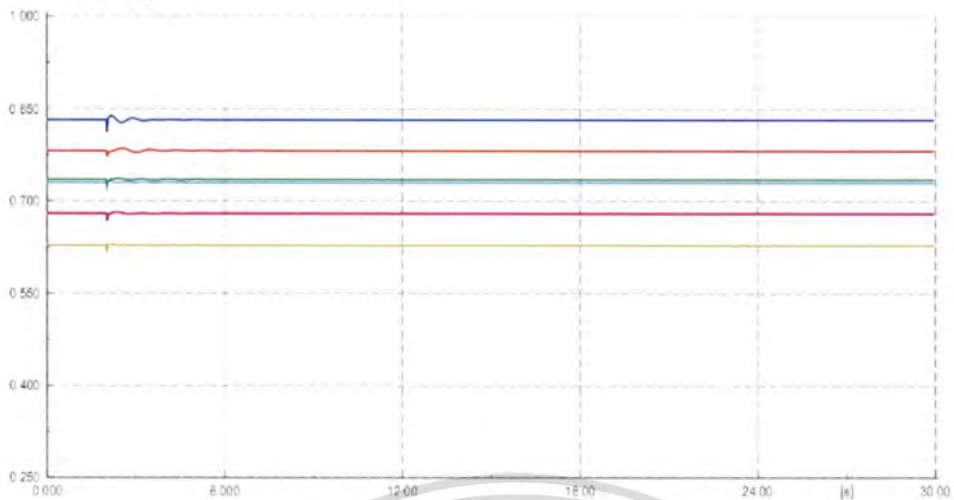
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.114 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6702-6703) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

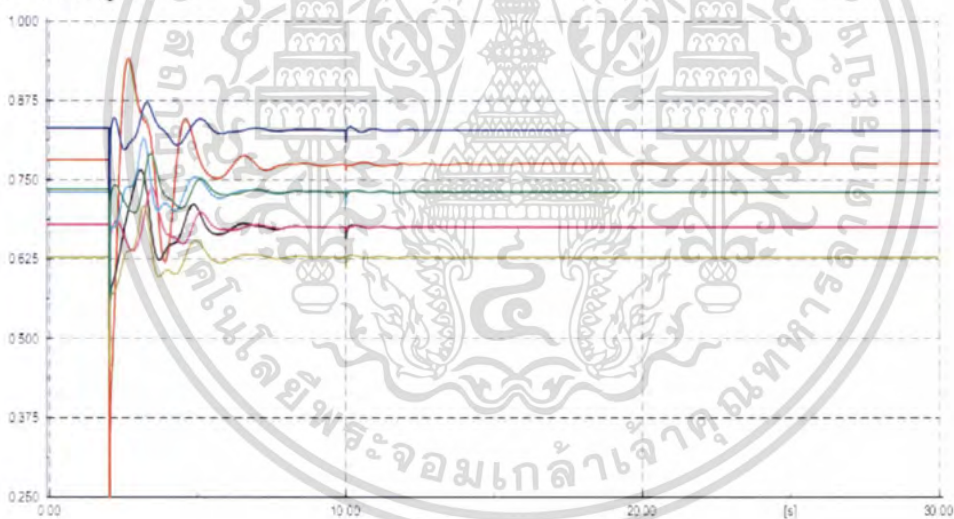
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.115 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6703) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



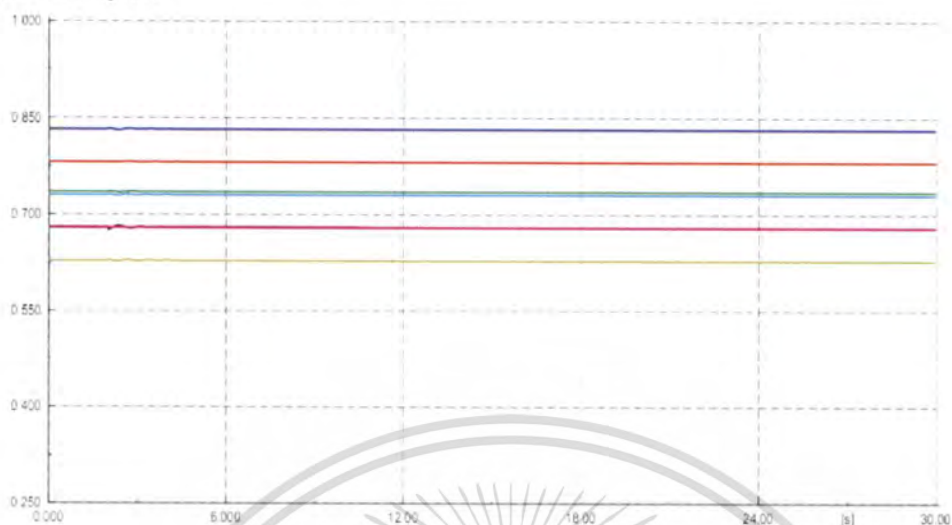
Time (s)

รูปที่ 4.116 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6702-6703) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 25. สายส่ง 6707-6708 (SC-BBG)

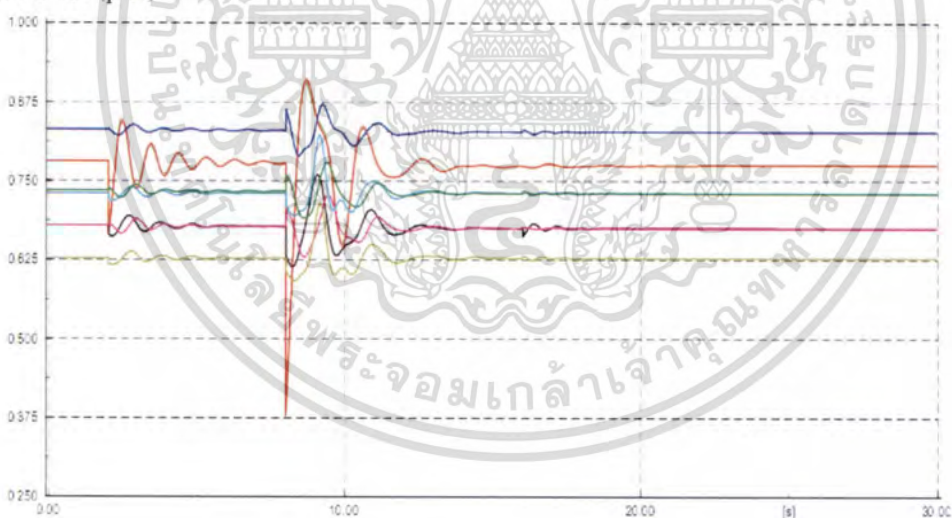
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.117 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6708) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

Electric Power (p.u.)

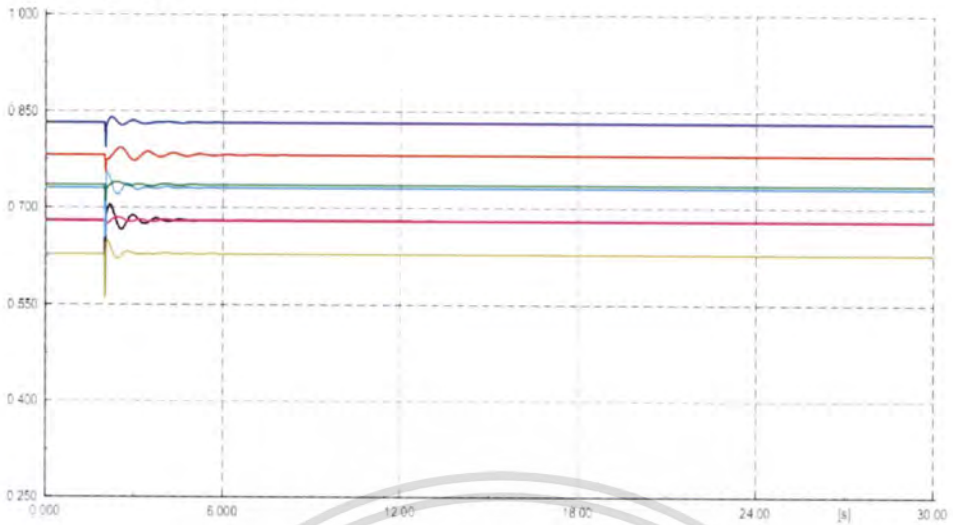


Time (s)

รูปที่ 4.118 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6707-6708) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

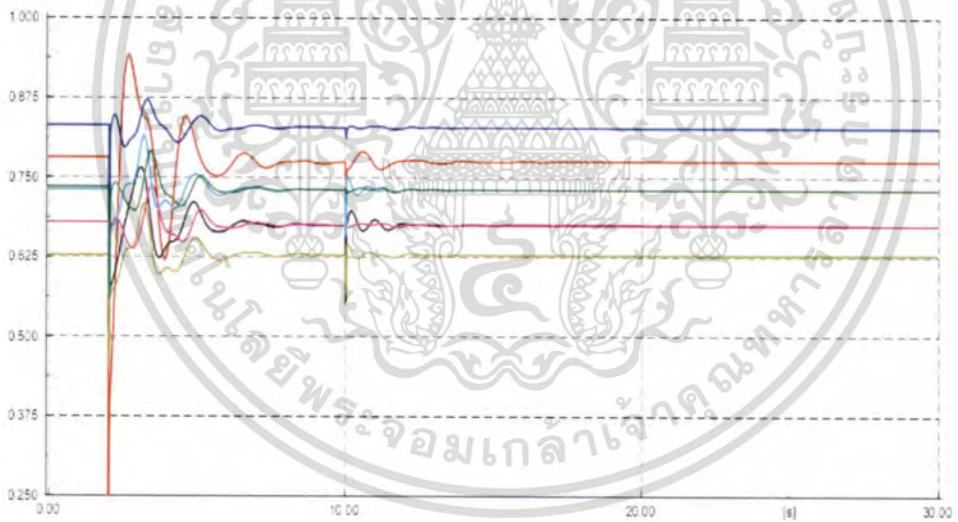
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.119 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6708) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



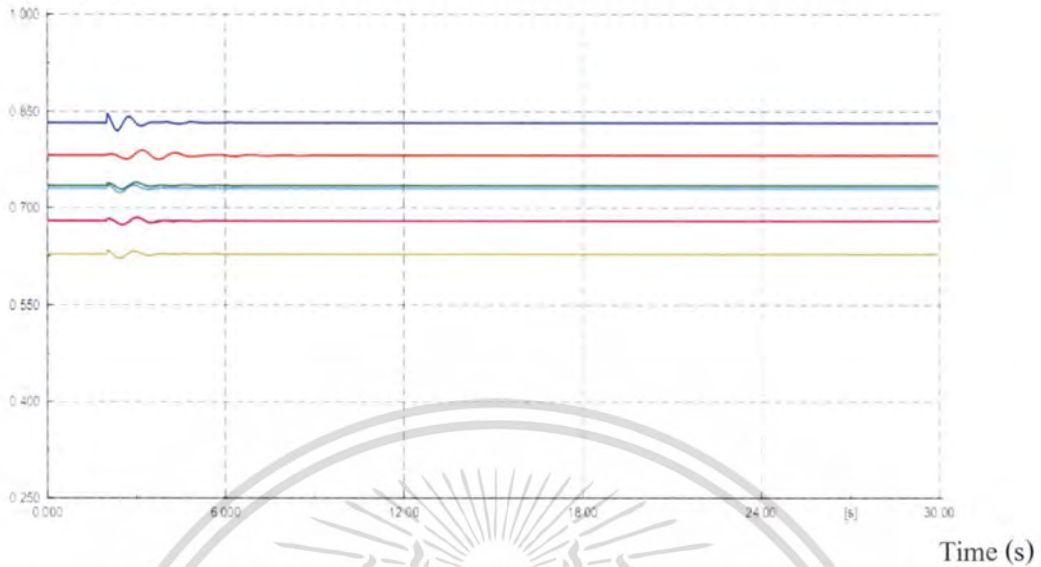
Time (s)

รูปที่ 4.120 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6707-6708) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

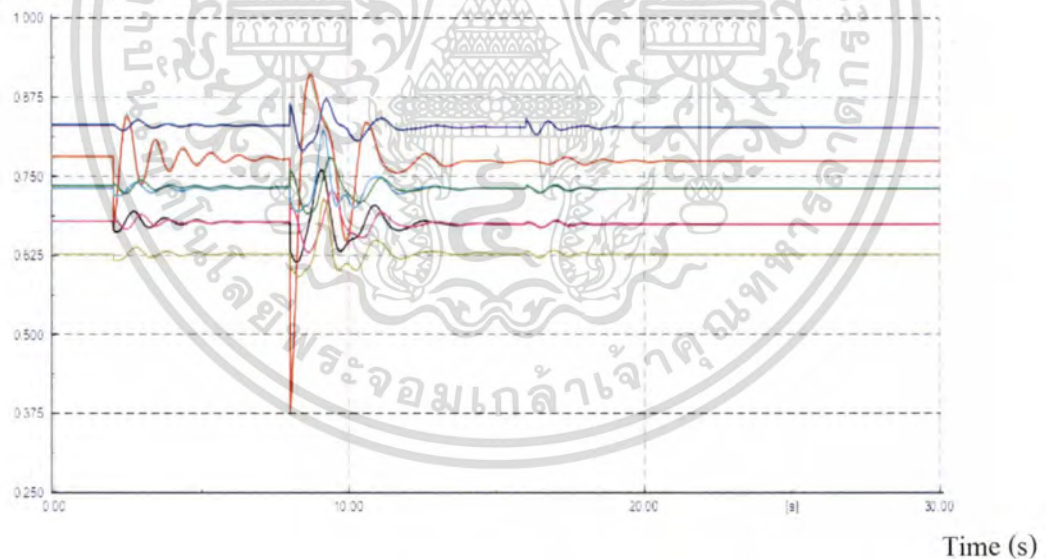
กรณีศึกษาที่ 26. สายส่ง 6726-6727 (PA2-SMP)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.121 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6726-6727) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.1

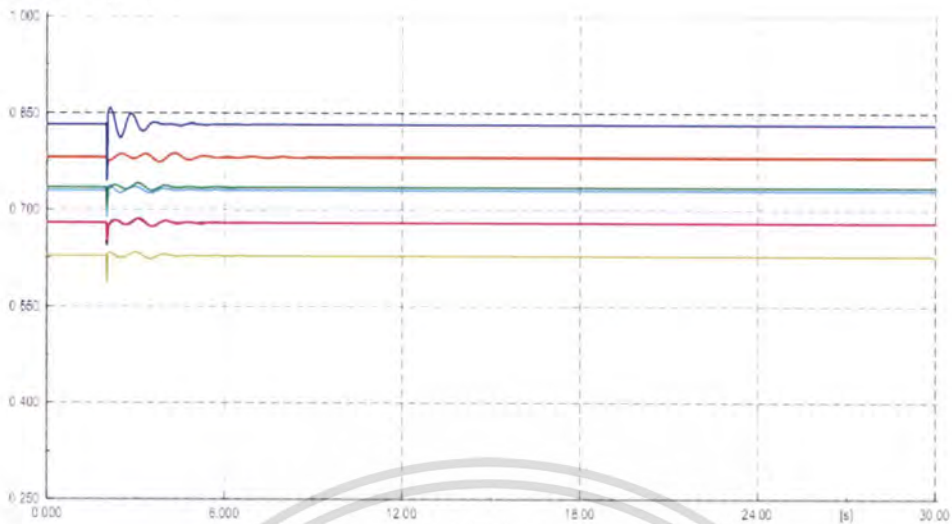
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 4.122 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6726-6727) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

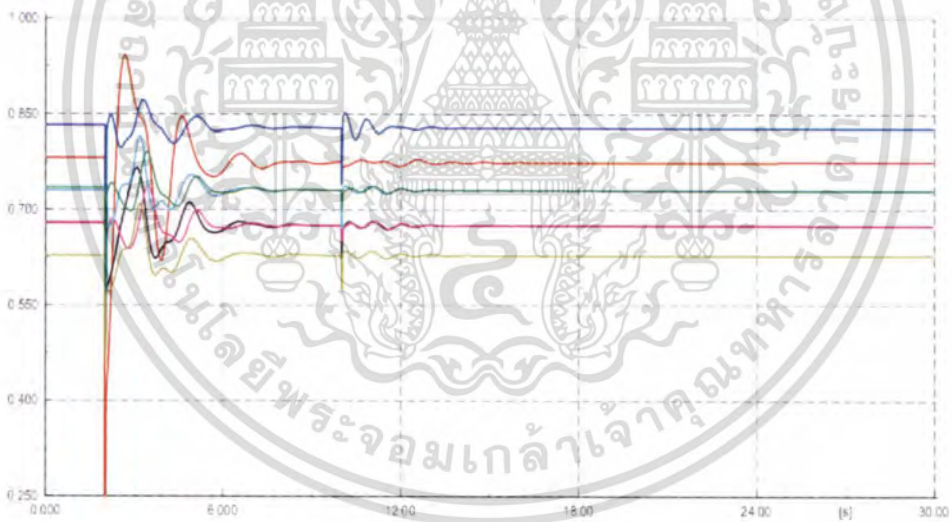
Electric Power (p.u.)



Time (s)

รูปที่ 4.123 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6726-6727) ภายใต้ระบบสถานะปกติ ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.1

Electric Power (p.u.)



Time (s)

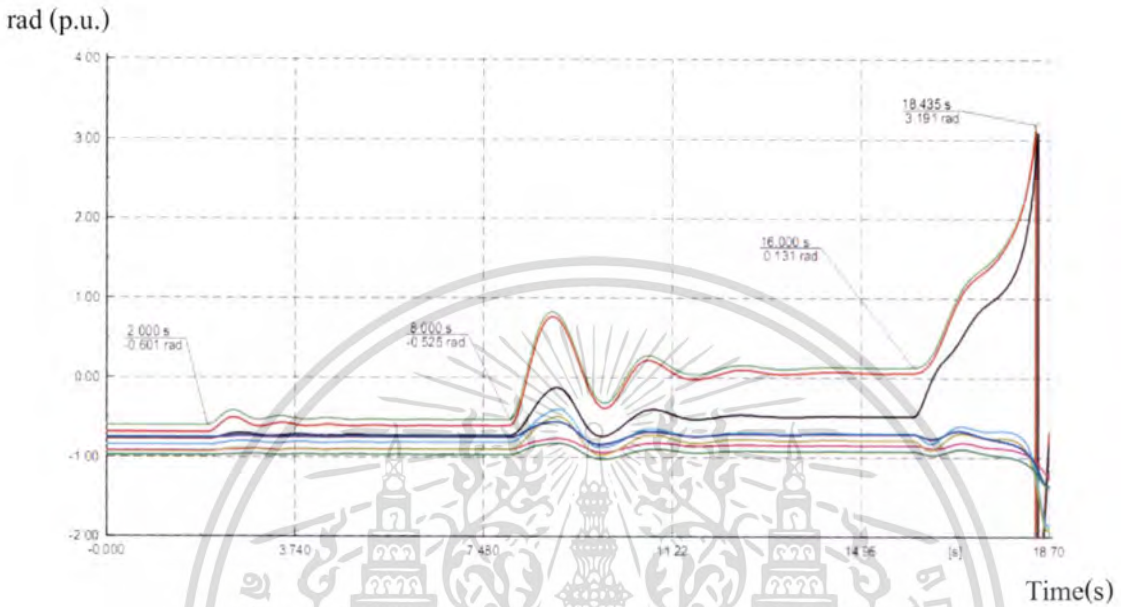
รูปที่ 4.124 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6726-6727) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

จากผลการจำลองจะพบว่า มีสายส่ง ระดับแรงดัน 230kV อยู่ 4 เส้น ถ้าถูกปลดออก ในสภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก จะส่งผลให้ระบบกำลังไฟฟ้าไม่เสถียรภาพ ซึ่งถือได้ว่าเป็นสายส่งที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงาน ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ความเสถียรภาพมุม โรเตอร์ของสายส่งทั้ง 4 เส้นนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.125 ถึง 4.132

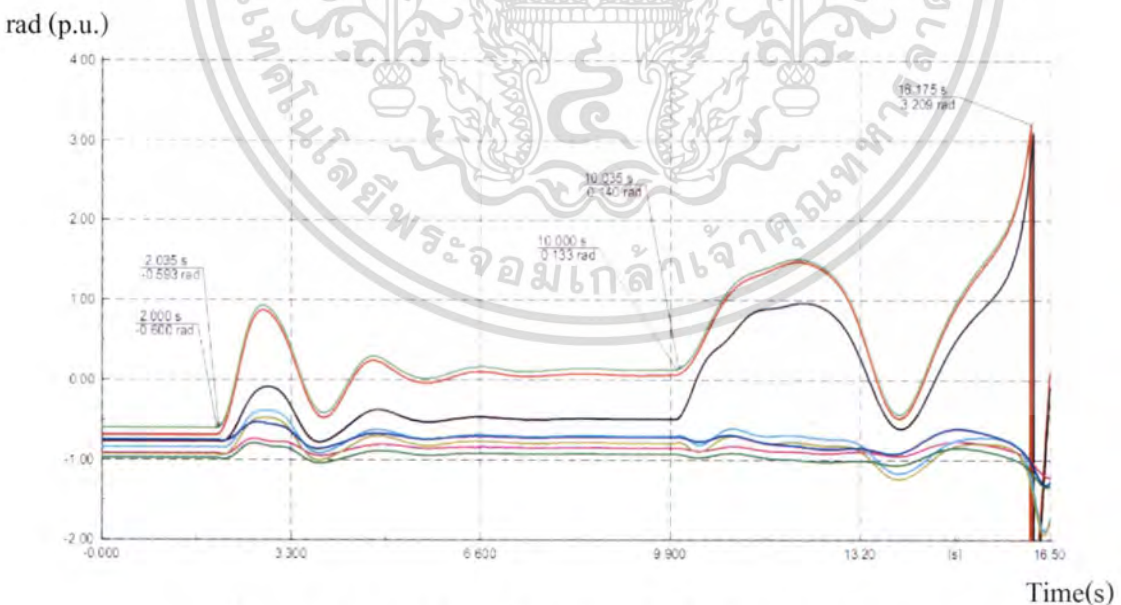
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการศึกษาเสถียรภาพมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากกรณีในระบบไม่เสถียรภาพ

กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN)



รูปที่ 4.125 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ขังสายส่ง (6800-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2



รูปที่ 4.126 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6800-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

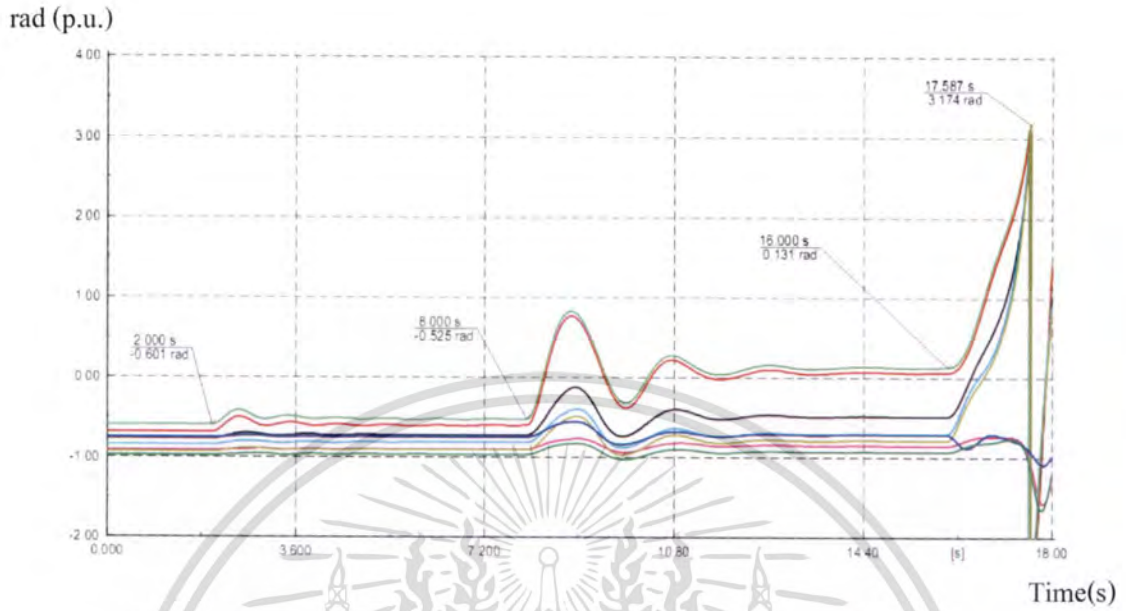
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.125 และ 4.126 แสดงผล ตอบสนองของมุม โรเตอร์ในสถานะทรานเซียนซ์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง ในกรณีที่สายส่ง หมายเลข 6800-6806 (AP_B-BWN) ถูกปลดออก ในสถานะที่ สายส่ง 500kV ในระบบถูกปลดออก ซึ่งพบว่าระบบเกิดความไม่เสถียรภาพซึ่งดูได้จาก กำลังไฟฟ้าด้านออก ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการแกว่ง ซึ่งในเวลาเดียวกันนั้นเมื่อเราทำการ วิเคราะห์ความเสถียรภาพ จากเสถียรภาพมุม โรเตอร์ จะพบว่า

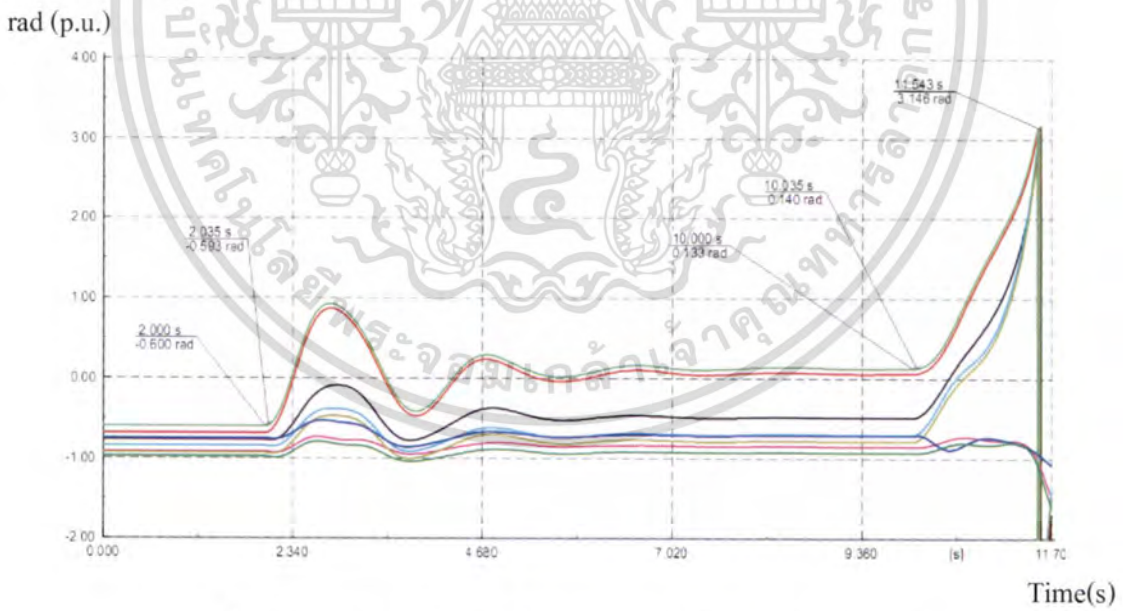
ในกรณีการสวิตช์ซึ่งสายส่งนั้น ในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะ เห็นได้ว่า มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามุม โรเตอร์ นั้นยังสามารถกลับคืนสู่สถานะคงตัวได้ ระบบยังมีความเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสถานะดังกล่าว นี้ ถ้าสายส่งหมายเลข 6800-6806 (AP_B-BWN) ถูกปลดออก จะเห็นได้ว่ามุมโรเตอร์ของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111, 6112, 6107 และ 6108 มีค่าสูงขึ้นจนถึงค่า มุมโรเตอร์ค่าหนึ่งซึ่งทำให้ ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.191 rad ที่เวลา 18.435 วินาที เมื่อ เทียบเวลาจาก สายส่งหมายเลข 6800-6806 (AP_B-BWN) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 2.435 วินาที

ในกรณีเกิดการลัดวงจรในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะเห็นได้ว่า มุม โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามุม โรเตอร์นั้นยัง สามารถกลับคืนสู่สถานะคงตัวได้ ระบบก็ยังมีเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสถานะดังกล่าวนี้ ถ้า สายส่งหมายเลข 6800-6806 (AP_B-BWN) ถูกปลดออกจากการลัดวงจร จะเห็นได้ว่ามุมโรเตอร์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111, 6112, 6107 และ 6108 มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกันจนถึงค่า มุมโร เตอร์ค่าหนึ่งซึ่งทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.209 rad ที่เวลา 16.175 วินาที เมื่อเทียบเวลาจาก สายส่งหมายเลข 6800-6806 (AP_B-BWN) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 6.14 วินาที

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)



รูปที่ 4.127 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2



รูปที่ 4.128 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6802-6891) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

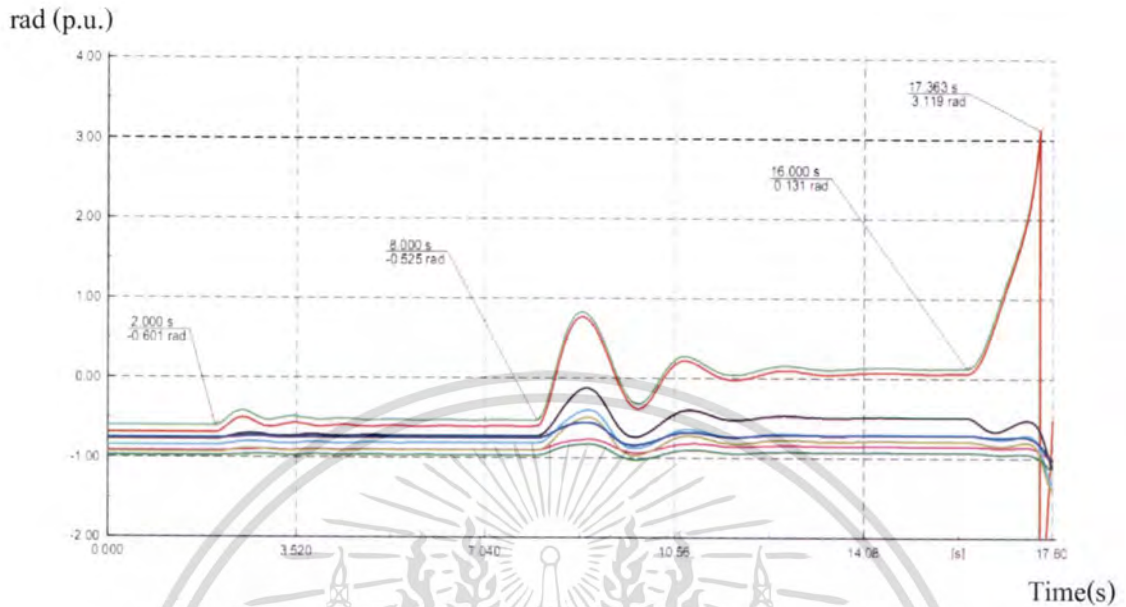
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.127 และ 4.128 แสดงผล ตอบสนองของมุมโรเตอร์ในสภาวะทรานเซียนส์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง ในกรณีที่สายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ถูกปลดออก ในสภาวะที่ สายส่ง 500kV ในระบบถูกปลดออก ซึ่งพบว่าระบบเกิดความไม่เสถียรภาพซึ่งดูได้จาก กำลังไฟฟ้าด้านออก ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการแกว่ง ซึ่งในเวลาเดียวกันนั้นเมื่อเราทำการ วิเคราะห์ความเสถียรภาพ จากเสถียรภาพมุมโรเตอร์ จะพบว่า

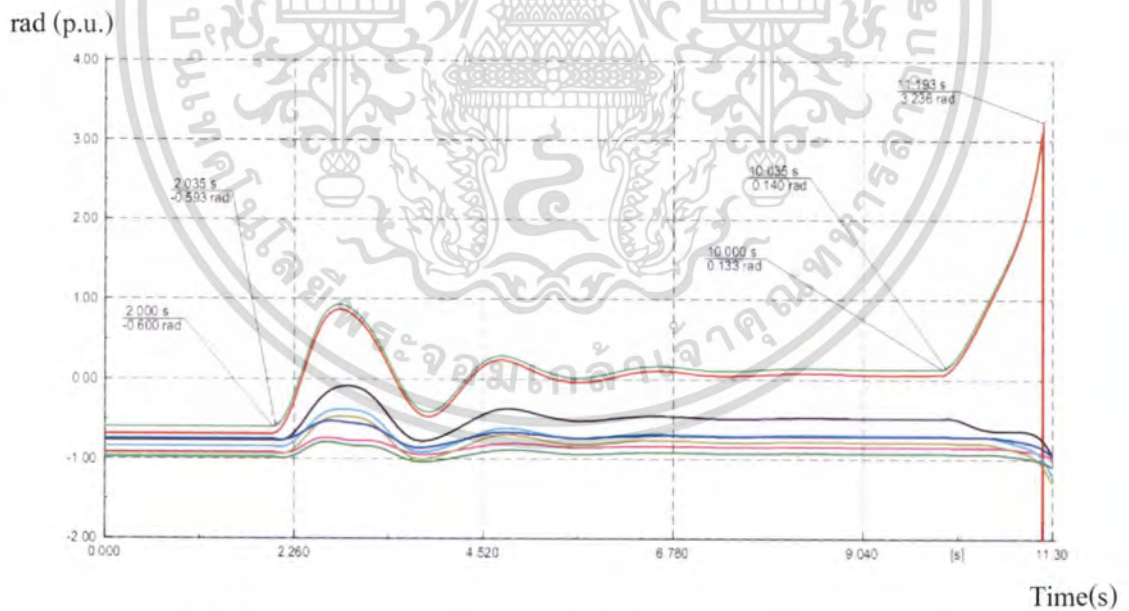
ในกรณีการสวิตช์ซึ่งสายส่งนั้น ในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะ เห็นได้ว่า มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามุมโรเตอร์ นั้นยังสามารถกลับคืนสู่สภาวะคงตัวได้ ระบบยังมีความเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสภาวะดังกล่าว นี้ ถ้าสายส่งหมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ถูกปลดออก จะเห็นได้ว่ามุม โรเตอร์ของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111, 6112, 6107, 6108, 6100, 6101 และ 6102 มีค่าสูงขึ้นจนถึงค่า มุมโร เตอร์ค่าหนึ่งซึ่งทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.174 rad ที่เวลา 17.587 วินาที เมื่อเทียบเวลาจาก สายส่งหมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 1.587 วินาที

ในกรณีเกิดการลัดวงจรในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะเห็นได้ว่า มุม โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามุม โรเตอร์นั้นยัง สามารถกลับคืนสู่สภาวะคงตัวได้ ระบบก็ยังมีเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสภาวะดังกล่าวนี้ ถ้า สายส่งหมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ถูกปลดออกจากการลัดวงจร จะเห็นได้ว่ามุมโรเตอร์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111, 6112, 6107, 6108, 6100, 6101 และ 6102 มีค่าสูงขึ้น เช่นเดียวกันจนถึงค่า มุมโรเตอร์ค่าหนึ่งซึ่งทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการ จำลองจะอยู่ที่ 3.146 rad ที่เวลา 11.543 วินาที เมื่อเทียบเวลาจาก สายส่งหมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 1.508 วินาที

กรณีศึกษาที่ 5. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)



รูปที่ 4.129 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีลัดวงจรสายส่ง (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2



รูปที่ 4.130 มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6807) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

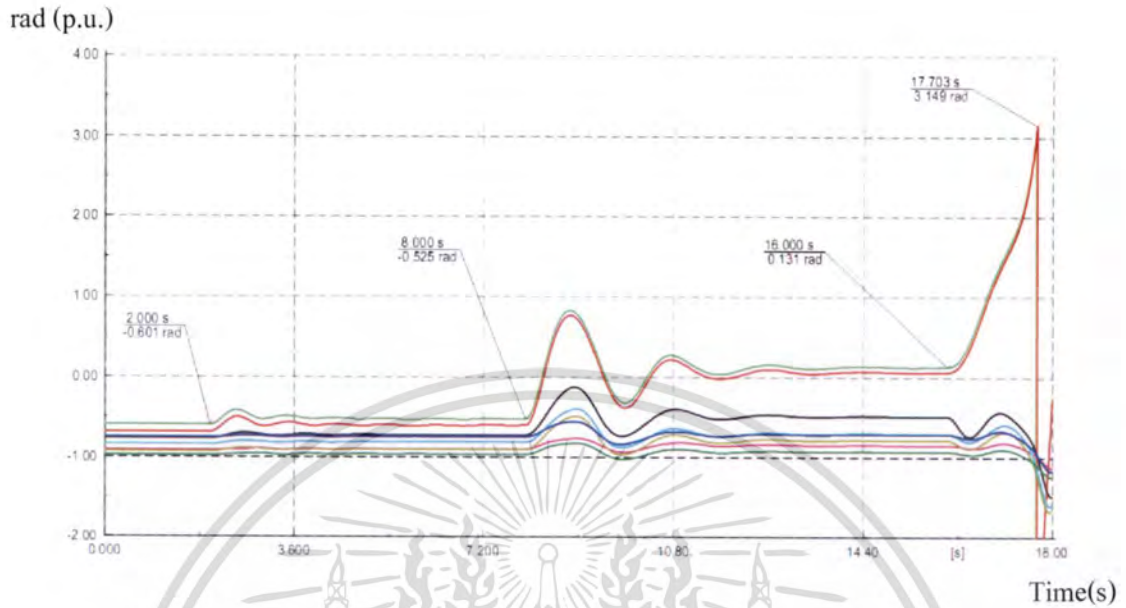
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.129 และ 4.130 แสดงผล ตอบสนองของมัมโรเตอร์ในสภาวะทรานเซียนส์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง ในกรณีที่สายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ถูกปลดออก ในสภาวะที่ สายส่ง 500kV ในระบบถูกปลดออก ซึ่งพบว่าระบบเกิดความไม่เสถียรภาพซึ่งดูได้จาก กำลังไฟฟ้าด้านออก ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการแกว่ง ซึ่งในเวลาเดียวกันนั้นเมื่อเราทำการ วิเคราะห์ความเสถียรภาพ จากเสถียรภาพมัมโรเตอร์ จะพบว่า

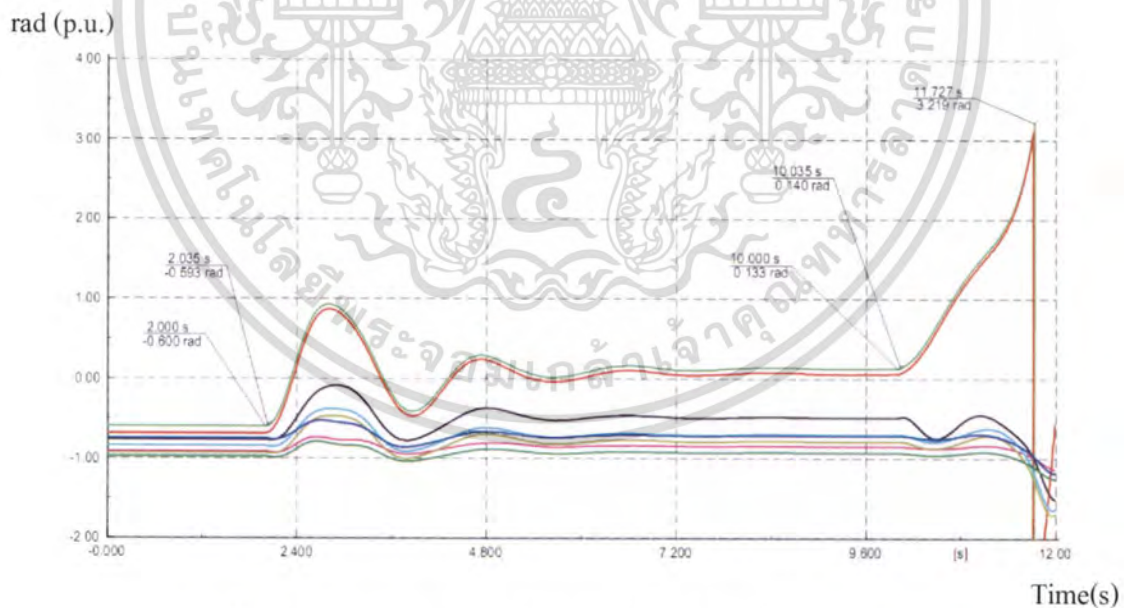
ในกรณีการสวิตช์ซึ่งสายส่งนั้น ในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะ เห็นได้ว่า มัมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามัมโรเตอร์ นั้นยังสามารถกลับคืนสู่สภาวะคงตัวได้ ระบบยังมีความเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสภาวะดังกล่าว นี้ ถ้าสายส่งหมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ถูกปลดออก จะเห็นได้ว่ามัมโรเตอร์ของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111 และ 6112 มีค่าสูงขึ้นจนถึงค่า มัมโรเตอร์ค่าหนึ่งซึ่งทำให้ระบบเกิด ความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.119 rad ที่เวลา 17.363 วินาที เมื่อเทียบเวลา จาก สายส่งหมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 1.363 วินาที

ในกรณีเกิดการลัดวงจรในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะเห็นได้ว่า มัมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามัมโรเตอร์นั้นยัง สามารถกลับคืนสู่สภาวะคงตัวได้ ระบบก็ยังมีเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสภาวะดังกล่าวนี้ ถ้า สายส่งหมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ถูกปลดออกจากการลัดวงจร จะเห็นได้ว่ามัมโรเตอร์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111 และ 6112 มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกันจนถึงค่า มัมโรเตอร์ค่าหนึ่งซึ่ง ทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.236 rad ที่เวลา 11.193 วินาที เมื่อเทียบเวลาจาก สายส่งหมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 1.158 วินาที

กรณีศึกษาที่ 6. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)



รูปที่ 4.131 มุม โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.2.2



รูปที่ 4.132 มุม โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีเกิดการลัดวงจร (6803-6806) ภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ตามเงื่อนไขที่ 4.3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.131 และ 4.132 แสดงผล ตอบสนองของมุม โรเตอร์ในสภาวะทรานเซียนส์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง ในกรณีที่สายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ถูกปลด ออกในสภาวะที่ สายส่ง 500kV ในระบบถูกปลดออก ซึ่งพบว่าระบบเกิดความไม่เสถียรภาพซึ่งดู ได้จากกำลังไฟฟ้าด้านออก ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการแกว่ง ซึ่งในเวลาเดียวกันนั้นเมื่อเราทำ การวิเคราะห์ความเสถียรภาพ จากเสถียรภาพมุม โรเตอร์ จะพบว่า

ในกรณีการสวิทช์ซึ่งสายส่งนั้น ในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะ เห็นได้ว่า มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามุมโรเตอร์ นั้นยังสามารถกลับคืนสู่สภาวะคงตัวได้ ระบบยังมีความเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสภาวะดังกล่าว นี้ ถ้าสายส่งหมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ถูกปลดออก จะเห็นได้ว่ามุม โรเตอร์ของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111 และ 6112 มีค่าสูงขึ้นจนถึงค่า มุมโรเตอร์ค่าหนึ่งซึ่งทำให้ระบบเกิด ความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.149 rad ที่เวลา 17.703 วินาที เมื่อเทียบเวลา จาก สายส่งหมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 1.703 วินาที

ในกรณีเกิดการลัดวงจรในช่วงเวลาที่ สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ทั้งสองเส้นจะเห็นได้ว่า มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องมีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่ามุม โรเตอร์นั้นยัง สามารถกลับคืนสู่สภาวะคงตัวได้ ระบบก็ยังมีความเสถียรภาพอยู่ แต่ระบบในสภาวะดังกล่าวนี้ ถ้า สายส่งหมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ถูกปลดออกจากการลัดวงจร จะเห็นได้ว่ามุมโรเตอร์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 6111 และ 6112 มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกันจนถึงค่า มุมโรเตอร์ค่าหนึ่งซึ่ง ทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ โดยจากผลการจำลองจะอยู่ที่ 3.219 rad ที่เวลา 11.727 วินาที เมื่อเทียบเวลาจาก สายส่งหมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ถูกปลดออก เวลาอยู่ที่ 1.692 วินาที

จากผลการจำลองวิเคราะห์ทางด้าน มุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเสถียรภาพมุมโรเตอร์

Effect to Gen.Number	6800-6806		6802-6891		6803-6807		6803-6806	
	Switching	3Phase F	Switching	3Phase F	Switching	3Phase F	Switching	3Phase F
6111	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6112	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6107	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
6108	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
6104	X	X	✓	✓	X	X	X	X
6100	X	X	✓	✓	X	X	X	X
6101	X	X	✓	✓	X	X	X	X
6102	X	X	✓	✓	X	X	X	X
6001	X	X	X	X	X	X	X	X
6003	X	X	X	X	X	X	X	X
6004	X	X	X	X	X	X	X	X
Critical time	2.435 s	6.140 s	1.587 s	1.508 s	1.368 s	1.158 s	1.703 s	1.692 s

จากตารางที่ 4.14 แสดงผลสรุปของการวิเคราะห์ทางด้านเสถียรภาพมุมโรเตอร์ โดยแสดงให้เห็นผลกระทบต่อความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง ซึ่งทำให้ทราบถึงจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบ และทำให้ระบบไม่เสถียรภาพจากผลการถูกปลดของสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV ภายใต้สภาวะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น ในแต่ละกรณี ซึ่งประกอบด้วย กรณีทำการสวิตช์ซึ่ง สายส่ง และ กรณีเกิดการลัดวงจร

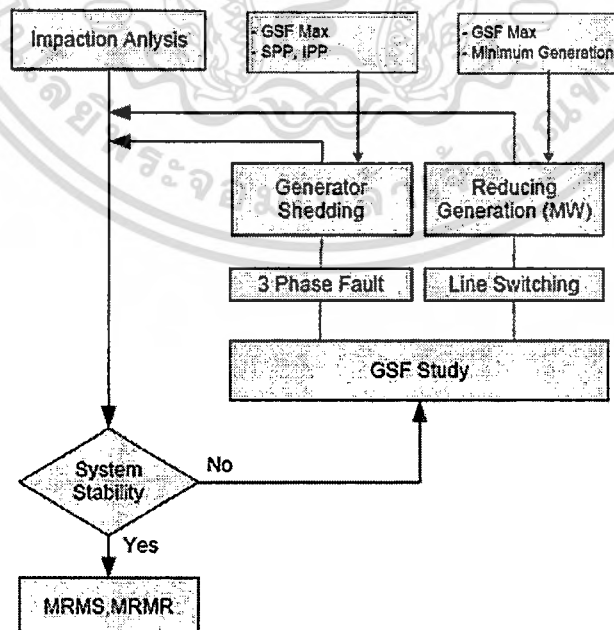
จากการศึกษาพบว่าภายใต้สภาวะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น ถ้าสายส่งหมายเลข 6802-6891 ถูกปลดออก จะส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากที่สุด โดยดูได้จากจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบ ดังนั้นจากผลกระทบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบในสภาวะคงตัว หรือผลกระทบในสภาวะทรานเซียนส์ และไม่ว่าจะเป็นกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสอง หรือ สายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV ภายใต้สภาวะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น ก็ตาม ย่อมส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า และอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบกำลังไฟฟ้าให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้น การศึกษาแนวทางการแก้ไข ป้องกัน หรือจำกัดขอบเขตของปัญหา เพื่อที่จะนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปรกตินับเป็นสิ่งสำคัญ และถือได้ว่าเป็นการยกระดับความเสถียรภาพของระบบอีกทางหนึ่ง ซึ่ง แนวทางแก้ไข และป้องกัน ได้แสดงผลการศึกษาไว้ในบทที่ 5

บทที่ 5

ข้อเสนอแนะวิธีการป้องกันพิเศษ

5.1 การทำงานการวิเคราะห์ของระบบการป้องกันพิเศษ

จากบทที่ 4 ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อความเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก ซึ่งได้ศึกษาทั้งในสภาวะคงตัวและสภาวะ ทรานเซียนส์ ดังนั้นในบทนี้จะทำการศึกษาแบบแผนของระบบการป้องกันพิเศษเพื่อป้องกันและนําระบบกำลังไฟฟ้ากลับคืนสู่สภาวะปกติ ซึ่งกำหนดเป็นแผนการป้องกันระยะสั้น โดยระบบการป้องกันพิเศษนี้ได้เลือกใช้วิธีการลดกำลังการผลิต ในการป้องกันสายส่งที่รับภาระโหลดเกินขอบเขตดังแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งมีสายส่งที่ได้รับภาระโหลดเกิน 100 เปอร์เซ็นต์อยู่จำนวน 6 เส้นด้วยกัน และได้เลือกใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการรักษาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลจากผลในการศึกษาแพดเตอร์ของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าในสายส่ง (GSF: Generation shift factor) ซึ่งทำให้สามารถเลือกลดกำลังการผลิตหรือปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อระบบได้ถูกต้องและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ลดลงให้น้อยที่สุด (MRMR: Minimum Required MW Reducing) หรือปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมีจำนวนน้อยที่สุด (MRMS: Minimum Required MW Shedding) ซึ่งในการศึกษาสำหรับการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) และกลุ่มโรงไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายย่อย (SPP) ซึ่งสามารถแสดงแนวทางการแก้ไขและป้องกันได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนผังการทำงานการวิเคราะห์ของระบบการป้องกันพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อผู้ยูเอชเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

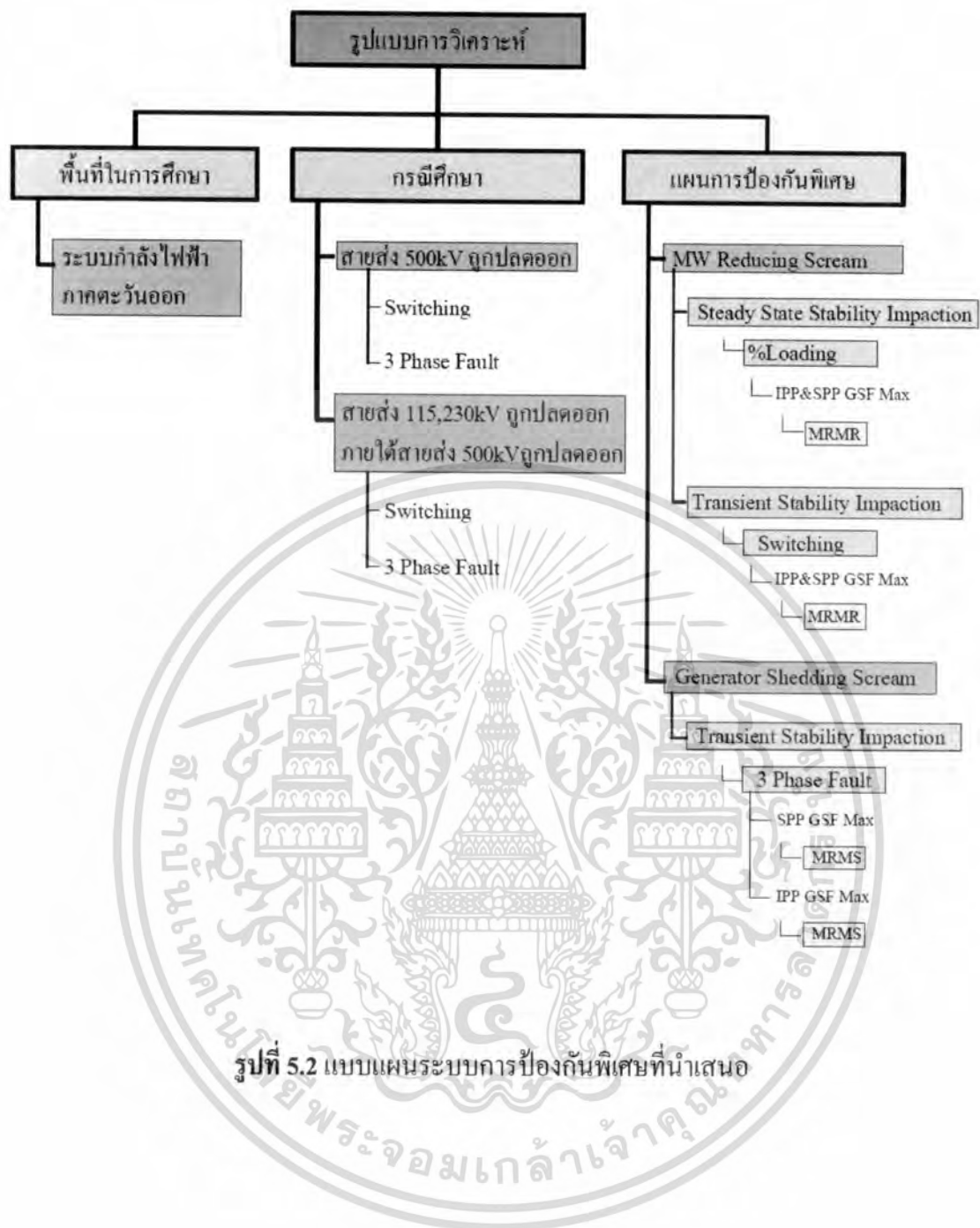
จากรูปที่ 5.1 แสดงแบบแผนของระบบการป้องกันพิเศษจะทำการตรวจสอบผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าก่อนว่าระบบนั้นมีความเสถียรภาพหรือไม่ ถ้าหากระบบยังไม่เสถียรภาพก็จะทำการศึกษาแพ็คเกจของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าในสายส่ง โดยเฉพาะสายส่งที่ถูกปลดออก แล้วส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพในสถานะทรานเซียนส์ จากผลการศึกษาการตอบ สนองกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่อง ซึ่งจากผลการจำลองในบทที่ 4 พบว่าระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก สายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV จะได้รับภาระโหลดเพิ่มขึ้น ซึ่งการได้รับภาระ โหลดเพิ่มขึ้นดังกล่าว ทำให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่งเกิดขึ้น ซึ่งดูได้จากการที่ สายส่งได้รับภาระ โหลดเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อสายส่งที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงานในระบบถูกปลดออก ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าในระบบเกิดการแกว่งซึ่งดูได้จาก ผลการจำลองในสถานะทรานเซียนส์ ซึ่งมีสายส่งอยู่ 4 เส้น ถ้าถูกปลดออกภายใต้สภาวะดังกล่าวเส้นใดเส้นหนึ่งนั้นจะทำให้ระบบไม่เสถียรภาพ การแก้ปัญหาดังกล่าว สำหรับกรณีผลกระทบจาก การลัดวงจร จะเลือกใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากเป็นเหตุการณ์หรือสภาวะที่ไม่สามารถทราบล่วงหน้าและเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดได้ ซึ่งถ้าใช้วิธีการ การลดกำลังการผลิตจะติดปัญหาในเรื่องของ เวลาในลดกำลังไฟฟ้าของแต่ละเครื่อง (Loading Rate) ส่วนกรณีผลกระทบจาก การสวิตช์ซึ่งสายส่ง จะเลือกใช้วิธี การลดกำลังการผลิต เนื่องจากการสวิตช์ซึ่งสายส่ง มีแบบแผนทำให้ทราบล่วงหน้า ซึ่งการแก้ไขนั้นจะทำการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นนั้นลงก่อนมีการสวิตช์ซึ่ง และวิธีการดังกล่าวได้นำมาใช้ในการลดการรับภาระ โหลดของสายส่ง ซึ่งการลดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น จะไม่ต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายได้ (Minimum Generation) ซึ่งแผนการป้องกันพิเศษ ได้แบ่งหัวข้อในการศึกษาการป้องกันได้ดังนี้

1. การแก้ไขปัญหาการรับภาระ โหลดเกินของสายส่งในสถานะคงตัวจากระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก

2. การแก้ไขปัญหาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนส์ จากผลกระทบของการปลดสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ภายใต้สายส่ง 500kV ถูกปลดออกและหลังจากระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนส์กลับคืนสู่สถานะคงตัว ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อระบบในสถานะคงตัวโดยมีหัวข้อดังนี้

1. ทำการศึกษาผลกระทบในสถานะคงตั้งของระบบกำลังไฟฟ้าหลังที่แก้ไขปัญหาความเสถียรภาพของระบบในสถานะคงตัว

2. และแก้ไขปัญหาจากผลกระทบดังกล่าวเพื่อให้ระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติในสถานะคงตัวโดยรูปแบบการวิเคราะห์ที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการศึกษาการแก้ไข้ปัญหา

5.2.1 การแก้ไข้ปัญหาการรับภาระโหลดเกินของสายส่งในสถานะคงตัวจากระบบกำลังไฟฟ้าใน สถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก

จากผลกระทบในสถานะคงตัว ในกรณีที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก ได้ส่งผลกระทบต่อสายส่ง 230kV และ 115kV จากการได้รับภาระโหลดเพิ่มขึ้นซึ่งมี สายส่งอยู่ 6 สายส่งที่ได้รับภาระโหลด (%Loading) เกิน 100% ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ดังนั้นการแก้ไข้ปัญหาได้ใช้วิธีการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลง ซึ่งการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้เลือกลดเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่งเส้นที่ได้รับภาระโหลดสูงสุด คือสายส่งหมายเลข 6800-6804 (AP_B-RY2) ซึ่งการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะใช้ข้อมูลจากการศึกษาแพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งเส้นดังกล่าว ซึ่งการลดกำลังการผลิตจะลดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่า แพคเตอร์กำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งสูงสุด (GSF_Max) ไปต่ำสุด แต่กำลังไฟฟ้าที่ลดลงของแต่ละเครื่องจะไม่ต่ำกว่าค่ากำลังการผลิตต่ำสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการศึกษาแพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (GSF: Generation Shift Factor) ทำให้สามารถรู้ถึง แพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งเส้นนั้นมีกำลังไฟฟ้ามาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดบ้าง และด้วยปริมาณค่าแพคเตอร์เท่าใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลนี้ในการศึกษาเพื่อแก้ไข้ปัญหา หรือ บรรเทา และจำกัดขอบเขตของปัญหา จากผลกระทบที่เกิดขึ้น

ในกรณีที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออกนั้นจะพบว่าสายส่ง หมายเลข 6800-6804 ซึ่งเป็นสายส่งที่เชื่อมต่อสถานีย่อย อ่าวไผ่บี (AP_B) กับสถานีย่อยระยองสอง (RY2) โดยเปอร์เซ็นต์โหลดของสายส่งเพิ่มขึ้นสูงถึง 199.01% ดังนั้นได้ทำการศึกษาแพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งเส้นนี้ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง 6800-6804 (AP_B-RY2)

No	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	G.MW	GSF	Min MW	Max MW
1	6028	KRD-H1	0.393	6	2.358	2.4	6.1
2	6041	RY2-C10	0.433	82.5	35.7225	40.8	102
3	6042	RY2-C20	0.432	82.5	35.64	40.8	102
4	6043	RY2-C30	0.432	82.5	35.64	40.8	102
5	6044	RY2-C40	0.432	82.5	35.64	40.8	102
6	6051	RY2-C11	0.432	82.5	35.64	41.2	103
7	6052	RY2-C12	0.432	82.5	35.64	41.2	103
8	6053	RY2-C21	0.432	82.5	35.64	41.2	103
9	6054	RY2-C22	0.432	82.5	35.64	41.2	103

ตารางที่ 5.1 แฟลคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง 6800-6804 (ต่อ)

No	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	G.MW	GSF	Min MW	Max MW
10	6055	RY2-C31	0.432	82.5	35.64	41.2	103
11	6056	RY2-C32	0.432	82.5	35.64	41.2	103
12	6057	RY2-C41	0.432	82.5	35.64	41.2	103
13	6058	RY2-C42	0.432	82.5	35.64	41.2	103
14	6107	BWN-CC1	0.129	340	43.86	210	356.5
15	6108	BWN-CC2	0.129	340	43.86	210	356.5
16	6111	BLCP-T1	0.402	660	265.32	300	717
17	6112	BLCP-T2	0.402	660	265.32	300	717
18	16031	COCO-C10	0.335	30	10.05	20	50
19	16032	COCO-C11	0.336	20	6.72	14	35
20	16033	COCO-C12	0.336	20	6.72	14	35
21	16034	COCO-C13	0.336	20	6.72	14	35
22	16035	COCO-C20	0.336	30	10.08	20	50
23	16036	COCO-C21	0.336	20	6.72	14	35
24	16037	COCO-C22	0.336	20	6.72	14	35
25	16038	COCO-C23	0.336	20	6.72	14	35
26	16065	TTP-P1	0.329	10	3.29	21.8	54.4
27	16066	IP1-P1	0.329	55	18.095	29.8	74.4
28	16067	IP2-P1	0.329	55	18.095	29.8	74.4
29	16083	TNP-C11	0.111	30	3.33	15	40
30	16084	TNP-C12	0.111	30	3.33	15	40
31	16085	TNP-C10	0.111	30	3.33	15	40
32	16087	TCG1-S1C	0.334	90	30.06	60.8	152
33	16088	TCG2-S2C	0.334	90	30.06	60.8	152
34	16090	MTP1-G1A	0.332	30	9.96	14	35
35	16091	MTP1-G1B	0.332	30	9.96	14	35
36	16092	MTP2-G2A	0.332	30	9.96	14	35
37	16093	MTP2-G2B	0.332	30	9.96	14	35
38	16151	BCC-P1	0.33	45	14.85	30	90
39	16152	BCC-P2	0.33	45	14.85	30	75
40	16161	NPC-C11	0.33	10	3.3	10	30
41	16162	NPC-C12	0.33	10	3.3	5	25
42	16163	NPC-C13	0.33	10	3.3	5	25
43	16164	NPC-C14	0.33	20	6.6	5	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

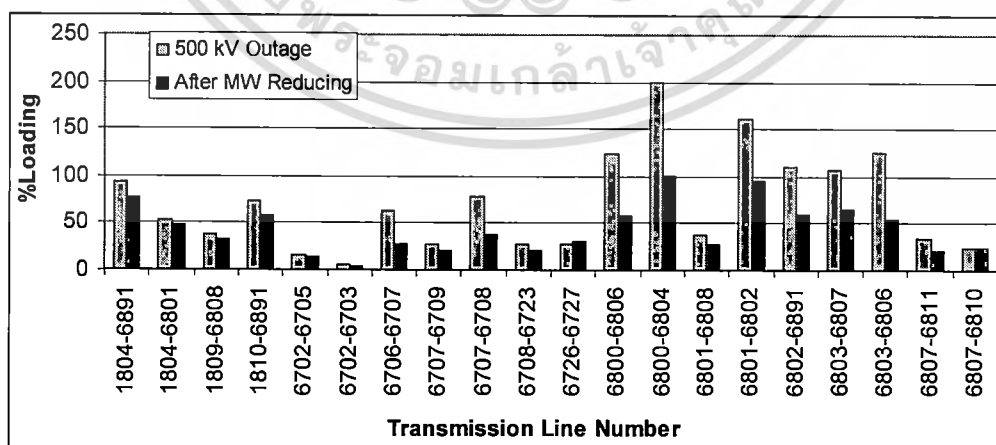
ตารางที่ 5.1 แพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง 6800-6804 (ต่อ)

No	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	G.MW	GSF	Min MW	Max MW
45	16166	NPC-C15	0.33	20	6.6	10	30
46	16167	NPC-C16	0.33	32	10.56	10	30
47	16170	TLP-C11	0.335	21	7.035	20	50
48	16171	TLP-C12	0.335	21	7.035	20	50
49	16172	TLP-C10	0.335	18	6.03	16	40
50	26111	RYRE-G1	0.329	10	3.29	8	20
51	26112	RYRE-G2	0.329	10	3.29	8	20
52	26113	RYRE-G3	0.329	10	3.29	8	20
53	26114	RYRE-G4	0.329	10	3.29	8	20
54	26115	RYRE-G5	0.329	10	3.29	8	20
55	26141	SPRC-G1	0.331	10	3.31	6	15
56	26142	SPRC-G2	0.331	10	3.31	6	15
57	26143	SPRC-G3	0.331	10	3.31	6	15
58	26181	TPI-P1	0.35	12	4.2	10	27
59	26182	TPI-P2	0.35	12	4.2	10	27
60	26183	TPI-P3	0.35	30	10.5	20	54
61	26184	TPI-P4	0.35	20	7	10	35

จากตารางที่ 5.1 พบว่ามีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีผลต่อสายส่งหมายเลข 6800-6804 (AP_B-RY2) จำนวน 61 เครื่องซึ่งคำนวณในขณะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออกและถ้าแบ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามกลุ่มโรงไฟฟ้าในกลุ่มของผู้ผลิตรายใหญ่และผู้ผลิตรายย่อย จะสามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้ กลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ ที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 90 MW มีอยู่ 4 เครื่อง, กลุ่มผู้ผลิตรายย่อย ที่มีกำลังการผลิตน้อยกว่า 90 MW มีอยู่ 56 เครื่อง, เขื่อน มีอยู่ 1 เครื่อง และจากตารางที่ 5.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การรับโหลดและกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง หลังจากทีลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การรับภาระโหลดของสายส่งนั้นลดลงสู่ในสภาวะปกติ โดยได้ทำการลดกำลังการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1227.8 MW ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 6111-6112 BLCP, 6107-6108 BWN และ 6051-6056 RY2 จะพบว่าสายส่งที่ได้รับภาระโหลดสูงสุด ลดเหลืออยู่ที่ประมาณ 100% ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 5.3 โดยได้แสดงกราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรับโหลดของสายส่งดังนั้นจึงถือได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงนั้นเป็นกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการ (MRMR: Minimum Required MW Reducing)

ตารางที่ 5.2 เปร็รเห็นต์การรับ โหลดของสายส่งหลังลดกำลังการผลิตกรณีสายส่ง 500kV ถูกปลด

No.	Line LODF Records			500KV line outage 2 Line		After MW Reducing	
	Number	From Name	To Name	% Loading	Power flow	% Loading	Power flow
1	1804-6891	BPL	BPK-B	92.38	873.56	76.43	732.28
2	1804-6801	BPL	BPK-A	52.96	503.8	48.09	461.77
3	1809-6808	RS	KLM	36.72	348.95	31.71	304.02
4	1810-6891	NCO	BPK-B	72.38	616.14	58.21	502.54
5	6702-6705	CC	BPK	15.24	19.43	13.26	16.17
6	6702-6703	CC	PA1	5.52	5.21	3.23	1.99
7	6706-6707	CB	SC	62.16	109.95	26.24	45.32
8	6707-6709	SC	AP	26.51	32.25	20.63	23.73
9	6707-6708	SC	BBG	76.99	89.04	36.89	41.25
10	6708-6723	BBG	BWN	27.2	96.87	20.2	72.67
11	6726-6727	PA2	SMP	26.21	94.66	30.83	112.29
12	6800-6806	AP-B	BWN	122.51	571.01	58.18	270.81
13	6800-6804	AP-B	RY2	199.01	943.13	99.72	465.81
14	6801-6808	BPK-A	KLM	36.52	346.68	27.02	259.22
15	6801-6802	BPK-A	AP	159.84	717.37	95.08	113.46
16	6802-6891	AP	BPK-B	109.98	512.12	59.23	279.56
17	6803-6807	RY2-B	BKI	105.8	500.61	63.75	547.27
18	6803-6806	RY2-B	BWN	124.16	1055.93	54.33	259.8
19	6807-6811	BKI	PDG	34.16	648.73	20.89	398.49
20	6807-6810	BKI	CT	24	99.95	23.05	96.2



รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรับ โหลดของสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การแก้ไขปัญหาเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนต์ จากกรณี

สายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก

จากผลการจำลองในบทที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ซึ่งพบว่า มีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV อยู่ 4 เส้น ถ้าถูกปลดออกภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก จะทำให้ระบบไม่เสถียรภาพ ดังนั้นได้ทำการศึกษาถึง แพลเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งทั้ง 4 เส้น โดยผลในการศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3

5.2.2.1 ผลการศึกษาแพลเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (GSF)

ตารางที่ 5.3 แพลเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (GSF) ที่ส่งผลกระทบ

No.	Name	APB-BWN		AP-BPK_B		RY2B_BWN		RY2B_BKI		MW
		Factor	GSF	Factor	GSF	Factor	GSF	Factor	GSF	
1	KRD-H1	0.248	1.488	0.204	1.224	0.292	1.752	0.343	2.058	6
2	RY2-C10	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
3	RY2-C20	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
4	RY2-C30	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
5	RY2-C40	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
6	RY2-C11	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
7	RY2-C12	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
8	RY2-C21	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
9	RY2-C22	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
10	RY2-C31	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
11	RY2-C32	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
12	RY2-C41	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
13	RY2-C42	0.221	18.2325	0.2	16.5	0.261	21.5325	0.512	42.24	82.5
14	IPT-C10			0.22	50.6					230
15	IPT-C11			0.22	49.5					225
16	IPT-C12			0.22	49.5					225
17	BWN-CC1	0.39	132.6	0.211	71.74					340
18	BWN-CC2	0.39	132.6	0.211	71.74					340
19	BSCP-T1	0.228	150.48	0.196	129.36	0.269	177.54	0.529	349.14	660
20	BSCP-T2	0.228	150.48	0.196	129.36	0.269	177.54	0.529	349.14	660
21	COCO-C10	0.271	8.13	0.202	6.06	0.319	9.57			30
22	COCO-C11	0.271	5.42	0.202	4.04	0.319	6.38			20
23	COCO-C12	0.271	5.42	0.202	4.04	0.319	6.38			20
24	COCO-C13	0.271	5.42	0.202	4.04	0.319	6.38			20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แฟกเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง (ต่อ)

No.	Name	APB-BWN		AP-BPK_B		RY2B_BWN		RY2B_BKI		MW
		Factor	GSF	Factor	GSF	Factor	GSF	Factor	GSF	
25	COCO-C20	0.271	8.13	0.202	6.06	0.319	9.57			30
26	COCO-C21	0.271	5.42	0.202	4.04	0.319	6.38			20
27	COCO-C22	0.271	5.42	0.202	4.04	0.319	6.38			20
28	COCO-C23	0.271	5.42	0.202	4.04	0.319	6.38			20
29	TTP-PI	0.275	2.75	0.202	2.02	0.323	3.23			10
30	IP1-PI	0.274	15.07	0.202	11.11	0.322	17.71			55
31	IP2-PI	0.274	15.07	0.202	11.11	0.322	17.71			55
32	TOP-PI			0.22	2.64	0.001	0.012			12
33	RYRE-G1	0.275	2.75	0.202	2.02	0.323	3.23			10
34	RYRE-G2	0.275	2.75	0.202	2.02	0.323	3.23			10
35	RYRE-G3	0.275	2.75	0.202	2.02	0.323	3.23			10
36	RYRE-G4	0.275	2.75	0.202	2.02	0.323	3.23			10
37	RYRE-G5	0.275	2.75	0.202	2.02	0.323	3.23			10
38	SPRC-G1	0.276	2.76	0.203	2.03	0.324	3.24			10
39	SPRC-G2	0.276	2.76	0.203	2.03	0.324	3.24			10
40	SPRC-G3	0.276	2.76	0.203	2.03	0.324	3.24			10
41	TPI-PI	0.282	3.384	0.21	2.52	0.331	3.972			12
42	TPI-P2	0.282	3.384	0.21	2.52	0.331	3.972			12
43	TPI-P3	0.282	8.46	0.21	6.3	0.331	9.93			30
44	TPI-P4	0.282	5.64	0.21	4.2	0.331	6.62			20

จากตารางที่ 5.3 ได้แสดงค่าแฟกเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งของแต่ละเส้น ซึ่งประกอบไปด้วยสายส่ง หมายเลข 6800-6806 (AP_B-RY2), 6802-6891 (AP-BPK_B), 6803-6807 (RY2_B-BKI), 6803-6806 (RY2_B-BWN) โดยได้แสดงให้เห็นกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีผลต่อการส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งแต่ละเส้น ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ฉุกเฉินซึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้แบ่งเป็นดังนี้

1. การแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ฉุกเฉิน การสวิตซ์ซิง ซึ่งจะใช้วิธีการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงมาก่อนทำการสวิตซ์ซิงสายส่ง
2. การแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ฉุกเฉิน การลัดวงจร แบบ 3 เฟสซึ่งจะใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยแบ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มดังนี้
 1. โรงไฟฟ้าในกลุ่ม ผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP: Independent Power Producer)
 2. โรงไฟฟ้าในกลุ่ม ผู้ผลิตรายย่อย (SPP: Small Power Producer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2.2 เงื่อนไขการจำลอง กรณีศึกษา การแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนส์กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง

ในการแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนส์กรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง ซึ่งใช้วิธีการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นั้นได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 55 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. ทำการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าแฟคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งสูงสุดตามลำดับ
2. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 17 วินาที
3. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 23 วินาที
4. กำหนดให้ สายส่ง 230 kV เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 30 วินาที

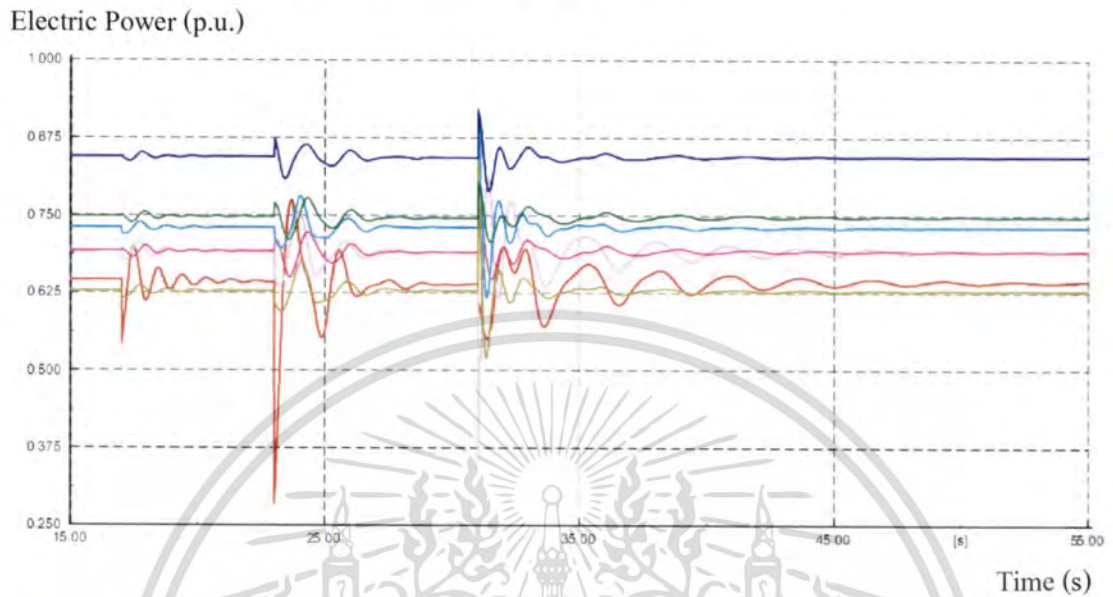
5.2.2.3 เงื่อนไขการจำลอง กรณีศึกษา การแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนส์กรณีสวิตช์การลัดวงจร แบบ 3 เฟส

ในการแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนส์กรณีสวิตช์การลัดวงจร แบบ 3 เฟส ซึ่งใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นั้นได้กำหนดเวลาในการปลดเครื่องที่ 5 ไมโครวินาที (0.1 วินาที) ซึ่งเป็นเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ ป้องกันที่ ระดับแรงดัน 115kV และ 230kV โดยในการจำลอง นั้นได้กำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 40 วินาที โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังนี้

1. กำหนดเกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 500 kV (PDG-WN) ทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2 วินาที
2. กำหนดเกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) ทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2 วินาที
3. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที
4. กำหนดให้ สายส่ง 500 kV (PDG-NCO) เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2.035 วินาที
5. กำหนดให้เกิดการลัดวงจรที่ สายส่ง 230 kV ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 10 วินาที
6. กำหนดให้ สายส่ง 230 kV เปิดวงจรทั้ง 3 เฟสที่เวลา 10.035 วินาที
7. กำหนดให้ ปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เวลา 10.135 วินาที

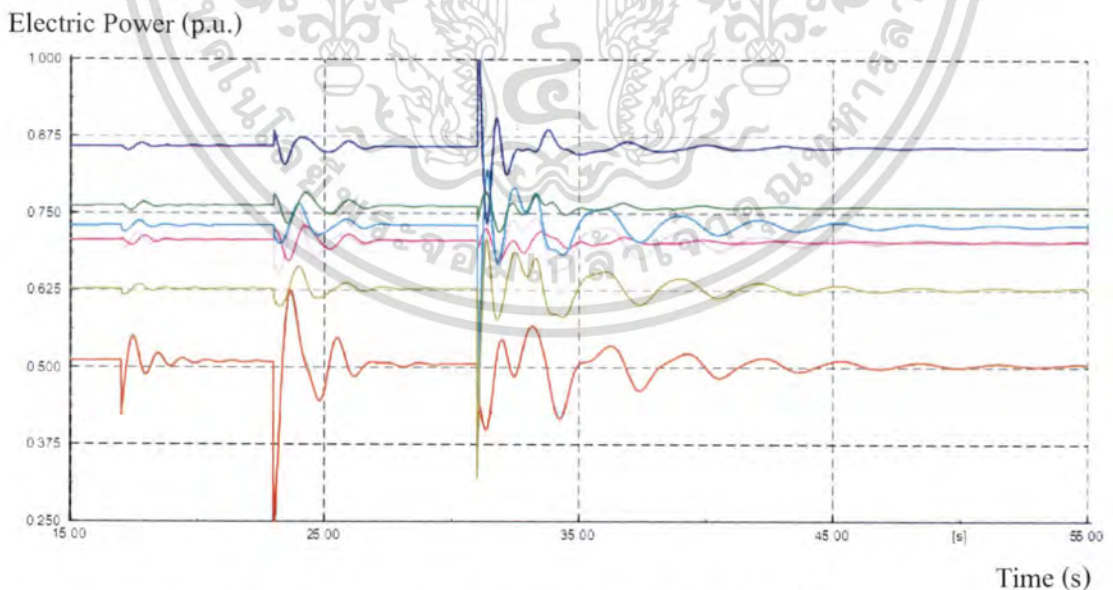
5.2.2.4 ผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาในสถานะทรานเซียนส์ กรณีการสวิตช์ซึ่ง

กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN)



รูปที่ 5.4 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6800-6806) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กรณีที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

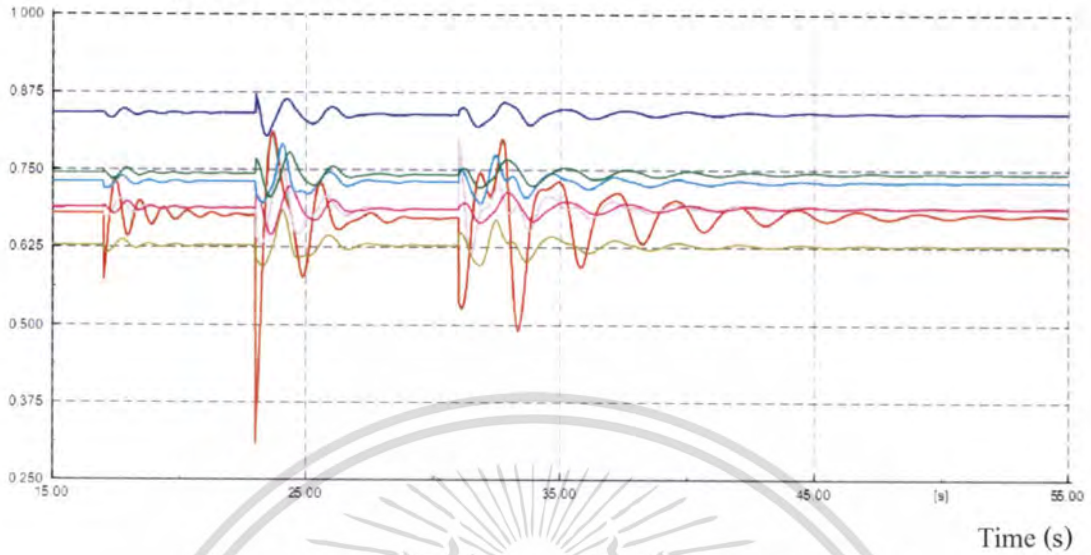


รูปที่ 5.5 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิตช์ซึ่งสายส่ง (6802-6891) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

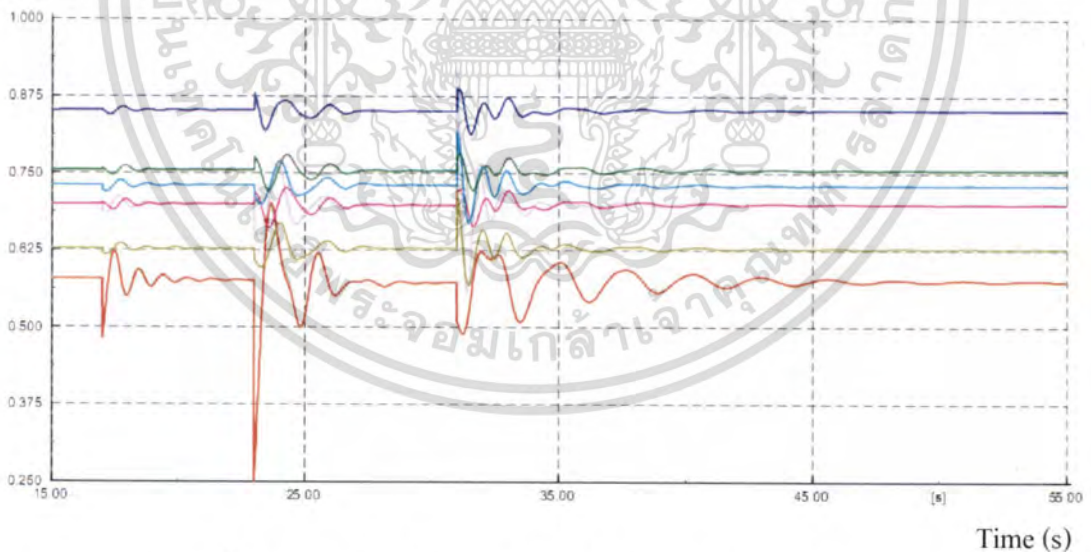
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 5.6 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิทช์ซึ่งสายส่ง (6803-6807) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Electric Power (p.u.)

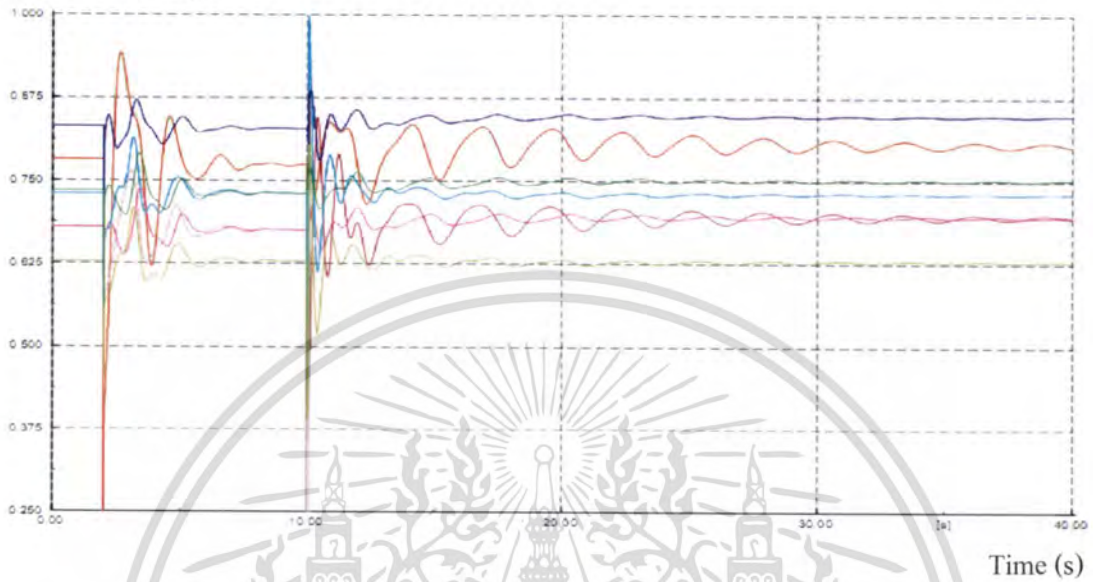


รูปที่ 5.7 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิทช์ซึ่งสายส่ง (6803-6806) หลังลดกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2.5 ผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาในระบบในสถานะทรานเซียนต์ กรณีการ
ลัดวงจร ด้วยการปลดโรงไฟฟ้ากลุ่ม IPP
กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

Electric Power (p.u.)

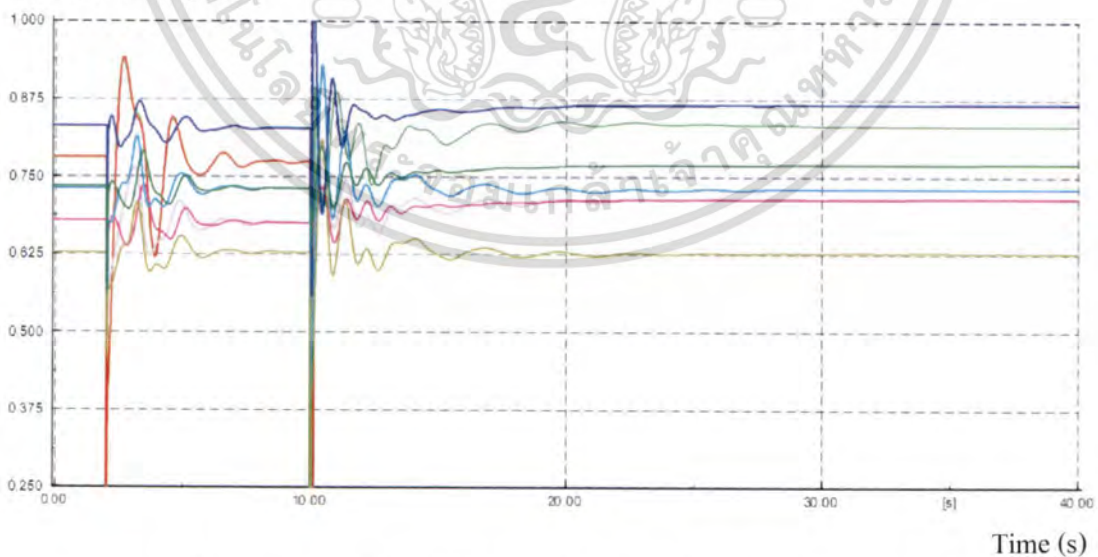


รูปที่ 5.8 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6800-6806)

หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

กรณีที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Electric Power (p.u.)



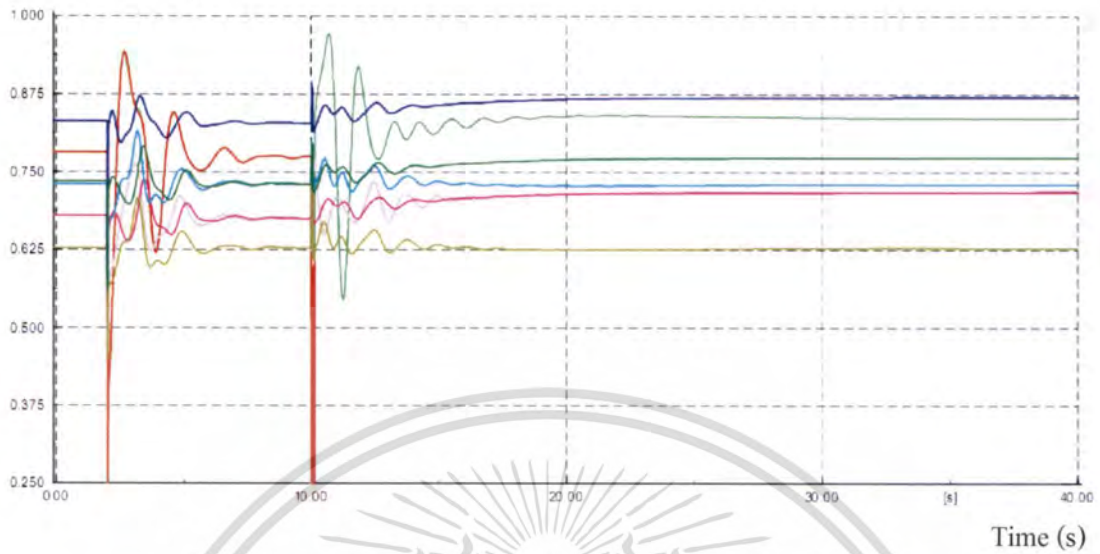
รูปที่ 5.9 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6802-6891)

หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

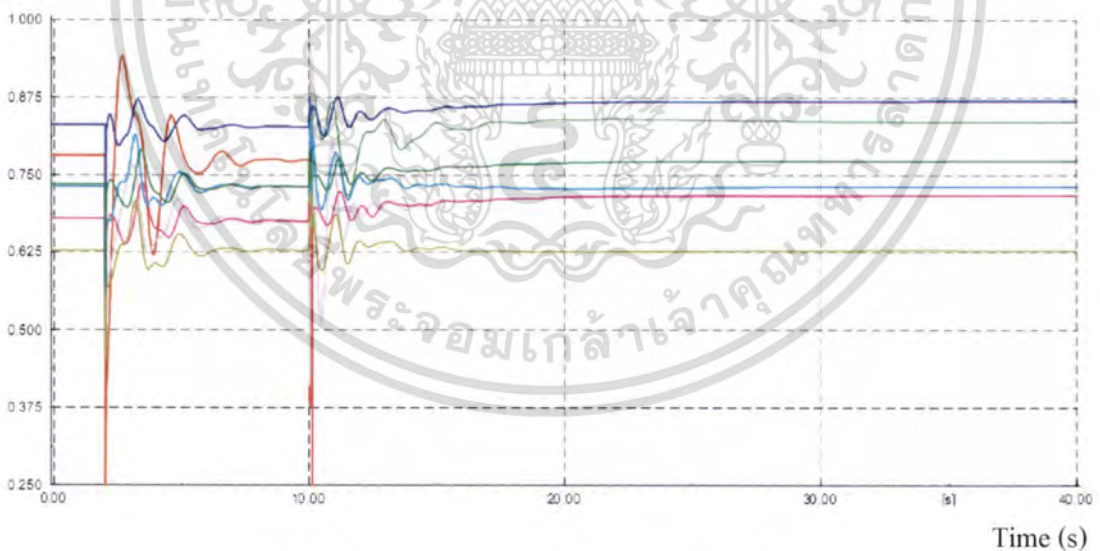
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 5.10 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6807)
หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Electric Power (p.u.)

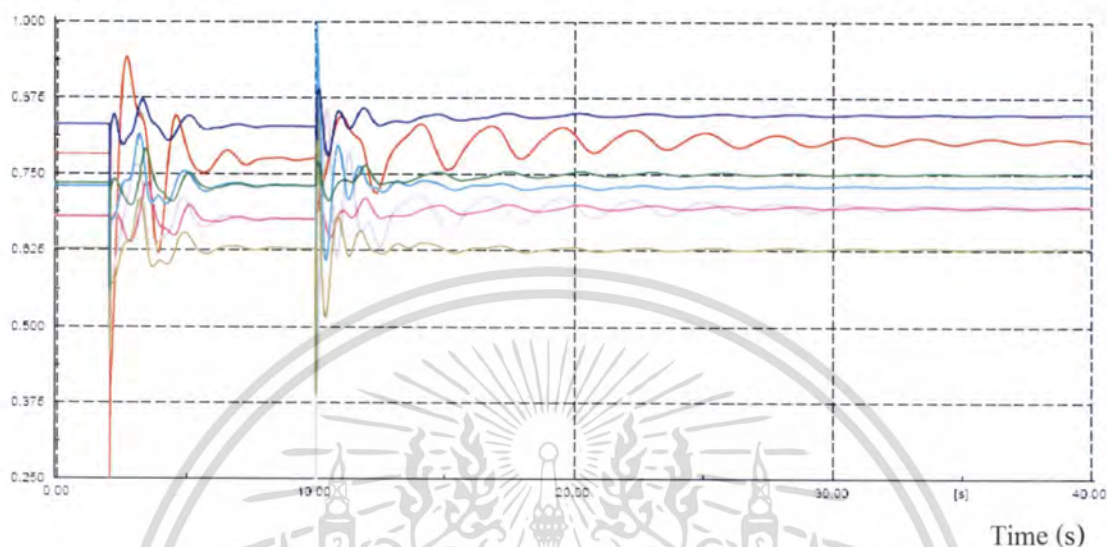


รูปที่ 5.11 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6806)
หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม IPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2.6 ผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาระบบในสถานะทรานเซียนต์ กรณี
 ลัดวงจรด้วยการปลด โรงไฟฟ้ากลุ่ม SPP
 กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

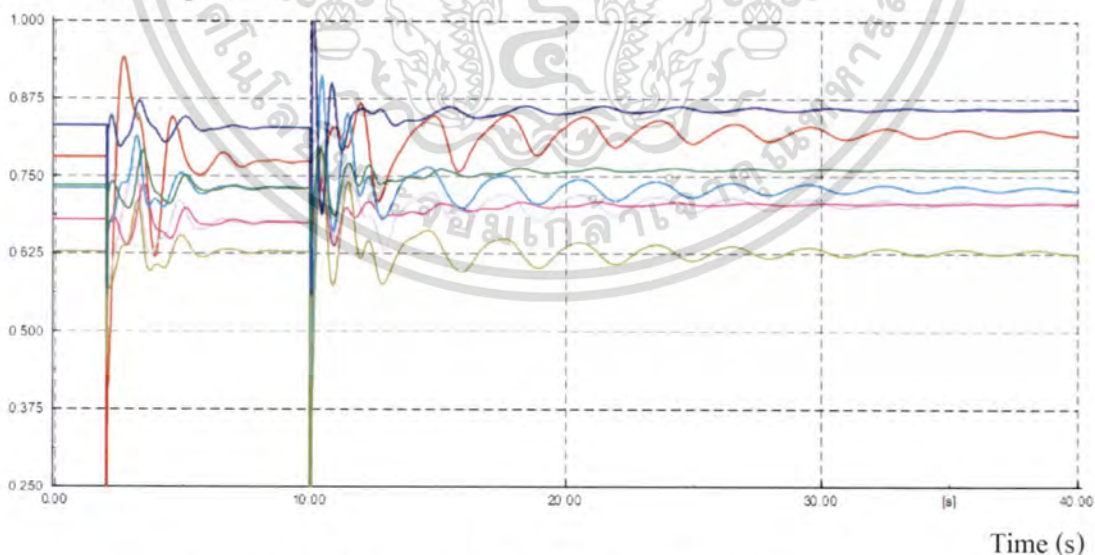
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 5.12 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6800-6806)
 หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

กรณีที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Electric Power (p.u.)

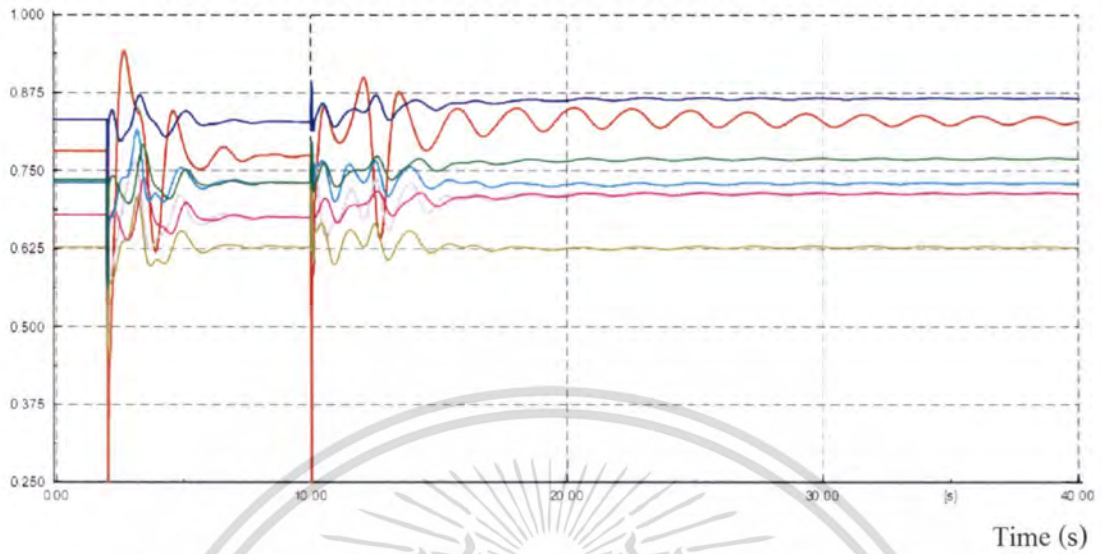


รูปที่ 5.13 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6802-6891)
 หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

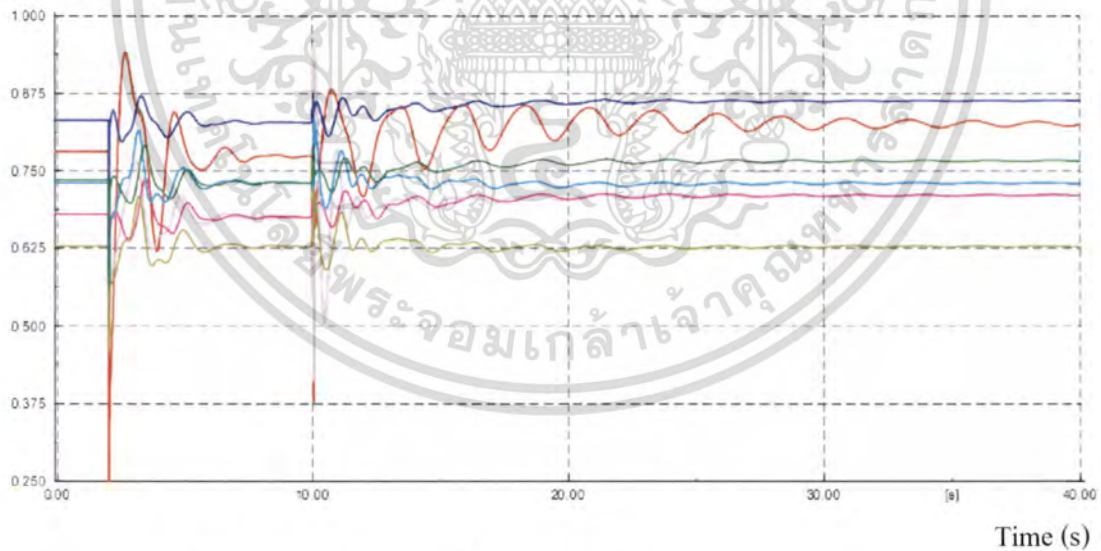
Electric Power (p.u.)



รูปที่ 5.14 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6807)
หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Electric Power (p.u.)



รูปที่ 5.15 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีการลัดวงจร (6803-6806)
หลังปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กลุ่ม SPP ตามเงื่อนไข 5.2.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาระบบในสถานะทรานเซียนส์ ซึ่งได้แก้ปัญหาจากผลกระทบทั้งในกรณีสวิทช์ซึ่ง, กรณีเกิดลัดวงจรแบบ 3 เฟสดังรูปที่ 5.4 – 5.15 ซึ่งพบว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้และสามารถนำระบบกลับสู่สถานะคงตัว ซึ่งปริมาณในการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำสุดเพื่อนำระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัว (MRMR) และปริมาณการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำสุดเพื่อนำระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัว (MRMS) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ปริมาณการลดกำลังไฟฟ้าและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำสุด

Transmission Line		Switching Line		3 Phase fault			
Name	Number	GSF(Max)	MRMR	Shedding(SPP)	MRMS	Shedding(IPP)	MRMS
APB-BWN	6800-6806	2	264	4	272.5	1	340
AP-BPKB	6802-6891	2	528	7	520	1	660
RY2B-BKI	6803-6807	2	198	8	660	1	660
RY2B-BWN	6803-6806	2	396	8	552	1	660

จากตารางที่ 5.4 เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองในการแก้ไขปัญหาระบบในสถานะทรานเซียนส์กรณี การลัดวงจร 3 เฟส ด้วยการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพบว่า การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายย่อย (SPP) ส่งผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) ซึ่งดูได้จาก ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ถูกปลดออกไปในส่วนของหมายเลขเครื่องที่ถูกกำลังไฟฟ้าและปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 หมายเลขเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกลดกำลังไฟฟ้าและปลดออกในระบบกำลังไฟฟ้า

APB-BWN(6800-6806)			AP-BPKB(6802-6891)			RY2B-BWN(6803-6807)			RY2B-BKI(6803-6806)		
Reducing	Shedding		Reducing	Shedding		Reducing	Shedding		Reducing	Shedding	
	IPP	SPP		IPP	SPP		IPP	SPP		IPP	SPP
6111	6107	16087	6111	6111	16087	6111	6111	6041	6111	6111	16087
6112	-	6051	6112	-	6051	6112	-	6042	6112	-	6051
-	-	6053	-	-	6053	-	-	6043	-	-	6053
-	-	6055	-	-	6055	-	-	6044	-	-	6055
-	-	-	-	-	6057	-	-	6051	-	-	6057
-	-	-	-	-	16066	-	-	6053	-	-	16066
-	-	-	-	-	16151	-	-	6055	-	-	16151
-	-	-	-	-	-	-	-	6057	-	-	16167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการศึกษาระบบกำลังไฟฟ้าหลังจากระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัว

หลังจากการแก้ไขปัญหาระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนต์ ซึ่งสามารถนำระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัว ซึ่งในหัวข้อนี้ได้ทำการศึกษารับภาระโหลดของอุปกรณ์การส่งผ่านพลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วย สายส่ง, หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า พร้อมดูผลกระทบทางด้านแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะศึกษาแรงดันที่ บัสในสถานีย่อยต่างๆ ในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก

5.3.1 ผลการศึกษา ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง

กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

ตารางที่ 5.6 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6702	CC	6705	BPK	14.85	18.81	14.76	18.7	14.72	18.64
6702	CC	6703	PA1	6.56	4.78	6.2	4.47	6.02	4.33
6703	PA1	6727	SMP	16.14	17.39	16.21	17.73	16.24	17.87
6705	BPK	6706	CB	27.92	37.16	26.96	35.5	25.49	33.37
6706	CB	6707	SC	81.16	136.58	79.13	133.41	76.34	129.22
6707	SC	6709	AP	75.73	79.36	74.5	78.22	67.26	66.41
6707	SC	6708	BBG	317.26	337.01	311.63	331.15	285.91	303.72
6708	BBG	6723	BWN	70.88	244.44	69.82	240.69	64.86	221.77
6713	RY3	6734	RY2-B	9.44	45.01	9.47	44.08	9.42	43.13
6713	RY3	6715	RY1	60.54	103.27	60.21	103.66	59.73	102.76
6715	RY1	6716	KLA	3.54	0.42	2.65	0.62	2.83	1.89
6716	KLA	6734	RY2-B	22.44	28.91	22.13	28.37	21.06	26.97
6716	KLA	6717	CT	7.44	6.31	8.63	5.45	7.92	1.46
6726	PA2	6727	SMP	27.34	98.54	27.54	99.36	27.51	99.23
6800	AP-B	6804	RY2	360.5	1487.9	352.31	1449.67	360.63	1480.25
6801	BPK-A	6808	KLM	34.24	324.2	33.81	320.58	33.85	320.8
6801	BPK-A	6802	AP	146.57	644.16	143.77	632.79	144.16	633.72
6802	AP	6891	BPK-B	95.61	431.99	93.53	422.73	96.91	437.29
6803	RY2-B	6807	BKI	21.99	171.93	32.58	241.64	54.11	446.71
6803	RY2-B	6806	BWN	13.24	56.62	11.13	49.87	44.16	201.42
6804	RY2	6807	BKI	25.78	215.52	33.99	283.06	25.43	212.91
6807	BKI	6810	CT	21.71	89.25	21.59	88.23	22.09	90.41
6812	PA2	6891	BPK-B	3.42	14.44	3.44	13.72	3.44	13.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.6 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6800-6806(AP_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 23 เส้น จากผลการศึกษาระบายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6707-6708, 6800-6804 และ 6801-6802 ได้รับภาระเกิน 100%

กรณีที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

ตารางที่ 5.7 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6702	CC	6705	BPK	18.91	23.38	18.8	23.26	18.31	22.97
6702	CC	6703	PA1	17.49	15.23	17.17	14.96	15.23	13.82
6703	PA1	6727	SMP	16.99	6.9	16.84	7.17	15.54	8.42
6705	BPK	6706	CB	120.4	181.45	118.94	179.09	107.93	166.37
6706	CB	6707	SC	269.07	433.82	266.07	428.82	244.86	402.74
6707	SC	6709	AP	112.1	187.08	111.07	185.3	102.89	174.3
6707	SC	6708	BBG	108.55	129.1	107.23	126.86	99.81	119.22
6708	BBG	6723	BWN	33.4	117.04	33.07	115.5	31.82	112.23
6726	PA2	6727	SMP	29.36	106.73	29.44	106.99	29.83	108.54
6800	AP-B	6806	BWN	98.67	450.16	96.88	440.51	90.95	418.4
6800	AP-B	6804	RY2	157.54	714.11	157.96	709.3	143.22	655.12
6801	BPK-A	6808	KLM	56.99	504.29	56.47	500.03	53.63	482.67
6801	BPK-A	6802	AP	352.15	1432.16	248.59	1416.99	324.23	1350.58
6803	RY2-B	6807	BKI	94.98	812.25	120.03	1010.13	85.03	728.04
6803	RY2-B	6806	BWN	81.22	383.26	78.75	368.82	72.13	341.5
6804	RY2	6807	BKI	9.65	82.92	4.79	25.72	12.27	103.7
6812	PA2	6891	BPK-B	4.17	7.09	4.2	6.78	4.29	5.47

จากตารางที่ 5.7 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 17 เส้น จากผลการศึกษาระบายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6705-6706, 6706-6707, 6707-6709, 6707-6708, 6800-6804 , 6801-6802 และ 6803-6807 ได้รับความเสียหายเกิน 100%

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

ตารางที่ 5.8 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	6706	CB	11.14	13.77	7.42	4.9	6.53	3.27
6706	CB	6707	SC	51.87	91.62	42.17	74.78	40.34	71.87
6707	SC	6709	AP	29.64	48.2	26.52	41.63	26.43	40.47
6707	SC	6708	BBG	33.61	38.02	31.09	34.47	30.22	33.18
6708	BBG	6723	BWN	19.81	69.99	19.34	68.67	19.19	68.35
6713	RY3	6734	RY2-B	3.75	15.93	4.7	22.11	5.1	24.56
6713	RY3	6715	RY1	48.56	75.45	50.96	81.64	51.39	83.73
6715	RY1	6716	KLA	48.56	53	38.07	42.36	33.88	40.35
6716	KLA	6734	RY2-B	33.05	26.77	23.7	14.99	17.95	12.14
6716	KLA	6717	CT	146.84	156.51	115.67	122.42	101.92	115.87
6800	AP-B	6806	BWN	37.34	166.61	36.21	167.81	34.63	162.62
6800	AP-B	6804	RY2	374.15	1522.48	296.26	1232.83	275.84	1207.15
6801	BPK-A	6802	AP	149.85	663	130.82	587.96	127.27	577.5
6802	AP	6891	BPK-B	102.69	468.02	85.01	391.44	54.71	394.35
6803	RY2-B	6806	BWN	13.15	52.11	10.47	41.51	9.13	35.81
6804	RY2	6807	BKI	27.83	231.96	41.1	334.49	12.04	101.72
6807	BKI	6810	CT	43.88	178.03	38.62	155.31	37.65	157.27

จากตารางที่ 5.8 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ซึ่งสายส่งที่ได้รับความเสียหายดังกล่าวมีอยู่ 17 เส้น จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6716-6717, 6800-6804 , 6801-6802 และ 6802-6891 ได้รับความเสียหายเกิน 100%

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

ตารางที่ 5.9 ผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	6706	CB	9.1	9.29	7.55	5.27	6.67	2.98
6706	CB	6707	SC	46.89	82.97	42.54	75.4	40.16	71.2
6707	SC	6709	AP	29.41	47.93	27.9	44.31	27.22	42.63
6707	SC	6708	BBG	28.99	30.7	28.32	29.66	27.89	29.01
6708	BBG	6723	BWN	18.73	66.15	18.61	65.88	18.55	65.66
6713	RY3	6734	RY2-B	9.64	46.63	11.76	55.92	9.69	46.93
6713	RY3	6715	RY1	61.07	105.45	67.21	115.16	61.22	105.77
6715	RY1	6716	KLA	4.21	0.04	5.2	5.22	4.79	0.12
6716	KLA	6734	RY2-B	22.98	29.72	22.02	28.2	23.02	29.86
6716	KLA	6717	CT	7.56	7.93	7.18	0.57	6.9	7.82
6800	AP-B	6806	BWN	27.28	124.41	27.83	129.2	28.01	131.34
6800	AP-B	6804	RY2	354.42	1480.45	317.36	1340.87	291.73	1269.5
6801	BPK-A	6802	AP	141.85	628.7	132.56	594.44	127.53	576.62
6802	AP	6891	BPK-B	95.86	438.65	86.34	397.12	84.99	393.92
6803	RY2-B	6807	BKI	11.67	66.01	39.72	318.23	8.9	59.7
6804	RY2	6807	BKI	25.36	212.2	31.69	265.95	14.74	125.98
6807	BKI	6810	CT	21.68	89.51	22.26	91.25	21.86	90.6

จากตารางที่ 5.9 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 17 เส้น จากผลการศึกษาระยะยาวของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือ ผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6800-6804 และ 6801-6802 ได้รับภาระเกิน 100%

5.3.2 ผลการศึกษา ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

กรณีศึกษา 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

ตารางที่ 5.10 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	19.36	18.32	18.77	16.77	17.65	14.69
6705	BPK	602	BPK-4J	19.3	18.36	18.71	16.72	17.6	14.64
6709	AP	608	AP-3J	59.81	76.74	60.08	77.81	61.95	86.1
6709	AP	607	AP-2J	59.71	76.82	59.98	77.68	61.84	85.96
6709	AP	606	AP-1J	60.31	77.59	60.58	78.47	62.47	86.82
6717	CT	642	CT-5J	47.75	88.25	47.48	87.25	48.52	89.45
6717	CT	641	CT-4J	47.79	88.32	47.52	87.32	48.62	89.38
6723	BWN	623	BWN-3J	104.62	192.41	103.5	190.27	97.75	178.52
6723	BWN	624	BWN-4J	106.92	196.6	105.75	194.41	99.88	182.4
6723	BWN	621	BWN-1J	115.19	211.85	113.96	209.49	107.63	196.55
6723	BWN	622	BWN-2J	111.35	204.79	110.16	202.51	104.24	190
6726	PA2	646	PA2-2J	16.3	14.44	16.42	13.72	16.38	13.82
6726	PA2	645	PA2-1J	16.3	14.44	16.42	13.72	16.38	13.82
6734	RY2-B	615	RY2-6J	57.75	115.06	57.5	119.64	56.69	116.95
6734	RY2-B	611	RY2-1J	61.06	121.64	60.79	113.17	59.93	110.62
6802	AP	608	AP-3J	59.81	76.94	60.08	77.81	61.95	86.82
6802	AP	607	AP-2J	59.71	76.82	59.98	77.68	61.84	85.96
6802	AP	606	AP-1J	60.31	77.59	60.58	78.47	62.47	86.1
6803	RY2-B	615	RY2-6J	57.75	115.06	57.5	113.17	56.69	110.62
6803	RY2-B	611	RY2-1J	61.06	121.64	60.79	119.64	59.93	116.95
6806	BWN	622	BWN-2J	111.35	204.79	110.16	209.49	104.04	190
6806	BWN	621	BWN-1J	115.19	211.85	113.96	202.51	107.63	196.55
6806	BWN	624	BWN-4J	106.9	196.6	103.5	194.41	99.88	182.4
6806	BWN	623	BWN-3J	104.62	192.41	105.75	190.27	97.75	178.52
6810	CT	641	CT-4J	47.79	88.32	47.52	87.32	48.62	89.45
6810	CT	642	CT-5J	47.75	88.25	47.48	87.25	48.58	89.38
6812	PA2	646	PA2-2J	16.3	14.44	16.42	13.72	16.38	13.82
6812	PA2	645	PA2-1J	16.3	14.44	16.42	13.72	16.38	13.82
6891	BPK-B	602	BPK-4J	19.3	18.26	16.77	18.77	17.6	14.64
6891	BPK-B	601	BPK-1J	19.36	18.32	16.72	18.71	17.65	14.69

จากตารางที่ 5.10 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6800-6806(AP_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 30 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งไม่ทราบกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า มีหม้อแปลง หมายเลข 6723-621, 6723-622, 6723-623, 6723-624, 6806-621, 6806-622, 6806-623 และ 6806-624 ได้รับการประเมิน 100%

กรณีศึกษาที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

ตารางที่ 5.11 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	97.75	158.23	96.53	155.99	86.94	143.55
6705	BPK	602	BPK-4J	97.43	157.72	96.22	155.48	86.65	143.09
6709	AP	608	AP-3J	141.29	253.92	140.4	252	136.81	247.65
6709	AP	607	AP-2J	141.06	253.5	140.17	251.58	136.58	247.23
6709	AP	606	AP-1J	142.48	256.06	141.58	254.11	137.96	249.73
6723	BWN	623	BWN-3J	71.44	130.36	70.78	128.88	70.51	129.05
6723	BWN	624	BWN-4J	72.99	133.2	72.35	131.68	72.04	131.88
6723	BWN	621	BWN-1J	78.65	143.54	77.94	141.9	77.63	142.12
6723	BWN	622	BWN-2J	76.03	138.75	75.34	137.17	75.05	137.38
6726	PA2	646	PA2-2J	19.89	7.09	20.04	6.78	20.43	5.47
6726	PA2	645	PA2-1J	19.89	7.09	20.04	6.78	20.43	5.47
6802	AP	608	AP-3J	141.29	253.92	140.4	252	136.81	247.65
6802	AP	607	AP-2J	141.06	253.5	140.17	251.55	136.58	247.23
6802	AP	606	AP-1J	141.48	256.06	141.58	254.11	137.96	249.73
6806	BWN	622	BWN-2J	76.03	138.75	75.34	137.17	75.05	137.38
6806	BWN	621	BWN-1J	78.65	143.54	77.94	141.9	77.63	142.12
6806	BWN	624	BWN-4J	72.99	133.2	72.33	131.68	72.04	131.88
6806	BWN	623	BWN-3J	71.44	130.36	70.78	128.88	70.51	129.08
6812	PA2	646	PA2-2J	19.89	7.09	20.04	6.78	20.43	5.47
6812	PA2	645	PA2-1J	19.89	7.09	20.04	6.78	20.43	5.47
6891	BPK-B	602	BPK-4J	97.43	157.72	96.22	155.48	86.65	143.09
6891	BPK-B	601	BPK-1J	97.75	158.23	96.53	155.99	86.94	143.55

จากตารางที่ 5.11 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ซึ่งสายส่งที่ได้รับการประเมินดังกล่าวมีอยู่ 22 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีหม้อแปลง หมายเลข 6709-607, 6709-608, 6709-609, 6802-606, 6802-607 และ 6802-608 ได้รับการประเมิน 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

ตารางที่ 5.12 ผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	8.62	4.89	10.07	12.95	10.32	14.59
6705	BPK	602	BPK-4J	8.59	4.87	10.04	12.91	10.28	14.54
6709	AP	608	AP-3J	93.73	170.22	92.18	165.96	92.98	166.67
6709	AP	607	AP-2J	93.56	169.94	92.02	165.69	92.83	166.39
6709	AP	606	AP-1J	94.52	171.65	92.95	167.36	93.76	166.07
6717	CT	642	CT-5J	96.52	173.97	84.95	152.15	82.82	154.28
6717	CT	641	CT-4J	96.6	174.11	85.02	152.27	82.89	154.4
6723	BWN	623	BWN-3J	60.61	109.69	60.7	109.95	60.91	110.46
6723	BWN	624	BWN-4J	61.92	112.08	62.02	112.34	62.24	112.86
6723	BWN	621	BWN-1J	66.73	120.77	66.83	121.06	64.83	121.62
6723	BWN	622	BWN-2J	64.5	116.75	64.61	117.03	67.07	117.57
6734	RY2-B	615	RY2-6J	16.3	32.12	24.7	49.58	27.06	55.08
6734	RY2-B	611	RY2-1J	17.23	33.96	26.12	52.41	28.82	58.24
6802	AP	608	AP-3J	93.73	170.22	92.18	165.96	92.98	166.67
6802	AP	607	AP-2J	93.53	169.94	92.03	165.69	92.83	166.39
6802	AP	606	AP-1J	94.52	171.65	92.95	167.36	93.76	168.07
6803	RY2-B	615	RY2-6J	16.3	32.12	16.3	32.12	27.26	55.08
6803	RY2-B	611	RY2-1J	17.23	33.96	17.23	33.96	28.82	58.24
6806	BWN	622	BWN-2J	64.5	116.75	64.61	117.63	64.83	117.57
6806	BWN	621	BWN-1J	66.73	120.77	66.83	121.06	67.07	121.62
6806	BWN	624	BWN-4J	60.61	61.92	62.02	112.34	62.24	112.56
6806	BWN	623	BWN-3J	61.92	60.61	60.7	109.95	60.91	110.46
6810	CT	641	CT-4J	96.6	174.11	85.02	152.27	82.89	154.4
6810	CT	642	CT-5J	96.52	173.97	84.95	152.15	82.82	154.28
6891	BPK-B	602	BPK-4J	8.59	4.87	10.04	12.91	10.28	14.34
6891	BPK-B	601	BPK-1J	8.62	4.89	10.07	12.95	10.32	14.59

จากตารางที่ 5.12 แสดงผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 26 หม้อแปลง จากผลการศึกษาระบายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าย่อย ซึ่งพบว่า ไม่มีหม้อแปลงแรงดัน ได้รับภาระเกิน 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

ตารางที่ 5.13 ผลกระทบต่อภาวะโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806

(RY2_B-BWN)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	9.14	8.97	9.99	12.65	10.49	14.8
6705	BPK	602	BPK-4J	9.11	8.94	9.96	12.61	10.46	14.75
6709	AP	608	AP-3J	93.68	169.67	92.99	167.73	93.11	167.25
6709	AP	607	AP-2J	93.52	169.39	92.83	167.45	92.96	166.97
6709	AP	606	AP-1J	94.46	171.1	93.77	169.13	93.89	168.65
6717	CT	642	CT-5J	47.7	88.51	48.96	90.21	48.09	89.59
6717	CT	641	CT-4J	47.74	88.59	49	90.28	48.13	89.67
6723	BWN	623	BWN-3J	59.48	107.5	59.66	107.89	59.91	108.46
6723	BWN	624	BWN-4J	60.77	109.54	60.96	110.24	61.21	110.62
6723	BWN	621	BWN-1J	65.49	118.36	65.69	118.79	65.96	119.41
6723	BWN	622	BWN-2J	63.3	114.42	63.5	114.83	63.76	115.43
6734	RY2-B	615	RY2-6J	58.58	118.06	62.78	124.54	58.59	118.79
6802	AP	608	AP-3J	93.68	169.67	92.99	167.73	93.11	167.25
6802	AP	607	AP-2J	93.52	169.39	92.83	167.45	92.96	166.97
6802	AP	606	AP-1J	94.46	171.1	93.77	169.13	93.89	168.65
6803	RY2-B	615	RY2-6J	58.58	118.06	62.78	124.54	58.59	118.79
6803	RY2-B	611	RY2-1J	61.93	124.82	66.37	131.66	61.95	125.59
6806	BWN	622	BWN-2J	63.3	114.42	63.5	114.83	63.76	115.43
6806	BWN	621	BWN-1J	65.49	118.36	65.69	118.79	65.96	119.41
6806	BWN	624	BWN-4J	60.77	109.84	60.96	110.24	61.21	110.82
6806	BWN	623	BWN-3J	59.48	107.5	59.66	107.89	59.91	108.46
6810	CT	641	CT-4J	47.74	88.59	48.96	90.21	48.13	89.67
6810	CT	642	CT-5J	47.7	88.51	49	90.28	48.09	89.59
6891	BPK-B	602	BPK-4J	9.11	8.94	9.96	12.61	10.46	14.75
6891	BPK-B	601	BPK-1J	9.14	8.97	9.99	12.65	10.49	14.8

จากตารางที่ 5.13 แสดงผลกระทบต่อภาวะโหลดของสายส่งในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับการติดตั้งหม้อแปลง 25 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า ไม่มีสายส่งหม้อแปลงแรงดัน ได้รับการเกิน 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 ผลการศึกษา ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้า

กรณีศึกษาที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

ตารางที่ 5.14 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	493.69	0.99	488.18	0.98	488.46	0.98
6800	AP-B	230	221.52	0.96	221.79	0.96	221.59	0.96
6801	BPK-A	230	229.15	1	229.33	1	229.27	1
6802	AP	230	221.7	0.96	221.97	0.97	221.77	0.96
6803	RY2-B	230	227.37	0.99	225.89	0.98	225.09	0.98
6804	RY2	230	225.77	0.99	223.52	0.97	224.18	0.97
6806	BWN	230	225.04	0.98	224.46	0.98	220.31	0.96
6807	BKI	230	226.53	0.98	224.26	0.98	224.53	0.98
6808	KLM	230	229.15	1	229.09	1	229.24	1
6809	SSM	230	226.52	0.98	224.24	0.97	224.51	0.98
6810	CT	230	221.69	0.96	219.73	0.96	219.9	0.96
6812	PA2	230	225.16	0.98	225.35	0.98	225.3	0.98
6822	AU2	230	221.81	0.96	222.08	0.97	221.88	0.96
6853	NKM	230	227.87	0.99	226.45	0.98	225.72	0.98
6891	BPK-B	230	227.36	0.99	227.6	0.99	227.55	0.99
6702	CC	115	112.83	0.98	112.97	0.98	113.01	0.98
6703	PA1	115	113.8	0.99	113.88	0.99	113.9	0.99
6704	WNK	115	114.17	0.99	114.21	0.99	114.2	0.99
6705	BPK	115	113.28	0.99	113.42	0.99	113.47	0.99
6706	CB	115	114.14	0.97	111.31	0.97	111.45	0.97
6707	SC	115	111.29	0.97	111.46	0.97	111.7	0.97
6708	BBG	115	110.77	0.96	110.75	0.96	109.97	0.96
6709	AP2	115	112.71	0.98	112.86	0.98	113.02	0.98
6710	BL	115	109.86	0.96	110.01	0.96	110.17	0.96
6711	SHI	115	115.06	1	114.76	1	114.61	1
6712	SH2	115	114.48	1	114.18	0.99	114.03	0.99
6713	RY3	115	116.34	1.01	116.03	1.01	115.88	1.01
6714	RY2-A	115	115.23	1	114.86	1	114.65	1
6715	RY1	115	113.67	0.99	113.4	0.99	113.75	0.98
6716	KLA	115	114.29	0.99	113.84	0.99	113.74	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.14 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN) (ต่อ)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	112.68	0.98	111.8	0.97	111.89	0.97
6718	TR	115	110.23	0.96	109.37	0.95	109.46	0.95
6719	CTN	115	109.61	0.95	109.75	0.95	109.91	0.96
6722	AU1	115	114.54	1	114.63	1	114.56	1
6723	BWN2	115	113.88	0.99	113.71	0.99	112.27	0.98
6724	KLM	115	116.92	1.02	116.95	1.02	116.93	1.02
6726	PA2	115	116.28	1.01	116.33	1.01	116.31	1.01
6727	SMP	115	116.98	1.02	117.02	1.02	117.01	1.02
6731	KRD	115	113.37	0.99	112.53	0.98	112.61	0.98
6734	RY2-B	115	116.31	1.01	115.94	1.01	115.76	1.01

จากตารางที่ 5.14 แสดงผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6800-6806(AP_B-BWN) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือ ผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ซึ่งพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่บัส อยู่ในช่วงควบคุมค่าคือ 0.95 – 1.05 เปรอ์ยูนิต

กรณีศึกษาที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

ตารางที่ 5.15 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	499.41	1	491.24	0.98	491.56	0.98
6800	AP-B	230	220.09	0.96	219.47	0.95	222.1	0.97
6801	BPK-A	230	220.84	0.96	220.83	0.96	222.63	0.97
6802	AP	230	220.12	0.96	219.5	0.95	222.13	0.97
6803	RY2-B	230	229.01	1	226.09	0.98	229.31	1
6804	RY2	230	230.75	1	227.24	0.99	230.88	1
6806	BWN	230	223.69	0.97	222.16	0.97	224.88	0.98
6807	BKI	230	230.56	1	226.81	0.99	230.44	1
6808	KLM	230	221.83	0.96	221.79	0.98	223.37	0.97
6809	SSM	230	230.54	1	226.8	0.99	230.42	1
6810	CT	230	225.05	0.98	221.69	0.96	224.98	0.98
6812	PA2	230	227.5	0.99	227.5	0.99	227.89	0.99
6822	AU2	230	220.24	0.96	219.63	0.95	222.24	0.97
6853	NKM	230	229.41	1	226.63	0.99	229.7	1
6891	BPK-B	230	230.61	1	230.63	1	231.11	1
6702	CC	115	110.55	0.96	110.61	0.96	111.57	0.97
6703	PA1	115	112.96	0.95	112.96	0.98	113.45	0.99
6704	WNK	115	114.55	1	114.51	1	114.64	1
6705	BPK	115	110.86	0.96	110.92	0.96	111.93	0.97
6706	CB	115	106.53	0.93	106.56	0.93	108.3	0.94
6707	SC	115	111.33	0.97	111.14	0.97	112.57	0.98
6708	BBG	115	112.65	0.98	112.26	0.98	113.39	0.99
6709	AP2	115	112.83	0.98	112.61	0.98	113.91	0.99
6710	BL	115	109.98	0.96	109.77	0.95	111.03	0.97
6711	SHI	115	115.41	1	114.57	1	115.4	1
6712	SH2	115	114.83	1	113.99	0.99	114.89	1
6713	RY3	115	116.69	1.01	115.54	1.01	115.75	1.02
6714	RY2-A	115	115.65	1.01	114.32	0.99	115.72	1.01
6715	RY1	115	114	0.99	112.87	0.98	114.05	0.99
6716	KLA	115	114.98	1	113.85	0.99	115.02	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.15 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B) (ต่อ)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	114.3	0.99	112.76	0.98	114.26	0.99
6718	TR	115	111.82	0.97	110.3	0.96	111.78	0.97
6719	CTN	115	109.72	0.95	109.51	0.95	110.77	0.96
6722	AU1	115	113.98	0.99	113.73	0.99	114.71	1
6723	BWN2	115	114.33	0.99	113.88	0.99	114.93	1
6724	KLM	115	115.36	1	115.3	1	115.69	1.01
6726	PA2	115	116.75	1.02	116.72	1.01	116.85	1.02
6727	SMP	115	117.25	1.02	117.22	1.02	117.34	1.02
6731	KRD	115	114.91	1	113.43	0.99	114.87	1
6734	RY2-B	115	116.72	1.01	115.79	1.01	116.79	1.02

จากตารางที่ 5.15 แสดงผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือ ผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าย่อย ซึ่งพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส หมายเลข 6706 มีค่าแรงดันต่ำกว่า 0.95 ในทั้ง 3 กรณี

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

ตารางที่ 5.16 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	490.83	0.98	482.01	0.96	489.48	0.98
6800	AP-B	230	222.67	0.97	225.08	0.98	226.7	0.99
6801	BPK-A	230	229.27	1	230.24	1	230.54	1
6802	AP	230	222.79	0.97	225.22	0.98	226.5	0.99
6803	RY2-B	230	228.83	0.99	229.53	1	230.1	1
6804	RY2	230	223.3	0.97	228.36	0.95	0.99	0.99
6806	BWN	230	226.04	0.98	227.26	0.99	228.1	0.99
6807	BKI	230	223.57	0.97	218.6	0.95	228.73	0.99
6808	KLM	230	229.24	1	230.1	1	230.35	1
6809	SSM	230	223.56	0.97	218.58	0.95	228.72	0.99
6810	CT	230	213.51	0.93	211.49	0.92	220.73	0.96
6812	PA2	230	225.5	0.98	226.52	0.98	226.87	0.99
6822	AU2	230	222.89	0.97	225.3	0.98	226.86	0.99
6853	NKM	230	229.25	1	229.91	1	230.44	1
6891	BPK-B	230	227.78	0.99	229.1	1	229.57	1
6702	CC	115	113.91	0.99	114.61	1	114.88	1
6703	PA1	115	114.33	0.99	114.74	1	114.88	1
6704	WNK	115	114.3	0.99	114.53	1	114.6	1
6705	BPK	115	114.42	0.99	115.16	1	115.44	1
6706	CB	115	113.44	0.99	114.19	0.99	114.54	1
6707	SC	115	115.14	1	115.86	1.01	116.32	1.01
6708	BBG	115	114.35	0.99	114.91	1	115.3	1
6709	AP2	115	115.64	1.01	116.35	1.01	116.83	1.02
6710	BL	115	112.72	0.98	113.42	0.99	113.88	0.99
6711	SHI	115	114.2	0.99	114.6	1	114.99	1
6712	SH2	115	113.62	0.99	114.02	0.99	114.41	0.99
6713	RY3	115	115.46	1	115.87	1.01	116.26	1.01
6714	RY2-A	115	115.62	1.01	118.78	1.01	115.92	1.01
6715	RY1	115	112.53	0.98	112.97	0.98	113.44	0.99
6716	KLA	115	110.91	0.96	111.86	0.97	113.45	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI) (ต่อ)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	109.1	0.95	108.54	0.94	112.7	0.95
6718	TR	115	106.72	0.93	106.18	0.92	110.25	0.96
6719	CTN	115	112.46	0.98	113.15	0.98	113.61	0.99
6722	AU1	115	114.97	1	115.79	1.01	116.36	1.01
6723	BWN2	115	115.59	1.01	116.13	1.01	116.51	1.01
6724	KLM	115	116.96	1.02	117.12	1.02	117.16	1.02
6726	PA2	115	116.41	1.01	116.68	1.01	116.76	1.02
6727	SMP	115	117.1	1.02	117.31	1.02	117.36	1.02
6731	KRD	115	109.95	0.96	109.42	0.95	113.38	0.99
6734	RY2-B	115	115.38	1	115.83	1.01	116.27	1.01

จากตารางที่ 5.16 แสดงผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส หมายเลข 6810 และ 6718 มีค่าแรงดันต่ำกว่า 0.95 ในกรณี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

ตารางที่ 5.17 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	496.4	0.99	488.84	0.98	490.53	0.98
6800	AP-B	230	223.57	0.97	224.77	0.98	226.1	0.98
6801	BPK-A	230	229.62	1	230.07	1	230.44	1
6802	AP	230	223.73	0.97	224.91	0.98	226.22	0.98
6803	RY2-B	230	229.12	1	226.32	0.98	230.24	1
6804	RY2	230	227.23	0.99	224.75	0.98	229.33	1
6806	BWN	230	225.55	0.98	226.21	0.98	226.98	0.99
6807	BKI	230	228.08	0.99	225.19	0.98	229.61	1
6808	KLM	230	229.55	1	229.94	1	230.26	1
6809	SSM	230	228.08	0.99	225.18	0.98	229.6	1
6810	CT	230	223.09	0.97	220.42	0.96	224.39	0.98
6812	PA2	230	225.87	0.98	226.36	0.98	226.76	0.99
6822	AU2	230	223.83	0.97	225	0.98	226.3	0.98
6853	NKM	230	229.53	1	226.81	0.99	230.57	1
6891	BPK-B	230	228.26	0.99	228.91	1	229.42	1
6702	CC	115	114.1	0.99	114.51	1	114.79	1
6703	PA1	115	114.48	1	114.67	1	114.83	1
6704	WNK	115	114.37	0.99	114.47	1	114.57	1
6705	BPK	115	114.7	1	115.06	1	115.35	1
6706	CB	115	113.72	0.99	114.09	0.99	114.42	0.99
6707	SC	115	115.4	1	115.75	1.01	116.13	1.01
6708	BBG	115	114.24	0.99	114.53	1	114.88	1
6709	AP2	115	115.91	1.01	116.26	1.01	116.65	1.01
6710	BL	115	112.98	0.98	113.32	0.99	113.7	0.99
6711	SHI	115	115.43	1	114.64	1	115.65	1.01
6712	SH2	115	114.85	1	114.06	0.99	115.07	1
6713	RY3	115	116.71	1.01	115.91	1.01	116.93	1.02
6714	RY2-A	115	115.69	1.01	114.4	0.99	115.95	1.01
6715	RY1	115	113.99	0.99	112.92	0.98	114.69	0.99
6716	KLA	115	114.74	1	113.74	0.99	115.06	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

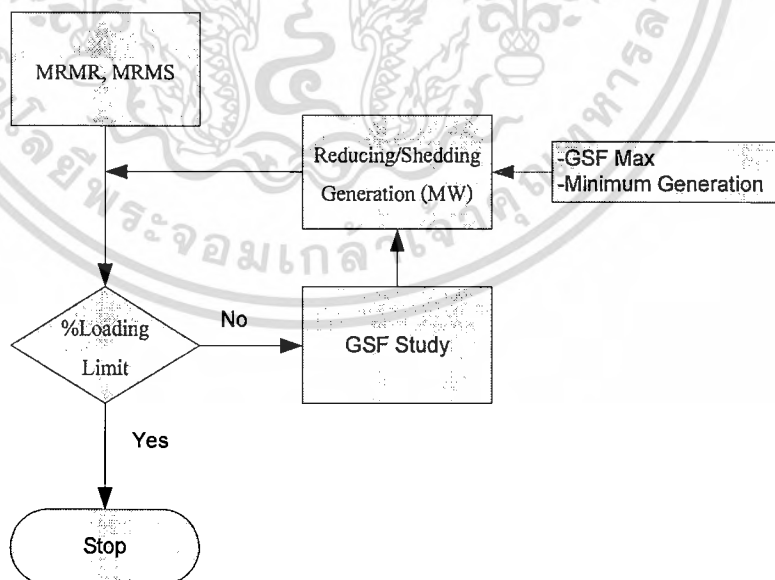
ตารางที่ 5.17 ผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN) (ต่อ)

Bus		Bus	Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	113.32	0.99	112.12	0.97	113.9	0.99
6718	TR	115	110.86	0.96	109.68	0.95	111.44	0.97
6719	CTN	115	112.71	0.98	113.05	0.98	113.43	0.99
6722	AU1	115	115.29	1	115.69	1.01	116.15	1.01
6723	BWN2	115	115.4	1	115.69	1.01	116.03	1.01
6724	KLM	115	117.01	1.02	117.07	1.02	117.14	1.02
6726	PA2	115	116.5	1.01	116.62	1.01	116.73	1.02
6727	SMP	115	117.17	1.02	117.25	1.02	117.34	1.02
6731	KRD	115	113.98	0.99	112.83	0.98	114.54	1
6734	RY2-B	115	116.74	1.02	115.87	1.01	117	1.02

จากตารางที่ 5.17 แสดงผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือ ผลกระทบต่อสถานะคงตัว จากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่บัส อยู่ในช่วงควบคุมค่าคือ 0.95 – 1.05 เปอรเซ็นต์

5.4 ผลการศึกษากระบวนการป้องกันผลกระทบในสถานะคงตัวหลังจากระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัว

จากการศึกษาในสถานะคงตัวหลังจากที่นำระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัวได้แล้วพบว่าระบบกำลังไฟฟ้าเมื่อพิจารณาในส่วนของการรับภาระโหลดของสายส่ง พบว่าระบบกำลังไฟฟ้ายังมีปัญหาในส่วนของการรับภาระโหลดเกินของสายส่งดังแสดงผลในหัวข้อที่ 5.3 ดังนั้นเพื่อให้ระบบกำลังไฟฟ้ามีความเสถียรภาพในสถานะดังกล่าว จึงจำเป็นต้องแก้ไขหรือ ลดภาระของสายส่งลงซึ่งในการลดภาระของสายส่งนั้นจะทำการใช้วิธีการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงโดยเฉพาะเครื่องที่มีผลต่อการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าของสายส่งเส้นนั้นๆ แต่ในบางครั้งเมื่อการลดกำลังไฟฟ้าไม่สามารถแก้ปัญหาได้ อาจจำเป็นต้องปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออก ซึ่งจะใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายย่อย (SPP) เนื่องจากการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มนี้ จะส่งผลกระทบต่อระบบน้อยที่สุด ดังผลการจำลองในหัวข้อที่ 5.2 ซึ่งการลดกำลังการผลิต หรือการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงกำลังไฟฟ้าสำรองของระบบพบว่ามีความเป็นไปได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวม และการลดกำลังไฟฟ้า หรือการปลดเครื่องกำเนิดจะใช้ข้อมูลในการพิจารณา จากข้อมูล แฟลคเตอร์กำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ซึ่งจะทำการศึกษาเฉพาะสายส่งที่ได้รับภาระโหลดเกินในแต่ละกรณี ซึ่งแผนการการวิเคราะห์นี้จะเน้นในการลดภาระโหลดของสายส่งได้แสดงให้เห็น ในรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 แผนการลดภาระโหลดของสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 ผลการศึกษา กำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่งที่ได้รับภาระเกิน (GSF)

จากการศึกษาผลกระทบในส่วนของภาระโวลต์เกินของสายส่ง ในหัวข้อที่ 5.3.1 และจากข้อมูลในตารางที่ 5.6 – 5.9 พบว่าในแต่ละกรณีนั้นมีสายส่งที่ได้ภาระเกินสูงสุดมีอยู่สองเส้นด้วยกันคือ สายส่งหมายเลข 6800-6804(AP_B-RY2) และสายส่ง 6707-6706 (SC-CB) ซึ่งผลการศึกษากำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.18 และ 5.19

ตารางที่ 5.18 ผลการศึกษา กำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ของสายส่ง 6800-6804

No.	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	Gen MW	GSF	Min MW	Max MW
1	6041	RY2-C10	0.433	82.5	35.7225	40.8	102
2	6042	RY2-C20	0.433	82.5	35.7225	40.8	102
3	6043	RY2-C30	0.433	82.5	35.7225	40.8	102
4	6044	RY2-C40	0.433	82.5	35.7225	40.8	102
5	6051	RY2-C11	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
6	6052	RY2-C12	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
7	6053	RY2-C21	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
8	6054	RY2-C22	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
9	6055	RY2-C31	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
10	6056	RY2-C32	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
11	6057	RY2-C41	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
12	6058	RY2-C42	0.433	82.5	35.7225	41.2	103
13	6107	BWN-CC1	0.13	340	44.2	210	356.5
14	6108	BWN-CC2	0.13	340	44.2	210	356.5
15	6111	BLCP-T1	0.403	660	265.98	300	717
16	6112	BLCP-T2	0.403	660	265.98	300	717
17	16031	COCO-C10	0.337	30	10.11	20	50
18	16032	COCO-C11	0.337	20	6.74	14	35
19	16033	COCO-C12	0.337	20	6.74	14	35
20	16034	COCO-C13	0.337	20	6.74	14	35
21	16035	COCO-C20	0.337	30	10.11	20	50
22	16036	COCO-C21	0.337	20	6.74	14	35
23	16037	COCO-C22	0.337	20	6.74	14	35
24	16038	COCO-C23	0.337	20	6.74	14	35
25	16065	TTP-P1	0.331	10	3.31	21.8	54.4
26	16066	IP1-P1	0.33	55	18.15	29.8	74.4
27	16067	IP2-P1	0.33	55	18.15	29.8	74.4

ตารางที่ 5.18 ผลการศึกษากำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ของสายส่ง 6800-6804 (ต่อ)

No.	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	Gen MW	GSF	Min MW	Max MW
28	16083	TNP-C11	0.111	30	3.33	15	40
29	16084	TNP-C12	0.111	30	3.33	15	40
30	16085	TNP-C10	0.111	30	3.33	15	40
31	16087	TCG1-S1C	0.335	90	30.15	60.8	152
32	16088	TCG2-S2C	0.335	90	30.15	60.8	152
33	16090	MTP1-G1A	0.333	30	9.99	14	35
34	16091	MTP1-G1B	0.333	30	9.99	14	35
35	16092	MTP2-G2A	0.333	30	9.99	14	35
36	16093	MTP2-G2B	0.333	30	9.99	14	35
37	16151	BCC-P1	0.332	45	14.94	30	90
38	16152	BCC-P2	0.332	45	14.94	30	75
39	16161	NPC-C11	0.332	10	3.32	10	30
40	16162	NPC-C12	0.332	10	3.32	5	25
41	16163	NPC-C13	0.332	10	3.32	5	25
42	16164	NPC-C14	0.332	20	6.64	5	25
43	16165	NPC-C10	0.332	20	6.64	10	30
44	16166	NPC-C15	0.332	20	6.64	10	30
45	16167	NPC-C16	0.332	32	10.624	10	30
46	16170	TLP-C11	0.336	21	7.056	20	50
47	16171	TLP-C12	0.336	21	7.056	20	50
48	16172	TLP-C10	0.336	18	6.048	16	40
49	26111	RYRE-G1	0.331	10	3.31	8	20
50	26112	RYRE-G2	0.331	10	3.31	8	20
51	26113	RYRE-G3	0.331	10	3.31	8	20
52	26114	RYRE-G4	0.331	10	3.31	8	20
53	26115	RYRE-G5	0.331	10	3.31	8	20
54	26141	SPRC-G1	0.332	10	3.32	6	15
55	26142	SPRC-G2	0.332	10	3.32	6	15
56	26143	SPRC-G3	0.332	10	3.32	6	15
57	26181	TPI-P1	0.352	12	4.224	10	27
58	26182	TPI-P2	0.352	12	4.224	10	27
59	26183	TPI-P3	0.352	30	10.56	20	54
60	26184	TPI-P4	0.352	20	7.04	10	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.19 ผลการศึกษากำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ของสายส่ง 6707-6706

No.	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	Gen MW	GSF	Min MW	Max MW
1	6041	RY2-C10	0.113	82.5	9.3225	40.8	102
2	6042	RY2-C20	0.113	82.5	9.3225	40.8	102
3	6043	RY2-C30	0.113	82.5	9.3225	40.8	102
4	6044	RY2-C40	0.113	82.5	9.3225	40.8	102
5	6051	RY2-C11	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
6	6052	RY2-C12	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
7	6053	RY2-C21	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
8	6054	RY2-C22	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
9	6055	RY2-C31	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
10	6056	RY2-C32	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
11	6057	RY2-C41	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
12	6058	RY2-C42	0.113	82.5	9.3225	41.2	103
13	6100	IPT-C10	0.119	230	27.37	96	240
14	6101	IPT-C11	0.119	225	26.775	92	230
15	6102	IPT-C12	0.119	225	26.775	92	230
16	6107	BWN-CC1	0.122	340	41.48	210	356.5
17	6108	BWN-CC2	0.122	340	41.48	210	356.5
18	6111	BLCP-T1	0.111	660	73.26	300	717
19	6112	BLCP-T2	0.111	660	73.26	300	717
20	16031	COCO-C10	0.115	30	3.45	20	50
21	16032	COCO-C11	0.115	20	2.3	14	35
22	16033	COCO-C12	0.115	20	2.3	14	35
23	16034	COCO-C13	0.115	20	2.3	14	35
24	16035	COCO-C20	0.115	30	3.45	20	50
25	16036	COCO-C21	0.115	20	2.3	14	35
26	16037	COCO-C22	0.115	20	2.3	14	35
27	16038	COCO-C23	0.115	20	2.3	14	35
28	16065	TTP-P1	0.115	10	1.15	21.8	54.4
29	16066	IP1-P1	0.115	55	6.325	29.8	74.4
30	16067	IP2-P1	0.115	55	6.325	29.8	74.4
31	16068	TOP-P1	0.119	12	1.428	5	40
32	16069	TOP-P2	0.119	12	1.428	5	40
33	16070	TOP-P3	0.119	9	1.071	5	40
34	16071	TOP-P4	0.119	8	0.952	5	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.19 ผลการศึกษากำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) ของสายส่ง 6707-6706 (ต่อ)

No.	Generator Sensitivities						
	Number	Name	P Sensitivity	Gen.MW	GSF	Min MW	Max MW
35	16083	TNP-C11	0.132	30	3.96	15	40
36	16084	TNP-C12	0.132	30	3.96	15	40
37	16085	TNP-C10	0.132	30	3.96	15	40
38	16087	TCG1-S1C	0.115	90	10.35	60.8	152
39	16088	TCG2-S2C	0.115	90	10.35	60.8	152
40	16090	MTP1-G1A	0.115	30	3.45	14	35
41	16091	MTP1-G1B	0.115	30	3.45	14	35
42	16092	MTP2-G2A	0.115	30	3.45	14	35
43	16093	MTP2-G2B	0.115	30	3.45	14	35
44	16095	SHC-C10	0.233	30	6.99	10	40
45	16096	SHC-C11	0.233	30	6.99	10	40
46	16097	SHC-C12	0.233	30	6.99	10	40
47	16151	BCC-P1	0.115	45	5.175	30	90
48	16152	BCC-P2	0.115	45	5.175	30	75
49	16161	NPC-C11	0.115	10	1.15	10	30
50	16162	NPC-C12	0.115	10	1.15	5	25
51	16163	NPC-C13	0.115	10	1.15	5	25
52	16164	NPC-C14	0.115	20	2.3	5	25
53	16165	NPC-C10	0.115	20	2.3	10	30
54	16166	NPC-C15	0.115	20	2.3	10	30
55	16167	NPC-C16	0.115	32	3.68	10	30
56	16170	TLP-C11	0.115	21	2.415	20	50
57	16171	TLP-C12	0.115	21	2.415	20	50
58	16172	TLP-C10	0.115	18	2.07	16	40
59	26181	TPI-P1	0.119	12	1.428	10	27
60	26182	TPI-P2	0.119	12	1.428	10	27
61	26183	TPI-P3	0.119	30	3.57	20	54
62	26184	TPI-P4	0.119	20	2.38	10	35

จากข้อมูลในตารางที่ 5.18-5.19 นำมาใช้ในการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่า กำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF) สูงสุดไปหาค่าต่ำสุด แต่ไม่ต่ำกว่าค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุด ที่เครื่องจ่ายได้ ซึ่งผลจากการลดกำลังการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ภาระการรับโหลดของสายส่งลดลง โดยได้ทำการศึกษาผลกระทบป้องกัน จากผลกระทบต่อภาระโหลดของสายเอนกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่ง, หม้อแปลง และผลการศึกษาแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ซึ่งได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือ ผลกระทบต่อสถานะคงตัวจาก วิธีการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย และในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่

5.4.2 ผลการศึกษา การป้องกันผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่ง

กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

ตารางที่ 5.20 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6702	CC	6705	BPK	12.63	15.08	12.57	14.99	12.58	15
6702	CC	6703	PA1	5.51	4.67	5.6	4.81	5.68	4.86
6703	PA1	6727	SMP	21.18	27.54	21.28	27.66	21.32	27.74
6705	BPK	6706	CB	12.17	20.64	12.52	21.54	13.21	22.72
6706	CB	6707	SC	16.62	25.73	16.21	23.96	14.86	21.61
6707	SC	6709	AP	21.21	7.18	20.89	4.53	21.11	0.21
6707	SC	6708	BBG	70.92	83.33	65.65	76.37	58.93	64.44
6708	BBG	6723	BWN	26.22	94.92	25.39	91.83	23.51	84.39
6713	RY3	6734	RY2-B	9.57	46.13	9.6	46.4	9.51	46.03
6713	RY3	6715	RY1	60.74	104.94	60.88	105.15	60.71	104.87
6715	RY1	6716	KLA	5.35	2	5.41	2.02	5.23	1.91
6716	KLA	6734	RY2-B	21.61	28.09	21.63	28.14	21.63	28.09
6716	KLA	6717	CT	3.48	2.21	3.4	2.17	3.54	2.37
6726	PA2	6727	SMP	32.75	119.94	32.76	119.55	32.73	119.48
6800	AP-B	6804	RY2	99.66	465.24	99.19	463.72	100.37	468.04
6801	BPK-A	6808	KLM	22.55	216.01	22.46	215.25	22.41	214.61
6801	BPK-A	6802	AP	85.93	564.04	64.56	303.09	64.35	301.49
6802	AP	6891	BPK-B	34.49	162.46	33.91	160.67	33.88	159.78
6803	RY2-B	6807	BKI	39.67	342.05	39.56	341.36	38.97	334.79
6803	RY2-B	6806	BWN	10.85	48.77	13.72	62.96	30.46	140.46
6804	RY2	6807	BKI	3.01	5.05	2.69	6.61	2.3	4.07
6807	BKI	6810	CT	22.65	94.51	22.69	94.75	22.62	94.3
6812	PA2	6891	BPK-B	4.51	5	4.48	5.17	15.8	298.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.20 แสดงผลการศึกษาลดภาระโหลดจากผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6800-6806(AP_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 23 เส้น จากผลการศึกษาระบายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณี ด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัว จากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6707-6708, 6800-6804 และ 6801-6802 ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาระโหลดของสายส่งให้อยู่ช่วงควบคุมได้ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32

กรณีที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

ตารางที่ 5.21 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6702	CC	6705	BPK	12.97	15.69	12.96	15.7	12.99	15.73
6702	CC	6703	PA1	4.64	3.49	4.47	3.37	4.52	3.37
6703	PA1	6727	SMP	20.31	26.37	20.22	26.22	20.22	26.25
6705	BPK	6706	CB	11.25	12.66	11.29	13.68	11.57	13.25
6706	CB	6707	SC	51.1	93.22	52.21	95.21	51.74	94.37
6707	SC	6709	AP	30.79	51.77	31.48	52.98	31.13	52.49
6707	SC	6708	BBG	30.04	32.85	29.54	32.55	29.86	32.49
6708	BBG	6723	BWN	19.06	68.45	19.05	68.47	19	68.2
6726	PA2	6727	SMP	34.7	126.72	34.63	126.4	34.63	126.46
6800	AP-B	6806	BWN	33.4	156.55	32.15	150.75	32.54	152.21
6800	AP-B	6804	RY2	69.9	329.18	74.78	355.63	73.01	342.82
6801	BPK-A	6808	KLM	25.74	246.86	25.94	248.85	25.82	247.68
6801	BPK-A	6802	AP	99.54	461.01	100.79	468.39	100.45	464.58
6803	RY2-B	6807	BKI	55.24	475.92	69.7	604.52	53.31	456.98
6803	RY2-B	6806	BWN	37.26	178.64	36.82	176.98	38.35	183.52
6804	RY2	6807	BKI	7.04	52.32	11.23	97.94	16.9	143.63
6812	PA2	6891	BPK-B	4.97	12.22	4.88	12.05	4.95	11.96

จากตารางที่ 5.21 แสดงผลการศึกษาลดภาระโหลดจากผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 17 เส้น จากผลการศึกษาระบายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6705-6706, 6706-6707, 6707-6709, 6707-6708, 6800-6804 , 6801-6802และ 6803-6807 ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการทำการลดกำลังไฟฟ้าง สามารถลดภาระโหลดของสายส่งให้อยู่ช่วงควบคุมได้ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32

กรณีที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

ตารางที่ 5.22 ผลการป้องกันภาระโหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	6706	CB	20.73	37.3	16.29	29.03	16.35	29.09
6706	CB	6707	SC	13.74	7.56	12.71	8.95	12.43	8.79
6707	SC	6709	AP	19.74	26.68	19.68	25.28	19.53	25.18
6707	SC	6708	BBG	14.19	16.68	10.07	1.98	10.04	2.07
6708	BBG	6723	BWN	12.68	43.5	15.01	53.01	15.01	52.97
6713	RY3	6734	RY2-B	12.9	62.37	8.06	38.6	8.09	38.86
6713	RY3	6715	RY1	54.85	92.43	57.47	97.4	57.34	97.69
6715	RY1	6716	KLA	19.82	25.15	13.32	16.92	12.44	15.96
6716	KLA	6734	RY2-B	8.24	5.94	10.65	13.09	11.64	13.94
6716	KLA	6717	CT	55.04	65.12	35.22	43.08	34.42	40.07
6800	AP-B	6806	BWN	24	114.67	4.61	7.82	4.09	8.64
6800	AP-B	6804	RY2	100.64	472.07	99.75	472.88	100	465.77
6801	BPK-A	6802	AP	47.17	219.82	62.19	291.19	62.08	289.79
6802	AP	6891	BPK-B	22.14	101.75	32.56	153.22	32.56	152.27
6803	RY2-B	6806	BWN	24.61	114.84	4.37	15.99	4.33	15.17
6804	RY2	6807	BKI	9.58	81.29	10.42	90.81	1.66	4.85
6807	BKI	6810	CT	31.58	133.49	28.29	120.48	27.67	116.63

จากตารางที่ 5.22 แสดงผลการศึกษาการลดภาระโหลดจากผลกระทบต่อภาระโหลดของสายส่งในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 17 เส้น จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6716-6717, 6800-6804 , 6801-6802 และ 6802-6891 ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาระโหลดของสายส่งให้อยู่ช่วงควบคุมได้ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32

กรณีที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

ตารางที่ 5.23 ผลการป้องกันภาระ โหลดของสายส่งกรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Line LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	6706	CB	16.79	29.9	16.91	30.19	16.77	29.84
6706	CB	6707	SC	12.22	7.09	12.54	6.56	12.11	7.25
6707	SC	6709	AP	19.77	25.44	20.3	25.8	19.72	25.38
6707	SC	6708	BBG	10.22	0.33	11.18	1.45	10.31	0.02
6708	BBG	6723	BWN	14.65	51.61	14.65	51.62	14.7	51.79
6713	RY3	6734	RY2-B	11.75	56.77	9.86	47.23	9.83	47.32
6713	RY3	6715	RY1	60.57	104.59	61.23	105.84	61.33	106.07
6715	RY1	6716	KLA	5.45	2.86	5.92	1.65	5.42	0.17
6716	KLA	6734	RY2-B	21.44	27.89	22.08	28.78	23.09	30.01
6716	KLA	6717	CT	3.4	0.9	3.27	3.53	6.39	7.82
6800	AP-B	6806	BWN	5.08	6.66	6.23	7.28	5.06	4.49
6800	AP-B	6804	RY2	100.91	471.37	100.03	471.17	100.72	470
6801	BPK-A	6802	AP	60.63	282.65	60.18	281.78	60.79	283.41
6802	AP	6891	BPK-B	31.46	146.79	31.02	145.95	31.61	147.38
6803	RY2-B	6807	BKI	35.34	304.84	29.58	256.4	5.73	44.99
6804	RY2	6807	BKI	3.36	5.1	2.96	22.27	2.29	3.39
6807	BKI	6810	CT	22.86	95.29	22.68	94.98	22.01	91.55

จากตารางที่ 5.23 แสดงผลการศึกษาการลดภาระ โหลดจากผลกระทบต่อภาระ โหลดของสายส่งในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 17 เส้น จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีสายส่ง หมายเลข 6800-6804 และ 6801-6802 ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาระ โหลดของสายส่งให้อยู่ช่วงควบคุมได้ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 ผลการศึกษา การป้องกันผลกระทบต่อภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

กรณีศึกษาที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

ตารางที่ 5.24 ผลการป้องกันภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณี สายส่ง 6800-6806 (AP_B-BWN)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	19.05	35.82	19.34	36.64	19.97	37.82
6705	BPK	602	BPK-4J	18.99	35.7	19.27	36.52	19.91	37.7
6709	AP	608	AP-3J	79.86	131.48	80.96	133.6	82.24	136.48
6709	AP	607	AP-2J	79.73	131.26	80.83	133.38	82.1	136.25
6709	AP	606	AP-1J	80.53	132.58	81.64	134.72	82.93	137.63
6717	CT	642	CT-5J	49.84	93.43	49.92	93.67	49.77	93.22
6717	CT	641	CT-4J	49.88	93.51	49.96	93.74	49.81	93.3
6723	BWN	623	BWN-3J	66.49	123.5	69.93	130.4	69.74	116.86
6723	BWN	624	BWN-4J	67.93	126.19	71.45	133.23	67.42	119.4
6723	BWN	621	BWN-1J	73.21	135.98	77	143.57	63.34	188.67
6723	BWN	622	BWN-2J	70.77	131.45	74.43	138.79	64.72	124.38
6726	PA2	646	PA2-2J	21.48	5	21.35	5.17	21.56	5.01
6726	PA2	645	PA2-1J	21.48	5	21.35	5.17	21.56	5.01
6734	RY2-B	615	RY2-6J	57.2	116.3	57.4	116.8	57.24	126.11
6734	RY2-B	611	RY2-1J	60.47	122.96	60.69	123.48	60.51	122.76
6802	AP	608	AP-3J	79.86	131.48	80.96	133.6	82.24	136.48
6802	AP	607	AP-2J	79.73	131.26	80.83	133.38	82.1	136.25
6802	AP	606	AP-1J	80.53	132.58	81.64	134.72	82.93	137.63
6803	RY2-B	615	RY2-6J	57.2	116.3	57.4	116.8	57.24	116.11
6803	RY2-B	611	RY2-1J	60.47	122.96	60.69	123.48	60.51	122.76
6806	BWN	622	BWN-2J	70.77	131.45	74.43	138.78	67.42	124.38
6806	BWN	621	BWN-1J	73.21	135.98	77	143.57	69.74	128.67
6806	BWN	624	BWN-4J	67.93	126.19	71.45	133.23	64.72	119.4
6806	BWN	623	BWN-3J	66.49	123.5	69.93	130.4	63.34	116.86
6810	CT	641	CT-4J	49.88	93.51	49.96	93.74	49.81	93.3
6810	CT	642	CT-5J	49.84	93.43	49.92	93.67	49.77	93.22
6812	PA2	646	PA2-2J	21.48	5	21.35	5.17	21.56	5.01
6812	PA2	645	PA2-1J	21.48	5	21.35	5.17	21.56	5.01
6891	BPK-B	602	BPK-4J	18.99	35.7	19.27	36.52	19.91	37.7
6891	BPK-B	601	BPK-1J	19.05	35.82	19.34	36.64	19.97	37.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

ตารางที่ 5.25 ผลการป้องกันภาวะโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณี 6802-6891 (AP-BPK_B)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	10.67	3.08	10.19	2.08	10.75	2.53
6705	BPK	602	BPK-4J	10.64	3.07	10.16	2.07	10.72	2.52
6709	AP	608	AP-3J	94.75	168.22	95.64	169.57	94.84	168.58
6709	AP	607	AP-2J	94.6	167.94	95.48	169.29	94.68	168.3
6709	AP	606	AP-1J	95.55	169.63	96.44	170.99	95.64	170
6723	BWN	623	BWN-3J	60.61	110.76	60.82	111.14	60.48	110.5
6723	BWN	624	BWN-4J	61.93	113.17	62.14	113.56	61.48	112.9
6723	BWN	621	BWN-1J	66.73	121.96	66.27	122.37	66.6	121.66
6723	BWN	622	BWN-2J	64.51	117.89	64.73	118.3	64.38	117.61
6726	PA2	646	PA2-2J	23.7	12.22	23.29	12.05	23.59	11.96
6726	PA2	645	PA2-1J	23.7	12.22	23.29	12.05	23.59	11.96
6802	AP	608	AP-3J	94.75	168.92	95.64	169.57	94.84	168.58
6802	AP	607	AP-2J	94.6	167.94	95.48	169.29	94.68	168.3
6802	AP	606	AP-1J	95.55	169.63	96.44	170.99	95.64	170
6806	BWN	622	BWN-2J	64.51	117.89	64.73	118.3	64.38	117.61
6806	BWN	621	BWN-1J	66.73	121.96	66.97	122.37	66.6	121.66
6806	BWN	624	BWN-4J	61.93	113.17	62.14	111.14	61.8	112.9
6806	BWN	623	BWN-3J	60.61	110.76	60.82	113.56	60.48	110.5
6812	PA2	646	PA2-2J	23.7	12.22	23.29	12.05	23.59	11.96
6812	PA2	645	PA2-1J	23.7	12.22	23.29	12.05	23.59	11.96
6891	BPK-B	602	BPK-4J	10.64	3.07	10.16	2.07	10.72	2.52
6891	BPK-B	601	BPK-1J	10.67	3.08	10.19	2.08	10.75	2.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

ตารางที่ 5.26 ผลการป้องกันภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	26.02	51.16	22.57	43.93	22.61	43.96
6705	BPK	602	BPK-4J	25.93	50.99	22.54	43.79	22.54	43.81
6709	AP	608	AP-3J	87.91	152.08	88.63	153.58	88.33	153.2
6709	AP	607	AP-2J	87.77	151.83	88.53	153.32	88.18	152.94
6709	AP	606	AP-1J	88.65	153.36	89.43	154.87	89.07	154.48
6717	CT	642	CT-5J	69.46	131.38	62.24	118.79	60.88	115.01
6717	CT	641	CT-4J	69.52	131.48	62.29	118.88	60.93	115.1
6723	BWN	623	BWN-3J	55.36	98.95	57.54	103.87	57.48	103.73
6723	BWN	624	BWN-4J	56.57	101.1	58.8	106.13	58.74	105.99
6723	BWN	621	BWN-1J	60.95	108.95	63.36	114.36	63.29	114.21
6723	BWN	622	BWN-2J	58.92	105.32	61.24	110.55	61.18	110.41
6734	RY2-B	615	RY2-6J	54.57	110.72	46.2	94.1	46.73	95.11
6734	RY2-B	611	RY2-1J	57.69	117.05	48.85	99.49	49.4	100.55
6802	AP	608	AP-3J	87.91	152.08	88.63	153.58	89.07	153.2
6802	AP	607	AP-2J	87.77	151.83	88.53	153.32	88.18	152.94
6802	AP	606	AP-1J	88.65	153.36	89.43	154.87	88.33	154.48
6803	RY2-B	615	RY2-6J	54.57	110.72	46.2	94.1	46.73	95.11
6803	RY2-B	611	RY2-1J	57.69	117.05	48.85	99.49	49.4	100.55
6806	BWN	622	BWN-2J	58.92	105.32	61.24	110.55	61.18	110.41
6806	BWN	621	BWN-1J	60.95	108.95	63.36	114.36	63.29	114.21
6806	BWN	624	BWN-4J	56.57	101.1	58.8	106.13	58.74	105.99
6806	BWN	623	BWN-3J	55.36	98.95	57.54	103.87	57.48	103.73
6810	CT	641	CT-4J	69.52	131.48	62.29	118.88	60.93	115.1
6810	CT	642	CT-5J	69.46	131.38	62.24	118.79	60.88	115.01
6891	BPK-B	602	BPK-4J	26.02	51.16	22.5	43.79	22.61	43.96
6891	BPK-B	601	BPK-1J	25.93	50.99	22.57	43.93	22.54	43.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

ตารางที่ 5.27 ผลการป้องกันภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BKI)

Transformer LODF Records				Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	Number	Name	%Loading	MW	%Loading	MW	%Loading	MW
6705	BPK	601	BPK-1J	22.94	44.62	23.02	44.89	22.94	44.62
6705	BPK	602	BPK-4J	22.86	44.48	22.95	44.75	22.87	44.47
6709	AP	608	AP-3J	88.19	152.97	88.79	153.64	88.24	153.06
6709	AP	607	AP-2J	88.04	152.72	88.64	153.39	88.1	152.81
6709	AP	606	AP-1J	88.93	154.26	89.53	154.93	88.98	154.35
6717	CT	642	CT-5J	50.19	94.2	49.89	93.9	48.41	90.54
6717	CT	641	CT-4J	50.23	94.28	49.93	93.97	48.45	90.61
6723	BWN	623	BWN-3J	56.93	102.67	57.97	103.87	57	102.8
6723	BWN	624	BWN-4J	60.59	104.9	59.23	106.14	58.24	105.04
6723	BWN	621	BWN-1J	62.68	113.04	63.83	114.37	62.76	113.19
6723	BWN	622	BWN-2J	60.59	109.27	61.7	110.56	60.67	109.42
6734	RY2-B	615	RY2-6J	62.17	126.54	58.06	118.64	58.7	119.55
6802	AP	608	AP-3J	88.19	152	88.79	153.64	88.24	153.06
6802	AP	607	AP-2J	88.04	97	88.64	153.39	88.1	152.81
6802	AP	606	AP-1J	88.93	154.26	89.53	154.93	88.98	154.38
6803	RY2-B	615	RY2-6J	62.17	126.54	58.06	118.64	58.7	119.55
6803	RY2-B	611	RY2-1J	65.72	133.78	61.38	125.63	62.06	126.4
6806	BWN	622	BWN-2J	60.59	109.27	61.7	110.56	60.67	109.42
6806	BWN	621	BWN-1J	62.68	113.04	63.38	114.37	62.76	113.19
6806	BWN	624	BWN-4J	56.93	104.9	59.23	106.14	57	105.04
6806	BWN	623	BWN-3J	58.17	102.67	57.97	103.87	58.24	102.8
6810	CT	641	CT-4J	50.23	94.28	49.93	93.97	48.45	90.61
6810	CT	642	CT-5J	50.19	94.2	49.89	93.9	48.41	90.54
6891	BPK-B	602	BPK-4J	22.94	44.62	22.95	44.75	22.87	44.62
6891	BPK-B	601	BPK-1J	22.86	44.48	23.02	44.89	22.94	44.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.24 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อภาวะโหลดของหม้อแปลงในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6800-6806(AP_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 30 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือ ผลกระทบต่อสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีหม้อแปลง หมายเลข 6723-621, 6723-622, 6723-623, 6723-624, 6806-621, 6806-622, 6806-623 และ 6806-624 ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการทำการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาวะโหลดของหม้อแปลงให้อยู่ช่วงควบคุมได้

จากตารางที่ 5.25 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อภาวะโหลดของหม้อแปลงในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 22 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบตอสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า มีหม้อแปลง หมายเลข 6709-607, 6709-608, 6709-609, 6802-606, 6802-607 และ 6802-608 ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการทำการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาวะโหลดของหม้อแปลงให้อยู่ช่วงควบคุมได้

จากตารางที่ 5.26 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อภาวะโหลดของหม้อแปลงในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 26 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบตอสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า ไม่มีหม้อแปลงแรงดัน ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาวะโหลดของหม้อแปลงได้

จากตารางที่ 5.27 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อภาวะโหลดของหม้อแปลงในสภาวะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ซึ่งสายส่งที่ได้รับภาระดังกล่าวมีอยู่ 25 หม้อแปลง จากผลการศึกษาการกระจายของกำลังไฟฟ้า (LODF) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบตอสภาวะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า ไม่มีสายส่งหม้อแปลงแรงดัน ได้รับภาระเกิน 100% แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง สามารถลดภาวะโหลดของหม้อแปลงได้ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละกรณีนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 5.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 ผลการศึกษา การป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้า

กรณีที่ 1. สายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

ตารางที่ 5.28 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN)

Bus		Reducing MW			Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	501.43	1.003	501.67	1.003	501.26	1.003
6800	AP-B	230	231.25	1.005	231.54	1.007	231.4	1.006
6801	BPK-A	230	232.5	1.011	232.39	1.01	232.55	1.011
6802	AP	230	231.28	1.006	231.57	1.007	231.42	1.006
6803	RY2-B	230	230.94	1.004	231.08	1.005	230.38	1.002
6804	RY2	230	231.02	1.004	231.32	1.006	230.89	1.004
6806	BWN	230	229.36	0.997	229.3	0.997	226.51	0.985
6807	BKI	230	231.38	1.006	231.63	1.007	231.16	1.005
6808	KLM	230	232.07	1.009	231.99	1.009	232.12	1.009
6809	SSM	230	231.37	1.006	231.62	1.007	231.15	1.005
6810	CT	230	225.87	0.982	226.09	0.983	225.66	0.981
6812	PA2	230	228.9	0.995	228.81	0.995	228.96	0.995
6822	AU2	230	231.32	1.006	231.61	1.007	231.46	1.006
6853	NKM	230	231.26	1.005	231.37	1.006	230.72	1.003
6891	BPK-B	230	232.24	1.01	232.12	1.009	232.31	1.01
6702	CC	115	116.21	1.011	116.18	1.01	116.25	1.011
6703	PA1	115	115.61	1.005	115.59	1.005	115.64	1.006
6704	WNK	115	114.99	1	114.96	1	115.01	1
6705	BPK	115	116.84	1.016	116.81	1.016	116.88	1.016
6706	CB	115	115.83	1.007	115.84	1.007	115.84	1.007
6707	SC	115	117.35	1.02	117.44	1.021	117.33	1.02
6708	BBG	115	116.26	1.011	116.18	1.01	115.27	1.002
6709	AP2	115	117.91	1.025	118	1.026	117.92	1.025
6710	BL	115	114.93	0.999	115.02	1	114.94	0.999
6711	SHI	115	115.73	1.006	115.82	1.007	115.65	1.006
6712	SH2	115	115.15	1.001	115.24	1.002	115.07	1.001
6713	RY3	115	117.01	1.017	117.1	1.018	116.93	1.017
6714	RY2-A	115	115.89	1.008	115.84	1.007	115.95	1.008
6715	RY1	115	114.28	0.994	114.35	0.994	114.21	0.993
6716	KLA	115	115.32	1.003	115.41	1.004	115.23	1.002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.28 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN) (ต่อ)

Bus		Reducing MW			Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	114.63	0.997	114.73	0.998	114.52	0.996
6718	TR	115	112.14	0.975	112.24	0.976	112.04	0.974
6719	CTN	115	114.66	0.997	114.75	0.998	114.67	0.997
6722	AU1	115	117.89	1.025	118	1.026	117.94	1.026
6723	BWN2	115	117.31	1.02	117.24	1.019	116.1	1.01
6724	KLM	115	117.44	1.021	117.42	1.021	117.45	1.021
6726	PA2	115	117.22	1.019	117.2	1.019	117.24	1.019
6727	SMP	115	117.72	1.024	117.7	1.023	117.74	1.024
6731	KRD	115	115.22	1.002	115.32	1.003	115.12	1.001
6734	RY2-B	115	117.12	1.018	117.21	1.019	117.02	1.018

จากตารางที่ 5.28 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6800-6806(AP_B-BWN) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่บัส อยู่ในช่วงควบคุมค่าคือ 0.95 – 1.05 เปรอ์ยูนิต แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง แรงดันไฟฟ้าที่บัสยังคงอยู่ช่วงควบคุม ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32 ดังนั้นจากผลการศึกษาระบบการป้องกันในการลดภาระการรับโหลดของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานให้กลับคืนสู่ภาวะปกติ สามารถสรุปการลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละกรณีได้ตามตารางที่ 5.32 ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการ

กรณีศึกษาที่ 2. สายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

ตารางที่ 5.29 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B)

Bus			Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	501.52	1.003	503.28	1.007	494.65	0.989
6800	AP-B	230	229.85	0.999	230.35	1.002	229.63	0.998
6801	BPK-A	230	231.72	1.007	231.54	1.007	231.64	1.007
6802	AP	230	229.87	0.999	230.37	1.002	229.65	0.998
6803	RY2-B	230	231.24	1.005	232.31	1.01	230.85	1.004
6804	RY2	230	231.15	1.005	233.64	1.016	230.71	1.003
6806	BWN	230	229.62	0.998	230.11	1	229.41	0.997
6807	BKI	230	231.53	1.007	233.52	1.015	230.86	1.004
6808	KLM	230	231.37	1.006	231.23	1.005	231.31	1.006
6809	SSM	230	231.52	1.007	233.51	1.015	230.85	1.004
6810	CT	230	225.99	0.983	227.69	0.99	225.42	0.98
6812	PA2	230	229.56	0.998	229.32	0.997	229.54	0.998
6822	AU2	230	229.93	1	230.42	1.002	229.71	0.999
6853	NKM	230	231.54	1.007	232.53	1.011	231.18	1.005
6891	BPK-B	230	233.14	1.014	232.83	1.012	233.11	1.014
6702	CC	115	116.26	1.011	116.15	1.01	116.24	1.011
6703	PA1	115	115.69	1.006	115.62	1.005	115.68	1.006
6704	WNK	115	115.08	1.001	115.02	1	115.08	1.001
6705	BPK	115	116.89	1.016	116.78	1.015	116.86	1.016
6706	CB	115	115.76	1.007	115.73	1.006	115.71	1.006
6707	SC	115	117.26	1.02	117.38	1.021	117.2	1.019
6708	BBG	115	116.17	1.01	116.35	1.012	116.08	1.009
6709	AP2	115	117.76	1.024	117.89	1.025	117.69	1.023
6710	BL	115	114.79	0.998	114.92	0.999	114.73	0.998
6711	SHI	115	115.78	1.007	116.01	1.009	115.71	1.006
6712	SH2	115	115.2	1.002	115.42	1.004	115.13	1.001
6713	RY3	115	117.06	1.018	117.29	1.02	116.99	1.017
6714	RY2-A	115	116.12	1.01	116.17	1.01	116.05	1.009
6715	RY1	115	114.33	0.994	114.53	0.996	114.26	0.994
6716	KLA	115	115.39	1.003	115.77	1.007	115.27	1.002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.29 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6802-6891 (AP-BPK_B) (ต่อ)

Bus			Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	114.71	0.998	115.5	1.004	114.45	0.995
6718	TR	115	112.22	0.976	113	0.983	111.97	0.974
6719	CTN	115	114.52	0.996	114.65	0.997	114.46	0.995
6722	AU1	115	117.39	1.021	117.56	1.022	117.31	1.02
6723	BWN2	115	117.34	1.02	117.54	1.022	117.25	1.02
6724	KLM	115	117.27	1.02	117.24	1.019	117.25	1.02
6726	PA2	115	117.34	1.02	117.27	1.02	117.34	1.02
6727	SMP	115	117.8	1.024	117.75	1.024	117.8	1.024
6731	KRD	115	115.31	1.003	116.06	1.009	115.05	1
6734	RY2-B	115	117.19	1.019	117.45	1.021	117.1	1.018

จากตารางที่ 5.29 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าในสถานะคงตัวในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6802-6891 (AP-BPK_B) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธีการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่บัส อยู่ในช่วงควบคุมค่าคือ 0.95 – 1.05 เปรอ์ยูนิต แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้างลง แรงดันไฟฟ้าที่บัสยังคงอยู่ช่วงควบคุม ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32 ดังนั้นจากผลการศึกษากระบวนการป้องกันในการลดภาระการรับโหลดของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานให้กลับคืนสู่สถานะปกติ สามารถสรุปการลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละกรณีได้ตามตารางที่ 5.32 ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 3. สายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

ตารางที่ 5.30 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI)

Bus		Reducing MW			Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	502.18	1.004	504.17	1.008	494.58	0.989
6800	AP-B	230	231.17	1.005	231.33	1.006	231.01	1.004
6801	BPK-A	230	232.68	1.012	232.55	1.011	232.55	1.011
6802	AP	230	231.2	1.005	231.36	1.006	231.05	1.005
6803	RY2-B	230	230.54	1.002	231.41	1.006	231.29	1.006
6804	RY2	230	231.94	1.008	234.24	1.018	230.58	1.003
6806	BWN	230	230.12	1.001	230.48	1.002	230.32	1.001
6807	BKI	230	232.29	1.01	234.47	1.019	230.76	1.003
6808	KLM	230	232.24	1.01	232.12	1.009	232.12	1.009
6809	SSM	230	232.27	1.01	234.46	1.019	230.75	1.003
6810	CT	230	225.19	0.979	227.98	0.991	224.92	0.978
6812	PA2	230	229.08	0.996	228.98	0.996	228.96	0.995
6822	AU2	230	231.24	1.005	231.4	1.006	231.09	1.005
6853	NKM	230	230.88	1.004	231.66	1.007	231.54	1.007
6891	BPK-B	230	232.47	1.011	232.33	1.01	232.31	1.01
6702	CC	115	116.42	1.012	116.35	1.012	116.33	1.012
6703	PA1	115	115.69	1.006	115.68	1.006	115.67	1.006
6704	WNK	115	114.99	1	115.01	1	115.01	1
6705	BPK	115	117.07	1.018	116.99	1.017	116.97	1.017
6706	CB	115	116.09	1.009	115.98	1.009	116.01	1.009
6707	SC	115	117.7	1.023	117.73	1.024	117.65	1.023
6708	BBG	115	116.18	1.01	116.41	1.012	116.34	1.012
6709	AP2	115	118.16	1.027	118.2	1.028	118.12	1.027
6710	BL	115	115.18	1.002	115.22	1.002	115.14	1.001
6711	SH1	115	115.39	1.003	115.75	1.006	115.67	1.006
6712	SH2	115	114.81	0.998	115.16	1.001	115.09	1.001
6713	RY3	115	116.67	1.015	117.03	1.018	116.95	1.017
6714	RY2-A	115	115.82	1.007	116.21	1.01	116.17	1.01
6715	RY1	115	113.94	0.991	114.3	0.994	114.2	0.993
6716	KLA	115	114.87	0.999	115.59	1.005	115.21	1.002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.30 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6807 (RY2_B-BKI) (ต่อ)

Bus			Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	114.58	0.996	115.87	1.008	114.52	0.996
6718	TR	115	112.1	0.975	113.36	0.986	112.04	0.974
6719	CTN	115	114.91	0.999	114.95	1	114.87	0.999
6722	AU1	115	117.85	1.025	117.92	1.025	117.81	1.024
6723	BWN2	115	117.47	1.021	117.66	1.023	117.59	1.022
6724	KLM	115	117.44	1.021	117.44	1.021	117.44	1.021
6726	PA2	115	117.23	1.019	117.24	1.02	117.24	1.019
6727	SMP	115	117.73	1.024	117.74	1.024	117.74	1.024
6731	KRD	115	114.58	0.996	116.41	1.012	115.12	1.001
6734	RY2-B	115	116.76	1.015	117.14	1.019	117.06	1.018

จากตารางที่ 5.30 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าในสถานะคงตัว ในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6807 (RY2_B-BKI) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัวจากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่บัส อยู่ในช่วงควบคุมค่าคือ 0.95 – 1.05 เปรอ์ยูนิต แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง แรงดันไฟฟ้าที่บัสยังคงอยู่ช่วงควบคุม ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32 ดังนั้นจากผลการศึกษาการระบบการป้องกัน ในการลดภาระการรับ โหลดของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานให้กลับคืนสู่สถานะปกติ สามารถสรุปการลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละกรณีได้ตามตารางที่ 5.32 ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการ

กรณีศึกษาที่ 4. สายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

ตารางที่ 5.31 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

Bus		Reducing MW			Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6911	PDG	500	501.55	1.003	502.82	1.006	495.06	0.99
6800	AP-B	230	230.86	1.004	231.26	1.005	230.9	1.004
6801	BPK-A	230	232.48	1.011	232.42	1.011	232.55	1.011
6802	AP	230	230.89	1.004	231.29	1.006	230.93	1.004
6803	RY2-B	230	231.26	1.005	232.4	1.01	231.4	1.006
6804	RY2	230	231.1	1.005	232.76	1.012	230.9	1.004
6806	BWN	230	229.78	0.999	229.9	1	229.81	0.999
6807	BKI	230	231.52	1.007	232.96	1.013	231.17	1.005
6808	KLM	230	232.06	1.009	232.02	1.009	232.12	1.009
6809	SSM	230	231.51	1.007	232.95	1.013	231.16	1.005
6810	CT	230	225.99	0.983	227.26	0.988	225.73	0.981
6812	PA2	230	228.88	0.995	228.85	0.995	228.96	0.995
6822	AU2	230	230.94	1.004	231.33	1.006	230.98	1.004
6853	NKM	230	231.57	1.007	232.61	1.011	231.67	1.007
6891	BPK-B	230	232.21	1.01	232.16	1.009	232.31	1.01
6702	CC	115	116.29	1.011	116.28	1.011	116.33	1.012
6703	PA1	115	115.63	1.006	115.63	1.005	115.67	1.006
6704	WNK	115	114.98	1	114.97	1	115	1
6705	BPK	115	116.92	1.017	116.92	1.017	116.96	1.017
6706	CB	115	115.96	1.008	115.98	1.009	115.99	1.009
6707	SC	115	117.59	1.023	117.66	1.023	117.61	1.023
6708	BBG	115	116.14	1.01	116.04	1.009	116.16	1.01
6709	AP2	115	118.06	1.027	118.15	1.027	118.07	1.027
6710	BL	115	115.08	1.001	115.17	1.001	115.1	1.001
6711	SHI	115	115.78	1.007	116.08	1.009	115.83	1.007
6712	SH2	115	115.2	1.002	115.5	1.004	115.25	1.002
6713	RY3	115	117.06	1.018	117.37	1.021	117.12	1.018
6714	RY2-A	115	115.96	1.008	116.05	1.009	116.2	1.01
6715	RY1	115	114.32	0.994	114.58	0.996	114.36	0.994
6716	KLA	115	115.38	1.003	115.74	1.006	115.37	1.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.31 ผลการป้องกันผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้ากรณีสายส่ง 6803-6806 (RY2_B-BWN)

(ต่อ)

Bus			Reducing MW		Shedding (SPP)		Shedding (IPP)	
Number	Name	(kV)	kV	p.u.	kV	p.u.	kV	p.u.
6717	CT	115	114.7	0.997	115.26	1.002	114.53	0.996
6718	TR	115	112.21	0.976	112.76	0.981	112.04	0.974
6719	CTN	115	114.81	0.998	114.9	0.999	114.83	0.998
6722	AU1	115	117.75	1.024	117.89	1.025	117.77	1.024
6723	BWN2	115	117.36	1.021	117.25	1.02	117.38	1.021
6724	KLM	115	117.43	1.021	117.42	1.021	117.44	1.021
6726	PA2	115	117.21	1.019	117.2	1.019	117.24	1.019
6727	SMP	115	117.71	1.024	117.71	1.024	117.74	1.024
6731	KRD	115	115.29	1.003	115.83	1.007	115.12	1.001
6734	RY2-B	115	117.19	1.019	117.52	1.022	117.24	1.02

จากตารางที่ 5.31 แสดงผลการศึกษาการป้องกันจากผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าในสถานะคงตัวในกรณีของสายส่ง หมายเลข 6803-6806 (RY2_B-BWN) ซึ่งในตารางได้แสดงค่าไว้ทั้ง 3 กรณีด้วยกัน คือผลกระทบต่อสถานะคงตัว จากวิธี การลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยและการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่บัส อยู่ในช่วงควบคุมค่าคือ 0.95 – 1.05 เปรอร์ยูนิต แต่เมื่อจากการลดกำลังไฟฟ้าลง แรงดันไฟฟ้าที่บัสยังคงอยู่ช่วงควบคุม ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเป็นไปตามตารางที่ 5.32 ดังนั้นจากการศึกษาระบบการป้องกันในการลดภาระการรับโหลดของอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานให้กลับคืนสู่สถานะปกติ สามารถสรุปการลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละกรณีได้ตามตารางที่ 5.32 ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการ

ตารางที่ 5.32 ปริมาณการลดกำลังไฟฟ้าหลังจากระบบกลับคืนสู่สถานะคงตัวเพื่อลดภาระโหลดของสายส่ง

Case	Line Number	Protection Scheme for Power System recovery		
		Reducing MW	Shedding (SPP)	Shedding (IPP)
1	6800-6806	1658	1392.5	1361.2
2	6803-6807	2002	1098	1111.2
3	6803-6806	1688	1256	1117.2
4	6802-6891	1956	1410	1290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจากปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่ง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทยในแต่ละภาคจะพบว่า กำลังการผลิตและปริมาณโหลดในแต่ละภาคนั้นจะไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีกำลังการผลิตสูงกว่าปริมาณโหลดเกือบเท่าตัว ดังนั้นกำลังการผลิตที่เหลือ จะถูกส่งจ่ายพลังงานไปยังระบบกำลังไฟฟ้าภาคกลาง ซึ่งถ้าสายส่งที่มีการส่งจ่ายพลังงานที่สูงถูกปลดออก ซึ่งอาจทำให้สายส่งที่เหลืออาจไม่เพียงพอในการส่งผ่านพลังงาน หรือทำให้เกิดภาวะความหนาแน่นของโหลดในสายส่งซึ่งส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพต่ออุปกรณ์ในการส่งผ่านพลังงาน และในสภาวะดังกล่าวหากสายส่งที่มีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงานถูกปลดออกอาจทำให้กำลังไฟฟ้าในระบบเกิดการแกว่งและอาจเป็นสาเหตุทำให้ระบบนำไปสู่ความล้มเหลวได้ เมื่อทำการวิเคราะห์การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปยังภาคกลางพบว่าการเชื่อมต่อระบบโดยการส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV โดยเฉพาะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV มีจำนวนสองเส้นซึ่งเชื่อมต่อกับภาคกลางที่สถานีย่อยวังน้อยและสถานีย่อยหนองจอก โดยมีกำลังไฟฟ้าส่งจ่ายรวมทั้งสองเส้นโดยรวมอยู่ที่กว่า 1500 MW ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่ส่งจ่ายออกค่อนข้างสูง และสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV มีความยาวของสายส่งกว่า 190km ซึ่งนับได้ว่าเป็นสายส่งระยะยาว ด้วยความยาวของสายส่งนั้นส่งผลให้เกิดความเสี่ยงหรือโอกาสในการเกิดภาวะระบบกวนต่อสายส่งขึ้นได้ และรวมถึงโอกาสในการซ่อมบำรุงรักษาขึ้นได้ ดังนั้นในงานวิจัยจะทำการศึกษาผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งได้กำหนดกรณีในการศึกษาไว้สองกรณีคือ ผลกระทบในกรณีที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก และผลกระทบในกรณีที่สายส่ง 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ซึ่งในแต่ละกรณีได้กำหนดเหตุการณ์ในการปลดของสายส่ง ไว้สองกรณีเช่นเดียวกัน โดยกำหนดให้มีการสวิตช์ซึ่งสายส่งเพื่อปลดสายส่งสำหรับการบำรุงรักษา และอีกกรณีกำหนดให้เกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟสขึ้นที่ 50% ของสายส่งและสั่งปลดสายส่งเส้นนั้นออกโดยกำหนดให้อุปกรณ์รีโคสเซอร์ไม่ได้เข้าใช้งาน ซึ่งในแต่ละกรณีนั้นได้ทำการศึกษาทั้งในสภาวะคงตัว และสภาวะทรานเซียนต์ ดังนั้นผลการศึกษาและวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ตามหัวข้อดังนี้

6.1.1 สรุปผลการศึกษาผลกระทบและความเสถียรภาพ กรณีสายส่ง 500kV ถูกปลดออก

ในการศึกษาผลกระทบในกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกจะทำการศึกษากับระบบกำลังไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุด (Peak Load) ซึ่งผลในการศึกษาในสภาวะคงตัว เมื่อทำการศึกษาวิเคราะห์แพคเตอร์การกระจายหรือการไหลของกำลังไฟฟ้าจากผลกระทบในกรณีที่สายส่งถูกปลดออก (LODF: Line Outage Distribution Factor) ต่อจำนวนอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานพบว่า มีสายส่งที่ได้รับภาระโหลดเพิ่มขึ้นจากการปลดสายส่ง 500kV ทั้งสองกรณีจำนวน 20 สายส่งดังแสดงในตารางที่ 4.8 แต่พบว่า มีสายส่งอยู่ 6 สายส่งที่ได้รับภาระโหลดเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบไปด้วยสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN), 6800-6804(AP_B-RY2), 6801-6802(BPK_A-AP), 6802-6891(AP-BPK_B), 6803-6807(RY2_B-BKI) และ 6803-6806(RY2_B-BWN) ซึ่งเป็นสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และพบว่า มีหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าได้รับผลกระทบในกรณีดังกล่าวนี้อยู่ 22 หม้อแปลงด้วยกันแต่เมื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ในการรับภาระโหลด พบว่า ยังอยู่ในขอบเขตการควบคุมคือต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันในระบบโดยทำการตรวจสอบแรงดันที่บัส ตามสถานีย่อยแต่ละจุดซึ่งทั้งประกอบด้วย บัสที่ระดับแรงดัน 500kV ทั้งหมด 3 บัส, บัสที่ระดับแรงดัน 230kV ทั้งหมด 16 บัส และบัสที่ระดับแรงดัน 115kV ทั้งหมด 23 บัส ซึ่งพบว่าแรงดันที่บัสต่างๆ มีแนวโน้มที่จะลดลงแต่ระดับแรงดันยังอยู่ในขอบเขตการควบคุมคือ 0.95 - 1.05 เปรอ์ยูนิต และเมื่อทำการศึกษาขีดความสามารถของสายส่งในการส่งผ่านพลังงานพบว่า สายส่งเส้นอื่นยังมีขีดความสามารถในการส่งผ่านพลังงานได้อีกดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.12

ในส่วนของผลกระทบในสภาวะทรานเซียนส์ซึ่งในการวิจัยได้ศึกษาผลกระทบต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 11 เครื่องซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) ที่กระจายอยู่ในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีความเสถียรภาพอยู่ถึงแม้จะเกิดการแกว่งขึ้นแต่ก็สามารถกลับคืนสู่สภาวะปกติได้ ในทั้งสองกรณีและทั้งสองเหตุการณ์ แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ความเสถียรภาพมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 11 เครื่องพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6111(BLCP1), 6112(BLCP2) ได้รับผลกระทบสูงสุดซึ่งสามารถดูได้จากการแกว่งของมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ดังนั้น จากผลการศึกษาในสภาวะคงตัวนี้เมื่อสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น พบว่าทำให้ระบบเกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่งขึ้นโดยสามารถดูได้จากการได้รับภาระโหลดเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ของสายส่ง ซึ่งผลกระทบดังกล่าวอาจส่ง ผลเสียหายต่อสายส่งได้จากผลกระทบด้านความร้อน (Thermal limit)

6.1.2 สรุปผลการศึกษาความเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก

จากผลการทดลองในกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก โดยทำการศึกษากับระบบกำลังไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุด (Peak Load) เช่นเดียวกัน โดยจะเน้นศึกษาผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนส์ ซึ่งจำนวนสายส่งที่ทำการศึกษากับระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออกมีทั้งหมด 26 สายส่ง โดยแบ่งเป็นสายส่งที่ระดับแรงดัน 115kV จำนวน 11 สายส่ง และสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV จำนวน 15 สายส่ง

จากผลการศึกษาจะทำการเปรียบผลกับระบบในสถานะปกติซึ่งพบว่ามีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV อยู่จำนวน 4 เส้นถ้าเส้นใดเส้นหนึ่งถูกปลดออกจากระบบในสถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก จะทำให้ระบบกำลังไฟฟ้าเกิดความไม่เสถียรภาพ ซึ่งสายส่งทั้ง 4 เส้นประกอบไปด้วยสายส่ง 6800-6806(AP_B-BWN), 6802-6891(AP-BPK_B), 6803-6807(RY2_B-BKI) และ 6803-6806(RY2_B-BWN) ซึ่งทั้ง 4 สายส่ง นี้ได้รับภาระโหลดเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการศึกษาในสถานะคงตัว ซึ่งเมื่อทำการศึกษาความเสถียรภาพมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในช่วงที่ระบบไม่เสถียรภาพจากการปลดสายส่งทั้ง 4 เส้นพบว่า ภายใต้สถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น ถ้าสายส่งหมายเลข 6802-6891 ถูกปลดออก จะส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากที่สุด โดยดูได้จากจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.14 ดังนั้นจากผลการศึกษาในสถานะทรานเซียนส์ในกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV หรือ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะที่สายส่ง 500kV ถูกปลดออก สรุปได้ว่าสายส่งทั้ง 4 เส้นมีความสำคัญในการส่งผ่านพลังงานในระบบในสถานะดังกล่าวและเมื่อเส้นใดเส้นหนึ่งถูกปลดออกจำส่งผลให้กำลังไฟฟ้าในระบบเกิดการแกว่งขึ้นได้

จากผลกระทบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบในสถานะคงตัว หรือผลกระทบในสถานะทรานเซียนส์ ไม่ว่าจะเป็นกรณี สายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสอง หรือ สายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV ภายใต้สถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออกทั้งสองเส้น ก็ตามย่อมส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบ ไฟฟ้า และอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบกำลังไฟฟ้าให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นการศึกษาแนวทางการแก้ไข ป้องกัน หรือจำกัดขอบเขตของปัญหา เพื่อที่จะนำระบบกลับคืนสู่สถานะปรกตินับเป็นสิ่งสำคัญ และถือได้ว่าเป็นการยกระดับความเสถียรภาพของระบบอีกทางหนึ่ง

6.2 สรุปผลการศึกษาระบบการป้องกัน

จากผลการวิจัยจะเห็นว่า ทั้งในกรณี สายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก และกรณี สายส่ง 230kV ถูกปลดออกภายใต้สภาวะสายส่ง 500kV ได้ส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าทั้งในสภาวะคงตัวและในสภาวะทรานเซียนส์ ซึ่งมาจากผลกระทบจากปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่ง จากการศึกษาของระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย ซึ่งพบว่าระบบกำลังไฟฟ้ามีการผลิตสำรอง (Reserve Power) อยู่ที่ 4200MW สำหรับในส่วนของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออก มีกำลังการผลิตสำรองอยู่ที่ 1700MW ดังนั้นในการแก้ปัญหาได้กำหนดวิธีในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นแผนการป้องกันระยะสั้นไว้สองวิธีซึ่งประกอบด้วย

1. วิธีการลดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากปริมาณกำลังไฟฟ้าสำรองของระบบ สามารถที่จะรองรับ ผลจากการลดกำลังการผลิต หรือ การปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับการแก้ไขปัญหา สำหรับวิธีการลดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะใช้ในการแก้ไขปัญหาการได้รับภาระโหลดเกินของสายส่ง รวมถึงใช้แก้ปัญหาในสภาวะทรานเซียนส์ กรณีมีการสวิตช์ซึ่งสายส่ง เนื่องจากการทำการสวิตช์ซึ่งสายส่งนั้น เป็นแผนการที่ทราบล่วงหน้าและมีเวลาในการเตรียมระบบก่อนที่จะทำการสวิตช์ซึ่งสายส่ง ซึ่งในการเตรียมระบบก่อนการทำการสวิตช์ซึ่ง จะทำการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีผลต่อการส่งผ่านกำลัง ในสายส่งเส้น ที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งจะใช้การวิเคราะห์จากค่าแฟคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF: Generation Shift Factor) ซึ่งจะทำให้ทราบค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการปลดออก (MRMR: Minimum Required MW Reducing)

ส่วนสำหรับกรณีผลกระทบในสภาวะทรานเซียนส์ จากกรณีเกิดการลัดวงจรที่สายส่ง ในกรณีดังกล่าวเป็นสิ่งที่ไม่อาจทราบล่วงหน้าหรือไม่สามารถกำหนดเวลาได้ ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ อาจจะไม่มีความเพียงพอที่จะลดกำลังการผลิตเพื่อเตรียมระบบ ซึ่งอาจจะติดในเรื่องของ อัตราการลดกำลังการผลิต (Loading Rate) ซึ่งใช้เวลาในการลดกำลังการผลิตค่อนข้างนาน ด้วยเหตุผลดังกล่าว ดังนั้น จึงเลือกใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งในการกำหนดปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะพิจารณาปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีผลต่อการส่งผ่านกำลัง ในสายส่งเส้น ที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งจะใช้การวิเคราะห์จากค่าแฟคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง (GSF: Generation Shift Factor) เช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ทราบค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องการปลดออก (MRMS: Minimum Required MW Shedding) โดยในการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำการแยกปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มของผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) และในกลุ่มของผู้ผลิตรายย่อย (SPP) เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้า โดยได้แบ่งหัวข้อได้ดังนี้

6.2.1 สรุปผลการแก้ไขปัญหาการรับภาระโหลดเกินของสายส่งในสถานะคงตัวจากระบบกำลังไฟฟ้า ในสถานะสายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก

จากผลการศึกษาผลกระทบใน กรณี สายส่งที่ระดับแรงดัน 500kV ถูกปลดออก พบว่าจะส่งผลกระทบต่อระบบในสถานะคงตัว ซึ่งทำให้ สายส่งในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเกิดปัญหาความหนาแน่นของโหลดขึ้น โดยพบว่าสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV ในระบบได้รับภาระโหลดเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ อยู่ จำนวน 6 สายส่ง

เมื่อทำการศึกษาค่าแฟคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง โดยจะทำการศึกษาเฉพาะสายส่งที่ได้รับผลกระทบหรือได้รับภาระโหลดสูงสุด ในกรณีนี้คือ สายส่ง 6800-6804(AP_B-RY2) พบว่า มีกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งเส้นนี้มีจำนวน 61 เครื่องด้วยกันดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ซึ่งจะใช้ในการการตัดสินใจเลือกลดกำลังการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าแฟคเตอร์สูงสุดไปต่ำสุด โดยจะทำการลดกำลังการผลิตจนถึงค่าต่ำสุดของแต่ละเครื่องที่สามารถจ่ายได้ และเมื่อทำการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลง จะพบว่าสามารถช่วยลดภาระโหลดของสายส่งให้อยู่ในเกณฑ์หรือขอบเขตการควบคุมได้ ซึ่งค่ากำลังการผลิตที่ลดลงต่ำสุดที่ต้องการ (MRMR) อยู่ที่ 1227.8 MW

6.2.2 สรุปผลการแก้ไขปัญหาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนต์ จากกรณีสายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก

จากผลการศึกษาผลกระทบใน กรณีสายส่ง 230kV และ 115kV ถูกปลดออกภายใต้สถานะสายส่ง 500kV ถูกปลดออก ซึ่งพบว่ามีสายส่งอยู่ 4 สายส่ง ถ้าถูกปลดออกเส้นใดเส้นหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสถานะทรานเซียนต์ ซึ่งเมื่อทำการศึกษาค่าแฟคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง ของสายส่งทั้ง 4 เส้นเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาทั้งวิธีการลดกำลังการผลิต และการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการแก้ไขปัญหาทั้งกรณีการสวิทช์ซึ่งสายส่ง และกรณีเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส จะพบว่าสามารถนำระบบกลับคืนสู่สถานะปกติได้ซึ่งได้แสดงผลการศึกษาไว้ในหัวข้อที่ 5.2.2 สำหรับกรณีการลัดวงจรนั้นได้ทำการเลือกวิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งแบ่งเป็น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่และรายย่อย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาพบว่า สามารถนำระบบกลับคืนสู่สถานะปกติ ได้ทั้งสองกรณี แต่เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อระบบกำลังไฟฟ้าซึ่งดูจากกำลังไฟฟ้าที่ถูกปลดออกไปพบว่าในกรณีเลือกปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายย่อย (SPP) จะส่งผลกระทบต่อระบบน้อยกว่าปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่อีกทั้งเป็นการกระจายความรับผิดชอบหรือภาระในการรักษาระบบกำลังไฟฟ้าออกไปยังโรงไฟฟ้าในแต่ละโรงไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังการผลิตที่ปลดออกต่ำสุดที่ต้องการ (MRMS) จะเป็นไปตามตารางที่ 5.4

เมื่อระบบกำลังไฟฟ้ากลับคืนสู่สภาวะปกติได้ทำการศึกษาผลกระทบในสภาวะคงตัวในแต่ละกรณี พบว่ามีอุปกรณ์ในการส่งถ่ายพลังงานได้รับภาระโหลดเกิน และเมื่อดูแรงดันของระบบตามสถานีย่อยต่างๆ พบว่าในบางกรณีมีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าขอบเขตการควบคุม ซึ่งระบบกำลังไฟฟ้าในแต่ละกรณีนั้นเพื่อลดภาระโหลดของอุปกรณ์ในการส่งผ่านพลังงานให้อยู่ในขอบเขตการควบคุมและลดความเสี่ยงต่ออุปกรณ์ จะใช้หลักการและวิธีการลดกำลังการผลิตหรือบางกรณีอาจต้องใช้ในการปลดเครื่องกำเนิดช่วย ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสามารถนำลดภาระโหลดลงได้และอยู่ในเกณฑ์การควบคุม รวมถึงแรงดันที่ปรับตามสถานีย่อยต่างๆก็กลับมาอยู่ในเกณฑ์การควบคุม โดยกำลังการผลิตที่ลดลงในแต่ละกรณีจะเป็นไปตามตารางที่ 5.32

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาความหนาแน่นของโหลดในสายส่ง โดยในการศึกษาวิจัยนั้นได้ใช้วิธีในการลดกำลังการผลิต หรือวิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการแก้ปัญหาการได้รับภาระโหลดเกินของสายส่งจากผลกระทบในสภาวะคงตัว และการนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติจากผลกระทบในสภาวะทรานเซียนต์ ซึ่งเป็นแผนการป้องกันระยะสั้น เมื่อทำการศึกษาจากผลการศึกษาขีดความสามารถคงเหลือของสายส่งในระบบกำลังไฟฟ้าจากผลกระทบในสภาวะดังกล่าวตามตารางที่ 4.12 จะพบว่า สายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV และ 115kV ที่เหลือนั้นยังมีขีดความสามารถและรองรับการส่งผ่านพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีกซึ่งรวมถึงขีดความสามารถในการรับภาระโหลดของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า (Power transfer) ให้มีการส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งเหล่านี้แทน เพื่อลดภาระโหลดของสายส่งที่ได้รับภาระโหลดเกินด้วยหลักการดังกล่าวนี้เป็นหนทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาคความหนาแน่นของโหลดในสายส่งได้และไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้าในระบบ และยังเป็นการใช้งานในการส่งผ่านพลังงานของสายส่งให้มีประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจจะต้องใช้หรือติดตั้งอุปกรณ์พิเศษเพิ่มอย่างเช่น FACTS เป็นต้น รวมถึงต้องศึกษาแผนงานในการเพิ่มเส้นทางของสายส่งที่อาจมีการขยายเส้นทางในการส่งผ่านพลังงานจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รวมถึงแผนงานการเพิ่มขึ้นของโรงไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในอนาคตด้วย ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นตัวแปรสำคัญในการวางแผนระยะยาว และเป็นประโยชน์ในการศึกษาเพื่อยกระดับความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- [1] พิชัย อารีย์, การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Analysis) , พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2552
- [2] ผศ.ดร. กิรติ ชยะกุลศิริ, การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังและรีเลย์ , (Electrical Power System Protection and Relays), พิมพ์ครั้งที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2552
- [3] Power Tech Group, การส่งจ่ายและเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังเล่ม 1 , กันยายน 2538
- [4] Power Tech Group, การส่งจ่ายและเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังเล่ม 2 , กันยายน 2538
- [5] โต้ศักดิ์ ทศนาบุตริยะ, การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง, 2540
- [6] Chai Chompoo-inwai, C. Yingvivatanapong, P.Faungfoo and W.J. Lee, “Transmission Congestion Management during Transition Period of Electricity Deregulation in Thailand”, IEEE Transaction on Industrial Application, vol. 43, issue 6, Nov –Dec 2007, Page (s): 1483 – 1490
- [7] Witchaya pimjaipong, Tormit Junrussameevilai, Natthakorn Maneerat , “Blackout Prevention Plan – The Stability, Reliability and Security Enhancement in Thailand power grid”, IEEE/PES 2005
- [8] Technical Reference Power Factory 13.2 user’s manual
- [9] Jan Machowski, Janusz W.Bialek, James R Bumby. “Power System Dynamics and Stability”
- [10] Kundur, Prabha. “Power System Stability and Control” EPRI Editors, Neal J. Balu and Mark G.Luuby
- [11] N. Balu et.al ; On-Line Power System Security Analysis, Proc.of the IEEE, Vol 80, No.2 Feb. 1992, pp.262-280
- [12] PSS/E 30, Program Application Guide manual, August 2004
- [13] Padiya, K.R. , “Power System Dynamics Stability and Control”, 1995

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. ชัยสิทธิ์ วันน้อย, คุสิต สุขสวัสดิ์, เซาว์ ชมภูอินไหว และชาย ชมภูอินไหว 2552 “ การศึกษาเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและข้อเสนอแนะเพื่อระบบการป้องกันพิเศษสำหรับนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปรกติ”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32 (EECON32), หมายเลข PW064, 29-30 ตุลาคม 2552, มหาวิทยาลัยมหิดล

EE for better life!

32ND ELECTRICAL ENGINEERING CONFERENCE (EECON-32)

CALL FOR PAPERS

29-30 ตุลาคม 2552
ณ โรงแรมทวารวดี รีสอร์ท ปรังจันบุรี

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32
<http://eecon32.mahidol.ac.th>

EE for better life! EECON32 BY MAHIDOL UNIVERSITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและข้อเสนอแนะ
เพื่อระบบการป้องกันพิเศษสำหรับนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติ

**A Steady state and Transient stability study for a Thailand's Eastern region power system
and a special protection system for system recovery**

ชัยสิทธิ์ วันน้อย คุณิศ สุขสวัสดิ์ เขาว์ ชมภูอินโหว ขาว ชมภูอินโหว
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์: 0-2326-4165
E-mail: cwannoi@gmail.com, cchompoonwai@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเสถียรภาพในสภาวะคงตัวและสภาวะทรานเซียนของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและข้อเสนอแนะสำหรับระบบการป้องกันแบบพิเศษ (Special Protection System, SPS) ในการนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติจากผลกระทบที่มีต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้า โดยจะเน้นทำการศึกษาในกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV ที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรืออยู่ในระหว่างการซ่อมบำรุง และกรณีที่ที่มีฟอลต์ครบถ้วนอย่างรุนแรงเกิดขึ้นในสภาวะที่สายส่ง 500 kV ถูกปลดออก โดยจะเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระบบในสภาวะปกติและในสภาวะที่ระบบมีภาวะฟอลต์ครบถ้วนซึ่งการเปรียบเทียบผลในสภาวะทรานเซียนนั้นจะมีหัวข้อในการเปรียบเทียบคือเสถียรภาพมุมโรเตอร์ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยพบว่าระบบการป้องกันพิเศษที่นำเสนอสามารถช่วยบรรเทาและลดผลกระทบด้านเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อระบบเกิดภาวะฟอลต์ครบถ้วนได้

คำสำคัญ: ความเสถียรภาพมุมโรเตอร์, กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, การถูกปลดออก, สายส่ง, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Abstract

This paper presents a steady state and transient stability study for a Thailand's Eastern region power system and proposes a Special Protection System (SPS) for system recovery from stability impact in power system. The study is focus on two case scenarios. The first one is an outage of a 500 kV transmission lines connect to a Thailand's Eastern region power system caused by contingency or during maintenance period. Second one is the situation when a large disturbance occurs in system during a 500 kV transmission lines outage. The results are to compare power system in normal condition and under fault condition. The assessment indices include rotor angle stability and

generations power output. Simulation result shows that with a proposed SPS, it can reduce the stability impact when a fault occurs in the power system.

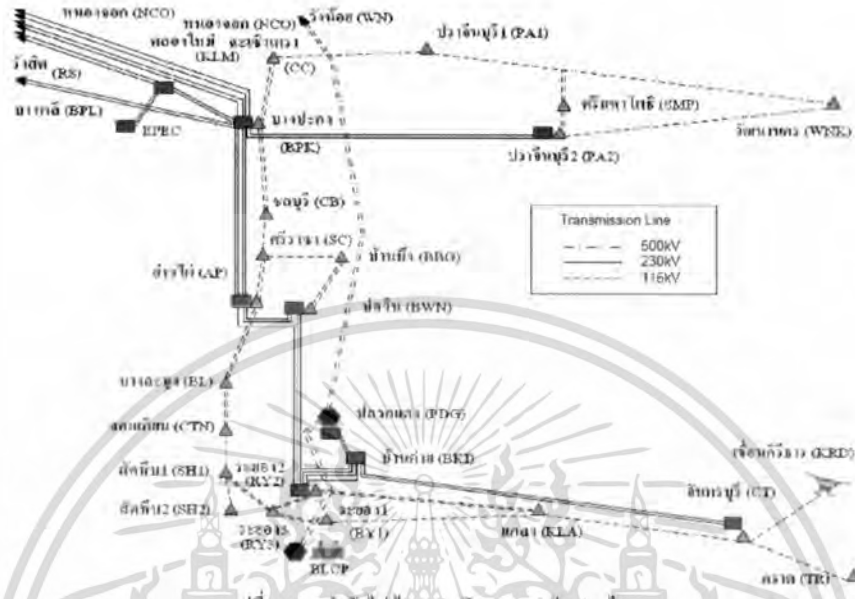
Keywords: Rotor angle stability, Generations Electric Power. Outage, Transmission line, Generator when occur

1. คำนำ

หากพิจารณาจากระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีกำลังการผลิตมากกว่าปริมาณโหลด [1] โดยที่ระบบมีกำลังการผลิตโดยรวมอยู่ที่ประมาณกว่า 7000 MW แต่ปริมาณ โหลดโดยรวมอยู่ที่กว่า 3000 MW ซึ่งกำลังการผลิตที่เหลือนั้นจะถูกส่งจ่ายพลังงานไปยังระบบกำลังไฟฟ้าภาคกลาง โดยส่งผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV และ 230 kV ในบทความนี้จะศึกษาถึงผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในสภาวะคงตัวและสภาวะทรานเซียน ซึ่งจะทำการศึกษาผลกระทบในกรณีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV ที่เชื่อมต่อระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางถูกปลดออกและกรณีที่ที่มีฟอลต์ครบถ้วนอย่างรุนแรงเกิดขึ้นต่อระบบในขณะที่สายส่ง 500 kV ถูกปลดออกและพร้อมกันนี้ได้นำเสนอระบบการป้องกันพิเศษที่สามารถนำระบบกำลังไฟฟ้ากลับคืนสู่สภาวะปกติจากผลกระทบดังกล่าว จากการศึกษาในระบบสายส่งในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงในรูปแบบที่ 1 พบว่ามีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV ที่ต่อเข้ากับระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือสองเส้นซึ่งจะต่อเข้ากับสถานีย่อยปลวกแดง (PDG) จากสถานีย่อยวังน้อย (WN) และสถานีย่อยหนองจอก (NCO) ซึ่งมีการส่งผ่านพลังงานอยู่ที่ประมาณ 1550 MW [1] ซึ่งถ้าสายส่งทั้งสองนี้ถูกปลดออกจากระบบ พลังงานทั้งหมดจะถูกถ่ายโอนพลังงานผ่านสายส่งที่ระดับแรงดัน 230 kV และ 115 kV ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีผลทำให้สายส่งและอุปกรณ์ในการส่งผ่านพลังงานได้รับภาระโหลดเพิ่มขึ้น และระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะ

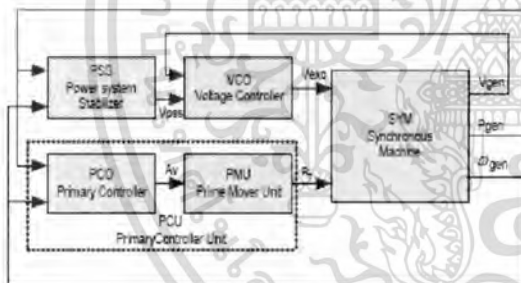
ดังกล่าวนี้หากมีการรวมกันอย่างรุนแรงเกิดขึ้นซึ่งในการศึกษาได้กำหนดไว้สองกรณีคือ กรณีเกิดฟอลต์ที่สายส่งจากการลัดวงจรแบบ 3 เฟส และกรณีมีการสวิตช์ซึ่งของสายส่ง ในบทความนี้จะทำการวิเคราะห์

เสถียรภาพแบบทรานเซียนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและผลกระทบจากการส่งผ่านพลังงานในสภาวะคงตัว



รูปที่ 1 ระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2. แบบจำลองของโรงไฟฟ้า

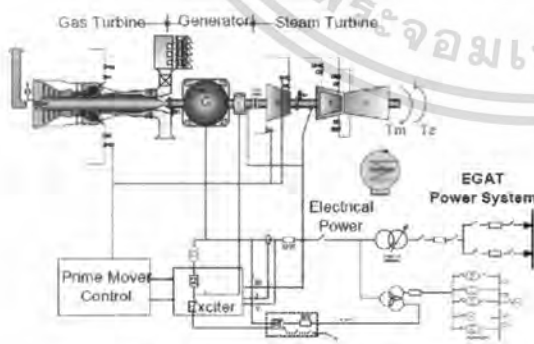


รูปที่ 2 แบบจำลองของโรงไฟฟ้า

Synchronous Machine), เครื่องต้นกำลัง (PRMU: Prime Mover Unit และ PCU: Primary Controller). ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า (VCO: Voltage Controllers) และเครื่องควบคุมความเสถียรภาพกำลังไฟฟ้า (PSS: Power System Stabilizer) ซึ่งทั้ง 4 ส่วน (2) จะทำการควบคุมเอาต์พุตโดยเอาต์พุตที่จะพิจารณาในที่นี้ก็คือ กำลังไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า และ ความเร็วรอบ ซึ่งในแต่ละ 4 ส่วนนั้นจะประกอบด้วยข้อมูลทางด้านพลวัตค่านของแต่ละส่วน โดยในแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะแตกต่างกัน

3. ความเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์

จากรูปที่ 3 แสดงโรงไฟฟ้าที่พลังงานความร้อนร่วมเครื่องกังหันแก๊สและเครื่องกังหันไอน้ำจะผลิตแรงบิดหรือทอร์ก T_m ตามทิศทางการหมุน โดยทอร์ก T_m จะสามารถควบคุมได้โดยการเพิ่มลดเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ โดยใช้ตัวควบคุมเชื้อเพลิงแก๊สของเครื่องกังหันแก๊ส และตัวไอน้ำของเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งทอร์กนี้จะมีขนาดเท่ากับแรงต้านกับทอร์กแม่เหล็กไฟฟ้า T_e ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสนามแม่เหล็กของโรเตอร์และสเตเตอร์ โดยที่ทอร์ก T_e จะมีความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้า P_e ในการทำงานนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบความเร็วของเพล ω ว่าเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ตั้งไว้เท่าไร ω_r ก็จะทำการปรับความเร็วให้เท่ากับค่าที่ตั้งไว้ดังนั้นความสัมพันธ์ของทอร์กคือ T_m เท่ากับ T_e และเมื่อโพลในระบบมีการเปลี่ยนแปลงมันจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในรูป T_e ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดความต่างของความเร็วซึ่งเรียกว่าทอร์กเร่ง (T_a) และถ้าพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนิสทั่วไปต่อกับระบบกำลังไฟฟ้า 3 เฟส



รูปที่ 3 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

จากรูปที่ 2 แสดงแบบจำลองของโรงไฟฟ้าซึ่งจะใช้ในการศึกษาความเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ด้วยการใช้การวิเคราะห์ความเสถียรภาพมุมโรเตอร์ ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ในช่วงสภาวะทรานเซียนต์ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่เครื่องจักรกลเชิงโครนิส (SYM:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าส่งผ่านนั้นมีขีดจำกัดในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าต่อผู้จำหน่ายหนึ่งคน
สมการที่ (1)

$$P_r = \frac{EV}{X_d} \sin \delta = P_{max} \sin \delta \quad (1)$$

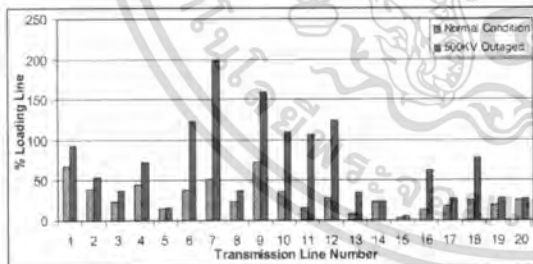
จากสมการการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเชิงโรตัททั่วไป ถ้าเกิดเหตุการณ์ระบบขึ้นกับระบบไฟฟ้าจะมีผลทำให้กำลังที่จ่ายให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า P_m และกำลังขายออก P_e มีค่าไม่เท่ากันขณะเดียวกันจะเกิดการกร่่งเพื่อทำให้ระบบกับคืนสู่สภาวะคงตัวอีกครั้งหนึ่ง ถ้า P_a คือกำลังเร่งตั้งนั้น จะได้สมการสวิงดังแสดงสมการที่ (2) [3]

$$P_a = P_m - P_e = P_m - P_{max} \sin \delta = \frac{2H}{\omega} \frac{d^2 \delta}{dt^2} \quad (2)$$

โดยกำหนดให้ T_m คือ แรงบิดทางกล, T_e คือ แรงบิดแม่เหล็กไฟฟ้า, T_a คือ แรงบิดเร่ง, P_m คือ กำลังทางกล, P_e คือ กำลังทางไฟฟ้า, ω คือ ความเร็วเชิงมุม, H คือ ค่าความเฉื่อย, δ คือ มุมโรเตอร์

4. ผลการจำลองการวิเคราะห์ผลและข้อเสนอแนะการป้องกัน

การศึกษาผลกระทบในสภาวะคงตัวและสภาวะทรานเซียนต์ โดยได้กำหนดเหตุการณ์ในการจำลองไว้สองสภาวะคือ ผลกระทบในสภาวะที่มีการปลดสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV และ ผลกระทบกรณีที่มีฟอลต์ระบบอย่างรุนแรงเกิดขึ้นเกิดขึ้นในสภาวะที่สายส่ง 500 kV นั้นถูกปลดออก ซึ่งจากผลการศึกษาในสภาวะคงตัวนั้นพบว่าสายส่งที่ระดับแรงดัน 230 kV และ 115 kV ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการที่ต้องรับภาระโหลดเพิ่มขึ้นเมื่อสายส่ง 500 kV ดังกล่าวถูกปลดออก ซึ่งพบว่ามีสายส่งที่ได้รับผลกระทบดังกล่าวอยู่ 20 สายส่งและมีเพียงสายส่งอยู่ 6 สายส่งที่รับภาระโหลดเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการรับภาระโหลดดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดความเสียหายกับสายส่งได้ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โหลดของแต่ละสายส่ง

ในสภาวะดังกล่าวนี้ทำการศึกษาเสถียรภาพแบบทรานเซียนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ (IPP) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 11 เครื่อง โดยจะแทนสัญลักษณ์ตามรูปที่ 5 ซึ่งผลการจำลองที่ได้นั้นพบว่า มีสายส่งที่ระดับแรงดัน 230kV, 115kV จำนวน 4 เส้น จากทั้งหมด 26 เส้น ซึ่งถ้าหากมีการรับภาระอย่างรุนแรงจนส่งผลกระทบต่อระบบจะเกิดความไม่เสถียรภาพซึ่งได้แสดงผลการจำลองในรูปที่ 6 และ 7

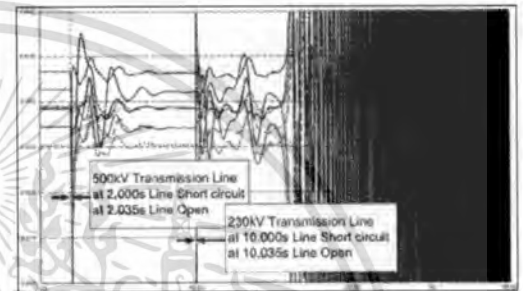
4.1 ผลการจำลองระบบ

จากรูปที่ 6 เป็นการจำลองกรณีเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟสเกิดขึ้นในระบบ โดยกำหนดเวลาในการจำลองทั้งหมด 30 วินาทีในการ

จำลองจะแสดงให้เห็นว่าระบบมีความเสถียรภาพก่อนเกิดการลัดวงจร โดยกำหนดให้เหตุการณ์ลัดวงจรที่ สายส่ง 500 kV 3 เฟสทั้ง 2 เส้น ที่เวลา 2 วินาที และจากนั้นส่งเปิดวงจร ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 2.035 วินาที และเมื่อระบบกลับสู่สภาวะปกติ กำหนดให้เหตุการณ์ลัดวงจรที่ สายส่ง 230 kV (AP_B-BWN) ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 10 วินาทีและส่งเปิดวงจร ทั้ง 3 เฟส ที่เวลา 10.035 วินาที

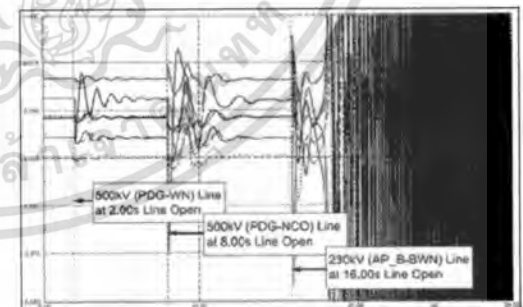
— SYM_6112	- - - - SYM_6107 SYM_6101
- - - - SYM_6111 SYM_6104 SYM_6100
- - - - SYM_6108 SYM_6102 SYM_6004
- - - - SYM_6003	- - - - SYM_6001	

รูปที่ 5 แทนสัญลักษณ์และหมายเลขเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีลัดวงจรแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 7 เป็นการจำลองในการตีการทำให้สวิชชิงซึ่งได้กำหนดเวลาทั้งหมด 30 วินาที ในการจำลองจะแสดงให้เห็นว่าระบบมีความเสถียรภาพก่อนมีการทำให้สวิชชิง โดยจะกำหนดให้ เปิดวงจรสายส่ง 500 kV (PDG-WN) ทั้ง 3 เฟสที่เวลา 2 วินาทีและ กำหนดค่าให้เปิดวงจรสายส่ง 500 kV (PDG-NCO) ทั้ง 3 เฟสที่เวลา 8 วินาทีและเมื่อระบบกลับสู่สภาวะปกติ กำหนดให้ เปิดวงจรสายส่ง 230 kV (AP_B-BWN) ทั้ง 3 เฟสที่เวลา 16 วินาที



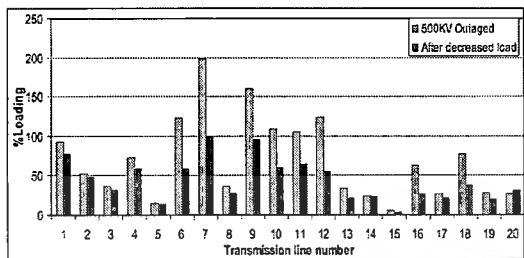
รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีสวิชชิงสายส่ง

4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับระบบการป้องกันพิเศษ

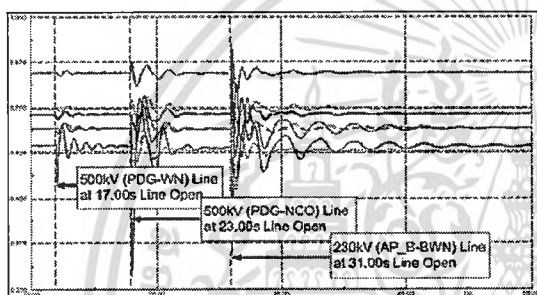
จากผลกระทบต่อความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้าในสภาวะคงตัวและทรานเซียนต์ที่เกิดขึ้น ได้ทำการศึกษาระบบการป้องกันพิเศษเพื่อป้องกันและนำระบบกลับคืนไฟฟ้ากลับคืนสู่สภาวะปกติ ซึ่งเป็นแผนการป้องกันระยะสั้น [4] จากกรณีตัวอย่างผลการจำลองโดยระบบการป้องกันพิเศษนี้ได้เลือกใช้วิธีการลดภาระ loading ของสายส่ง ด้วยการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายิ่งแสดงในรูปที่ 8 และวิธีนี้สามารถนำมาใช้ป้องกันระบบใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะทรานเซียนส์จากกรณีการสวิทช์ซึ่งสายส่ง เนื่องจากแผนการสวิทช์ซึ่งสายส่งในระบบ เราสามารถที่จะทราบล่วงหน้าและมีเวลาในการเตรียมระบบ หรือเวลาในการลดกำลังการผลิตก่อนที่จะสวิทช์ซึ่ง ซึ่งผลการจำลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 9

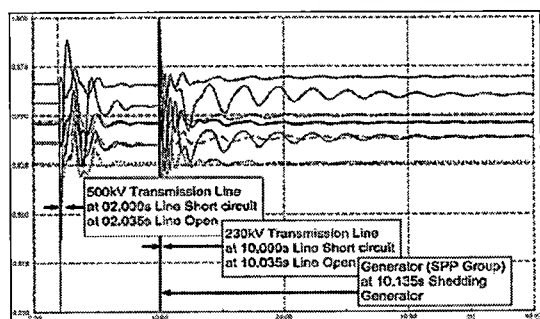


รูปที่ 8 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โหลดของสายส่ง หลังจากลดภาระ Loading ของสายส่ง

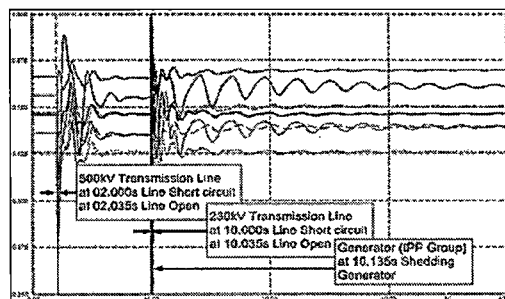


รูปที่ 9 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังการลดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลง 20% (264MW)

สำหรับการป้องกันระบบในสภาวะทรานเซียนส์จากกรณีการเกิดการลัดวงจรแบบ 3 เฟส ได้เลือกใช้วิธีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการรักษาความเสถียรภาพของระบบกำลังไฟฟ้า ซึ่งการป้องกันทั้งหมดนี้จะใช้ข้อมูลจากการศึกษาแฟลคเตอร์ของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าในสายส่ง (GSF: Generation shift factor) ซึ่งทำให้สามารถเลือกลดกำลังการผลิตหรือปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อระบบได้ถูกต้องและปริมาณกำลังการผลิตที่ลดลงหรือปลดออกนั้นมีจำนวนน้อยที่สุด (MRMS: Min Require MW Shedding, MRMR: Min Require MW Reducing) ซึ่งในการศึกษาสำหรับการทำแผนการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าในกลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) และกลุ่มผู้ผลิตรายย่อย (SPP) ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลังการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในกลุ่ม (SPP) 255 MW



รูปที่ 11 กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลังการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่ม (IPP) 340 MW

ซึ่งพบว่าช่วยให้ระบบกลับคืนสู่สภาวะปกติได้ทั้งคู่ โดยจำเป็นต้องลดกำลังผลิตหรือปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตาม MRMS หรือ MRMR แต่การปลดแบบกระจายในกลุ่ม SPP เป็นการปลดเครื่องที่มีกำลังการผลิตไม่เกิน 90 MW และเป็นภาระกระจายในการรับภาระ โดยที่ไม่ให้เครื่องใดเครื่องหนึ่งได้รับภาระเครื่องเดียว

5. สรุป

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าในกรณีทีสายส่งที่ระดับแรงดัน 500 kV ในระบบกำลังไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งสองเส้นนั้นระบบยังมีความเสถียรภาพในสภาวะคงตัวโดยกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่เคลื่อนผ่านในสายส่ง 500 kV นั้นจะถูกถ่ายโอนผ่านสายส่ง 230 kV และ 115 kV แทนและเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ในการรับโหลดของสายส่งแต่ละเส้นจะพบว่ามีสายส่งอยู่ 6 สายส่งที่รับภาระโหลดมากกว่าร้อยละหนึ่ง และหากเกิดความผิดปกติขึ้นที่สายส่ง 230 kV และ 115 kV จนทำให้สายส่งถูกปลดออกหรือมีการสวิทช์ซึ่ง ในขณะทีสายส่ง 500 kV ทั้งถูกปลดออกหรืออยู่ระหว่างการซ่อมบำรุงจะอยู่พบว่า มีสายส่งอยู่ 4 เส้นจาก 26 สายส่งที่ทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรภาพ อย่างไรก็ตามระบบการป้องกันพิเศษที่นำเสนอจะสามารถนำระบบกำลังไฟฟ้ากลับคืนสู่สภาวะปกติจากผลกระทบทั้งในสภาวะคงตัวและสภาวะทรานเซียนส์ ด้วยวิธีการพิจารณาเลือกปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือการลดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่มที่มีความสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chai Chompoo-inwai, C. Yingvivanapong, P.Faungfoo and W.J. Lee, "Transmission Congestion Management during Transition Period of Electricity Deregulation in Thailand". IEEE Transaction on Industrial Application, vol. 43, issue 6, Nov -Dec 2007, page(s): 1483 - 1490
- [2] Technical Reference Power Factory 13.2 user's manual
- [3] Kundur, Prabha. Power system stability and control: EPRI Editors, Neal J. Balu and Mark G.Luuby
- [4] Witchaya pimjaipong, Tormit Jurussamevilai, Natthakorn Maneerat , "Blackout Prevention Plan - The Stability, Reliability and Security Enhancement in Thailand power grid", IEEE/PES 2005

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย ชัยสิทธิ์ วันน้อย
วัน เดือน ปีเกิด	29 มิถุนายน 2519
ที่อยู่	63/1 ม.6 ซอย ประชาร่วมใจ ถนน มิตรภาพ ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40260 E-mail: Cwannoi@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนก ช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น
พ.ศ. 2540	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนก ช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น
พ.ศ. 2543	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
พ.ศ. 2549	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2540-2543	บริษัท เนชั่นเนลเพาเวอร์ซัพพลาย จำกัด โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (NPS) 300MW
พ.ศ. 2543-2550	บริษัท ผลิตไฟฟ้าอิสระ (ประเทศไทย) จำกัด โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (IPT) 700MW
พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน	บริษัท อัสตอม (ประเทศไทย) จำกัด วิศวกรควบคุมการผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (EPEC) 350MW

ผลงานทางวิชาการ

ชัยสิทธิ์ วันน้อย, คุณิต สุขสวัสดิ์, เซาว์ ชมภูอินไหว และ ชาย ชมภูอินไหว
2552 “ การศึกษาเสถียร ภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและข้อเสนอแนะเพื่อระบบการป้องกันพิเศษสำหรับนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปรกติ ”. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32

(EECON32), หมายเลข PW064, 29-30 ตุลาคม 2552, มหาวิทยาลัยมหิดล
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปขอประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้