

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองชั่วขณะ
ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

The Study of Transient Response of Various Types of Conventional
Generators



โดย

นาย ัณยา เตชะวิชาโชติ
นาย ปราโมทย์ สุขประเสริฐศิลป์
นาย จาตุรงค์ นันทา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73001
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ย. 2558

b. 117-1x21 2
i.....

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2549

การศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองชั่วขณะ
ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

The Study of Transient Response of Various Types of Conventional
Generators



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

ดร. ชาย ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองชั่วขณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ชนิดต่างๆ

ผู้จัดทำ

1. นาย ชันยา เตชะวิชาโชติ
2. นาย ปราโมทย์ สุขประเสริฐศิลป์
3. นาย จาตุรงค์ นันทา



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. มณฑล สีลาจินดาไกรฤกษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. ชาย ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองชั่วขณะ
ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ**

นาย รัชญา	เตชะวิชาโชติ	
นาย ปราโมทย์	สุขประเสริฐศิลป์	
นาย จาดุรงค์	นนทา	
รศ. มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. ชาย	ชมภูอินไหว	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาผลของค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและตัวควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยศึกษาผลของสภาวะชั่วขณะของกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งทำการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชนิด คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ , เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ โดยศึกษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Round Rotor และ แบบ Salient Pole และศึกษาเครื่องควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำ และกังหันน้ำ โดยใช้โปรแกรม Matlab และ PSS/E เพื่อเป็นแนวทางในการปรับตั้งค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Study of Transient Response of Various Types of Conventional Generators

Thanya Tachavichachote

Pramote Sukprasertsil

Jaturong Nanta

Assoc.Prof. Monthon Leelachidakaileak Advisor

Dr. Chai Chompoonwai Advisor

2006

ABSTRACT

This project proposes studying of parameters of generators and governors by studying transient response of variable type of generators and governors by using Matlab and PSS/E program which will use to be a guideline for adjustment variable parameter of generator and governor for improvement of power system stability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการมีความซาบซึ้งในความกรุณาของ รศ.มณฑล สีสัจจินดาไกรฤกษ์ และ ดร.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้ความกรุณาแนะนำตลอดจนดูแล และคณะครู อาจารย์ประจำภาควิชาที่ประสิทธิ์ประสาทวิชามาโดยตลอด ถ้าปราศจากท่านโครงการนี้ก็คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้

นอกจากนั้นคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้ อีกทั้งยังคอยเอาใจใส่ ถวายทาน และให้คำแนะนำดี ๆ ตลอดเวลา

ท้ายที่สุดนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนญาติผู้ใหญ่ ที่คอยเอาใจใส่อุปถัมภ์เลี้ยงดู จนคณะผู้จัดทำสำเร็จการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3
2.2 ทฤษฎีของการควบคุมความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	9
2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงภาระ	9
2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระกับการเปลี่ยนแปลงความถี่	10
2.2.3 Isochronous governor	12
2.2.4 เครื่องควบคุมความเร็วที่มีคุณสมบัติของ speed-droop	13
2.2.5 ฟังก์ชันถ่ายโอนของกังหัน	14
บทที่ 3 การทดลองโดยใช้โปรแกรม Matlab และผลการทดลอง	16
3.1 การศึกษาตัวแปรในระบบการควบคุมความเร็ว	16
3.1.1 ตัวแปร M (Initial Constant)	16
3.1.2 ตัวแปร D (Damping Constant)	18
3.1.3 ตัวแปร R (Speed Droop)	20
3.1.4 ตัวแปร T_{CH} (Charging Time)	22
3.1.5 ตัวแปร T_G (Governor Time constant)	24
บทที่ 4 การออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E	
4.1 ขั้นตอนโดยรวมในการจำลองผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E	26
บทที่ 5 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E	34
5.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ที่บัส 101	34
5.1.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 101	34
5.1.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 101	36
5.1.3 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 101	38

5.2	ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ที่บัส 206	40
5.2.1	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 206	40
5.2.2	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 206	42
5.2.3	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 101	44
5.3	ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ที่บัส 211	46
5.3.1	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 211	46
5.3.2	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 211	48
5.3.3	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า Tr ณ บัส 211	50
5.4	ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ที่บัส 101	52
5.4.1	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 101	52
5.4.2	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 101	54
5.4.3	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 101	56
5.5	ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ที่บัส 206	58
5.5.1	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 206	58
5.5.2	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 206	60
5.5.3	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 206	62
5.6	ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ที่บัส 211	64
5.6.1	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 211	64
5.6.2	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 211	66
5.6.3	ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า Tr ณ บัส 211	68
บทที่ 6	บทสรุป	
6.1	สรุปผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E	71
6.1.1	เมื่อเกิด Temporary Fault	71
6.1.2	เมื่อเกิด Permanent Fault	71
6.2	ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา	72
	กิตติกรรมประกาศ	
	เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	แสดงการขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	5
2.2	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังให้แก่ภาระอิสระ	9
2.3	ฟังก์ชันถ่ายโอนที่สัมพันธ์กับความเร็วและแรงบิด	9
2.4	แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนที่สัมพันธ์กับความเร็วและกำลังไฟฟ้าจริง	10
2.5	บล็อกไดอะแกรมที่รวมผลของค่าความหน่วงภาระ	11
2.6	บล็อกไดอะแกรมที่รวมผลของค่าความหน่วงภาระที่ลดรูป	11
2.7	แบบจำลองของ Isochronous governor	12
2.8	การตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ Isochronous governor	12
2.9	บล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมความเร็วที่มี droop	13
2.10	บล็อกไดอะแกรมที่ลดรูปของเครื่องควบคุมความเร็วที่มี droop	13
2.11	ค่าเฉพาะในอุดมคติในสภาวะอยู่ตัวของเครื่องควบคุมความเร็วที่มี Speed droop	14
2.12	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กังหันแบบ Reheat steam turbine	14
2.13	ฟังก์ชันถ่ายโอนของกังหันแบบ Non-reheat turbine	15
2.14	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กังหันแบบ Hydraulic	15
3.1	ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมเครื่องควบคุมความเร็วที่ใช้กังหันแบบ non-reheat	16
3.2	กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า M ต่างๆ	17
3.3	กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า M ต่างๆ	17
3.4	กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า D ต่างๆ	18
3.5	กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า D ต่างๆ	19
3.6	กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า R ต่างๆ	20
3.7	กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า R ต่างๆ	21
3.8	กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_{CH} ต่างๆ	22
3.9	กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_{CH} ต่างๆ	23
3.10	กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_c ต่างๆ	24
3.11	กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_c ต่างๆ	25
4.1	โพลซาร์ตแสดงขั้นตอนการจำลองผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E	27
4.2	ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการจำลองผลการทดลอง	28
4.3	ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ TGOV1	31
4.4	ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ HYGOV	32
4.5	กราฟผลการจำลองกำลังไฟฟ้าในสภาวะเริ่มต้น	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $D = 0$	34
5.2	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $D = 1$	35
5.3	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $D = 2$	35
5.4	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $H = 2.5$	36
5.5	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $H = 4$	37
5.6	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $H = 10$	37
5.7	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $T1 = 0.01$	38
5.8	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $T1 = 0.05$	39
5.9	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $T1 = 0.1$	39
5.10	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $D = 0$	40
5.11	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $D = 1$	41
5.12	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $D = 2$	41
5.13	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $H = 1$	42
5.14	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $H = 2.5$	43
5.15	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $H = 4$	43
5.16	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ค่า $T1 = 0.01$	44
5.17	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ค่า $T1 = 0.05$	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.18	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ค่า $T1 = 0.1$	45
5.19	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $D = 0$	46
5.20	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $D = 1$	47
5.21	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $D = 2$	47
5.22	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $H = 2.5$	48
5.23	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $H = 5$	49
5.24	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $H = 10$	49
5.25	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $Tr = 2$	50
5.26	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $Tr = 5$	51
5.27	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $Tr = 20$	51
5.28	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $D = 0$	52
5.29	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $D = 1$	53
5.30	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $D = 2$	53
5.31	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $H = 2.5$	54
5.32	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $H = 4$	55
5.33	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $H = 10$	55
5.34	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $T1 = 0.01$	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.35	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $T1 = 0.05$	57
5.36	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $T1 = 0.1$	57
5.37	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $D = 0$	58
5.38	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $D = 1$	59
5.39	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $D = 2$	59
5.40	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $H = 1$	60
5.41	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $H = 2.5$	61
5.42	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $H = 4$	61
5.43	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $T1 = 0.01$	62
5.44	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $T1 = 0.05$	63
5.45	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $T1 = 0.1$	63
5.46	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $D = 0$	64
5.47	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $D = 1$	65
5.48	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $D = 2$	65
5.49	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $H = 2.5$	66
5.50	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $H = 5$	67
5.51	กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $H = 10$	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.52 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $Tr = 2$	68
5.53 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $Tr = 5$	69
5.54 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $Tr = 20$	69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงตัวแปรพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์	3
2.2 ตารางแสดงช่วงค่ามาตรฐานของตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งตามชนิด ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	4
2.3 ตารางแสดงช่วงค่ามาตรฐานของตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งตามชนิด ของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	4
2.4 แสดงค่าความเฉื่อยคงที่ (inertia constant, H) ค่าปกติสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Thermal และ Hydraulic โดยมีหน่วยเป็น MW·s / MVA rating	8
4.1 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Round Rotor ที่บัส 101	29
4.2 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Round Rotor ที่บัส 206	29
4.3 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Salient Pole ที่บัส 211	30
4.4 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ TGOV1 ที่บัส 101	30
4.5 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ TGOV1 bus 206	31
4.6 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ HYGOV bus 211	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก ซึ่งมีผลทำให้กำลังผลิตสำรองมีปริมาณน้อยลงมาก จนมีกำลังสำรองเหลือน้อยกว่าที่ควรจะเป็น การสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มจึงเป็นสิ่งจำเป็น การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงจักรไฟฟ้าทั้งที่มีอยู่แล้วและในอนาคต ในโครงการนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังโดยจะมุ่งเน้นการศึกษาพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่มีใช้ในประเทศไทยที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะศึกษาพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในสภาวะตอบสนองชั่วขณะ โดยศึกษาพฤติกรรมพื้นฐานในสภาวะตอบสนองชั่วขณะซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ Governor (GOV) ซึ่งใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้าให้คงที่ ซึ่งเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างมาก จึงมีชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลากหลายชนิดให้เลือกใช้ในโครงการนี้จะมุ่งเน้นศึกษาชุดควบคุมเครื่องกำเนิดแบบมาตรฐาน ซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาชุดควบคุมพื้นฐานไปศึกษาในระบบอื่นๆ ที่มีความยากขึ้นได้ง่ายขึ้น ดังนั้นทางผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการศึกษาพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้า ซึ่งมีประโยชน์อย่างมาก จึงได้เลือกศึกษาโครงการนี้ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า

1.1 ความสำคัญของโครงการ

ในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังต้องมีการศึกษาพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นแบบ Thermal Unit ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ Classical Model, Round rotor Model, Salient Pole Model ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ละชนิดก็จะมีสภาวะตอบสนองชั่วขณะ ที่ต่างกัน มีชุดควบคุมคือ Governor ที่ต่างกัน ดังนั้นทางผู้ศึกษาจึงมีความสนใจ พฤติกรรมพื้นฐานของสภาวะตอบสนองชั่วขณะ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละแบบ โดยทำการศึกษา Generator Model และ Governor Model เพื่อให้ได้สภาวะชั่วขณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิดในรูปแบบที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์

ทำการทดสอบหาจุดเหมาะสมของกราฟกำลังไฟฟ้าต่อเวลาที่เมื่อเวลาทำการ on - off Load หรือมีการเกิด Fault ขึ้นที่ระบบจะมีการแกว่งของกำลังไฟฟ้าทำให้มีผลต่อความเสถียรภาพของระบบ ดังนั้นการศึกษาในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาหาช่วงเวลาและส่งผลสภาวะตอบสนองชั่วขณะเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวโดยใช้เวลาน้อยและมีความสัมพันธ์กับการแกว่งของกำลังไฟฟ้า (Overshoot) ที่ไม่สูงมากจนเกินไป โดยทำการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ให้ได้ความเหมาะสมตามทฤษฎี

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Synchronous ที่ใช้ในโรงจักร Steam หรือ Gas Turbine ซึ่งจะเน้นศึกษาที่ Classical Model และ Round rotor Model และศึกษา Governor พื้นฐานที่ใช้ในการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิด เพื่อทำการศึกษาสภาวะ Transient ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัว เมื่อเกิด 3 - phase fault ในระบบ และการ Switching load ในระบบ ซึ่งเราจะศึกษาเฉพาะ Constant Power Load รวมถึงการปรับค่าตัวแปรต่างๆที่ Governor ค่า Damping ที่ใช้ในการควบคุมแรงดันในสภาวะตอบสนองชั่วขณะ เพื่อให้ได้สภาวะตอบสนองชั่วขณะ ที่มีความเหมาะสมที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รู้พื้นฐานในการ Operate เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทต่างๆ
2. ได้ทราบถึงค่าตัวแปรที่ใช้ในการปรับ Governor
3. ได้รู้ว่าตัวแปรในชุดควบคุมตัวใดมีผลอย่างไรต่อสภาวะชั่วขณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัว

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการศึกษาพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ต้องมีการศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยตัวแปรพื้นฐานแสดงในตารางที่ 1

นอกจากนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีตัวแปรอื่นอีกโดยเป็นค่าอิมพีแดนซ์ และ ค่าเวลาในสภาวะต่างๆซึ่งแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยตารางที่ 3 แบ่งตามชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Thermal และแบบ Hydraulic โดยค่ารีแอกแตนซ์เป็นค่าต่อหน่วย ส่วนตารางที่ 4 แบ่งเป็น แบบ Round-rotor และแบบ Salient-pole rotor ซึ่งยังแบ่งย่อยออกตามขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในหน่วย MVA

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงตัวแปรพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

Linear Motion			Rotation		
Quantity	Symbol/ Equation	MKS unit	Quantity	Symbol/ Equation	MKS unit
Length	s	meter (m)	Angular displacement	θ	radian (rad)
Mass	M	kilogram (kg)	Moment of inertia	$J = \int r^2 dm$	$kg \cdot m^2$
Velocity	$v = ds / dt$	meter/second (m/s)	Angular velocity	$\omega = d\theta / dt$	rad/s
Acceleration	$a = dv / dt$	m/s^2	Angular acceleration	$\alpha = d\omega / dt$	rad/s^2
Force	$F = Ma$	newton (N)	Torque	$T = J\alpha$	newton-meter ($N \cdot m$) or J/rad
Work	$W = \int Fds$	joule (J)	Work	$W = \int Td\theta$	J or $W \cdot s$
Power	$p = dW / dt$ $= Fv$	watt (W)	Power	$p = dW / dt$ $= T\omega$	W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

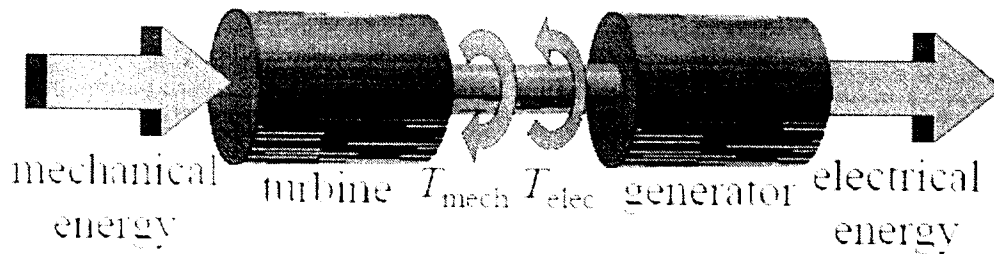
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงช่วงค่ามาตรฐานของตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบ่งตามชนิด ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Parameter		Hydraulic unit	Thermal unit
Synchronous Reactance	X_d	0.6 – 1.5	1.0 – 2.3
	X_q	0.4 – 1.0	1.0 – 2.3
Transient Reactance	X'_d	0.2 – 0.5	0.15 – 0.4
	X'_q	-	0.3 – 1.0
Subtransient Reactance	X''_d	0.15 – 0.35	0.12 – 0.25
	X''_q	0.2 – 0.45	0.12 – 0.25
Transient OC Time Constant	T'_{d0}	1.5 – 9.0 s	3.0 – 10.0 s
	T'_{q0}	-	0.5 – 2.0 s
Subtransient OC Time Constant	T''_{d0}	0.01 – 0.05 s	0.02 – 0.05 s
	T''_{q0}	0.01 – 0.09 s	0.02 – 0.05 s
Stator Leakage Inductance	X_l	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2
Stator Resistance	R_a	0.002 – 0.02	0.0015 – 0.005

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงช่วงค่ามาตรฐานของตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบ่งตามชนิด ของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [2]

Parameter	Round-rotor			Salient-pole rotor	
	200 MVA	600 MVA	1500 MVA	150 MVA	230 MVA
X_d	1.65	2.00	2.20	0.91	0.93
X_q	1.59	1.85	2.10	0.66	0.69
X'_d	0.23	0.39	0.44	0.3	0.3
X'_q	0.38	0.52	0.64	-	-
X''_d	0.17	0.28	0.28	0.24	0.25
X''_q	0.17	0.32	0.32	0.27	0.27
T'_{d0}	0.83	0.85	1.21	1.10	3.30
T'_{q0}	0.42	0.58	0.47	-	-
T''_{d0}	0.023	0.028	0.030	0.05	0.02
T''_{q0}	0.023	0.058	0.049	0.06	0.02

ค่าตัวแปรเหล่านี้เป็นค่าที่ไม่สามารถปรับค่าได้ขึ้นอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิดและขนาด เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เอกสารที่เผยแพร่สู่สาธารณะ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นต้องมีแรงบิดมาทำการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็คือ T_a โดยค่า T_a นั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเกิดความไม่สมดุลระหว่างแรงบิดทางกลและแรงบิดทางไฟฟ้าดังสมการ

$$T_a = T_m - T_e \quad (1)$$

โดย

T_a = แรงบิดลัพธ์ มีหน่วยเป็น $(N \cdot m)$

T_m = แรงบิดทางกล มีหน่วยเป็น $(N \cdot m)$

T_e = แรงบิดทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็น $(N \cdot m)$

จากสมการข้างต้นค่า T_m และ T_e จะมีค่าเป็นบวกในกรณีที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อนำค่าความเฉื่อยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Inertia of generator) และต้นแรงขับ (prime mover) มารวมกับสมการแรงบิดจะมีสมการดังนี้

$$J \frac{d\omega_m}{dt} = T_a = T_m - T_e \quad (2)$$

โดย

J = ค่ารวมของความเฉื่อยชั่วขณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และต้นแรงขับ, $kg \cdot m^2$

ω_m = ความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์, $mech \cdot rad/s$

t = เวลา, s

สมการข้างต้นโดยปกติแล้วจะอยู่ในรูปตัวแปรค่าความเฉื่อยคงที่ (inertia constant, H) ในหน่วยต่อหน่วยคือ ค่าพลังงานศักย์ในหน่วย watt-seconds ที่อัตราความเร็ว หารด้วย VA base ค่า ω_{0m} ให้เป็นค่าความเร็วทางกลเชิงมุม มีหน่วยเป็น rad/sec ค่าความเฉื่อยคงที่มีค่า

$$H = \frac{1}{2} \frac{J\omega_{0m}^2}{VA_{base}} \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเฉื่อยชั่วขณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (J) ในรูปตัวแปร (H) คือ

$$J = \frac{2H}{\omega_{0m}^2} VA_{base}$$

แทนสมการ (4) ในสมการ (2) จะได้

$$\frac{2H}{\omega_{0m}^2} VA_{base} \frac{d\omega_m}{dt} = T_m - T_e$$

จัดรูปใหม่ได้

$$2H \frac{d}{dt} \left(\frac{\omega_m}{\omega_{0m}} \right) = \frac{T_m - T_e}{VA_{base} / \omega_{0m}}$$

สมมติให้ค่า $T_{base} = VA_{base} / \omega_{0m}$, สมการการเคลื่อนที่ในหน่วยต่อหน่วยคือ

$$2H \frac{d\bar{\omega}_r}{dt} = \bar{T}_m - \bar{T}_e \quad (4)$$

จากสมการข้างต้น

$$\bar{\omega}_r = \frac{\omega_m}{\omega_{0m}} = \frac{\omega_r / p_f}{\omega_0 / p_f} = \frac{\omega_r}{\omega_0}$$

ค่า ω_r คือค่าความเร็วเชิงมุมทางไฟฟ้าของโรเตอร์ในหน่วย rad/s, ω_0 คือค่าที่อัตรา และค่า p_f คือจำนวนของ Field poles

ถ้า δ คือตำแหน่งมุมของโรเตอร์ในหน่วยเรเดียนไฟฟ้า และค่า δ_0 คือค่าที่ $t = 0$

$$\delta = \omega_r t - \omega_0 t + \delta_0 \quad (5)$$

หาความเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_r - \omega_0 = \Delta\omega_r \quad (6)$$

และ

$$\begin{aligned} \frac{d^2\delta}{dt^2} &= \frac{d\omega_r}{dt} = \frac{d(\Delta\omega_r)}{dt} \\ &= \omega_0 \frac{d\bar{\omega}_r}{dt} = \omega_0 \frac{d(\Delta\bar{\omega}_r)}{dt} \end{aligned} \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $\frac{d\bar{\omega}_r}{dt}$ ในสมการที่ (4) เราจะได้

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e \quad (8)$$

บ่อยครั้งที่เราจะนำค่าแรงบิดหน่วง (damping torque) เข้ามาคิดโดยแยกออกจาก T_e โดยนำเข้าไปสัมพันธ์กับค่าความเร็วเชิงมุม จากสมการข้างต้นเราจะได้

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - K_D \Delta\bar{\omega}_r \quad (9)$$

จากสมการที่ (6)

$$\Delta\bar{\omega}_r = \frac{\Delta\omega_r}{\omega_0} = \frac{1}{\omega_0} \frac{d\delta}{dt}$$

การคำนวณค่าความเฉื่อยคงที่ (Inertia Constant)

จากหัวข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้น ค่าความเฉื่อยคงที่แทนด้วยสมการ

$$H = \frac{\text{พลังงานสะสมที่อัตราเร็วในหน่วย MW} \cdot \text{s}}{\text{อัตรา MVA}}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานสะสม} &= \text{พลังงานศักย์} \\ &= \frac{1}{2} J \omega_{0m}^2 \quad \text{W} \cdot \text{s} \\ &= \frac{1}{2} J \omega_{0m}^2 \times 10^{-6} \quad \text{MW} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

โดย

J = ค่าความเฉื่อยชั่วขณะ (moment of inertia) $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

ω_{0m} = อัตราเร็วเชิงกล rad/s

$$= 2\pi \frac{\text{RPM}}{60}$$

ดังนั้น

$$H = \frac{1}{2} \frac{J \omega_{0m}^2 \times 10^{-6}}{\text{MVA rating}}$$

$$H = 5.48 \times 10^{-9} \frac{J(\text{RPM})^2}{\text{MVA rating}} \quad (10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความเฉื่อยคงที่ (inertia constant, H) ค่าปกติสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Thermal และ Hydraulic โดยมีหน่วยเป็น MW-s / MVA rating

ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	H
แบบ Thermal	
(a) 3600 r/min (2-pole)	2.5 – 6.0
(b) 1800 r/min (4-pole)	4.0– 10.0
แบบ Hydraulic	2.0 – 4.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีของการควบคุมความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การควบคุมกำลังไฟฟ้าจริง (Active power) มีความสัมพันธ์อย่างมากในการควบคุมความถี่ การควบคุมความถี่ของไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเร็วรอบที่คงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญที่แสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความถี่ของระบบขึ้นอยู่กับความสมดุลของกำลังไฟฟ้าจริง การเปลี่ยนความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงส่งผลต่อระบบ โดยทำให้ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ ดังนั้นตัวควบคุมความเร็วรอบ (speed governor) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงมีความสำคัญ

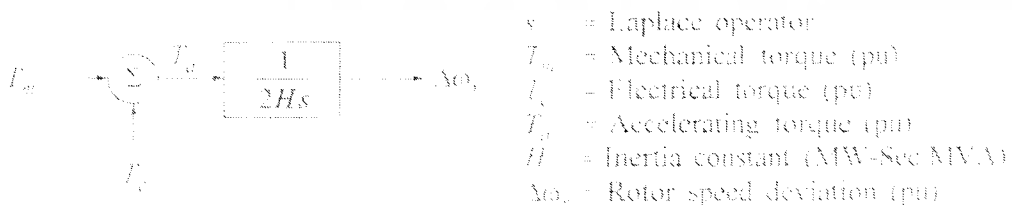
ความเข้าใจพื้นฐานของการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้างดหนึ่ง ซึ่งรองรับภาระแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังให้แก่ภาระอิสระ

2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงภาระ

เมื่อมีการเปลี่ยนภาระจะส่งผลทันทีต่อแรงบิดทางไฟฟ้า (T_e) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุของการไม่สมดุลระหว่างแรงบิดทางกล (T_m) กับแรงบิดทางไฟฟ้า (T_e) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ โดยสามารถพิจารณาจากสมการการเคลื่อนที่ รูปที่ 2.3 แสดงถึงฟังก์ชันถ่ายโอนที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วโรเตอร์ ในรูปของแรงบิดทางไฟฟ้าและทางกล



รูปที่ 2.3 ฟังก์ชันถ่ายโอนที่สัมพันธ์กับความเร็วและแรงบิด

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง (P) และแรงบิด (T) แสดงในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = \omega_r T \quad (11)$$

ถ้าพิจารณาถึงค่าความเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (แสดงโดย Δ) จากค่าเริ่มต้น(แสดงโดย 0) เราสามารถเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned} P &= P_0 + \Delta P \\ T &= T_0 + \Delta T \\ \omega_r &= \omega_0 + \Delta \omega_r \end{aligned} \quad (12)$$

จากสมการที่ 11 จะได้

$$P_0 + \Delta P = (\omega_0 + \Delta \omega_r)(T_0 + \Delta T)$$

เราจะได้

$$\Delta P = \omega_0 \Delta T + T_0 \Delta \omega_r \quad (13)$$

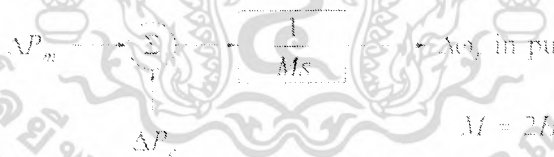
ดังนั้น

$$\Delta P_m - \Delta P_e = \omega_0 (\Delta T_m - \Delta T_e) + (T_{m0} - T_{e0}) \Delta \omega_r \quad (14)$$

ในสภาวะอยู่ตัว (steady state) แรงบิดทางไฟฟ้าและทางกลจะมีค่าเท่ากัน ($T_{m0} = T_{e0}$) ด้วยความเร็วในหน่วยต่อหน่วย ($\omega_0 = 1$) ดังนั้น

$$\Delta P_m - \Delta P_e = \Delta T_m - \Delta T_e \quad (15)$$

รูปที่ 2.4 แสดงในรูปของ ΔP_m และ ΔP_e โดยให้ $M = 2H$



รูปที่ 2.4 แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนที่สัมพันธ์กับความเร็วและกำลังไฟฟ้าจริง

2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะกับการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

สำหรับภาวะความต้านทานกำลังไฟฟ้าไม่ขึ้นอยู่กับความเร็ว ในกรณีภาวะที่เป็นมอเตอร์ กำลังไฟฟ้าจะเปลี่ยนตามความเร็วเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วมอเตอร์ สมการแสดงความสัมพันธ์ของภาวะที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วคือ

$$\Delta P_e = \Delta P_l + D \Delta \omega_r \quad (16)$$

โดย

ΔP_t = การเปลี่ยนแปลงภาระที่ไม่ขึ้นกับผลของความถี่

$D\Delta\omega_r$ = การเปลี่ยนแปลงภาระที่ขึ้นกับผลของความถี่

D = ค่าคงที่ของความหน่วงภาระ (load-damping constant)

ค่าคงที่ของการหน่วงแสดงถึงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาระต่อ 1 เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงความถี่ ค่ามาตรฐานของ D คือ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ค่าของ D เท่ากับ 2 หมายถึง 1% ของการเปลี่ยนแปลงความถี่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภาระ 2% รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมที่รวมผลของค่าความหน่วงภาระ

รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมที่รวมผลของค่าความหน่วงภาระ

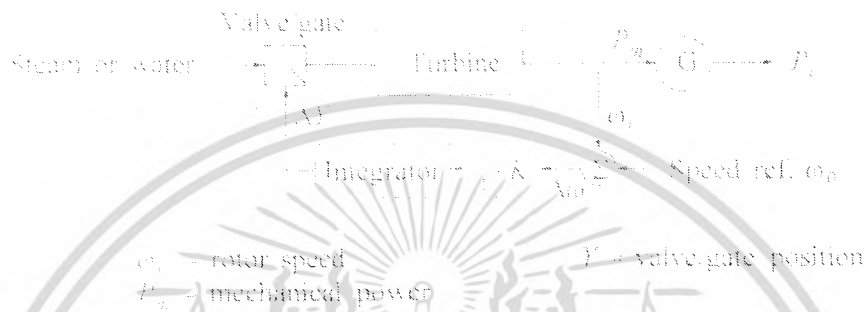
สามารถสรุปได้ แสดงดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมที่รวมผลของค่าความหน่วงภาระที่สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Isochronous governor

Isochronous ที่ปรับค่าได้หมายถึงการรักษาความเร็วให้คงที่ Isochronous governor ปรับวาล์วหรือประตูของท่อส่งไอน้ำของกังหันเพื่อจะให้ความถี่กลับสู่ปกติ รูปที่ 2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Isochronous governor โดยค่า Y คือตำแหน่งของวาล์วหรือประตูของท่อส่งไอน้ำของกังหัน



รูปที่ 2.7 แบบจำลองของ Isochronous governor



รูปที่ 2.8 การตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ Isochronous governor

เมื่อมีการเพิ่มภาระจะเกิดการเพิ่มขึ้นของ P_L ซึ่งส่งผลให้ความถี่มีค่าลดลงจากค่าปกติ เมื่อความเร็วลดลงกำลังทางกลจะเริ่มเพิ่ม ทำให้ความเร็วลดลง หลังจากนั้นความเร็วจะเพิ่มขึ้น เมื่อกำลังของกังหันมีมากกว่ากำลังของภาระ ความเร็วจะเริ่มเข้าสู่สภาวะเดิมและกำลังทางกลที่สภาวะอยู่ตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับจำนวนภาระที่เพิ่มขึ้น

เครื่องควบคุมความเร็วแบบ Isochronous จะทำงานได้ผลดีก็ต่อเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารองรับภาระอิสระหรือเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่รองรับการเปลี่ยนแปลงของภาระ รูปที่ 2.8 แสดงถึงพฤติกรรมของการตอบสนองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีเครื่องควบคุมความเร็วแบบ

Isochronous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เครื่องควบคุมความเร็วที่มีคุณสมบัติของ speed-droop

เครื่องควบคุมความเร็วแบบ Isochronous ไม่สามารถใช้ได้เมื่อมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 หน่วยผลิตขึ้นไปที่อยู่ในระบบเดียวกันละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัวมีการตั้งค่าความเร็วที่เหมือนกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละหน่วยจะพยายามควบคุมความถี่ของระบบให้เข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้สำหรับการแบ่งภาระที่คงที่ระหว่างหน่วยผลิต 2 หน่วยขึ้นไปอย่างต่อเนื่อง เครื่องควบคุมความเร็วจะมีค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ดังนั้นความเร็วลดลงเนื่องจากภาระจะเพิ่มขึ้น speed-droop หรือค่าเฉพาะที่ใช้ในการปรับค่าอาจทำได้โดยเพิ่มค่าป้อนกลับคล่อมตัวรวมสัญญาณ (integrator) แสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมความเร็วที่มี droop

รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมที่ลดรูปของเครื่องควบคุมความเร็วที่มี droop

ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครื่องควบคุมความเร็วในรูปที่ 9 สามารถลดรูปได้ดังรูปที่ 2.10 ชนิดของเครื่องควบคุมความเร็วนี้มีค่าเฉพาะเหมือนตัวควบคุมแบบ proportional (proportional controller) ซึ่งมีอัตราขยายเป็น $1/R$

ค่า R อ้างอิงถึงการปรับค่าความเร็วสามารถเขียนเป็นสมการได้

$$\begin{aligned} \%R &= \frac{\text{เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความเร็วหรือความถี่}}{\text{เปอร์เซ็นต์กำลังผลิตที่เปลี่ยนแปลง}} \\ &= \left(\frac{\omega_{NL} - \omega_{FL}}{\omega_0} \right) \times 100 \end{aligned}$$

เมื่อ

ω_{NL} = ค่าความเร็วที่สภาวะอยู่ตัวเมื่อไม่มีภาระ

ω_{FL} = ค่าความเร็วที่สภาวะอยู่ตัวเมื่อมีภาระเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ ω_0 = ค่าความเร็วปกติที่ออกการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น 5% ของการเปลี่ยนความเร็วหมายถึง 5% ของการเปลี่ยนความถี่ทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของวาล์วหรือกำลังผลิต 100%

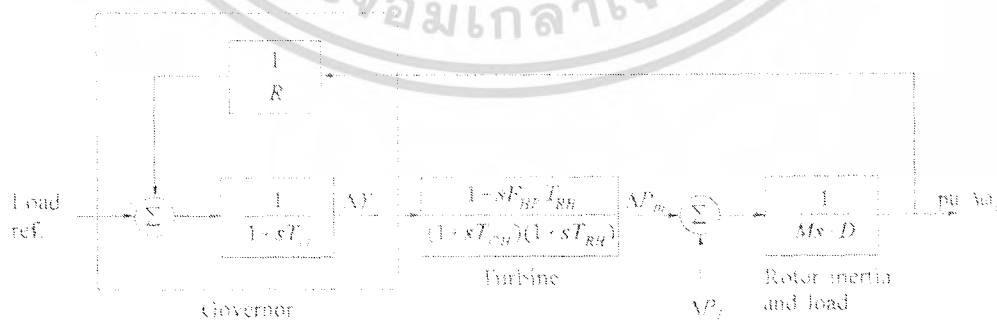


รูปที่ 2.11 ค่าเฉพาะในอุดมคติในสภาวะอยู่ตัวของเครื่องควบคุมความเร็วที่มี Speed droop

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและภาระสามารถปรับค่าได้โดยการเปลี่ยนค่าป้อนเข้าคือ ค่าภาระอ้างอิง ในรูปที่ 2.11 การปรับค่าภาระอ้างอิงสามารถทำได้โดยการทำงานของตัวปรับความเร็วมอเตอร์ พลังงานของหน่วยผลิตแต่ละหน่วยที่ความถี่ของระบบสามารถเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนค่าภาระอ้างอิงเท่านั้น ซึ่งเป็นของการปรับค่า speed-droop ขึ้นและลง

2.2.5 ฟังก์ชันถ่ายโอนของกังหัน

เนื่องด้วยโครงการนี้ทางกลุ่มผู้ทดลองไม่ได้ให้ความสำคัญในการปรับค่าของการควบคุมกังหันที่ใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากนัก จึงใช้รูปแบบมาตรฐานของกังหัน ซึ่งมี 3 แบบ คือแบบ Reheat steam turbine, Non-reheat turbine และแบบ Hydraulic โดยค่าตัวแปรต่างๆ ของกังหันแต่ละแบบจะใช้ค่ามาตรฐานที่จะกล่าวต่อไป



รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กังหันแบบ Reheat steam turbine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามาตรฐาน

$$R = 0.05 \quad T_G = 0.2 \text{ s} \quad F_{HP} = 0.3 \quad T_{RH} = 7.0 \text{ s}$$

$$T_{CH} = 0.3 \text{ s} \quad F_{LP} = 0.7 \quad M = 10.0 \text{ s} \quad D = 1.0$$

กังหันแบบ Non-reheat turbine



รูปที่ 2.13 ฟังก์ชันถ่ายโอนของกังหันแบบ Non-reheat turbine

ค่ามาตรฐาน

$$T_{CH} = 0.3 \text{ s}$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กังหันแบบ Hydraulic แสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กังหันแบบ Hydraulic

ค่ามาตรฐาน

$$R_p = 0.05 \quad T_G = 0.2 \text{ s} \quad M = 6.0 \text{ s} \quad D = 1.0$$

$$T_w = 1.0 \text{ s} \quad R_T = 0.38 \quad T_R = 5.0 \text{ s}$$

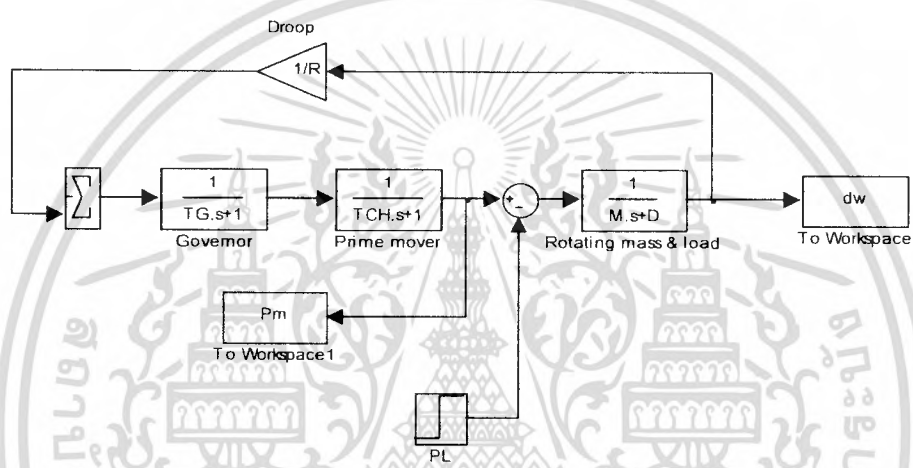
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลองโดยใช้โปรแกรม Matlab และผลการทดลอง

3.1 การศึกษาตัวแปรในระบบการควบคุมความเร็ว

จากทฤษฎีที่ได้ศึกษาในหัวข้อที่ 2.1 เราจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบการควบคุมความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยในหัวข้อนี้เราจะใช้กังหันแบบ non-reheat ในการจำลองผลของตัวแปรแต่ละตัวว่ามีผลอย่างไรกับระบบ เราจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีเครื่องควบคุมความเร็ว [3] ดังรูป



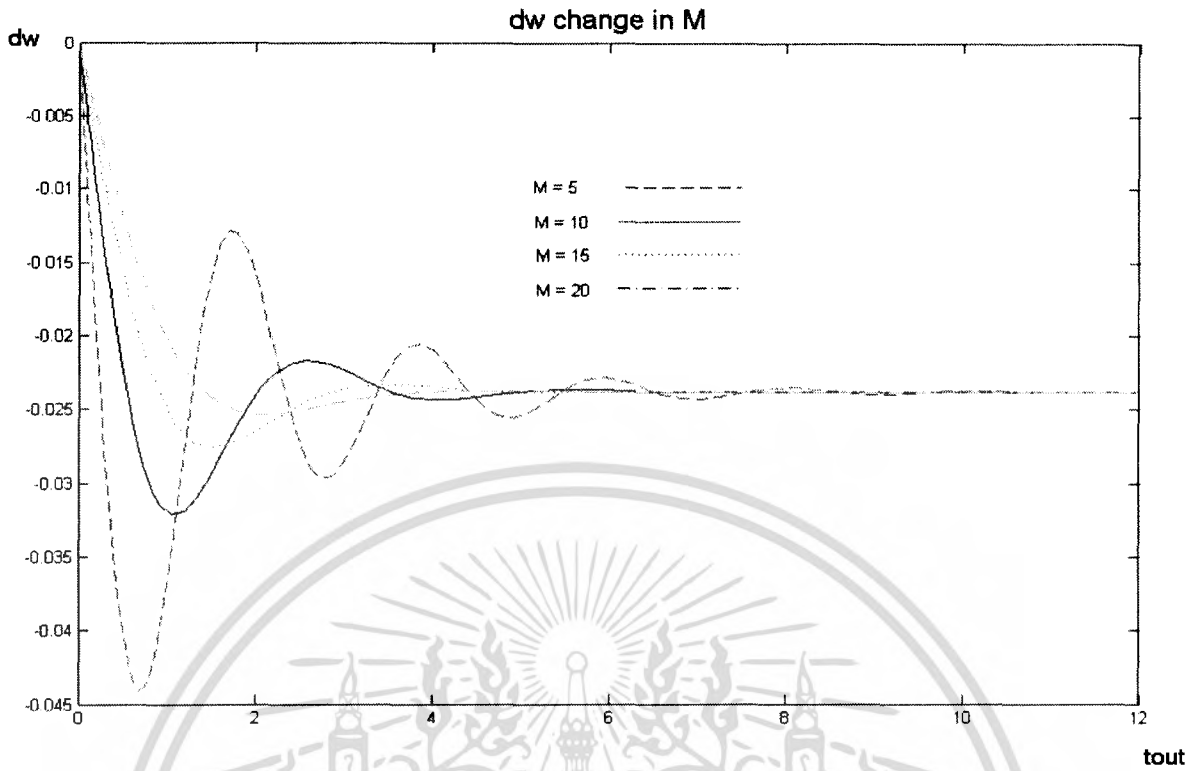
รูปที่ 3.1 ฟังก์ชันถ่ายโอนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมเครื่องควบคุมความเร็วที่ใช้กังหันแบบ non-reheat

โดยตัวแปรที่เราจะทำการทดลองประกอบด้วย M , D , R , T_{CH} และ T_G เพื่อศึกษาว่าตัวแปรแต่ละตัวมีผลต่อ ระบบอย่างไร

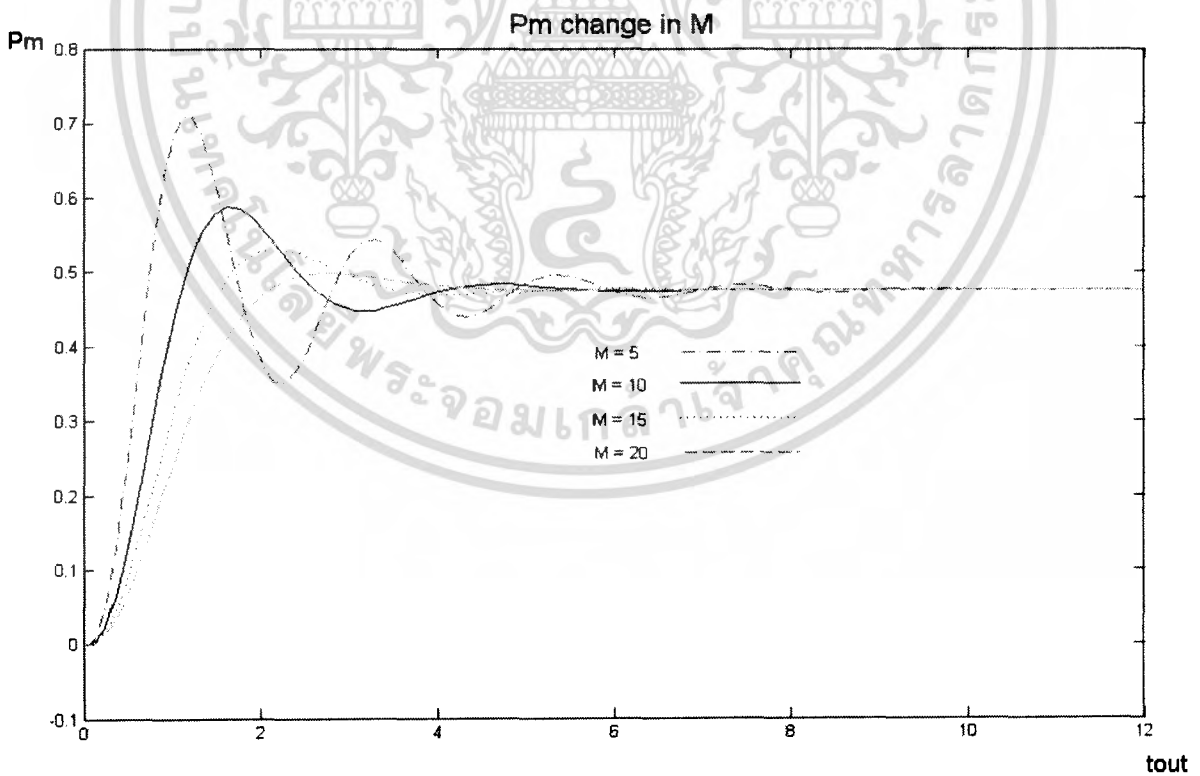
3.1.1 ตัวแปร M (Inertia constant)

จากการทดสอบจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่โรเตอร์เทียบกับเวลาในรูปที่ 3.2 ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มค่า M ขึ้นจากค่าอ้างอิง ค่า Overshoot จะมีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง

จากรูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังทางกล (P_m) เมื่อเทียบกับเวลา จะได้ว่าเมื่อค่า M มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าอ้างอิง ค่า Overshoot จะมีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง



รูปที่ 3.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า M ต่างๆ

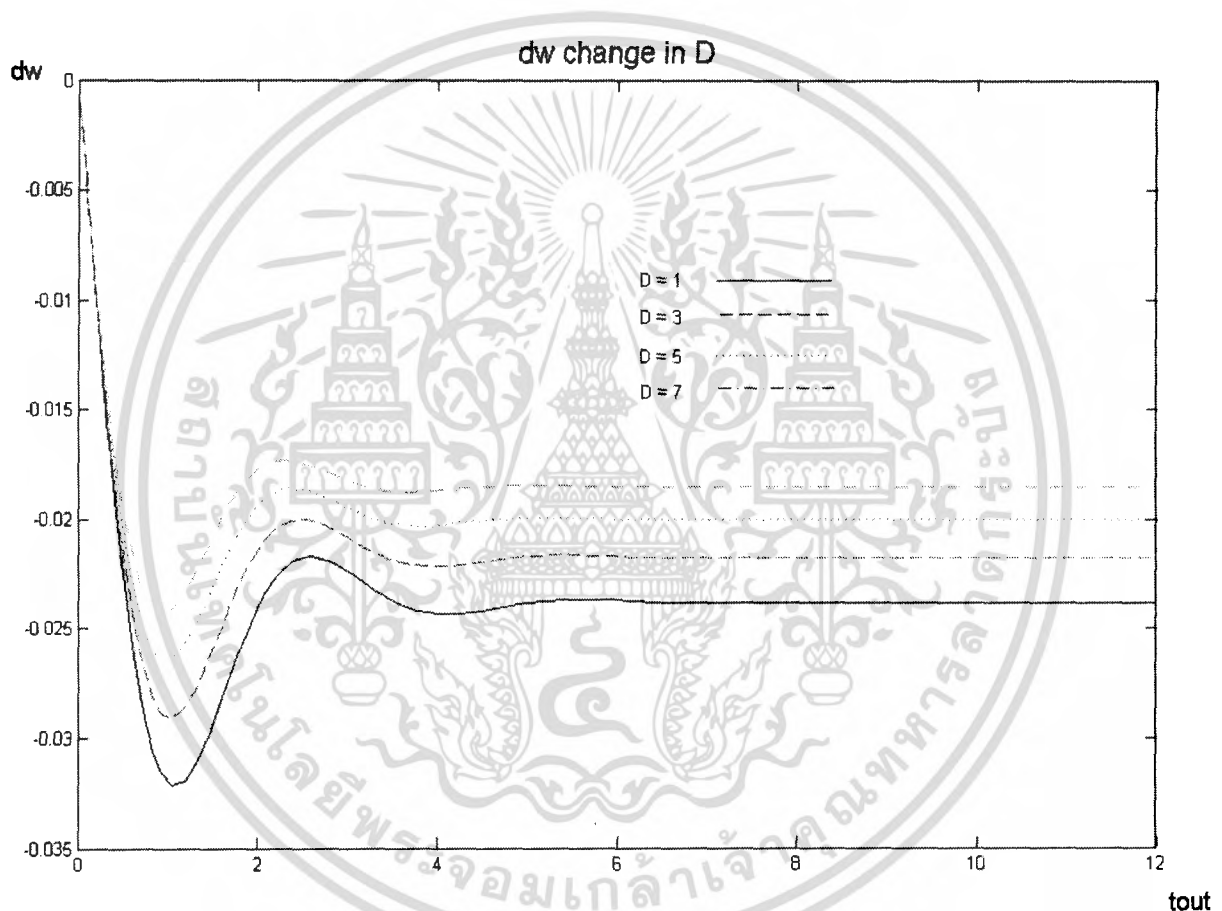


รูปที่ 3.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า M ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ 73001 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ตัวแปร D (Damping Constant)

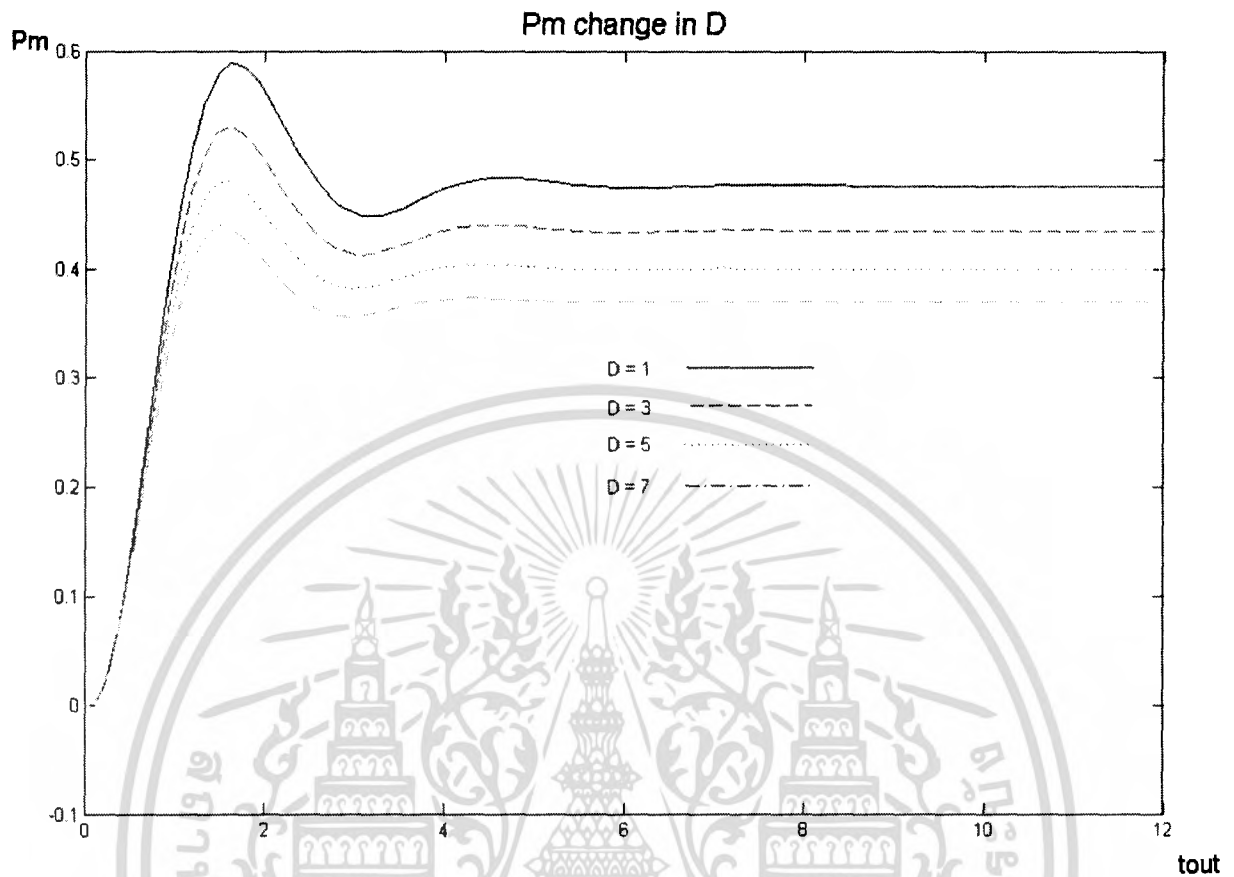
จากการทดสอบจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่โรเตอร์เทียบกับเวลาในรูปที่ 3.4 เมื่อพิจารณาจากกราฟซึ่งมีการเพิ่มค่า D ขึ้นจากค่าอ้างอิงจะสังเกตได้ว่าค่า Overshoot มีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลงนอกจากนี้ค่าความเร็วที่โรเตอร์เมื่อเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่ค่า D สูงจะมีค่าสุดท้ายของความเร็วที่โรเตอร์สูงกว่าที่ค่า D ต่ำ



รูปที่ 3.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า D ต่างๆ

และจากรูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังทางกล (Pm) เมื่อเทียบกับเวลา จะได้ว่าเมื่อค่า D มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าอ้างอิง ค่า Overshoot จะมีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง นอกจากนี้ค่ากำลังทางกล (Pm) เมื่อเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่ค่า D สูงจะมีค่าสุดท้ายของกำลังทางกลต่ำกว่าที่ค่า D ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

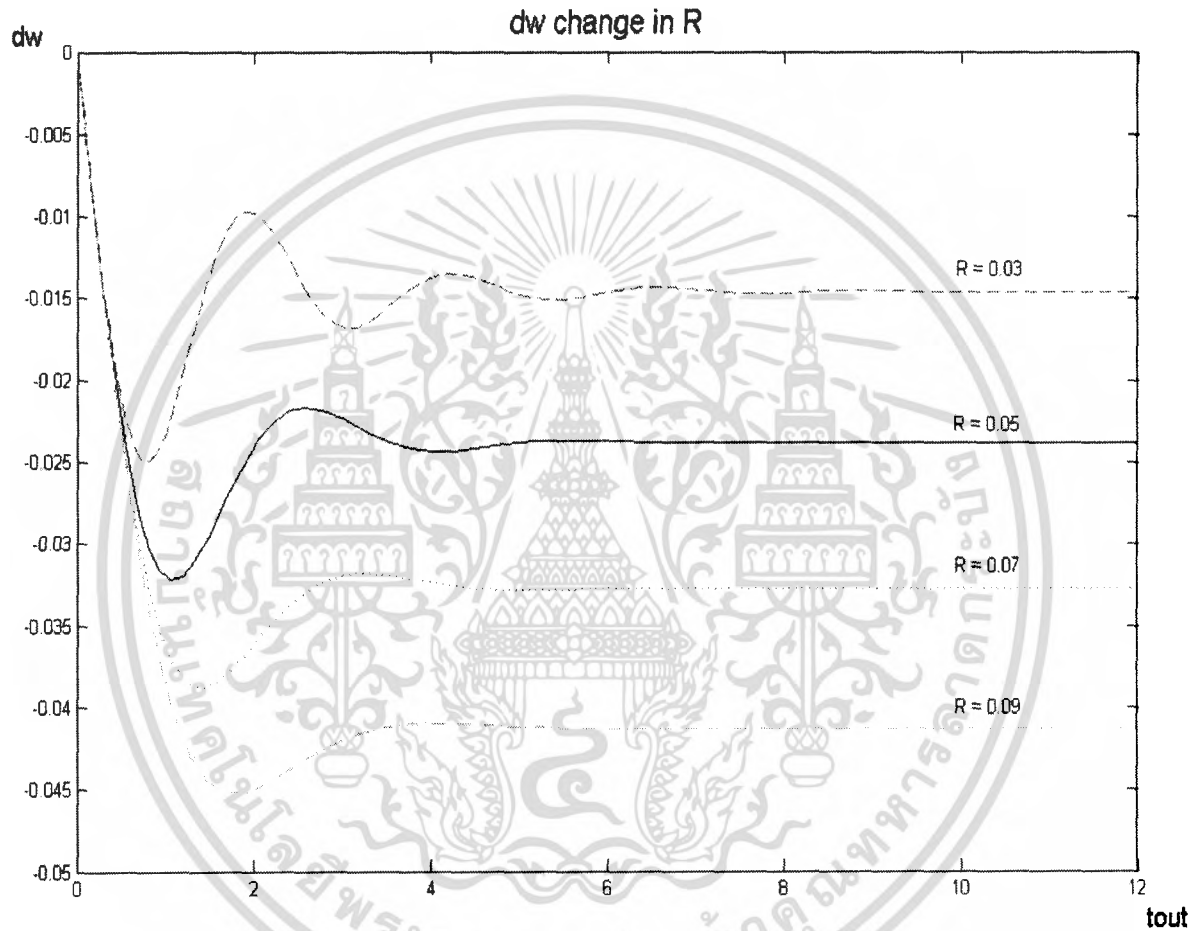


รูปที่ 3.5 กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า D ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

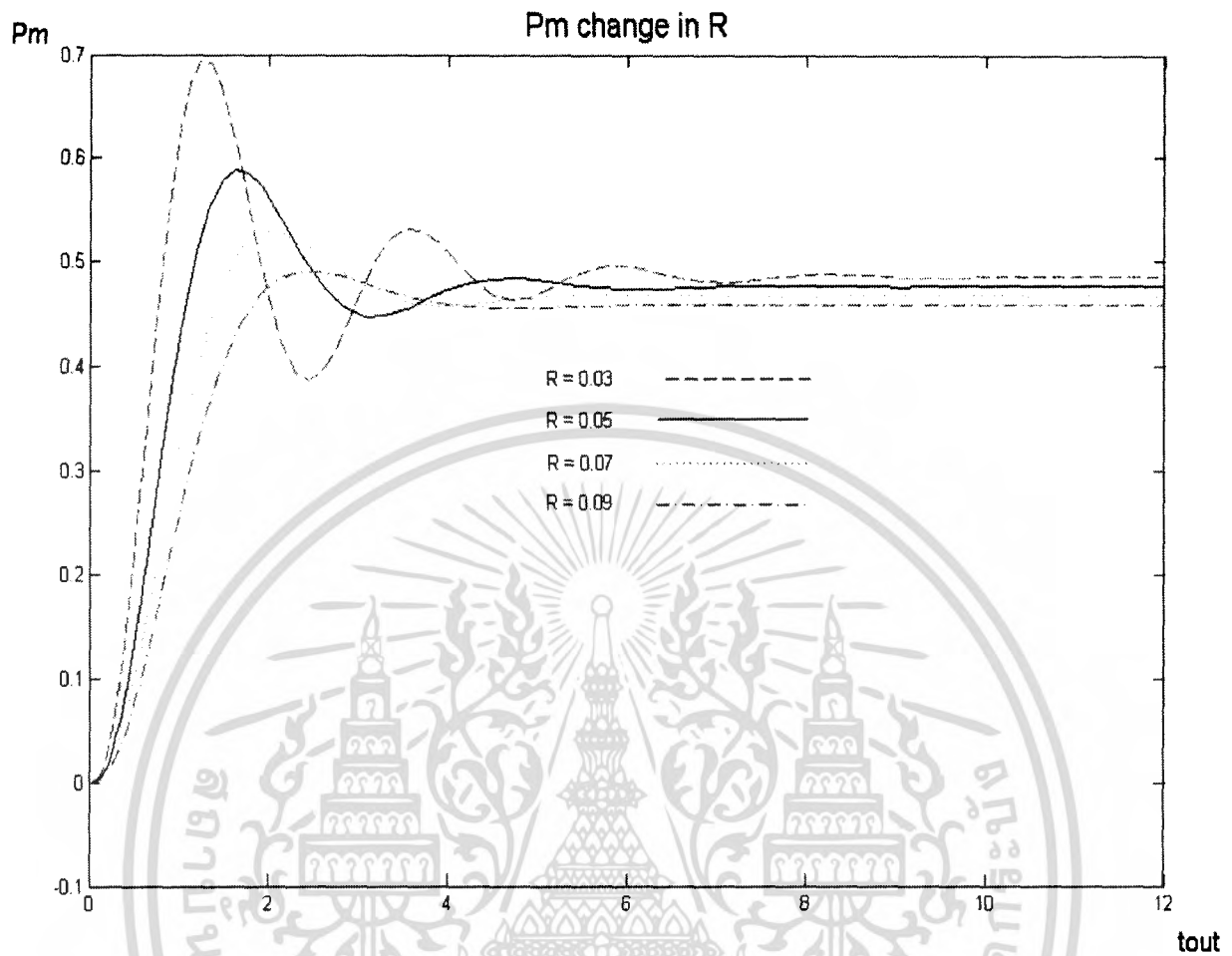
3.1.3 ตัวแปร R (Speed droop)

จากการทดสอบจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่โรเตอร์เทียบกับเวลาในรูปที่ 3.6 เมื่อพิจารณาจากกราฟซึ่งมีการเพิ่มค่า R ขึ้นจากค่าอ้างอิงจะสังเกตได้ว่าค่า Overshoot มีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลงนอกจากนี้ค่าความเร็วที่โรเตอร์เมื่อเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่ค่า R สูงจะมีค่าสุดท้ายของความเร็วยุติโรเตอร์ต่ำกว่าที่ค่า R ต่ำ



รูปที่ 3.6 กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า R ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

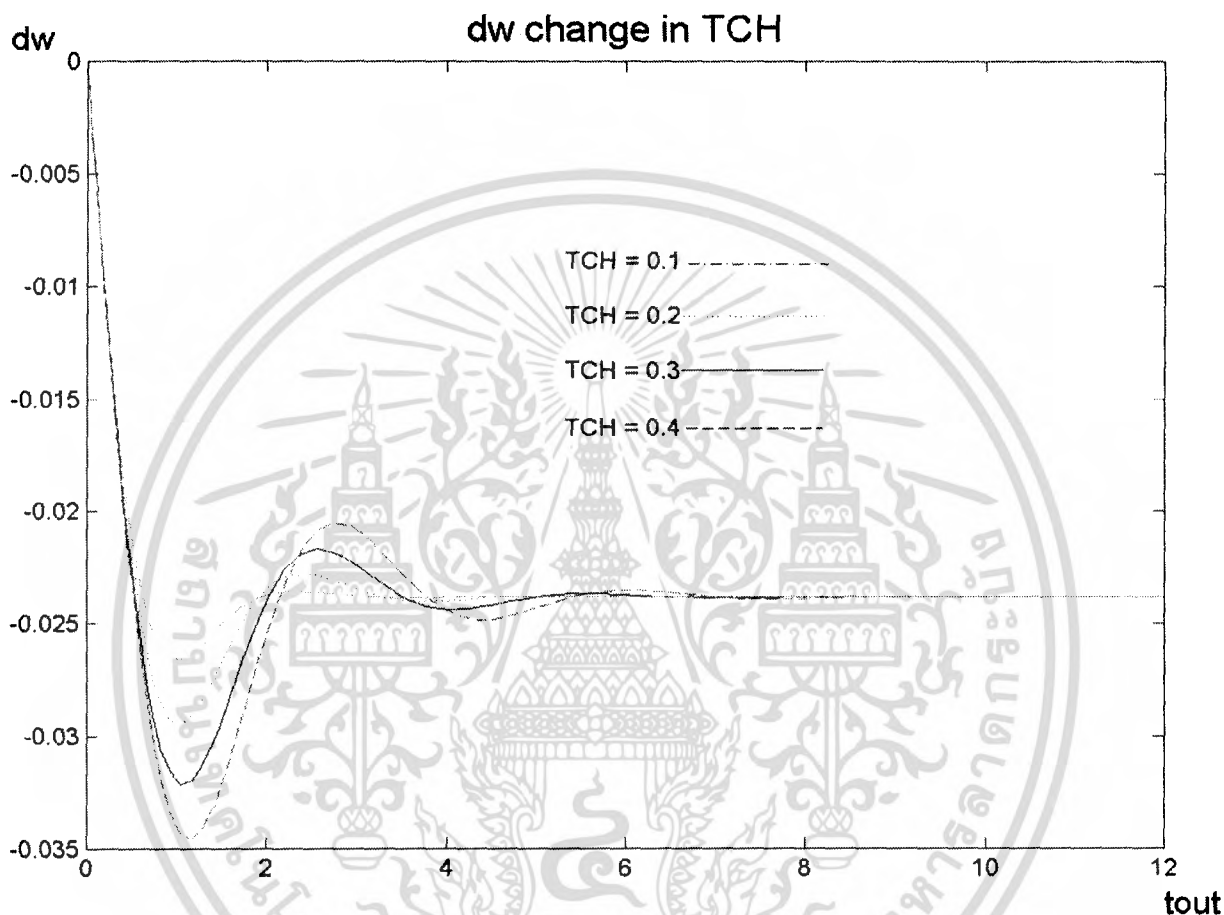


รูปที่ 3.7 กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า R ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ตัวแปร T_{CH} (Charging Time)

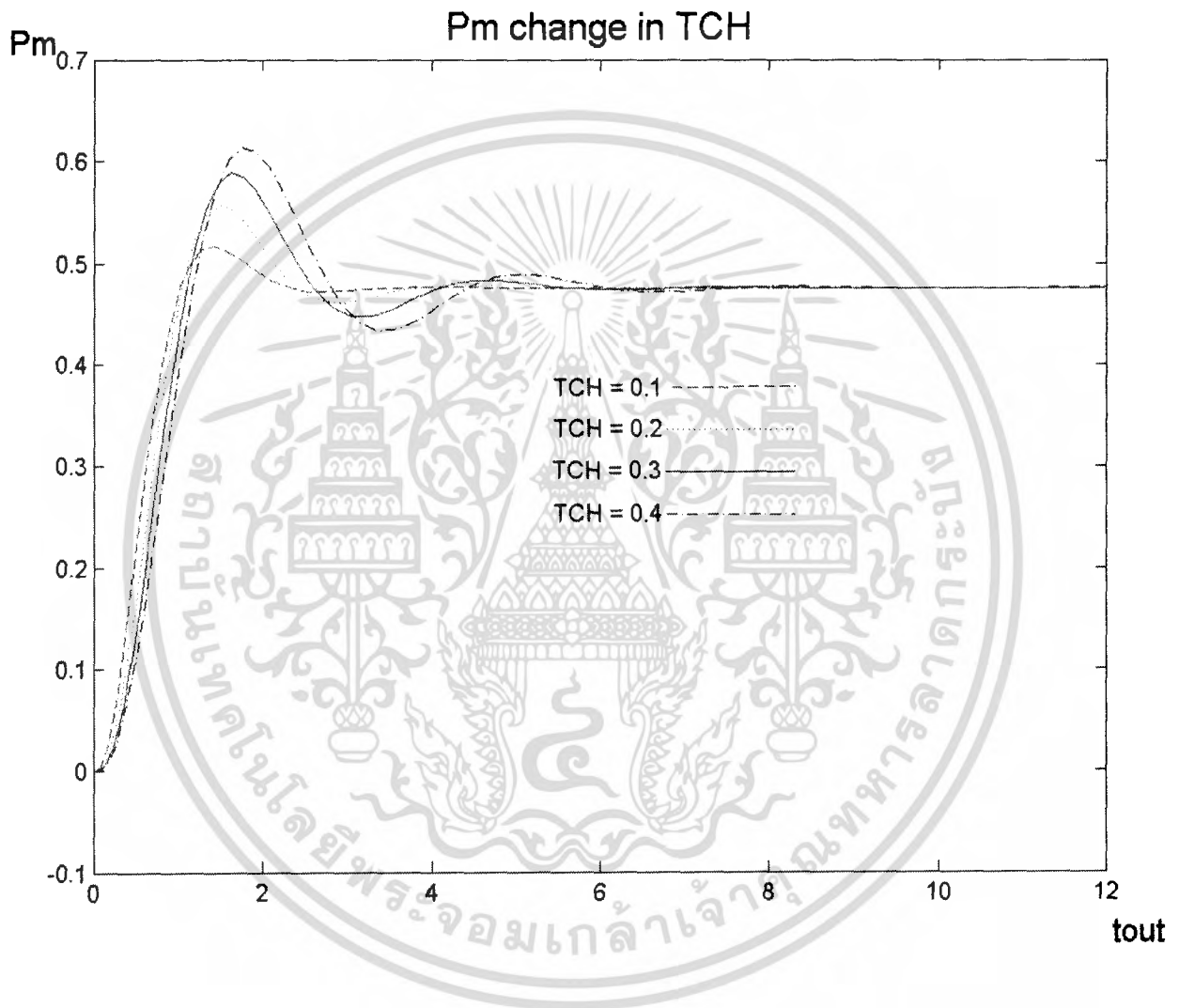
จากการทดสอบจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่โรเตอร์เทียบกับเวลาในรูปที่ 3.8 เมื่อพิจารณาจากกราฟซึ่งมีการลดค่า TCH ลงจากค่าอ้างอิงจะสังเกตเห็นว่าค่า Overshoot มีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง



รูปที่ 3.8 กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_{CH} ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากรูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังทางกล (P_m) เมื่อเทียบกับเวลา จะได้ว่าเมื่อค่า T_{CH} มีค่าลดลงจากค่าอ้างอิง ค่า Overshoot จะมีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง

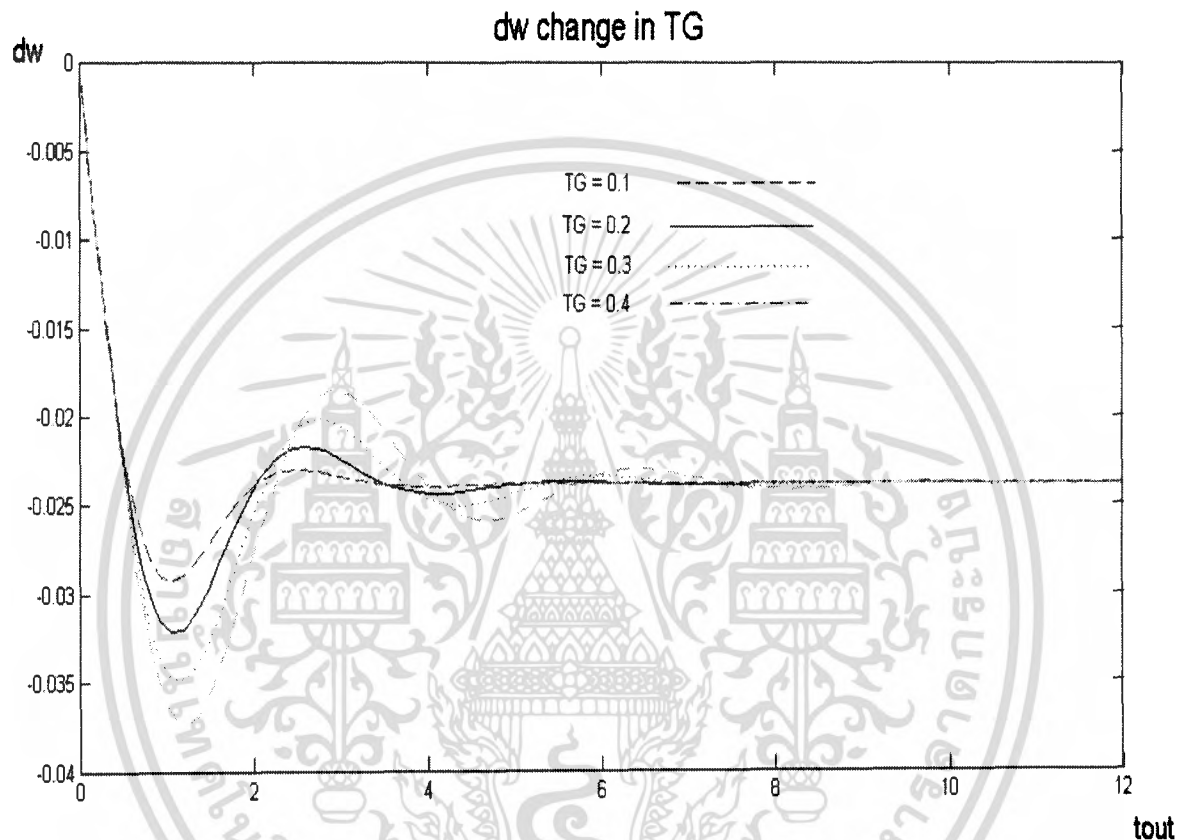


รูปที่ 3.9 กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_{CH} ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ตัวแปร T_G (Governor time constant)

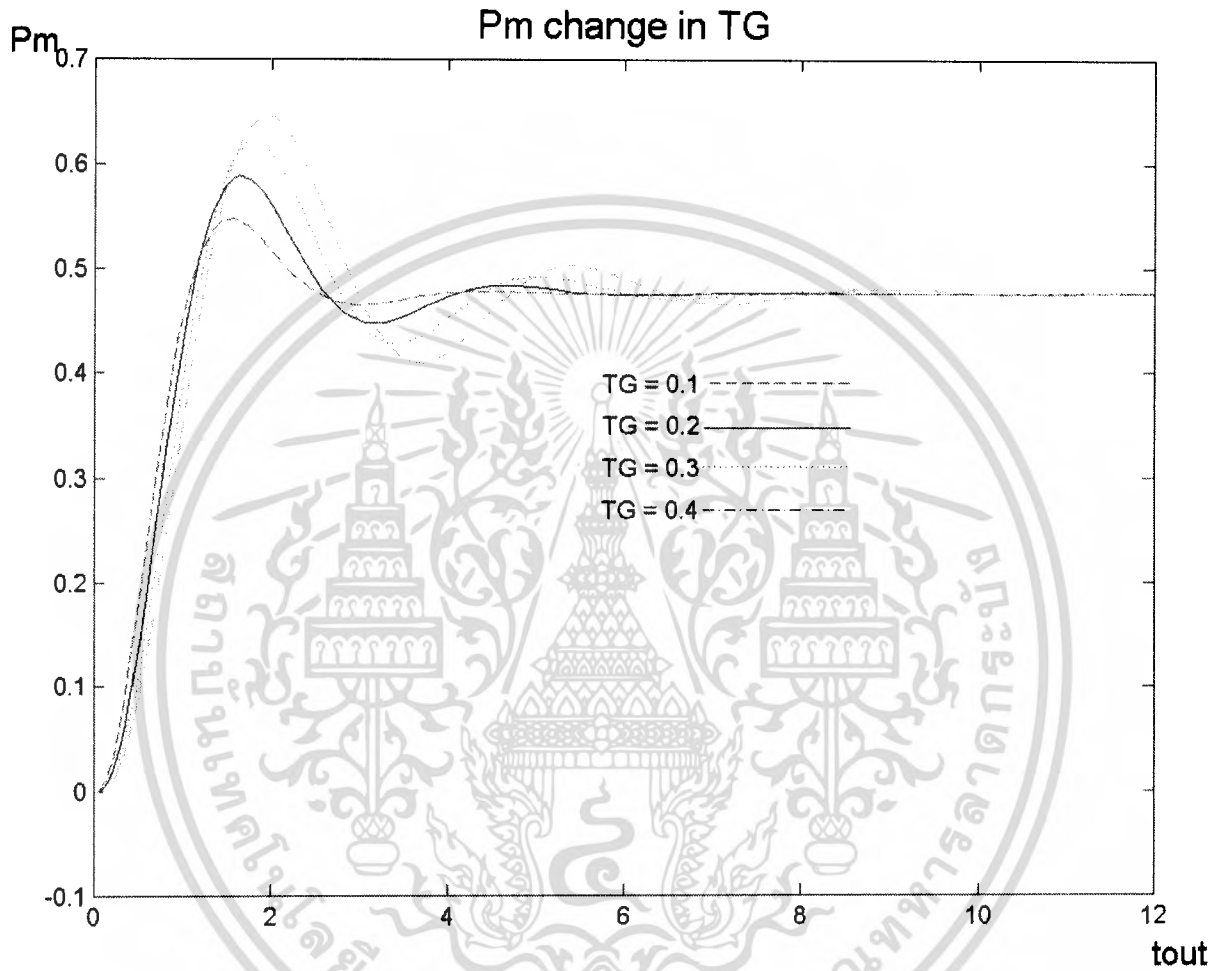
จากการทดสอบจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่โรเตอร์เทียบกับเวลาในรูปที่ 3.10 เมื่อพิจารณาจากกราฟซึ่งมีการลดค่า T_G ลงจากค่าอ้างอิงจะสังเกตเห็นว่าค่า Overshoot มีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง



รูปที่ 3.10 กราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_G ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากรูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังทางกล (P_m) เมื่อเทียบกับเวลา จะได้ว่าเมื่อค่า T_G มีค่าลดลงจากค่าอ้างอิง ค่า Overshoot จะมีค่าต่ำลงและใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะ Steady-state จะใช้เวลาน้อยลง



รูปที่ 3.11 กราฟการเปลี่ยนแปลงของกำลังทางกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่า T_G ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E

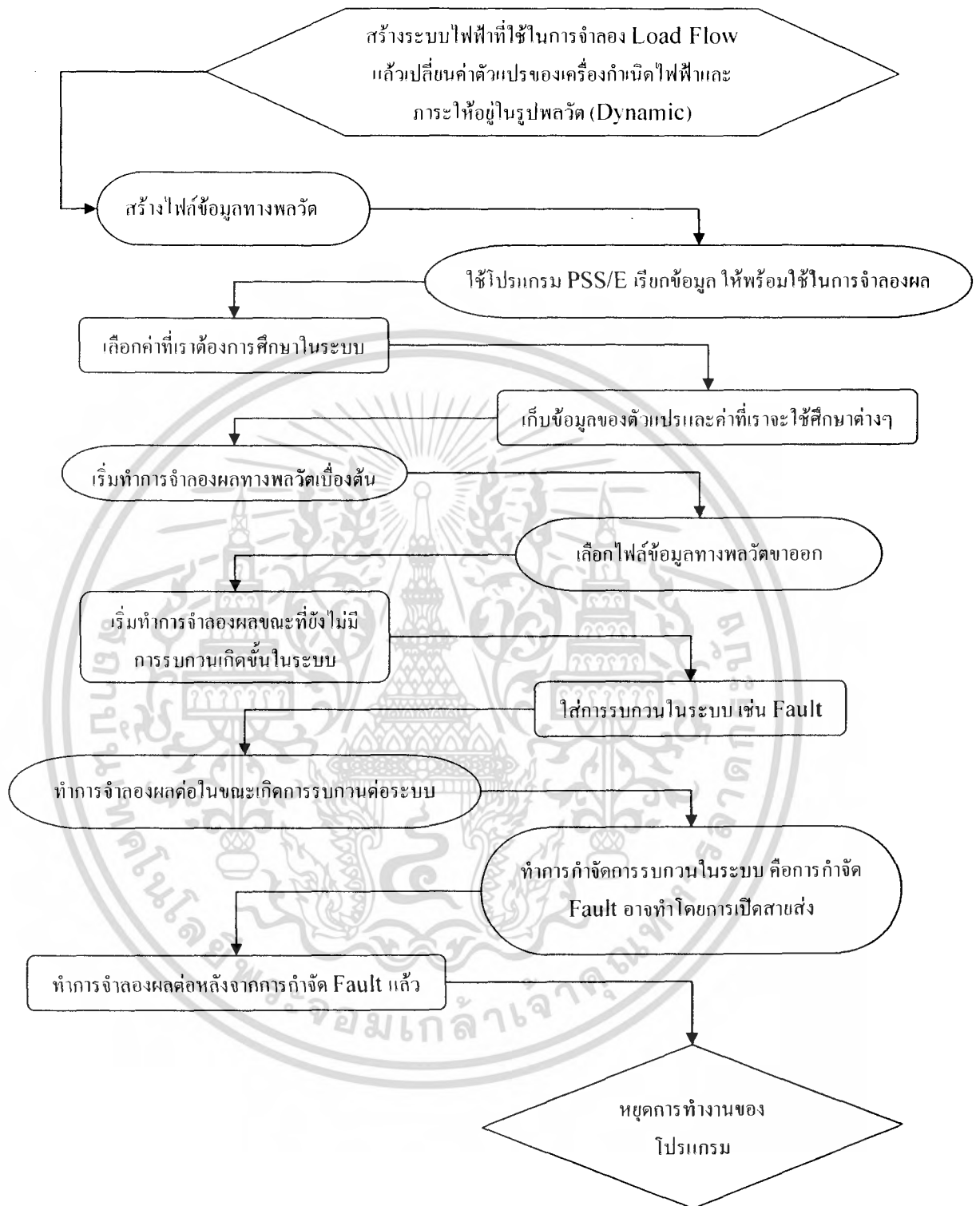
4.1 ขั้นตอนโดยรวมในการจำลองผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E

การจำลองผลการทดลอง เราใช้โปรแกรม PSS/E-29 ในการจำลองผลโดย

- ในการจำลองผลการทดลองเราใช้ระบบไฟฟ้าจำลองเป็น IEEE 23 bus 6 machines ดังรูปที่ 4.2 โดยจะทำการศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัว เราจะพิจารณาเฉพาะที่บัส 101, 206 และ 211 ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้านิวเคลียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำตามลำดับ ในการจำลองผลนั้นเราจะแบ่งการจำลองผลเป็น 2 กรณีใหญ่ๆ คือ เมื่อเกิด Fault ที่มีความรุนแรงน้อย (เกิดเพียงชั่วขณะ) และ Fault ที่มีความรุนแรงมาก โดยในกรณีที่ Fault ที่มีความรุนแรงน้อย เราจะสมมุติให้เกิด Fault ที่บัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นๆ คือเมื่อพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 101 เราจะใส่ Fault ที่บัส 101 หรือถ้าเราพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 206 เราจะใส่ Fault ที่บัส 206 นั่นเอง ระยะเวลาที่เกิด Fault คือ 0.1 วินาที แล้วทำการกำจัด Fault ในกรณีเกิด Fault ที่มีความรุนแรงมาก เราสมมุติให้เกิด Fault ที่สายส่งระหว่างบัส 201 และ 202 แล้วทำการตัดสายส่งนั้นออก
- ในการทดลองนี้เราทำการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และตัวควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยเครื่อง โดยตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและตัวควบคุมความเร็วรอบนั้นมีค่าอ้างอิงดังในตารางที่ 4.1-4.6 ตัวแปรที่เราทำการเปลี่ยนค่านั้นได้แก่ตัวแปร H และ D ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และตัวแปร T1 ของ TGOV1 และ Tr ของ HYGOV สำหรับส่วนเครื่องควบคุมความเร็วรอบ โดยทรานเฟอร์ฟังก์ชันของ TGOV1 และ HYGOV แสดงดังรูป 4.3 และ 4.4
- ขั้นตอนการจำลองผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1
- ค่าตัวแปรต่างๆ ที่เราได้ทำการจำลองผลนั้น มีค่าดังนี้

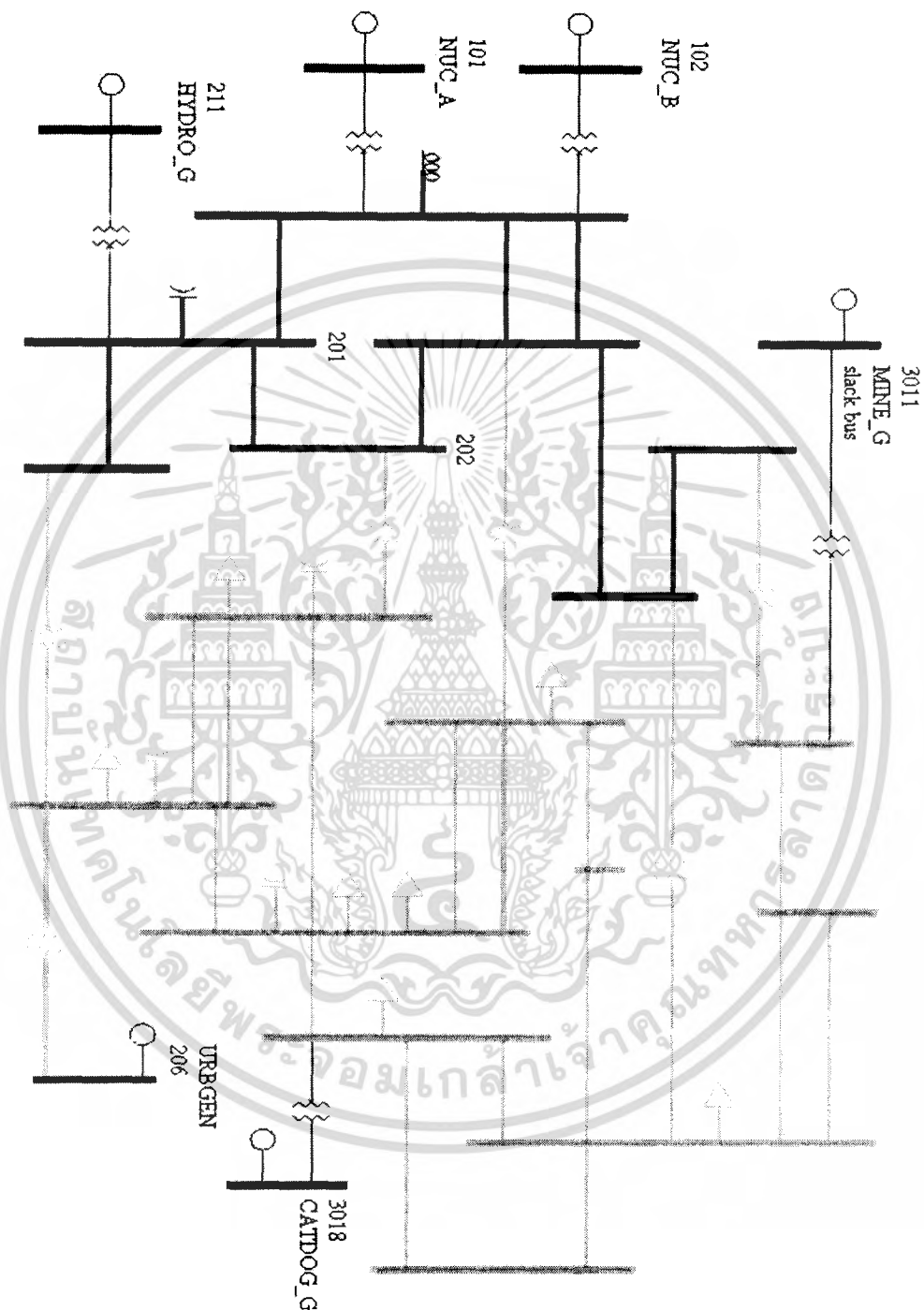
Bus 101 : H = 2.5, 4 และ 10	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ H = 4
D = 0, 1 และ 2	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ D = 0
T1 = 0.01, 0.05 และ 0.1	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ T1 = 0.05
Bus 206 : H = 1, 2.5 และ 4	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ H = 2.5
D = 0, 1 และ 2	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ D = 0
T1 = 0.01, 0.05 และ 0.1	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ T1 = 0.05
Bus 211 : H = 2.5, 5 และ 10	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ H = 5
D = 0, 1 และ 2	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ D = 0
Tr = 2, 5 และ 20	ซึ่งค่าอ้างอิงคือ Tr = 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 โฟลชาร์ตแสดงขั้นตอนการจำลองผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการจำลองผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Round Rotor ที่บัส 101

Value	Description
6.50	$T'_{do} (>0)$ (sec)
0.06	$T''_{do} (>0)$ (sec)
0.20	$T'_{qo} (>0)$ (sec)
0.05	$T''_{qo} (>0)$ (sec)
4.00	Inertia, H
0.00	Speed damping, D
1.80	X_d
1.75	X_q
0.60	X'_d
0.80	X'_q
0.30	$X''_d = X''_q$
0.15	X_l
0.09	S(1.0)
0.38	S(1.2)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Round Rotor ที่บัส 206

Value	Description
4.50	$T'_{do} (>0)$ (sec)
0.07	$T''_{do} (>0)$ (sec)
0.15	$T'_{qo} (>0)$ (sec)
0.05	$T''_{qo} (>0)$ (sec)
2.50	Inertia, H
0.00	Speed damping, D
1.40	X_d
1.35	X_q
0.50	X'_d
0.70	X'_q
0.25	$X''_d = X''_q$
0.10	X_l
0.09	S(1.0)
0.38	S(1.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Salient Pole ที่บัส 211

Value	Description
5.00	T'do (>0) (sec)
0.05	T"do (>0) (sec)
0.20	T"qo (>0) (sec)
5.00	Inertia, H
0.00	Speed damping, D
1.00	Xd
0.75	Xq
0.40	X'd
0.26	X" d = X"q
0.10	Xl
0.11	S(1.0)
0.62	S(1.2)

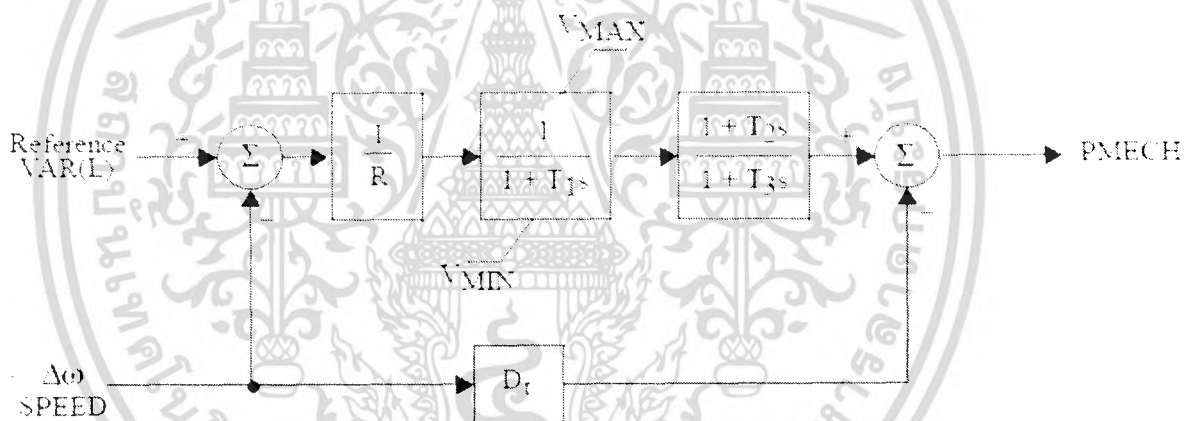
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ TGOV1 ที่บัส 101

Value	Description
0.05	R
0.05	T1 (>0) (sec)
1.05	VMAX
0.30	VMIN
1.00	T2 (sec)
1.00	T3 (>0) (sec)
1.00	Dt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทางพลวัตของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ TGOV1 bus 206

Value	Description
0.05	R
0.05	T1 (>0) (sec)
0.90	VMAX
0.30	VMIN
3.00	T2 (sec)
9.00	T3 (>0) (sec)
0.00	Dt

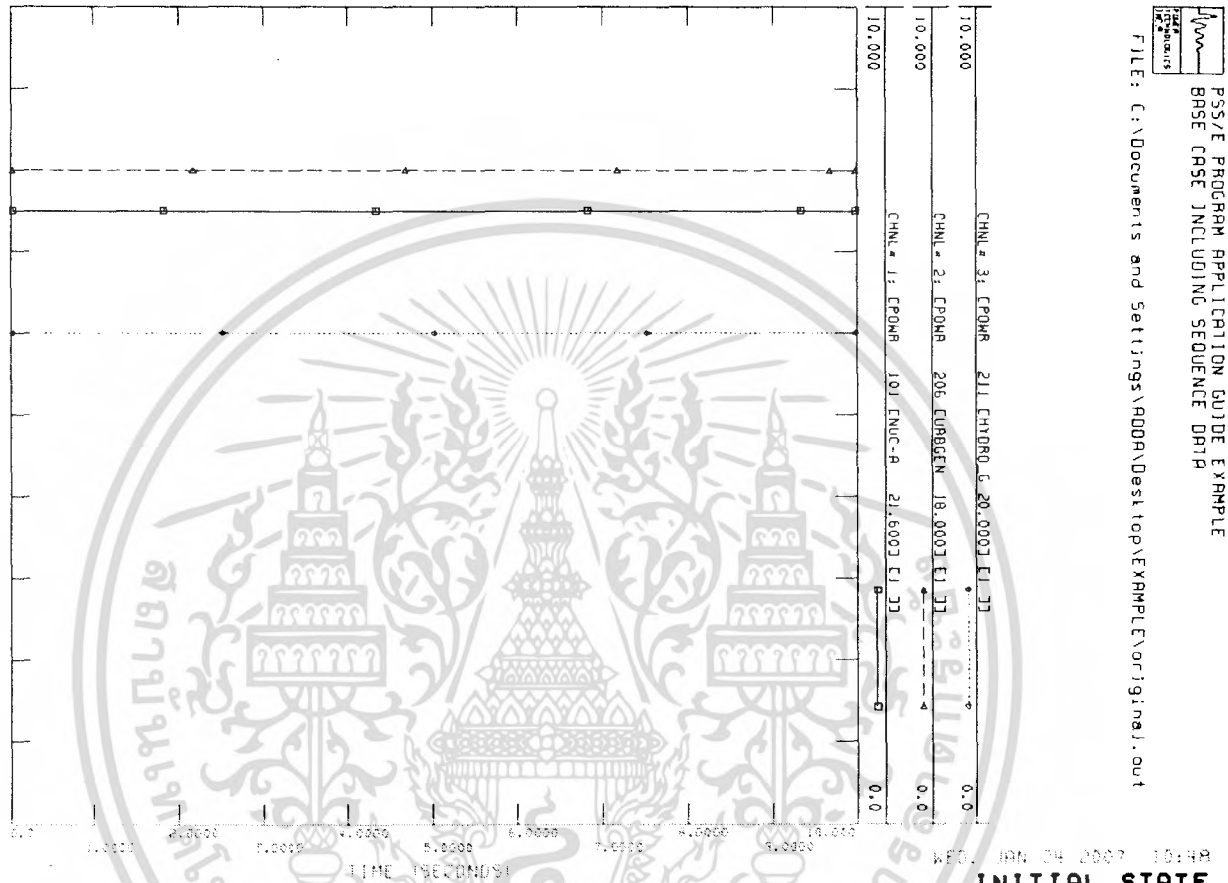


รูปที่ 4.3 ทราานเฟอ์ฟงัชนของเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบ TGOV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะเริ่มต้นของระบบไฟฟ้าที่จำลองมีค่าคงที่ของระบบอยู่ที่สภาวะปกติ

- ที่ bus 101 กำลังไฟฟ้า 7.5 pu
- ที่ bus 206 กำลังไฟฟ้า 8.0 pu
- ที่ bus 101 กำลังไฟฟ้า 6.0 pu



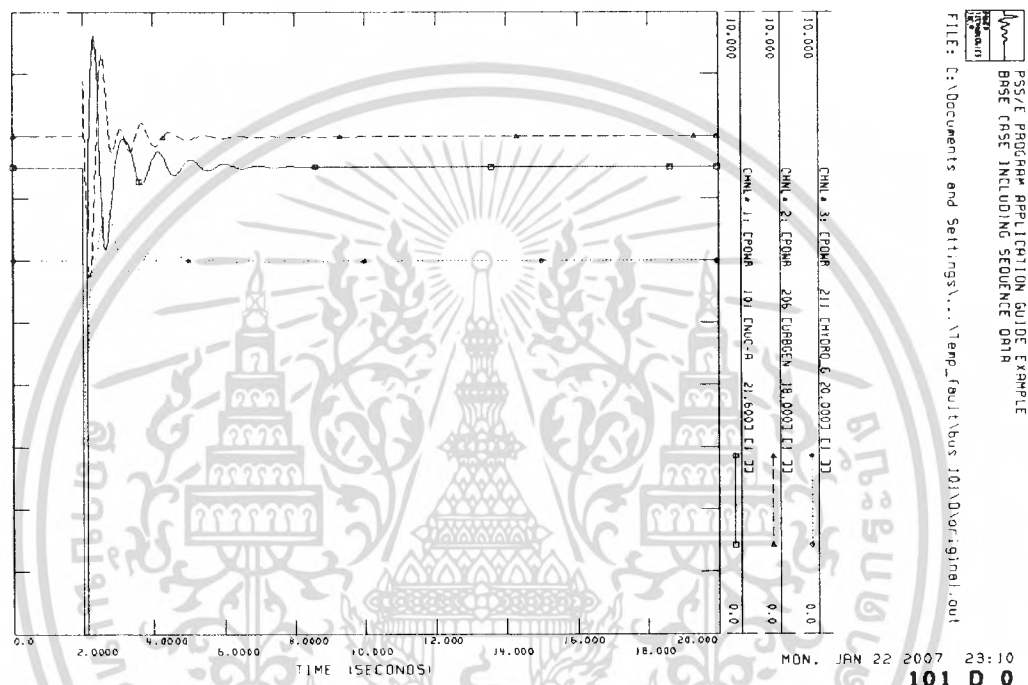
รูปที่ 4.5 กราฟผลการจำลองกำลังไฟฟ้าในสภาวะเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E

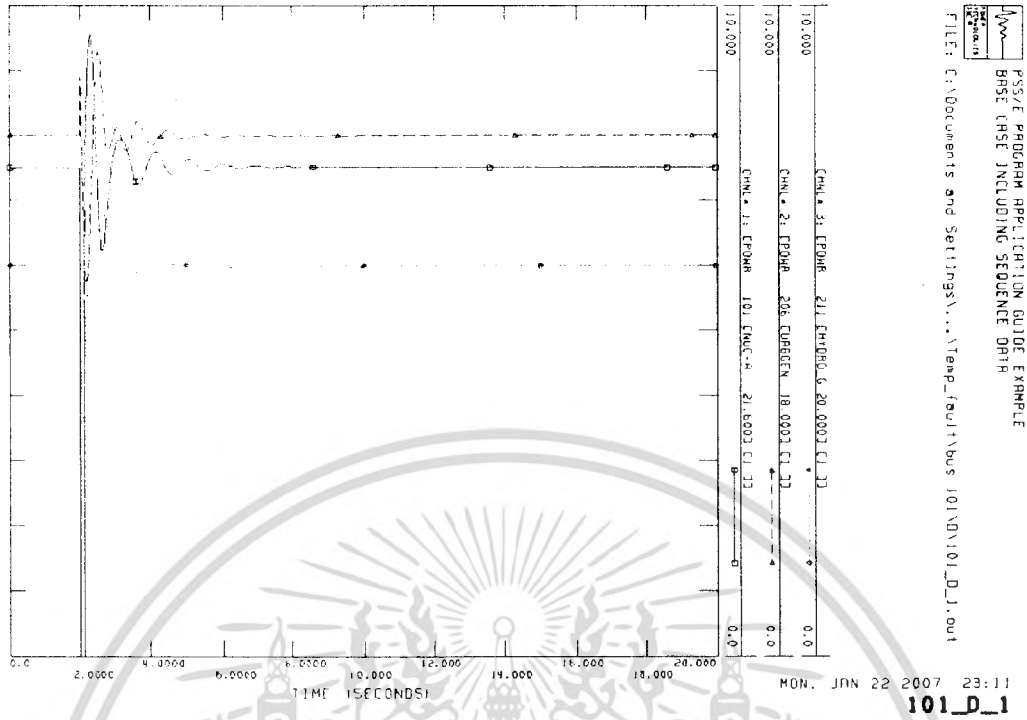
5.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ที่บัส 101

5.1.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 101

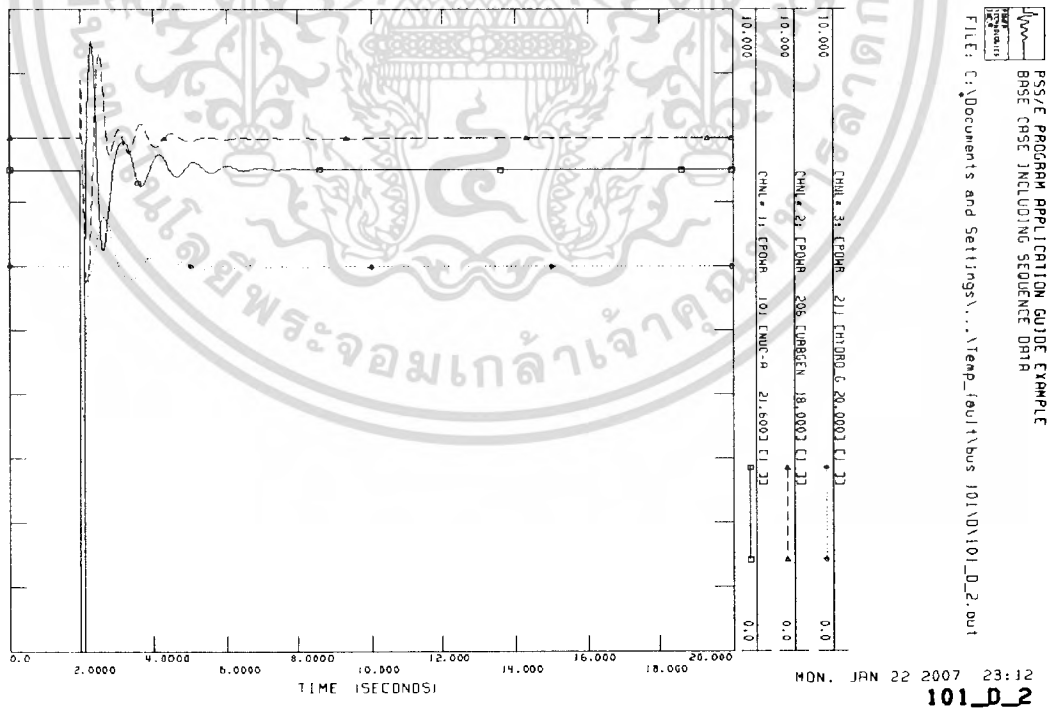


รูปที่ 5.1 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $D = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า D = 1

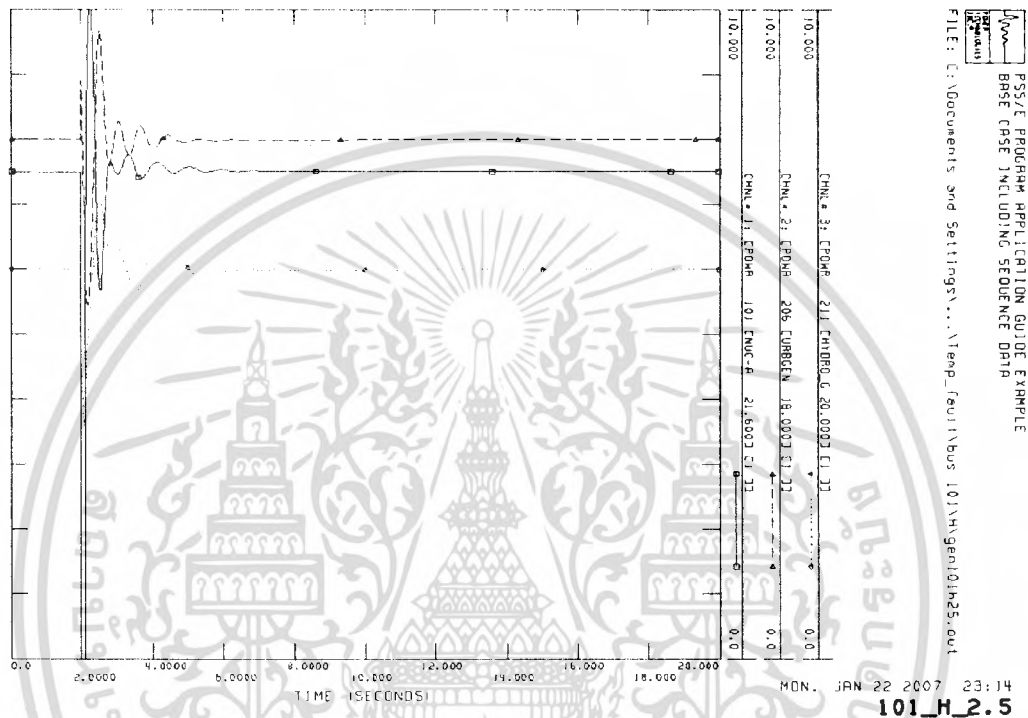


รูปที่ 5.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า D = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

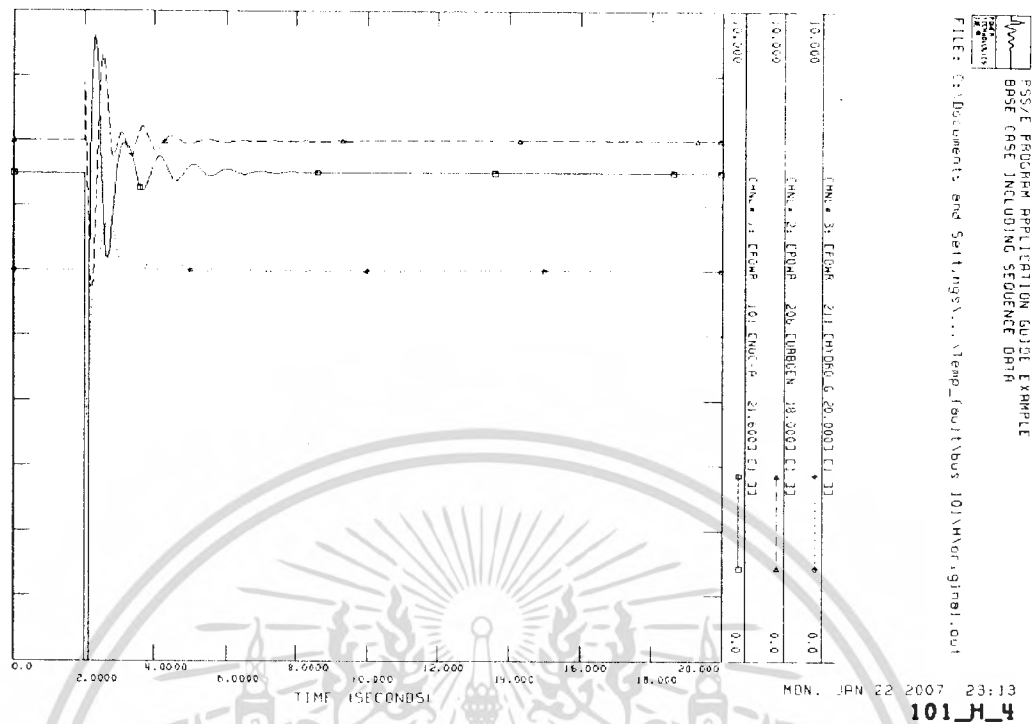
เมื่อพิจารณาที่ค่า D (Damping Constant) โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่า ที่ค่า D สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าไม่มากนักเฉพาะที่บัส 101 โดยสังเกตได้จากค่า Overshoot มีค่าต่ำลงแต่ในบัส 206 และ 211 แทบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าและ Overshoot เลย

5.1.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 101

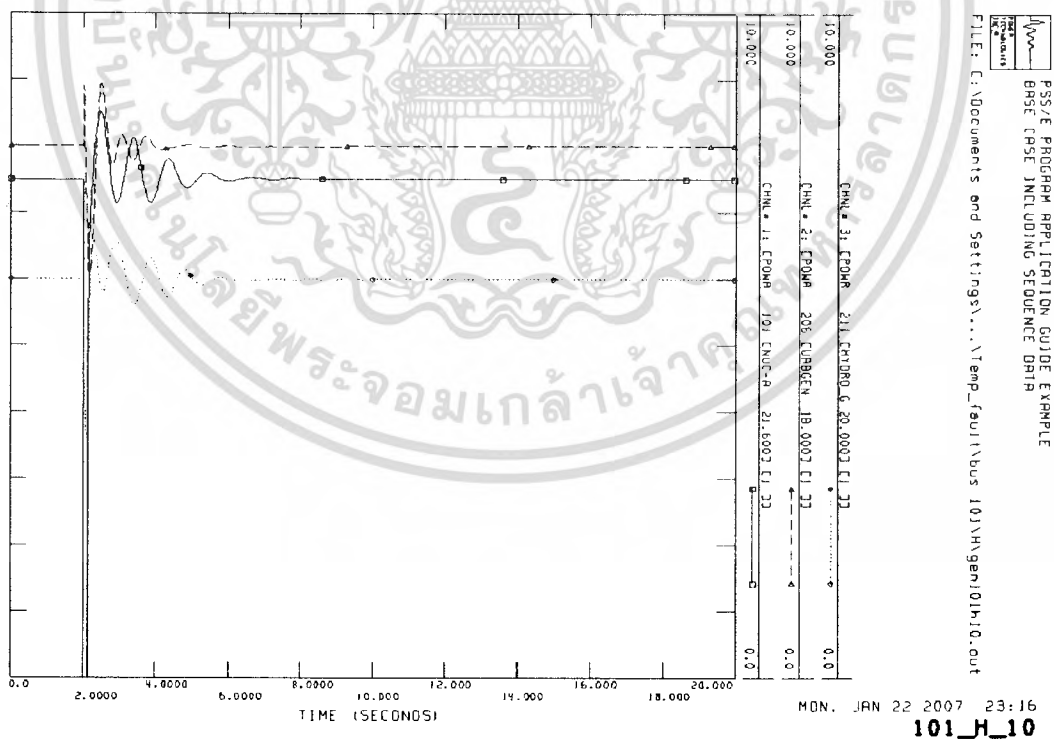


รูปที่ 5.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $H = 2.5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $H = 4$

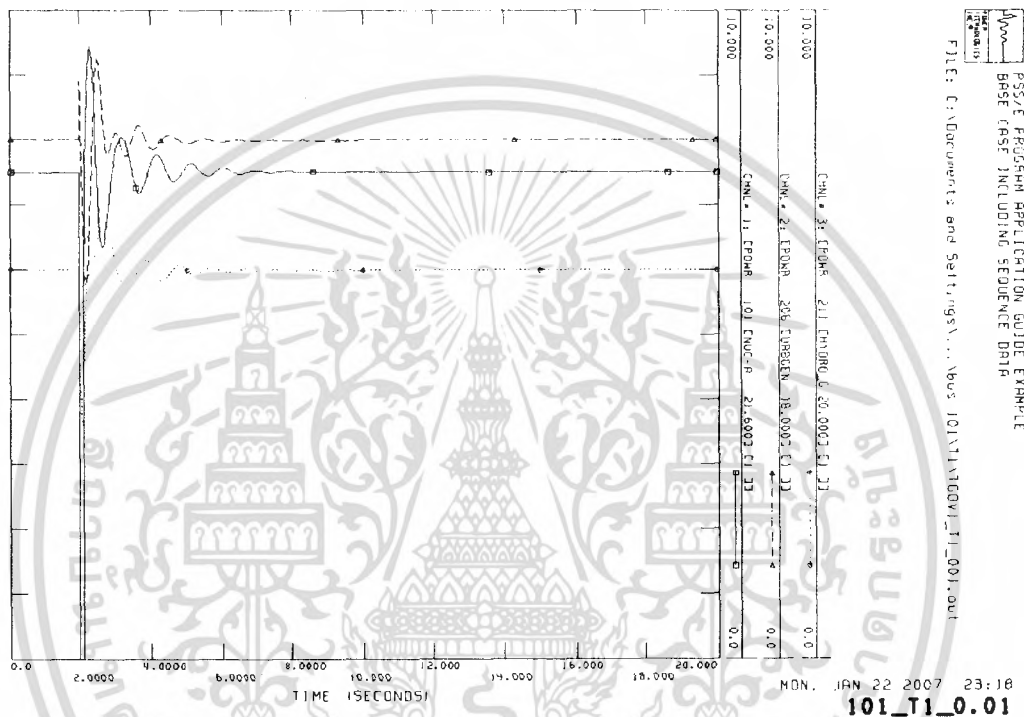


รูปที่ 5.6 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $H = 10$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

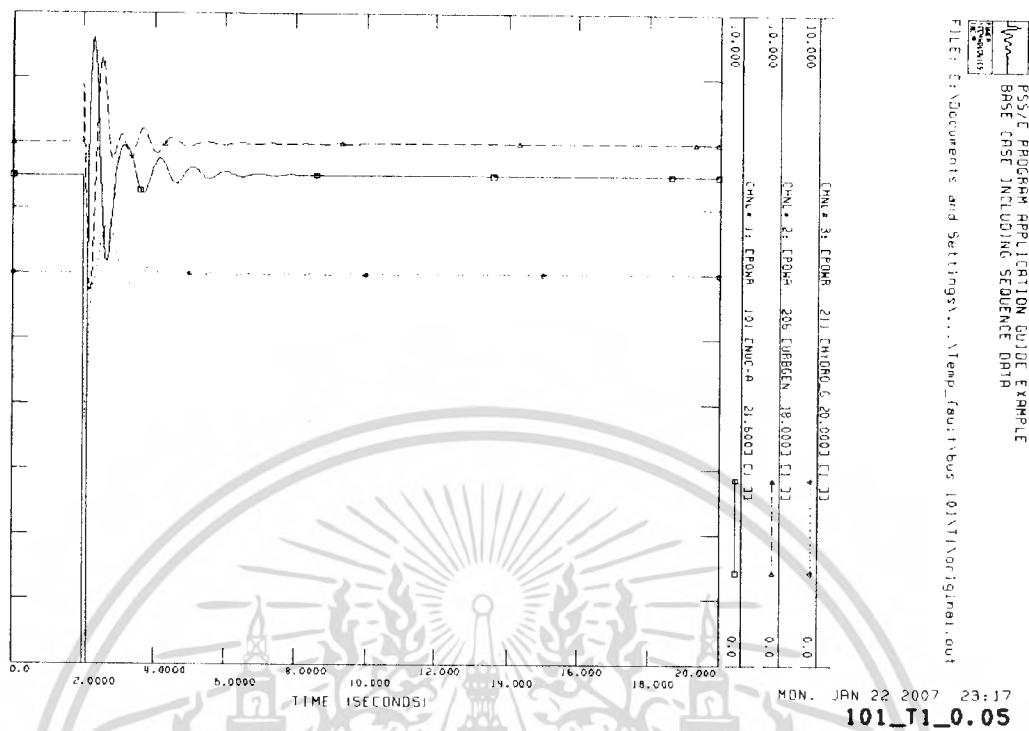
เมื่อพิจารณาที่ค่า H (Inertia Constant) นั่นก็คือขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเอง โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่าเมื่อขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 101 มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ Overshoot ของทั้ง 3 บัสมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ทำให้ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวมากขึ้น

5.1.3 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 101

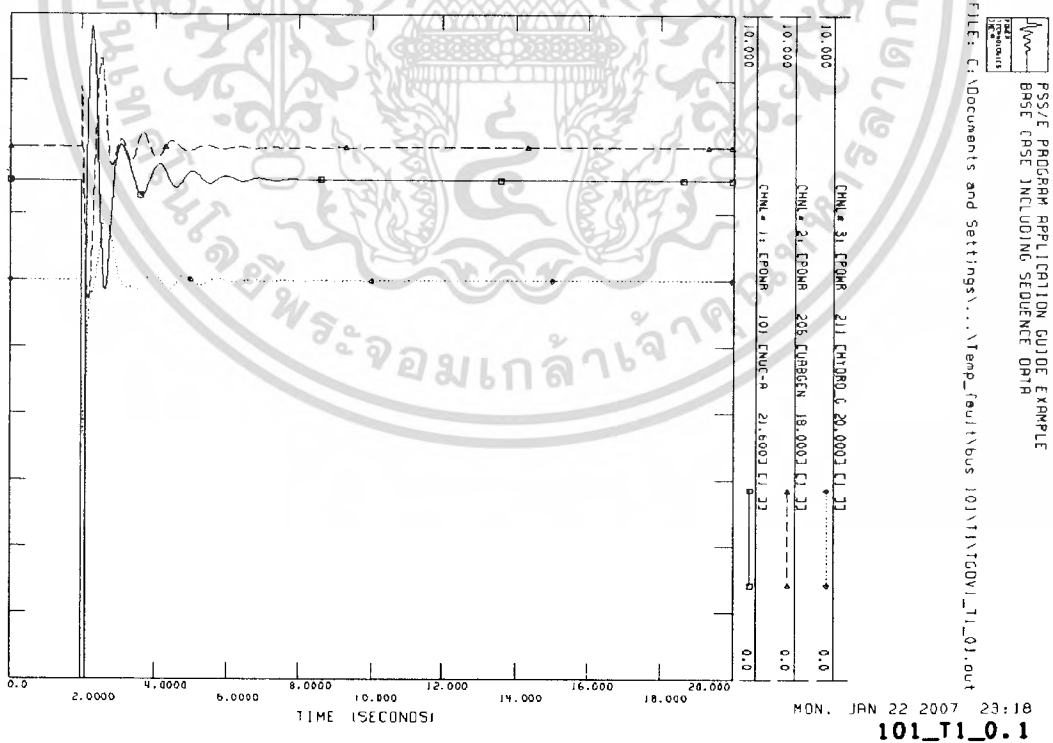


รูปที่ 5.7 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $T1 = 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $T1 = 0.05$



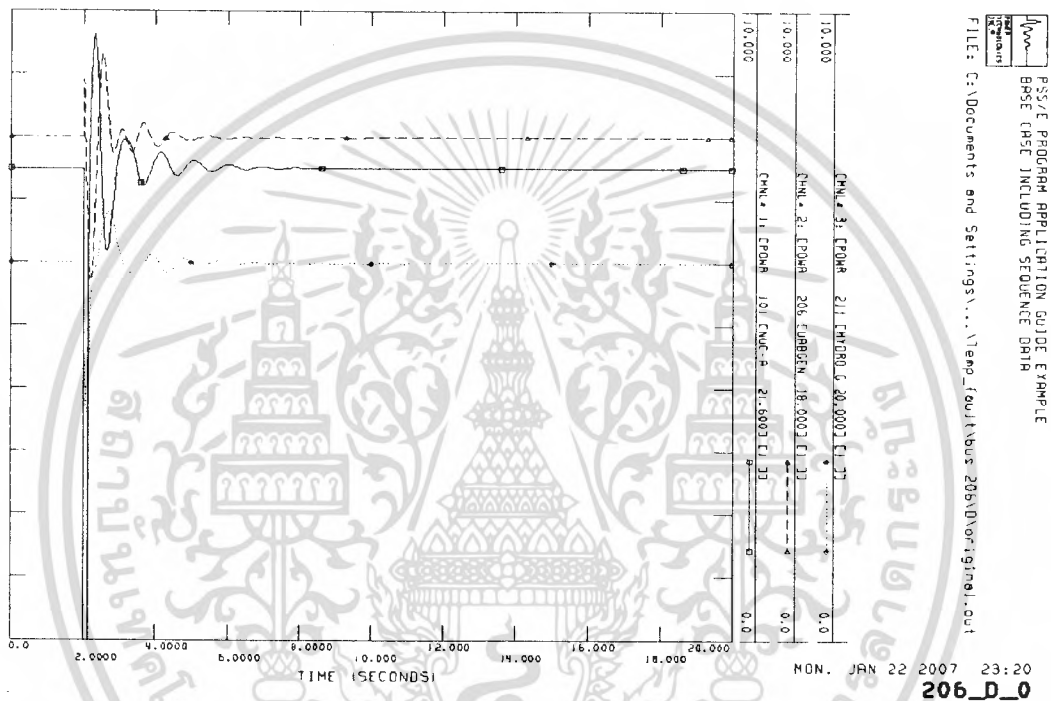
รูปที่ 5.9 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 101 โดยที่ ค่า $T1 = 0.1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า T1 (Time Constant) โดยที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิงจะได้ว่าที่ค่า T1 ที่สูงกว่าค่าอ้างอิง จะทำให้ Overshoot ที่บัส 101 มีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ในส่วนของบัส 206 และ 211 แทบไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

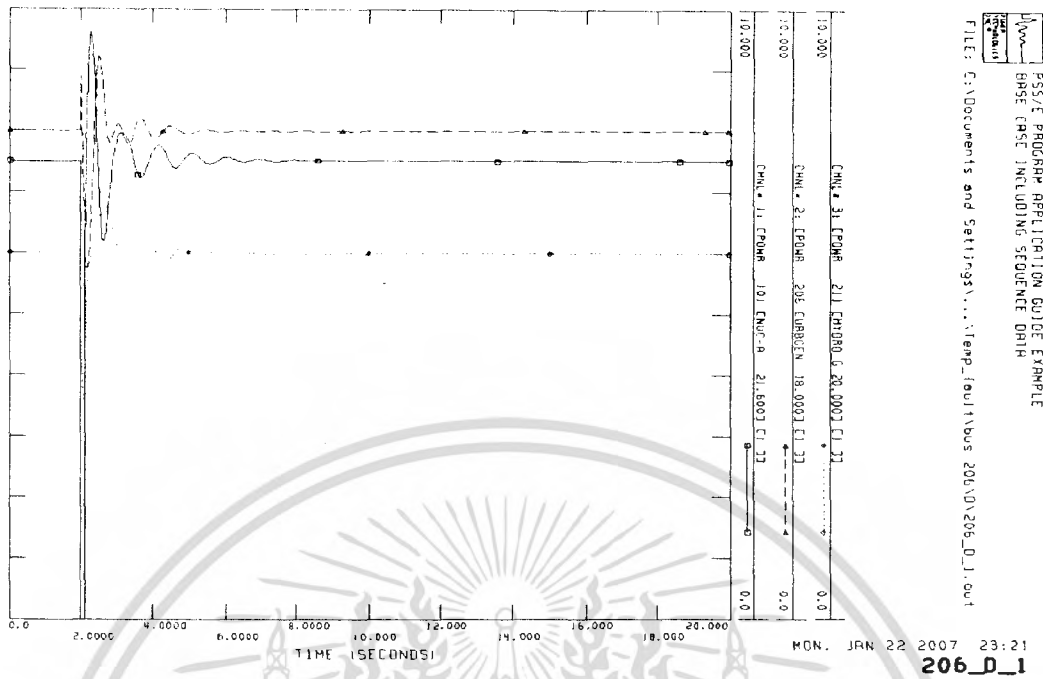
5.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ที่บัส 206

5.2.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 206

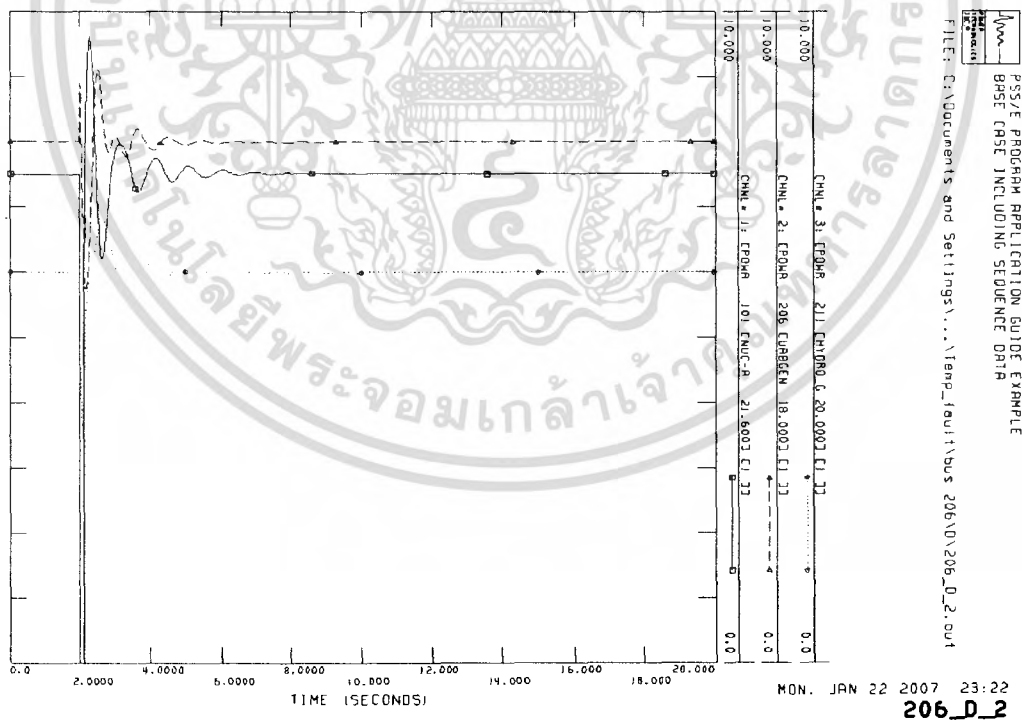


รูปที่ 5.10 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า D = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า D = 1

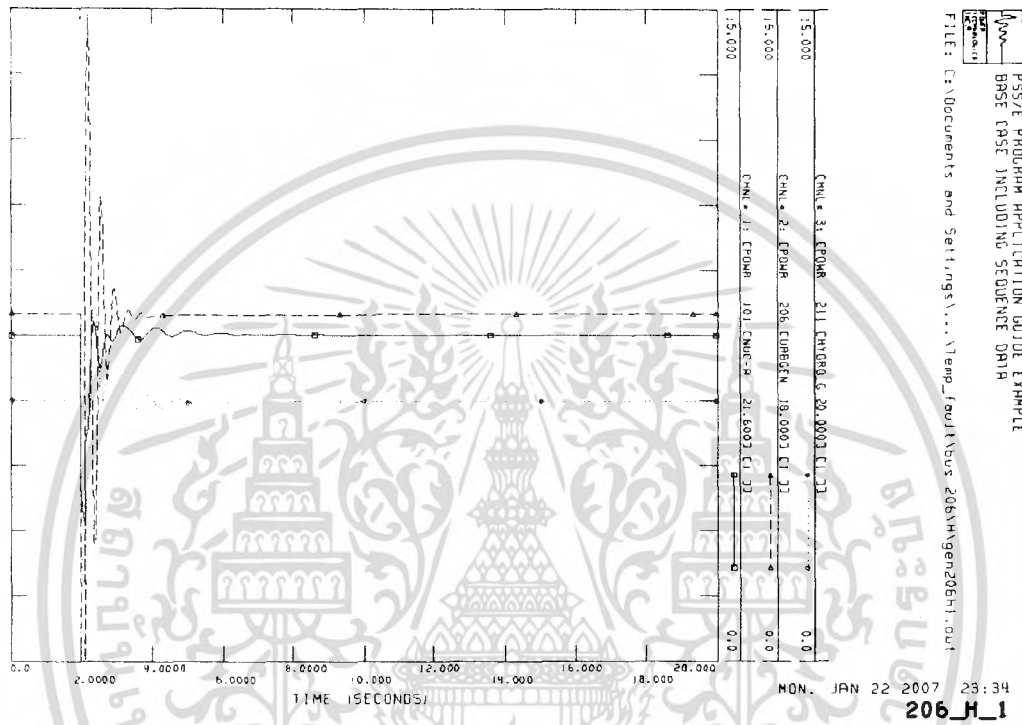


รูปที่ 5.12 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า D = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

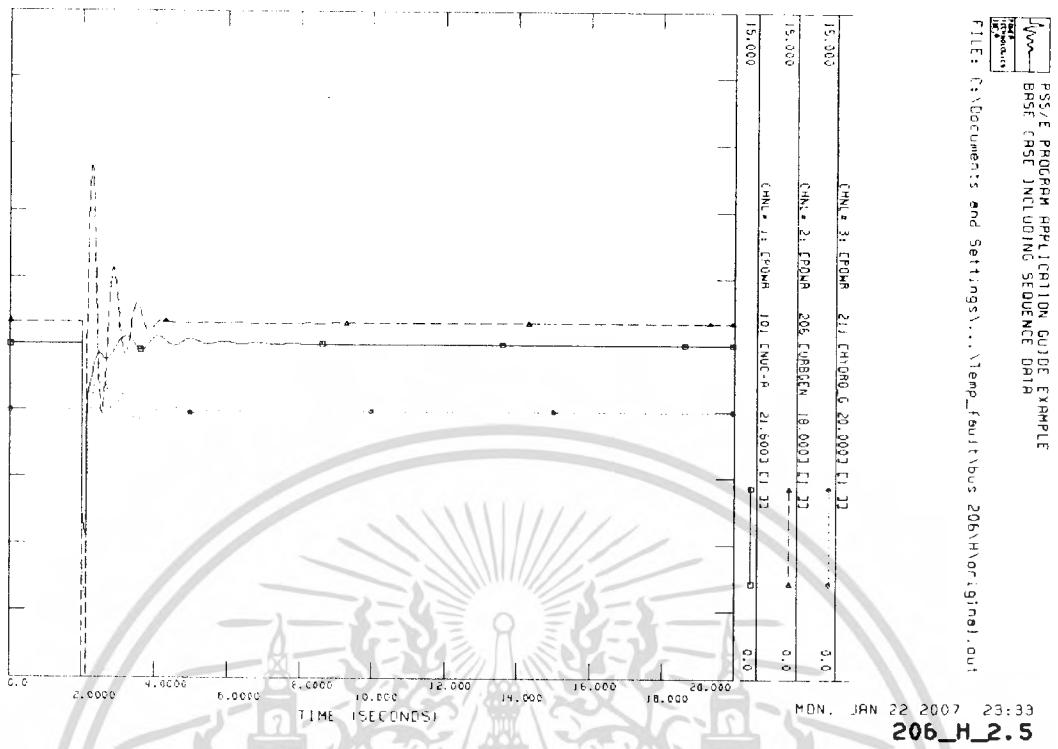
เมื่อพิจารณาที่ค่า D (Damping Constant) โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่า ที่ค่า D สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าไม่มากนักที่บัส 206 ซึ่งเป็นบัสที่เกิด Fault โดยสังเกตได้จากค่า Overshoot มีค่าต่ำลงแต่ในบัส 206 และ 211 เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

5.2.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 206

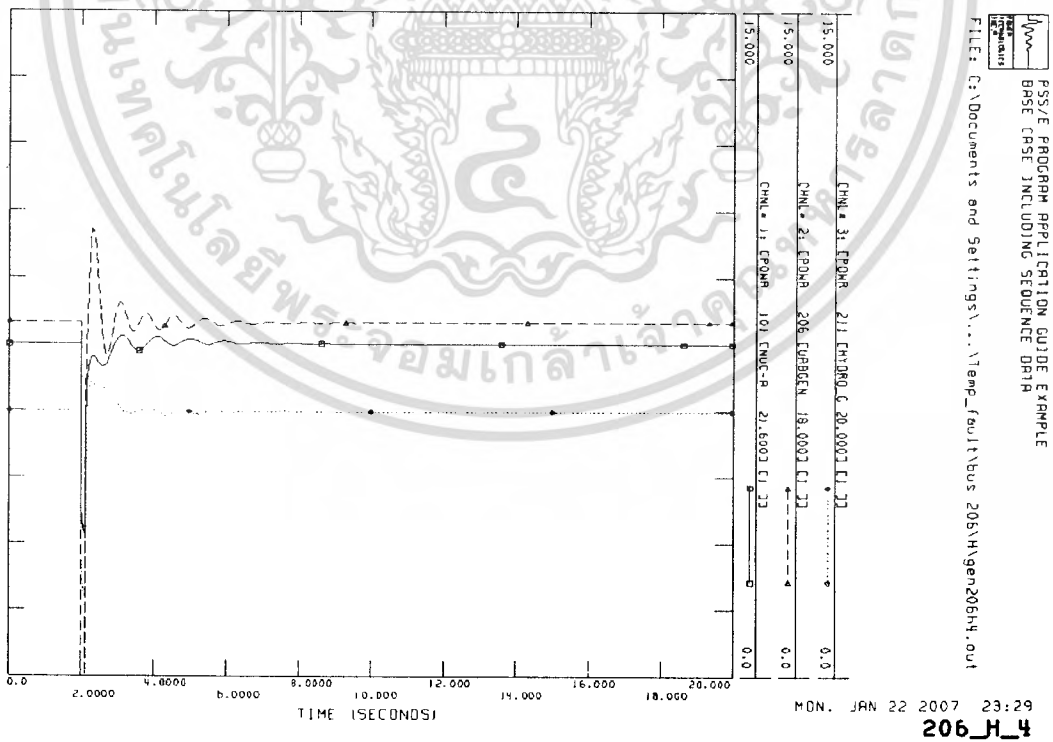


รูปที่ 5.13 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า H = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $H = 2.5$

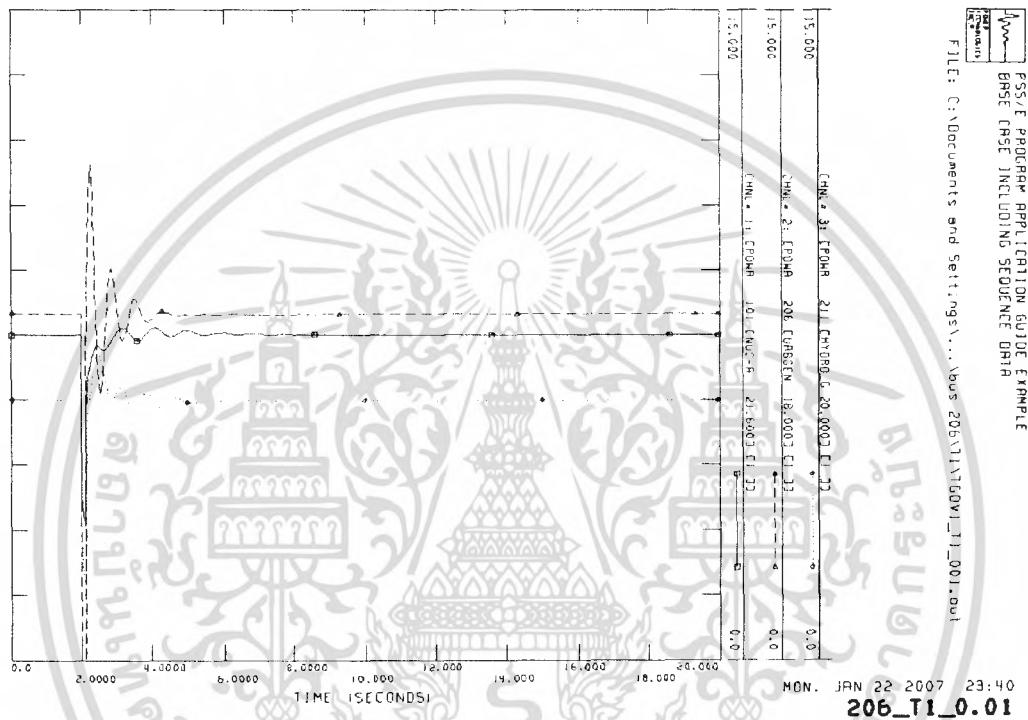


รูปที่ 5.15 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ ค่า $H = 4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

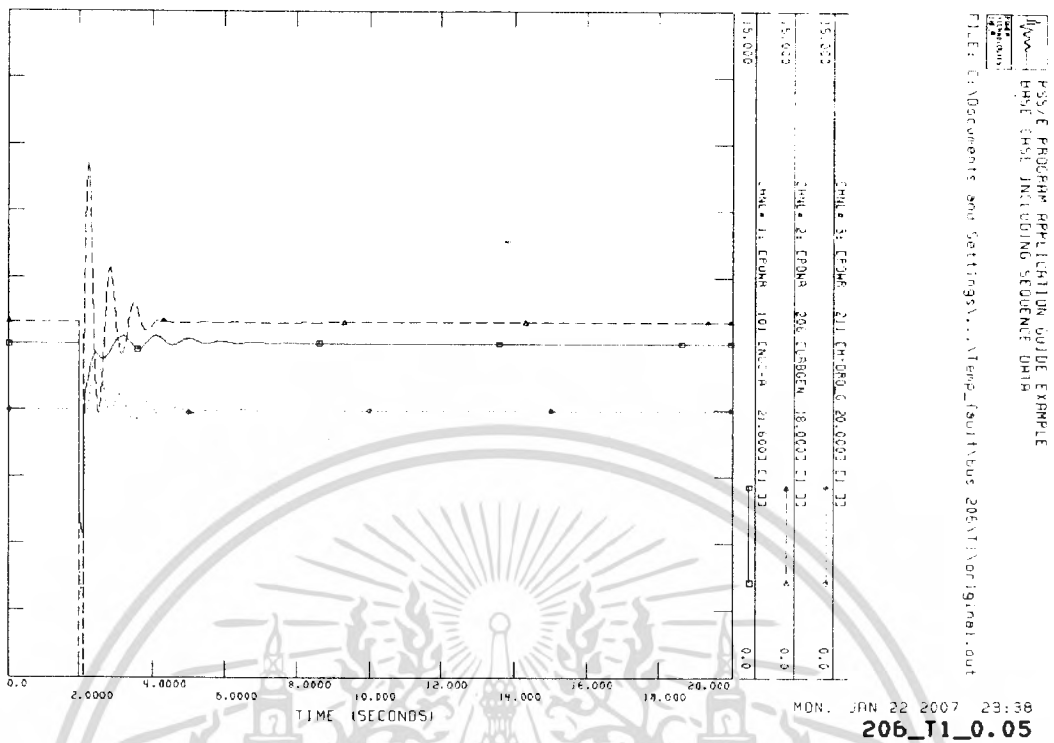
เมื่อพิจารณาที่ค่า H (Inertia Constant) นั่นก็คือขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเอง โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่าเมื่อขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 206 มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ Overshoot ของทั้ง 3 บัสมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ทำให้ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวมากขึ้น

5.2.3 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 101

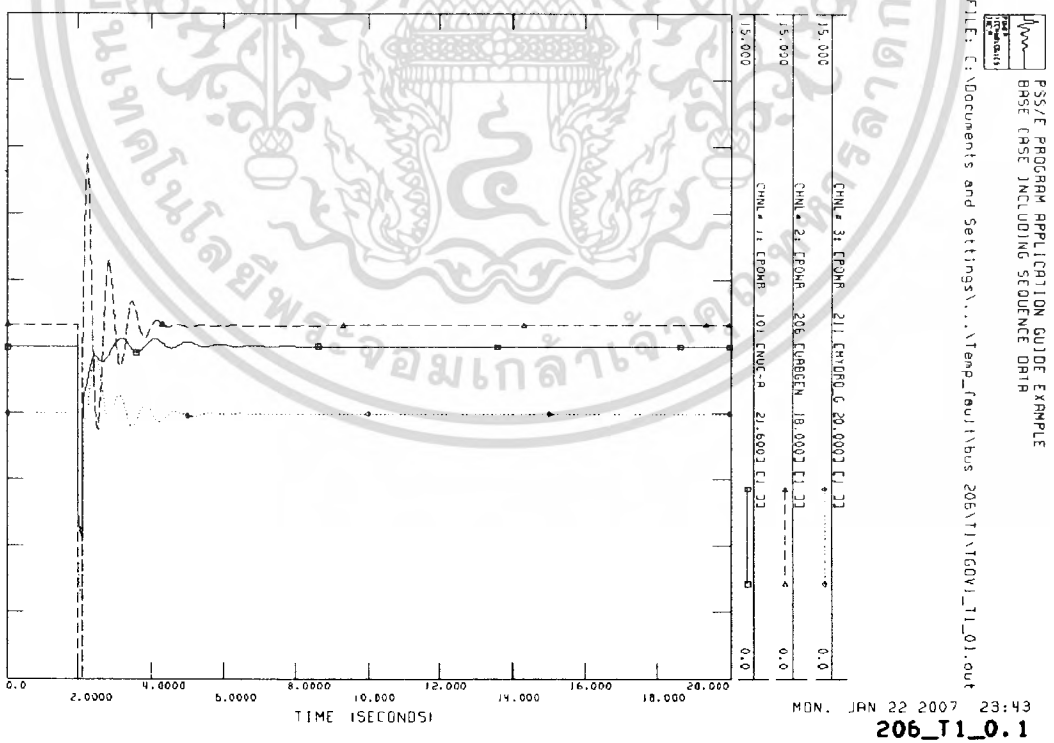


รูปที่ 5.16 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ค่า $T1 = 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ค่า $T1 = 0.05$



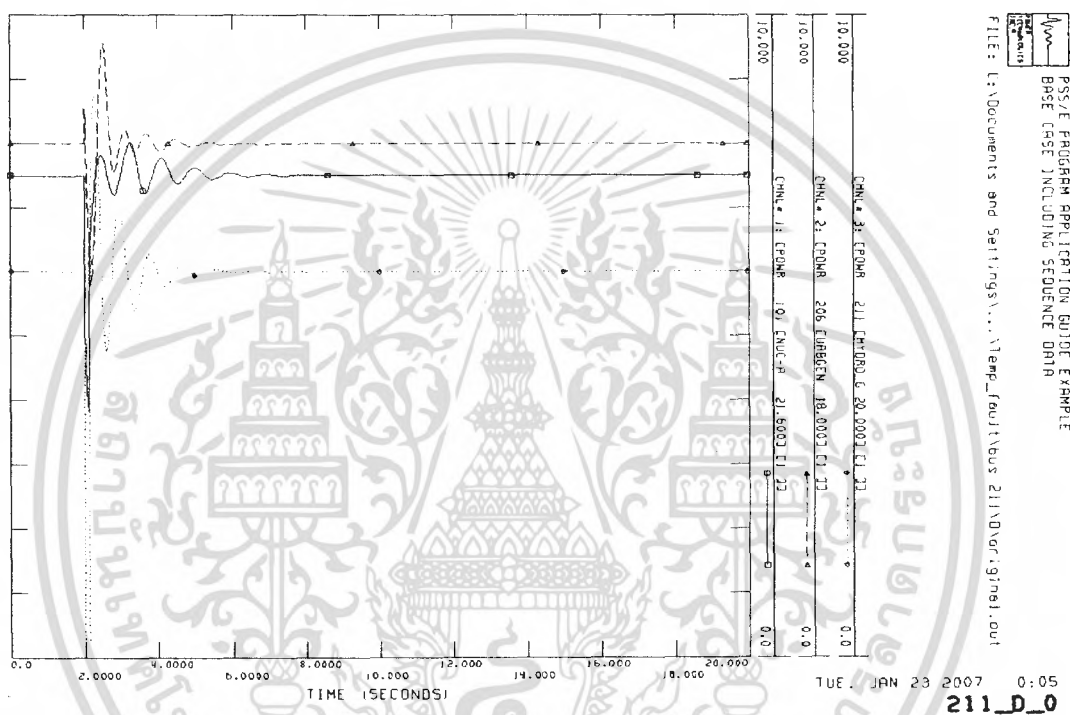
รูปที่ 5.18 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 206 โดยที่ค่า $T1 = 0.1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า T_1 (Time Constant) โดยที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิงจะได้ว่าที่ค่า T_1 ที่สูงกว่าค่าอ้างอิง จะทำให้ Overshoot ที่บัส 206 มีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ในส่วนของบัส 101 และ 211 แทบไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

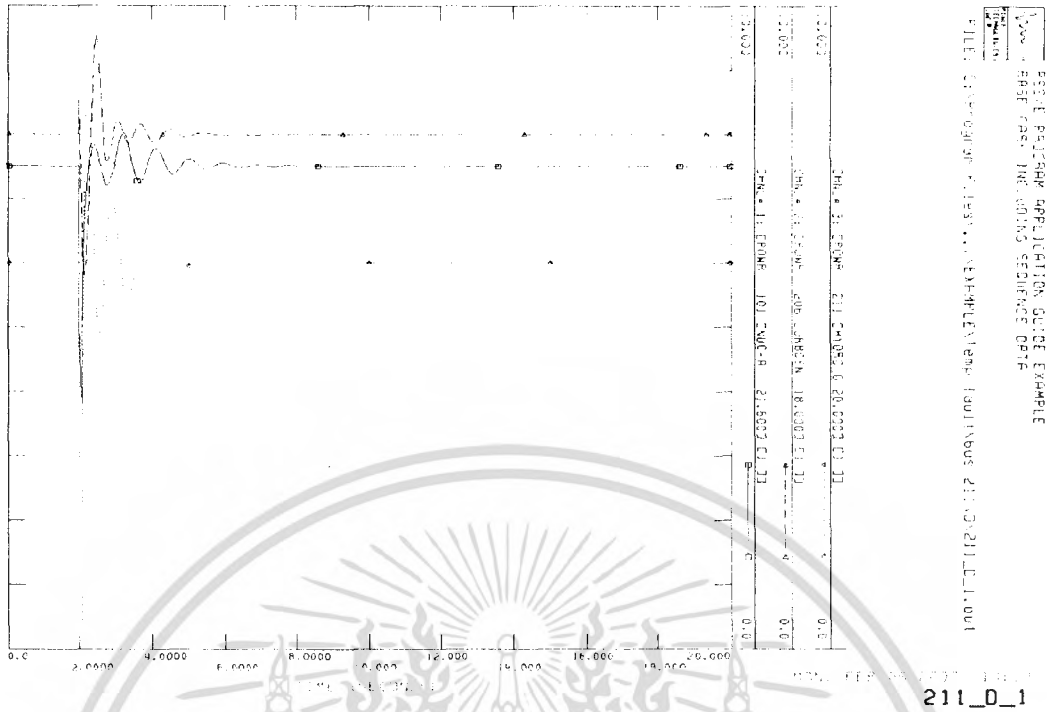
5.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ที่บัส 211

5.3.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 211

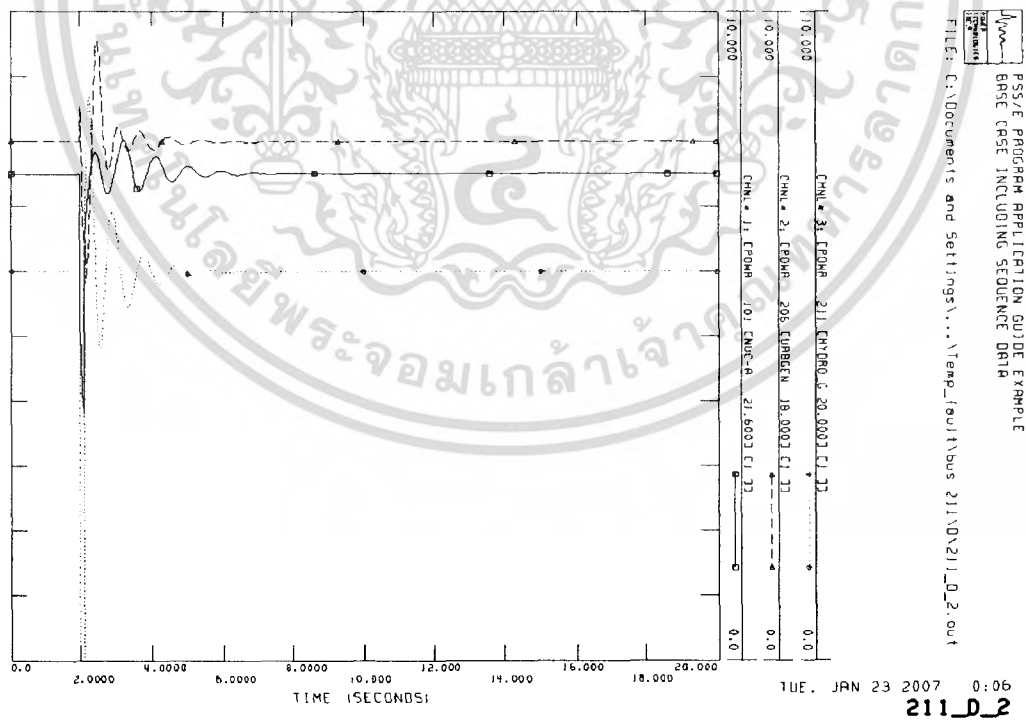


รูปที่ 5.19 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $D = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $D = 1$

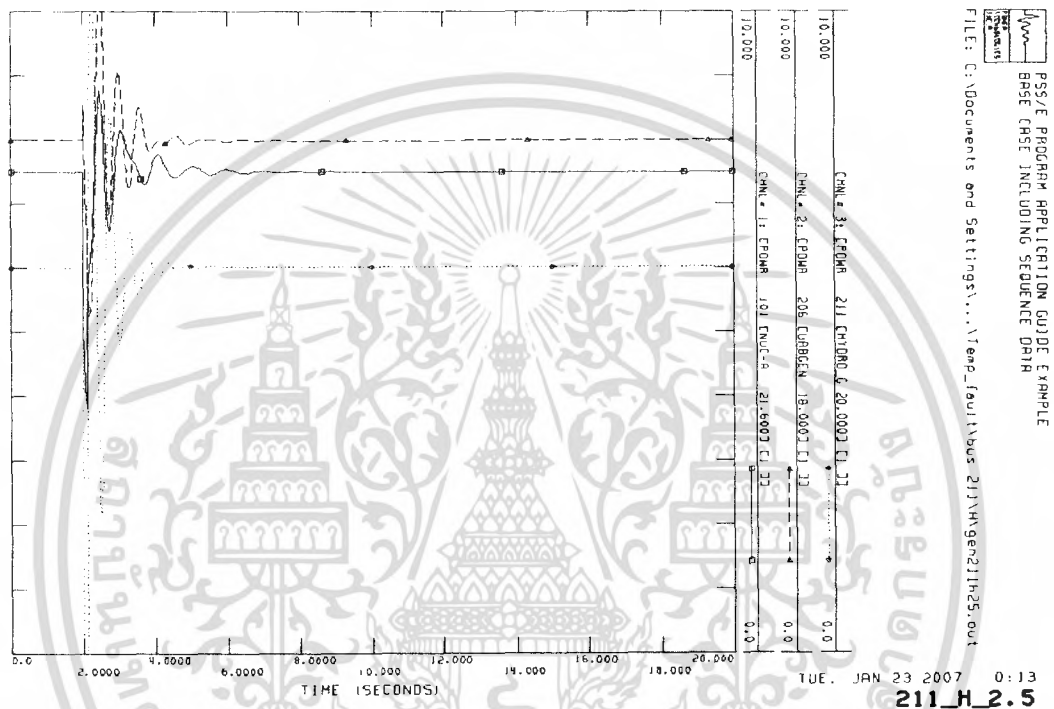


รูปที่ 5.21 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $D = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

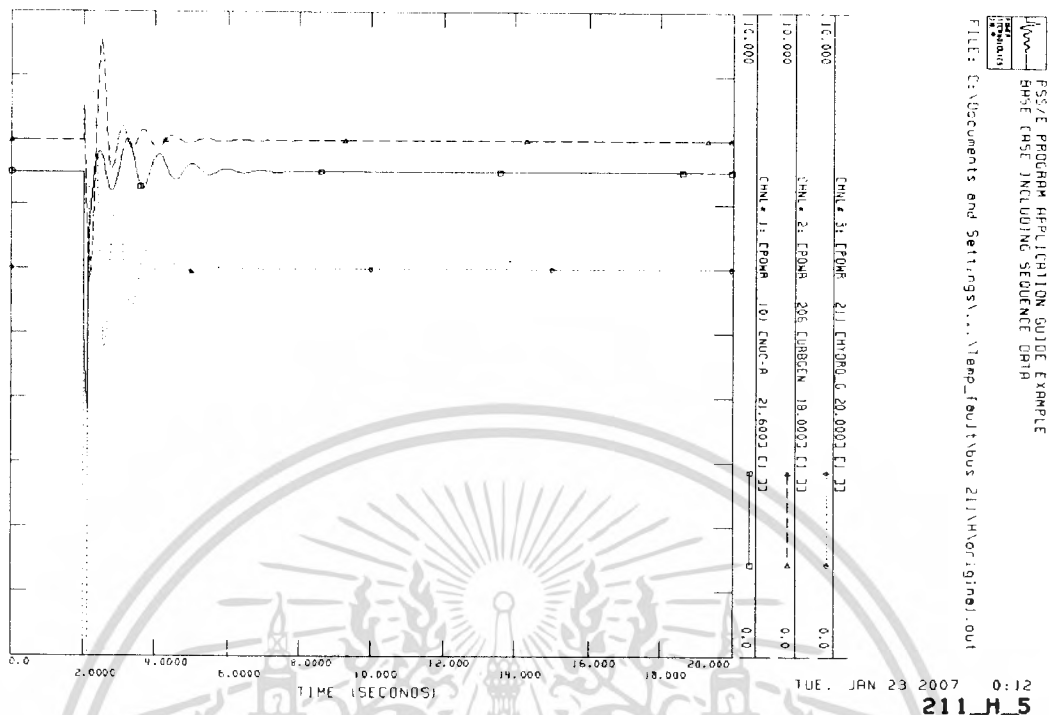
เมื่อพิจารณาที่ค่า D (Damping Constant) โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่า ที่ค่า D สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าไม่มากนักที่บัส 211 ซึ่งเป็นบัสที่เกิด Fault โดยสังเกตได้จากค่า Overshoot มีค่าต่ำลงแต่ในบัส 101 และ 206 เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

5.3.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 211

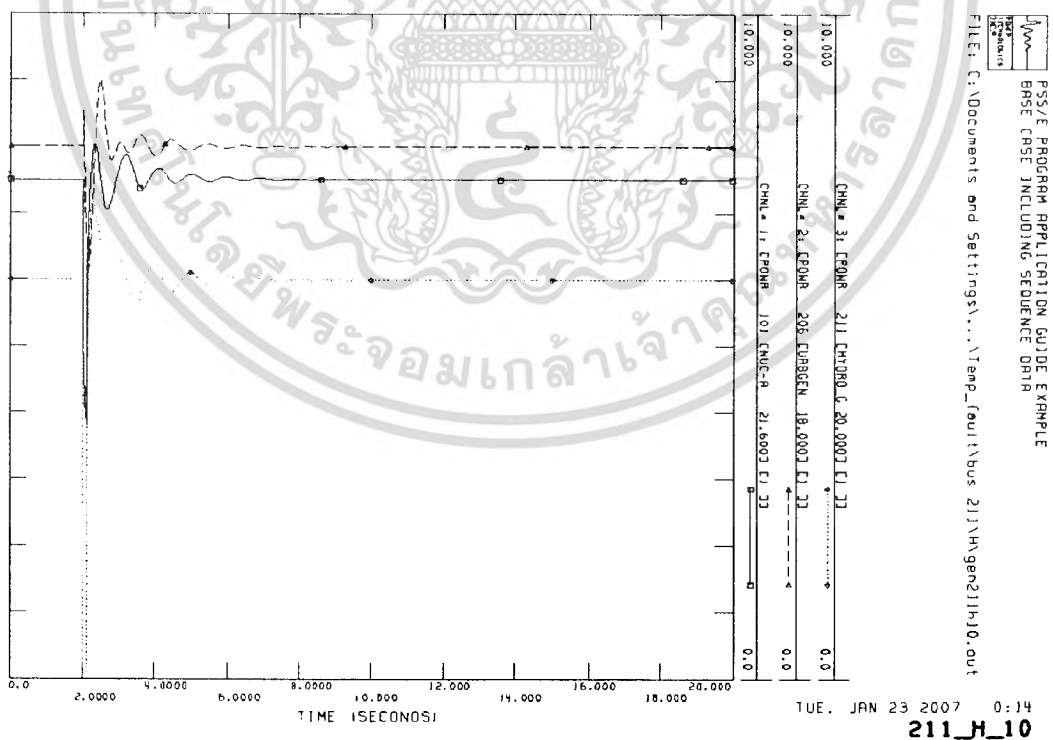


รูปที่ 5.22 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $H = 2.5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า H = 5

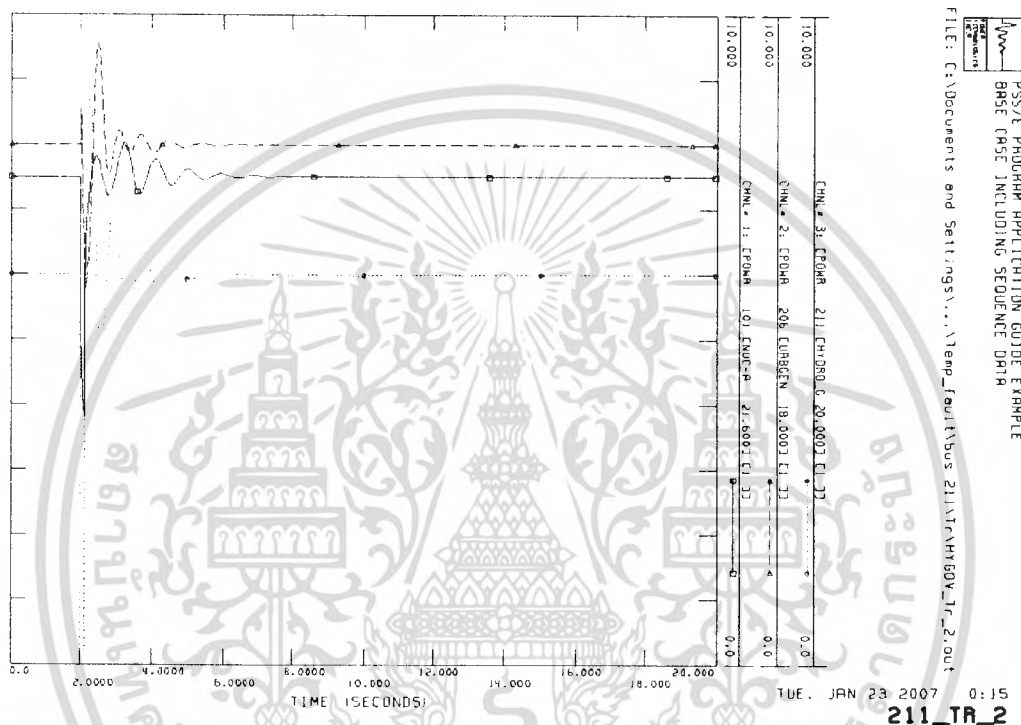


รูปที่ 5.24 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า H = 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

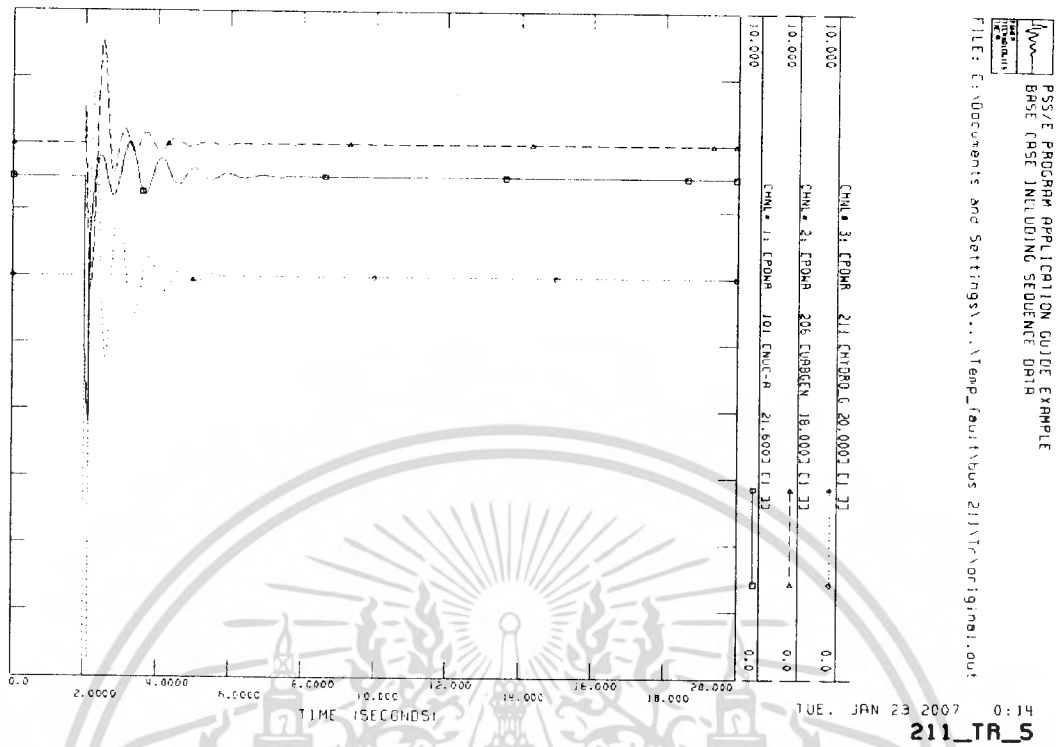
เมื่อพิจารณาที่ค่า H (Inertia Constant) นั่นก็คือขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั่นเอง โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่าเมื่อขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 211 มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ Overshoot ของทั้ง 3 บัสมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ทำให้ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวมากขึ้น

5.3.3 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า Tr ณ บัส 211

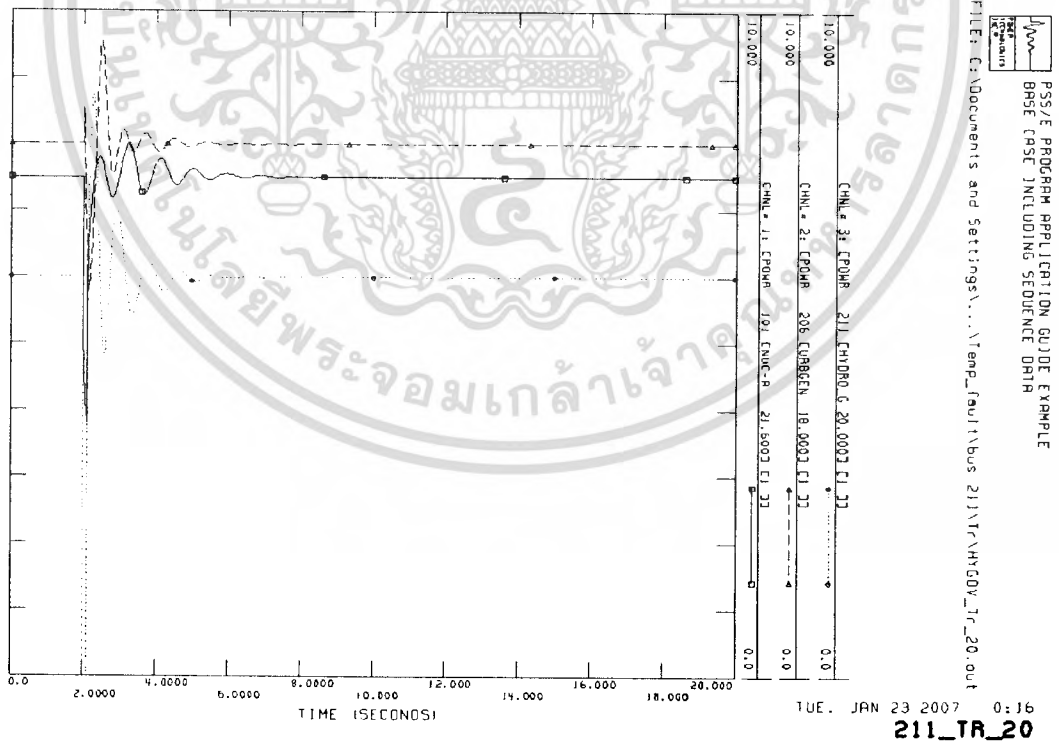


รูปที่ 5.25 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า Tr = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.26 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $T_r = 5$



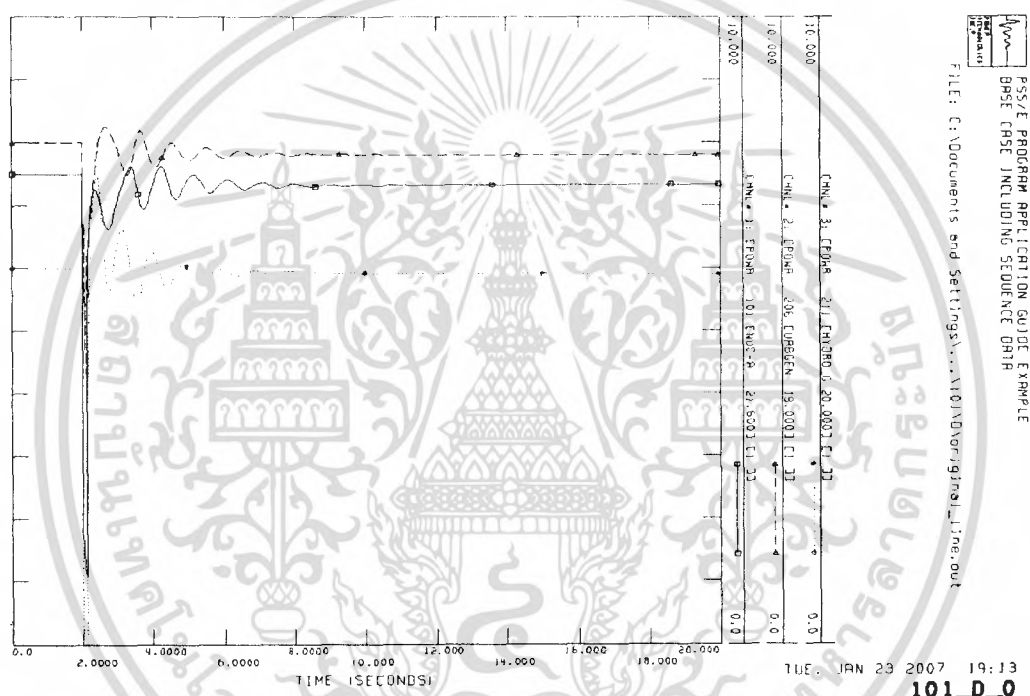
รูปที่ 5.27 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Temporary Fault ณ บัส 211 โดยที่ค่า $T_r = 20$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า T_r (Time Constant) โดยที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง เมื่อทำการปรับค่า T_r ให้สูงขึ้นหรือลดลงกว่าค่าอ้างอิงนั้นแทบไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงของระบบ ไม่ว่าจะเป็น overshoot หรือช่วงเวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว

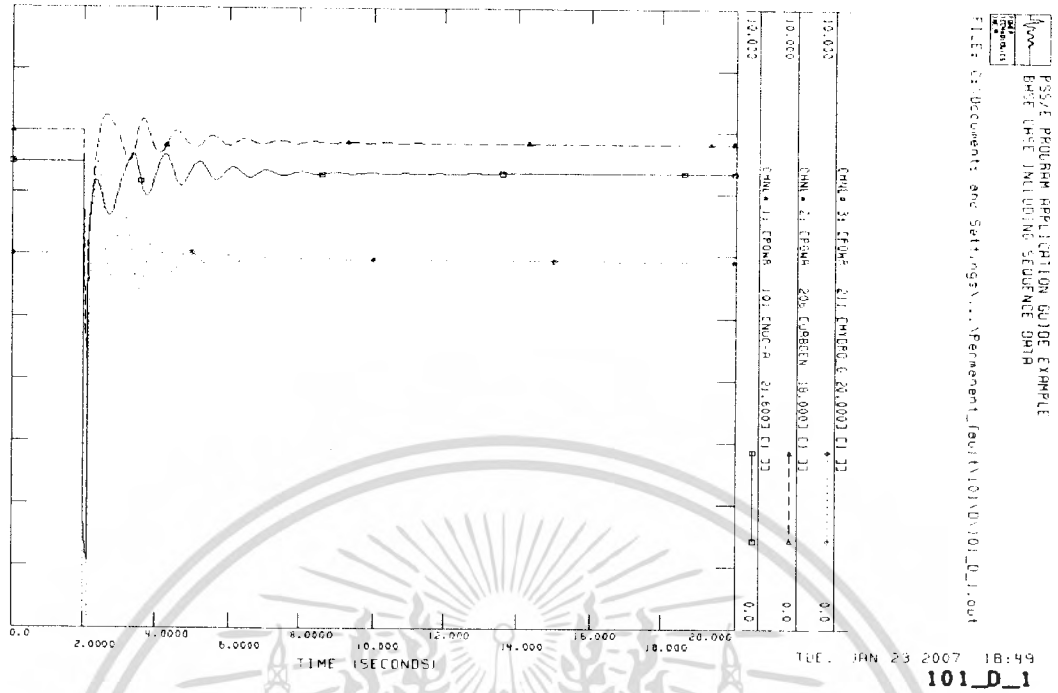
5.4 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ที่บัส 101

5.4.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 101

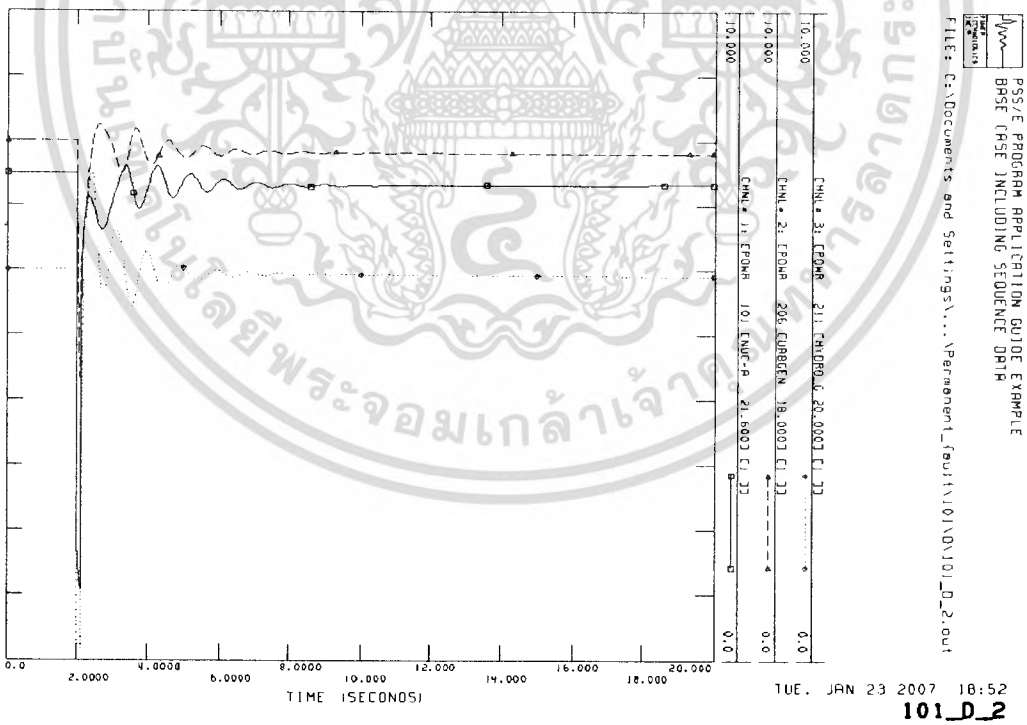


รูปที่ 5.28 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $D = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.29 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า D = 1

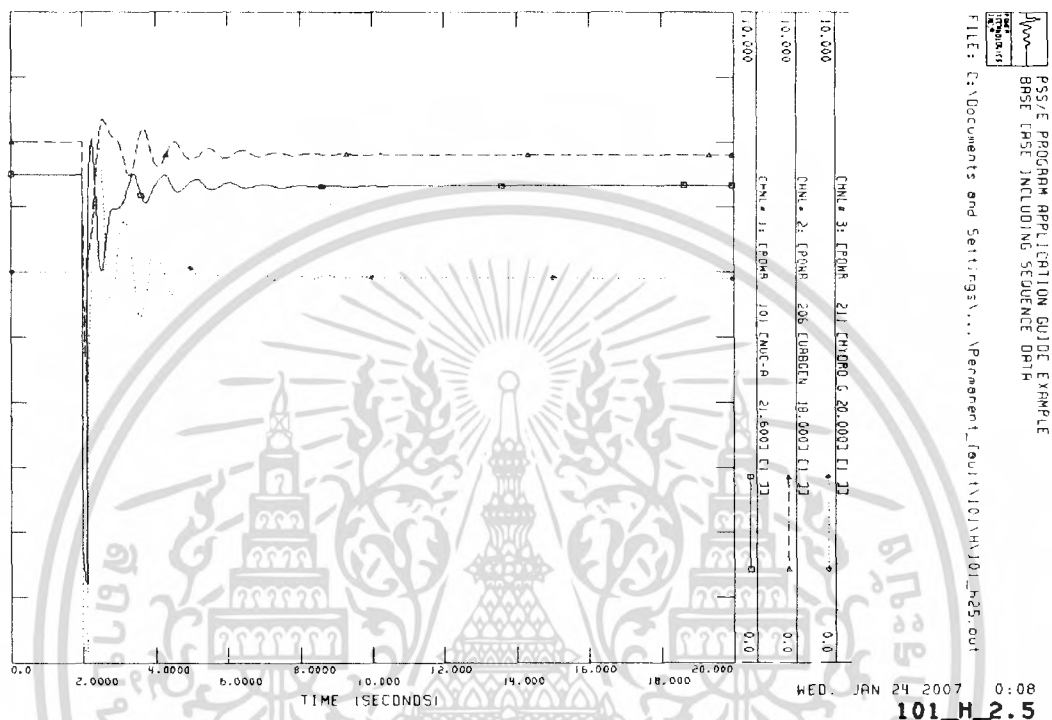


รูปที่ 5.30 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า D = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

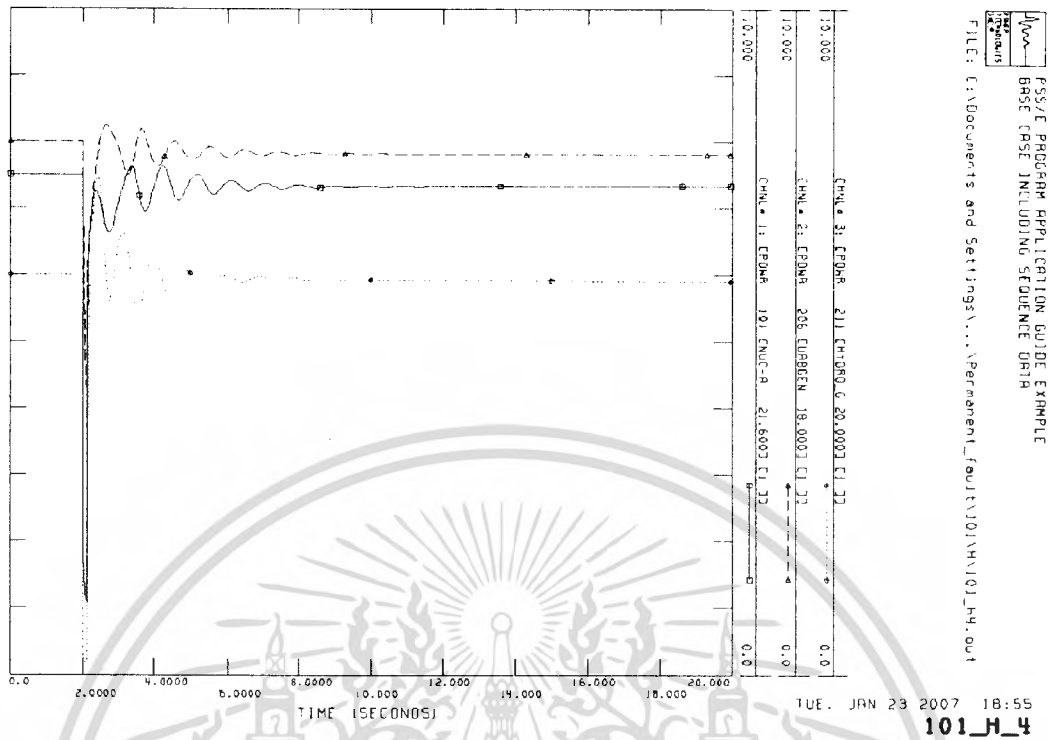
เมื่อพิจารณาที่ค่า D (Damping Constant) โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิงจะได้ว่า ที่ค่า D สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิงจะเกิดการเปลี่ยนแปลง Overshoot ที่บัส 101 เพียงเล็กน้อย ส่วนเวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ที่บัส 206 และ 211 แทบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้ง Overshoot และช่วงเวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว

5.4.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 101

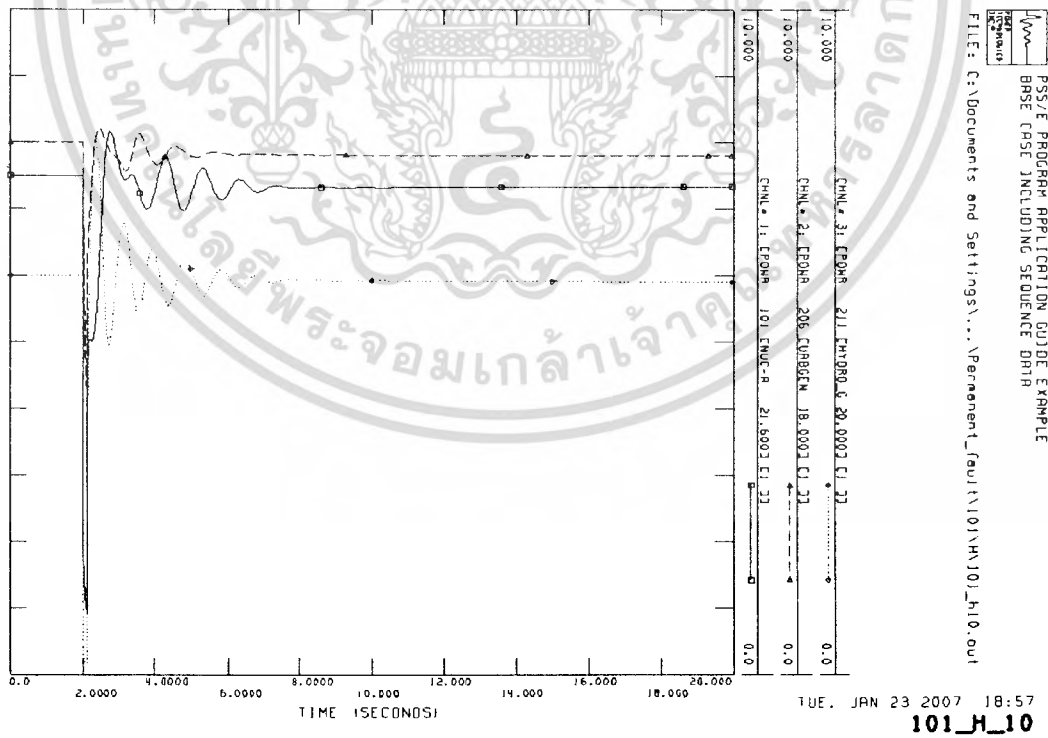


รูปที่ 5.31 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า H = 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.32 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า H = 4

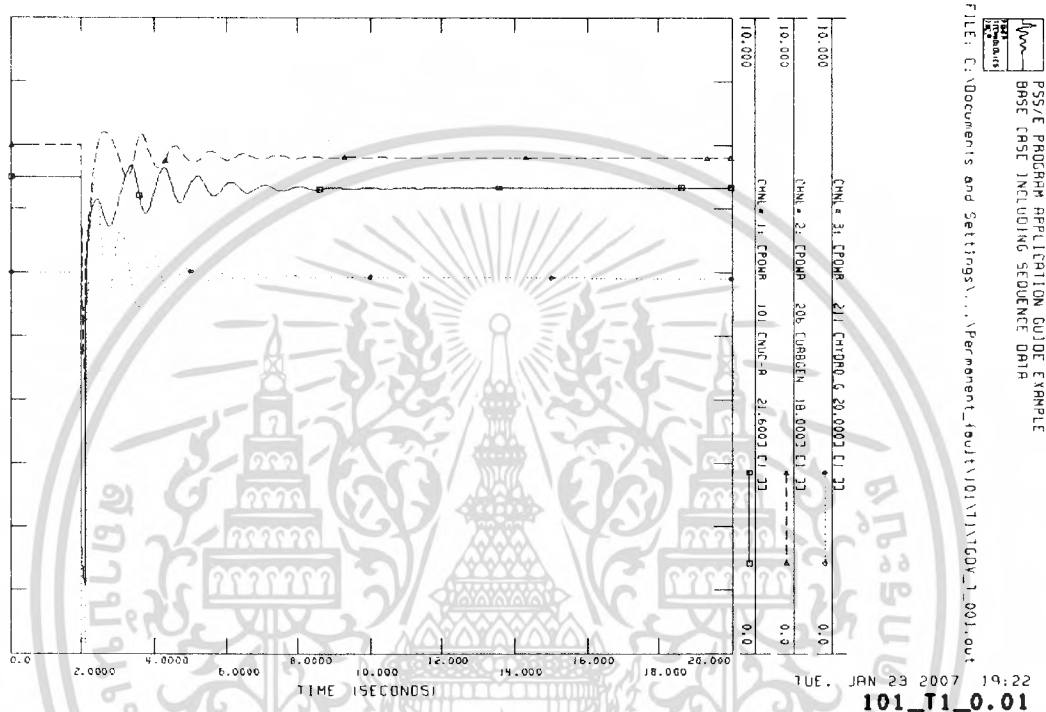


รูปที่ 5.33 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า H = 10

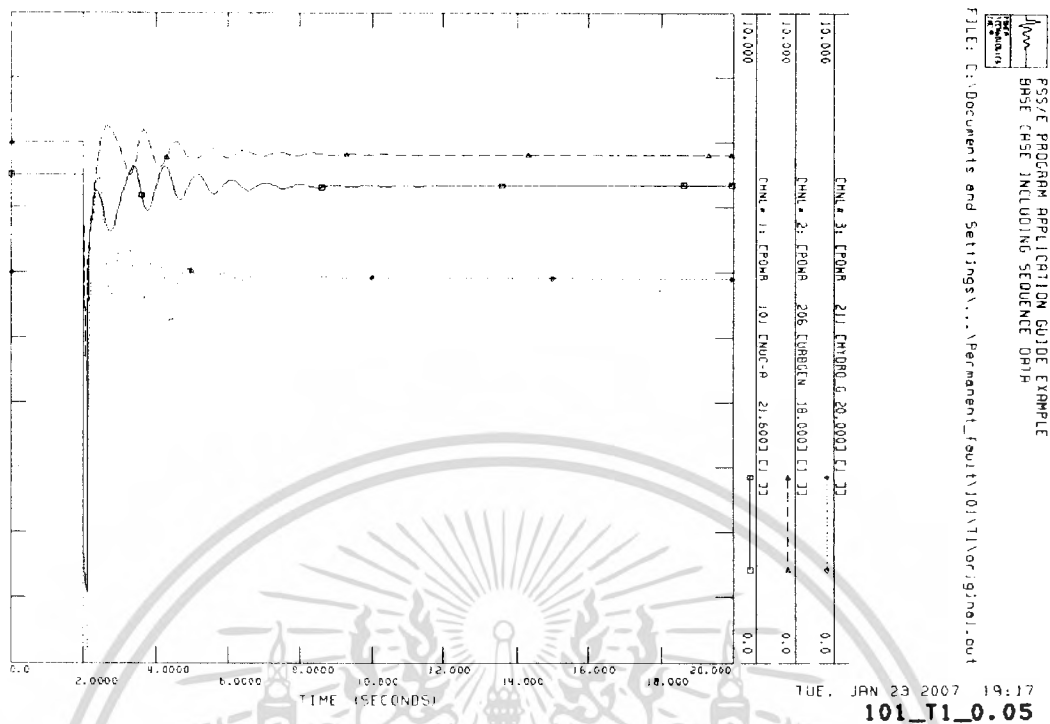
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า H (Inertia Constant) นั่นก็คือขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นั่นเอง โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง ไม่ว่าจะขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 101 มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงจะทำให้ Overshoot ของทั้ง 3 บัสมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ทำให้ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวมากขึ้น

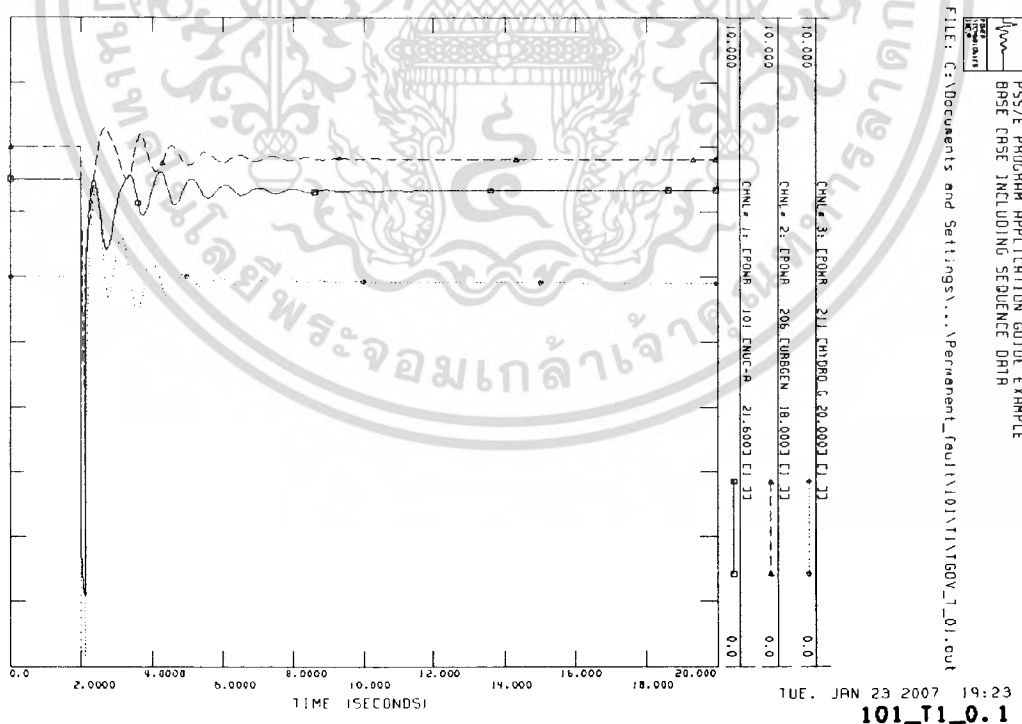
5.4.3 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 101



รูปที่ 5.34 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $T1 = 0.01$



รูปที่ 5.35 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $T1 = 0.05$



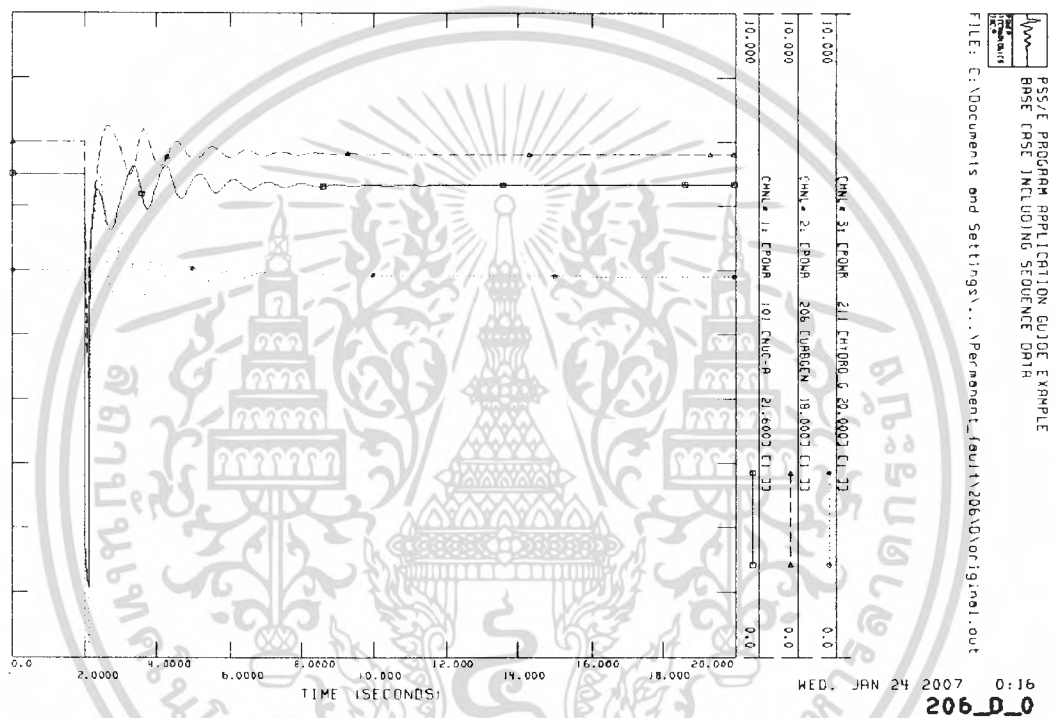
รูปที่ 5.36 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 101 ที่ค่า $T1 = 0.1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า T1 (Time Constant) โดยที่ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิงจะได้ว่าที่ค่า T1 ที่สูงกว่าค่าอ้างอิง จะทำให้ Overshoot ที่บัส 101 มีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ในส่วนของบัส 206 และ 211 แทบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

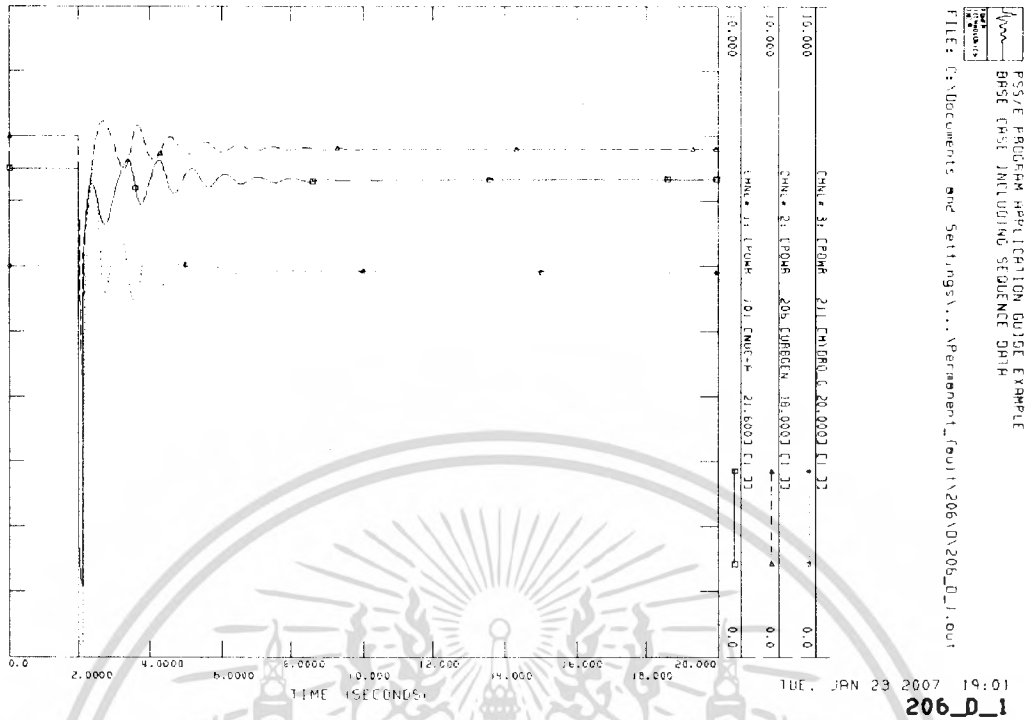
5.5 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ที่บัส 206

5.5.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 206

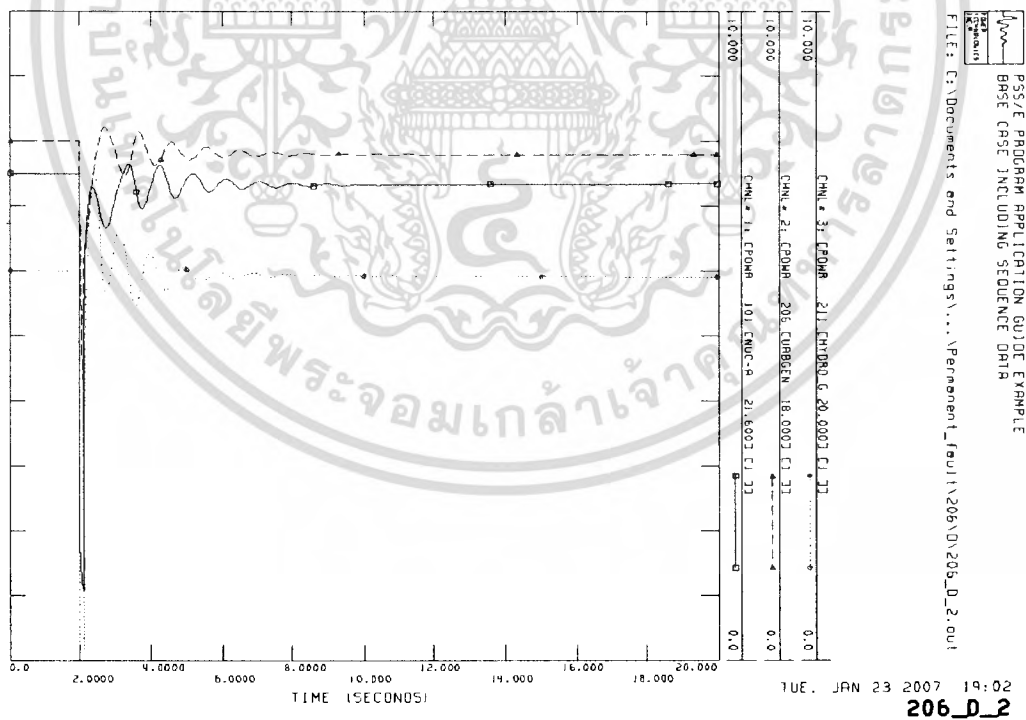


รูปที่ 5.37 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $D = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.38 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า D = 1

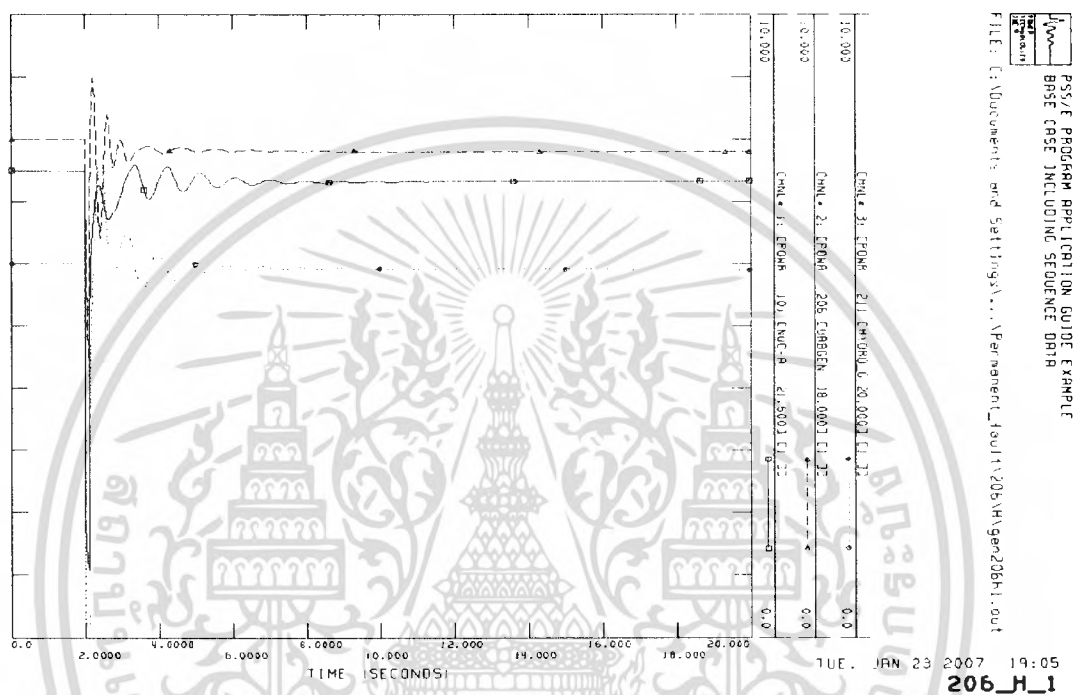


รูปที่ 5.39 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า D = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

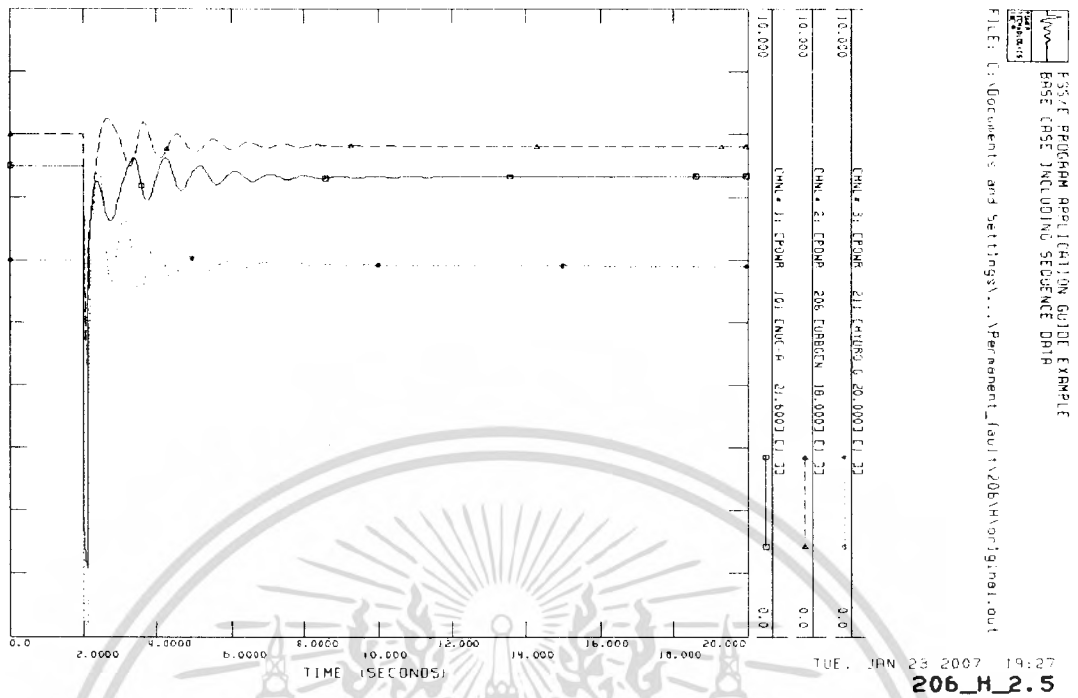
เมื่อพิจารณาที่ค่า D (Damping Constant) โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ ว่า ค่า D สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงชัดเจนเฉพาะที่บัส 206 ซึ่งเป็นบัสที่ทำการปรับค่า โดยสังเกตได้จากค่า Overshoot มีค่าต่ำลงแต่ในบัส 101 และ 211 แทบจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง

5.5.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 206

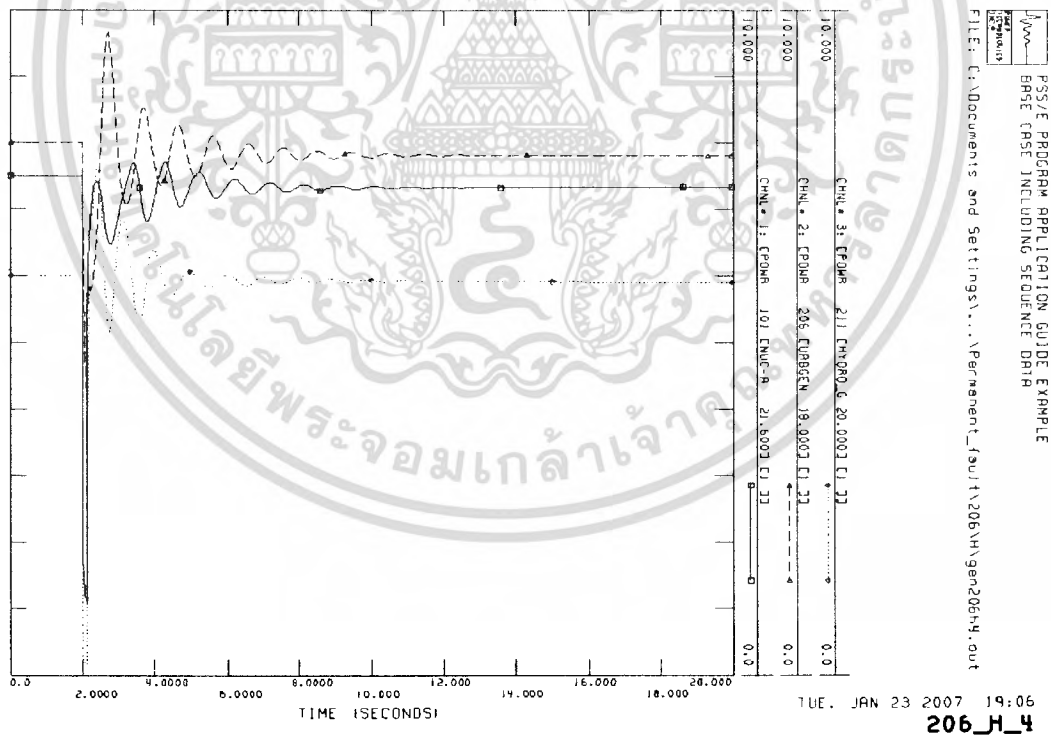


รูปที่ 5.40 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $H = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.41 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า H = 2.5

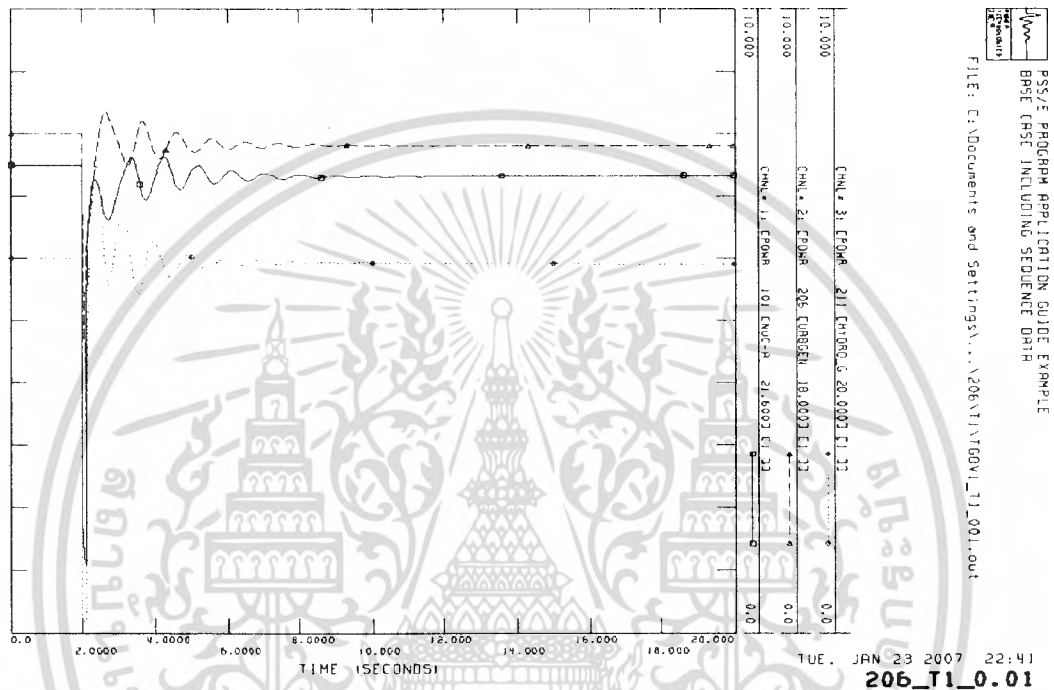


รูปที่ 5.42 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า H = 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

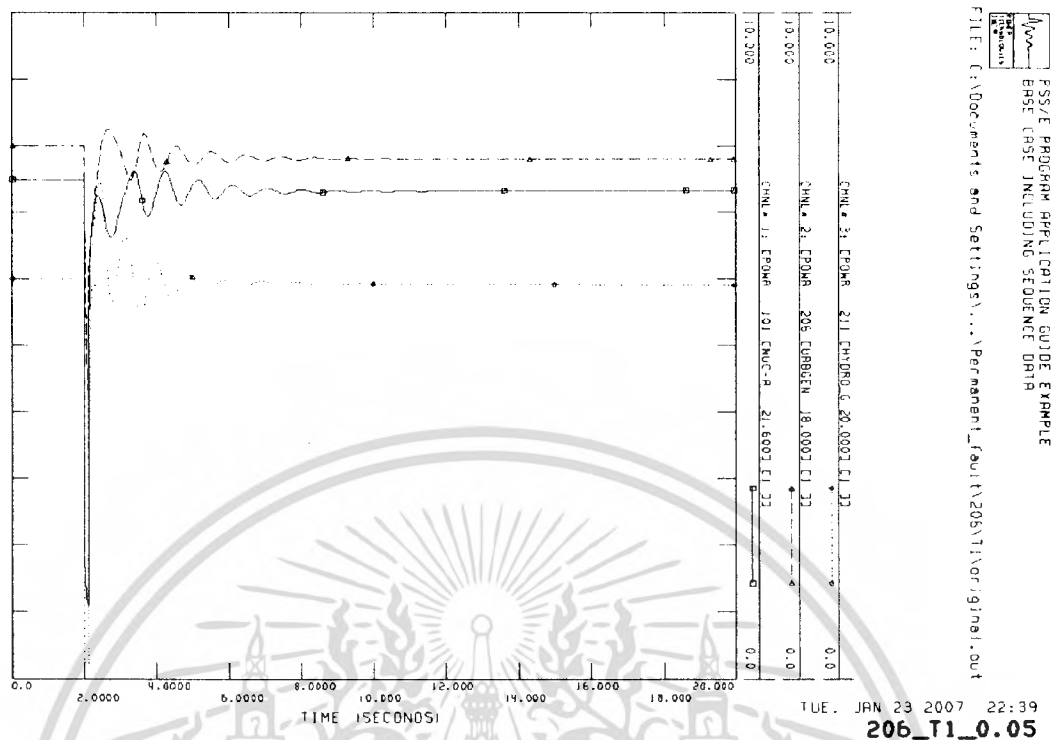
เมื่อพิจารณาที่ค่า H (Inertia Constant) นั่นก็คือขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั่นเอง โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง ไม่ว่าจะขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 206 มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงจะทำให้ Overshoot ของทั้ง 3 บัสมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ทำให้ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวมากขึ้น

5.5.3 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า T1 ณ บัส 206

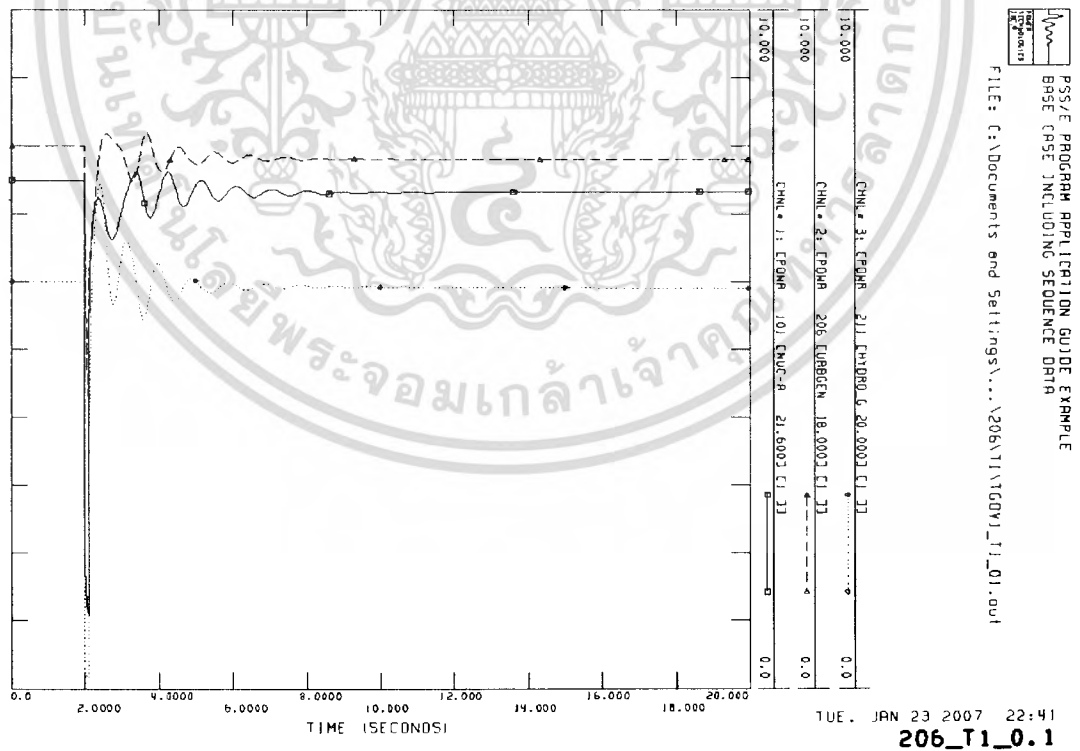


รูปที่ 5.43 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า T1 = 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.44 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $T1 = 0.05$



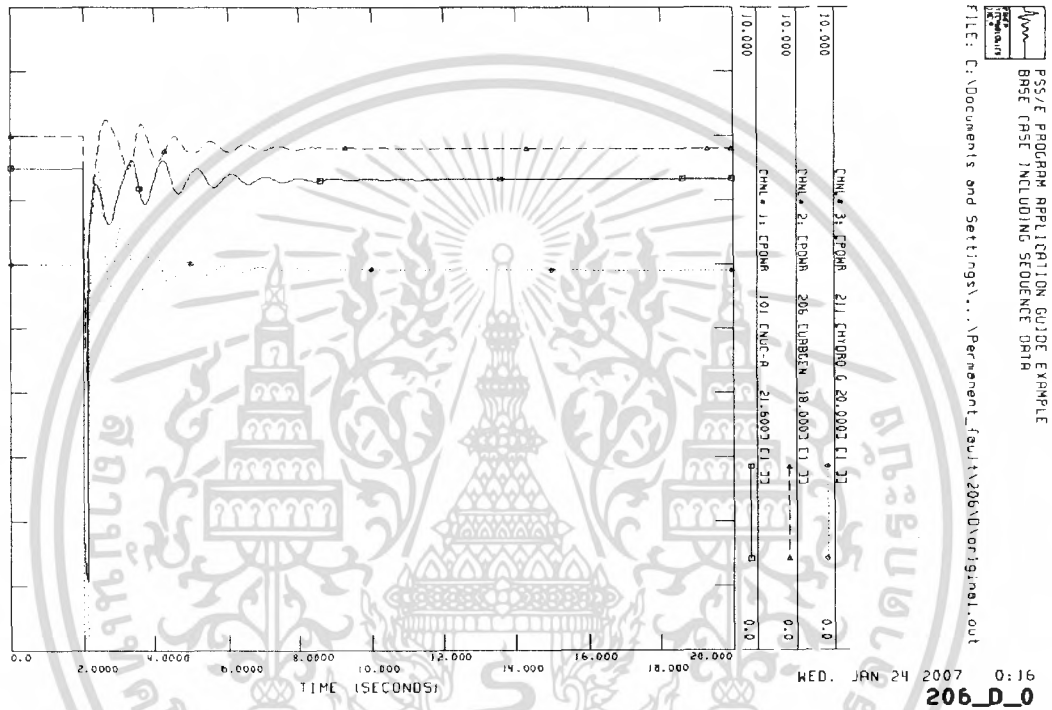
รูปที่ 5.45 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 206 ที่ค่า $T1 = 0.1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า T1 (Time Constant) โดยที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิงจะได้ว่าที่ค่า T1 ที่สูงกว่าค่าอ้างอิง จะทำให้ Overshoot ที่บัส 206 มีสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ในส่วนของบัส 101 และ 211 แทบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

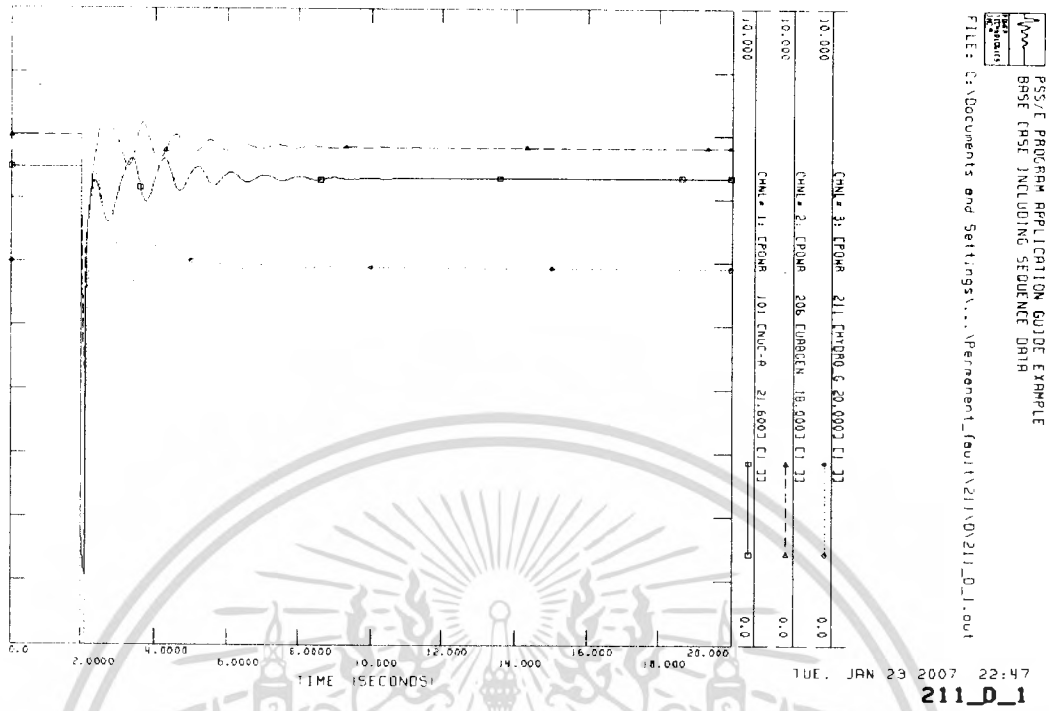
5.6 ผลการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ที่บัส 211

5.6.1 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า D ณ บัส 211

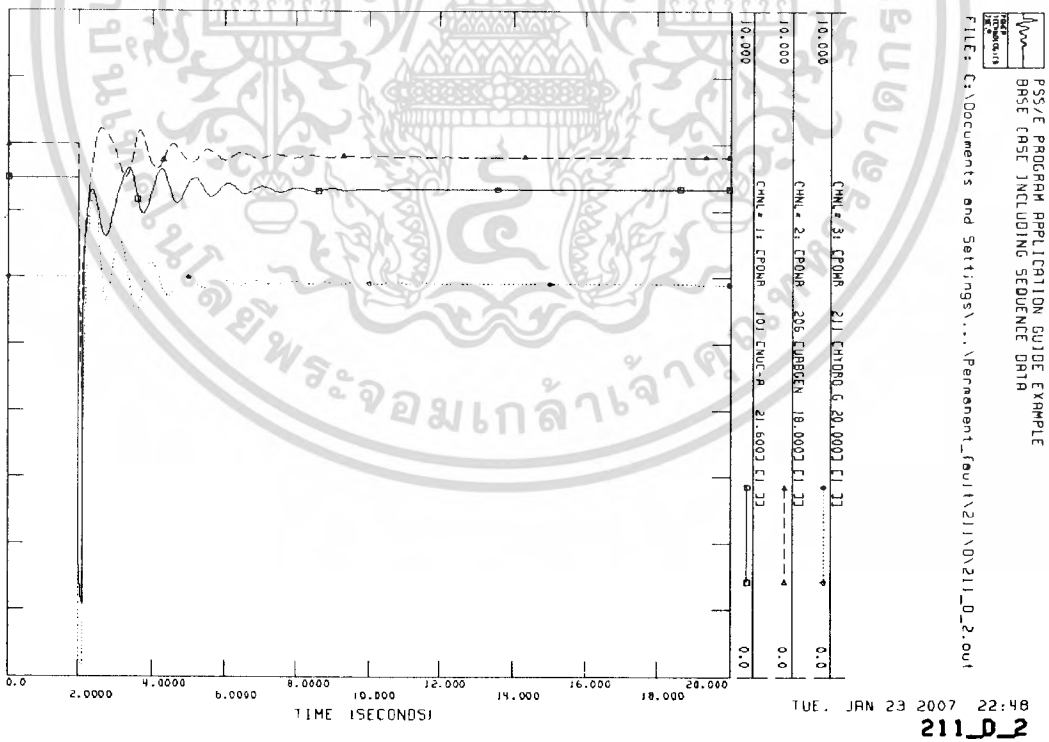


รูปที่ 5.46 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า D = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.47 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า D = 1

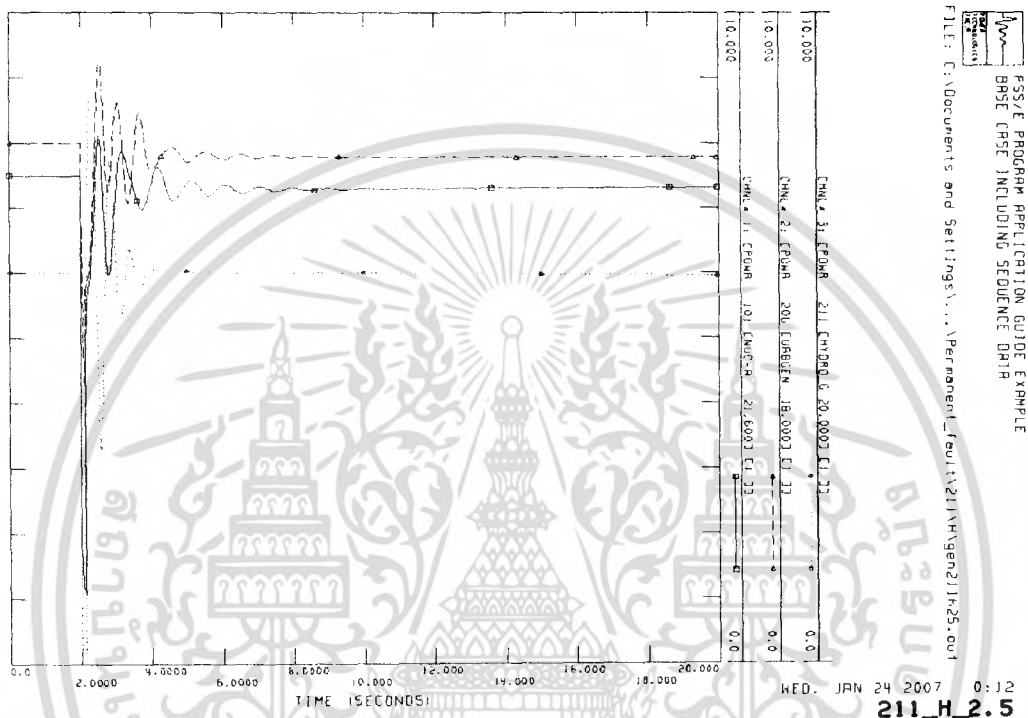


รูปที่ 5.48 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า D = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

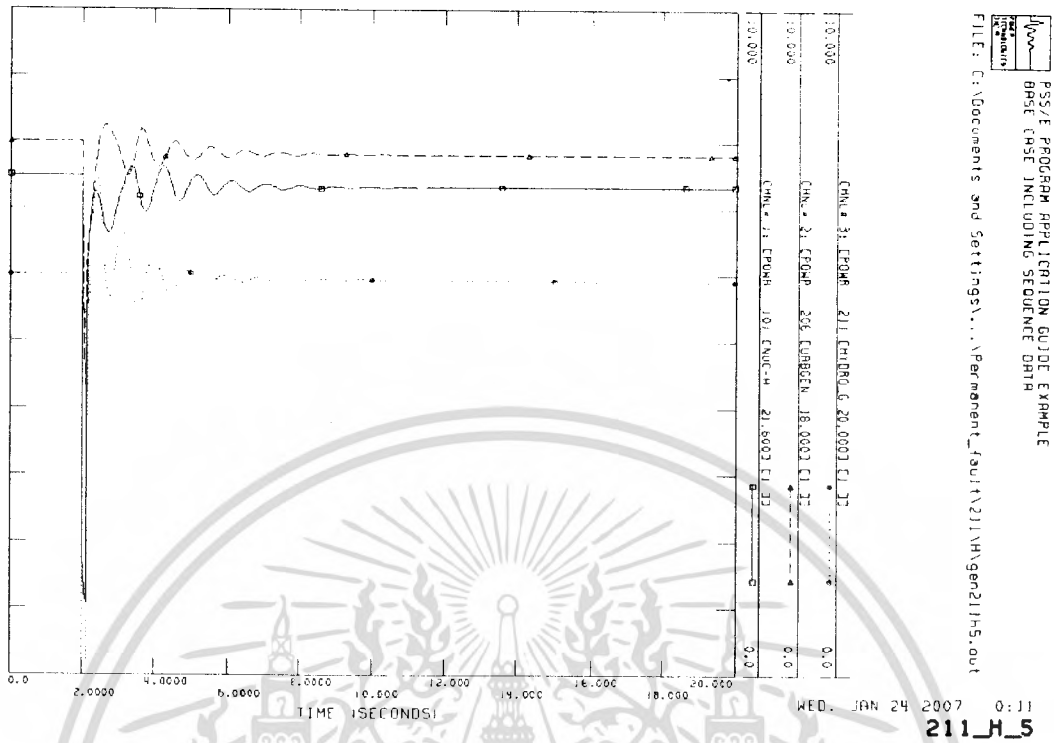
เมื่อพิจารณาที่ค่า D (Damping Constant) โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ที่ค่าอ้างอิง จะได้ว่า ที่ค่า D สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงชัดเจนเฉพาะที่บัส 211 ซึ่งเป็นบัสที่ทำการเปลี่ยนแปลงค่า โดยสังเกตได้จากค่า Overshoot มีค่าต่ำลงแต่ในบัส 101 และ 206 เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

5.6.2 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า H ณ บัส 211

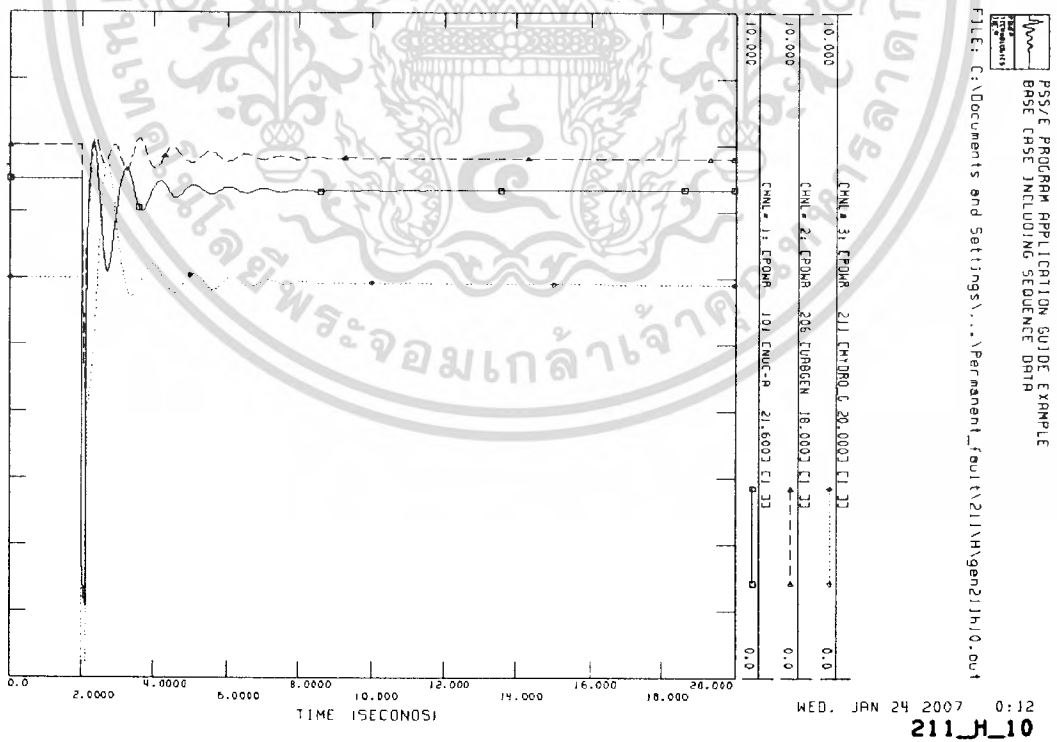


รูปที่ 5.49 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $H = 2.5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

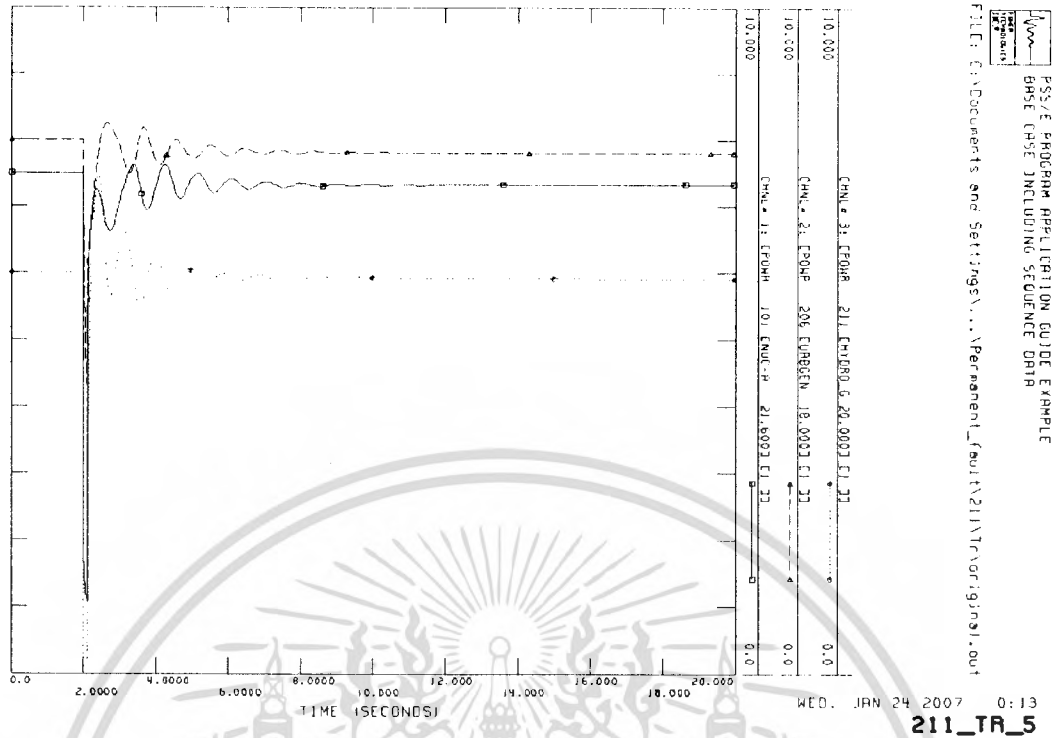


รูปที่ 5.50 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า H = 5

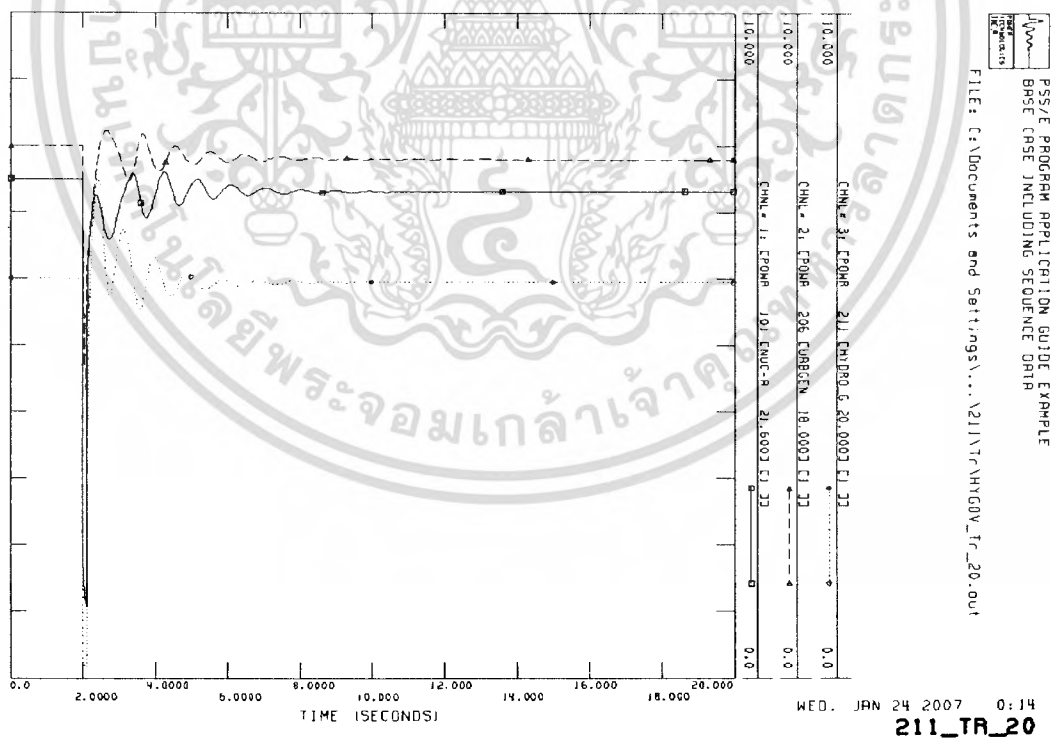


รูปที่ 5.51 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า H = 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.53 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $Tr = 5$



รูปที่ 5.54 กราฟการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิด Permanent Fault ณ บัส 211 ที่ค่า $Tr = 20$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาที่ค่า T_r (Time Constant) โดยที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิงจะได้ว่าที่ค่า T_r ที่สูงกว่าค่าอ้างอิงจะไม่ส่งผลกระทบต่อ overshoot แต่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าน้อยลง โดยสังเกตเปรียบเทียบระหว่าง กำลังไฟฟ้าขณะยังไม่เกิด Fault กับสถานะ Steady State



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 สรุปผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E

จากกราฟเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยแยกเป็นกรณีการเกิด Fault ทั้ง 2 กรณีจะได้รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

6.1.1 เมื่อเกิด Temporary Fault

1. พิจารณาค่า D (Damping Constant) ทำการปรับค่า D โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง จะพบว่าที่ค่า D ที่สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนนักเฉพาะบัสที่เกิด Fault โดยค่า overshoot จะมีค่าที่ต่ำลง ส่วนในบัสอื่นแทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

2. พิจารณาค่า H (Inertia Constant) ทำการปรับค่า H นั่นก็คือขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง จะพบว่าเมื่อขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในบัสทำการปรับค่ามีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ค่า overshoot ของกำลังไฟฟ้าทั้งสามบัส มีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด

3. พิจารณาค่า T1 (Time Constant) ทำการปรับค่า T1 โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง เมื่อทำการปรับค่า T1 ให้สูงกว่าค่าอ้างอิงจะทำให้ overshoot สูงขึ้นทั้งระบบ โดยเห็นได้ชัดเจนกับบัสที่เกิด Fault

4. พิจารณาค่า Tr (Time Constant) ทำการปรับค่า Tr โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง เมื่อทำการปรับค่า Tr ให้สูงขึ้นหรือลดลงกว่าค่าอ้างอิงนั้นแทบไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงของระบบ

6.1.2 เมื่อเกิด Permanent Fault

1. พิจารณาค่า D (Damping Constant) ทำการปรับค่า D โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง จะพบว่าที่ค่า D ที่สูงขึ้นกว่าค่าอ้างอิง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนนักเฉพาะบัสทำการปรับค่า โดยค่า overshoot จะมีค่าที่ต่ำลง ส่วนในบัสอื่นแทบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

2. พิจารณาค่า H (Inertia Constant) ทำการปรับค่า H โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง เมื่อปรับค่า H สูงกว่าค่าอ้างอิงหรือต่ำกว่าค่าอ้างอิงจะทำให้ overshoot ของทั้งระบบสูงขึ้น โดยเห็นได้ชัดเจนกับบัสทำการปรับค่า

3. พิจารณาค่า T1 (Time Constant) ทำการปรับค่า T1 โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง เมื่อทำการปรับค่า T1 ให้สูงกว่าค่าอ้างอิงจะส่งผลให้ overshoot สูงขึ้นต่อระบบโดยรวมทั้งหมด

4. พิจารณาค่า Tr (Time Constant) ทำการปรับค่า Tr โดยให้ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ที่ค่าอ้างอิง เมื่อทำการปรับค่า ให้สูงขึ้นหรือลดลงกว่าค่าอ้างอิงจะไม่ส่งผลต่อ overshoot แต่จะส่งผลถึงกำลังไฟฟ้าที่สภาวะอยู่ตัว โดยที่บัสที่เกิด Fault จะมีการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าน้อยลง และที่บัส 101 และ 206 มีการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ามากขึ้นเมื่อค่า Tr สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Matlab ในบทที่ 3 และการทดลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E ในบทที่ 5 จะสังเกตเห็นว่ากราฟการจำลองผลโดยใช้โปรแกรม Matlab นั้นจะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนกว่าผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม PSS/E นั้นเป็นเพราะการทดลองโดยใช้โปรแกรม Matlab นั้นเป็นการจำลองผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียงตัวเดียวเท่านั้น ส่วนการจำลองผลโดยใช้โปรแกรม PSS/E นั้นที่เราทำการศึกษาเป็นระบบที่มีการเชื่อมต่อกัน ทำให้ผลที่ออกมานั้นมีค่าที่ไม่เด่นชัดมากนัก ซึ่งผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมทั้ง 2 นั้นให้ผลออกมาในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นการศึกษารายละเอียดของการเปลี่ยนตัวแปรต่างๆที่ทำการศึกษาสามารถจำลองอย่างง่ายโดยใช้โปรแกรม Matlab ได้

6.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา

จากการศึกษาโครงการนี้หากมีผู้สนใจศึกษาต่อไปทางผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการจำลองศึกษาระบบไฟฟ้าของประเทศไทย
2. ควรมีการศึกษา Fault ในแบบต่างๆเพิ่มเติม
3. ควรมีการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องควบคุมความเร็วรอบแบบต่างๆเพิ่ม

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Kundar, **Power System Stability and Control**, McGraw-Hill Professional; 1 edition, 1994
- [2] Jan Machowski, Janusz Bialek, James R. Bumby, **Power System Dynamics and Stability**, John Wiley & Sons; 1 edition, 1997
- [3] Hadi Saadat, **Power System Analysis**, McGraw-Hill Professional; Second edition, 2004



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้