

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์เพื่อ  
การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

AN EFFICIENCY IMPROVEMENT STUDY OF VOLTAGE CONTROL  
TECHNIQUE FOR 115 kV BUS IN GLOW POWER PLANT



T123128

จำรัส ศรีระยา

JAMRAS SRIRASA

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....123128  
วัน,เดือน,ปี.....18 ต.ค. 2555

b.184461x  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL 2011-EN-M-020-132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AN EFFICIENCY IMPROVEMENT STUDY OF VOLTAGE CONTROL  
TECHNIQUE FOR 115 kV BUS IN GLOW POWER PLANT**



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

**2011**

**KMITL 2011-EN-M-020-132**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2011**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
นักศึกษา	นายจรัส ศรีระชา
รหัสประจำตัว	51060204
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. พิชิต ถ้ายอง

### บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์เพื่อใช้พลังงานในการเดินเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่บัสแรงดันไฟฟ้า 115kV จะต่ออยู่ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสและบัสแรงดันไฟฟ้า 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผ่านหม้อแปลงเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าพิกัด 115/230 kV ซึ่งสามารถปรับแท็ปได้ในขณะที่จ่ายภาระกำลังไฟฟ้าอยู่[11,16] โดยที่บัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV นั้นสามารถควบคุมได้ด้วยการปรับแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำผลการควบคุมการทำงานไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและผลจากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station เป็นตัวยืนยัน เมื่อพิจารณาทางด้านการใช้พลังงานป้อนให้กังหันแก๊สไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส สุดท้ายเทคนิคในการควบคุมไฟฟ้าที่บัส 115 kV ด้วยการปรับแท็ปของหม้อแปลงขณะมีภาระทางไฟฟ้าและกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกแสดงในวิทยานิพนธ์นี้และพิจารณาการใช้งานสำหรับระบบผลิตกำลังไฟฟ้า 50.8 MVA เพื่อให้การใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

<b>Thesis Title</b>	An Efficiency Improvement Study of Voltage Control Technique for 115 kV bus in Glow Power Plant
<b>Student</b>	Mr. Jamras Srirasa
<b>Student ID.</b>	51060204
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Electrical Engineering
<b>Year</b>	2011
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Pichit Lumyong

## ABSTRACT

This thesis presents the technique for the energy efficiency control the 115 kV bus voltages in Glow power plant. The 115 kV utility bus is connected between three-phase synchronous generators and 230 kV EGAT electrical network via on-load tap-change 115/230 kV step-up transformer [11,16]. The 115 kV Bus voltage can be controlled by adjusting either tap-change of 230 kV step-up transformer or field current of three-phase synchronous generator. In this thesis, the operated results are analyzed and calculated to comparing with the model in the Etap Power Station is a confirmation of evaluate input power of gas turbine for driving. Finally, control technique of on-load tap-changer and field current are illustrated and discussed for the energy efficiency of the 50.8 MVA power generations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความกรุณาของ รศ. พิชิต ถ้ายอง อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ ท่าน และ อาจารย์ นราดล โชติวรรณพร ที่ได้ถ่ายทอดและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง และนายศักดิ์กมล ธิลาจินดา ไกรกฤกษ์ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สำหรับคุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รัก ครูอาจารย์ที่เคารพ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

จำรัส ศรีระษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา .....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา.....	3
1.5 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามเฟส.....	6
2.2 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามเฟส.....	9
2.3 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส.....	10
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่บัสกับกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ.....	11
2.5 การคำนวณค่า Load flow จากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap Power Station .....	16
2.6 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง.....	17
2.7 การใช้พลังงานขับ Gas turbine ในกระบวนการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ.....	19
บทที่ 3 การทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV.....	21
3.1 เครื่องจักรกลไฟฟ้าสามเฟส.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	23
3.3 การเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....	24
3.4 การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap.....	25
3.4.1 แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส.....	25
3.4.2 แบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง.....	27
3.5 การแสดงผลการทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV.....	27
3.5.1 การแสดงผลการใช้พลังงานขับ Gas Turbine และ Generator output power เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	29
3.5.2 การแสดงผลของค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกระแส กระตุ้นสนามแม่เหล็กเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	30
3.5.3 การแสดงผลของประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟ ที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	31
3.5.4 การแสดงผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	33
3.5.5 การแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	34
3.5.6 การแสดงผลของค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดัน ที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	35
3.6 การแสดงผลจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap Power Station.....	36
3.6.1 กราฟแสดงผลค่ากระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบ เทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนาม แม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.2 กราฟแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่า ที่ได้จากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	39
3.6.3 กราฟแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่าย ไปยังบัสแรงดันไฟ 230 kV เปรียบเทียบ กับค่าที่ได้จากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	40
3.6.4 กราฟแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จ่าย ไปยังบัสแรงดัน 230 kV เปรียบเทียบกับค่าการคำนวณเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	41
บทที่ 4 ผลการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV.....	42
4.1 การแสดงข้อมูลผลการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV.....	42
4.1.1 การแสดงผลการใช้พลังงานขับ Gas Turbine และ Generator Output power เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	43
4.1.2 การแสดงผลของค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกระแส กระตุ้นสนามแม่เหล็กเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	44
4.1.3 การแสดงผลประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสเปรียบเทียบ กับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	45
4.1.4 การแสดงผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสเทียบกับกระแสกระตุ้นสนาม แม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	46
4.1.5 การแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV กับกระแสอาร์มาเจอร์ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ.....	47
4.2 การนำผลจากการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ไปประยุกต์ใช้งาน.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	51
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	54
เอกสารอ้างอิง.....	55
ภาคผนวก ก. ตารางข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามเฟส .....	57
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ตารางแสดงค่าพิกัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ.....	17
2. ตารางแสดงค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์สามเฟสขนาด 50.8 MVA.....	22
3. ตารางแสดงค่าพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง.....	22
4. ตารางแสดงผลวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 5L และ 6L เทียบกับตำแหน่งแท๊ป 4L ซึ่งใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 121.71 MW.....	48
5. การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ เมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง.....	49
6. แสดงผลของการใช้พลังงาน Gas turbine ที่ตำแหน่งแท๊ป 4L ของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเปรียบเทียบให้เห็นในช่วงระยะเวลา 3 เดือนก่อนการทดลองและหลังการทดลอง.....	50
7. แสดงค่าเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายของโรงไฟฟ้าได้.....	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หน้าตัดพื้นฐานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าสามเฟส.....	7
2.2 ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส.....	8
2.3 แผนภาพเฟสเซอร์ของเครื่องกำเนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงคงที่ให้กับระบบ (a) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟารีแอกทีฟเข้าไปยังระบบ (b) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารับกำลังไฟฟารีแอกทีฟจากระบบ .....	9
2.4 แผนภาพเส้นเดี่ยวของระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ลูกค้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้า.....	12
2.5 แผนภาพการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังบัสของลูกค้าและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.....	13
2.6 แผนภาพวงจรสมมูลการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังบัสต่อเฟส.....	13
2.7 แผนภาพเฟสเซอร์ไดโอดแกรมของส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังบัส 115 kV.....	13
2.8 วงจรการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต่อเฟส.....	14
2.9 เฟสเซอร์การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.....	15
2.10 ลักษณะการต่อขดลวดทางด้านแรงดันไฟสูงของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 200 MVA ชนิดปรับแท็ปได้.....	19
2.11 แผนภาพของกระบวนการใช้พลังงานขับ Gas turbine และกำลังไฟฟ้าเออร์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส.....	20
3.1 แผนผังขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....	23
3.2 แผนภาพกระบวนการจัดเก็บข้อมูลการทดลองการควบคุมแรงดันไฟที่บัสผ่านระบบ PI.....	24
3.3 แบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station.....	25
3.4 แบบจำลองค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสในโปรแกรม Etap Power Station.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 แบบจำลอง Impedance model และ Exciter model ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส สามเฟสในโปรแกรม Etap Power Station.....	26
3.6 แบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดกำลัง 90 MVA และ 200 MVA ในโปรแกรม Etap Power Station.....	27
3.7 กราฟการเปรียบเทียบระหว่าง Input Power กับ Output Power ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	29
3.8 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียจาก Generator armature loss และ Generator field loss เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	31
3.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันที่บัส 115 kV เทียบกับ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	32
3.10 กราฟเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงดันไฟที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	33
3.11 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV กับกระแสอาร์มาเจอร์เทียบกับ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	34
3.12 กราฟเปรียบเทียบแรงดันที่บัส 115 kV และค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	35
3.13 แสดงค่าคำนวณกำลังไฟฟ้าต่างๆ และแรงดันไฟฟ้าที่บัสจากแบบจำลองใน โปรแกรม Etap Power Station.....	36
3.14 กราฟเปรียบเทียบค่ากระแสอาร์มาเจอร์กับค่าที่วัดได้จากการทดลองของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับค่าที่ได้จากการทดลอง เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	39
3.16 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัสแรงดัน 230 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	40
3.17 กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัส แรงดัน 230 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	41
4.1 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของ Gas turbine เทียบกับกระแสกระตุ้น สนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	43
4.2 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียจาก Generator armature loss และ Generator field loss เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	44
4.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบแรงดันที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	45
4.4 กราฟเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	46
4.5 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บ 3L, 4L, 5L และ 6L.....	47
5.1 แผนผังขั้นตอนการตัดสินใจในการที่จะเลือกปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสและการเลือกปรับแท็บหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) มีชื่อได้เปรียบที่ดีกว่าพลังงานรูปแบบอื่นๆ คือมีความสามารถในการส่งผ่านและการควบคุมพลังงานได้ง่ายกว่า จะเห็นได้ว่าไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีบทบาทสำคัญที่สุดที่ทำให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่สะดวกสบาย พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะได้อาจมาจากการเปลี่ยนรูปทั้งโดยตรงและทางอ้อมจากพลังงานรูปแบบอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนรูปพลังงานโดยตรงคือการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์ (Solar Cells) และการเปลี่ยนรูปพลังงาน โดยทางอ้อมอาจได้มาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น น้ำมัน ก๊าซ ถ่านหิน แล้วนำเชื้อเพลิงเหล่านี้มาเผาเพื่อให้ความร้อนกับหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) ทำให้เกิดเป็นไอน้ำ (Steam) แล้วส่งไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Steam Turbine Generator) กระบวนการนี้เป็นการเปลี่ยนรูปจากพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้า [1,2,3,5]

ในทางด้านอุตสาหกรรม จะพบว่ามีการสร้างระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่โรงจักรไฟฟ้า (Power Plant) ให้มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำ (Low-Voltage Level) จากนั้นจะส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโรงงานอุตสาหกรรมและสถานีส่งจ่ายไฟฟ้าต่างๆ ของการไฟฟ้า ที่อยู่ไกลออกไปโดยส่งผ่านสายส่ง (Transmission lines) ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่า (High-Voltage Line) และจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

สำหรับโรงจักรไฟฟ้าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าจำหน่ายในระบบ SPP (Small Power Plant) มีเป้าหมายในการขายกำลังไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ประมาณ 80 % และที่เหลืออีก 20 % จะขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ระดับพิกัดแรงดันไฟ 115 kV โดยที่โรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมจะมีพฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าไม่คงที่ และจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงจักรไฟฟ้า โกลว์ มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย นอกจากนี้แล้วการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงจักรไฟฟ้า ยังเกิดจากระบบแรงดันไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ที่บัสแรงดันไฟ 230 kV ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับบัส 115 kV ของโรงจักรไฟฟ้าเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ และผู้จัดทำหนังสือเรียนฉบับนี้โดยไม่มีการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทย ดังนั้นทางโรงไฟฟ้าโกลว์ จึงมีความจำเป็นต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ให้ อยู่ระหว่าง 115.5 kV ถึง 118.5 kV เพื่อรักษาคุณภาพในการส่งมอบคุณภาพไฟฟ้าให้เป็นไปตามที่ กำหนด ซึ่งเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV นั้นสามารถควบคุมได้โดยการปรับ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส [8,10] หรือปรับแท็ปของหม้อแปลง ไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมระหว่างบัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV กับบัสแรงดันไฟฟ้า 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่าย ผลิตแห่งประเทศไทย

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอการศึกษาเทคนิคในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์เพื่อใช้พลังงานในการเดินเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่บัส แรงดันไฟฟ้า 115 kV ต่ออยู่ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสและบัสแรงดันไฟฟ้า 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อเพิ่มระดับ แรงดันไฟฟ้าพิกัด 115/230 kV ซึ่งสามารถปรับแท็ปได้ในขณะที่จ่ายกำลังไฟฟ้า [11,16] โดยที่ แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV นั้นสามารถควบคุมได้ด้วยการปรับแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือปรับ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส เพื่อหาจุดที่เหมาะสมใน การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และเปรียบเทียบเกี่ยวกับการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ของโรงจักรไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์ เพื่อใช้พลังงานในการเดินเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษามี ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาการควบคุมแรงดันไฟฟ้าบัสที่บัส 115 kV โดยการปรับกระแสกระตุ้น สนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส และการปรับแท็ปหม้อแปลงไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานขับเคลื่อนกังหันแก๊ส ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบกับค่าปรับค่าของกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์แล้วเปรียบเทียบการใช้พลังงานในแต่ละตำแหน่งของแท็ปหม้อแปลง

ไฟฟ้ากับการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่บัส 115 kV และพิจารณาการใช้งานสำหรับระบบผลิตกำลังไฟฟ้า 50.8 MVA เพื่อให้การใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ในการวิจัยเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV นั้น จะทำการทดลองโดยการปรับแก้ของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัด 115/230 kV ในแต่ละตำแหน่งที่ปคือ 3L, 4L, 5L และ 6L แล้วทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสที่ละตำแหน่งที่ปของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งในการทดลองนั้นจะทำการเก็บข้อมูลของค่ากระแสอาร์มาเจอร์, ค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อเชื่อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV, และค่าพลังงานที่ป้อนไปขับเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส ,ประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันแก๊ส,ค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า[13], รวมทั้งการคำนวณหา Load flow ที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังลูกค้าที่บัส 115 kV และจ่ายไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station [7] ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากผลการทดลองและค่าจากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station เป็นตัวยืนยันผลการใช้พลังงานที่ป้อนให้กังหันแก๊สขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส

### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดในการศึกษา

วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เพื่อใช้พลังงานในการเดินเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอุปกรณ์เครื่องจักรกลนั้นจะกล่าวถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส, หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง, กระบวนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขับ กังหันแก๊สและความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าจริงกับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า โดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการแนวคิดในการศึกษาวิจัยของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า, การเปลี่ยนพลังงานเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากก๊าซธรรมชาติให้อยู่ในรูปของกำลังงานทางไฟฟ้า, การส่งผ่านกำลังไฟฟ้า (Power Transfer) ซึ่งใช้แบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station [7,15,16] เพื่อคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน รวมถึงขนาดกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังและแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง

## 1.5 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตในการศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้คือ การนำเสนอเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV โดยจะพิจารณาในหนึ่งระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย 2 หน่วยการผลิต และหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดกำลัง 90 MVA กับ 200 MVA แล้วนำเอาข้อมูลที่ได้จากทดลองไปวิเคราะห์โดยจะเลือกเอาข้อมูลในหน่วยการผลิต CTG1A ไปวิเคราะห์แล้วเปรียบเทียบค่าพลังงานหรือค่ากำลังไฟฟ้าต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.5.1 นำผลที่ได้จากทดลองไปคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนกังหันแก๊ส ในแต่ละตำแหน่งของแท๊ปที่หม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

1.5.2 นำผลที่ได้จากทดลองไปคำนวณหาค่ากำลังสูญเสีย (Armature loss and Field loss) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในแต่ละตำแหน่งแท๊ปของหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

1.5.3 นำผลที่ได้จากทดลองไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของกังหันแก๊ส ในแต่ละตำแหน่งแท๊ปของหม้อแปลงไฟฟ้า ไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันแก๊สที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

1.5.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลก่อนทำการทดลองเกี่ยวกับการใช้พลังงานขับเคลื่อนกังหันแก๊ส เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการเดินเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณและผลการทดลองกับผลจากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ในการศึกษาจะพิจารณาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสขนาดพิกัด 50.8 MVA โดยทำการปรับแก้ของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 115/230 kV ที่ละตำแหน่งเพื่อกำหนดไว้คือที่ตำแหน่ง 3L, 4L, 5L และ 6L จากนั้นทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัส ให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV อยู่ในย่านระดับแรงดัน 115.5 kV ถึง 118.5 kV เพื่อป้องกันไม่ให้ลูกค้าได้รับผลกระทบในการทดลองและค่ากระแสกระตุ้นของสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสต้องไม่เกินค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือ 844.2 A แล้วทำการเก็บข้อมูลจากผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PI (Plant Information Process Book V.3.1) และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station และผลที่ได้จากการทดลองเป็นตัวยืนยันในการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงจักรไฟฟ้าโกลว์

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในระบบการผลิตและการส่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งในการศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV นั้น จะกล่าวถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส, หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง, กระบวนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนแก๊ส และความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าจริงกับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าไปยังผู้ใช้พลังงานทางไฟฟ้าได้อย่างมั่นคงแน่นอนปลอดภัยและมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าเชื่อถือ [18,19] โดยอุปกรณ์เครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วย

#### 2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส

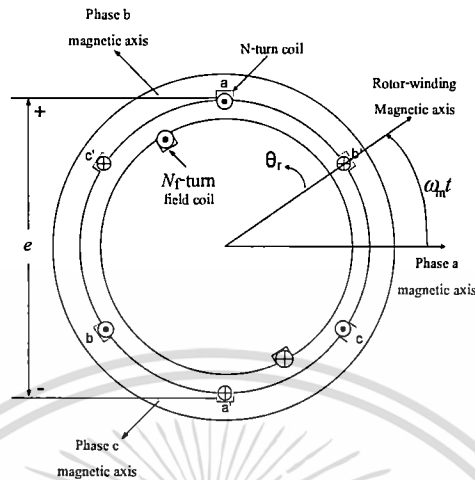
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีอยู่หลายประเภท แต่สำหรับกระบวนการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสนั้นจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสที่ต้องการความเร็วรอบคงที่ เพื่อรักษาความถี่ของแรงดันไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้อยู่โดยทั่วไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสถ้าป้อนกำลังงานกลไปขับเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสและจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง[8] เข้าไปยังขดลวดสนาม (Field winding) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสจะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับโดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่เคลื่อนหมุนโดยมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ เมื่อจ่ายไฟกระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์ (Exciter) เพื่อทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก
2. สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่อยู่กับที่มีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องแกนสเตเตอร์โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ตัดสนามของสนามแม่เหล็กบนโรเตอร์ ผ่านลวดตัวนำบนสเตเตอร์จะทำให้เกิดการเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่สเตเตอร์

ถ้าป้อนกำลังงานกลเข้าที่เพลลาและจ่ายกระแสไฟฟ้ากระตุ้นเข้าไปยังขดลวดสนามสร้าง

สนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส เมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่ ทำให้เกิดเป็น  
 เอกสารฉบับนี้ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เส้นแรงแม่เหล็กตัดกับขดลวดตัวนำ แล้วเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ สเตเตอร์



รูปที่ 2.1 เป็นหน้าตัดพื้นฐานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าสามเฟส

จากรูปที่ 2.1 เป็นหน้าตัดพื้นฐานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าสามเฟส และเมื่อพิจารณาจากสมการความหนาแน่นสูงสุดของสนามแม่เหล็ก [1] ที่สภาวะคงตัวในการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับ (Steady state AC operation) คือ

$$B_{\text{peak}} = \frac{4\mu_0 \left( \frac{k_f N_f}{\text{poles}} \right) I_f}{\pi g} \quad (2.1)$$

กำหนดให้  $B_{\text{peak}}$  : ความหนาแน่นสูงสุดของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น  
 $g$  : ค่าระยะช่องว่างอากาศ มีหน่วยเป็น cm  
 $N_f$  : จำนวนรอบขดลวดสนามแม่เหล็ก  
 $k_f$  : ค่าตัวประกอบเฉพาะของขดลวดสนามแม่เหล็ก  
 $I_f$  : กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น A

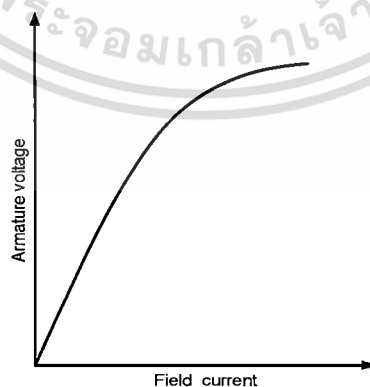
เมื่อขั้วของโรเตอร์อยู่ในแนวแกนเส้นแรงแม่เหล็กของสเตเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องกับขดลวดสเตเตอร์คือ  $k_w N_{ph} \phi_p$ , ซึ่ง  $\phi_p$  เป็นเส้นแรงแม่เหล็กที่ช่องว่างอากาศ (air-gap flux) ที่สภาวะคงตัวในการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับ (steady-state operation) [1] จากสมการ (2.1) จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับค่ากระแสกระตุ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็ก จากความสัมพันธ์นี้เองทำให้สามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสได้ด้วยการปรับเพิ่มหรือลดกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเมื่อนำไปพิจารณากับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสโดยปกติทั่วไปจะอยู่ในรูปของค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำรวมกับค่าตัวประกอบการพันขดลวดอาร์มาเจอร์ ( $k_w$ ) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้จากสมการต่อเฟสดังนี้

$$\begin{aligned}
 E_{\text{rms}} &= \omega_{\text{me}} k_w N_{\text{ph}} \phi_p \\
 &= 2\pi f_{\text{me}} k_w N_{\text{ph}} \phi_p \\
 &= \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_{\text{me}} k_w N_{\text{ph}} \phi_p \\
 &= \sqrt{2} \pi f_{\text{me}} k_w N_{\text{ph}} \phi_p
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

กำหนดให้  $E_{\text{rms}}$  : ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดอาร์มาเจอร์ต่อเฟส มีหน่วยเป็น V  
 $\omega_{\text{me}}$  : ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) มีหน่วยเป็น rad/s  
 $f_{\text{me}}$  : ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ มีหน่วยเป็น Hz  
 $N_{\text{ph}}$  : จำนวนรอบขดลวดอาร์มาเจอร์ต่อเฟส  
 $\phi_p$  : เส้นแรงแม่เหล็กที่ช่องว่างอากาศมีหน่วยเป็น Wb  
 $k_w$  : ค่าตัวประกอบการพันขดลวดอาร์มาเจอร์

จากสมการที่ (2.2) สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสดังแสดงในรูปที่ 2.2

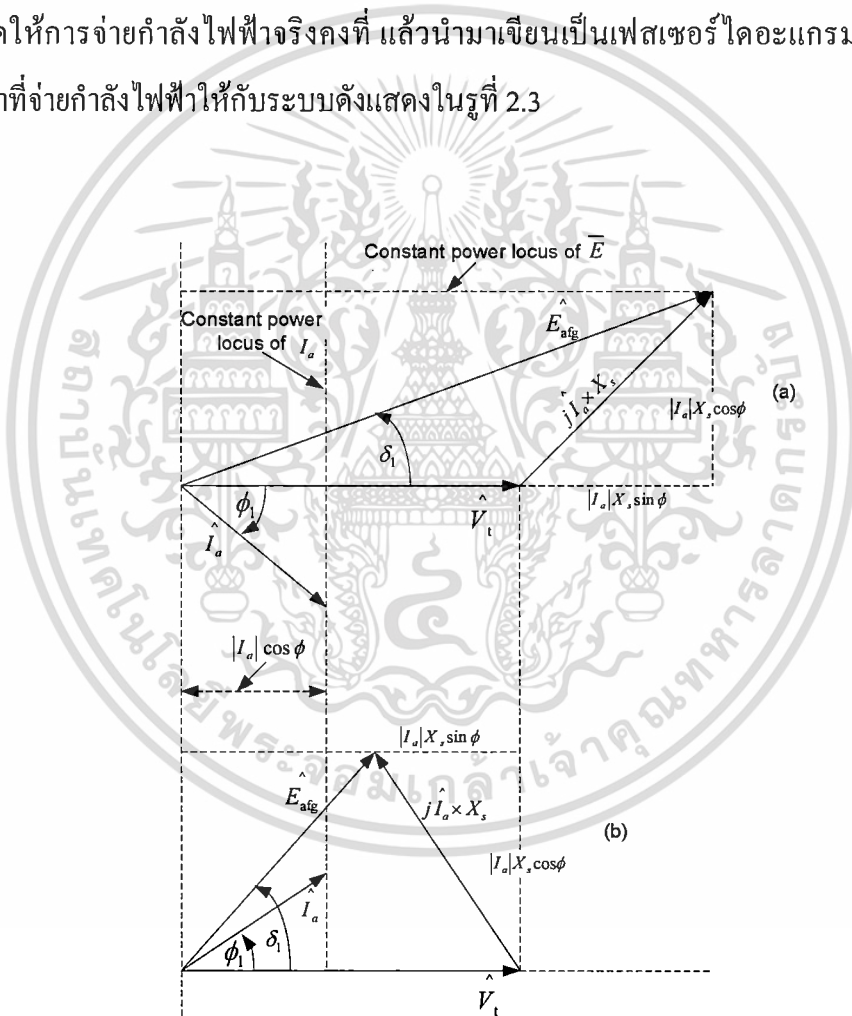


รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสนั้น สามารถควบคุมให้มีค่าของแรงดันมีค่าตามต้องการได้โดยใช้ AVR (Automatic Voltage Regulator)[5,8,9] ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ตลอดเวลาตามค่าที่ตั้งไว้ การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเมื่อพิจารณาจากวงจรสมมูลการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสไปยังระบบที่ระดับแรงดันไฟฟ้าบัส 115 kV ดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยกำหนดให้การจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงคงที่ แล้วนำมาเขียนเป็นเฟสเซอร์ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพเฟสเซอร์ของเครื่องกำเนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงคงที่ให้กับระบบ (a) เครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าไปยังระบบ (b) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

จากระบบ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูปที่ 2.3 (a), (b) กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสมีค่าคงที่ โดยที่ขนาดของแรงดัน  $\hat{V}_t$  จะเปลี่ยนตามขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ  $\hat{E}_{afg}$  ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าจริงคงที่เข้าไปยังบัสของระบบสามารถปรับให้มีขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสเปลี่ยนแปลงไปได้โดยการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กที่ป้อนให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส ถ้าปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กให้มีค่าลดลง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ  $\hat{E}_{afg}$  ก็จะมีขนาดลดลงทำให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV มีค่าลดลงตามไปด้วย เมื่อปรับเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มากขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ  $\hat{E}_{afg}$  ก็จะมีขนาดเพิ่มมากขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

## 2.3 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส

สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังงานกลจากตัวต้นกำลังของกังหันแก๊สไปขับเพลลาของเครื่องกำเนิดให้หมุนด้วยความเร็วเชิงโครนัส บางส่วนของกำลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าสูญเสียจากความเสียดกับแรงลมปะทะและจากการเปลี่ยนรูปกำลังกลเป็นกำลังไฟฟ้าโดยอาศัยแม่เหล็กไฟฟ้า ก็จะมีกำลังสูญเสียในแกนเหล็ก ซึ่งเกิดจากการสร้างสนามแม่เหล็กจะทำให้การสูญเสียภายในแกนเหล็กของโรเตอร์ หรือเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส สามารถหาได้จากสมการดังนี้ [1,2,3,5]

$$P_{\text{Excitation\_loss}} = I_f^2 R_f \quad (2.3)$$

กำหนดให้  $P_{\text{Excitation\_loss}}$  : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น W  
 $I_f$  : ค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น A  
 $R_f$  : ค่าความต้านทานของขดลวดสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น  $\Omega$

ส่วนกำลังงานสูญเสียจากความร้อนในอาร์มาเจอร์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นที่สเตเตอร์ จากการเหนี่ยวนำในขดลวดสเตเตอร์ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในขดลวดส่งผลทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียขึ้น โดยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ [1,2,3,5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{\text{Armature\_loss}} = 3I_a^2 R_a \quad (2.4)$$

กำหนดให้  $P_{\text{Armature\_loss}}$  : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์ มีหน่วยเป็น W  
 $I_f$  : ค่ากระแสกระตุ้นอาร์มาเจอร์ มีหน่วยเป็น A  
 $R_f$  : ค่าความต้านทานของขดลวดอาร์มาเจอร์ มีหน่วยเป็น  $\Omega$

ในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสนั้น สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี [2]

$$\eta_{\text{Generator}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{in}} = P_{\text{out}} + P_{\text{Electrical\_loss}} + P_{\text{Mechanical\_loss}}$$

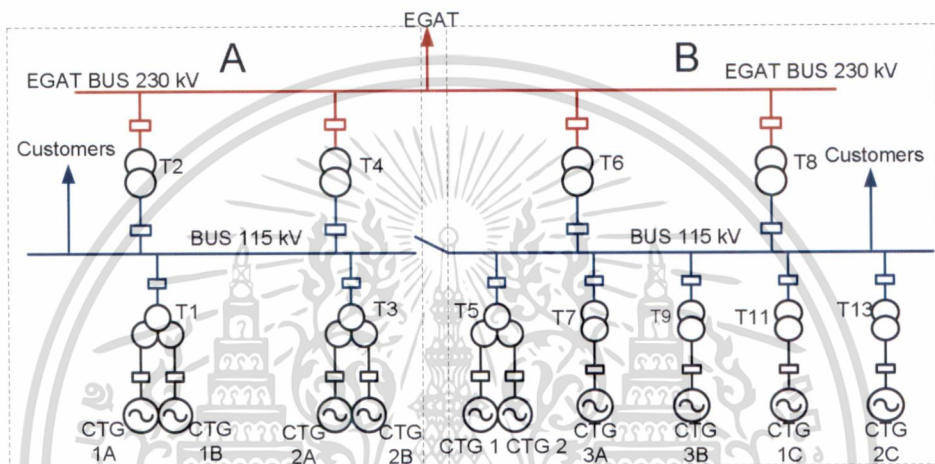
$$P_{\text{Electrical\_loss}} = P_{\text{Armature\_loss}} + P_{\text{Excitation\_loss}} \quad (2.5)$$

กำหนดให้  $\eta_{\text{Generator}}$  : ค่าประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส  
 $P_{\text{out}}$  : กำลังไฟฟ้าอาร์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W  
 $P_{\text{in}}$  : กำลังไฟฟ้าอินพุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W  
 $P_{\text{Electrical\_loss}}$  : กำลังสูญเสียทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W  
 $P_{\text{Mechanical\_loss}}$  : กำลังสูญเสียทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W  
 $P_{\text{Excitation\_loss}}$  : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น W  
 $P_{\text{Armature\_loss}}$  : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์ มีหน่วยเป็น W

## 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่บัสกับกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟารีแอกทีฟ

การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแบบ SPP (Small Power Plant) แสดงในรูปที่ 2.4 เป็นแผนภาพเส้นเดียวของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสไปยังบัส 115 kV เพื่อจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้ลูกค้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดังแสดงในรูปที่ 2.4 นั้นการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าให้ได้สูงสุดตามความต้องการของลูกค้า โดยมีความมั่นคงแน่นอนและมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าเชื่อถือ จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

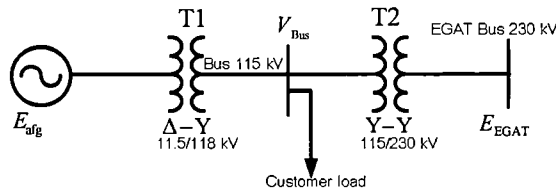
เห็นได้ว่าระดับความสามารถของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจะมีพิกัดกำลังสูงขึ้นได้ ถ้าการใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าและระดับกระแสไฟฟ้ามีค่าสูงๆ แต่พิกัดของกระแสไฟฟ้าถูกกำหนดโดยขนาดของสายตัวนำ [10,13,18,19] ดังนั้นระดับความสามารถในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าของระบบจะเพิ่มขึ้นได้ก็โดยการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นหลัก แต่ในการเลือกใช้พิกัดระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งถ้าระดับแรงดันไฟฟ้าสูงมากเกินไปอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.4 แผนภาพเส้นเดียวของระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ลูกค้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้า

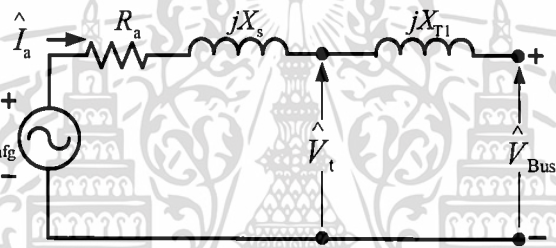
จากรูปที่ 2.4 พิจารณาที่หน่วยการผลิต CTG1A จะนำมาใช้สำหรับการศึกษาหาความสัมพันธ์การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสกับกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังบัสแรงดัน 115 kV และบัสแรงดัน 230 kV โดยการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนีสสามเฟสผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อเพิ่มแรงดันจาก 11.5 kV ไปเป็นแรงดันไฟฟ้า 115 kV เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับลูกค้าในนิคมอุตสาหกรรมและส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัสแรงดัน 115 kV ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพิ่มแรงดันจาก 115 kV ไปเป็นแรงดันไฟฟ้า 230 kV เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังบัสของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งสามารถนำไปเขียนเป็นแผนภาพการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังบัสของลูกค้าและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



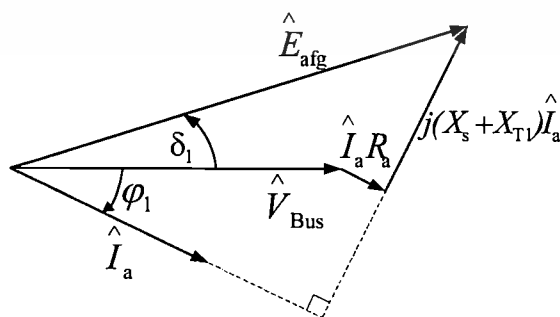
รูปที่ 2.5 แผนภาพการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังบัสของลูกค้าและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

จากรูปที่ 2.5 เมื่อพิจารณาการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสไปยังบัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV แล้วนำไปเขียนเป็นวงจรสมมูลการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังบัส 115 kV ต่อเฟส ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนภาพวงจรสมมูลการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังบัส 115 kV ต่อเฟส

จากรูปที่ 2.6 เมื่อพิจารณาการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสไปยังบัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV แล้วนำไปเขียนในรูปของเฟสเซอร์ไดอแกรมของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังบัส 115 kV ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนภาพเฟสเซอร์ไดอแกรมของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย

กำลังไฟฟ้าไปยังบัส 115 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น กรุณาอย่าเผยแพร่ให้บุคคลภายนอกโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรสมมูลในรูปที่ 2.6 และเฟสเซอร์ในรูปที่ 2.7 สามารถหาความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสได้จากสมการต่อเฟสดังนี้ [1,2]

$$\hat{E}_{afg} = \hat{V}_{Bus} + \hat{I}_a R_a + j\hat{I}_a (X_s + X_{T1}) \quad (2.6)$$

โดยที่  $\varphi_1$  เป็นมุมเฟสระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์  $\hat{I}_a$  กับแรงดันไฟฟ้าที่บัส  $\hat{V}_{Bus}$  และมุม  $\delta_1$  เป็นมุมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า  $\hat{E}_{afg}$  นำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่บัส  $\hat{V}_{Bus}$

เมื่อ  $R_a \ll (X_s + X_{T1})$

$$P_{Bus} = 3 \frac{|E_{afg}| |V_{Bus}|}{X_s + X_{T1}} \sin \delta_1 \quad (2.7)$$

และ

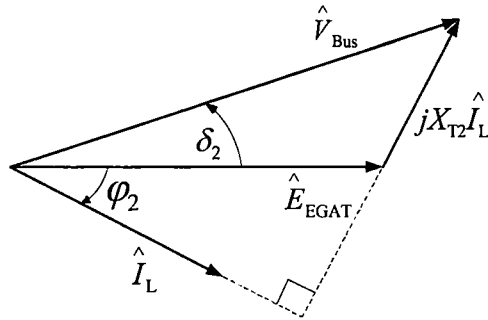
$$Q_{Bus} = 3 \frac{|V_{Bus}|}{X_s + X_{T1}} (|E_{afg}| \cos \delta_1 - |V_{Bus}|) \quad (2.8)$$

จากรูปที่ 2.5 เมื่อพิจารณาการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัสแรงดัน 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แล้วนำไปเขียนเป็นวงจรสมมูลการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าต่อเฟส ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และเฟสเซอร์การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตต่อเฟส ดังแสดงในรูปที่ 2.9 [1,2]



รูปที่ 2.8 วงจรการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต่อเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เฟสเซอร์การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

จากเฟสเซอร์ในรูปที่ 2.9 สามารถนำความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าที่บัส ไปคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยกำหนดให้ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าคงที่ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้ [1,2]

$$P_{EGAT} = 3 \frac{|V_{Bus}| |E_{EGAT}|}{X_{T2}} \sin \delta_2 \quad (2.9)$$

และ

$$Q_{EGAT} = 3 \frac{|E_{EGAT}|}{X_{T2}} (|V_{Bus}| \cos \delta_2 - |E_{EGAT}|) \quad (2.10)$$

โดยที่  $\varphi_2$  เป็นมุมเฟสระหว่างกระแสโหลด ( $\hat{I}_L$ ) ที่จ่ายออกไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ( $\hat{V}_{Bus}$ ) และมุม  $\delta_2$  เป็นมุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ( $\hat{V}_{Bus}$ ) นำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 230 kV ( $\hat{E}_{EGAT}$ ) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

กำหนดให้  $E_{afg}$  : แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส มีหน่วยเป็น V

$V_{Bus}$  : แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV มีหน่วยเป็น V

$E_{EGAT}$  : แรงดันไฟฟ้าที่บัส 230 kV มีหน่วยเป็น V

$I_a$  : กระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น A

$I_L$  : กระแสส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV มีหน่วยเป็น A

$X_{T1}$  : ค่ารีแอกแตนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 11.5/118 kV มีหน่วยเป็น  $\Omega$

$X_{T2}$  : ค่ารีแอกแตนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 115/230 kV มีหน่วยเป็น  $\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพิจารณาโดยใช้สมการที่ (2.6) ถึง (2.10) จะต้องแปลงให้อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ก่อน ถ้าให้กำลังไฟฟ้าจ่ายออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ( $P$ ) มีค่าคงที่ และต้องการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ( $E_{afg}$ ) โดยการปรับเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซิงโครนัสก็จะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส ( $V_{Bus}$ ) เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟที่จ่ายออกไปมีเพิ่มขึ้นและมุม Power angle ( $\delta$ ) มีค่าลดลง เช่นเดียวกันถ้าต้องการลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสโดยการปรับลดกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำส่งผลให้กำลังไฟฟารีแอกทีฟที่จ่ายออกมีค่าลดลงและมุม Power angle ( $\delta$ ) จะมีค่าเพิ่มขึ้น

## 2.5 การคำนวณค่า Load flow จากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap Power Station

สำหรับการคำนวณหาค่า Load flow คือการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องและกำหนดขนาดโหลดมาให้ เพื่อคำนวณหาขนาดกระแสไหลผ่านสายส่งหรืออุปกรณ์ต่างๆ และแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบ จากรูปที่ 2.3 ทำการพิจารณาที่หน่วยการผลิต CTG1A และ CTG1B โดยแต่ละเครื่องจ่ายภาระทางไฟฟ้าไปยังระบบผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า (T1) และผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า (T2) เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยการสร้างแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 3.3 สำหรับการหาค่ากำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ ใช้โปรแกรม Etap Power Station[7,15,16] ในการคำนวณหา Load flow ซึ่งใช้วิธีการของ Newton-Raphson method โดยใช้หลักการอนุกรมเทเลอร์(Taylor Series) ช่วยในการแก้ปัญหาด้วยสมการหา Load flow ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

เมื่อ  $\Delta P$  และ  $\Delta Q$  เป็นกำลังไฟฟ้าจริง(Real power) และกำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Reactive power) ส่วน  $\Delta V$  และ  $\Delta \delta$  นั้นคือแรงดันไฟฟ้าและมุมของแรงดันไฟที่บัส โดยที่  $J$  เป็นจาโคเบียนเมตริกต์ (Jacobian matrix) [3,7,10,19] โดยแบบจำลองที่ใช้สำหรับการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสไปยังระบบการส่งจ่ายของโรงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญตัวหนึ่ง เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิง โครนัสและระบบสายส่ง จะเห็นได้ว่าในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้น ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการส่ง ดังนั้น การส่งกำลังไฟฟ้าที่พิกัดแรงไฟฟ้าสูงๆ จึงเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการนำเอาหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีพิกัดแรงดันไฟฟ้าและพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงๆ เข้ามาต่อช่วยระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ช่วยยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดปรับเพิ่มระดับแรงดัน (Step-up transformer) [11,12] เพื่อลดขนาดกระแสในสายส่งลง ทำให้อายุการใช้งานของสายส่งรวมทั้งลดแรงดันตก (Voltage drop) เป็นการช่วยให้เสถียรภาพของระบบดีขึ้น ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าและระบบผู้ใช้งานนั้น มักจะพบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ขณะใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาไม่คงที่ อาจสูงหรือต่ำ ซึ่งจะทำให้มีผลเสียหายอย่างมากต่ออุปกรณ์เครื่องจักรกลไฟฟ้า ด้วยเหตุผลนี้จึงได้เลือกเอาหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีการต่อจำนวนขดลวดทางด้านไฟฟ้าเข้าหรือไฟฟ้าออกแรงสูง (High voltage) ได้หลายๆ ขั้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้าด้านแรงดันไฟฟ้าสูงในแต่ละตำแหน่งแท็ปหม้อแปลง ดังแสดงในตารางที่ 1 ในการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดในหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ค่าตามพิกัดที่ต้องการ เรียกว่า การปรับแท็ปขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า (Tap-changing)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าพิกัดกระแสและแรงดัน ไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

Winding group	Tap position	Volts(kV)	Rated Current(A)			Connection
			120 MVA	160 MVA	200 MVA	
H1,H2,H3	8L	253.00	273.8	365.1	456.4	2-3
	7L	250.13	277.0	369.3	461.6	2-4
	6L	247.25	280.2	373.6	467.0	2-5
	5L	244.38	283.5	378.0	472.5	2-6
	4L	241.50	286.9	382.5	478.1	2-7
	3L	238.63	290.3	387.1	483.9	2-8
	2L	235.75	293.9	391.8	489.8	2-9
	1L	232.88	297.5	396.7	495.8	2-10
	N	230.00	301.2	401.6	502.0	2-11
	1R	227.13	305.0	406.1	508.4	2-12
	2Ra	224.25	308.9	411.9	514.9	2-13
	2Rb					2-14
	2Rc	224.25	308.9	411.9	514.9	2-3
	3R	221.38	313.0	417.3	521.6	2-4
	4R	218.50	317.1	422.8	528.5	2-5
	5R	215.63	321.3	428.4	535.5	2-6
6R	212.75	325.6	434.2	542.7	2-7	
7R	209.88	330.1	440.1	550.2	2-8	
8R	207.00	334.7	446.3	557.8	2-9	
9R	204.13	339.4	452.5	565.7	2-10	
10R	201.25	344.3	459.0	573.8	2-11	
11R	198.38	349.2	465.7	582.1	2-12	
12R	195.50	354.4	472.5	590.5	2-13	
X1,X2,X3		121.00	572.0	763.0	954.0	
Y2.1,Y3.2		11.00				

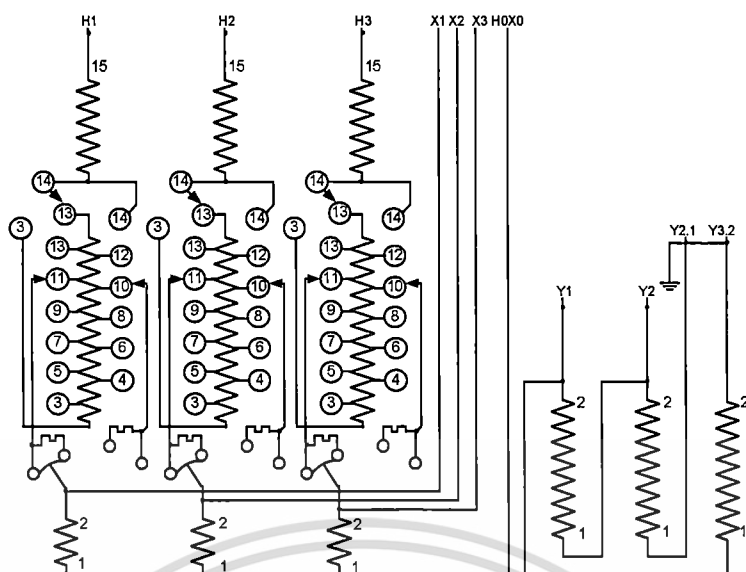
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ขออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปรับเปลี่ยนแท็ปของหม้อแปลงในระบบไฟฟ้าแรงสูง อาจปรับเปลี่ยนทางขดลวดชุดด้านไฟแรงดันสูง(High voltage; HV) หรืออาจปรับเปลี่ยนทางขดลวดชุดด้านไฟแรงดันต่ำ (Low voltage; LV) ก็ได้ จะเห็นได้ว่าการปรับเปลี่ยนแท็ป เป็นการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อควบคุมระดับแรงดันไฟให้มีค่าคงที่ตามต้องการ ไม่ว่าในขณะนั้นระดับแรงดันไฟเข้าหม้อแปลงจะมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงจากค่าพิกัดก็ตาม ซึ่งกรรมวิธีการปรับเปลี่ยนแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้า อาจทำได้ 2 วิธีคือ [18,19]

2.5.1 การปรับแท็ปขณะไม่มีไฟจ่าย (Off-load tap changing) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งขั้วรับไฟหรือจ่ายไฟ ในขณะไม่มีไฟฟ้าก่อนจะนำไปต่อใช้งาน ซึ่งจะป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับตัวอุปกรณ์และตัวหม้อแปลงไฟฟ้า แต่จะมีความยุ่งยากในขณะใช้งานอยู่แล้วซึ่งจะต้องหยุดการจ่ายไฟฟ้าของระบบลง

2.5.2 การปรับแท็ปขณะมีไฟจ่าย (On-load tap changing)[14] เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของหม้อแปลงในขณะที่ยังมีการจ่ายกำลังไฟฟ้าอยู่ ให้ได้ค่าระดับแรงดันไฟที่พิกัดตลอดเวลา ทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้งาน โดยไม่ต้องหยุดการจ่ายไฟฟ้าแต่จะต้องอาศัยเทคนิคกรรมวิธีมากขึ้นในขณะทำการเปลี่ยนแท็ปขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันนี้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังได้ถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนแท็ปของขดลวดได้เองโดยอัตโนมัติเพื่อควบคุมให้ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกมีค่าตรงตามพิกัดที่ต้องการไม่สูงหรือต่ำเกินไป โดยเครื่องควบคุมการปรับเปลี่ยนแท็ปหม้อแปลงไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เรียกว่า Automatic Voltage Regulator; (AVR) ซึ่งโดยทั่วๆ ไปแล้วจะถูกออกแบบให้สามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกให้คลาดเคลื่อน ไม่เกิน 2-2.5% ของพิกัดแรงดันที่ต้องการตลอดเวลาขณะใช้งานเครื่องที่จะสามารถรักษาระดับแรงดันให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ต่ำๆ ได้นั้น หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจะต้องมีจำนวนแท็ปมากและความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าแต่ละแท็ปก็จะต้องมีค่าน้อยๆ ตามไปด้วย



รูปที่ 2.10 ลักษณะการต่อขดลวดทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 200 MVA ชนิดปรับแท็ปได้

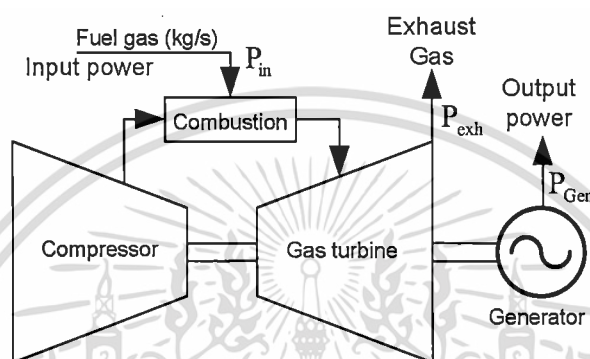
ในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าไปยังผู้ใช้จะต้องผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อเพิ่มหรือลดระดับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงผลการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเนื่องจากแกนเหล็ก โดยค่าการสูญเสียในแกนเหล็กจะหาได้จากการทดสอบเปิดวงจรหรือเป็นกำลังไฟฟ้าจริงขณะยังไม่จ่ายโหลดซึ่งมีค่าคงที่ และการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเนื่องจากขดลวดทองแดงของตัวนำ จะหามาได้จากการทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงส่วนค่ากำลังสูญเสียของขดลวดทองแดงนั้นจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับกระแสด้านขาออกขณะจ่ายกำลังไฟฟ้า

## 2.7 การใช้พลังงานขับเคลื่อนแก๊สในกระบวนการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ในกระบวนการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับของโรงไฟฟ้านั้นเป็นที่ทราบกันดีว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส ก็คือ เครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานกลที่ป้อนไปขับเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นที่กำเนิดแหล่งพลังงานกลได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ ถ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่โหลดมากขึ้น จะต้องใช้แรงที่ตัวต้นกำลังให้จ่ายพลังงานกลไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย เพราะ

พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายได้จากการเปลี่ยนพลังงานกลที่ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เพื่อเป็นพลังงานไปขับเคลื่อนกังหันแก๊สและกำลังไฟฟ้าแอร์พัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสแสดงในรูปที่ 2.11 สำหรับการคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้ไปขับเคลื่อนกังหันแก๊สซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงนั้นสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกำลังทางไฟฟ้าได้ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์เกี่ยวกับการใช้พลังงาน การคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้, ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันแก๊ส [4]



รูปที่ 2.11 แผนภาพของกระบวนการใช้พลังงานขับเคลื่อนกังหันแก๊สและกำลังไฟฟ้าแอร์พัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส

จากรูปที่ 2.11 สามารถคำนวณหาพลังงานที่ใช้, ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันแก๊ส ได้จากสมการดังต่อไปนี้ [4]

$$\eta_{\text{Gas turbine}} = \frac{P_{\text{Gen}}}{P_{\text{in}}} \quad (2.14)$$

$$P_{\text{in}} = m_{\text{fuel\_gas\_flow}} \times h_{\text{fuel\_gas}} \quad (2.15)$$

- กำหนดให้  $\eta_{\text{Gas turbine}}$  : ประสิทธิภาพโดยรวมของ Gas turbine  
 $P_{\text{Gen}}$  : ค่ากำลังไฟฟ้าแอร์พัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W  
 $P_{\text{in}}$  : ค่ากำลังกำลังงานทางด้านอินพุตของ Gas turbine มีหน่วยเป็น W  
 $h_{\text{fuel\_gas}}$  : ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น kJ/kg  
 $m_{\text{fuel\_gas\_flow}}$  : ค่ามวลของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ มีหน่วยเป็น kg/sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

ในการศึกษาวิจัยจะทำการทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV โดยทำการปรับแก้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดแรงดันไฟ 115/230 kV ในแต่ละตำแหน่งแก้คือ 3L, 4L, 5L และ 6L แล้วทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV อยู่ในย่านระดับแรงดัน 115.5 kV ถึง 118.5 kV ป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบกับลูกค้าผู้ใช้ไฟฟ้าและค่ากระแสกระตุ้นของสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องไม่เกินค่ากระแสพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 844.2 A โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในหนึ่งโรงจักรจะมีการผลิตกำลังไฟฟ้าขนาดเท่ากัน จากนั้นทำการเก็บข้อมูล โดยใช้โปรแกรม PI [4] แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงจักรไฟฟ้าโกลว์ โดยพิจารณาการใช้พลังงานในการขยับกั้นแก๊สซึ่งรายละเอียดของเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นประกอบไปด้วย

### 3.1 เครื่องจักรกลไฟฟ้าสามเฟส

ในโรงจักรไฟฟ้าเครื่องจักรกลไฟฟ้าสามเฟสเป็นส่วนของระบบการผลิตมีชุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับแรงดันหนึ่ง แล้วส่งผ่านไปยังหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อส่งกำลังทางไฟฟ้าเข้าสู่ระบบเพื่อส่งจ่ายให้กับลูกค้าโรงงานอุตสาหกรรมและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำหรับข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์สามเฟสและหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงค่าพิกัดของเครื่องจักรไฟฟ้าดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 2** ตารางแสดงค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสขนาด 50.8 MVA

2 Pole, 3 Phase, WYE Connected, 50 Hz, 3000 rpm	
Rated Power (MVA)	50.8
Armature current (A)	2,550
Armature Voltage (kV)	11.5
Field current (A)	844.2
Exciter Voltage (V)	155
No Load Exciter Field Current (A)	313
Reactance Saturate (Per -unit)	0.159
Field Winding DC resistance ( $\Omega$ )	0.165
Armature Winding DC resistance ( $\Omega$ /Phase)	0.00581
No Load loss (kW)	120

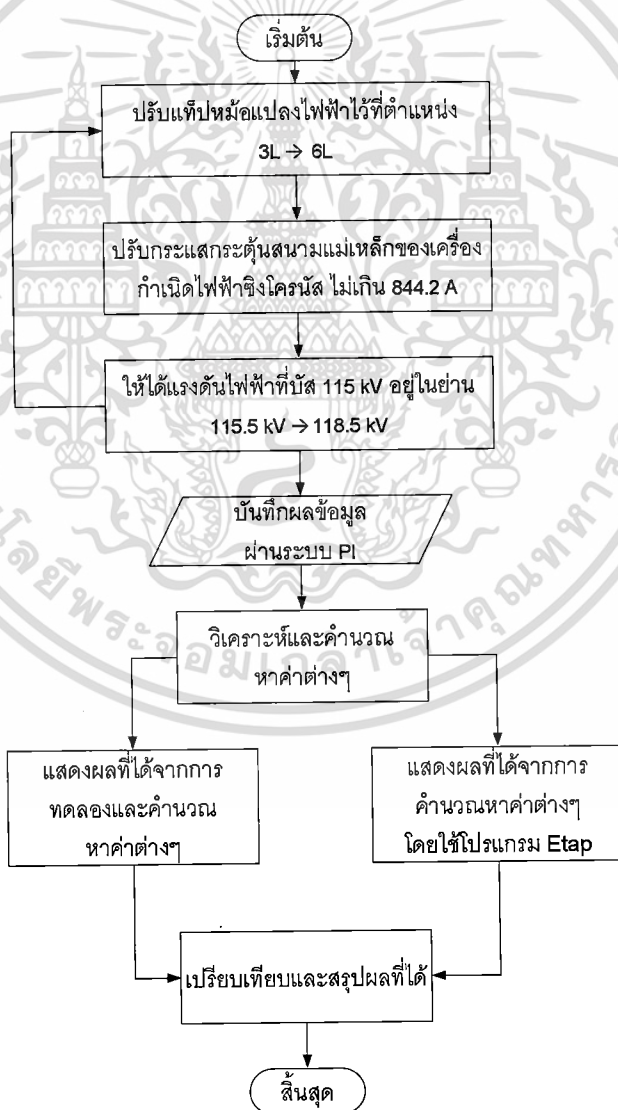
**ตารางที่ 3** ตารางแสดงค่าพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ค่าพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 90 MVA	
Rated Power (MVA)	90
Voltage (kV)	11.5/115
No Load loss (kW)	37.5
Load loss (kW)	208.3
Impedance ( $\Omega$ )	7.96
ค่าพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 200 MVA	
Rated Power (MVA)	200
Voltage (kV)	121/230
No Load loss (kW)	39.5
Load loss (kW)	512.4
Impedance ( $\Omega$ )	15.42

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ทำการปรับแก้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดแรงดันไฟ 115/230 kV ที่ละตำแหน่งแท่งคือ 3L, 4L, 5L และ 6L ดังแสดงในตารางที่ 1 แล้วทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส ให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV อยู่ในย่านระดับแรงดัน 115.5 kV ถึง 118.5 kV เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบกับลูกค้ำที่และการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้องไม่เกินค่าพิกัดกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 844.2 A โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในหนึ่งโรงจักรการผลิตมีภาระทางไฟฟ้าเดียวกัน ซึ่งขั้นตอนและวิธีการทดลองได้แสดงดังรูปที่ 3.1



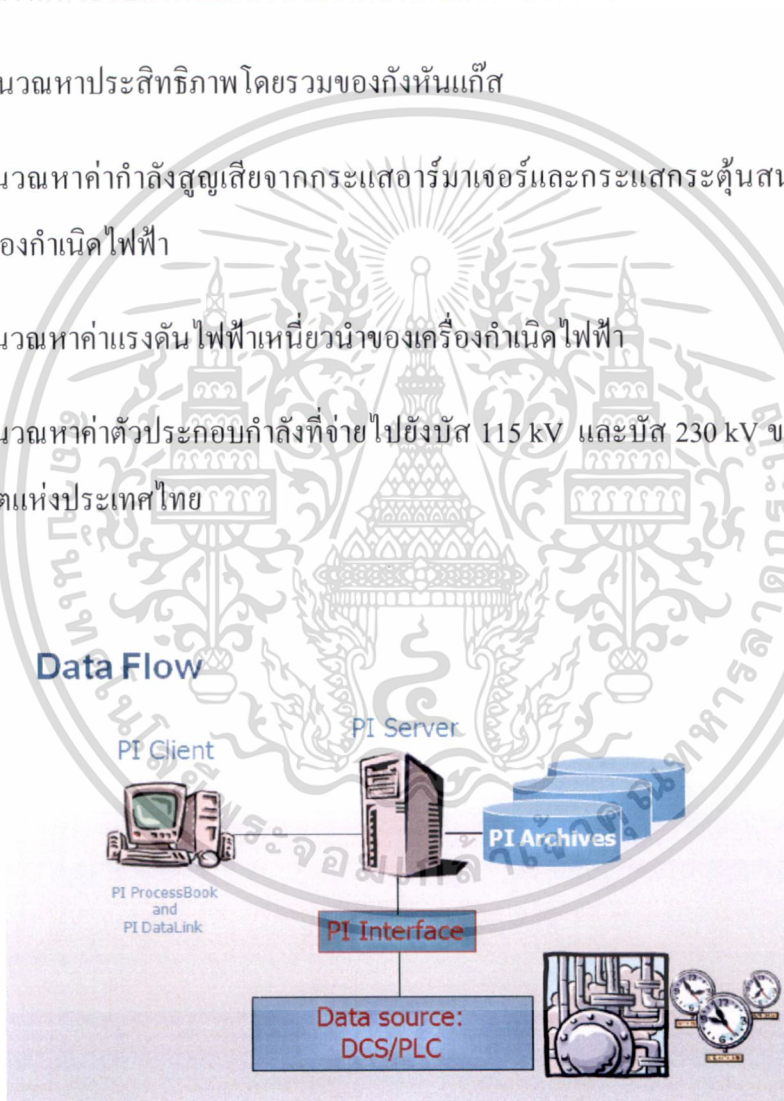
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการทดลองและการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ในการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม PI [6] ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งจะเก็บค่าที่ได้จากการทดลอง ทุก 1 นาที โดยแต่ละตำแหน่งเก็บจะใช้เวลาในการทดลองประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์และคำนวณหาค่าดังต่อไปนี้

1. พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนแก๊สจากเชื้อเพลิงที่ใช้คือก๊าซธรรมชาติ
2. คำนวณหาประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันแก๊ส
3. คำนวณหาค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
5. คำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังที่จ่ายไปยังบัส 115 kV และบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

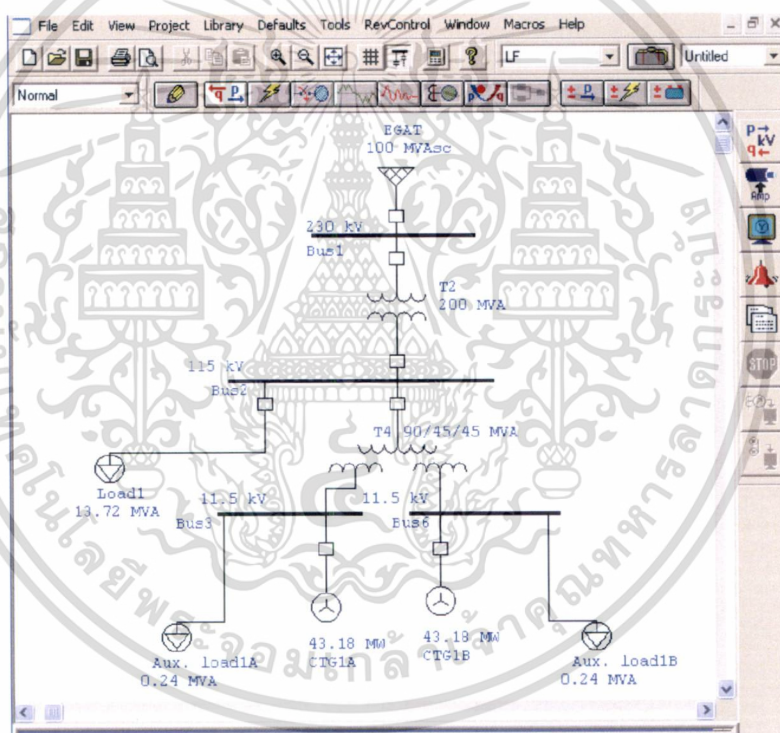


รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการจัดเก็บข้อมูลการทดลองบการควบคุมแรงดันไฟฟ้าบัสผ่านระบบ PI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap Power Station

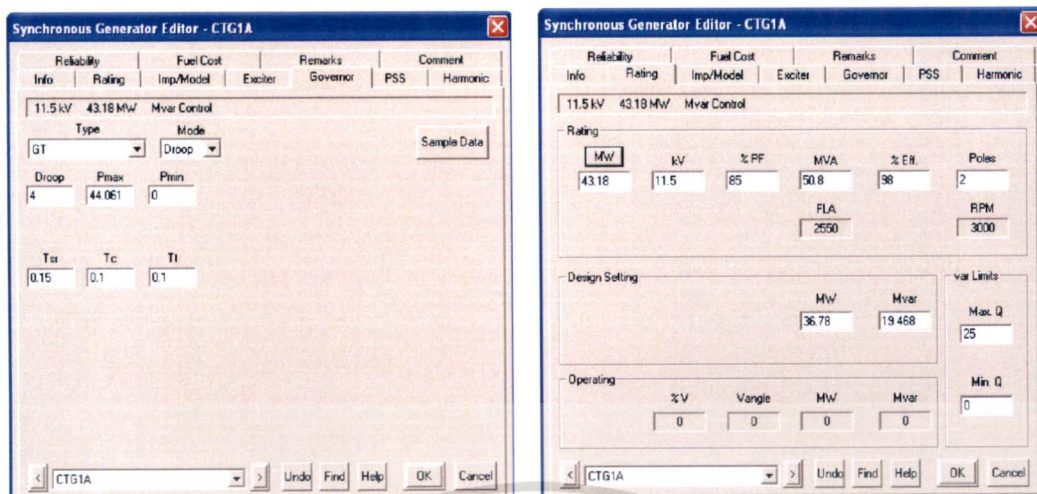
จากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ใช้สำหรับการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสไปยังระบบการส่งจ่ายของโรงไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองและการคำนวณซึ่งในแบบจำลองของโปรแกรม Etap นั้นมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใส่ในแบบจำลองได้มาจากค่าออกแบบของเครื่องจักรซึ่งทางผู้ผลิตเครื่องจักรจะกำหนดมาให้ สำหรับแบบจำลองในโปรแกรม Etap ที่ใช้คำนวณนั้นมีค่าพารามิเตอร์ในอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ [7]



รูปที่ 3.3 แบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station

#### 3.4.1 แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัส

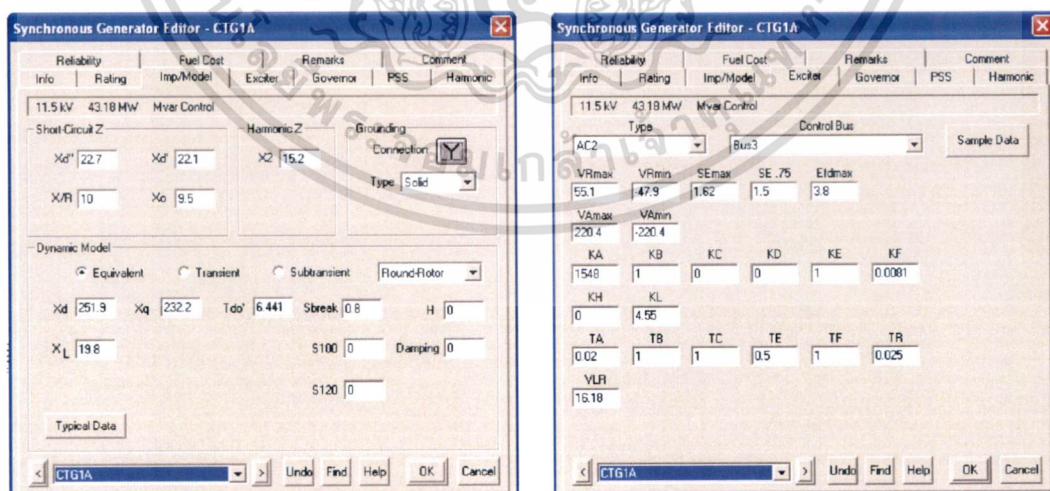
3.4.1.1 ข้อมูลและพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามเฟสที่ใช้ในแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 เป็นข้อมูลของค่าต่างๆ ที่ใส่ในแบบจำลองส่วนที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามเฟสดังแสดงในรูปที่ 3.4 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แบบจำลองค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสใน

โปรแกรม Etap Power Station

3.4.1.2 ข้อมูลและพารามิเตอร์ในส่วนของ Impedance model กับ Exciter model ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เป็นข้อมูลค่า Impedance ต่างๆที่ใช้ได้แสดงอยู่ในบทผนวก (ก) โดยในการคำนวณเกี่ยวกับ Short-Circuit และ Dynamic Model

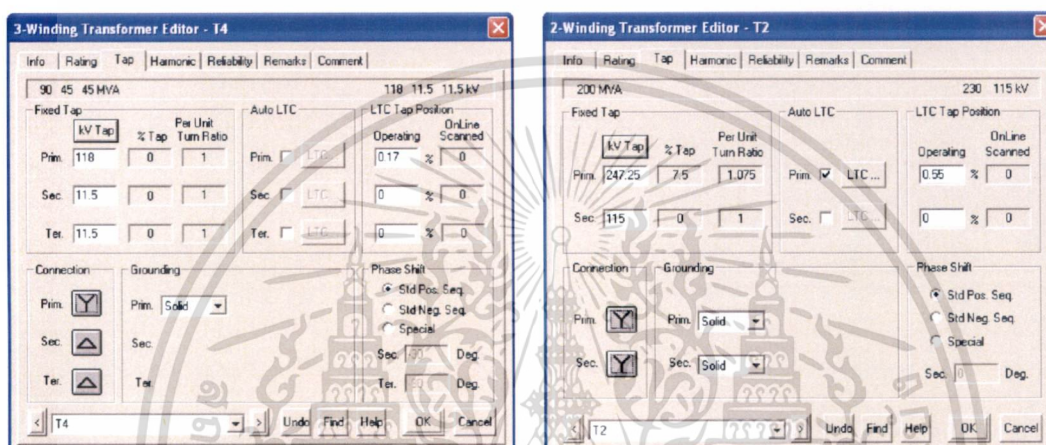


รูปที่ 3.5 แบบจำลอง Impedance model และ Exciter model ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสามเฟสในโปรแกรม Etap Power Station ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 แบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

ข้อมูลและพารามิเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 3 เป็นข้อมูลของค่าต่างๆ ที่ใส่ในแบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 สำหรับแบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 90 MVA และ 200 MVA



รูปที่ 3.6 แบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดพิกัด 90 MVA และ 200 MVA  
ในโปรแกรม Etap Power Station

### 3.5 การแสดงผลการทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

ระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าส่งกำลังไฟฟ้าไปที่บัสโดยผ่านระบบสายส่งเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ต่างๆ สำหรับผลที่ได้จากการทดลองนั้น นำไปคำนวณการใช้เชื้อเพลิงไปขับเคลื่อนกังหันแก๊สเทียบกับตำแหน่งที่ปีต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้ากับการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส โดยผลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาค่ากำลังงานต่างๆเปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap Power Station เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในการเดินเครื่องจักรผลิตกระแสไฟฟ้า จากการทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

115 kV โดยการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในแต่ละ

ตำแหน่งแท่งคือ 3L, 4L, 5L และ 6L ของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยให้นำเอาผลจากการทดลองและคำนวณหาค่าต่างๆ ซึ่งได้แสดงในกราฟดังต่อไปนี้

3.5.1 กราฟแสดงผลการใช้พลังงานขับ Gas Turbine และ Generator output power เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท่งต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

3.5.2 กราฟแสดงผลของค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท่งต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

3.5.3 กราฟแสดงผลของประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท่งต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

3.5.4 กราฟแสดงผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท่งต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

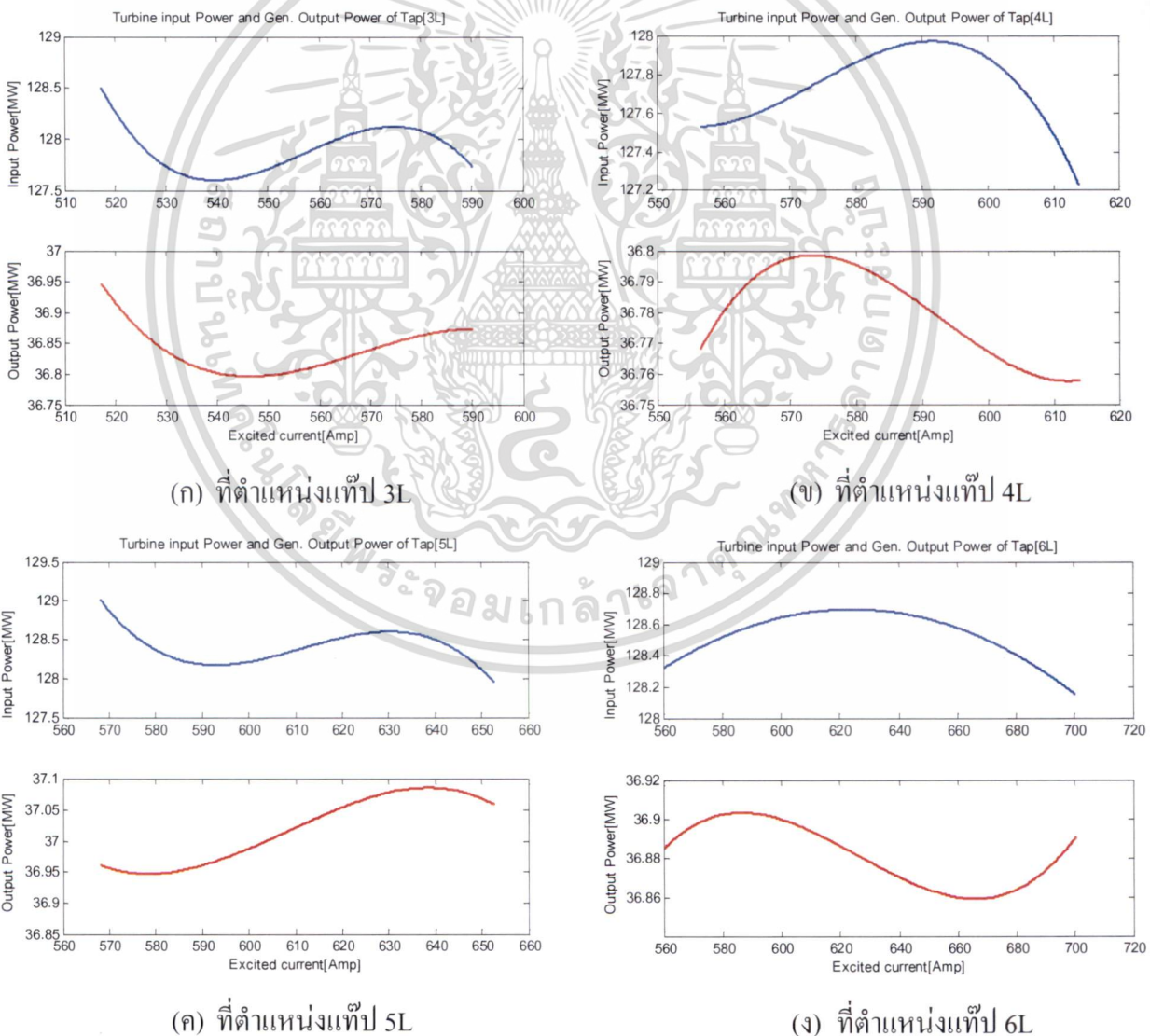
3.5.5 กราฟแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท่งต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

3.5.6 กราฟแสดงผลของค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท่งต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.1 การแสดงผลการใช้พลังงานขับ Gas Turbine และ Generator output power เทียบกับ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

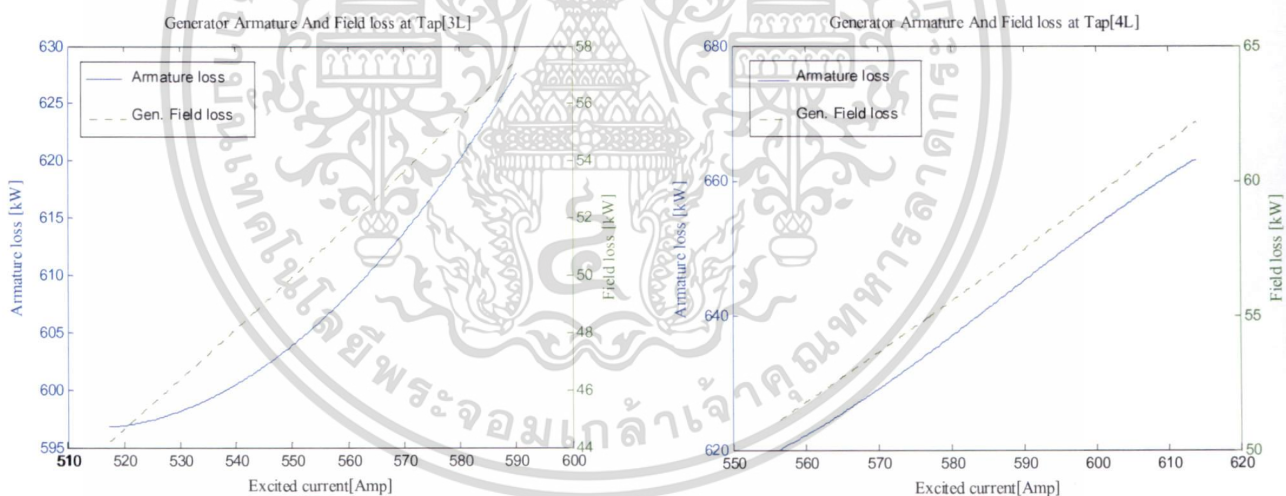
จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติในการขับ Gas turbine ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งได้แสดงดังกราฟที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของระบบจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อไปควบคุมเครื่องจักรกังหันก๊าซ (Gas turbine) ตามภาระทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเข้าไปยังระบบให้ได้ตามค่าที่เครื่องถูกกำหนดให้จ่ายกำลังไฟฟ้าออกที่ 36.88 MW



รูปที่ 3.7 กราฟการเปรียบเทียบระหว่าง Input Power กับ Output Power ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และ 6L ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.2 การแสดงผลของค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

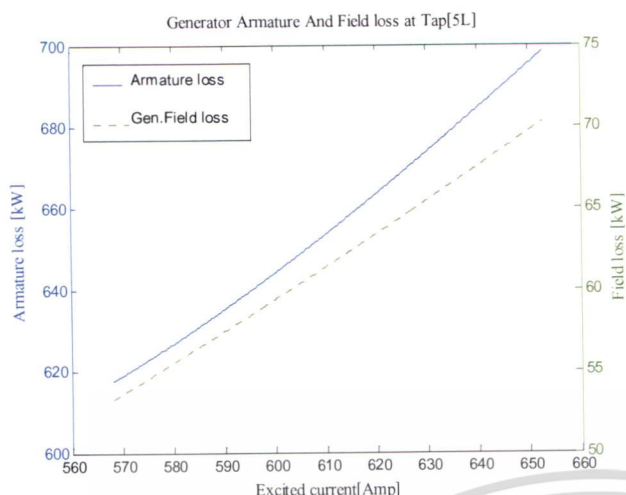
จากข้อมูลของกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งโครน์สสามเฟสที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาคำนวณหาค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเพื่อไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ การปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ โดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.8 จะพบว่าในแต่ละตำแหน่งแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าหาค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากทดลองที่ตำแหน่งแท็ป 6L มีกำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมากกว่าตำแหน่งแท็ปอื่นๆ



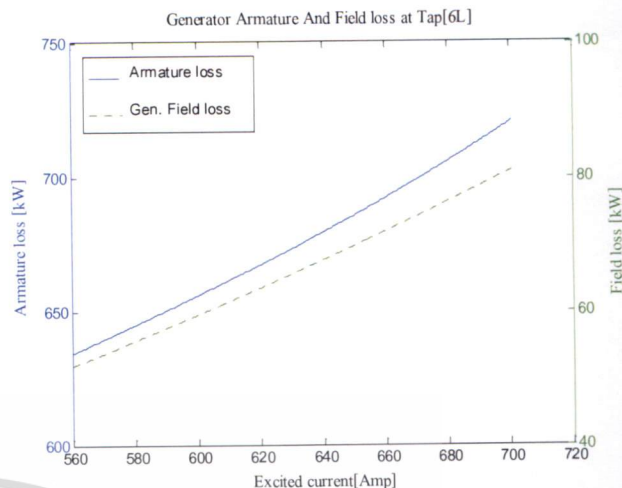
(ก) ที่ตำแหน่งแท็ป 3L

(ข) ที่ตำแหน่งแท็ป 4L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ที่ตำแหน่งแท็ป 5L

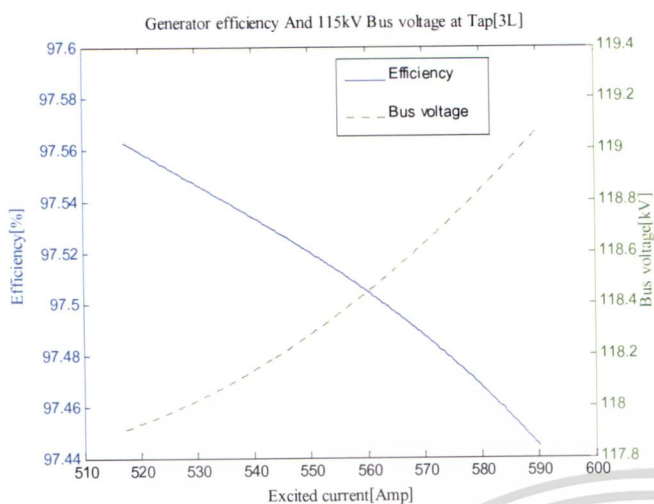


(ง) ที่ตำแหน่งแท็ป 6L

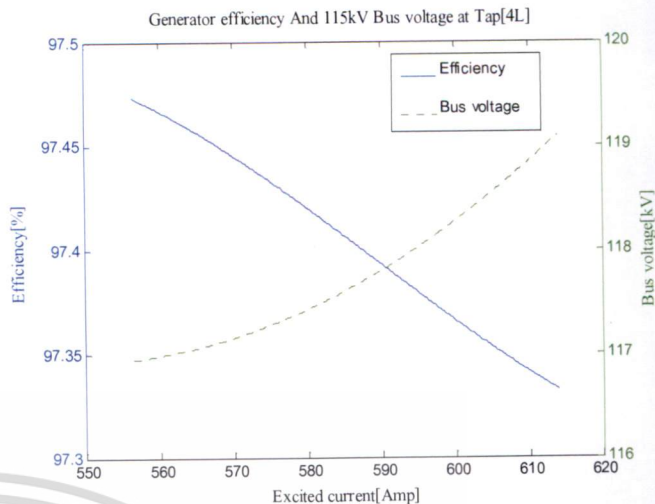
รูปที่ 3.8 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียจาก Generator armature loss และ Generator field loss เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

### 3.5.3 การแสดงผลของประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

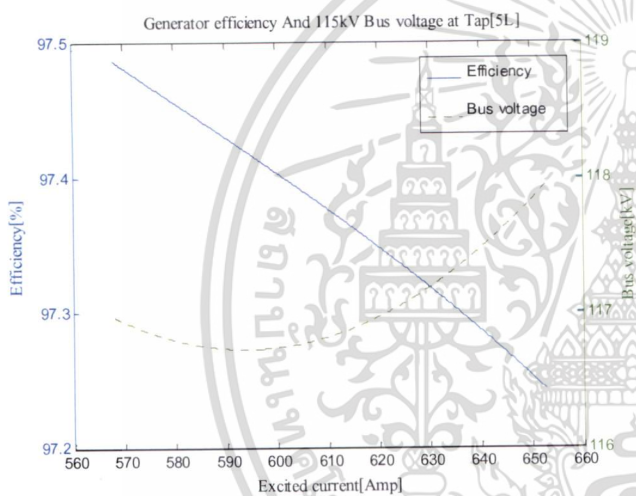
จากข้อมูลผลการวิเคราะห์หาค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ การปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส เทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ที่เกิดจากการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.9 จะพบว่าเมื่อทำการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ด้วยการปรับเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำให้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสมีค่าลดลงตามไปด้วยอันเนื่องมาจากค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



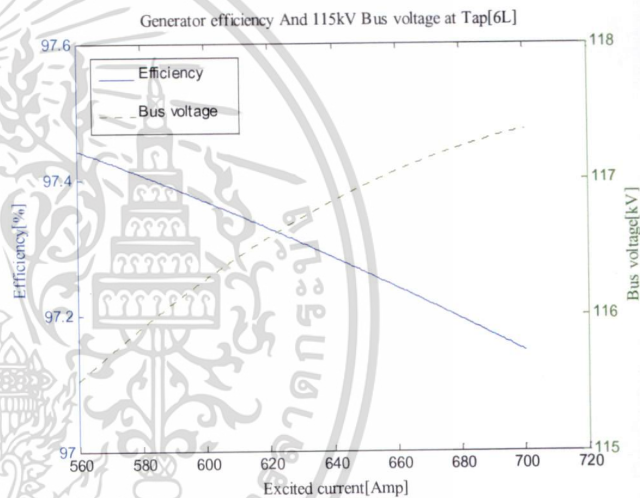
(ก) ที่ตำแหน่งแท็ป 3L



(ข) ที่ตำแหน่งแท็ป 4L



(ค) ที่ตำแหน่งแท็ป 5L



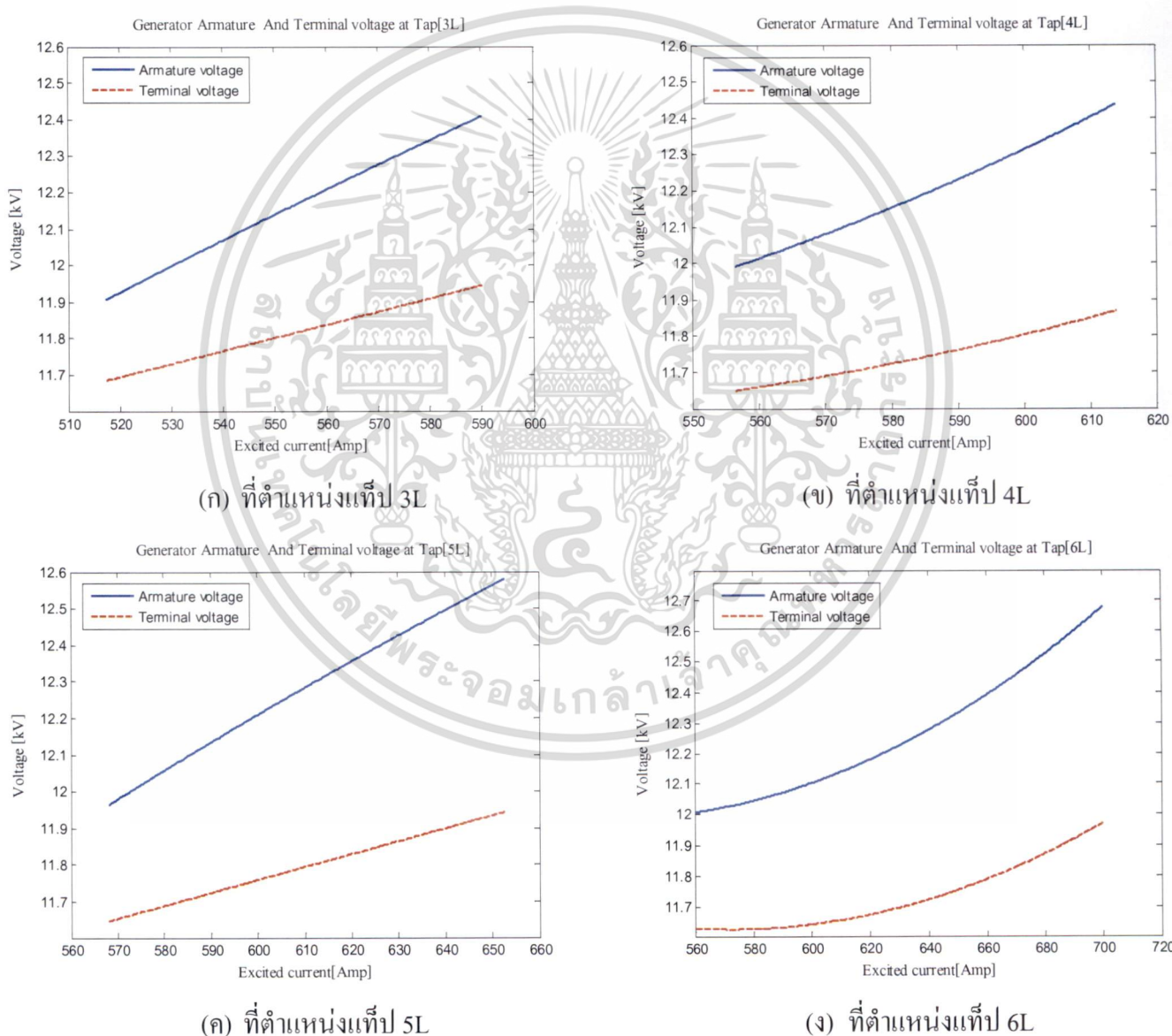
(ง) ที่ตำแหน่งแท็ป 6L

รูปที่ 3.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.4 การแสดงผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปคำนวณหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกราฟกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.10 จะพบว่ามีเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน



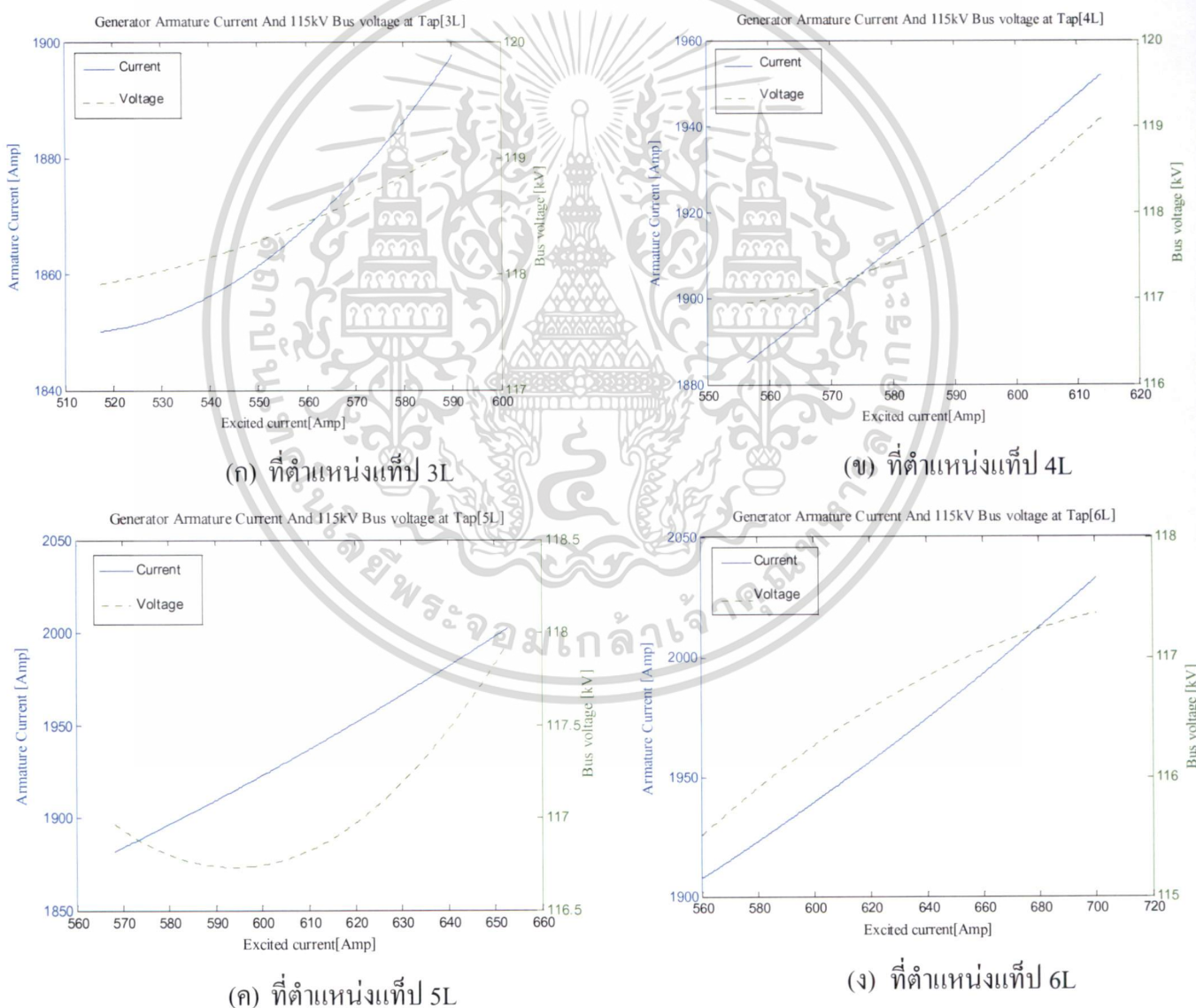
รูปที่ 3.10 กราฟเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.5 การแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ

จากข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งโครนัสตามเฟสขนาดพิกัด 50.8 MVA ที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบ การปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ จะพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV จะเพิ่มขึ้นตามกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.11



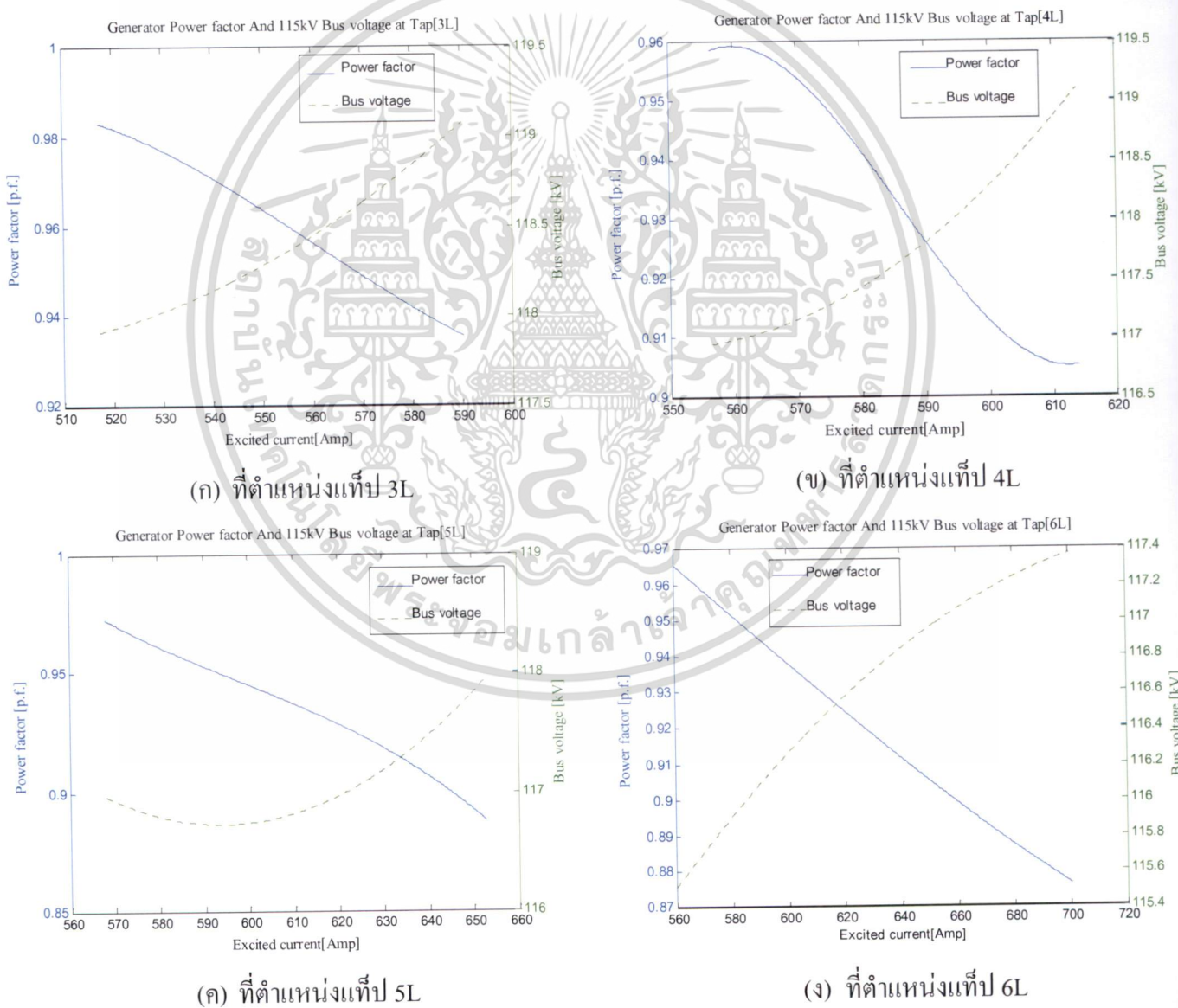
รูปที่ 3.11 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV กับกระแสอาร์มาเจอร์เทียบกับกระแส

กระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.5.6 การแสดงผลของค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ**

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ ได้แสดงดังกราฟในรูปที่ 3.12 ซึ่งจะพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เมื่อเทียบกับค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะแปรผกผันกันคือถ้าต้องการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่บัสโดยการควบคุมจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นสามารถทำได้ด้วยการลดค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือการเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัสตามที่ต้องการ

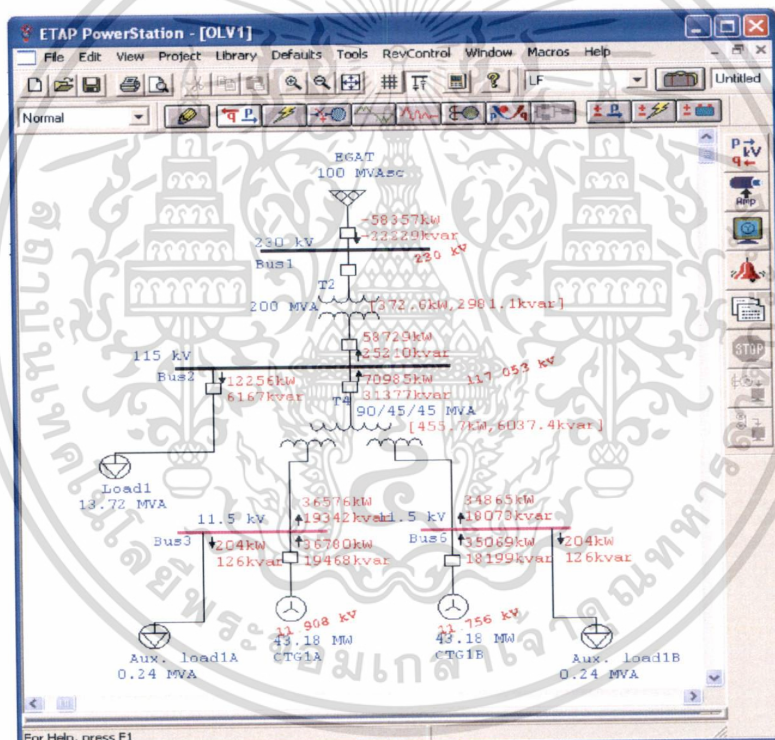


**รูปที่ 3.12** กราฟเปรียบเทียบแรงดันที่บัส 115 kV และค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบ

เอกสารนี้เป็นกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L 4L 5L และ 6L  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การแสดงผลจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap Power Station

ในการคำนวณหาค่า Load flow จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังระบบโดยใช้แบบจำลองในโปรแกรม Etap สำหรับการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์สามเฟสไปยังบัส 115 kV และส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากบัส 115 kV ไปยังบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณหา Load flow โดยใช้ Etap ดังแสดงในรูปที่ 3.13 เป็นการแสดงผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station



รูปที่ 3.13 แสดงค่าคำนวณกำลังไฟฟ้าต่างๆ และแรงดันไฟฟ้าที่บัสจากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station

จากค่า Load flow ที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Etap นำไปเปรียบเทียบกับค่าต่างๆ ที่ได้จากการผลการทดลองกับผลการคำนวณจะพบว่ามีความโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งได้นำไปแสดงผลด้วยคุณลักษณะทางกราฟดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 กราฟแสดงผลของค่ากระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าจากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ

3.6.2 กราฟแสดงผลของค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าจากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ

3.6.3 กราฟแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัสแรงดัน 230 kV เปรียบเทียบกับค่าจากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ

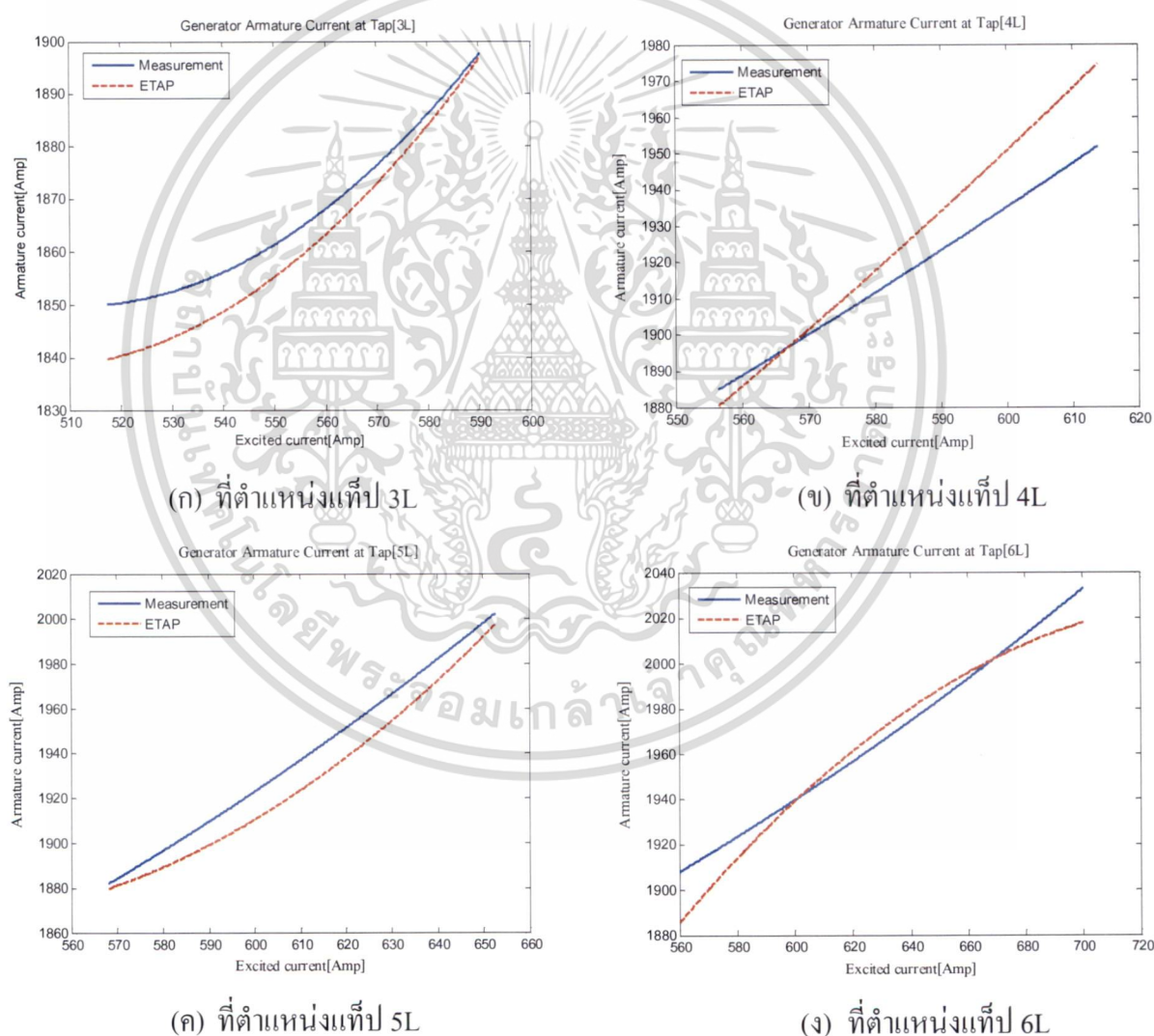
3.6.4 กราฟแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัสแรงดัน 230 kV เปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็บต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.1 กราฟแสดงผลค่ากระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลของเป็นค่าของกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสที่ได้จากการวิเคราะห์ในแบบจำลองของโปรแกรม Etap ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ จากผลการทดลองด้วยการวัดกับผลการคำนวณที่ได้จากการโปรแกรม Etap ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันดังกราฟ โดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.14

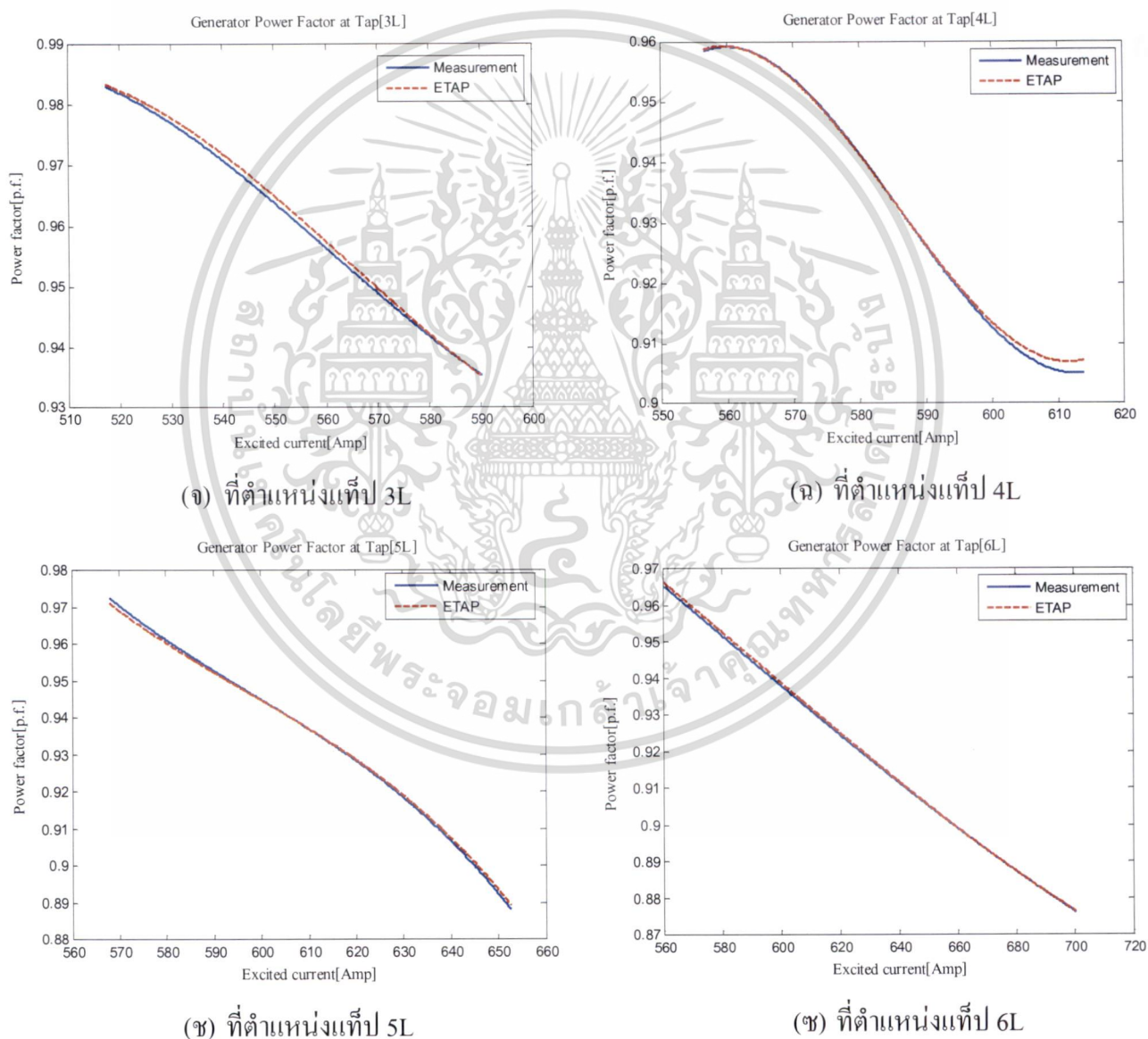


รูปที่ 3.14 กราฟเปรียบเทียบค่ากระแสอาร์มาเจอร์กับค่าที่วัดได้จากการทดสอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 กราฟแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลเป็นค่าของตัวประกอบกำลังและกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสที่ได้จากการวิเคราะห์ในแบบจำลองของโปรแกรม Etap ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ จากผลการทดลองด้วยการวัดกับผลการคำนวณที่ได้จากการโปรแกรม Etap ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันดังกราฟ โดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.15



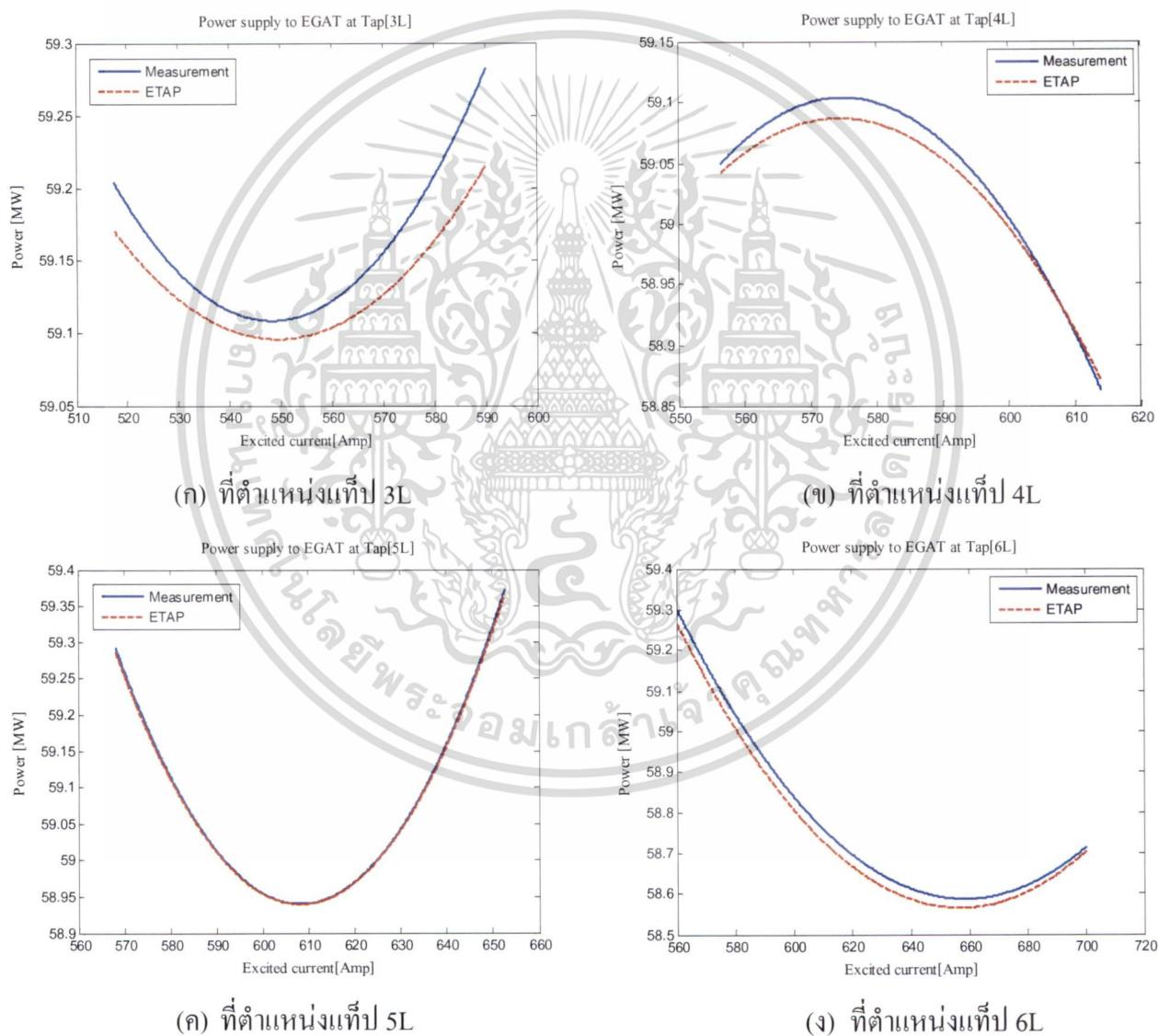
รูปที่ 3.15 กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับค่าที่ได้จากการทดลอง

เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.3 กราฟแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังบัสแรงดันไฟ 230 kV เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ

ข้อมูลของค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังบัสแรงดัน 230 kV และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสที่ได้จากการวิเคราะห์ในแบบจำลองของโปรแกรม Etap ที่ตำแหน่งแท๊ปต่างๆ จากผลการทดลองด้วยการวัดกับผลการคำนวณที่ได้จากการโปรแกรม Etap ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันดังกราฟ โดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.16

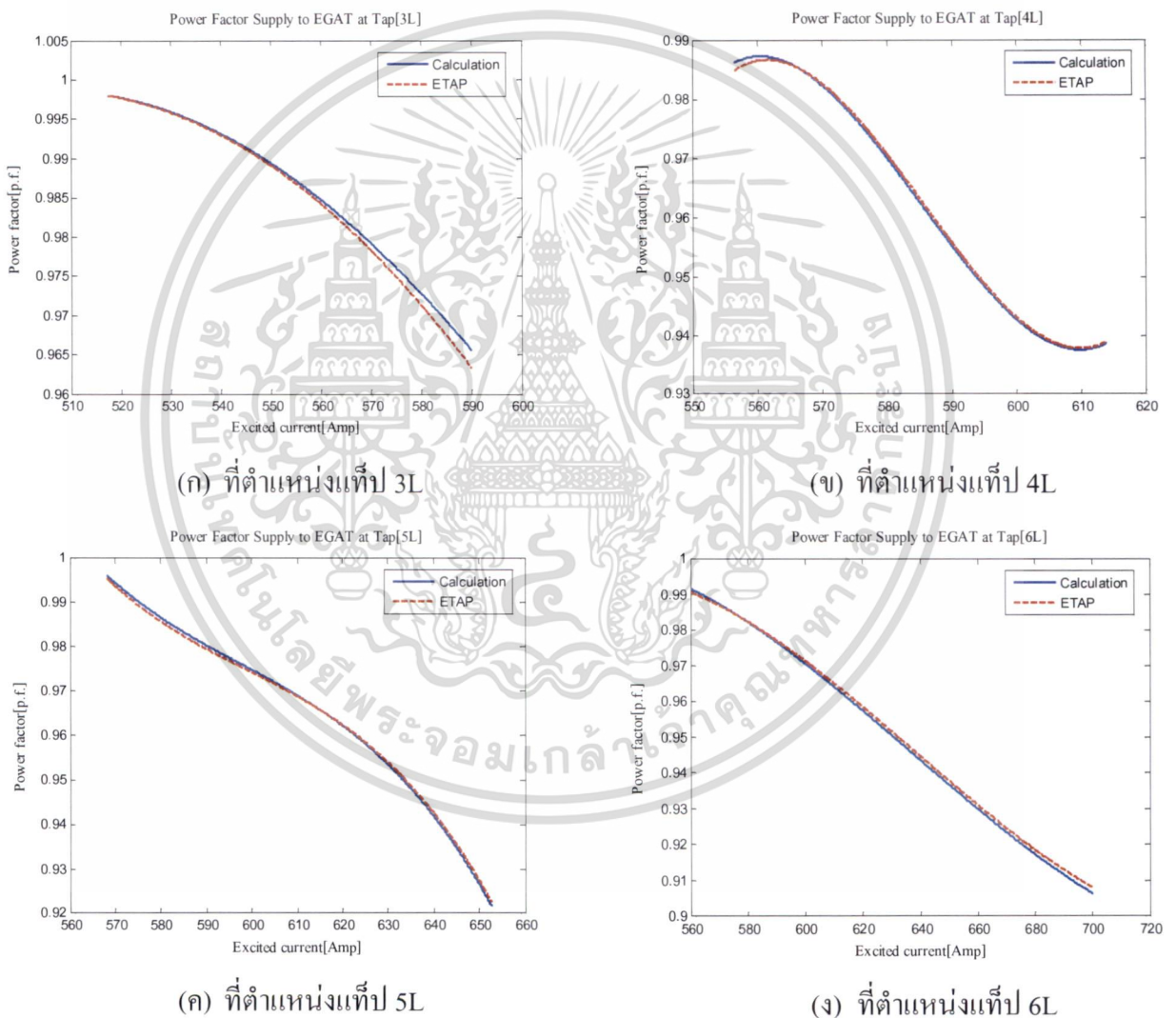


รูปที่ 3.16 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัสแรงดัน 230 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท๊ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.4 กราฟแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังบัสแรงดัน 230 kV เปรียบเทียบกับการคำนวณเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

ข้อมูลของค่าตัวประกอบกำลังที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัสแรงดัน 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Etap ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เทียบกับผลจากการคำนวณนั้นว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันดังกราฟ โดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากบัสแรงดัน 115 kV ไปยังบัสแรงดัน

230 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L,

4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ผลการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

### 4.1 การแสดงข้อมูลผลการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

จากการทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV โดยการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสในตำแหน่งแท็ปคือ 3L, 4L, 5L และ 6L ของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการนำเอาผลจากการทดลองและคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากข้อมูลได้นำมาแสดงผลทางกราฟดังนี้

4.1.1 การแสดงผลการใช้พลังงานขับ Gas Turbine และ Generator output power เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เพื่อหาค่าของประสิทธิภาพของ Gas turbine ที่เกิดจากการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

4.1.2 การแสดงผลของค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกำลังสูญเสียจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟส

4.1.3 การแสดงผลของประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Gas turbine ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

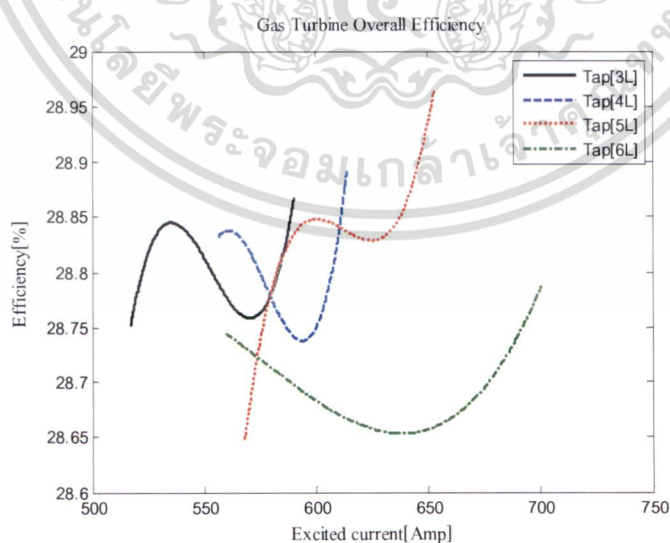
4.1.4 การแสดงผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.1.5 การแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 การแสดงผลการใช้พลังงานขับ Gas Turbine และ Generator output power เทียบกับ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในการขับ Gas turbine ที่ได้จากการทดลองในบทที่ 3 ซึ่งได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า พลังงานที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของระบบจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อไปควบคุมเครื่องจักรกังหันก๊าซ (Gas turbine) ตามภาระทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเข้าไปยังระบบให้ได้ตามค่าที่เครื่องถูกกำหนดให้จ่ายกำลังไฟฟ้าออกที่ 36.88 MW จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติในการขับ Gas turbine ที่ได้จากการทดสอบ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนหน่วยพลังงานจากก๊าซธรรมชาติให้อยู่ในรูปของ กำลังทางไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะพบความสัมพันธ์ระหว่าง Input power กับ Output power เทียบกับการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ ตำแหน่งต่างๆ และเมื่อพิจารณาพลังงานด้าน Input power ที่ใช้ขับ Gas turbine ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็น เชื้อเพลิงจะบอกถึงอัตราความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงานที่ไม่เท่ากัน ที่ภาระทางไฟฟ้าเดียวกัน ซึ่ง จากทดสอบที่ตำแหน่งแท็ป 6L จะมีการใช้พลังงาน มากกว่าตำแหน่งแท็ปอื่นๆ และค่าประสิทธิภาพ โดยรวมของ Gas turbine ที่ภาระทางไฟฟ้าเดียวกันอยู่ที่ 28.8 % ซึ่งจากทดสอบที่ตำแหน่งแท็ป 6L มี ประสิทธิภาพโดยรวมของ Gas turbine น้อยกว่าตำแหน่งแท็ปอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



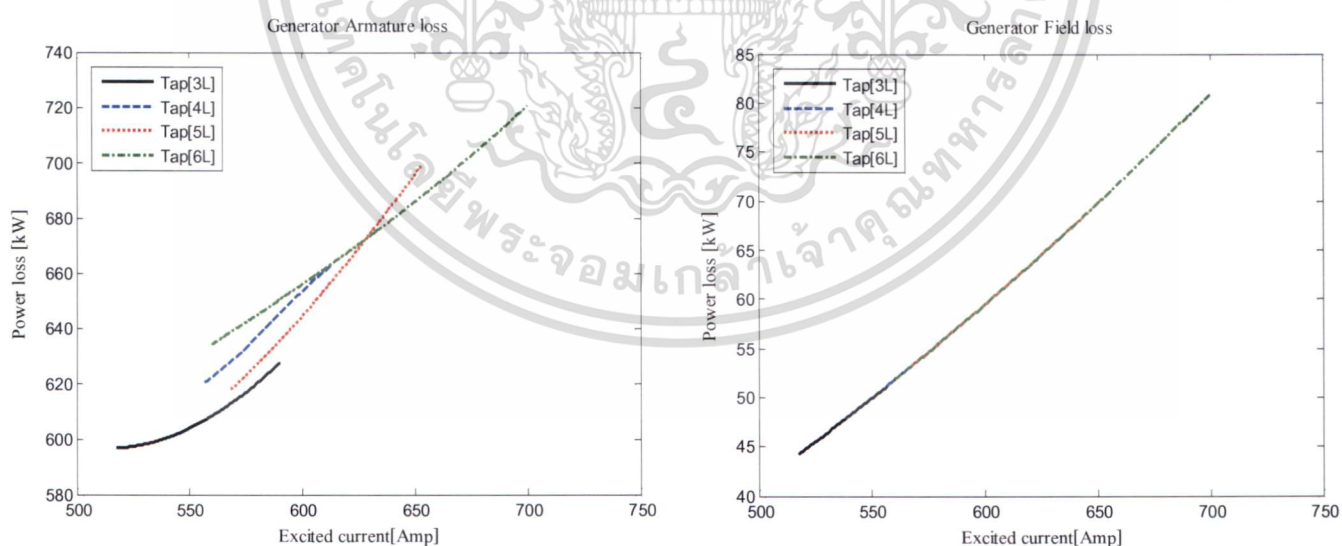
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของ Gas turbine เทียบกับกระแสกระตุ้น

สนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การแสดงผลของค่ากำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์และกำลังสูญเสียจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลของกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งโครนัสสามเฟสที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาคำนวณหาค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเพื่อไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ โดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.2 จะพบว่าในแต่ละตำแหน่งแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าหาค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งจากทดลองที่ตำแหน่งแท็ป 6L มีกำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งจากทดลองที่ตำแหน่งแท็ป 6L มีกำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมากกว่าตำแหน่งแท็ปอื่นๆ จะเห็นได้ว่าที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้เดียวกัน เมื่อทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำให้ค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นตามไปด้วยในแต่ละตำแหน่งแท็ปมีค่ากำลังสูญเสียที่ไม่เท่ากัน

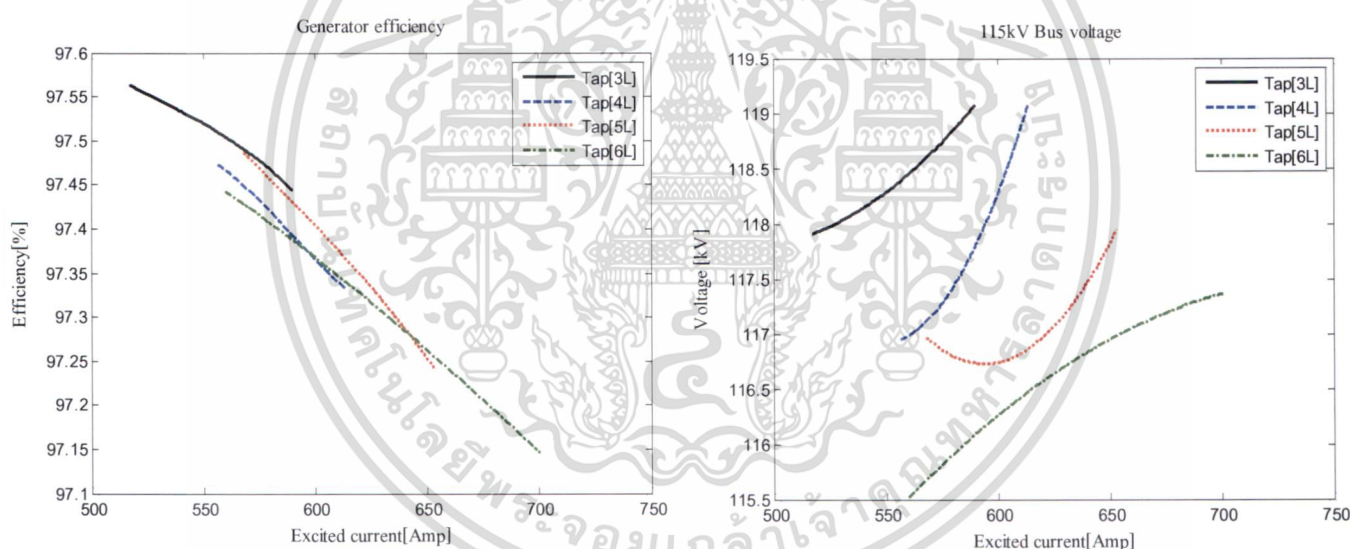


รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียจาก Generator armature และค่ากำลังสูญเสียจาก Generator field เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.3 การแสดงผลของประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์หาค่ากำลังสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสอาร์มาเจอร์ และเกิดจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดเปรียบเทียบกับ การปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส เทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ที่เกิดจากการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV จะเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟาลดลง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ จะมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 97.35% ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลของประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

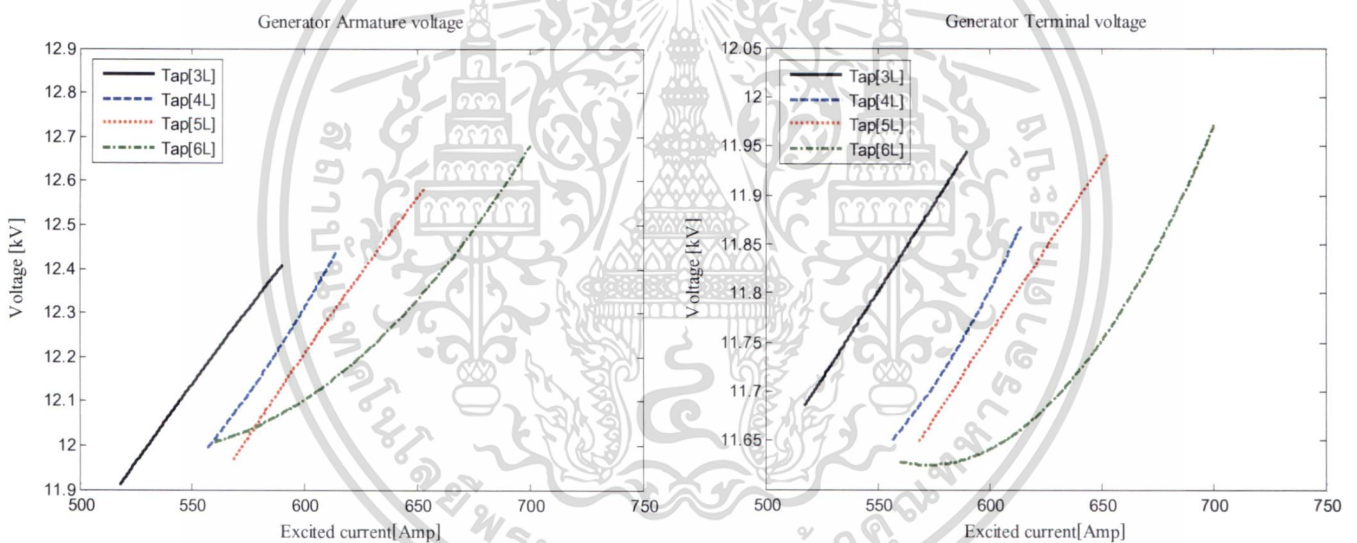
เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ป 3L,

4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 การวิเคราะห์ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสที่ได้จากการทดลอง สามารถนำไปคำนวณหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ แสดงในกราฟรูปที่ 4.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กำลังไฟฟ้าเดียวกัน เมื่อทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วและแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟส จะค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

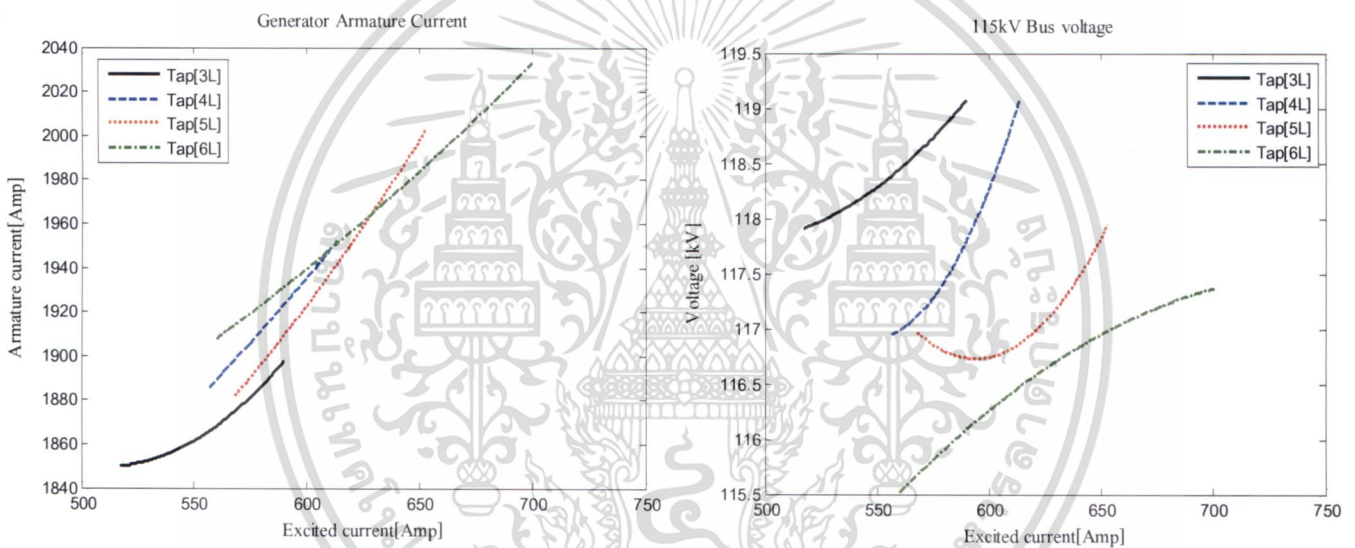


รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.5 การแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ

จากข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งโครนัสสามเฟสขนาดพิกัด 50.8 MVA ที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่บัสและกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งผลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

เทียบกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งแท็ป 3L, 4L, 5L และ 6L

#### 4.2 การนำผลจากการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ไปประยุกต์ใช้งาน

จากที่ได้จากการทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV โดยการปรับค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [8,10,11] และการเปลี่ยนแท็ปหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปรับแท็ปได้ ขณะยังมีจ่ายภาระทางไฟฟ้าอยู่ [9,12,16] จากผลการทดลองดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.1 จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Gas turbine Output power เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานด้าน Input power ที่ใช้ไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับ Gas turbine ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงจะบอกถึงอัตราความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงานที่ไม่เท่ากัน ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณและจากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station เป็นตัวยืนยันผลการใช้พลังงานที่ป้อนให้กังหันแก๊สไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสในการควบคุมไฟฟ้าที่บัส 115 kV ด้วยการปรับเทปของหม้อแปลงขณะมีภาระทางไฟฟ้าและกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และพิจารณาการใช้งานสำหรับระบบผลิตกำลังไฟฟ้า 50.8 MVA นำไปเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการขับกังหันแก๊สและกำลังไฟฟ้าเออร์พุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาผลต่างกำลังทางไฟฟ้าทางด้านอินพุตของกังหันแก๊สกับกำลังไฟฟ้าเออร์พุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งเทป 3L, 4L, 5L และ 6L จะพบว่าที่ตำแหน่งเทป 4L มีการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพของ Gas turbine ซึ่งผลที่ได้โดยค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** แสดงผลวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยเฉลี่ย ที่ตำแหน่งเทป 3L, 5L และ 6L เทียบกับตำแหน่งเทป 4L ซึ่งใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 127.71 MW

Tap position	$P_{in}$	$\Delta(P_{in})$	Input Energy/Month	$P_{out}(Avg)$	Average Turbine efficiency (%)
	MW	kW	$\Delta(P_{in})$ kWh	MW	
3L	127.90	190.0	136,800	36.83	28.80
5L	128.45	740.0	532,800	37.00	28.81
6L	128.47	760.0	547,200	36.88	28.78
4L	127.71			36.78	28.81

จากการศึกษาโดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสในหนึ่งโรงจักรการผลิตกำลังไฟฟ้าเป็นไปในทิศทางเดียวกันนั้นจากสมการ(2.1) กับ (2.2) และความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัส จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละตำแหน่งเทปของหม้อแปลงไฟฟ้า ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV, กระแสอาร์มาเจอร์, กำลังสูญเสียจากกระแสอาร์มาเจอร์, กำลังสูญเสียจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นได้จากผลการแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังกราฟที่แสดงให้เห็นในบทที่ 3 และบทที่ 4 จากกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.1 จะพบว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง Gas turbine Input power เปรียบเทียบกับค่า Output power แต่เมื่อพิจารณาพลังงานด้าน Input power ที่ใช้ไปการขับ Gas turbine ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะบอกถึงอัตราความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานที่ไม่เท่ากันซึ่งแสดงในตารางที่ 4 โดยผลการทดลองและการคำนวณเปรียบเทียบการทดลองกับแบบจำลองเป็นตัวยืนยันผลการศึกษา ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสสามเฟสขนาดพิกัด 50.8 MVA ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 36.88 MW ควรจะปรับแก้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 115/230 kV ให้ได้แรงดันไฟอยู่ระหว่าง 116.5 kV ถึง 117.5 kV และควบคุมค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังอยู่ในย่าน 0.93 ถึง 0.97 หล้าหลัง(Lagging) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV และค่าตัวประกอบกำลังที่จ่ายไปยังบัสแรงดัน 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ควรจะอยู่ในย่าน 0.97 ถึง 0.99 นำหน้า(Leading) ซึ่งเป็นการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV มีการเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆ เมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง

230 kV Bus voltage	Transformer Tap-changing	115 kV Bus voltage	Power factor	Generator
	Control Position		Supply to EGAT	Power factor
234 kV	6L	116.5 kV - 117.5 kV	0.97 - 0.99	0.93 - 0.97
232 kV	5L			
230 kV	4L			
228 kV	3L			

ซึ่งผลการทดสอบที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเปรียบเทียบกับผลการคำนวณและผลที่ได้จากแบบจำลองในโปรแกรม Etap Power Station ที่ตำแหน่งแท็ปต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV มีการเปลี่ยนแปลงจากการปรับค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการแก้หม้อแปลงไฟฟ้ามีการใช้พลังงานที่ไม่เท่ากัน จากผลการศึกษาและวิเคราะห์การใช้เชื้อเพลิงไปขับ Gas Turbine นั้นได้นำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับของโรงไฟฟ้าโกลว์ ในช่วงระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 6 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงผลของการใช้พลังงาน Gas turbine ที่ตำแหน่งแท๊ป 4L ของหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งเปรียบเทียบกับให้เห็นในช่วงระยะเวลา 3 เดือนก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

	Month	Fuel gas	Fuel Energy	Gen. Output power	Heat rate	Average	
		(kg)	MMBTU	MWh	(MMBTU/MWh)	(MMBTU/MWh)	
Before	Mar-09	6640454.527	219707.854	18881.79	11.636	11.604	
	Apr-09	8002080.484	261865.436	22637.00	11.568		
	May-09	8333128.561	273002.192	23516.00	11.609		
	Jun-09	Testing					
After	Jul-09	8508260.222	275402.042	23940.00	11.504	11.556	
	Aug-09	3116448.042	291627.951	25229.95	11.559		
	Sep-09	8438760.592	274013.002	23608.00	11.607		
Average energy saving						0.048	
Average energy saving (%)						0.414	

ผลที่ได้จากการศึกษานี้แล้วได้นำมาปรับใช้ในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV นั้นสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับได้ถึง 0.414 % หรือ 0.048 ล้านบีทียู (MMBTU) ต่อ 1 MWh ดังแสดงผลในตารางที่ 3 โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าต่อเดือนโดยที่เครื่องกำเนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 36.8 MW ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายของโรงไฟฟ้าได้

Period	Energy saving	Cost saving (Baht)	
	MMBTU	1 unit	All units
Month	1271.81	317,962.67	2,543,701.36
Year	15261.72	3,815,552.04	30,534,416.32

\*หมายเหตุ การคำนวณค่าเชื้อเพลิงของ Gas turbine ใช้เวลาการเดินเครื่อง โดยเฉลี่ยทั้งปีที่ 8,000 ชั่วโมง หรือ 667 ชั่วโมงต่อเดือน [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษา

## สรุปผลการศึกษา

สำหรับโรงจักรไฟฟ้าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าจัดจำหน่ายในระบบ SPP (Small Power Plant) ซึ่งจะต้องส่งกำลังไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และให้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ระดับพิกัดแรงดันไฟ 115 kV โดยที่โรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมจะมีพฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าไม่คงที่ และจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงจักรไฟฟ้าโกลว์มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นทางโรงไฟฟ้าโกลว์จึงมีความจำเป็นต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสให้อยู่ระหว่าง 115.5 kV ถึง 118.5 kV เพื่อรักษาคุณภาพในการส่งมอบคุณภาพไฟฟ้าให้เป็นไปตามที่กำหนด จากผลการทดลองดังกราฟที่แสดงให้เห็นในบทที่ 4 และจากกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Gas turbine Input power เปรียบเทียบกับค่า Output power แต่เมื่อพิจารณาพลังงานด้าน Input power ที่ใช้ไปการขับ Gas turbine ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะบอกถึงอัตราความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงานที่ไม่เท่ากันซึ่งแสดงในตารางที่ 4 โดยผลการทดลองและการการคำนวณเปรียบเทียบการทดสอบกับแบบจำลองเป็นตัวยืนยันผลการศึกษา ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสขนาดพิกัด 50.8 MVA ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 36.88 MW ในการรักษาแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ให้มีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 115.5 kV ถึง 118.5 kV ของโรงจักรไฟฟ้าที่เป็นแบบ SPP โดยต้องจ่ายไฟฟ้าขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ระดับแรงดัน 230 kV รวมถึงผู้ใช้ที่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรมที่ระดับแรงดัน 115 kV ตามแผนภาพในรูปที่ 2.4 ซึ่งการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV สามารถควบคุมได้ 2 อย่างคือ

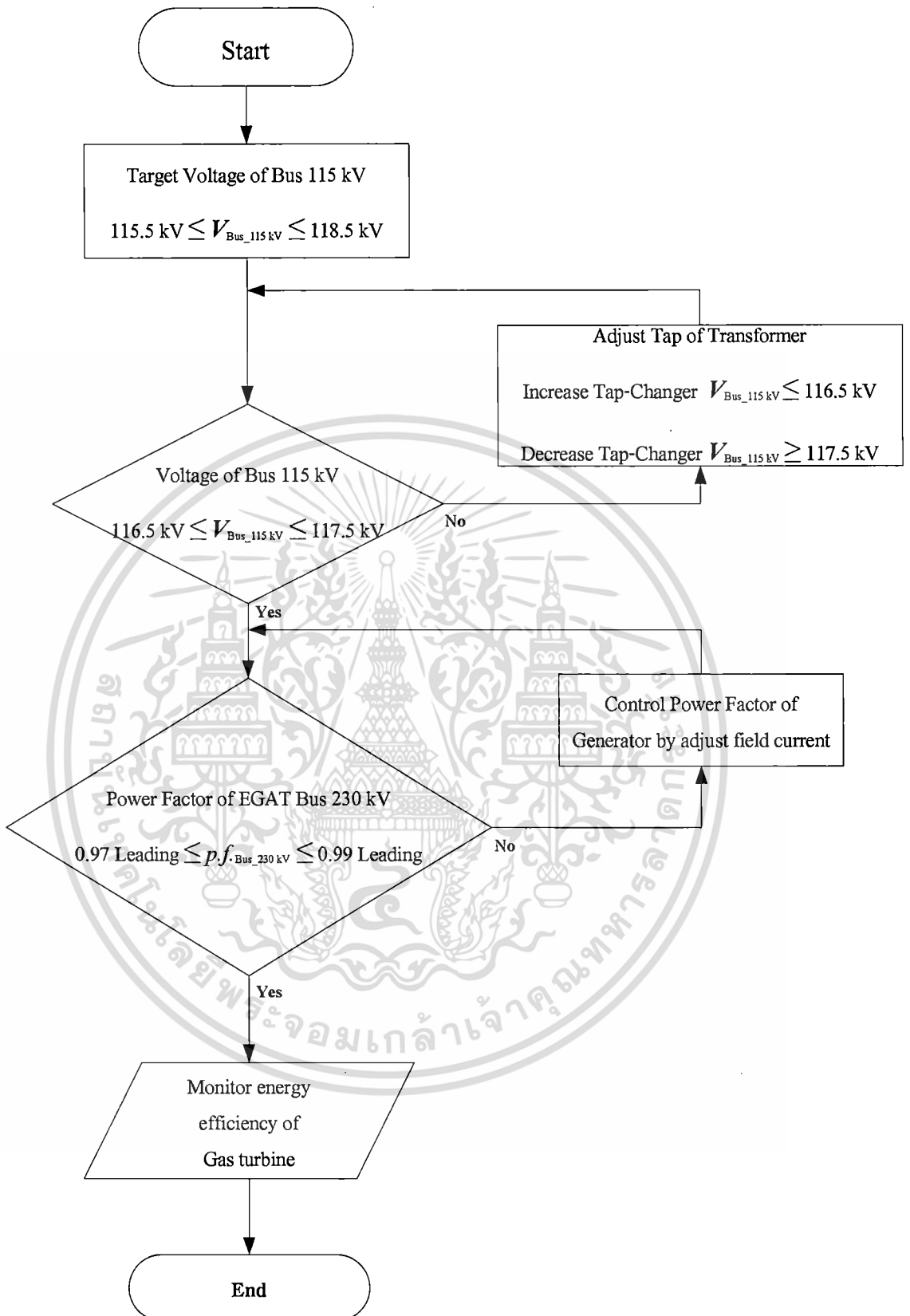
1. โดยการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสที่ต่ออยู่กับบัสแรงดันไฟ 115 kV
2. การปรับแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เชื่อมต่อระหว่างบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับบัสแรงดันไฟ 115 kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการปรับแท็ปที่ตัวหม้อแปลงควรปรับเมื่อมีค่าของแรงดันที่บัส 115 kV มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากกว่า 0.12% เพื่อให้ได้แรงดันไฟอยู่ระหว่าง 116.5 kV ถึง 117.5 kV แล้วจึงปรับเพิ่มหรือลดระดับแรงดันโดยปรับที่ค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสแต่ถ้าระดับแรงดันที่บัส 115 kV มีการเปลี่ยนแปลงไม่ถึง 0.12% ควรจะปรับค่าของแรงดันโดยการปรับที่ค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟสเพื่อให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังอยู่ในย่าน 0.93 ถึง 0.97 หล้าหลัง (Lagging) แล้วพิจารณาค่าตัวประกอบกำลังที่จ่ายไปยังบัสแรงดัน 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ควรจะอยู่ในย่าน 0.97 ถึง 0.99 นำหน้า (Leading) ซึ่งขั้นตอนการแผนผังขั้นตอนการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV แสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 5.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แผนผังขั้นตอนการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากตัวแปรเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการใช้พลังงานในการขับ Gas turbine เช่น อุณหภูมิของอากาศ, ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับระบบส่งจ่ายมีหลายเครื่องจักร ดังนั้นในการปรับค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัส อาจมีผลจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวอื่นๆ และโหลดที่ไหลผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 2 ไม่คงที่อันเนื่องมาจากภาระโหลดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ถึงแม้ว่าในการทดสอบจะปรับค่ากระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกันก็ตาม นอกจากนั้นแล้วการศึกษาวิจัยนี้ยังไม่รวมผลกระทบที่เกิดจากการปรับแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัด 200 MVA ซึ่งหม้อแปลงนี้ในการใช้งานปกติ จะต่อขนานกันทั้ง 4 ตัวกับระบบส่งจ่ายของสถานีส่งจ่ายโรงจักรไฟฟ้าโกลว์ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 สำหรับการปรับแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าในแต่ละครั้งนั้น แท็ปของหม้อแปลงทั้ง 4 ตัวจะเปลี่ยนตำแหน่งแท็ปพร้อมๆกัน ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงในแต่ละตัวสามารถใช้เพื่อการศึกษาวิจัยระบบต่อไปได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] A. D. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr. Stephen D. Umans, “Electric Machinery”, McGraw-Hill Book Co., 2003
- [2] Stephen J.Chapman, “Electric Machinery and Power System Fundamentals”, McGraw-Hill Book Co., 2002
- [3] Jonh J. Grainger, William D. Stevenson, “Power system Analysis”, McGraw-Hill Book Co., 1994
- [4] Dr. Yunus A. Cengel, Dr. Michael A. Boles, “Thermodynamics an Engineering Approach
- [5] Geoff Klempner, Isidor Kerszenbaum, “Operation and Maintenance of Large Turbo-Generators”, IEEE Press-Series on Power Engineering, 2004
- [6] Data Entry Group “Online PI- Process Book 3.0”, Glow SPP2/3 Power Plant, on 27 June 2552
- [7] User Guide, “ETAP Power Station 4.0”, Analysis Modules, Vol: 2, Operation Technology, Inc., Feb 2002
- [8] Thomas W. Eberly, Richard C. Schaefer, “Voltage Versus Var/Power-Factor Regulation on Synchronous Generators”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol: 38, No.6, Nov/Dec 2002
- [9] M.S Carvalho, F. Correia, Luis A.F.M. Ferreira, “Distributed Reactive Power Generation Control for Voltage Rise Mitigation in Distribution Networks”, IEEE Transactions on Power System, Vol: 23, Issue.2, 2008
- [10] A.A. Sallam, M.E Aboul-Ela, E.E Elaraby, “Monitoring and Cotrol of Voltage Stability in Power System”, Energy Management and Power Delivery, Proceiding Vol: 1, 1995
- [11] M.M. Adibi, D.P. Milanicz, T.L. Volkmaun, “Optimizing generator reactive power resources”, IEEE Transactions on Power System, Vol:14, 1999, pags: 319-326

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] M.M. Adibi, R.A. Polyak, I.A. Griva, L. Mili, S. Ammari, "Optimizing Transformer Tap Selection Using Modified Barrier-Augmented Lagrangian Method", IEEE Transactions on Power System, Vol:18, 2003, pags: 251-257
- [13] L.G. Dias, M.E. El-Hawary, "Effects of active and reactive power modelling in optimal load flow studies", Generation, Transmission and Distributions, IEEE Proceedings ,Vol:136, 1989, pags: 259-263
- [14] N.D. Hatziaargyriou, T.S. Karakatsania, "Distribution system voltage and reactive power control based on probabilistic load flow analysis", Generation, Transmission and Distributions, IEEE Proceedings, Vol: 144, 1997, pags: 363-369
- [15] M.J.Katira, K.B. Porate, "Load flow analysis of 132/11kV Distribution Sub-Station using Static Var Compensator for Voltage Enhancement-A Case Study", TENCON 2009, IEEE Region 10 Conference , pags: 1-5
- [16] Ahmed Hegazy, Yasser Galal, "A Fuzzy Technique for Voltage Control During Parallel Operation between In-plant Generation and Utility", IEEE PES Power Africa 2007 Conference and Exposition Johannesburg, South Africa , 16-20 July 2007
- [17] Robert Hoefft, Eric Gebhardt, "Heavy-Duty Gas Turbine Operating and Maintenance Considerations", GE Energy Services, Atlanta, GA.
- [18] ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล, "ระบบไฟฟ้ากำลัง", อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระเกตุเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [19] รศ.ดร. ชำนาญ ห่อเกียรติ, "ระบบไฟฟ้ากำลัง", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 3, 2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 1. ตารางข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขิงโครนสามเฟส



GD103798  
Generator 446X041, 7, 8, 57  
March 1997

**GE Power Systems**  
Generator

## Generator Design Data

Customer: CoCo Limited

### Nameplate Data

2 Poles, 3 Phase, WYE Connected, 50 Hertz, 3000 rpm

Total Temperature at Rating Guaranteed not to Exceed: 130°C on Armature by Detector  
145°C on Field by Resistance

Maximum Cold Gas/Air Temperature 39°C

	<b>Rating</b>
kVA .....	50,800
Armature Amperes .....	2,550
Armature Volts .....	11,500
Field Amperes .....	944
Exciter Volts .....	155
Power Factor .....	0.85
No Load Exciter Field Current .....	313 Amperes

### Design Data

Voltage Range at 60 Hertz ..... ± 5 Percent

### Collector and Brush Data

Collector Brushes 36 per set ..... Recommended Grade, National Carbon 634

Collector Minimum Safe Operating Diameter ..... 13 inches

Shaft Grounding Brushes, 4 per set ..... Recommended Grade, National Carbon 634

### Gas Cooler Data

Inlet Coolant Temperature ..... 40°C/95°F

Flow at Rated Load ..... 1,060 gpm

Head Loss Through Cooler ..... 20 ft

Air or Gas Flow Through Generator ..... 36,400 cfm

*These instructions do not purport to cover all details or variations in equipment nor to provide for every possible contingency to be met in connection with installation, operation or maintenance. Should further information be desired or should particular problems arise which are not covered sufficiently for the purchaser's purposes the matter should be referred to the GE Company.*

© 1995 GENERAL ELECTRIC COMPANY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ESTIMATED GENERATOR DATA

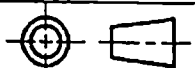

Reactance Data (Per Unit)	Direct Axis	Quadrature Axis	
Saturated Synchronous .....	(X <sub>dv</sub> ) 2.519	(X <sub>qv</sub> ) 2.322	
Unsaturated Synchronous .....	(X <sub>di</sub> ) 2.519	(X <sub>qi</sub> ) 2.322	
Saturated Transient .....	(X' <sub>dv</sub> ) 0.221		
Unsaturated Transient .....	(X' <sub>di</sub> ) 0.312	(X' <sub>q</sub> ) 0.4256	
Saturated Subtransient .....	(X'' <sub>dv</sub> ) 0.159	(X'' <sub>qv</sub> ) 0.155	
Unsaturated Subtransient .....	(X'' <sub>di</sub> ) 0.227	(X'' <sub>qi</sub> ) 0.221	
Saturated Negative Sequence .....	(X <sub>2v</sub> ) 0.152		
Unsaturated Negative Sequence .....	(X <sub>2i</sub> ) 0.217		
Saturated Zero Sequence .....	(X <sub>0v</sub> ) 0.095		
Unsaturated Zero Sequence .....	(X <sub>0i</sub> ) 0.119		
Leakage Reactance, Overexcited .....	(X <sub>LM,OEX</sub> ) 0.198		
Leakage Reactance, Underexcited .....	(X <sub>LM,UEX</sub> ) 0.198		
<b>Field Time Constant Data (sec at 125°C)</b>			
Open Circuit .....	(T' <sub>do</sub> ) 6.441	(T' <sub>qo</sub> ) 0.556	
Three Phase Short Circuit Transient .....	(T' <sub>d3</sub> ) 0.566	(T' <sub>q</sub> ) 0.556	
Line to Line Short Circuit Transient .....	(T' <sub>d2</sub> ) 0.901		
Line to Neutral Short Circuit Transient .....	(T' <sub>d1</sub> ) 1.091		
Short Circuit Subtransient .....	(T'' <sub>d</sub> ) 0.015	(T'' <sub>q</sub> ) 0.015	
Open Circuit Subtransient .....	(T'' <sub>do</sub> ) 0.021	(T'' <sub>qo</sub> ) 0.041	
<b>Armature DC Component Time Constant Data (sec at 100°C)</b>			
Three Phase Short Circuit .....	(T <sub>a3</sub> ) 0.217		
Line to Line Short Circuit .....	(T <sub>a2</sub> ) 0.217		
Line to Neutral Short Circuit .....	(T <sub>a1</sub> ) 0.190		
<b>Armature Winding Sequence Resistance Data (Per Unit)</b>			
Positive .....	(R <sub>1</sub> ) 0.006		
Negative .....	(R <sub>2</sub> ) 0.017		
Zero .....	(R <sub>0</sub> ) 0.008		
Rotor Short-Time Thermal Capacity, (I <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> t .....			8.0
Turbine-Generator Combined Inertia Constant, H .....			TBD
Three Phase Armature Winding Capacitance .....			0.475 microfarads
Armature Winding dc Resistance (Per Phase) .....			0.00581 ohms at 100°C
Field Winding dc Resistance .....			0.165 ohms at 125°C
Field Current at Rated kVA, Armature Voltage and PF .....			844.2 amperes
Field Current at Rated kVA and Armature Voltage, 0 PF Lagging (FOR SYSTEMS STUDY ONLY – NOT ALLOWABLE OPERATING POINT) .			1,060.8 amperes



**GE Power Systems**

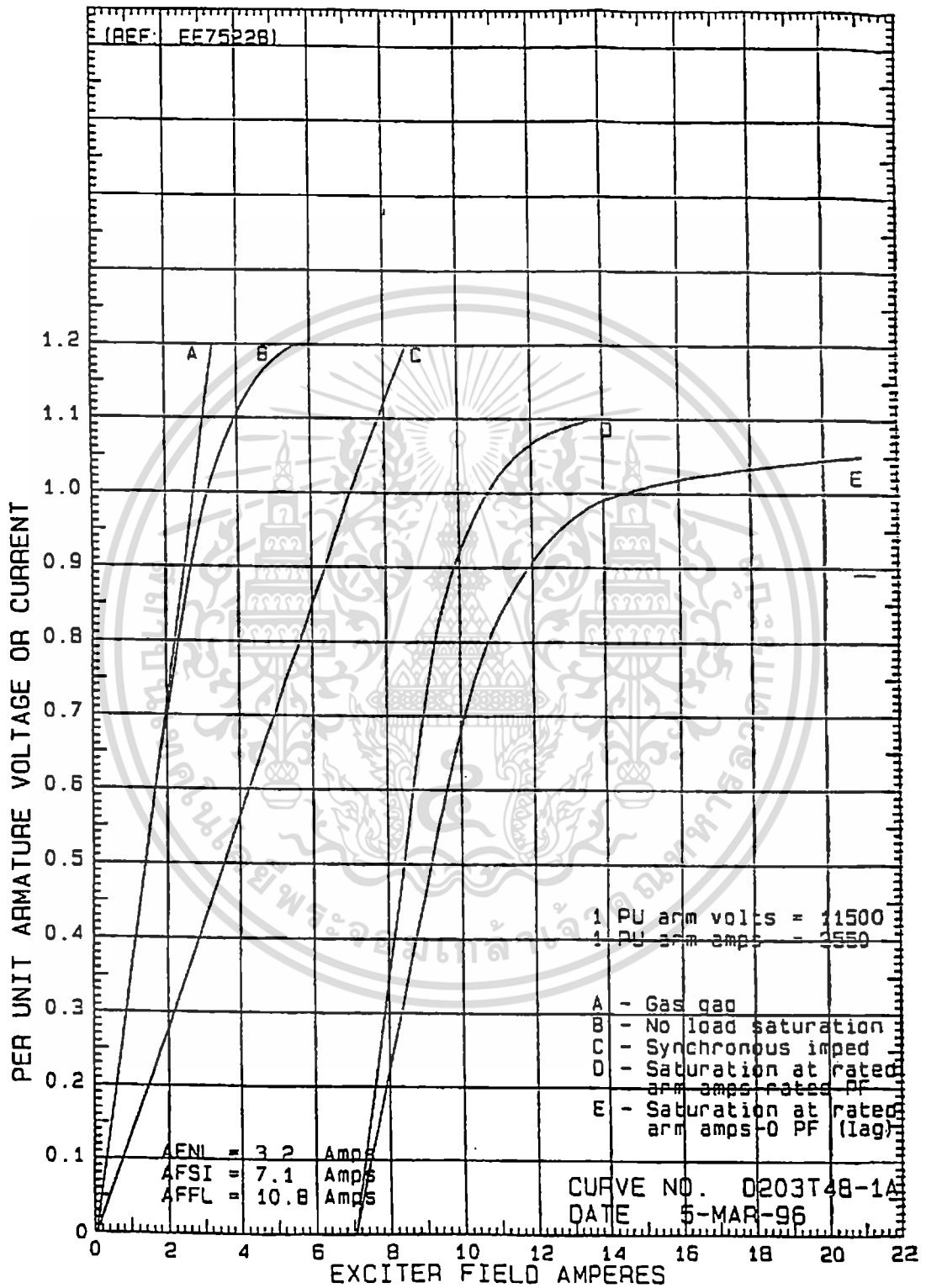
General Electric Company  
One River Road, Schenectady, NY 12345  
518 • 385 • 2211 TX: 145354

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REV 1 SIZE Dwg No 358A5206 A	THIRD ANGLE PROJECTION 	REVISIONS		
	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
REVISE ON CAD ONLY UG PART: 358A5206.PRT				
NOTES: 1. ALL PUNCTUATION MUST BE AS SHOWN ON DRAWING. 2. FINISH SPECIFICATION (NOT APPLICABLE TO UNPAINTED PLATE). FILL BACKGROUND, INCLUDING LETTERING WITH BLACK BAKING ENAMEL, RAISED SURFACES-SATIN FINISH (180 GRIT)				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;">  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold; vertical-align: middle;">Air-Cooled Generator</span> </div>				
GENERATOR NO. 446X041		RATINGS		
2 POLES 3 PHASE WYE CONN. 50 HERTZ		KVA:	50,800	
TOTAL TEMPERATURE AT RATING		ARMATURE AMPS:	2550	
GUARANTEED NOT TO EXCEED:		ARMATURE VOLTS:	11500	
125° C ON ARMATURE BY DETECTOR		FIELD AMPS:	897	
120° C ON FIELD BY RESISTANCE		EXCITATION VOLTS:	155	
MAXIMUM COLD AIR TEMPERATURE 40°C		POWER FACTOR:	0.85	
INLET WATER: 95°F		RPM:	3000	
CAUTION BEFORE INSTALLING, OPERATING, OR DISMANTLING, READ INST. 68K- 10379B				
GE Power Systems GENERAL ELECTRIC COMPANY		SCHENECTADY, NY MADE IN U.S.A.		
© COPYRIGHT 1996 GENERAL ELECTRIC COMPANY PROPRIETARY INFORMATION-THIS DOCUMENT CONTAINS PROPRIETARY INFORMATION OF GENERAL ELECTRIC COMPANY AND MAY NOT BE USED OR DISCLOSED TO OTHERS, EXCEPT WITH THE WRITTEN PERMISSION OF GENERAL ELECTRIC COMPANY.				
BOM ISSUED		(G1) MAKE FROM 196C7702P0015		
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN INCHES. TOLERANCES ON: 2 PL. DECIMALS ± 3 PL. DECIMALS ± ANGLES ± FRACTIONS ±	SIGNATURES DRAWN M. PENNOCK CHECKED M. PENNOCK ENGRG ISSUED M. PENNOCK	DATE 96/08/08 96/08/08 96/08/08	GENERAL ELECTRIC COMPANY GENERATOR Schenectady, NY  DATA PLATE	
APPLIED PRACTICES 348-9200	SIM TO: NONE	SIZE A	Dwg No 358A5206 SHEET 1	
DT-2N		L2		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

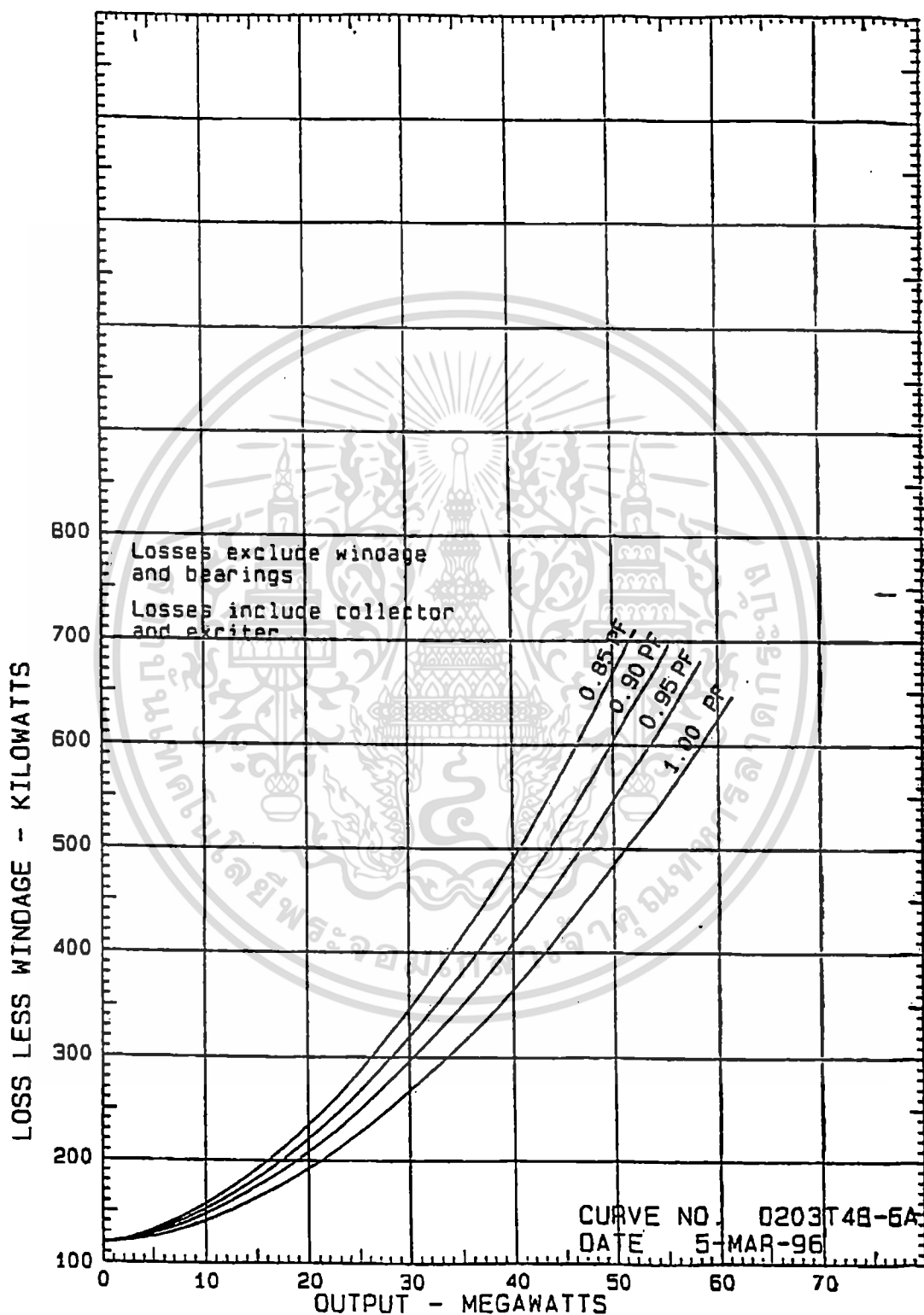
ESTIMATED SATURATION AND SYNCHRONOUS IMPEDANCE CURVES  
 50800 KVA - 3000 RPM - 11500 VOLTS - 0.85 PF -  
 155 FLD VOLTS - 40 C COLD AIR - 0 FT ALT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

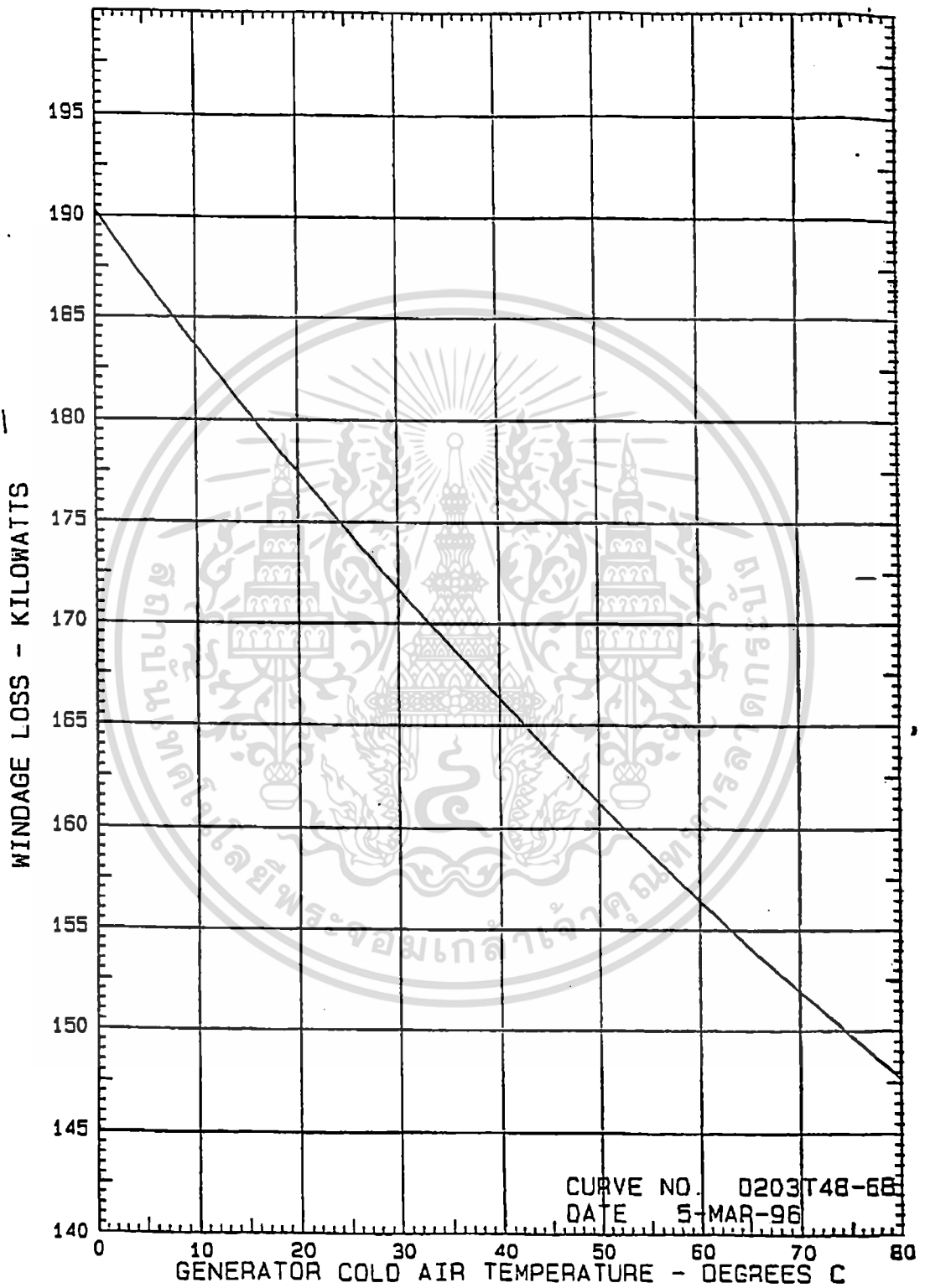
## ESTIMATED LOSS CURVE

50800 KVA - 3000 RPM - 11500 VOLTS - 0.85 PF -  
 155 FLD VOLTS - 40 C COLD AIR - 0 FT ALT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTIMATED WINDAGE LOSS CURVE  
 50800 KVA - 3000 RPM - 11500 VOLTS - 0.85 PF -  
 155 FLD VOLTS - 40 C COLD AIR - 0 FT ALT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### General Electric Model PG6551(B) Gas Turbine

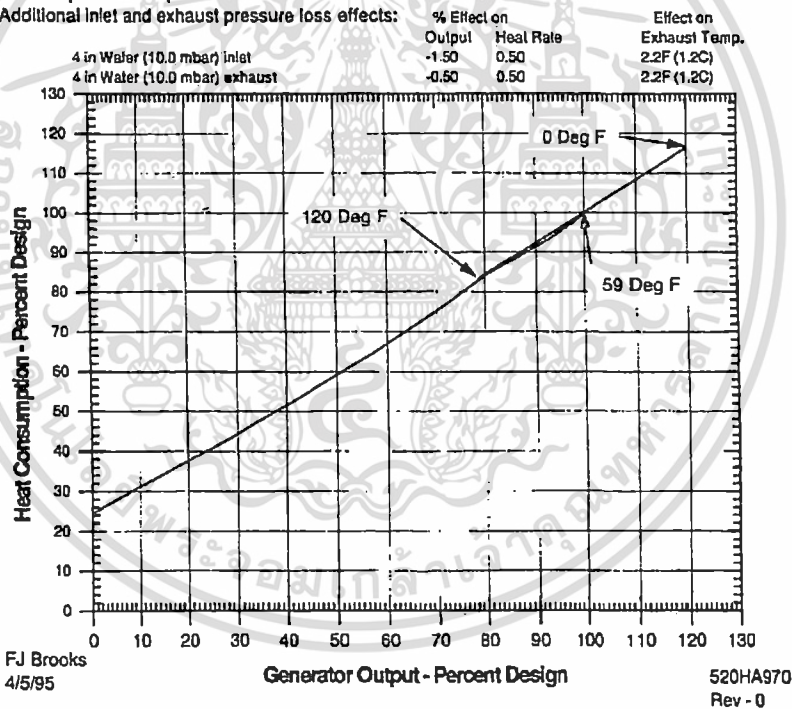
Estimated Performance - Configuration: Natural Gas & Distillate

Compressor Inlet Conditions 59F (15 C), 60% Relative Humidity  
Atmospheric Pressure 14.7 psia (1.013 bar)

Fuel		Natural Gas	Distillate
Design Output	kW	39160	38480
Design Heat Rate (LHV)	Btu/kWh (kJ/kWh)	10730 (11320)	10810 (11400)
Design Heat Cons (LHV)	Btu/h (kJ/h) x10 <sup>6</sup>	420.2 (443.2)	418.0 (438.8)
Design Exhaust Flow	lb/h (kg/h) x10 <sup>3</sup>	1123 (509)	1126 (511)
Exhaust Temperature	deg. F (deg.C)	1006 (541)	1007 (542)
Base Load			

**Notes:**

1. Altitude correction on curve 416HA662 Rev A
2. Ambient temperature correction on curve 520HA971 Rev 0
3. Effect of modulating IGV's on exhaust flow and temperature on curve 520HA972 Rev 0.
4. Humidity correction on curve 498HA897 Rev B - all performance calculated with a specific humidity of 0.0064 or less so as not to exceed 100% relative humidity.
5. Plant Performance is measured at the generator terminals and includes allowances for excitation power, shaft driven auxiliaries, and 4.0 in H<sub>2</sub>O (10.0 mbar) inlet and 2.5 in H<sub>2</sub>O (6.2 mbar) exhaust pressure drops and a Standard combustor.
6. Additional inlet and exhaust pressure loss effects:



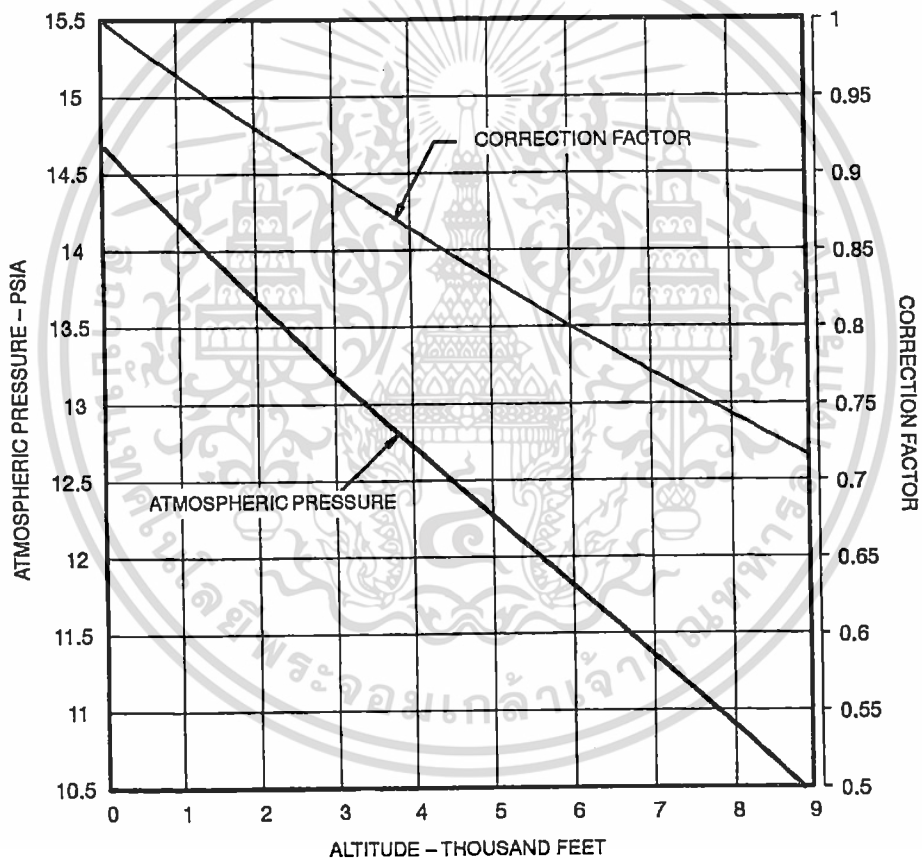
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### General Electric Gas Turbine Altitude Correction Factor

Altitude Vs Atmospheric Pressure  
And  
Altitude Vs Correction Factor  
For Gas Turbine Output And Fuel Consumption

**NOTES:**

1. Heat Rate and Thermal Efficiency are not affected by altitude.
2. Correction Factor =  $P(\text{atm})/14.7$



4/24/90  
F.J. BROOKS

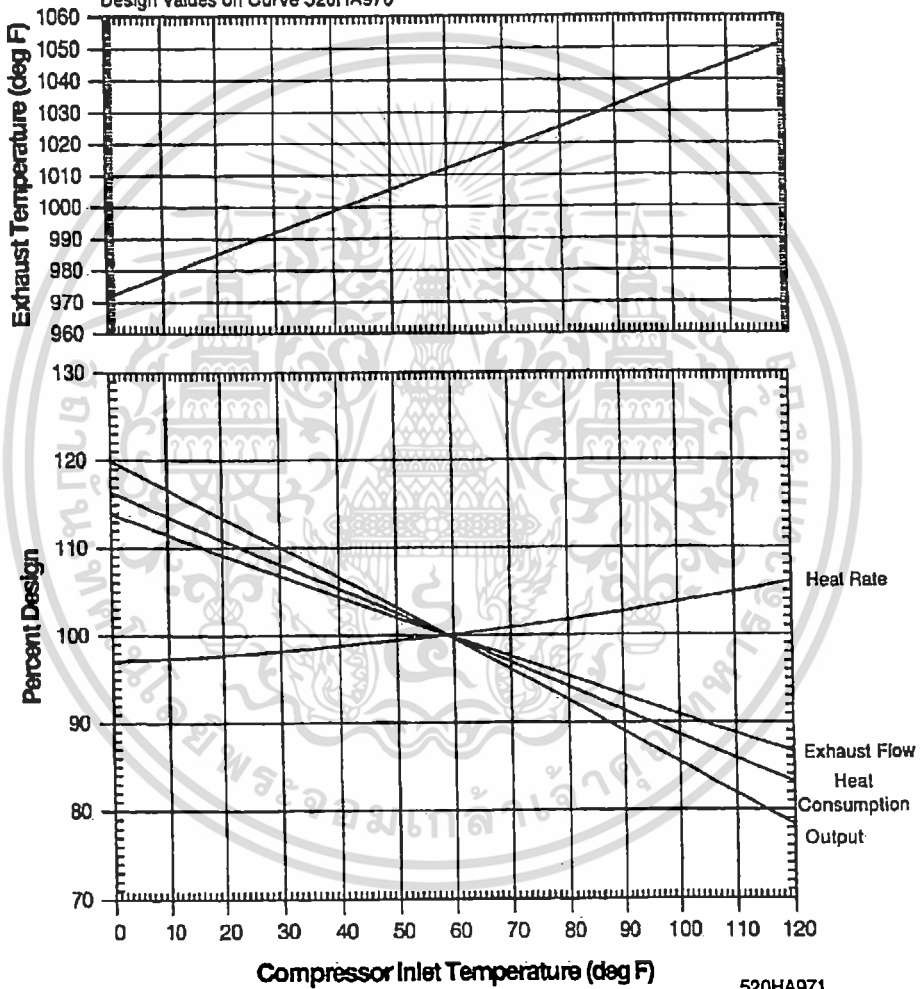
416HA662  
REV A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### GENERAL ELECTRIC MODEL PG6551(B) GAS TURBINE

Effect of Compressor Inlet Temperature on  
Output, Heat Rate Consumption, Exhaust Flow  
And Exhaust Temperature at Baseload

Fuel: Natural Gas & Distillate Oil  
Design Values on Curve 520HA970



FJ Brooks  
4/5/95

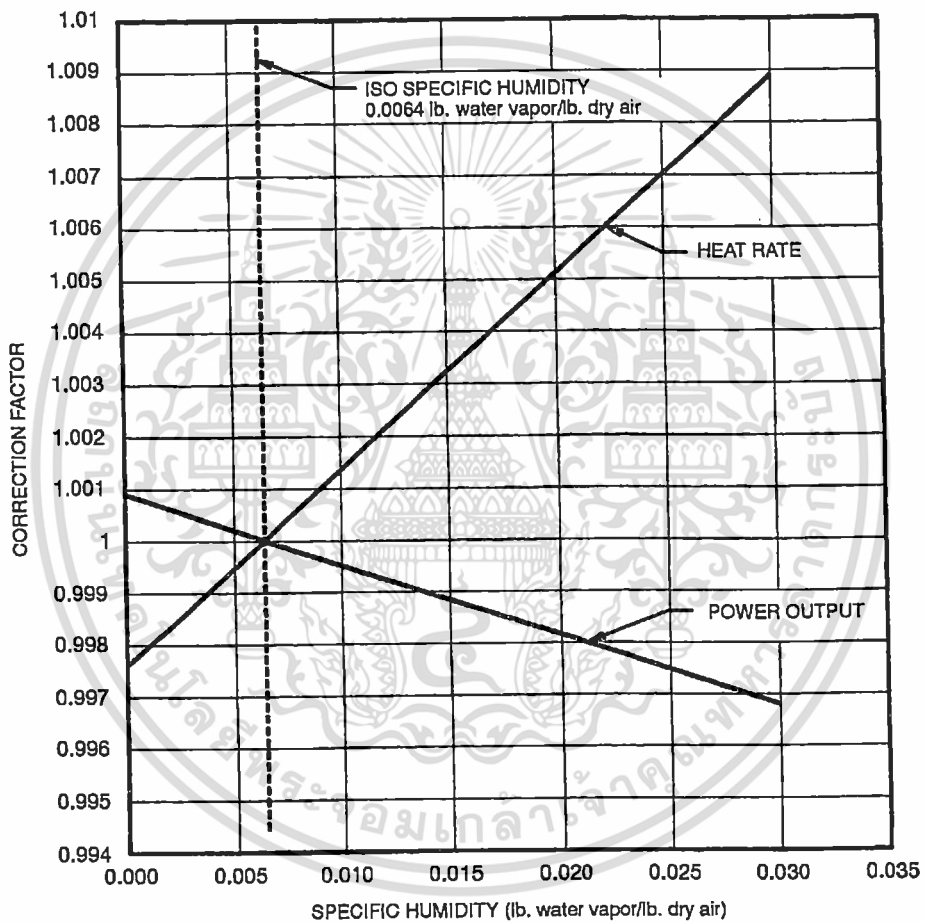
520HA971  
Rev - 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### General Electric MS6001, MS7001 And MS9001 Gas Turbines

Corrections To Output And Heat Rate  
For Non-Iso Specific Humidity Conditions

For Operation At Base Load On Exhaust  
Temperature Control Curve




10/10/89  
DA JAQUEWAY

498HA697  
REV B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ตารางข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดกำลัง 90MVA

 <b>PAUWELS TRAF0 BELGIUM</b>						
VOLTAGE REGULATION AND EFFICIENCY						
Transformer :		9640547		MVA :		54/72/90
				Customer :		MORITANIE THAILAND
Rated Power		: 90 MVA				
No load losses		: 37.5 kW		on rated tapposition		
Load losses		: 208.3 kW		on rated tapposition		
Impedance Voltage		: 7.96 %		on rated tapposition		
Rel. Power % Pn	Cos phi = 0.8		Cos phi = 0.9		Cos phi = 1	
	% volt. reg.	% efficiency	% volt. reg.	% efficiency	% volt. reg.	% efficiency
125	6.49 %	99.60 %	4.97 %	99.64 %	0.78 %	99.68 %
100	5.15 %	99.66 %	3.92 %	99.70 %	0.55 %	99.73 %
75	3.83 %	99.71 %	2.89 %	99.75 %	0.35 %	99.77 %
50	2.53 %	99.75 %	1.90 %	99.78 %	0.19 %	99.80 %
25	1.25 %	99.72 %	0.93 %	99.75 %	0.08 %	99.78 %

RAP2W21  
VAN CLEMEN

Customer/Inspector : STEPHEN ANTOSZ-TOHRU KIKUCHI

VT-KZ-118/02

10.07.96

Q.C. DEPT.  
F. VAN CLEMEN  
Date : 10/07/96

KEURING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PAUWELS TRAF0 BELGIUM																																	
TEST CERTIFICATE																																	
Transformer		: 9640547				MVA : 54/72/90				Customer						: MORITANIE THAILAND																	
Type		: OLU 90/230				Specs. : ANSI C 57				Guaranteed Values at 85 °C																							
Cooling		: OAF,FOA				Pos.		Uk%		Load losses		%		No load losses		Io%																	
Frequency		: 50 Hz				1						100		38 kW		0.25																	
Vector group		: YNd1c1				3				229.0 kW at 90.0 MVA		110		57 kW		0.65																	
						5								kW																			
		High Voltage				Low Voltage				Results																							
Pcs.		U(V)		Irat		Igar.		U(M)		Irat (A)		Igar (A)																					
1		123900		419.4		419.4		11500		4518.4		4518.4		1		8.13		211.2 kW at 90.0 MVA		100		37.549 kW		0.09									
3		118000		440.4		440.4		11500		4518.4		4518.4		3		7.96		214.3 kW at 90.0 MVA		110		54.665 kW		0.30									
5		112100		463.5		463.5		11500		4518.4		4518.4		5		7.81		219.6 kW at 90.0 MVA				kW											
No load losses																																	
		U1		U2		U3		C		U(M)		I1		I2		I3		C		I(A)		P1		P2		P3		C		P(W)		Io%	
100		11511		11500		11507		1		11506		3.5		3.7		4.4		1		3.867		13722		8584		15243		1		37549		0.09	
110		12679		12651		12659		1		12663		12.6		13		14.9		1		13.500		24682		7678		22305		1		54665		0.30	
HV feeded/LV X and Y S.C.																																	
Load losses																																	
24 °C																																	
Pcs.		U1		U2		U3		C		U(M)		I1		I2		I3		C		I(A)		P1		P2		P3		C		P(W)		P(W)	
1		10088		10086		10080		1		10085		419.5		419.7		420.9		1		420.03		65380		54450		57100		1		176930		176930	
										10069										419.4										176397			
3		9386		9383		9379		1		9383		439.2		439.7		440.6		1		439.83		64550		54730		58390		1		177670		177670	
										9395										440.4										178128			
5		8749		8746		8742		1		8746		462.5		463.1		463.9		1		463.17		65500		56320		60230		1		182050		182050	
										8752										463.5										182312			
Resistances																																	
24 °C																																	
Winding		Pcs.		Phase		U		I		Rms.		Rave.		Winding		Pcs.		Phase		U		I		Rms.		Rave.							
						(V)		(A)		(ohm)		(ohm)								(V)		(A)		(ohm)		(ohm)							
HV		1		A-B		2.1790		1.0		6.7470		1.0		0.3230		LV		X		A-B		0.0410		1.0		6.8780		1.0		0.0046			
				A-C		2.1720		1.0		6.7400		1.0		0.3223						A-C		0.0430		1.0		8.9370		1.0		0.0048			
				B-C		2.1610		1.0		6.7100		1.0		0.3221						B-C		0.0430		1.0		8.8570		1.0		0.0049			
		3		A-B		2.0750		1.0		6.7640		1.0		0.3068		Y				A-B		0.0450		1.0		8.9490		1.0		0.0050			
				A-C		2.0550		1.0		6.7090		1.0		0.3063						A-C		0.0450		1.0		8.8610		1.0		0.0051			
				B-C		2.0830		1.0		6.6220		1.0		0.3053						B-C		0.0460		1.0		8.8720		1.0		0.0052			
		5		A-B		1.9960		1.0		6.8700		1.0		0.2905						A-B													
				A-C		1.9780		1.0		6.6390		1.0		0.2892						A-C													
				B-C		1.9950		1.0		6.8670		1.0		0.2905						B-C													
Calculations to reference temperature																																	
Temp :		24 °C		Position		Pos. 1		90 MVA		Pos. 3		90 MVA		Pos. 5		90 MVA																	
Tref :		85 °C		Temperature		24 °C		85 °C		24 °C		85 °C		24 °C		85 °C																	
				Full High Voltage		85083 Watt		105097 Watt		89053 Watt		110027 Watt		93484 Watt		115502 Watt																	
				Full Low Voltage		75481 Watt		93258 Watt		75481 Watt		93258 Watt		75481 Watt		93258 Watt																	
				Stray losses		15853 Watt		12831 Watt		13594 Watt		11003 Watt		13347 Watt		10803 Watt																	
				Load losses		176397 Watt		211187 Watt		178120 Watt		214288 Watt		182312 Watt		219583 Watt																	
				Uk%		0.196 %		0.235 %		0.198 %		0.238 %		0.203 %		0.244 %																	
				Ux%		8.12 %		8.12 %		7.96 %		7.96 %		7.80 %		7.80 %																	
				Uk%		8.13 %		8.13 %		7.96 %		7.96 %		7.81 %		7.81 %																	
Voltage tests																																	
Applied voltage test		I = 50 Hz		60 sec		Induced overvoltage test		I = 125 Hz																									
Neutral H.V.		50 kV				Double Voltage		23 kV (feeding LV)		50 sec																							
LV / earth		34 kW				H.V. / earth		230 kV (induced single phase)		50 sec																							
CDRE-earth = 5000 Mohm		Insulation resistances		(tested with 5000 V D.C.)		LVX/LVY = 5000 Mohm																											
HV / LV X		5000 Mohm		LV X / earth		4000 Mohm		HV / LV Y		4000 Mohm																							
HV / earth		3800 Mohm		LV Y / earth		4000 Mohm		LV Y / earth		4000 Mohm																							

Test Bay Engineer SCHOOVAERTS Customer/Inspector : STEPHEN ANTOSZ-TOHRU KIKUCHI Date 11.06.96

Q.C. DEPT.  
F. VAN CLEMEN.  
Date : 17/07/96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3. ตารางข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดกำลัง 200MVA

GEC ALSTHOM T&amp;D Transformers Ltd.

STAFFORD

## TRANSFORMER TEST CERTIFICATE

CUSTOMER: TEDA Co Ltd.  
for COCO 3, Thailand SERIAL NO: PTE1689/02

120/160/200 MVA OA/FA/FOA Type 3 Phase 50 Hz

High Voltage: 230000 +10% -15% in 20 Steps  
Auto Star at No-Load

Low Voltage: 121000

Tertiary Voltage: 11000 (Not Brought Out)

Vector Symbols: Specification: ANSI C57

Temperature Rise: Oil 60 deg.C Windings 60 deg.C

Date of Final Test: 23/04/98

Tapchanger Manufacturer: M.R.

Tapchanger Reference No: 196369 A,B,C.

Bushing Manufacturer: HV&amp;LV:-Haefley Trench.


  
GEC ALSTHOM

T&amp;D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GEC ALSTHOM T&D Transformers Ltd. STAFFORD

## TRANSFORMER TEST CERTIFICATE

CUSTOMER: TEDA Co Ltd.  
for COCO 3, Thailand

SERIAL NO: PTE1689/02

120/160/200 MVA OA/FA/FOA Type 3 Phase 50 Hz

High Voltage: 230000 +10% -15% in 20 Steps  
Auto Star at No-Load

Low Voltage: 121000

Tertiary Voltage: 11000 (Not Brought Out)

Vector Symbols: Specification: ANSI C57

Temperature Rise: Oil 60 deg.C Windings 60 deg.C

Date of Final Test: 23/04/98

Tapchanger Manufacturer: M.R.

Tapchanger Reference No: 196369 A,B,C.

Bushing Manufacturer: HV&LV:-Haefley Trench.

Bushing Nos: H.V. H1:-97D4214, H2:-97D4216, H3:-97D4218.

L.V. X1:-97D4229, X2:-97D4230, X3:-97D4231, XoHo:249983

### CURRENT TRANSFORMER DATA

Serial No	Phase	CT	Nominal Ratio	Measured Ratio
J800350	H1	X	800/600/400/100-1	800/600/400/100-1
J800349		Y	1000/5	1000/5
J800317	H2	X	800/600/400/100-1	800/600/400/100-1
J800325		Y	1000/5	1000/5
J800321		Z	600/5	600/5
J800330	H3	X	800/600/400/100-1	800/600/400/100-1
J800338		Y	1000/5	1000/5
J800348	X1	X	1500/1000/400/250-1	1500/1000/400/250-1
J800349	X2	X	"	"
J800350	X3	X	"	"
J800314	HOXO	Y	500/5	500/5

Prepared By: J.E.Dykes

L.Spec.Ref.No.: 31234

Checked By: *G. Swift*

Date: 5/5/98

Approved By: *Bennett*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GEC ALSTHOM T&D Transformers Ltd.

## TRANSFORMER TEST CERTIFICATE

CUSTOMER: TEDA Co Ltd.  
for COCO 3, Thailand

SERIAL NO: PTE1689/02

### PERFORMANCE

### Guaranteed Values

#### No Load Loss

39.5 kW.at 100% normal voltage 45.0kW

#### Load Loss at 80 deg.C.

512.4kW at 200MVA. 230 / 121kV 515.0kW

#### Impedance

15.42% at 200MVA. 230 / 121kV 15.4%

POLARITY AND PHASE RELATIONSHIPS CHECKED AND FOUND TO BE CORRECT.

#### RESISTANCE BETWEEN LINE TERMINALS at 80deg.C.

Terminals	Resistance (ohms)	Switch Position
H1, H2, H3	1.1963	8L
	1.1006	N
	1.1959	12R
X1, X2, X3	0.4886	ohms
Y (three legs in series)	0.04151	ohms

#### INSULATION RESISTANCE at 2.5kV, 20°C. After HV Tests.

HV&XV to YV&Earth	15000	Megohms
YV. to HV, XV&Earth	7500	Megohms

#### APPLIED VOLTAGE TEST

HV&XV to YV & Earth:	34 kV for	60 seconds
YV. to HV, XV & Earth:	34 kV for	60 seconds
C.T. Secondaries to Earth:	2 kV for	60 seconds

#### THREE PHASE INDUCED OVERVOLTAGE TEST (See sheet 6 )

H.V. Tap 4L 416kV at 150 Hz for 48 seconds followed by 364kV for 60 minutes with partial discharge measurement throughout.

#### IMPULSE and SWITCHING IMPULSE VOLTAGE TESTS.

These tests were applied and are the subject of a separate test certificate.

#### TAPCHANGER OPERATIONS

The on load tapchanger was operated through one complete cycle from maximum to minimum tapping and back to maximum with the transformer energised at normal voltage on open circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EECON** xxxii

**PROCEEDINGS**  
**VOL. 1**

PW - Electrical Power System  
PE - Power Electronics  
CT - Control System and Instrument Technology  
CP - Computer and Information Technology

**การประชุมนววิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๒**  
**๒๘-๓๐ ตุลาคม ๒๕๕๒ โรงแรมทวารวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี**

**32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference**  
**28-30 October 2009 Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand**

**WD Western Digital**

**NECTEC**  
a member of NSTDA

**TRIDI**  
Telecommunications Research and Industrial Development Institute

**ptt Group**

**40** กฟผ.  
ผลิตไฟฟ้าเพื่อประชาชนออนไลน์

จัดการประชุมโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา  
เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ  
และภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

PW 061	การศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าไกล่วเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ นายจรัส ศรีระษา <sup>1</sup> , นายบรรดล โชติวรรณพร <sup>2</sup> และ นายพิชิต ล้ายอง <sup>1</sup> <sup>1</sup> สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง <sup>2</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	243
PW 062	Effects of Series Compensation in Long Transmission Line on Distance Relay Operation กฤษณะ วิศิธรประเสริฐ, ชัยยุทธ สัมภวะคุปต์, วราวุธ คัมภีร์วัฒน์ และ ทรงศักดิ์ สุขฉวีพิทักษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	247
PW 063	ผลกระทบของการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทยที่ระดับแรงดัน 33 kV กนก ใจรามา, วรวัฒน์ ตั้งศรีอนุกรม เชาว ชมภูอิน ไหว และ ชาย ชมภูอิน ไหว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	251
PW 064	การศึกษาเสถียรภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและข้อเสนอแนะเพื่อระบบการป้องกันพิเศษสำหรับมีาระบบกลับคืนสู่สภาวะปรกติ ชัยสิทธิ์ วันนัย้อย, ศุภิสต์ สุขสวัสดิ์คม เชาว ชมภูอิน ไหว และ ชาย ชมภูอิน ไหว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	255
PW 065	Determination of Optimal RTU Placement for State Estimation in PEA 115 kV Systems สุภาวดี สุวรรณรัตน์ และ ศุภิสต์ สุขสวัสดิ์คม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	259
PW 066	การประยุกต์หาค่าเหมาะของฟังก์ชันการจ่ายโหลดอย่างประหยัดในระบบไฟฟ้ากำลัง พัฒนะ อิงคะวะระ และ ชาย ชมภูอิน ไหว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	263

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าใกล้เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

#### A Study Controlled Technique of Bus Voltage 115 kV in Glow Power Plant for Energy Efficiency

นายจรัส สิริระเนา<sup>1</sup>, นายวรากล โชติวรารณ<sup>2</sup> และ นายพิชิต ลายง<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนจตุพล แขวงลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์: 662-3264550 Ext. 4930. Fax number: 662-3264550 Email: jamras@glo.co.th.

#### บทคัดย่อ

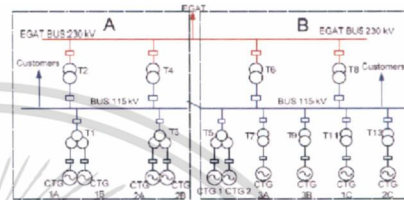
บทความนี้นำเสนอเทคนิคในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงไฟฟ้าใกล้เพื่อให้การใช้พลังงานในการเดินเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่บัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV ค่อยู่ระหว่างบัสแรงดันไฟฟ้า 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าปรับเก็บได้ขณะจ่ายภาวะ บัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV สามารถควบคุมได้โดยการปรับเก็บของหม้อแปลงหรือกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส ทั้งสองค่าถึงงานมีแนวโน้มให้ต้นทุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งเก็บต่าง ๆ และ กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กแสดงในบทความนี้จะเปรียบเทียบเกี่ยวกับการใช้พลังงานในหนึ่งหน่วยการผลิตของโรงจักรไฟฟ้าขนาดที่คิด 50.3 MVA อย่างมีประสิทธิภาพ

#### Abstract

This paper presents technique to control 115 kV bus voltages in Glow power plant for operating energy efficiency. The 115 kV utility bus is connected between 230 kV EGAT and three phase synchronous generators via On-load tap-changer transformer and step-up voltage generator transformer. The bus voltage can be controlled by adjust tap-changing 230 kV step-up transformer or field current of synchronous generator. Finally, input power of turbine generator at various tap position and field current are illustrated and discussed about energy efficiency of 50.3 MVA power generations.

#### 1. บทนำ

โรงจักรไฟฟ้าระบบ SPP (Small Power Plant) มีเป้าหมายในการขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และ ขายไฟฟ้าให้โรงงานในนิคมอุตสาหกรรมฯ ที่คิดแรงดันไฟฟ้า 115 kV โดยในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีหม้อแปลงรวมการใช้ไฟไม่คงที่ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานตลอดเวลา ดังนั้นทางโรงไฟฟ้าใกล้ มีความจำเป็นต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่อยู่ระหว่าง 115.5 - 118.5 kV เพื่อรักษาคุณภาพในการส่งมอบคุณภาพทางไฟฟ้าตามที่กำหนดซึ่งเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ที่คงที่ สามารถควบคุมได้โดยการปรับกระแส กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือปรับเก็บหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมระหว่างบัส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ กับบัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพเส้นเคี้ยวของระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

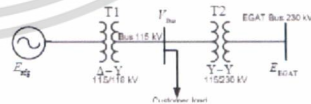
#### 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส (Synchronous generators)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นำพลังงานกลมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก คือการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น โดยทั่วไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เคลื่อนที่ได้คือ โรเตอร์ ซึ่งจะมีขดลวดกระแสกระตุ้นแม่เหล็กและ ส่วนที่อยู่กับที่คือ สเตเตอร์ซึ่งจะเป็นขดลวดตัวนำจอร์ตามเฟส ถ้าป้อนกำลังงานกลเข้าที่เพลสและ จ่ายกระแสไฟฟ้ากระแส กระแส (Field current) เข้าไปยังขดสนามสร้างสนามแม่เหล็กของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสเพื่อผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายไปยังผู้ใช้งาน

##### 2.2 การส่งผ่านกำลังไฟฟ้า

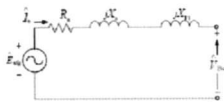
ในการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสไปยังแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับลูกค้าในเขตนิคมอุตสาหกรรมฯ และจ่ายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 230 kV ดังแสดงในรูปที่ 2 นั้น ต้องผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวคือ หม้อแปลงไฟฟ้า 115/118 kV (T1) และหม้อแปลงไฟฟ้า 115/230 kV (T2) ซึ่งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดปรับเก็บได้



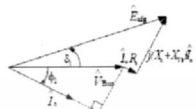
รูปที่ 2 แผนภาพเส้นเคี้ยวของการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังบัสของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโคจรนิวส ไปยังนิวส 115 kV การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรสมมูลของการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 4 เฟสเซอร์การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโคจรนิวส

จากวงจรสมมูลในรูปที่ 3 และเฟสเซอร์ในรูปที่ 4 แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโคจรนิวสได้จากสมการต่อไปนี้ [1]

$$\hat{E}_{m1} = \hat{V}_{Bm} + I_s R_s + j I_s (X_s + X_{T1}) \quad (1)$$

โดยที่  $\phi_1$  เป็นมุมเฟสระหว่างกระแส  $I_s$  กับแรงดันไฟฟ้า  $\hat{V}_{Bm}$  และมุม  $\delta_1$  เป็นมุมของแรงดัน  $\hat{E}_{m1}$  ี่หน้า  $\hat{V}_{Bm}$  เมื่อ  $R_s \ll (X_s + X_{T1})$

$$P_{Bm} = \frac{|\hat{E}_{m1}| |\hat{V}_{Bm}|}{X_s + X_{T1}} \sin \delta_1 \quad (2)$$

และ  $Q_{Bm} = \frac{|\hat{V}_{Bm}|^2}{X_s + X_{T1}} (|\hat{E}_{m1}| \cos \delta_1 - |\hat{V}_{Bm}|) \quad (3)$

สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจาก กระแสและคุณสมบัติแม่เหล็กและขดลวดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโคจรนิวสได้จากสมการต่อไปนี้

$$P_{ExcitationLoss} = I_s^2 R_s \quad (4)$$

$$P_{ArmatureLoss} = I_s^2 R_a \quad (5)$$

ดังนั้นการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากนิวส 115 kV ไปยังนิวส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากนิวส 115 kV ไปยังนิวส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ



รูปที่ 6 เฟสเซอร์การส่งผ่านกำลังไฟฟ้ากึ่งเฟสจากนิวส 115 kV ไปยังนิวส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ

จากเฟสเซอร์ในรูปที่ 6 การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากนิวส 115 kV ไปยังนิวส 230 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าได้จากสมการดังต่อไปนี้ [2]

$$P_{EGAT} = \frac{|\hat{V}_{Bm}| |\hat{E}_{EGAT}|}{X_{T2}} \sin \delta_2 \quad (6)$$

และ  $Q_{EGAT} = \frac{|\hat{E}_{EGAT}|^2}{X_{T2}} (|\hat{V}_{Bm}| \cos \delta_2 - |\hat{E}_{EGAT}|) \quad (7)$

โดยที่  $\phi_2$  เป็นมุมเฟสระหว่างกระแส  $I_s$  กับแรงดันไฟฟ้า  $\hat{V}_{Bm}$  และมุม  $\delta_2$  เป็นมุมของแรงดัน  $\hat{V}_{Bm}$  ี่หน้า  $\hat{E}_{EGAT}$

เมื่อ  $E_{M2}$  คือแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโคจรนิวส

$V_{Bm}$  คือแรงดันไฟฟ้าที่นิวส 115 kV

$E_{EGAT}$  คือแรงดันไฟฟ้าที่นิวส 230 kV

$I_s$  คือกระแสอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

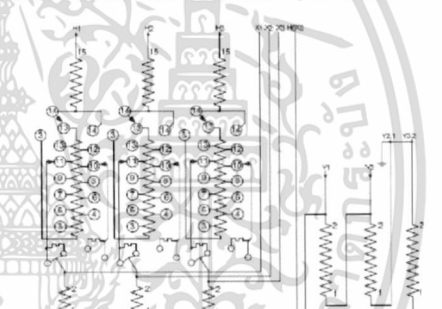
$I_L$  คือกระแสไฟฟ้าที่โหลดจากนิวส 115 kV ไปยังนิวส 230 kV

$X_{T1}$  คือรีแอกแตนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 11.5/118 kV (T1)

$X_{T2}$  คือรีแอกแตนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 115/230 kV (T2)

### 2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า

ในระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากโรงจักรไฟฟ้าไปยังลูกค้าภายในเขตนิคมฯ จุดสาขากรรมที่จะดับแรงดันไฟฟ้า 115 kV และจ่ายเข้าไปยังบัสของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ที่มีระดับแรงดันไฟ 230 kV จะต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน ซึ่งสามารถปรับแก้ได้ในขณะที่หม้อแปลงจ่ายกำลังไฟฟ้าอยู่ โดยลักษณะการต่อขดลวดของหม้อแปลงทางด้านปฐมภูมิกับทุติยภูมิที่แสดงในรูปที่ 7 และค่าพิกัดกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงที่ตำแหน่งที่ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 7 ลักษณะการต่อขดลวดทางด้านปฐมภูมิกับทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดปรับแก้ได้

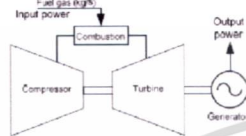
ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าพิกัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ตำแหน่งที่ต่างๆ

Winding group	Tap position	Volts(kV)	Rated Current(A)	Connection		
H1,H2,H3	8L	253.00	273.8	305.1	456.4	1:1
	7L	250.13	272.0	309.3	461.6	
	6L	247.25	280.2	373.6	467.0	
	5L	244.38	283.5	378.0	475.2	
	4L	241.50	286.9	382.5	478.1	
	3L	238.63	290.3	387.1	483.9	
	2L	235.75	293.9	391.8	489.8	
	1L	232.88	297.5	396.7	495.8	
	N	230.00	301.2	401.6	502.0	
	1R	227.13	305.0	406.1	508.4	
	12R	195.50	354.4	472.5	550.5	
	X1,X2,X3	121.00	572.0	765.0	954.0	
Y2.1,Y3.2	11.00					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พลังงานที่จ่ายเข้าไปขับเคลื่อนกังหันแก๊ส (Gas Turbine)

ในกระบวนการเปลี่ยนพลังงานทางกลไปเป็นกำลังงานทางไฟฟ้านั้น จะต้องให้พลังงานกับตัวขับเคลื่อนกังหันแก๊สที่จะไปขับเคลื่อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะให้พลังงานกับกังหันแก๊สที่จ่ายไปยังระบบได้ โดยพลังงานที่ขับเคลื่อนกังหันแก๊สนั้นแสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นแผนภาพของกระบวนการใช้พลังงานขับเคลื่อนกังหันแก๊สใช้สำหรับคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนกังหันแก๊ส โดยไม่ได้คำนวณภาระ โยชน์ที่ได้จากไอเสียอีกด้วย [3]

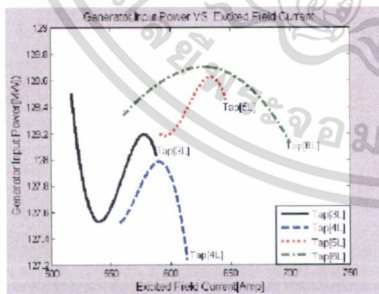


รูปที่ 8 แผนภาพของกระบวนการใช้พลังงานขับเคลื่อนกังหันแก๊ส

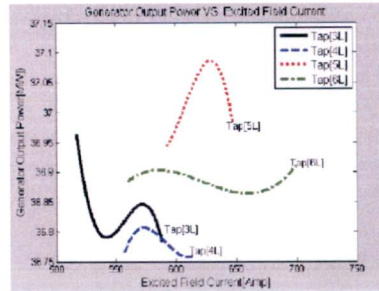
3. การทดสอบและวิเคราะห์ผล

จากรูปที่ 1 จะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจริงโชนอยู่ที่ 2 กลุ่มคือ กลุ่ม A และกลุ่ม B ในการศึกษาจะพิจารณาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกลุ่ม A โดยทำการปรับที่หม้อแปลงไฟฟ้าที่ 230 kV แต่ละตำแหน่งจากตารางที่ 1 จะเลือกปรับที่หม้อแปลงไฟฟ้าที่ตำแหน่ง 3L, 4L, 5L และ 6L แล้วทำการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Excite current) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจริงโชนให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV อยู่ในย่าน 115.5 ถึง 118.5 kV และค่ากระแสกระตุ้นของสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจริงโชนคือมีค่าไม่เกิน 844.2 A หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูล โดยใช้โปรแกรม ET [4] และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ ทำจุดที่เหมาะสมในความคุ้มครองแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ของโรงจ่ายไฟฟ้าโกลด์

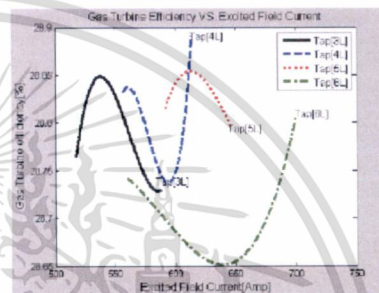
ผลที่ได้จากการขอมูลค่าไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานที่ใช้ในการขับ Gas turbine ที่ตำแหน่งที่ปรับค่าๆ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 9 กับกำลังงานที่ใช้ในการขับ Gas turbine โดยเฉลี่ยได้ดังแสดงตารางที่ 2 และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจริงโชนที่จ่ายออกกับประสิทธิภาพของ Gas turbine ที่ตำแหน่งที่ปรับค่าๆ เปรียบเทียบกับการเพิ่มของกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการทำงานที่ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 36.88 MW แสดงได้ดังรูปกราฟที่ 9 ถึง 11



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Input power กับ Field current ที่ตำแหน่งที่ 3L, 4L, 5L และ 6L ของหม้อแปลงไฟฟ้า

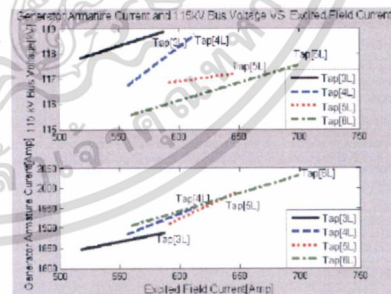


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Generator Output power กับ Field current ที่ตำแหน่งที่ 3L, 4L, 5L และ 6L ของหม้อแปลงไฟฟ้า



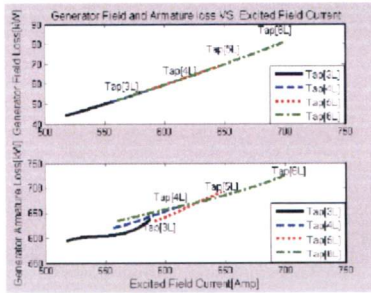
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Gas Turbine Efficiency กับ Field current ที่ตำแหน่งที่ 3L, 4L, 5L และ 6L ของหม้อแปลงไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV กับกระแสสนามแม่เหล็ก กำลังงานสูญเสียที่มาจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กและค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจริงโชน และค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายไปยังบัสของโรงจ่ายผลิตที่ตำแหน่งที่ปรับค่าๆ ที่เกิดจากการเพิ่มของกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการทำงานที่ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 36.88 MW แสดงได้ดังรูปกราฟที่ 12 ถึง 14

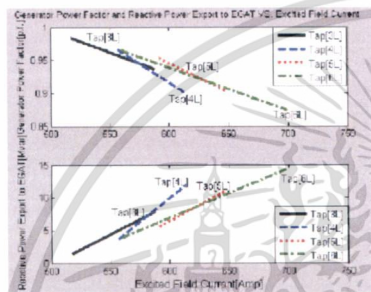


รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Generator Armature Current และ 115 kV Bus Voltage กับ Generator Armature current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Generator Armature loss และ field loss กับ Field current



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Generator Power Factor และ Export Reactive power กับ Field current

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์การไหลพลังงานโดยเฉลี่ยที่ตำแหน่งที่ 3L, 5L และ 6L เทียบกับค่าที่ตำแหน่งที่ 4L ซึ่งใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 127.71 MW

Tap position	P <sub>in</sub>	Δ (Pin)	Input Energy (MWh)	P <sub>out</sub> (Avg)	Turbine Efficiency
	MW	kW	Δ (Pin) kWh	MW	Avg (%)
3L	127.90	(93.0)	176,800	36.83	28.80
5L	128.45	740.0	532,800	37.00	28.81
6L	128.47	760.0	542,200	36.88	28.78
4L	127.71			36.78	28.81

4. สรุปผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการรักษาแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ให้มีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในย่าน 115.5 kV ถึง 118.5 kV ของโรงจักรไฟฟ้าที่เป็นระบบ SPP ซึ่งห้องจ่ายไฟฟ้าขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ที่ 230 kV และผู้ใช้ที่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรมที่ 115 kV ตามแผนภาพในรูปที่ 1 ซึ่งการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV สามารถควบคุมได้ 2 อย่างคือ 1. โดยการปรับกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนิสสามเฟสที่ต่ออยู่กับบัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV และ 2. การปรับเทปของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เชื่อมต่อบหว่างบัส 230 kV ของโรงไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ กับบัสแรงดันไฟฟ้า 115 kV ของโรงไฟฟ้าโคกกรวด จากการศึกษาโดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนิสสามเฟสหนึ่งโรงจักรกระแสสลับมีกระแสทางไฟฟ้าเดียวกัน จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละตำแหน่งที่ปของหม้อแปลงไฟฟ้า ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV, กระแสอาร์มาเจอร์, กำลังสูญเสียในอาร์มาเจอร์, กำลังสูญเสียจากกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้ารีแอกติฟที่จ่ายไปยังบัสของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯเพิ่มขึ้นในย่านที่ไม่เท่ากันซึ่งจะเห็นได้ดังแสดงในกราฟรูปที่ 12 ถึง 14 และจากกราฟดังแสดงในรูปที่ 9 จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Input power เทียบกับ Output power แต่เมื่อพิจารณาพลังงานด้าน Input power ที่ใช้ไปการขับ Gas turbine ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงจะบอกถึงความความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานที่เท่ากันดังแสดงในตารางที่ 2

ดังนั้นจากกราฟดังแสดงในรูปที่ 9 ถึง 14 และค่าในตารางที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนิสขนาดที่ 50.8 MVA ที่ภาระทางไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 36.88 MW ควรจะปรับเทปหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 115/230 kV อยู่ที่ตำแหน่ง 4L และควบคุมกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115 kV ให้ได้แรงดันให้อยู่ระหว่าง 116.5 ถึง 117.5 kV.

เอกสารอ้างอิง

- [1] "Electric Machinery", A. D. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr, Stephen D. Umans.
- [2] "Power system Analysis" Jonh J. Grainger, William D. Stevenson.
- [3] "Thermodynamics an Engineering Approach" Dr. Yunus A. Cengel, Dr. Michael A. Boles.
- [4] Data Entry Group "Online PI- Process Book 3.0", Glow CPP2/3 Power Plant, on 27 June 2552.

ประวัติวิทยานิพนธ์



จรัส ศรีธนา ปัจจุบันเป็นพนักงานของบริษัท โกลด์ เอสทีที 2 และกำลังศึกษาหลักสูตรวศ.ม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชาวลด ชาติวรรณพร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



ทิติต ฉายอง สำเร็จการศึกษา วศ.บ. และวศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สจล. ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ทำงานวิจัยทางด้านการศึกษาการปรับปรุงพลังงานเครื่องจักรกลไฟฟ้าและการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายจรัส ศรีระษา
วัน เดือน ปี เกิด	25 พฤศจิกายน 2514 ที่จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ. 2550
การทำงาน	
2540-2553	ควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า เอสพีพี2/3 ฝ่ายผลิต บริษัท โกลว์ เอสพีพี2 จำกัด
2553-ปัจจุบัน	หัวหน้ากะควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า GHECO1 ฝ่ายผลิต บริษัท GHECO1 จำกัด
ผลงานทางวิชาการ	
	“การศึกษาเทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัส 115kV ของโรงไฟฟ้าโกลว์เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า, ครั้งที่ 32, ฉบับที่ 1, 28-30 ตุลาคม 2552, หน้า 243-246

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้