

การวิเคราะห์กังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

Wind Turbine System Simulation

นายธีรวัฒน์ พรมมี รหัสนิสิต 45362837

ชื่อของคณะ/ภาควิชา/กรม/สาขา	5 ใล.ย. 2553
มีที่	
เลขที่ บัตร	4999861
เลขเรียกหนังสือ	ร/ร.
หมายเลขติดต่อ	86477

2550  
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ปีการศึกษา 2550



### ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	การวิเคราะห์กังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Wind Turbine System Simulation
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธีรวัฒน์ พรมมี รหัส 45362837
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยคนัย ภาชนะพรรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ปิยคนัย ภาชนะพรรัตน์)

.....กรรมการ  
(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ  
(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

หัวข้อโครงการ	การวิเคราะห์กังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Wind Turbine System Simulation)
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธีรวัฒน์ พรหมมี รหัส 45362837
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยคณัช ภาชนะพรรณ
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

.....

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างแบบจำลองของการทำงานของกังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อเป็นการง่ายต่อการศึกษาอีกทั้งเป็นการศึกษาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาระบบของกังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าให้รู้จักและแพร่หลายต่อไป

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นกล่าวถึงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับวิเคราะห์การทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเพื่อการศึกษา โดยผู้ใช้สามารถมองเห็นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมผลิตไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับระบบผลิตและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้

**Project Title** Wind Turbine System Simulation  
**Name** Mr. Theerawat Prommee ID. 45362837  
**Project Advisor** Mr. Piyadanai Pachanapan  
**Major** Electrical Engineering  
**Department** Electrical and Computer Engineering  
**Academic Year** 2007

---

.....

---

### ABSTRACT

This project is building model of the work of a wind wheel that uses in electricity production for is easiness the education. Moreover, be using computer program education in system development of a wind wheel that uses in electricity production to know and next extensively.

The degree composes this is mention using computer program for analyses the work of a wind wheel produces the electricity for the education. By the user can see electricity production from wind energy produces connection his electricity and the system produce and can analyses general data have in the computer program.



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลายๆท่านด้วยกัน  
ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ปิยนัย ภาชนะพรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ในการให้ความรู้  
คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำโปรแกรมและการค้นหาข้อมูล ตลอดจนตลอดเวลาให้คำแนะนำทั้ง  
ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ดีเยี่ยม และขอกราบ  
ขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล และ ดร.สมพร เรืองสินชัชวานิช ที่ให้คำปรึกษาใน  
เรื่องของการเขียน โปรแกรม และการจัดทำรายงาน

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
นเรศวร ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และอบรมสั่งสอนให้ผู้จัดทำเป็นคนที่ดีของสังคม

ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาในการทำ  
โครงการนี้จนสำเร็จล่วงได้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำเนิด และทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้  
คุณค่า และประโยชน์อันมีจกโครงการนี้ ทางผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านไว้  
ณ โอกาสนี้

ธีรวัฒน์ พรหมมี

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	2
1.5 การดำเนินงาน.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 งบประมาณที่ต้องใช้.....	3
<b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีการสร้างพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม</b>	
2.1 หลักการพื้นฐานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า.....	4
2.1.1 กังหันลมแบบแกนนอน.....	4
2.1.2 กังหันลมแบบแกนตั้ง.....	4
2.2 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม.....	5
2.2.1 ใบกังหัน.....	5
2.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	5
2.2.3 กระจุกเกียร์.....	6
2.2.4 ส่วนป้องกัน.....	6
2.2.5 หอคอย.....	6

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 ระบบควบคุม.....	6
2.3.1 การควบคุมความเร็วที่ใบพัด.....	7
2.3.2 การควบคุมความเร็วที่แกนหมุน.....	7
2.3.3 การควบคุมความเร็วที่กล่องเกียร์.....	8
2.4 ระบบส่งกำลัง.....	8
2.5 การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม.....	8
2.6 การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม.....	10
2.6.1 ลักษณะการใช้งาน.....	10
2.6.2 ลักษณะของลมในสถานที่ติดตั้งเครื่องจักร.....	10
2.7 ข้อดีข้อเสียของโรงไฟฟ้าพลังงานลม.....	10
2.7.1 ข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังงานลม.....	11
2.7.2 ข้อเสียของโรงไฟฟ้าพลังงานลม.....	11
2.8 โปรแกรม Digsilent Power Factory.....	11
<b>บทที่ 3 การออกแบบ โครงงาน และวิธีการดำเนินงาน</b>	
3.1 ขั้นตอนการใช้งาน โปรแกรม Digsilent.....	12
3.2 การออกแบบ Simulation Model.....	15
3.2.1 การสร้างและการกำหนดค่าในบัสบาร์.....	15
3.2.2 การสร้างและการกำหนดค่าในหม้อแปลงไฟฟ้า.....	17
3.2.3 การสร้างและการกำหนดค่าในสายไฟฟ้า.....	19
3.2.4 การสร้างและการกำหนดค่าในโหลด.....	20
3.2.5 การสร้างและการกำหนดค่าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	22
3.3 ทดสอบการไหลของโหลด.....	27
3.4 ทดสอบการลัดวงจรไฟฟ้า.....	29

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ	
4.1 ผลการวิเคราะห์การสร้างไคอะแกรม.....	31
4.2 ผลการป้อนข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ.....	32
4.3 ผลการวิเคราะห์การไหลของไหล.....	33
4.4 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจร.....	34
4.4.1 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B1.....	35
4.4.2 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B3.....	47
4.4.3 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B8&9.....	57
4.4.4 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B4.....	63
4.4.5 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B15.....	69
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการ	
5.1 ผลการดำเนินโครงการ.....	76
5.2 ปัญหาที่พบขณะดำเนินโครงการ.....	76
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	76
เอกสารอ้างอิง.....	77
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	78

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ข้อมูลของแต่ละ巴士	16
3.2 ข้อมูลของแต่ละโหลด巴士	17
3.3 ข้อมูลของแต่ละหม้อแปลงไฟฟ้า	18
3.4 ข้อมูลของแต่ละสายไฟฟ้า	20
3.5 ข้อมูลของแต่ละโหลดไฟฟ้า	21
4.1 สรุปการติดตั้งจริง	74



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง.....5
2.2	ส่วนของการควบคุม.....6
2.3	ส่วนของการควบคุม Turbine Control.....7
2.4	ส่วนของการควบคุม Pitch Control.....7
2.5	ส่วนของการควบคุม Shaft Control.....8
2.6	แผนภูมิแสดงกำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลมแบบต่างๆ.....9
3.1	แสดงการเข้าโปรแกรม.....12
3.2	หน้าจอของโปรแกรม.....13
3.3	การสร้างรายงานใหม่.....13
3.4	หน้าจอสำหรับสร้างแบบการทดสอบและทดสอบระบบ.....14
3.5	เครื่องมือสำหรับสร้างแบบการทดสอบ.....14
3.6	แสดงแบบจำลองไฟฟ้า.....15
3.7	แสดงเครื่องมือบัสบาร์.....15
3.8	แสดงการตั้งค่าบัสบาร์.....16
3.9	แสดงเครื่องมือหม้อแปลงไฟฟ้า.....17
3.10	แสดงการตั้งค่าหม้อแปลงไฟฟ้า.....18
3.11	แสดงเครื่องมือสายไฟฟ้า.....19
3.12	แสดงการตั้งค่าสายไฟฟ้า.....19
3.13	แสดงเครื่องมือโหลด.....20
3.14	แสดงการตั้งค่าโหลด.....21
3.15	แสดงเครื่องมือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....22
3.16	แสดงการตั้งค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....22
3.17	ส่วนการควบคุมของรวม.....23
3.18	ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT.....23
3.19	ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT ในส่วนของ Turbine.....24
3.20	ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT ในส่วนของ Pitch Control.....24

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21	ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT ในส่วนของ Shaft.....25
3.22	ส่วนการควบคุมรวม.....25
3.23	ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล Dego.....26
3.24	การควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซลDegoในส่วนของการควบคุมเทอร์ไบน์.....26
3.25	การควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล Dego ในส่วนของการควบคุม Exciter.....27
3.26	ส่วนการทดสอบการไหลของไหล.....27
3.27	ทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า.....28
3.28	ส่วนการทดสอบการกำหนดค่าการไหลของไหล.....28
3.29	ส่วนการทดสอบการลัดวงจร.....29
3.30	ส่วนการทดสอบกำหนดค่าลัดวงจร.....29
3.31	ส่วนการทดสอบการลัดวงจร.....30
3.32	ส่วนการทดสอบการจำลอง.....30
4.1	แสดงไดอะแกรมที่สมบูรณ์.....31
4.2	แสดงไดอะแกรม.....32
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์การไหลของไหล.....33
4.4	แสดงตำแหน่งบัส B1.....35
4.5	แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT บัสB1.....36
4.6	แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.02 ของบัส B1...36
4.7	แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 ของบัส B1..37
4.8	แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 ของบัส B1..37
4.9	แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1...38
4.10	แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1...38
4.11	แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1...39
4.12	แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1...39
4.13	แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์ที่ 6.12 ของบัส B1.....40
4.14	แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1...40





## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.41	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B3...55
4.42	แสดงตำแหน่งบัส B8&9.....57
4.43	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.56ของบัสB8&9...58
4.44	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.58ของบัสB8&9..58
4.45	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่6.14 ของบัส B8&9..59
4.46	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B8&9..59
4.47	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.56ของบัสB8&9...60
4.48	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.58ของบัสB8&9...60
4.49	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B8&9...61
4.50	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B8&9...61
4.51	แสดงตำแหน่งบัส B4.....63
4.52	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56ของบัส B4...64
4.53	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58ของบัส B4...64
4.54	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B4...65
4.55	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B4...65
4.56	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.56ของบัส B4....66
4.57	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.58ของบัส B4....66
4.58	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B4...67
4.59	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B4...67
4.60	แสดงตำแหน่งบัส B15.....69
4.61	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.84ของบัส B1...70
4.62	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.86ของบัส B1...70
4.63	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของGWTเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 ของบัส B15....71
4.64	แสดงผลการถัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.72 ของบัสB15...71
4.65	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.84ของบัส B15...72
4.66	แสดงผลการถัดวงจรสามเฟสวินาทีที่5ของDegoเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่5.86ของบัส B15...72

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.67	แสดงผลการลัดวงจรเฟสbวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 ของบัส B4...73
4.68	แสดงผลการลัดวงจรเฟสbวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.72 ของบัส B4...73



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

กังหันลมผลิตไฟฟ้าคือ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับและแปลงพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ และนำพลังงานกลมาใช้เพื่อสูบน้ำโดยตรงหรือผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อนำมาใช้ประโยชน์เริ่มมีมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณจนถึงยุคปัจจุบัน โดยการออกแบบกังหันลมต้องอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่าง ๆ เพื่อให้ได้กำลังงานพลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด

พลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีอัตราการเจริญเติบโตของการใช้เป็นอันดับหนึ่งของโลกเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานทดแทนอื่น โดยที่มีการเพิ่มขึ้นประมาณ 30% ต่อปี โดยในปี 2004 มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมประมาณ 40,000 MW และในปี 2005 มีการติดตั้งเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 18,000 MW รวมแล้วมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมทั่วโลกถึงกว่า 58,000 MW การใช้งานของพลังงานลมแบ่งแยกตามประเทศที่ใช้งาน โดยเยอรมันเป็นประเทศที่มีการใช้งานพลังงานลมมากที่สุดประมาณ 18,000 MW ตามด้วยประเทศสเปนและสหรัฐอเมริกา โดยในแถบภูมิภาคเอเชีย มีประเทศอินเดีย, จีนและญี่ปุ่นที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมอยู่

ดังนั้นโครงการนี้จะนำเสนอการศึกษาแบบจำลองการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าและการควบคุมในส่วนของกังหันลม โดยใช้ โปรแกรม Digsilent Power Factory เป็น โปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างค่าที่สำคัญและเกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและไปสู่การประดิษฐ์คิดค้นเทคโนโลยีใหม่ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการใช้งานของ โปรแกรม Digsilent Power Factory
2. เพื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ระบบควบคุมของกังหันลมในการผลิตไฟฟ้า
3. เพื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบและจำลองเหตุการณ์เพื่อวิเคราะห์การทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ต่อกับระบบได้

### 1.3 ขอบข่ายของโครงการ

1. ศึกษาการใช้งานของโปรแกรม Digsilent Power Factory
2. ศึกษาแบบจำลองของระบบกังหันลมไฟฟ้า เพื่อใช้วิเคราะห์การทำงานใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
3. ศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้จากแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมา

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการใช้งานของโปรแกรม Digsilent Power Factory และหาข้อมูลของกังหันลม
2. สร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การทำงานและระบบควบคุมของกังหันลม
3. วิเคราะห์การทำงานที่กรณีศึกษาต่างๆและแก้ไขข้อผิดพลาดของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 1.5 การดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2548				ปี 2549							
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.ศึกษาและค้นคว้าการใช้งานของโปรแกรม Digsilent Power Factory	←→											
2. ศึกษาการทำงานของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยการใช้กังหันลม			←→									
3. ออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม Digsilent Power Factory					←→							
4.เขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด							←→					
5.ทดสอบการทำงาน								←→				
6.สรุปการทดลองและจัดทำรูปเล่ม										←→		

### 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองที่สามารถแสดงผลการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า
2. ได้แบบจำลองที่สามารถศึกษาแบบจำลองของระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้วิเคราะห์การทำงาน
3. สามารถพัฒนาความรู้ระบบควบคุมของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

### 1.7 งบประมาณที่ต้องใช้

- |                                |       |     |
|--------------------------------|-------|-----|
| 1. ค่าเอกสารประกอบการทำโครงการ | 1,100 | บาท |
| 2. ค่าจัดทำรูปเล่มโครงการ      | 900   | บาท |
| รวมเป็นเงินทั้งสิ้น            | 2,000 | บาท |

(สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ



## บทที่ 2

# หลักการการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

ในปัจจุบัน โลกกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนการใช้พลังงาน โดยพลังงานที่นำมาใช้ในปัจจุบัน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และอื่นๆ ล้วนแต่เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปสิ้นไป ต้องใช้เวลานานในการที่จะสร้างพลังงาน ในรูปแบบนี้ขึ้นมา จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาพลังงานรูปแบบอื่นมาทดแทน และพลังงานที่ยั่งยืน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากน้ำขึ้นน้ำลงของทะเลพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่มีการใช้งานมากที่สุด เนื่องมาจากการที่พลังงานไฟฟ้านี้ สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้ง่าย และยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าพลังงานรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากความสำคัญของพลังงาน จึงทำให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าขึ้นเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ให้มีความเพียงพอต่อปริมาณความต้องการ ที่นับวันก็จะยิ่งต้องการใช้งานมากขึ้น อันเนื่องมาจากประชากร และความต้องการทางด้านอุตสาหกรรมการใช้ลมมาผลิตไฟฟ้า คือ การเปลี่ยนรูปแบบพลังงานจลน์ของกระแสลม โดยใช้กังหันลมให้เป็นพลังงานกล แล้วนำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่เนื่องจากความเร็วลมมีความไม่สม่ำเสมอ อาจจะต้องมีระบบเก็บสะสมพลังงาน เช่น ชุดแบตเตอรี่รวมอยู่ด้วย หรืออาจใช้ ผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานอย่างอื่นด้วย

### 2.1 หลักการพื้นฐานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

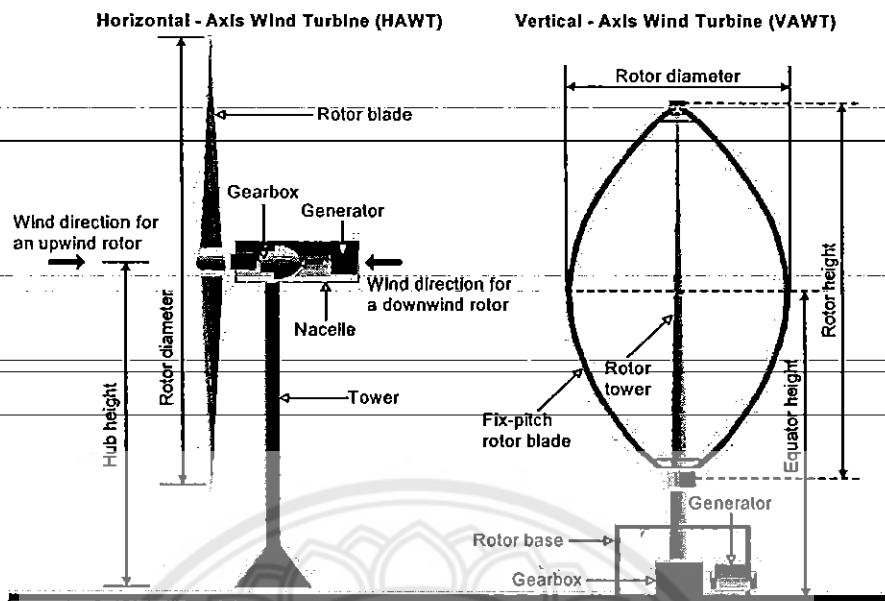
การใช้ลมมาผลิตไฟฟ้า คือ การเปลี่ยนรูปแบบพลังงานจลน์ของกระแสลม โดยใช้กังหันลมให้เป็นพลังงานกล แล้วนำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่เนื่องจากความเร็วลมมีความไม่สม่ำเสมอ อาจจะต้องมีระบบเก็บสะสมพลังงาน เช่น ชุดแบตเตอรี่รวมอยู่ด้วย หรืออาจใช้ ผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานอย่างอื่นด้วยกังหันลมแบ่งออกเป็น

#### 2.1.1. กังหันลมแบบแกนนอน

หมายถึงกังหันลมที่มีแกนหมุน ขนานกับทิศทางของกระแสลม อาทิเช่น กังหันลมพรอพเพิลเลอร์-หรือกังหันลมใบเสื่อลำแพน

#### 2.1.2. กังหันลมแบบแกนตั้ง

หมายถึงกังหันลมที่มีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางของกระแสลม และตั้งฉากกับพื้นผิวโลก อาทิเช่น กังหันลมแควร์เรียสหรือกังหันลมซาโวนีเยส



รูปที่ 2.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง

## 2.2 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมประกอบไปด้วย

### 2.2.1 ใบกังหัน

ใบกังหันนับว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดพลังงานกลที่เพลของกังหัน จำนวนใบกังหันอาจมีตั้งแต่หนึ่งถึงหลายสิบใบ กังหันลมที่มีจำนวนใบมากส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดสูง ในทางตรงข้ามกังหันที่มีจำนวนใบน้อยส่วนใหญ่ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบสูง เช่น การผลิตไฟฟ้า รูปหน้าตัดของใบกังหันอาจมีตั้งแต่ลักษณะแบนอากาศหรือลักษณะคล้ายปีกเครื่องบิน เป็นแผ่นโค้งและเป็นแผ่นราบตรง วัสดุที่ใช้ทำใบกังหันควรจะเป็นวัสดุเบาและแข็งแรงซึ่งอาจเป็นอลูมิเนียมอัลลอยด์ แผ่นเหล็ก ไม้ และไฟเบอร์กลาส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความต้องการของผู้ออกแบบส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ในการรับลมโดยมีการทำงาน 2 แบบคือ drag หรือ lift ในระบบ drag design ลมจะผลักดันใบพัดออกจากทางลมเหมาะสมกับงานที่ต้องการใช้ความเร็วลมน้อยแต่กำลังทอร์คสูง ส่วนในระบบ lift design จะเป็นระบบที่คล้ายกับระบบของเครื่องบิน ลมจะพัดผ่านใบพัด ความแตกต่างของความดันที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวใบพัด

### 2.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากพลังงานกลจากใบพัดเป็นไฟฟ้า

### 2.2.3 กระจุกเกียร์

เป็นเฟืองเกียร์ที่ต่อกับแกนที่หมุนจากใบพัด กับเฟืองเกียร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีการทอรอบทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนได้เร็วขึ้น

### 2.2.4 ส่วนป้องกัน

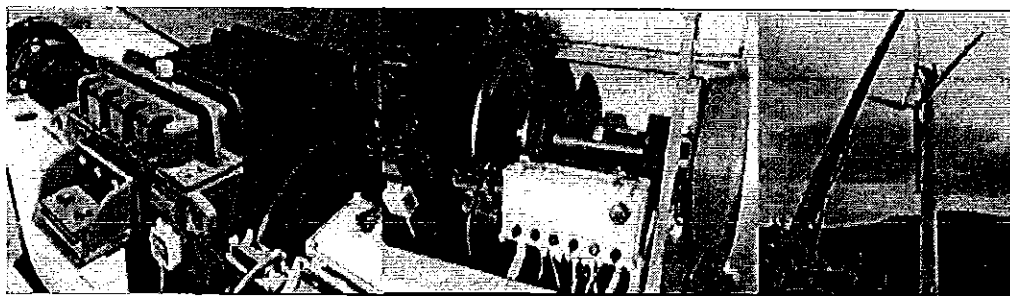
เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับใบพัดและเป็นตัวป้องกันอุปกรณ์ภายในเช่น กระจุกเกียร์, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆ

### 2.2.5 หอคอย

หอคอยทำหน้าที่ยึดตัวกังหันลมให้อยู่ในระดับสูง เพื่อรับกระแสลมได้มากขึ้นทุกทิศทาง หอคอยอาจเป็นท่อนตรงที่มีสายยึดหรืออาจเป็นโครงสร้างเหล็ก (หรือไม้) ที่สามารถรับน้ำหนักและการสั่นสะเทือนเนื่องจากตัวกังหัน ใดเป็นส่วนที่ไม่เพียงใช้เพื่อรองรับ โครงสร้างทั้งหมด แต่ยังเป็นส่วนที่ยกระดับใบพัดให้พ้นจากพื้นดินเพื่อรับลมที่แรงกว่ากังหันลมขนาดใหญ่

## 2.3 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมในชุดกังหันลมส่วนใหญ่จะมี 2 ชนิด โดยเฉพาะแบบแกนนอนคือควบคุมให้ตัวกังหันหันหน้าเข้าหาทิศทางลมตลอดเวลา และควบคุมเพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากความเร็วลมแรงจัด ๆ ระบบควบคุมให้กังหันหน้าเข้าหาทิศทางลม ส่วนมากระบบนี้จะใช้ระบบทางเสื่อ โดยเฉพาะกังหันลมชนิดเล็กเพราะระบบนี้เป็นแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนมาก ส่วนระบบควบคุมเพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากความเร็วลมแรงจัด ๆ ปกติเมื่อลมพัดแรงจัด ๆ จะมีแรงกระทำกับใบกังหันอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบจะออกแบบระบบควบคุมให้ทำงานที่ความเร็วสูงสุดที่กังหันจะรับได้ค่าหนึ่ง การควบคุมจะมีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ ก. ทำให้กังหันลมหันหน้าเหวี่ยงกระแสลมโดยการหัน ไปข้าง ๆ หรือหันเงยหน้าขึ้น หรือทำให้ใบกังหันหุบตัวเพื่อให้มีพื้นที่ของกังหันที่รับกระแสลมน้อยลง ข. ทำให้เกิดการหน่วงต่อการหมุนของกังหันลม ซึ่งอาจทำได้โดยการปิดมุมของใบกังหันให้เกิดการหน่วงมากกว่าการจับ หรือเพิ่มขึ้นส่วนที่ทำให้เกิดแรงหน่วงขึ้นอย่างสูงเมื่อความเร็วถึงจุดที่กำหนดไว้ ในการทดลองของวิทยานิพนธ์ ได้แบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ส่วนคือ

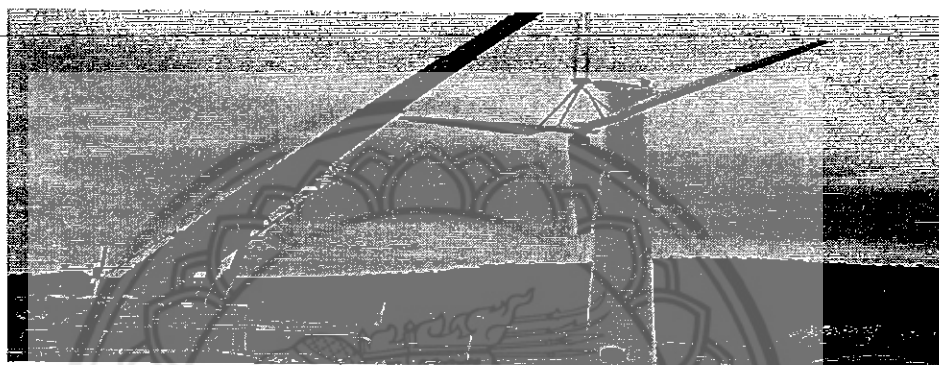


รูปที่ 2.2 ส่วนของการควบคุม



### 2.3.1 การควบคุมความเร็วที่ใบพัด

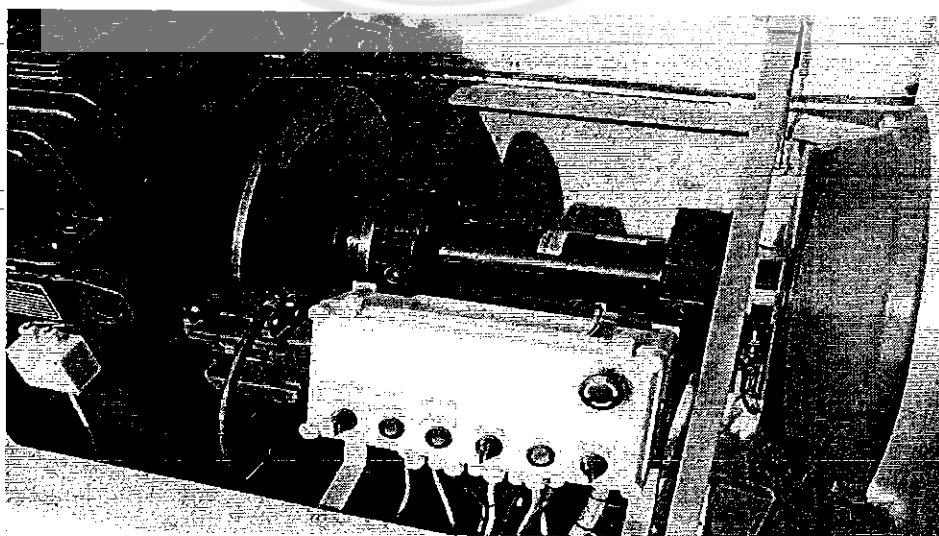
การควบคุมใบพัดนั้น เป็นการควบคุมให้มีการหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือควบคุมให้การหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีความเร็วช้าลง โดยมีวิธีการทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือช้าลงโดยการปรับมุมการรับลมของใบพัดให้มีการรับลมมากหรือน้อยก็จะมีผลให้ความเร็วของกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือลดลงความเร็วของการหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้ามวลของอากาศมีผลต่อความเร็วด้วย จากการจำลองการควบคุมในส่วนการควบคุมที่ใบพัดจะอยู่ในส่วนของ Turbine Control



รูปที่ 2.3 ส่วนของการควบคุม Turbine Control

### 2.3.2 การควบคุมความเร็วที่แกนหมุน

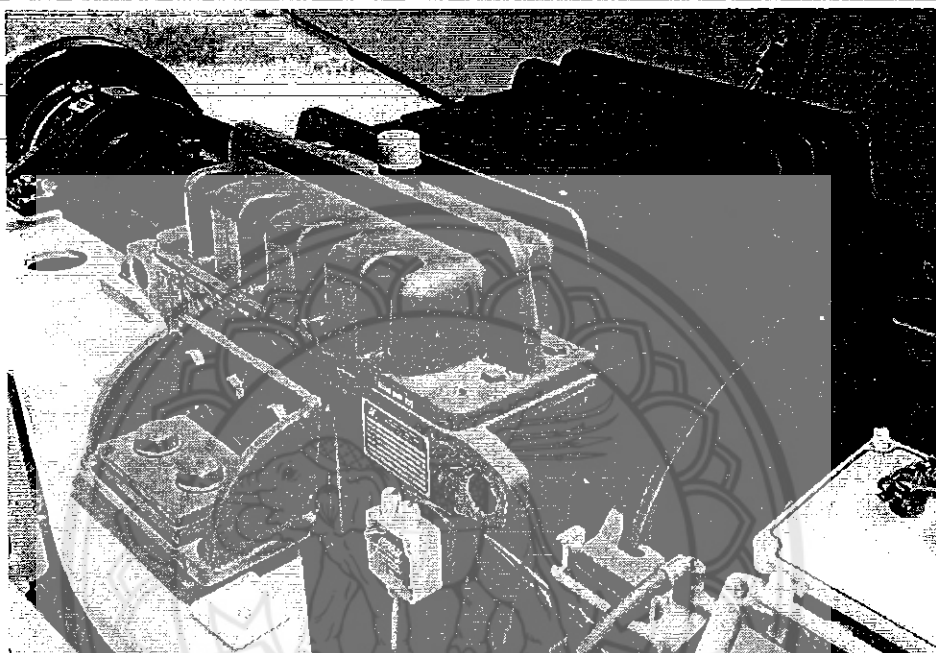
เป็นการควบคุมให้มีการหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้มีความเร็วช้าลง โดยมีวิธีการทำให้มีความเร็วช้าลงโดยการหน่วงให้เกิดการช้าลงของแกนหมุนกังหันผลิตไฟฟ้าให้มีความเร็วช้าลงในส่วนนี้จะเป็นการทำให้ความเร็วของการหมุนช้าลง จากการจำลองการควบคุมในส่วนการควบคุมที่แกนหมุนจะอยู่ในส่วนของ Pitch Control



รูปที่ 2.4 ส่วนของการควบคุม Pitch Control

### 2.3.3 การควบคุมความเร็วที่ถ่วงเกียร์

เป็นการควบคุมให้มีการหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือควบคุมให้การหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีความเร็วช้าลง โดยมีวิธีการทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือช้าลง โดยการเพิ่มหรือลดเฟืองเกียร์ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าก็จะมีผลทำให้ความเร็วตามที่ต้องการ จากการจำลองการควบคุม ในส่วนการควบคุมที่ถ่วงเกียร์จะอยู่ในส่วนของ Shaft Control



รูปที่ 2.5 ส่วนของการควบคุม Shaft Control

### 2.4 ระบบส่งกำลัง

การส่งกำลังจากตัวกังหันเพื่อไปใช้งานอาจต่อกับเพลาได้โดยตรง หรือผ่านระบบส่งกำลัง เช่น เฟือง สายพาน และ ไฮดรอลิกส์ ซึ่งจะมีการทดรอบให้สอดคล้องกันระหว่างความเร็วรอบของแกนของกังหันกับการใช้งาน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

### 2.5 การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม มีหลักการการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน คือพลังงานในลมทำหน้าที่หมุนใบพัดรอบโรเตอร์ ในขณะที่โรเตอร์เชื่อมต่อกับส่วนของกระจุกเกียร์ ที่ทำการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นการผลิตไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมสามารถใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับบ้านที่อยู่อาศัย, อาคารสำนักงาน หรือเชื่อมต่อกับสายไฟของการไฟฟ้าเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของความเร็วลม ที่แปรผันตามธรรมชาติ และความต้องการพลังงาน ที่สม่ำเสมอให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว จะต้องมีตัวกักเก็บพลังงานและ ใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เชื่อถือได้เป็น

แหล่งสำรองหรือใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น ก. ตัวกักเก็บพลังงานมีอยู่หลายชนิด ส่วนมากขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ เช่น ถ้ำเป็นกักเก็บเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมักนิยมใช้แบตเตอรี่เป็นตัวกักเก็บ การสูบน้ำไปกักเก็บไว้ในลักษณะของพลังงานศักย์และการเก็บในรูปของพลังงานกล (อาศัยแรงเฉื่อยมวล) ฯลฯ ข. การใช้แหล่งพลังงานอื่นเป็นตัวหมุน ระบบนี้ปกติกังหันลมจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้ตลอดเวลาที่มีความเร็วลมเพียงพอ หากความเร็วลมต่ำหรือลมสงบ แหล่งพลังงานชนิดอื่นจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานทดแทน ค. การใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น ระบบนี้ปกติมีแหล่งพลังงานชนิดอื่นจ่ายพลังงานอยู่แล้ว กังหันลมจะจ่ายพลังงานเมื่อมีความเร็วลมเพียงพอซึ่งในขณะเดียวกันก็ลดการจ่ายพลังงานจากแหล่งอื่น (เช่น ลดการใช้น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ดีเซล) ระบบนี้ต่างกับระบบที่กล่าวถึงในข้อ ข. ตรงที่ว่า ข้อ ข. กังหันลมจ่ายพลังงานเป็นตัวหลักและแหล่งพลังงานส่วนอื่นเป็นแหล่งสำรอง แต่ในระบบข้อ ค. นี้ แหล่งพลังงานอื่นจ่ายพลังงานเป็นหลักส่วนกังหันลมทำหน้าที่เสริมพลังงานของต้นพลังงานหลัก พลังงานอย่างอื่นที่กล่าวถึงนี้อาจเป็นเครื่องจักรดีเซลหรือพลังงานน้ำจากเขื่อน ฯลฯ สมการแสดงกำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลม

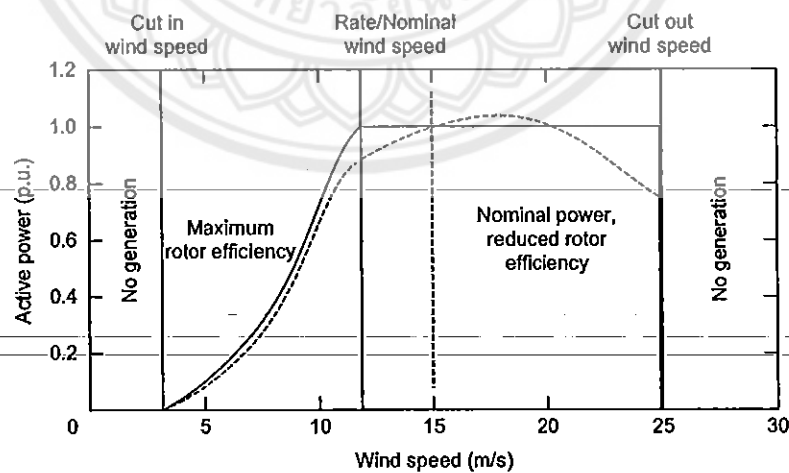
$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots(2.1)$$

เมื่อ  $P_w$  คือ กำลังของลม (W)

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ มีค่าเท่ากับ  $1.225 \text{ kg/m}^3$

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัด ( $m^2$ )

$v$  คือ ความเร็วลม ( $m/s$ )



รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงกำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลมแบบต่างๆ

## 2.6 การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

ข้อพิจารณาการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม ในขณะที่แหล่งลมที่ดีที่สุดมักพบตามพื้นที่เกษตรกรรม แต่พลังงานลมในสถานที่ต่างกันมักจะแตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้นก่อนที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม มีปัจจัยสำคัญ 2 อย่างที่ต้องคำนึงคือ

### 2.6.1 ลักษณะการใช้งาน

เนื่องจากมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมหลากหลายชนิด ผู้ใช้ต้องตัดสินใจว่าจะนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในลักษณะงานแบบใด ผู้ใช้บางคนอาจต้องการพลังงานเพียงเพื่อใช้ในครัวเรือนหรือในเรือกสวนไร่นา โดยที่ไฟฟ้าที่ผลิตเป็นส่วนเกินอาจขายกลับให้การไฟฟ้า หรือบางกลุ่มอาจต้องการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานลมเพื่อขายให้กับตลาดขายไฟ

### 2.6.2 ลักษณะของลมในสถานที่ติดตั้งเครื่องจักร

เพื่อกำหนดชนิดของกังหันลม ในการติดตั้ง ปัจจัยที่ผลต่อลักษณะของลมเช่น ก. ความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงความเร็วลมมักแตกต่างกันจากปีหนึ่งไปอีกปีหนึ่ง, ฤดูกาลหนึ่งไปฤดูกาลหนึ่ง หรือช่วงเวลาระหว่างวัน ซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดย วัดค่าหรือใช้ข้อมูลความเร็วลมจากสถานที่ใกล้เคียง ข. การกระจายตัวของความเร็วลม โดยทั่วไปลมไม่ได้พัดด้วยความเร็วลมคงที่ตลอดวัน แหล่งพลังงานลมที่ดีควรมีความเร็วลมที่สูงค่อนข้างคงที่ตลอดวัน ค. ทิศทางลม ก่อนติดตั้งเครื่องจักรผลิตไฟฟ้าพลังงานลม ควรตรวจสอบทิศทางลมก่อน เพื่อให้ได้พลังงานที่สูงที่สุด ง. อุปสรรค ยกตัวอย่างเช่น อาคารสูง มีผลทำให้ความเร็วลมลดลง

## 2.7 ข้อดีข้อเสียของโรงไฟฟ้าพลังงานลม

กังหันลมขนาดเล็กเพื่อการสูบน้ำ และการผลิต ไฟฟ้ามีจำหน่ายแล้วในต่างประเทศกังหันลมขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้พัฒนาจนเป็นการค้าได้แล้ว กำลังผลิตสูงสุดถึง 1.65 MW พลังงานลมในเมืองไทยโดยทั่ว ๆ ไปแล้วยังไม่ดึงดูดใจเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามกังหันลมเพื่อการวิดน้ำก็ได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในบางจังหวัดบริเวณอ่าวไทยจากการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานลมมาใช้งานในการไฟฟ้านครหลวงด้วยข้อมูลปัจจุบันพบว่ายังไม่เหมาะสมนักเนื่องจากความเร็วลมเฉลี่ยของเขตกรุงเทพมหานครยังอาจไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตามในพื้นที่บางแห่งในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวงอาจมีความเหมาะสมในการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเช่น พื้นที่เขตใกล้ชายฝั่งทะเลหรือที่ยอดอาคารสูง ซึ่งในอนาคตควรมีการศึกษาในเรื่องของ “wind survey” เพิ่มเติม อีกทั้งควรมีการติดตามเทคโนโลยีทางด้านกังหันลมที่ใช้ในพื้นที่เขตความเร็วลมต่ำเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในเขตพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงต่อไปหากมีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

### 2.7.1 ข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังลม

เป็นการนำพลังงานที่ไม่มีวันหมดมาใช้งาน ทำให้ประหยัดค่าพลังงานที่ต้องนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าในระยะยาวเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า เนื่องจากมีการลงทุนเพียงครั้งเดียวคือค่าติดตั้งและบำรุงรักษาเท่านั้นระบบไม่ซับซ้อนเข้าใจง่ายคือ อาศัยพลังลมไปหมุนแกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น ทำให้มีความปลอดภัยและมีอันตรายน้อย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าอย่างอื่น

### 2.7.2 ข้อเสียของโรงไฟฟ้าพลังลม

มีความไม่แน่นอนของการผลิตพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในขณะที่ไม่มีลม ทำให้เสียสภาพแวดล้อม เป็นมลพิษทางสายตา ทำให้ทัศนียภาพไม่สวยงาม อาจเป็นอันตรายต่อ นก และนัก โคดรัม หากเข้ามาใกล้บริเวณนี้ การลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้าค่อนข้างจะสูง

## 2.8 โปรแกรม Digsilent Power Factory

โปรแกรม Digsilent Power Factory นั้นเป็นโปรแกรมที่ถือว่าเป็นโปรแกรมที่ใหม่พอสมควร อีกทั้งยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย จึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งานทั้งที่เป็นโปรแกรมที่ถือว่าสมบูรณ์ทางระบบไฟฟ้าโปรแกรมหนึ่ง

### 2.8.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ Digsilent Power Factory

โปรแกรม Digsilent Power Factory เป็นโปรแกรมของประเทศเยอรมัน ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์อีกทั้งยังมีความสามารถทางระบบไฟฟ้าอยู่ในขั้นสูงอีกด้วย ในกรณีศึกษาผู้จัดทำได้จัดทำจำลองสร้างระบบไฟฟ้าและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าได้แก่ สถานะเริ่มต้นของระบบ, การลัดวงจรโดยใช้โปรแกรม Digsilent Power Factory มาใช้วิเคราะห์ โปรแกรม Digsilent Power Factory มีความสามารถวิเคราะห์ระบบ สร้างแบบจำลอง สร้างระบบควบคุม ของมอเตอร์ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำหนดขนาดชนิดของอุปกรณ์ตัวอื่นๆของระบบไฟฟ้าได้อย่างสมบูรณ์

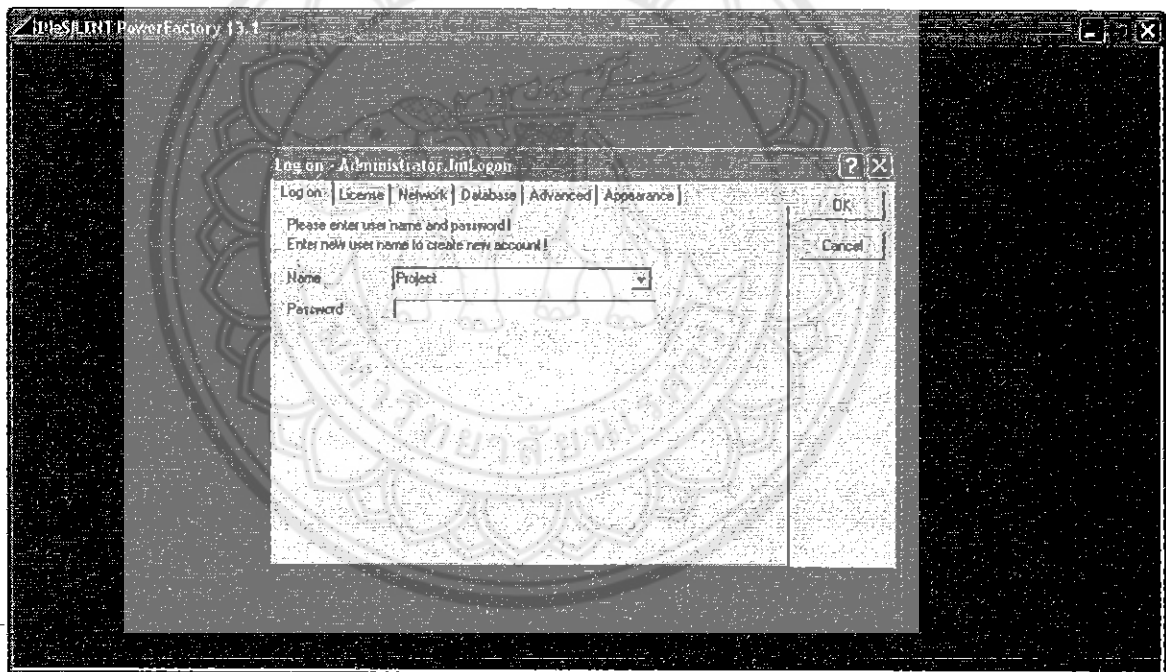
## บทที่ 3

### การออกแบบโครงการ และวิธีการดำเนินงาน

การใช้งานโปรแกรม Digsilent Power Factory และการสร้างสถานะทดลองเบื้องต้น สำหรับจำลองระบบไฟฟ้าพลังงานเพื่อการทดสอบ โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ

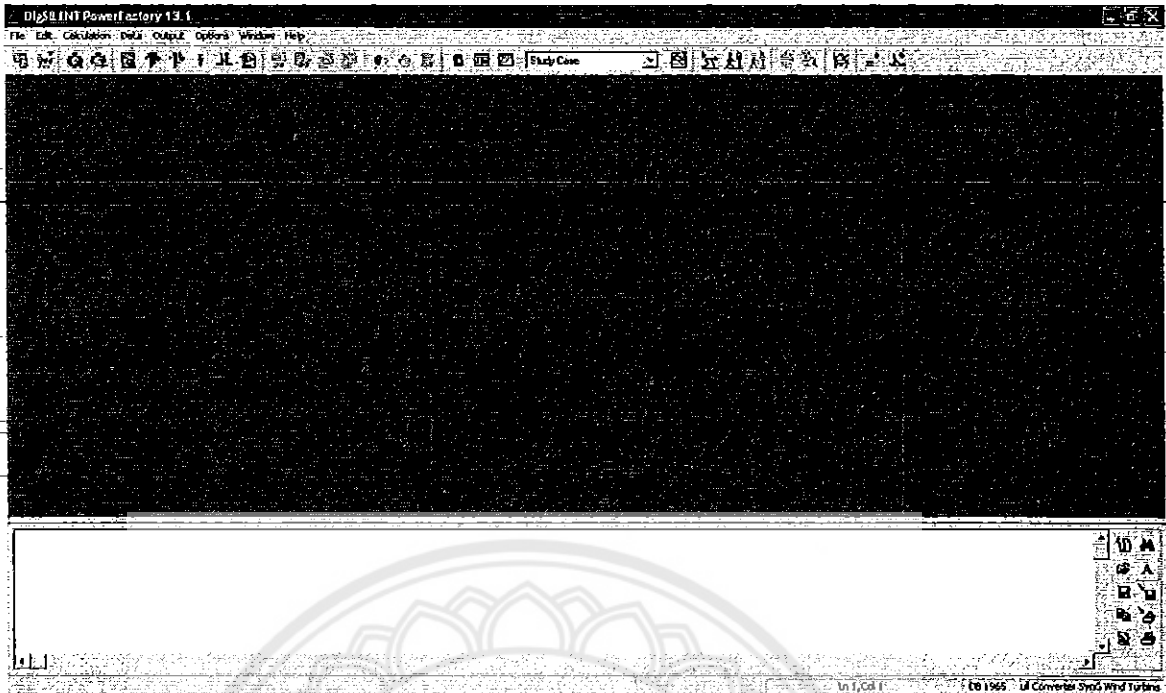
#### 3.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Digsilent Power Factory

การใช้งานโปรแกรม Digsilent Power Factory ต้องใช้โปรแกรมนี้ภายในระบบเครือข่ายของภาควิชาไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์เนื่องจากโปรแกรมมีการตรวจสอบลิขสิทธิ์ผ่านทางเครือข่าย ซึ่งเมื่อเปิดโปรแกรมต้องใส่ชื่อผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1

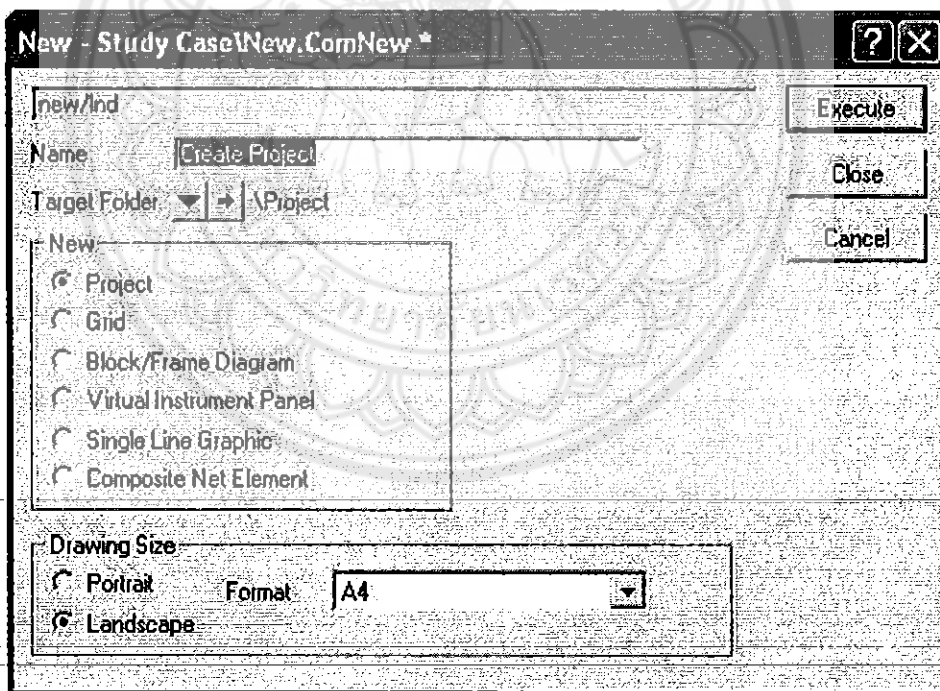


รูปที่ 3.1 แสดงการเข้าโปรแกรม

ซึ่งเมื่อเข้าโปรแกรมได้แล้วจะพบหน้าจอของโปรแกรมซึ่งยังเป็นหน้าจอว่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และจะต้องทำการสร้าง Project ขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้สร้างสถานะทดลองเบื้องต้น และทดสอบระบบที่เราต้องการ โดยไปที่ File > New แล้วจะแสดงหน้าต่างขึ้นมาให้เราตั้งชื่อ Project และคุณสมบัติที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 3.3

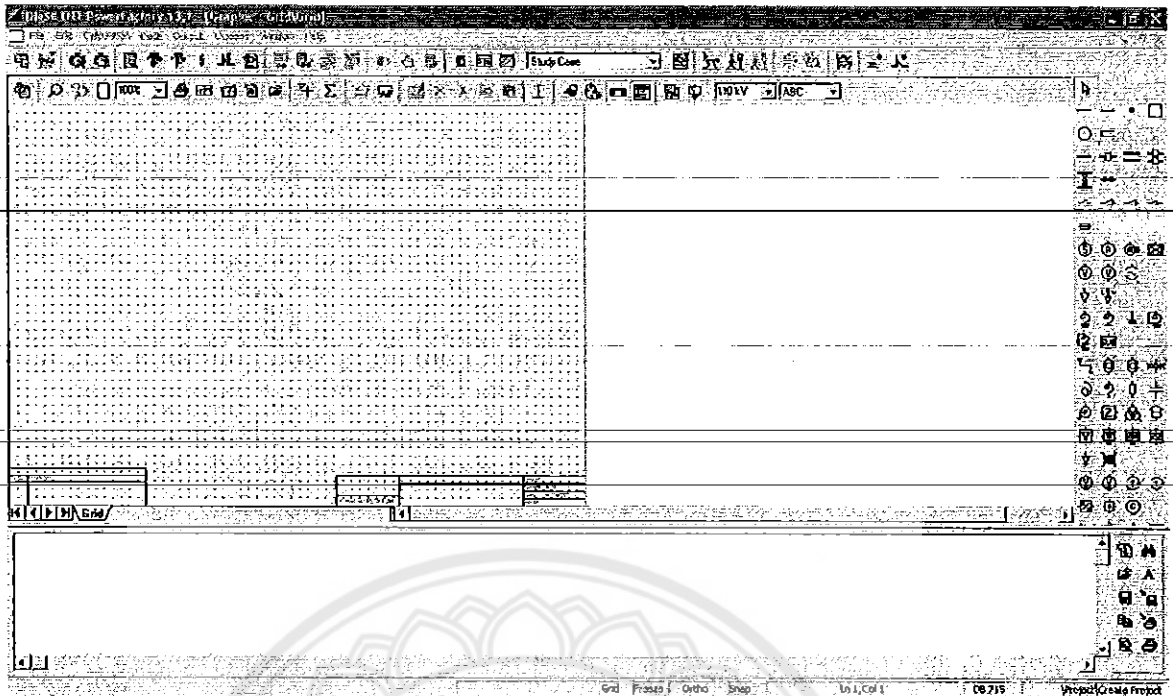


รูปที่ 3.2 หน้าจอของ โปรแกรม



รูปที่ 3.3 การสร้างรายงานใหม่

หลังจากนั้นจะได้หน้าจอสำหรับสร้างแบบการทดสอบ และส่วนของการทดสอบระบบที่เราสร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 หน้าจอสำหรับสร้างแบบการทดสอบและทดสอบระบบ

หลังจากนั้นจึงใช้เครื่องมือทางด้านขวามือสร้างแบบการทดสอบ ที่เราต้องการ โดยเครื่องมือที่ใช้สร้าง แสดงในรูปที่ 3.5

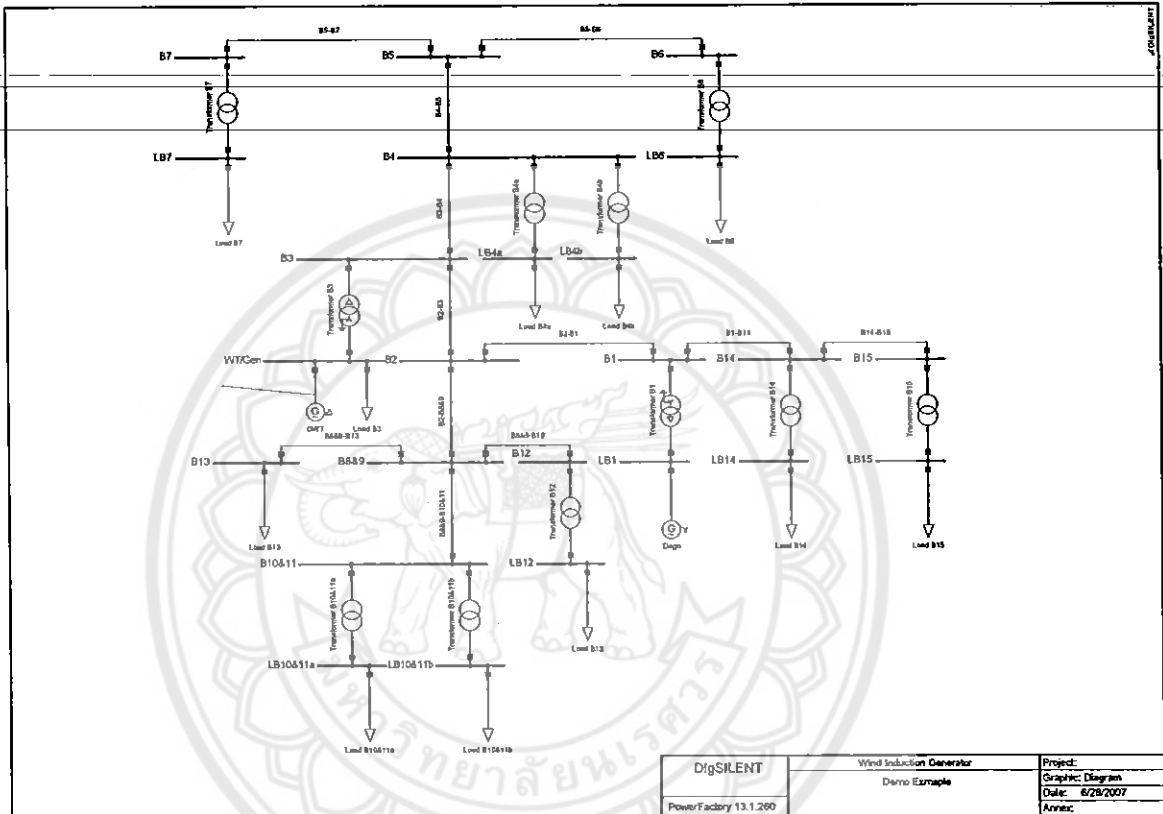


รูปที่ 3.5 เครื่องมือสำหรับสร้างแบบการทดสอบ



### 3.2 การออกแบบสร้างแบบจำลองไฟฟ้า

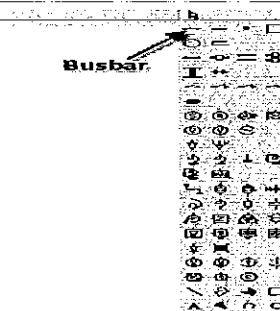
การสร้างแบบจำลองไฟฟ้า เป็นระบบที่มีทั้งสามเฟสและหนึ่ง รวมอยู่ด้วยกันมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสองตัวคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม (GWT) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังดีเซล (Degeo) และมีอุปกรณ์อื่นๆดังแสดงดังรูปนั้นวิธีสร้างและกำหนดค่าในอุปกรณ์ก่อนที่จะได้มาเป็นแบบจำลอง ไฟฟ้าดังมีการกำหนดค่าดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.6 แสดงแบบจำลองไฟฟ้า

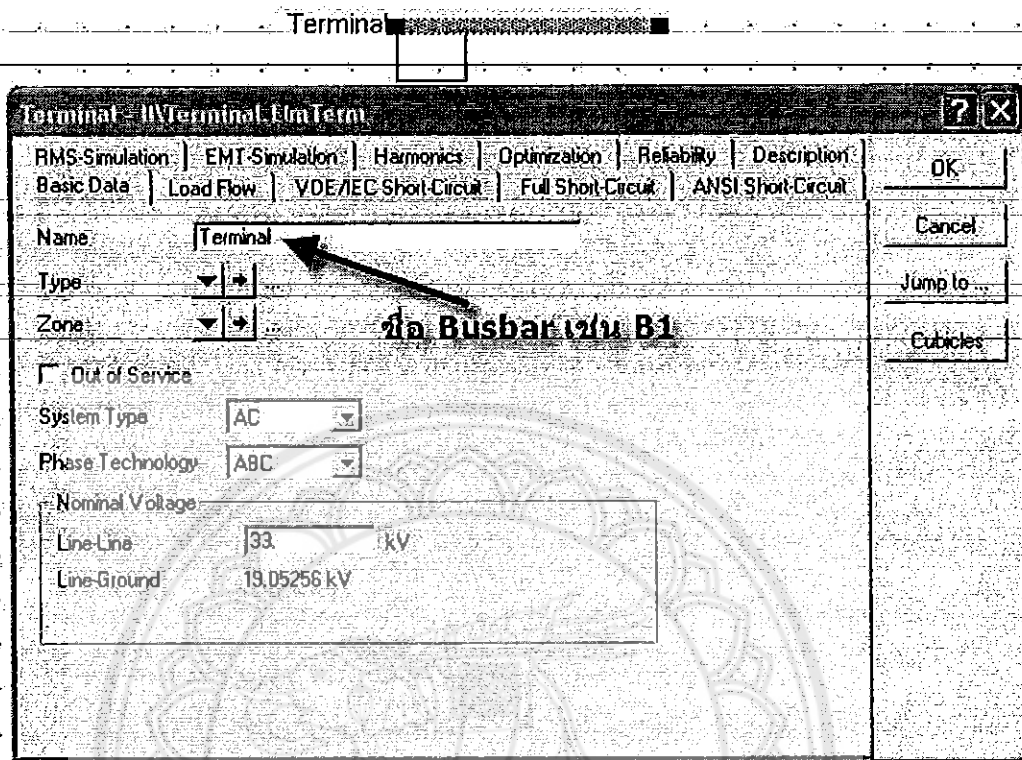
#### 3.2.1 การสร้างและการกำหนดค่าในบัสบาร์

ในการสร้างเลือกอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องมือบัสบาร์

จากนั้นนำมาสร้างเป็นบัสบาร์ดังรูป



รูปที่ 3.8 แสดงการตั้งค่าบัสบาร์

การกำหนดข้อมูลของแต่ละบัสบาร์มีทั้งหมด 13 บัสบาร์กำหนดดังนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของแต่ละบัสบาร์

บัสบาร์	ชนิดของระบบไฟฟ้า	ชนิดของเฟส	แรงดันระหว่างสาย
B1	AC	ABC	33kV
B2	AC	ABC	33kV
B3	AC	ABC	33kV
B4	AC	ABC	33kV
B5	AC	ABC	33kV
B6	AC	ABC	33kV
B7	AC	ABC	33kV
B8&9	AC	ABC	33kV
B10&11	AC	ABC	33kV

B12	AC	1PH	33kV
B13	AC	1PH	33kV
B14	AC	ABC	33kV
B15	AC	ABC	33kV

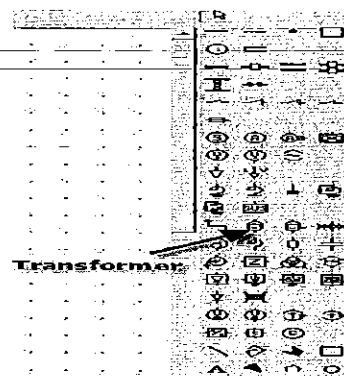
จากนั้นเป็นการกำหนดโหลดบัสมีทั้งหมด 11 โหลดบัสดังนี้

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลของแต่ละโหลดบัส

โหลดบัส	ชนิดของระบบไฟฟ้า	ชนิดของเฟส	แรงดันระหว่างสาย
LB1	AC	สามเฟส	0.4kV
LB3	AC	สามเฟส	0.4kV
LB4a	AC	สามเฟส	0.4kV
LB4b	AC	สามเฟส	0.4kV
LB6	AC	สามเฟส	0.4kV
LB7	AC	สามเฟส	0.4kV
LB10&11a	AC	1PH	0.23kV
LB10&11b	AC	1PH	0.23kV
LB12	AC	1PH	0.23kV
LB14	AC	1PH	0.23kV
LB15	AC	1PH	0.23kV

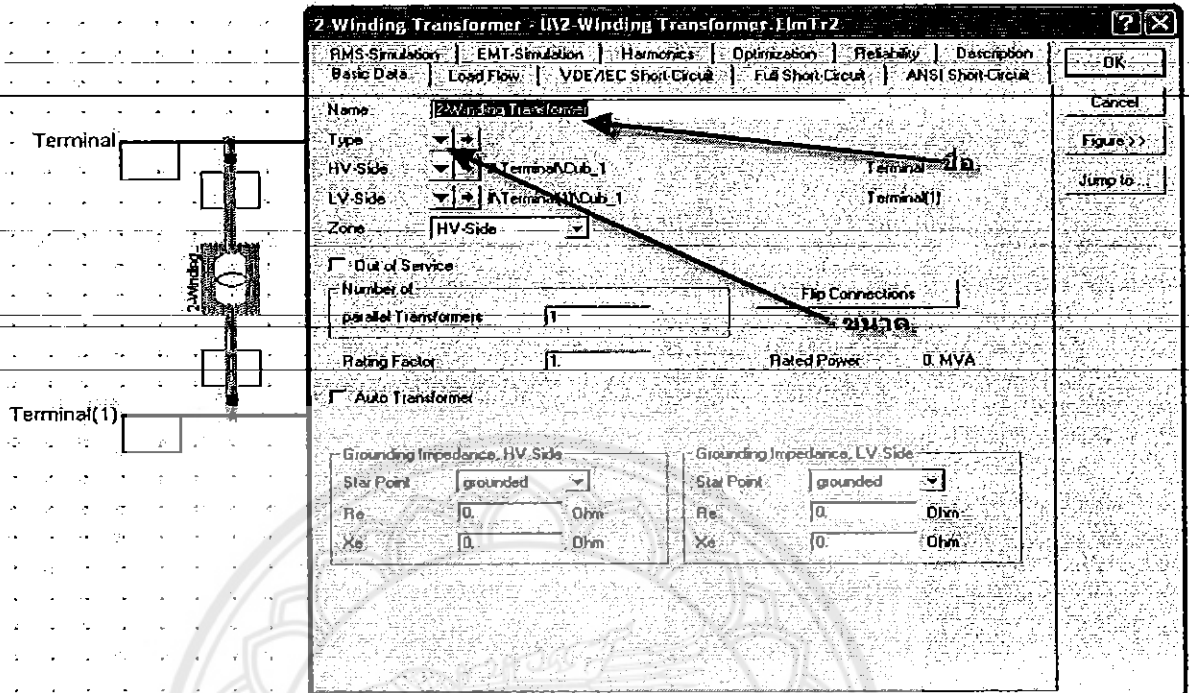
### 3.2.2 การสร้างและการกำหนดค่าในหม้อแปลงไฟฟ้า

เลือกอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องมือหม้อแปลงไฟฟ้า

## นำมาสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าดังรูป



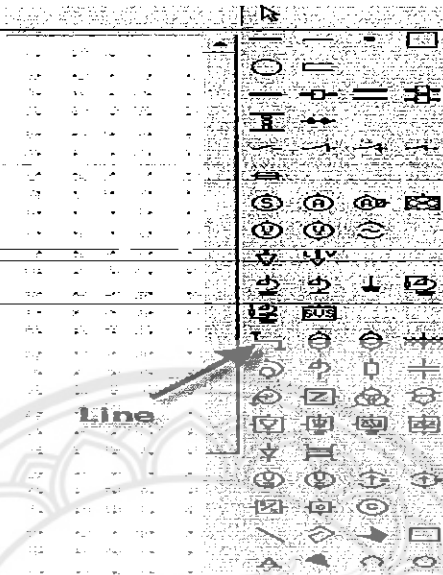
รูปที่ 3.10 แสดงการตั้งค่าหม้อแปลงไฟฟ้า

การกำหนดข้อมูลของแต่ละหม้อแปลงไฟฟ้ามีทั้งหมด 11 ตัวกำหนดดังนี้

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลของแต่ละหม้อแปลงไฟฟ้า

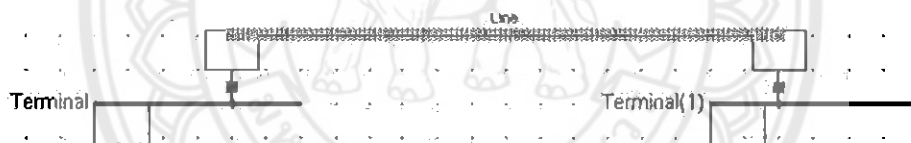
ชื่อหม้อแปลงไฟฟ้า	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า	ชนิดหม้อแปลงไฟฟ้า
B1	1250kVA-33kV/400V-YD1	สามเฟส
B3	250kVA-33kV/400V	สามเฟส
B4a	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส b)
B4b	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (b)
B6	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (a)
B7	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (a)
B10&11a	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (a)
B10&11b	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (a)
B12	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (a)
B14	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (c)
B15	160kVA-33kV/400V	หนึ่งเฟส (c)

### 3.2.3 การสร้างและการกำหนดค่าในสายไฟฟ้า เลือกอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องมือสายไฟฟ้า

นำมาสร้างสายไฟฟ้างดังรูป



Resulting Values	
Rated Current	0 kA
Pos Seq Impedance, Z1	0 Ohm
Pos Seq Impedance, Angle	0 deg
Pos Seq Resistance, R1	0 Ohm
Pos Seq Reactance, X1	0 Ohm
Zero Seq Resistance, R0	0 Ohm
Zero Seq Reactance, X0	0 Ohm
Earth Fault Current, I <sub>ca</sub>	0 A
Earth Factor, Maxitude	0
Earth Factor, Angle	0 deg

รูปที่ 3.12 แสดงการตั้งค่าสายไฟฟ้า

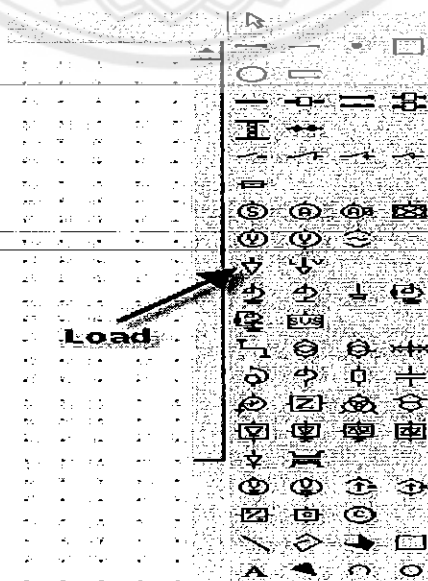
การกำหนดข้อมูลของแต่ละสายไฟฟ้าที่กำหนดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลของแต่ละสายไฟฟ้า

ชื่อของสายไฟ	ชนิดของสายไฟ	ระยะทางของสายไฟ(km)	ค่า R1,R0	ค่า X1,X0
B2-B3	95 PIC-3phase	0.35	0.410486,0.590097	0.360699,1.57652
B2-B1	95 PIC-3phase	0.55	0.410486,0.590097	0.360699,1.57652
B1-B14	50 PIC-1phase	0.25	8.794822	7.866078
B14-B15	50 PIC-1phase	3	8.794822	7.866078
B3-B4	120 PIC-3phase	0.8	0.32149,0.49949	0.33539,1.602
B4-B5	120 PIC-3phase	1.2	0.32149,0.49949	0.33539,1.602
B5-B6	95 PIC-3phase	0.1	0.410486,0.590097	0.360699,1.57652
B5-B7	95 PIC-3phase	0.9	0.410486,0.590097	0.360699,1.57652
B2-B8&9	95 PIC-3phase	0.45	0.410486,0.590097	0.360699,1.57652
B8&9-B13	50 PIC-1phase	1	8.794822	7.866078
B8&9-B12	50 PIC-1phase	1	8.794822	7.866078
B8&9-B10&11	50 PIC-1phase	1.25	8.794822	7.866078

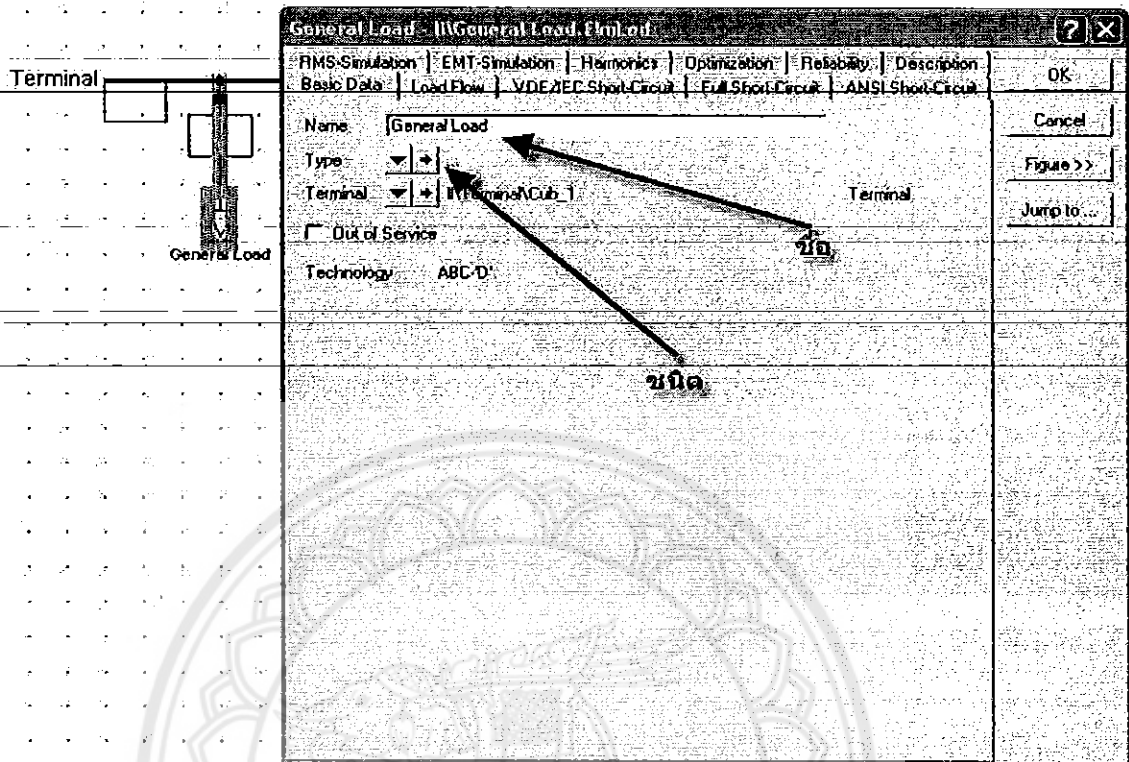
### 3.2.4 การสร้างและการกำหนดค่าในโหลด

เลือกอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 3.13 แสดงเครื่องมือโหลด

## นำมาสร้างโหลดดังรูป



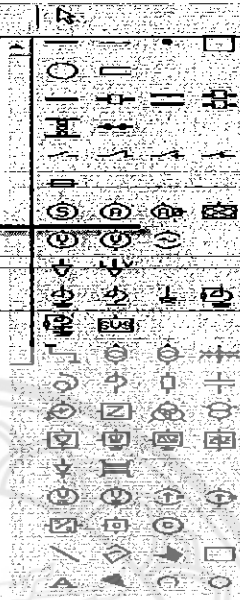
รูปที่ 3.14 แสดงการตั้งค่าโหลด

การกำหนดข้อมูลของแต่ละโหลดกำหนดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลของแต่ละโหลดไฟฟ้า

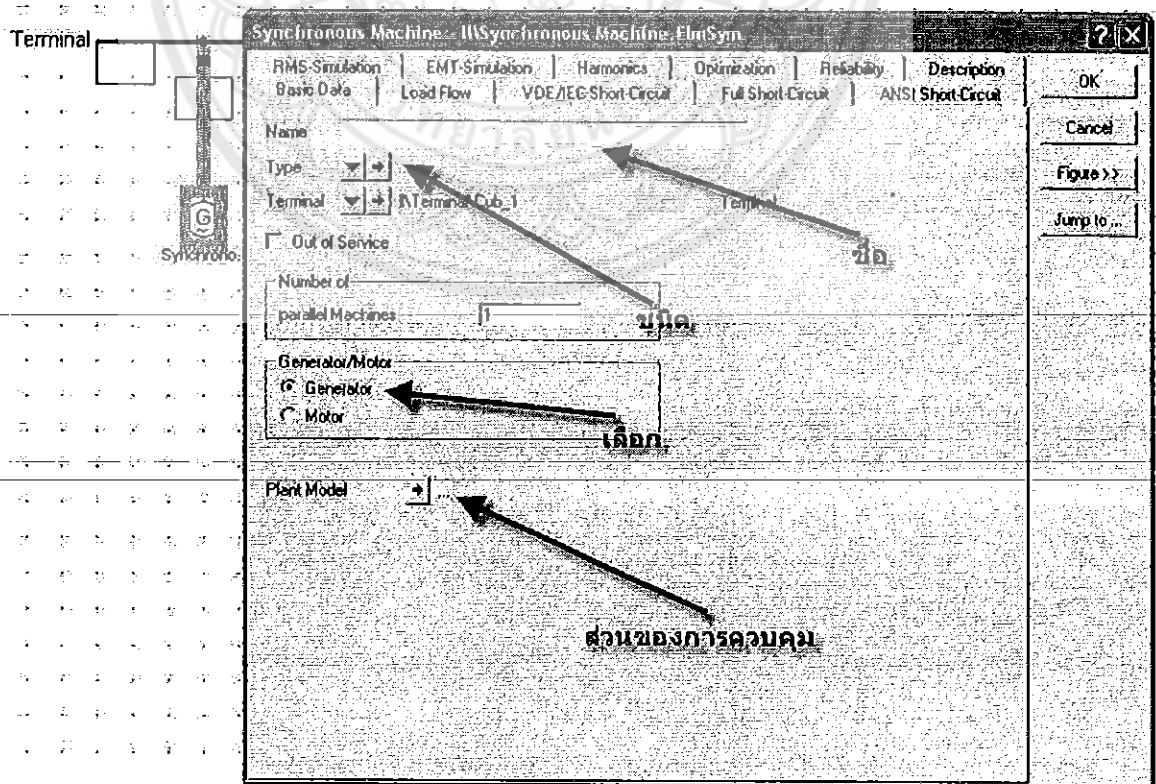
ชื่อโหลด	ชนิดโหลด	ขนาดโหลด (MW)	p.f.
B4a	Load-lowvolt	0.05	0.8
B4b	Load-lowvolt	0.05	0.8
B6	load 1 phase	0.05	0.8
B7	load 1 phase	0.05	0.8
B10&11a	load 1 phase	0.05	0.8
B10&11b	load 1 phase	0.05	0.8
B12	load 1 phase	0.05	0.8
B13	load 1 phase	0.05	0.8
B14	load 1 phase	0.1	0.8
B15	load 1 phase	0.1	0.8

### 3.2.5 การสร้างและการกำหนดค่าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เลือกอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 3.15 แสดงเครื่องมือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

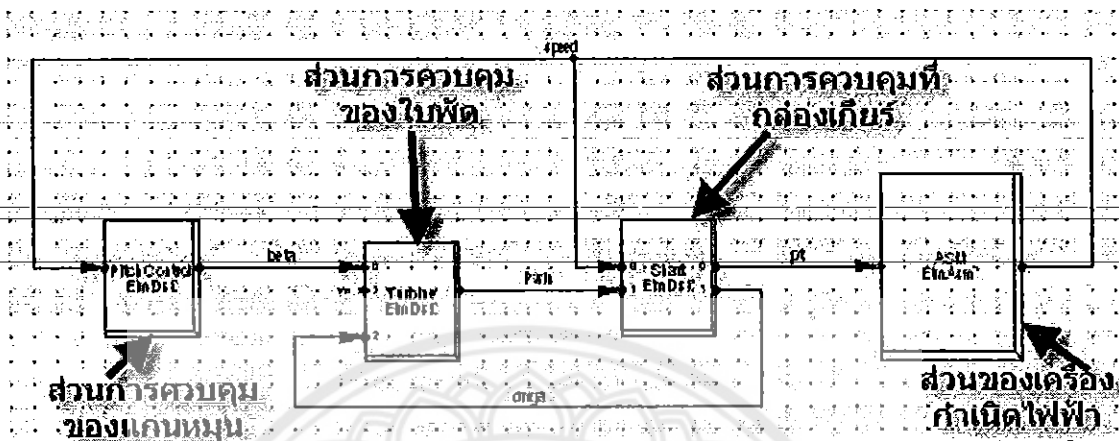
นำมาสร้าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้างดังรูป



รูปที่ 3.16 แสดงการตั้งค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



การกำหนดข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำหนดดังต่อไปนี้  
 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT เป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้า ขนาด 500 kW และมีการใส่ในส่วน  
 ของการควบคุมดังนี้



รูปที่ 3.17 ส่วนการควบคุมของรวม

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Composite Model - WindGenVPlant WT.ElmComp

Basic Data | Description

Name:

Frame:

Out of Service

Slot Definition

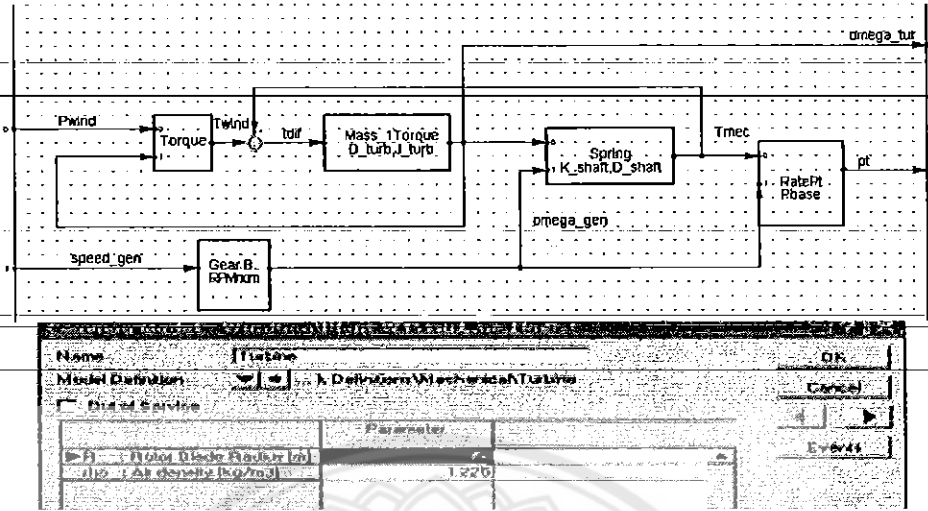
	Slots BlkSlot	Net Elements Elm*,Sta*,InRef
▶ 1	ASM	GWT
2	Turbine	Turbine
3	Pitch Control	Pitch Control
4	Shaft	Shaft

Slot Update      Step Response Test

OK  
Cancel

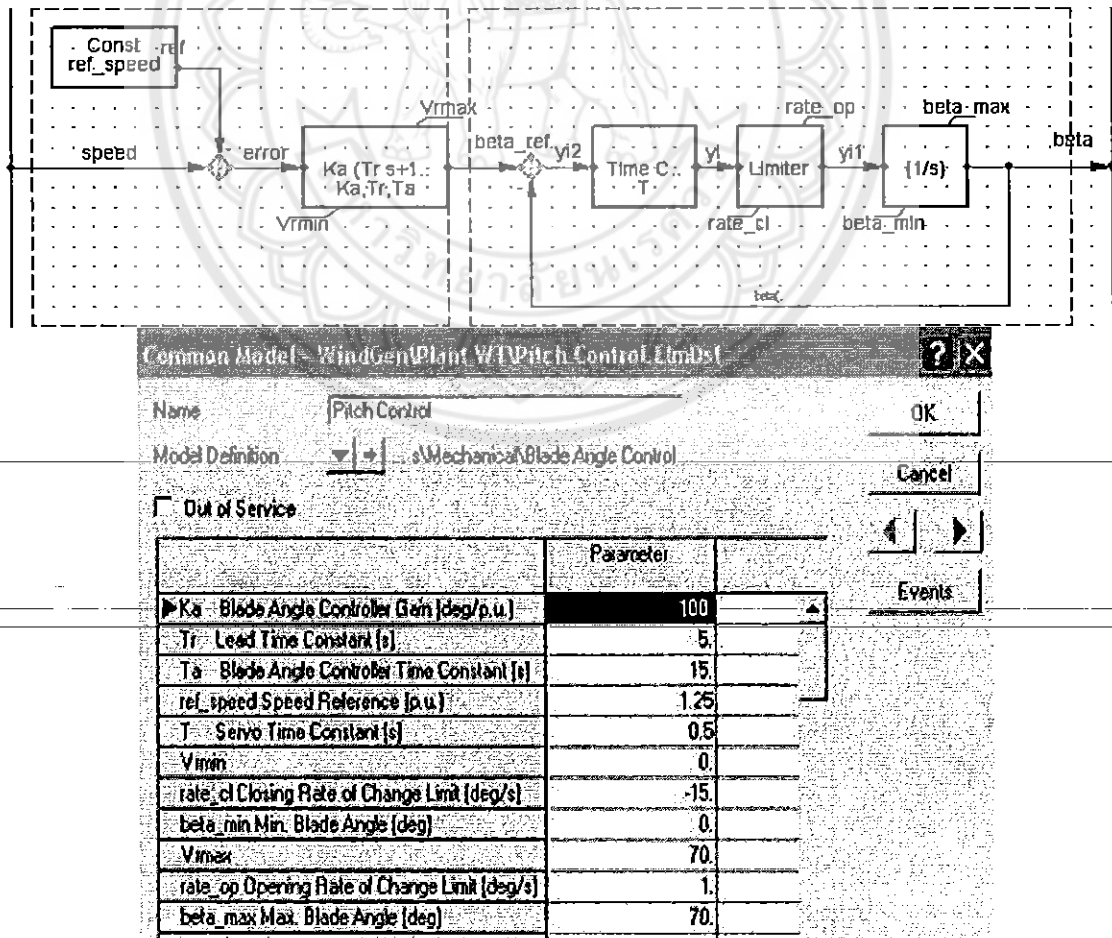
รูปที่ 3.18 ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT

โดยมีการควบคุมและการกำหนดค่าในส่วนของ Turbine ดังรูป



รูปที่ 3.19 ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT ในส่วนของ Turbine

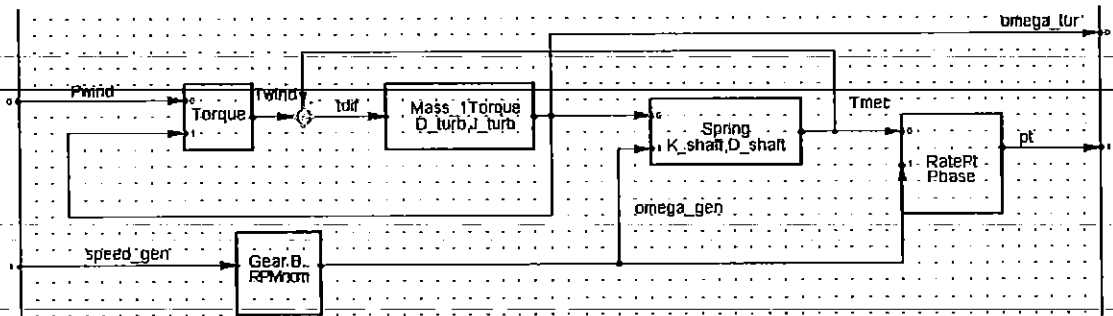
การกำหนดค่าในส่วนของ Pitch Control ดังรูป



รูปที่ 3.20 ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT ในส่วนของ Pitch Control

14999861

การกำหนดค่าในส่วนของ Shaft ดังรูป



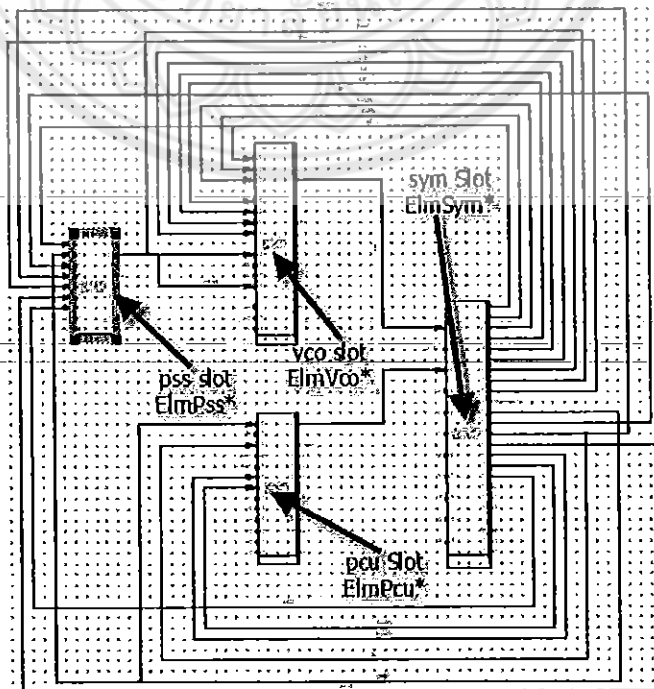
Common Model - test wind\WindGenPlant WTS\Shaft.Elmdsl

Name	Parameter	Value
Pbase: Rated Power of Generator [MW]		40
D_turb Turbine Damping [Nm/rad]		0
J_turb Rotor Inertia (without generator) [kg mm <sup>2</sup> .e6]		4
K_shaft Shaft Stiffness [Nm/rad]		100000000
D_shaft Torsional Damping [Nm/rad]		0
RPMnom Nominal Turbine Speed [rpm]		18.75

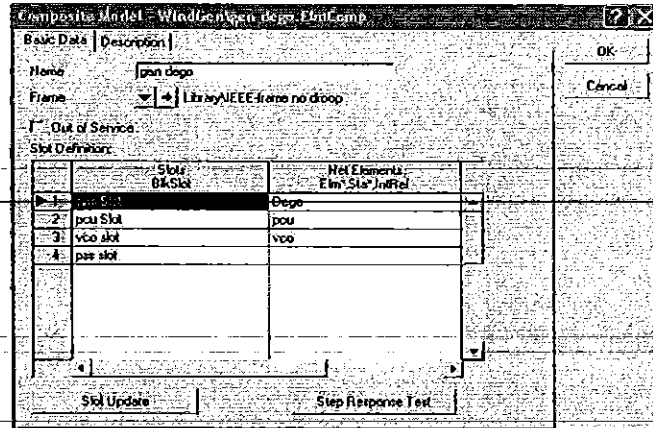
ร/ร.  
5647 ก  
2650

รูปที่ 3.21 ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม GWT ในส่วนของ Shaft

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล Dego ขนาด Syn 1.25MVA 0.4kV และมีการใส่ในส่วนของการควบคุมดังนี้

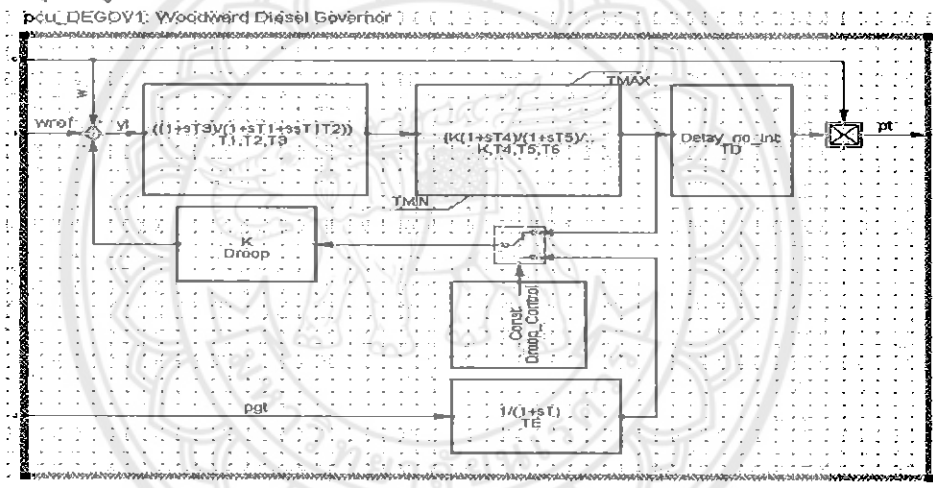


รูปที่ 3.22 ส่วนการควบคุมรวม

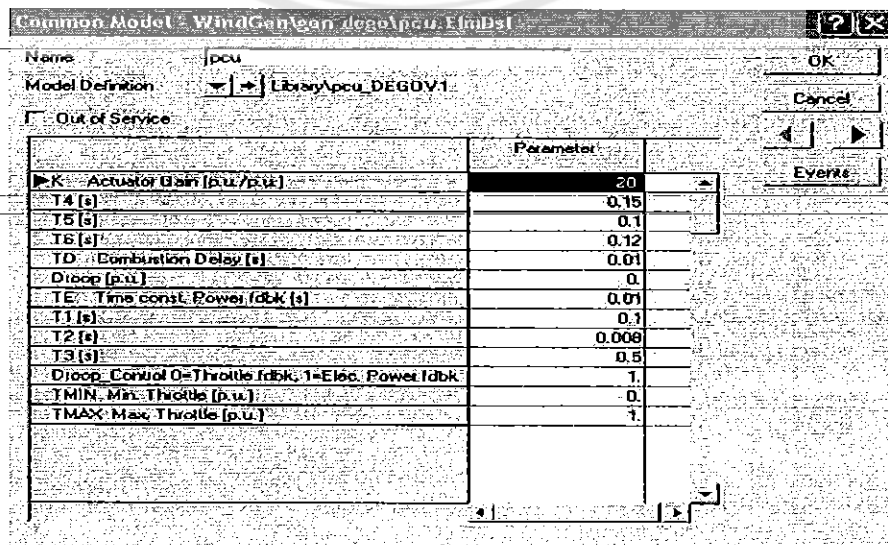


รูปที่ 3.23 ส่วนการควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล Dego

ควบคุมเทอร์ไบน์ คือส่วนการควบคุมหลักของการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซลซึ่งมีการควบคุมดังรูป

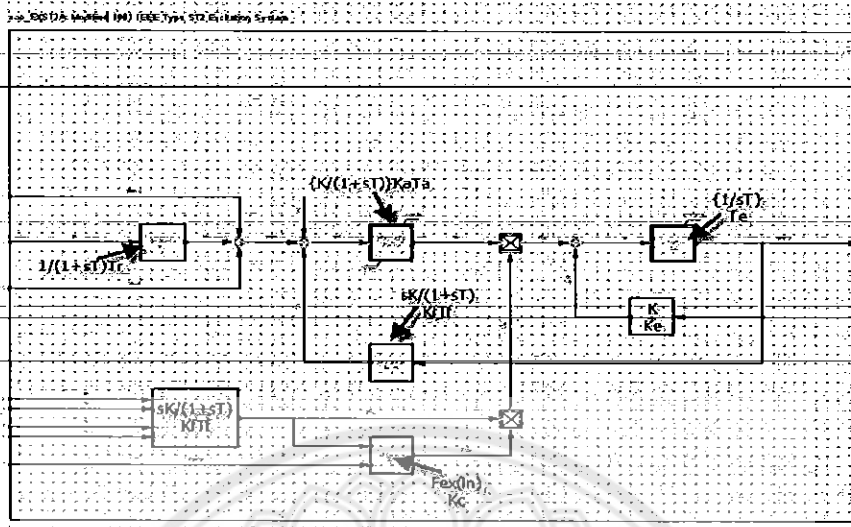


รูปที่ 3.24 ก บล็อกไดอะแกรมของ ควบคุมเทอร์ไบน์



รูปที่ 3.24 ข การควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล Dego ในส่วนของควบคุมเทอร์ไบน์

การกำหนดค่าในส่วนของควบคุม Exciter และบล็อกไดอะแกรม ดังรูป



รูปที่ 3.25ก บล็อกไดอะแกรมของควบคุม Exciter

Common Model - WindGenerator\_deg.vco.mdl

Name: vco  
Model Definition: Library/vco\_Exc2TA

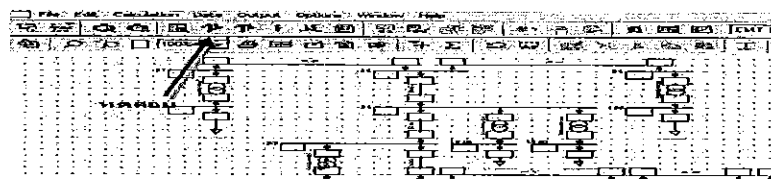
Out of Service

Parameter	Value
Tm: Measurement Delay [s]	0.0
Kc: Controller Gain [p.u.]	60
Tc: Controller Time Constant [s]	0.2
Ta: Exciter Time Constant [s]	0.05
Ke: Exciter Constant [p.u.]	1
Kf: Stabilization Path Gain [p.u.]	0.03
Tf: Stabilization Path Time Constant [s]	0.5
Kp: Voltage Factor [p.u.]	1
Kj: Damping Factor [p.u.]	0.02
Ko: Excitation Current Factor [p.u.]	0.1
Vmin Controller Output Minimum [p.u.]	-10
Vmax Controller Output Maximum [p.u.]	10
EFDmax Exciter Maximum Output [p.u.]	6

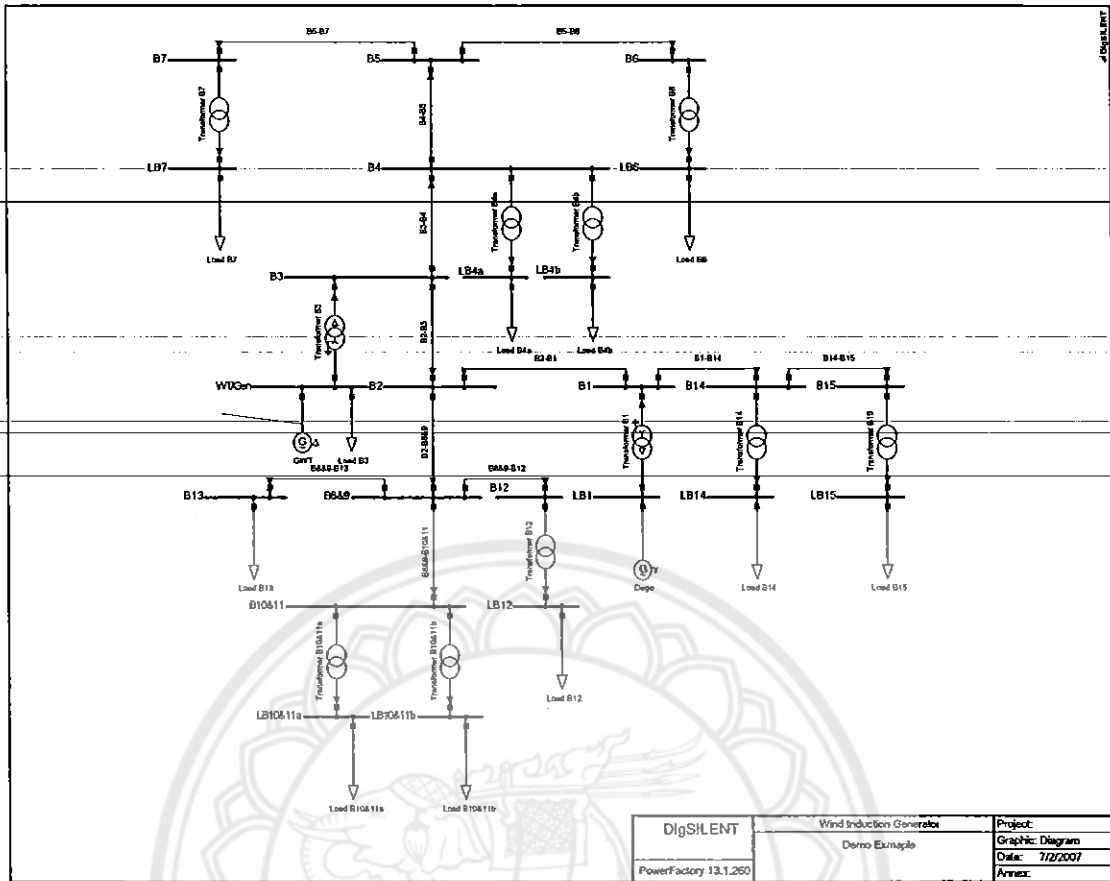
รูปที่ 3.25ข การควบคุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล Dego ในส่วนของควบคุม Exciter

3.3 ทดสอบการไหลของโหลด

เมื่อทำการเขียนไดอะแกรมจำลองระบบที่ต้องการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าดังรูป

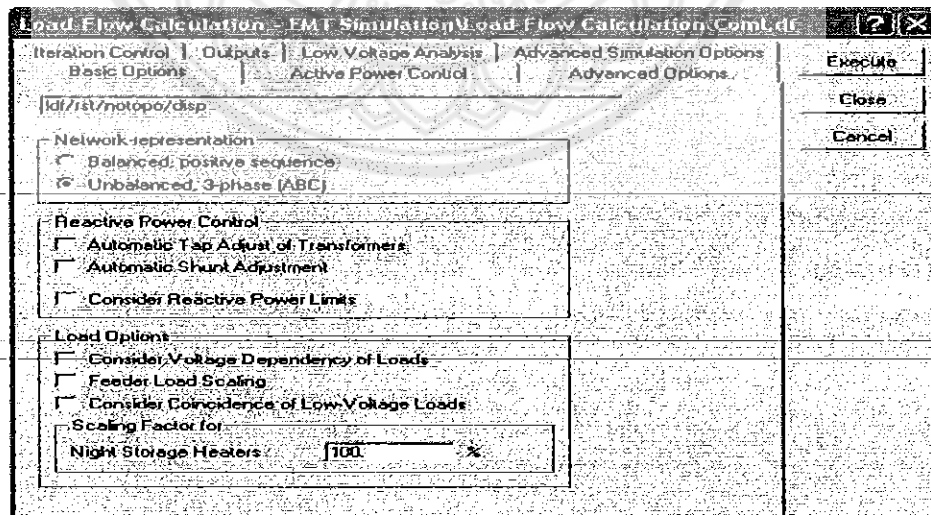


รูปที่ 3.26 ส่วนการทดสอบการไหลของโหลด



รูปที่ 3.27 ทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า

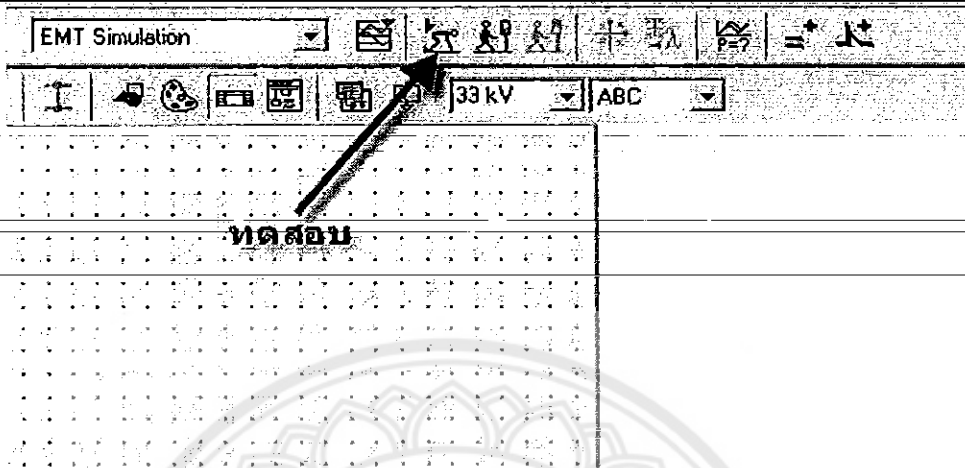
จากนั้นกำหนดคั่งรูป



รูปที่ 3.28 ส่วนการทดสอบการกำหนดค่าการไหลของโหลด

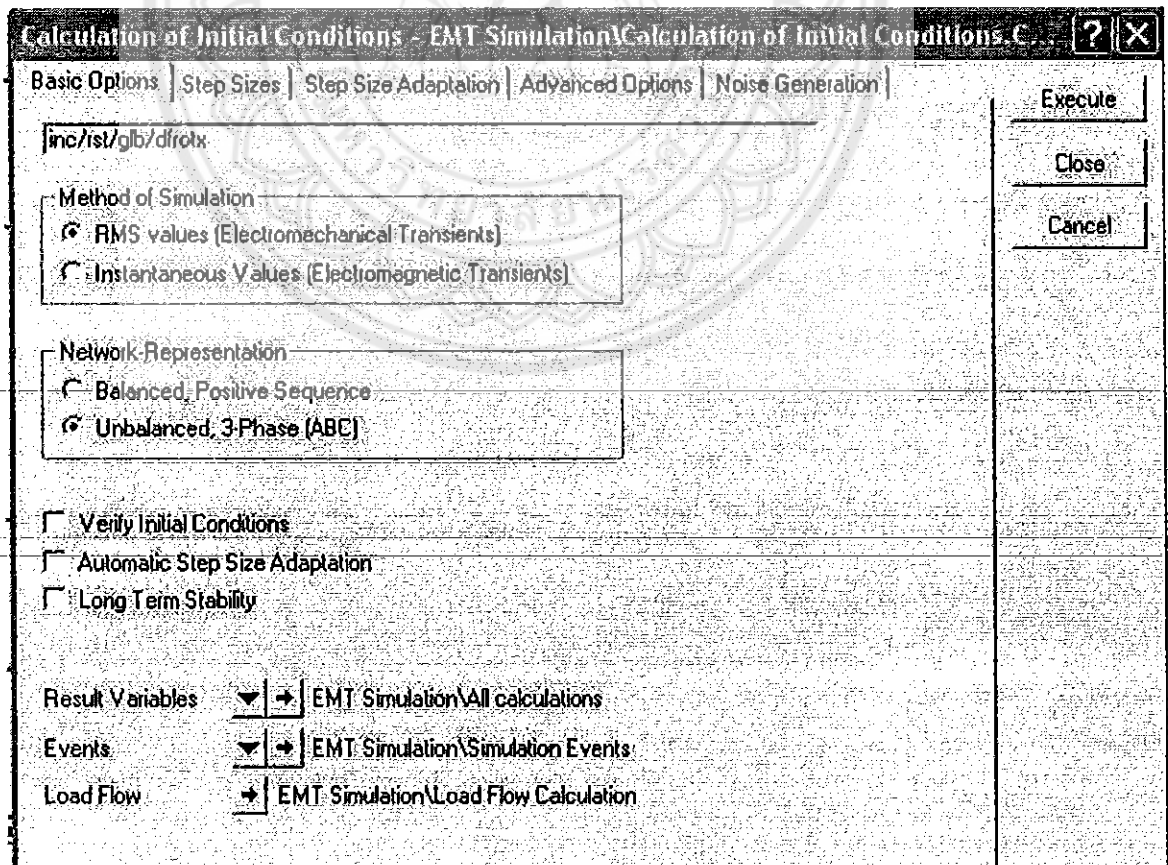
### 3.4 ทดสอบการลัดวงจรไฟฟ้า

โดยใช้อุปกรณ์ดังรูป



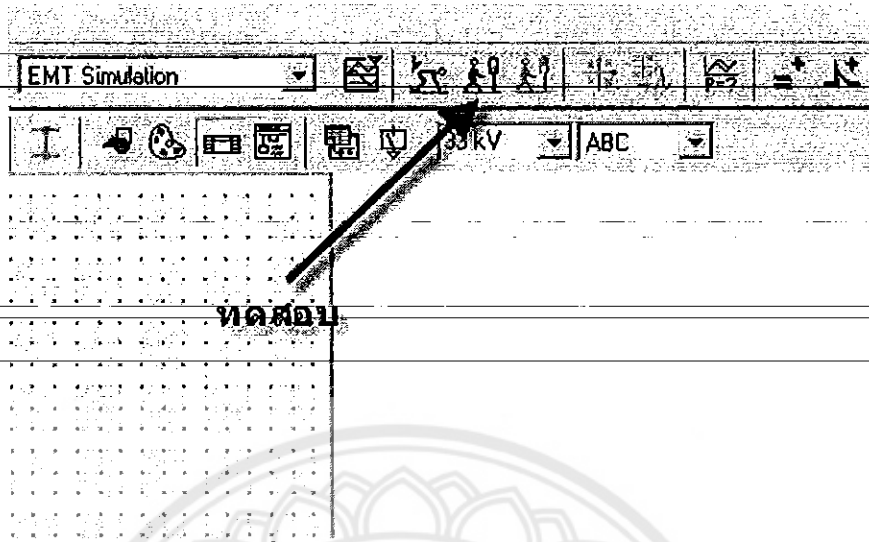
รูปที่ 3.29 ส่วนการทดสอบการลัดวงจร

จากนั้นกำหนดดังรูป



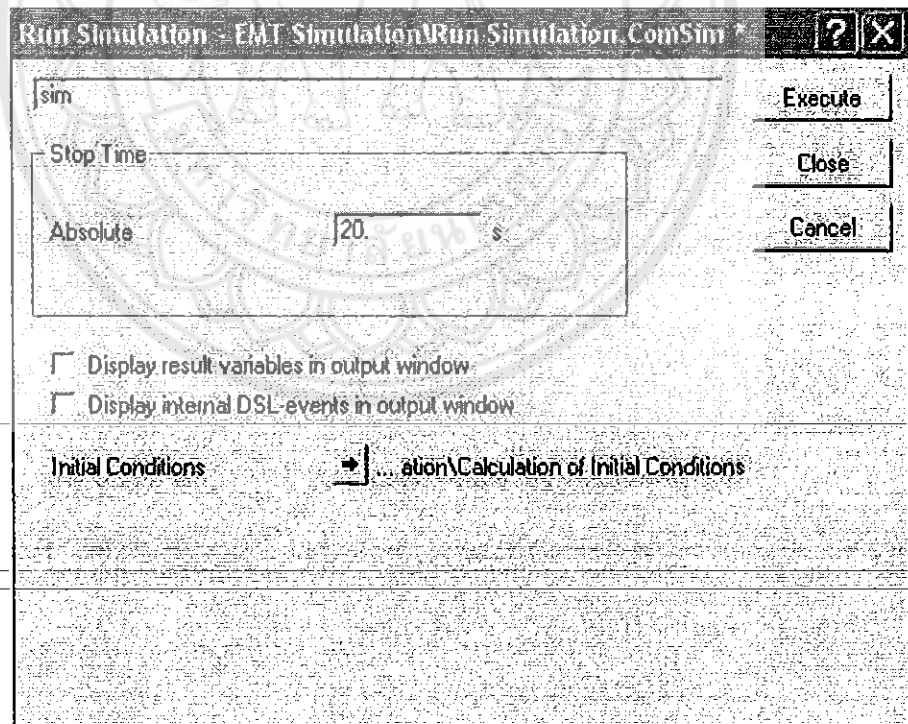
รูปที่ 3.30 ส่วนการทดสอบกำหนดค่าลัดวงจร

การทดสอบและการกำหนดค่าเวลาปฏิบัติโดยใช้อุปกรณ์



รูปที่ 3.31 ส่วนการทดสอบการลัดวงจร

จากนั้นกำหนดดังรูป



รูปที่ 3.32 ส่วนการทดสอบการจำลอง

เป็นการกำหนดค่าเพื่อการทดสอบการจำลองการลัดวงจร ในบทที่ 4 ต่อไป



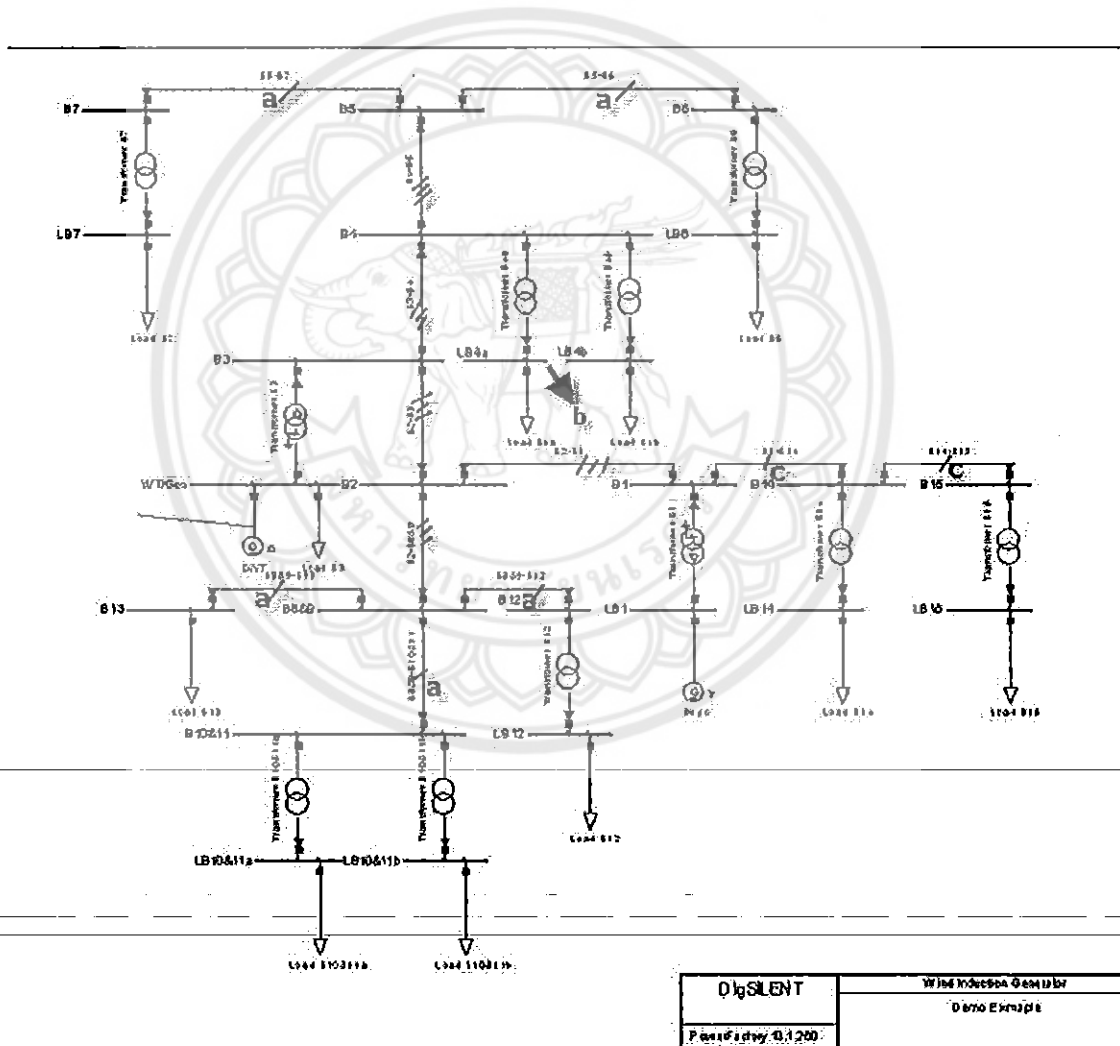
# บทที่ 4

## ผลการดำเนินโครงการ

ในบทนี้จะทำการจำลองระบบไฟฟ้า เพื่อให้เห็นผลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วย  
กังหันลม ตามที่ได้ออกแบบไว้

### 4.1 ผลการวิเคราะห์ การสร้างไดอะแกรม

จากการวิเคราะห์ การสร้างไดอะแกรมในการกำหนดค่าในอุปกรณ์ได้ผลดังรูป



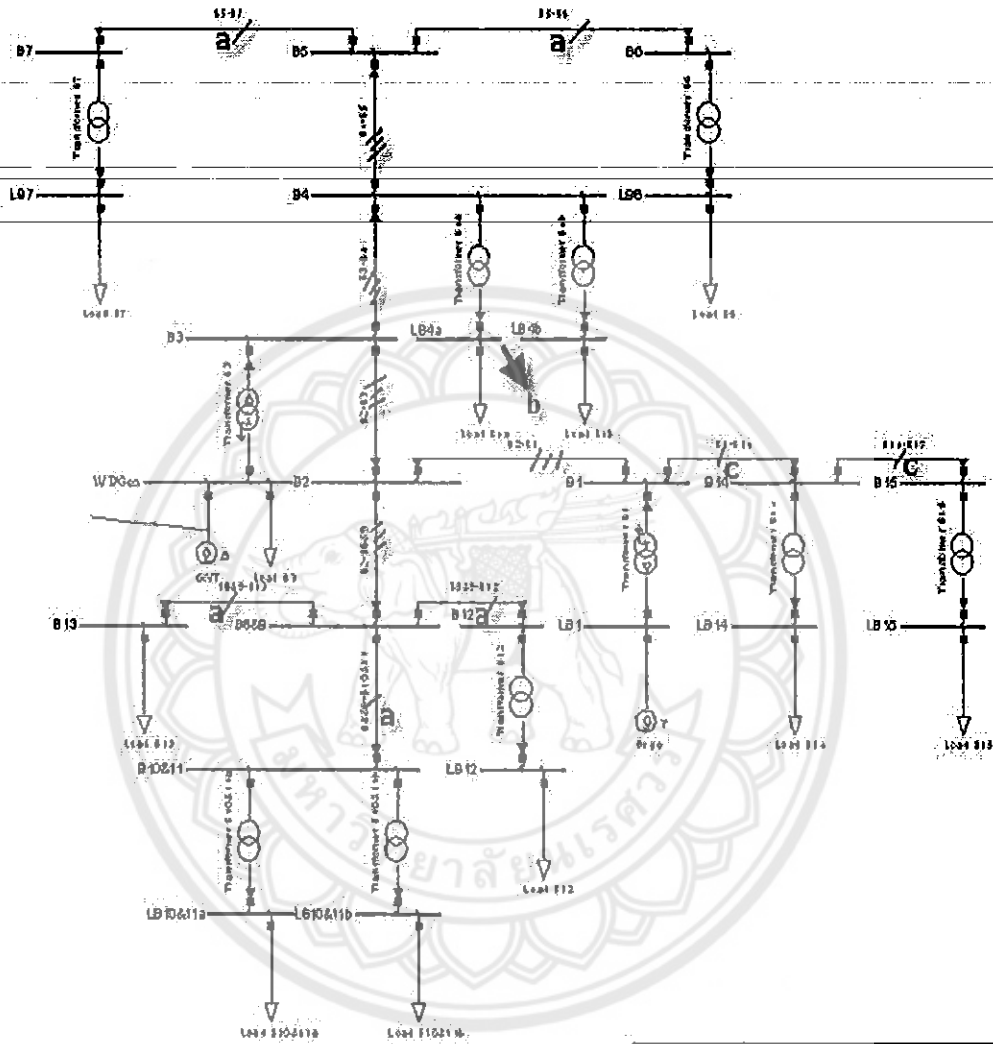
รูปที่ 4.1 แสดง ไดอะแกรมที่สมบูรณ์

DisSLENT	Wind Injection Generator
PowerRating: 0.1200	0.070 Example

### 4.2 ผลการการป้อนข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ

เมื่อทำการสร้างอุปกรณ์และทำการสมมุติค่าของอุปกรณ์เพื่อการทดสอบได้ผลออกมาดัง

รูป



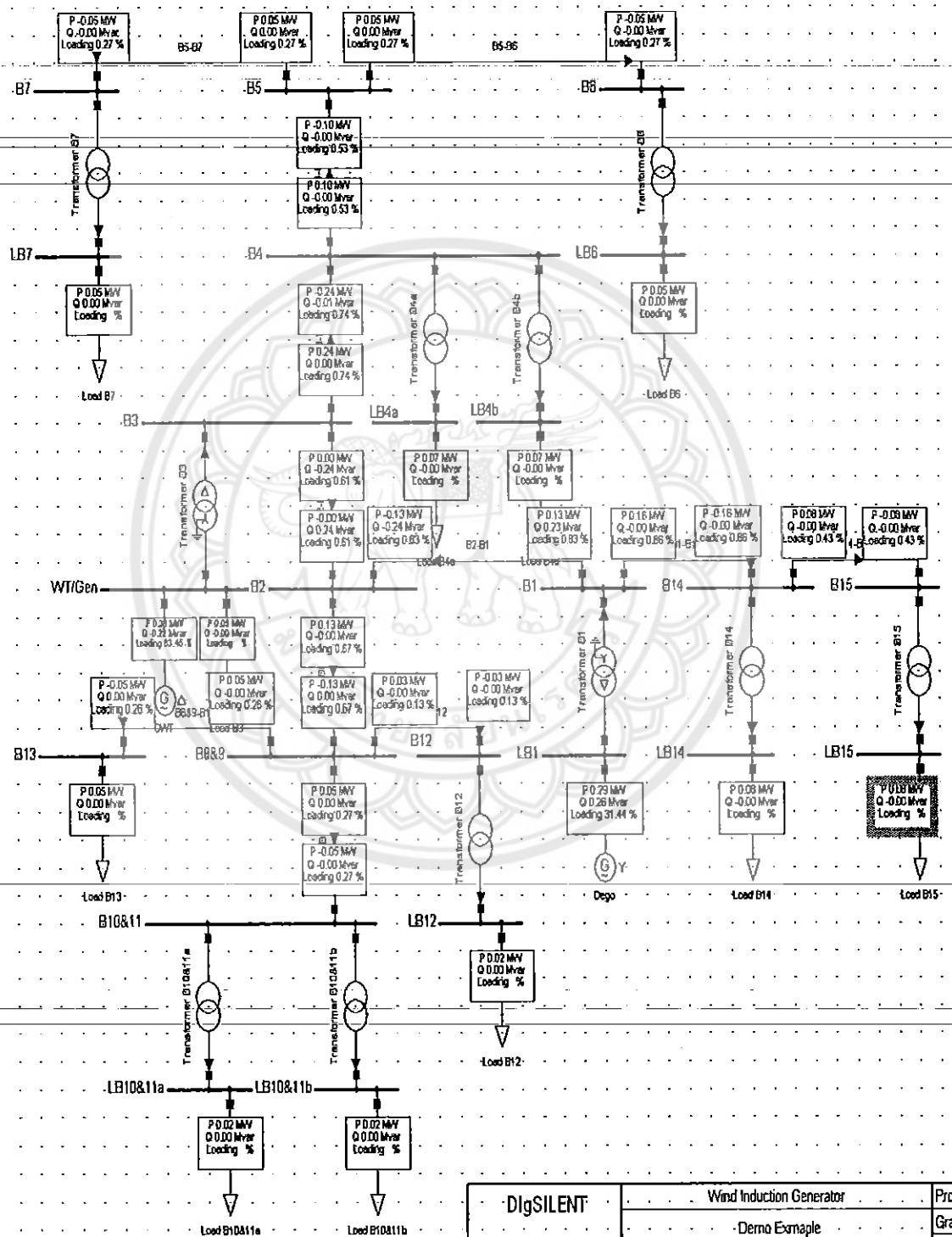
DlgSLENT	Wind Induction Generator
PowerFactory 0.1260	Data Example

รูปที่ 4.2 แสดง โดอะแกรม

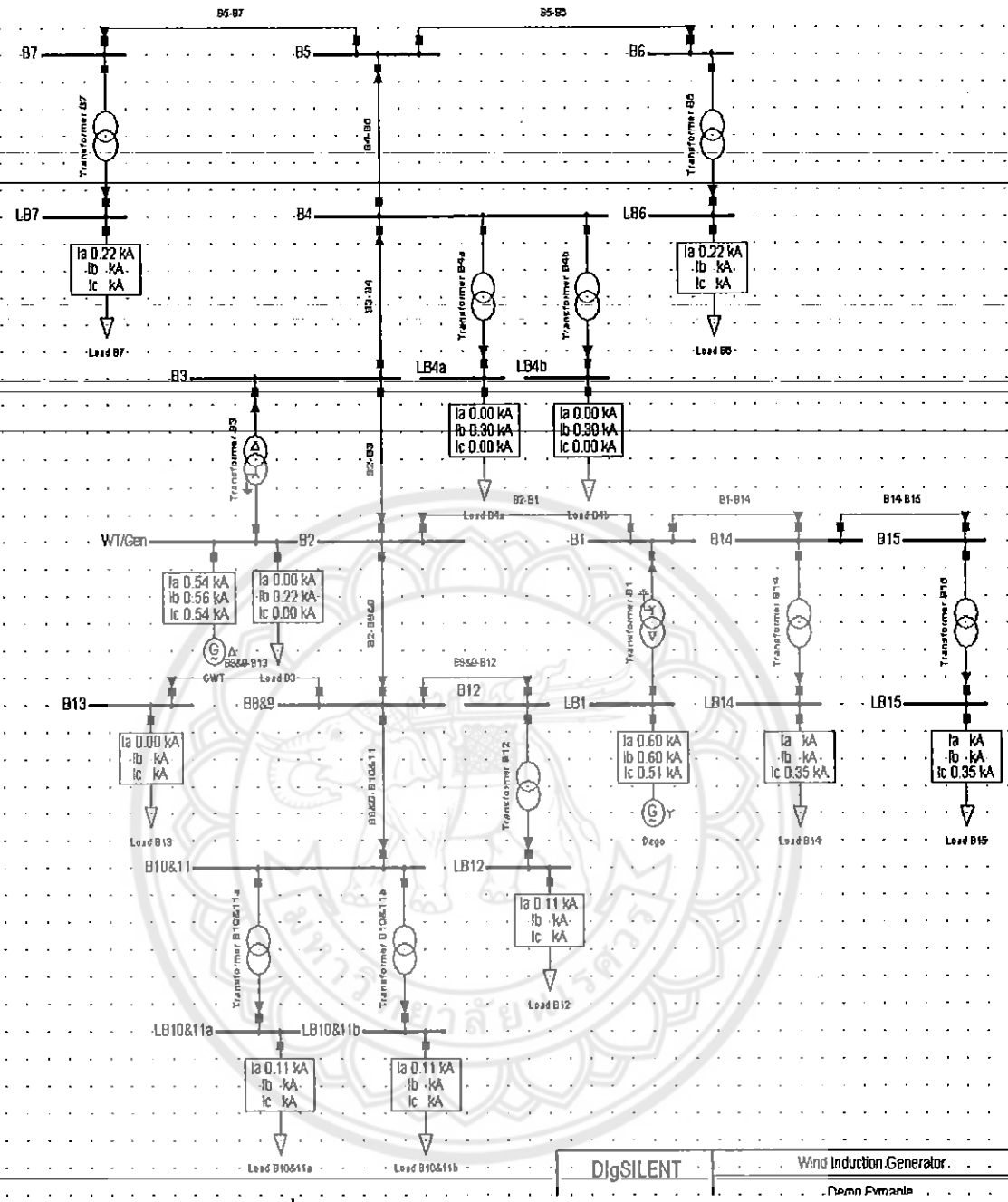
### 4.3 ผลการวิเคราะห์การไหลของโหลด

จากการสร้างระบบไฟฟ้าจำลอง และได้ทำการวิเคราะห์การไหลของโหลดออกมาได้ผลดัง

รูป



รูปที่ 4.3ก แสดงผลการวิเคราะห์การไหลของโหลด

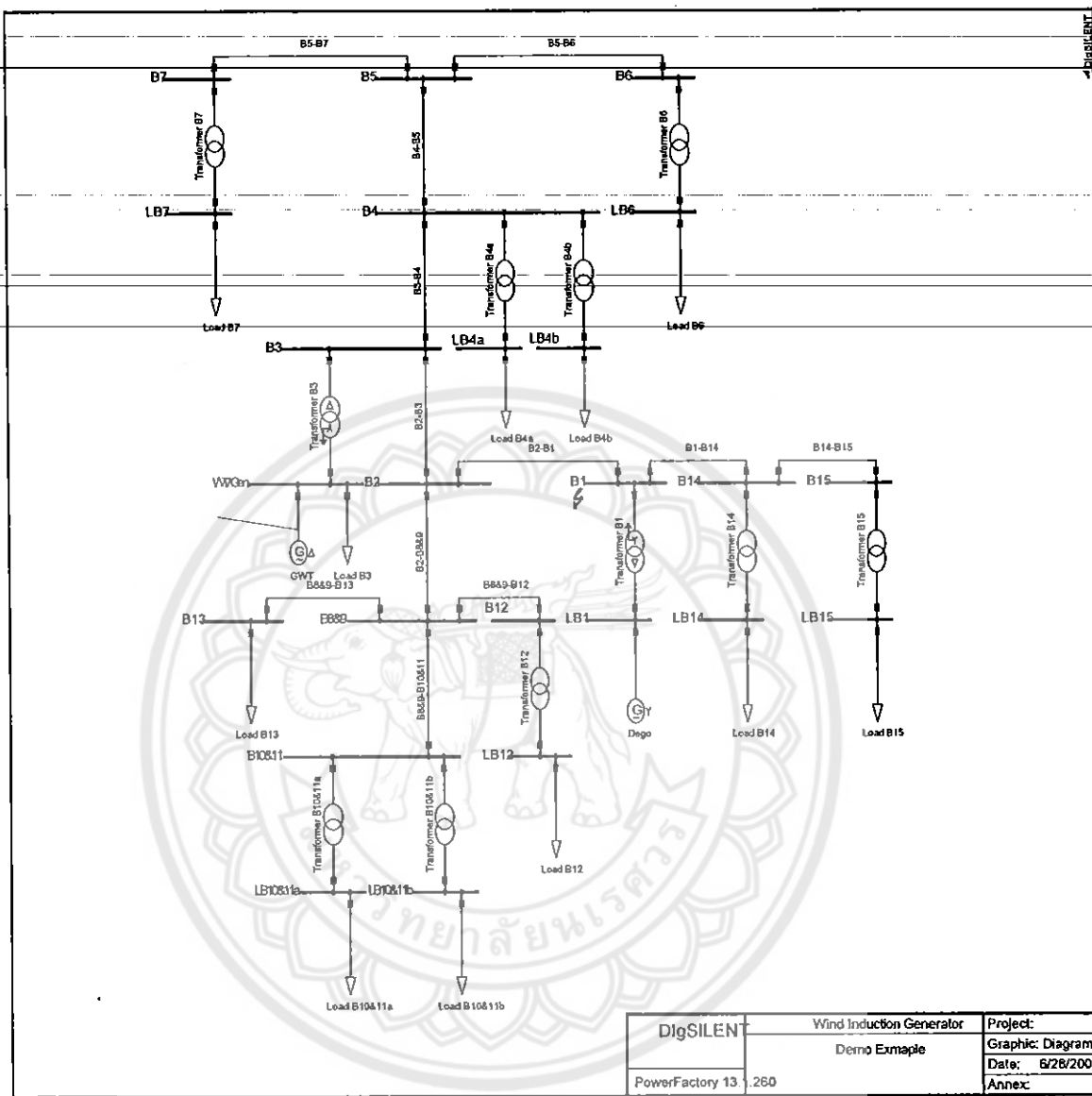


รูปที่ 4.3ข แสดงผลการวิเคราะห์การไหลของโหลด

4.4 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจร

จากการทดสอบกำหนดให้เกิดการลัดวงจรแบบสามเฟสที่บัส B1,B3,B4,B8&9 และ B15 เกิดการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟส a,b และ c ที่บัส B1 และ B3 ส่วนบัส B4 เกิดการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสที่เฟส b บัส B8&9 เกิดการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสที่เฟส a บัส B15 เกิดการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสที่เฟส c

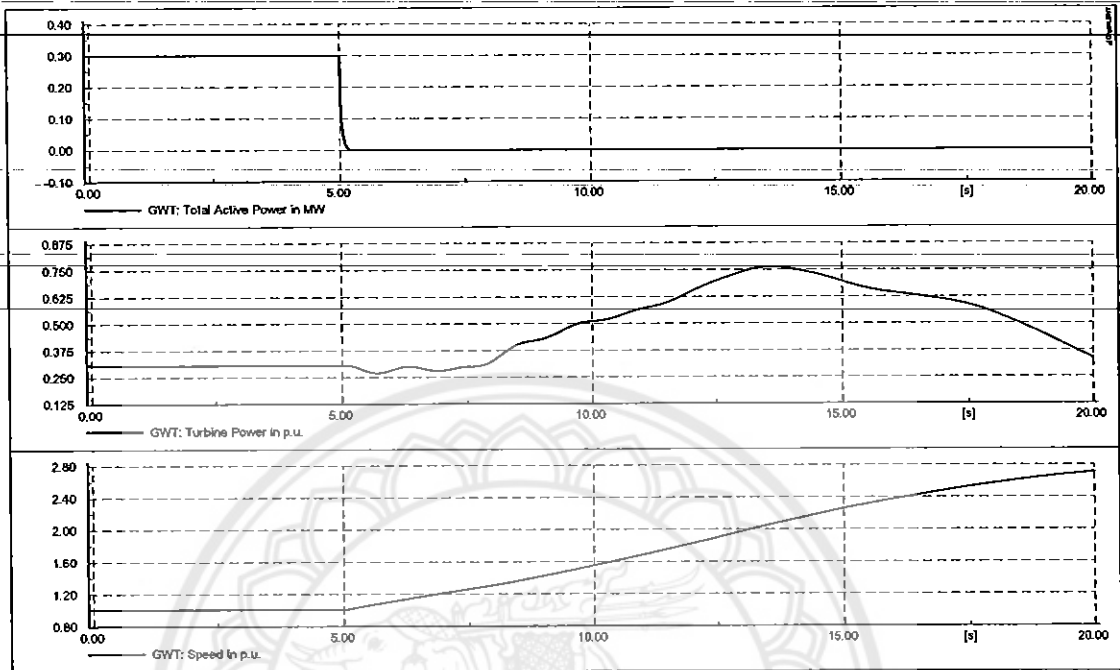
### 4.4.1 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B1



รูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งบัส B1

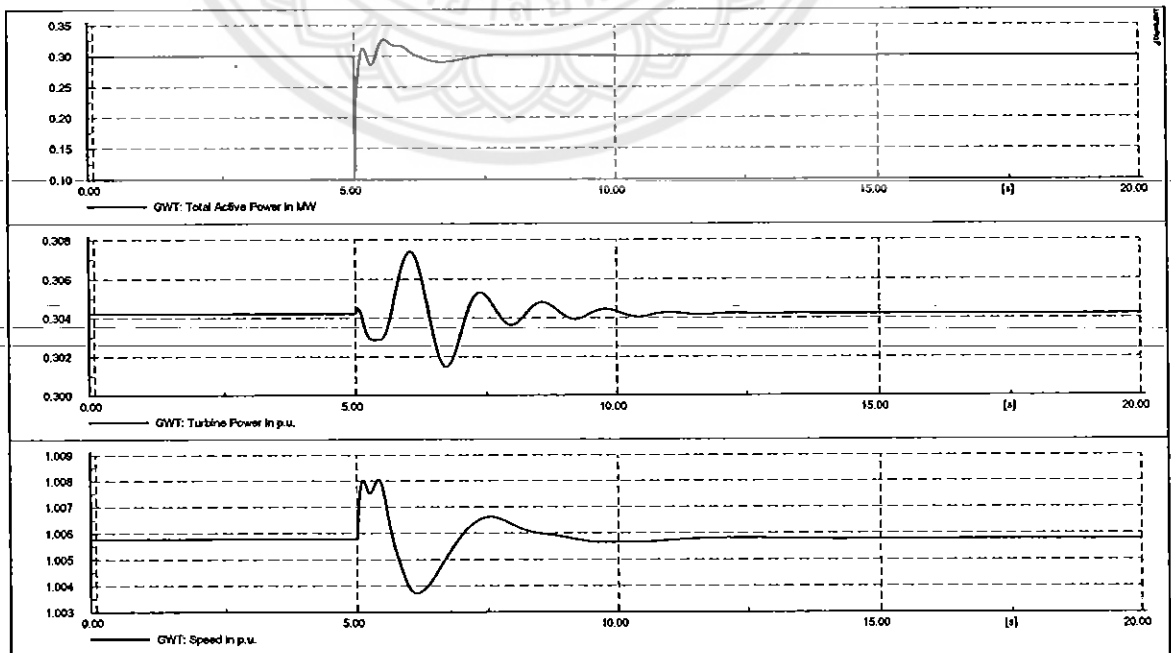
เกิดการลัดวงจรสามเฟสและการลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a, b และ c ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 โดยไม่มีการเคลียร์ฟอลต์จาก  
การวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



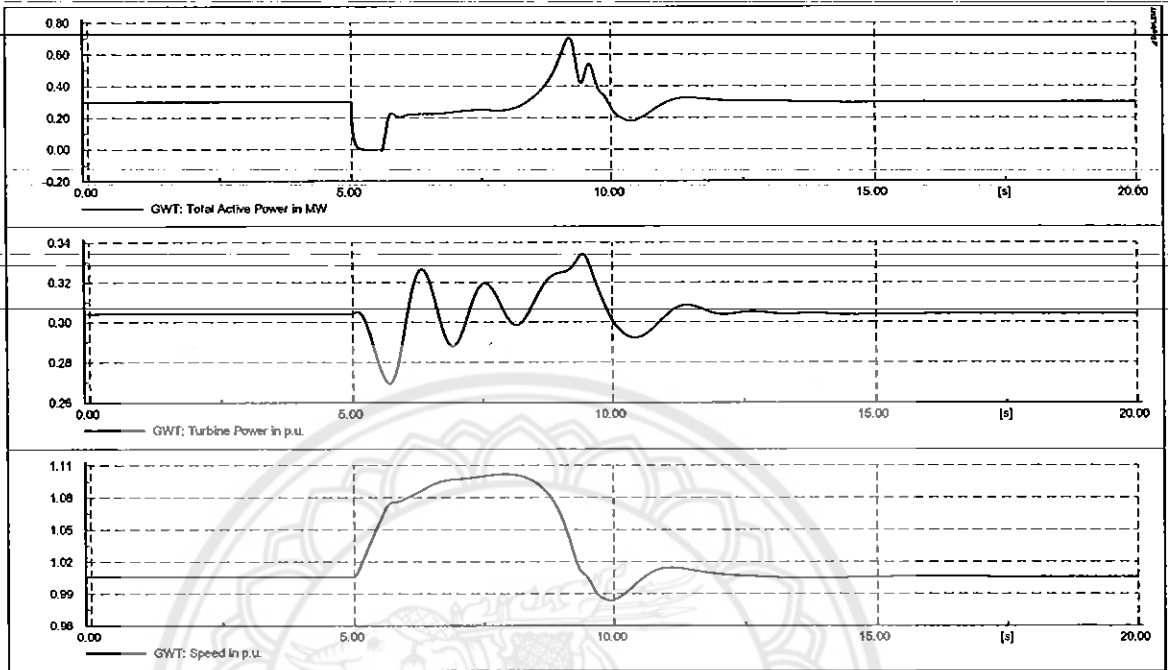
รูปที่ 4.5 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT บัสB1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์  
วินาทีที่ 5.02 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



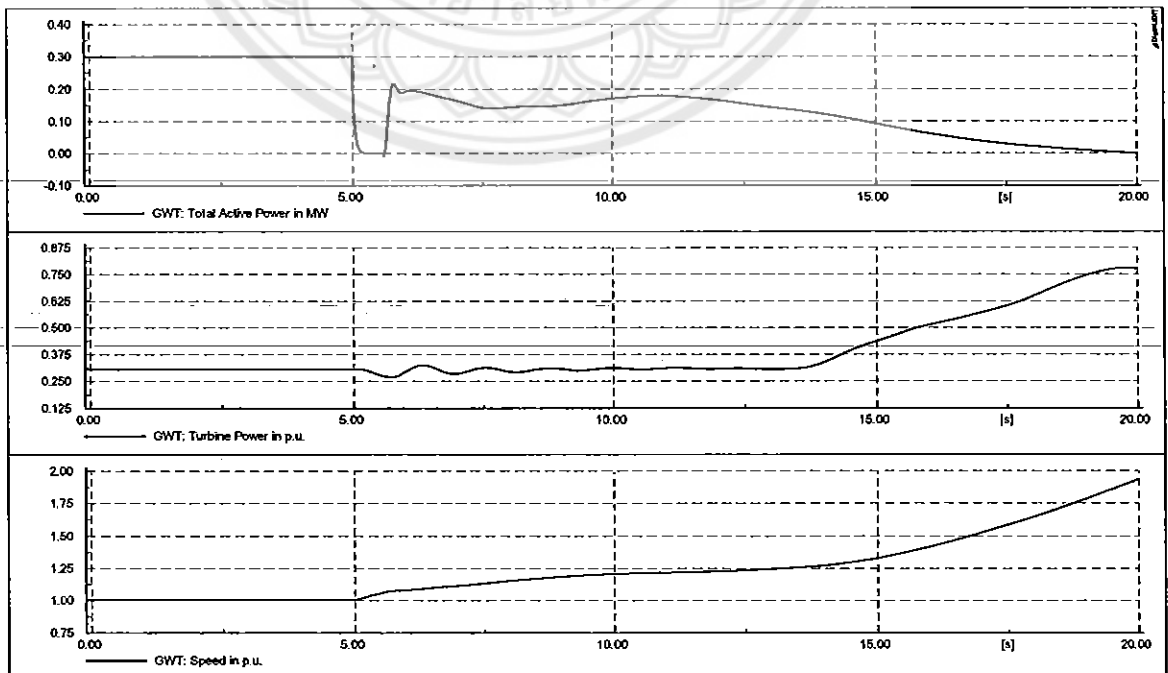
รูปที่ 4.6 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.02 ของ บัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



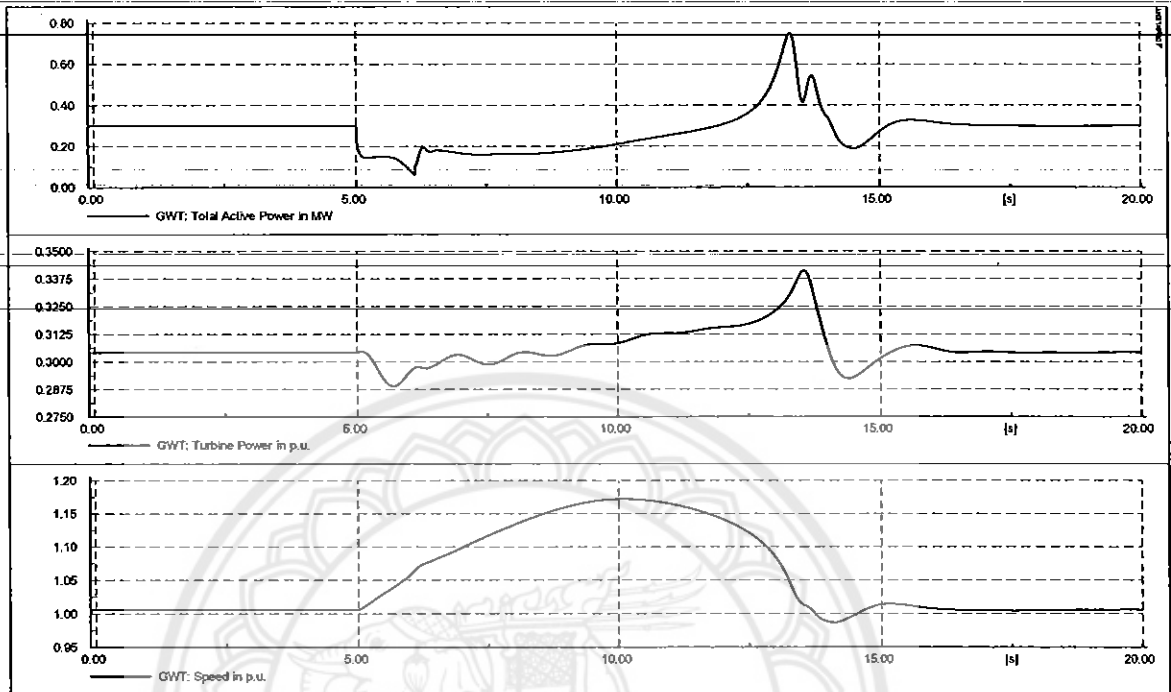
รูปที่ 4.7 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



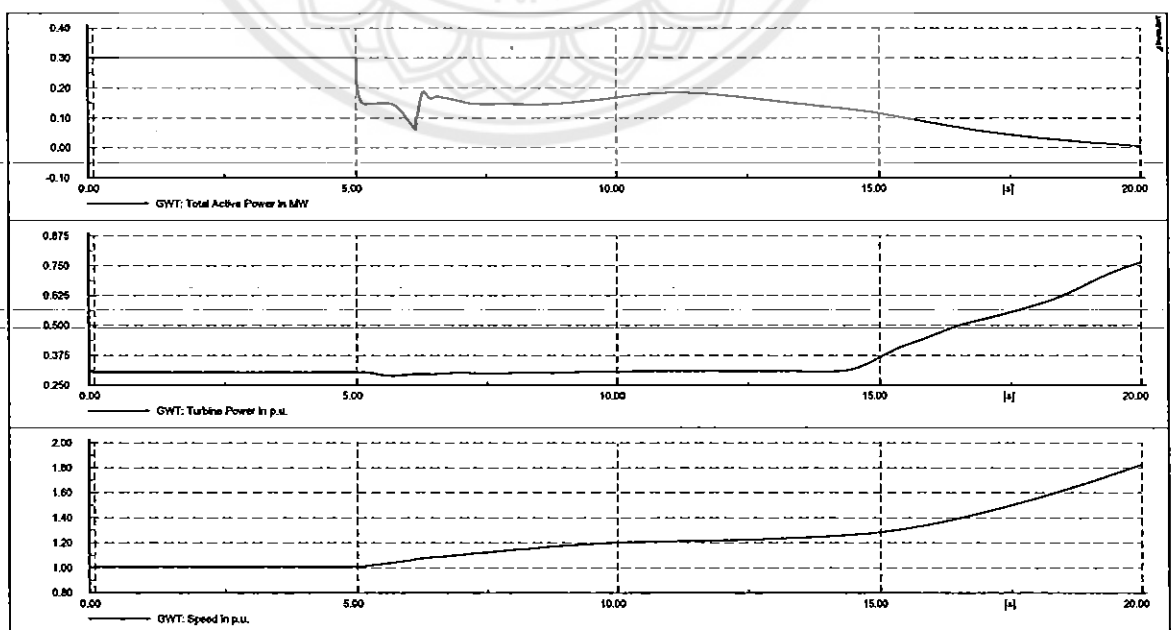
รูปที่ 4.8 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.9 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1

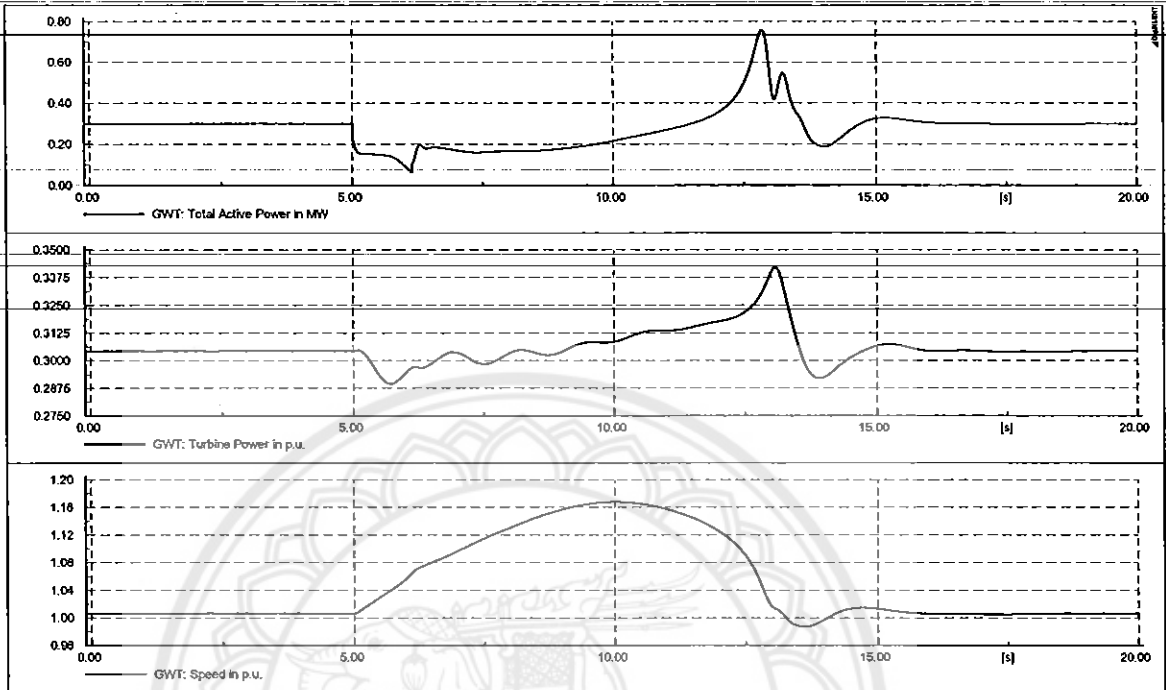
การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.10 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1

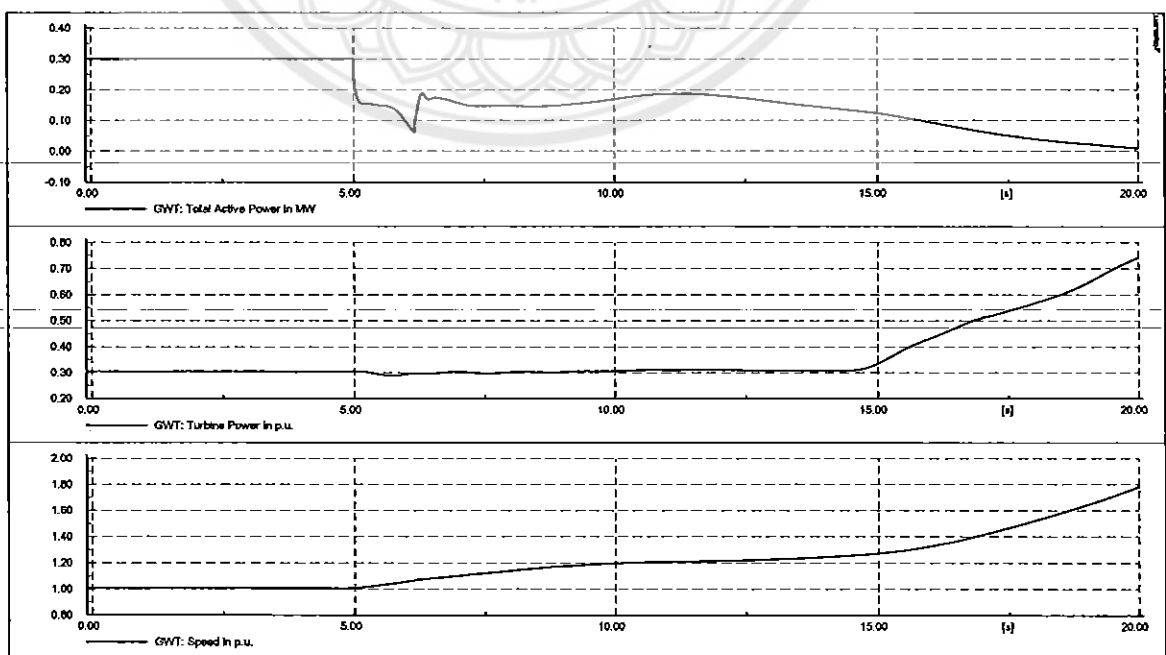


การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



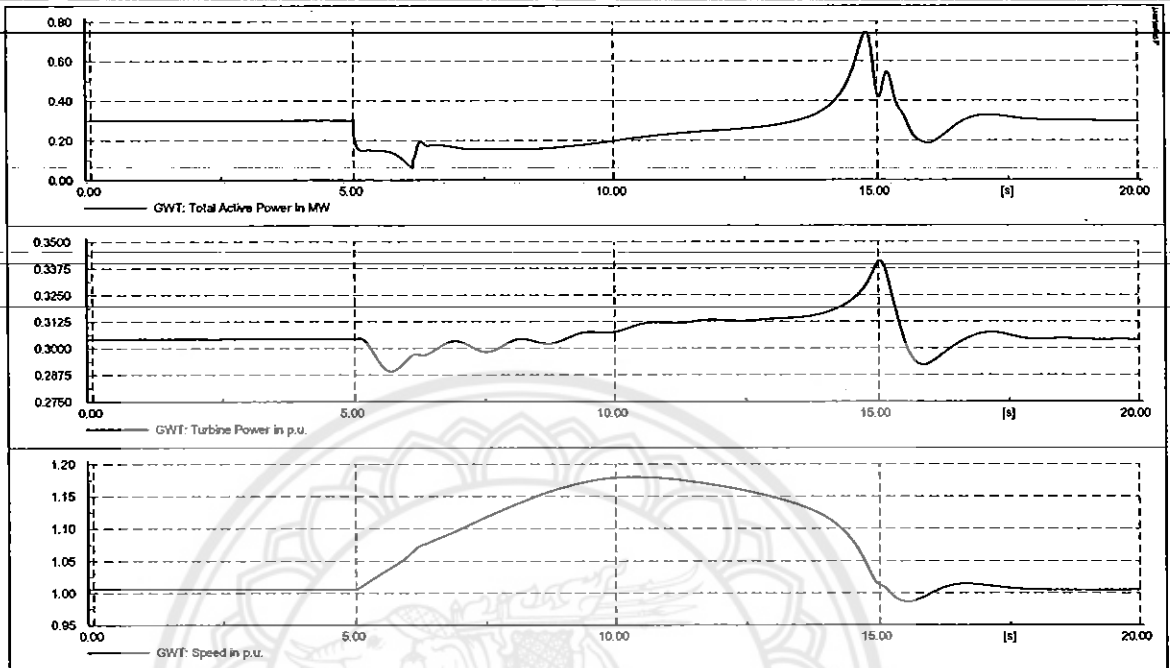
รูปที่ 4.11 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



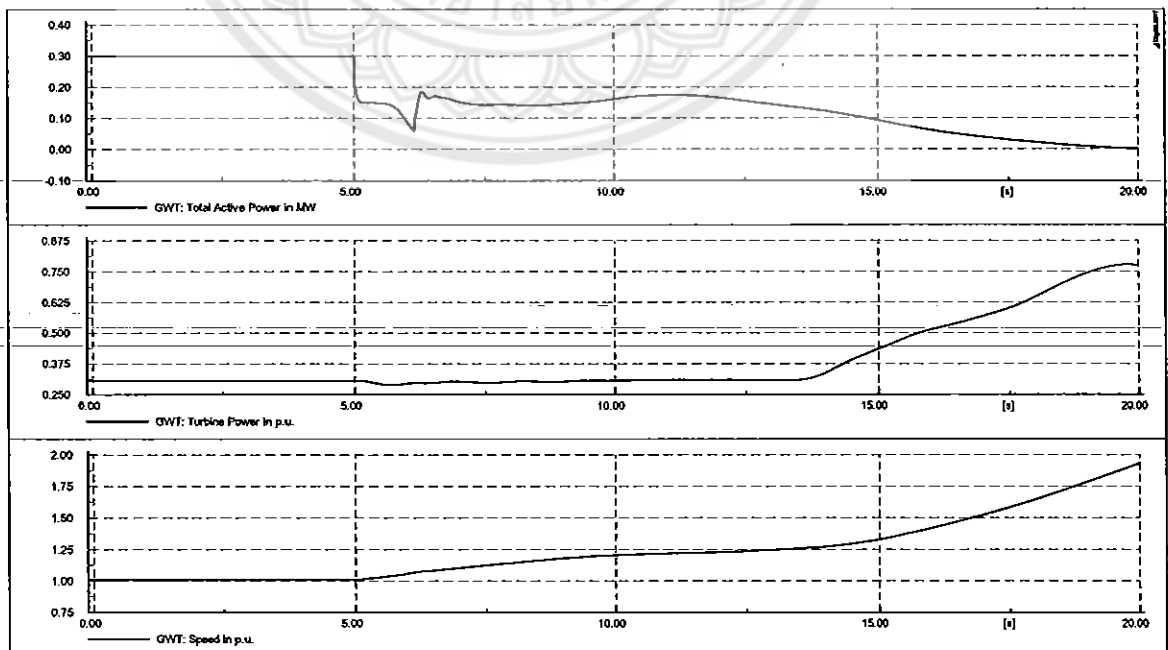
รูปที่ 4.12 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



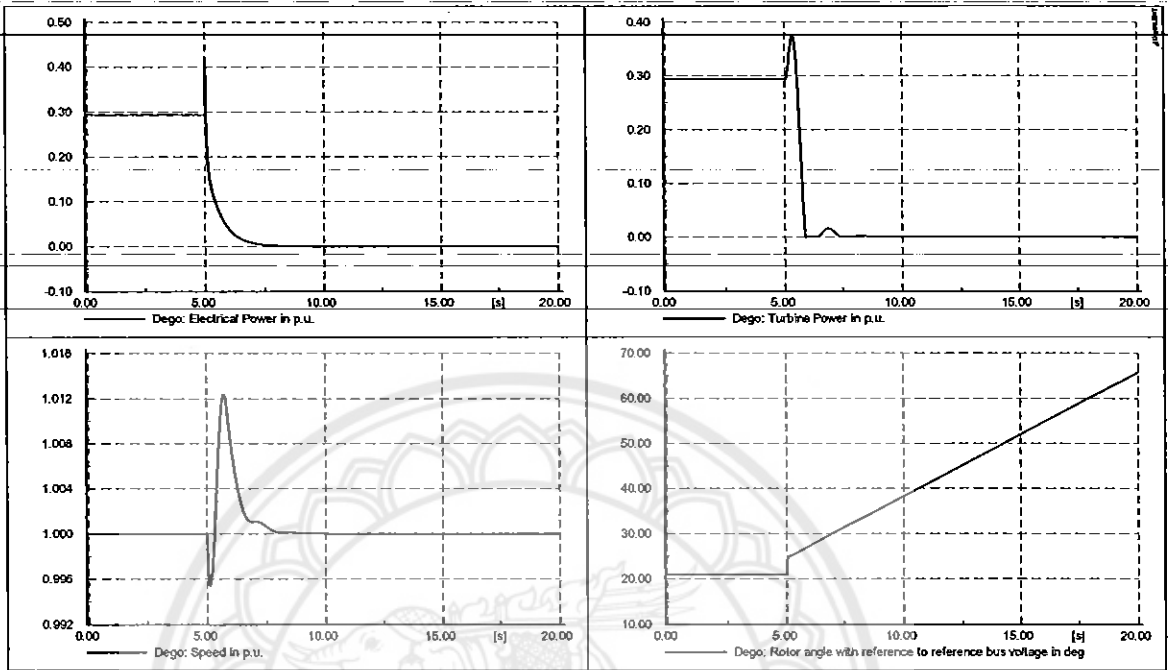
รูปที่ 4.13 แสดงผลการลัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์ที่ 6.12 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



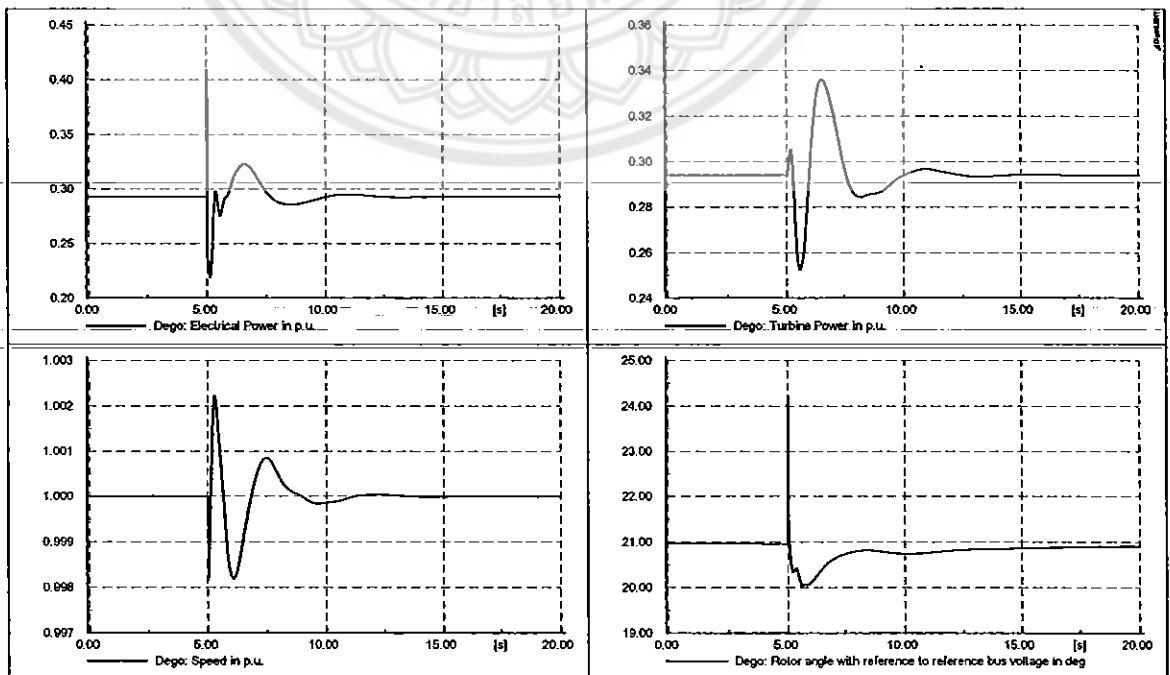
รูปที่ 4.14 แสดงผลการลัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Deگو เกิดวินาทีที่ 5 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



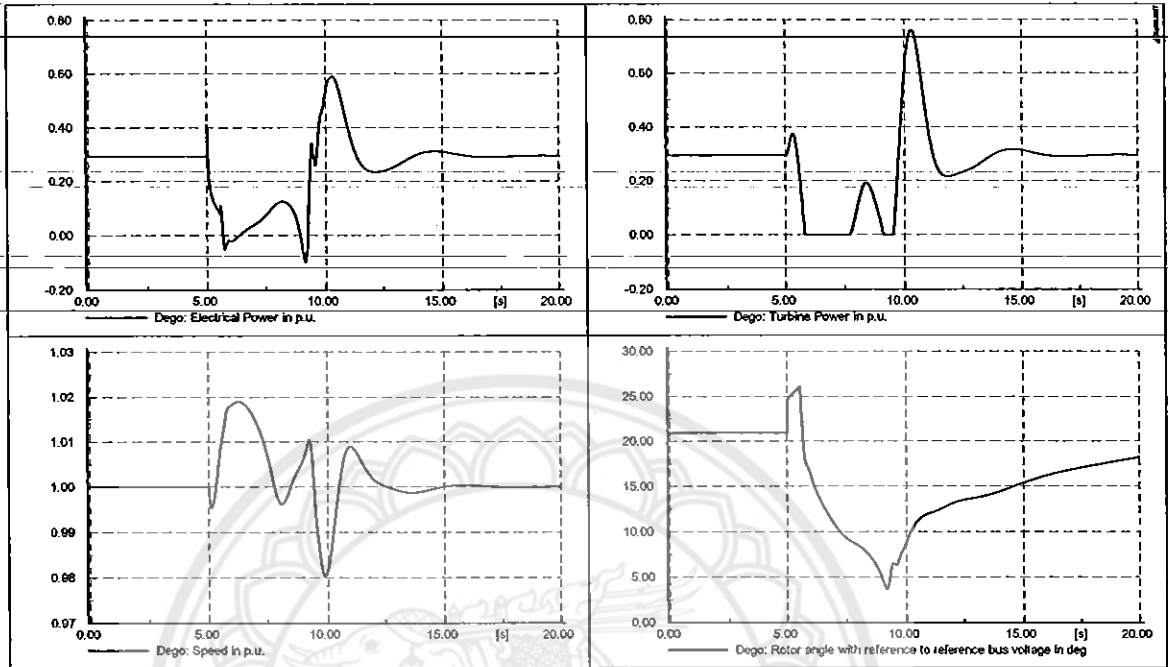
รูปที่ 4.15 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Deگو ของบัสB1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Deگو เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.02 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



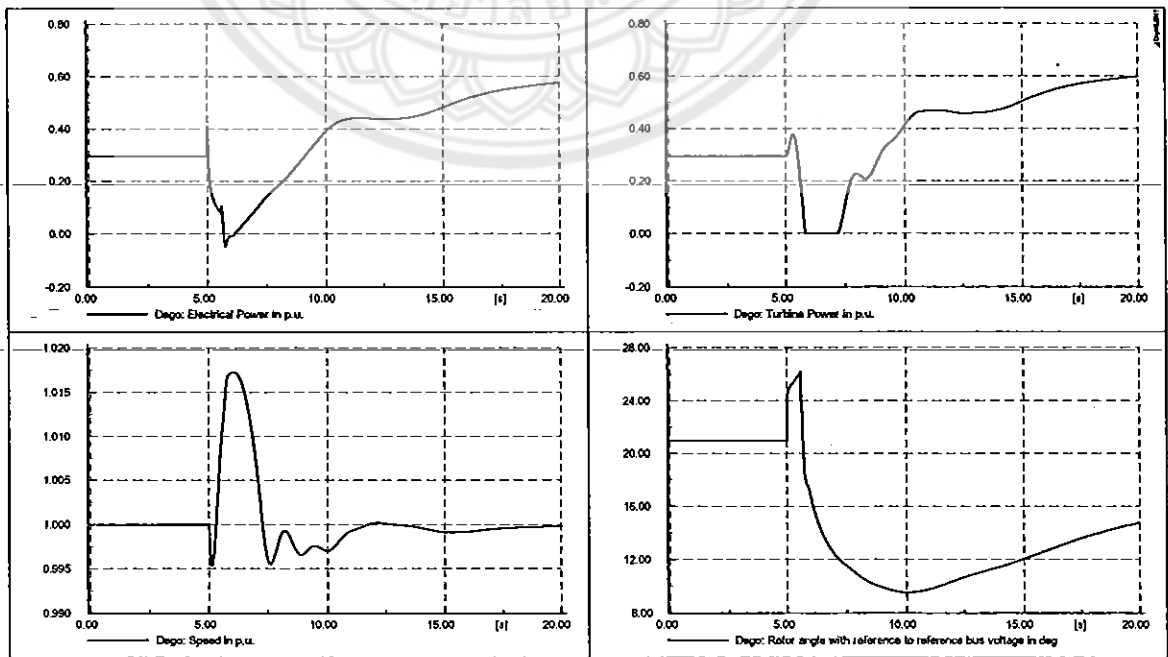
รูปที่ 4.16 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Deگو เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.12ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



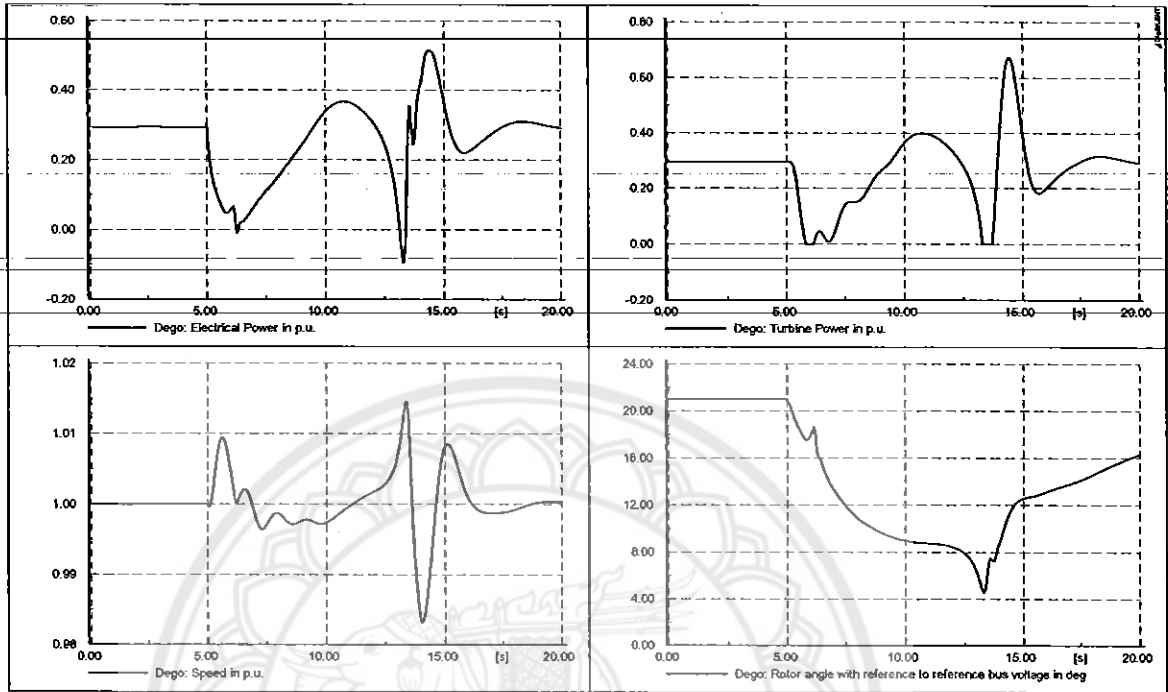
รูปที่ 4.17 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



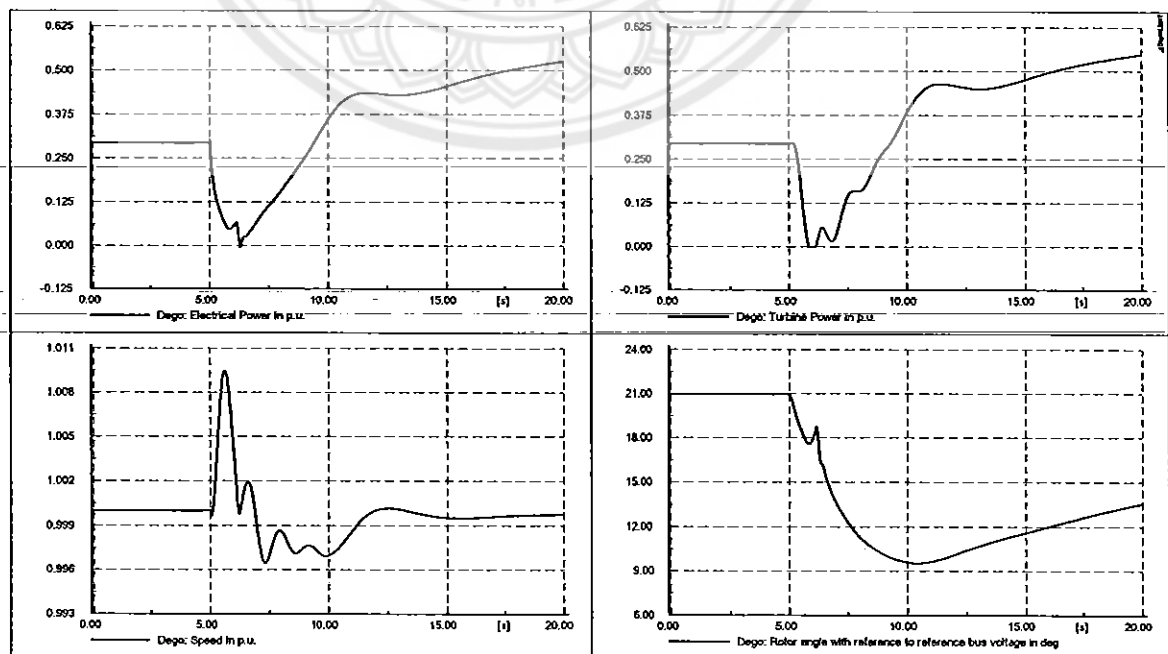
รูปที่ 4.18 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



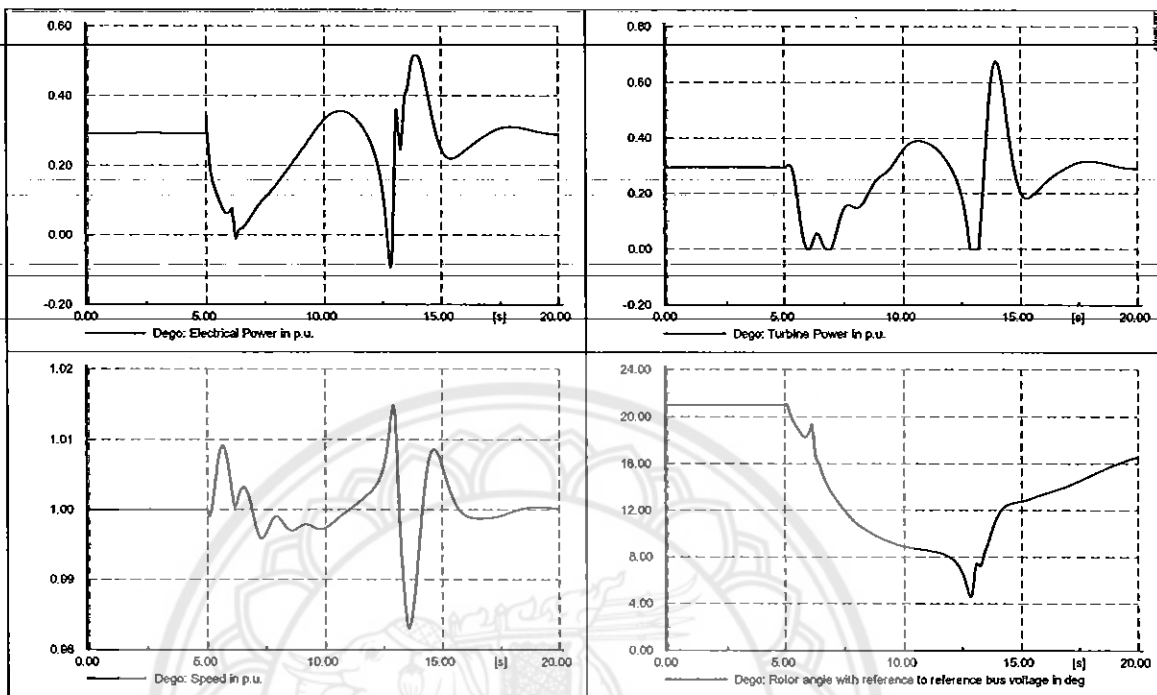
รูปที่ 4.19 แสดงผลการลัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



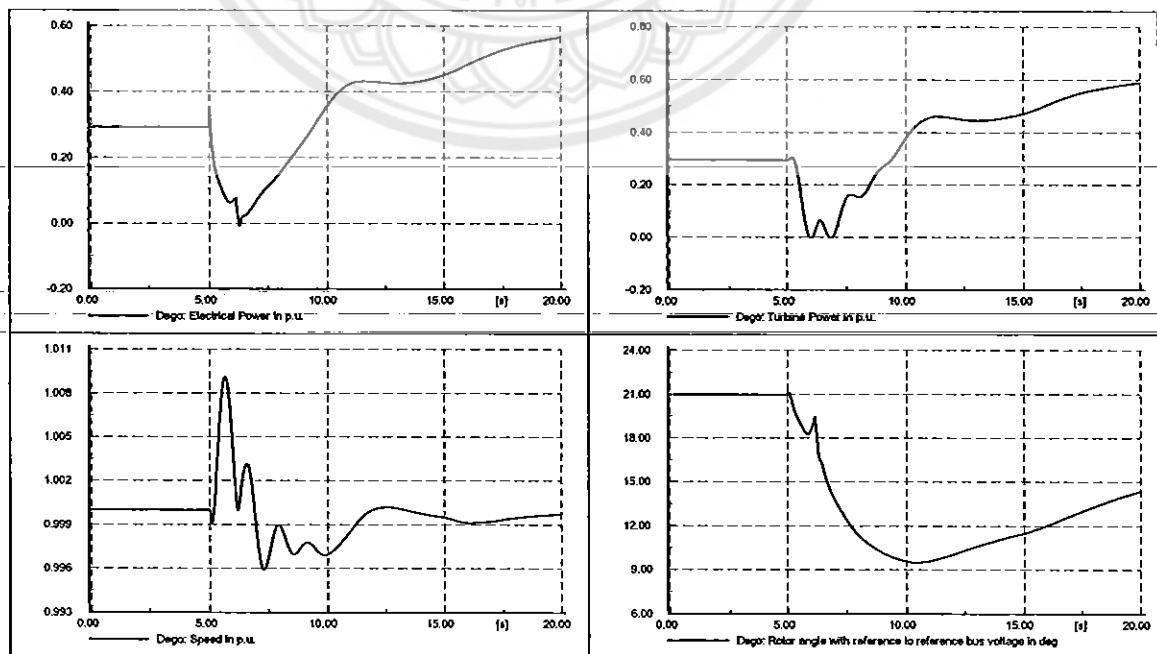
รูปที่ 4.20 แสดงผลการลัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



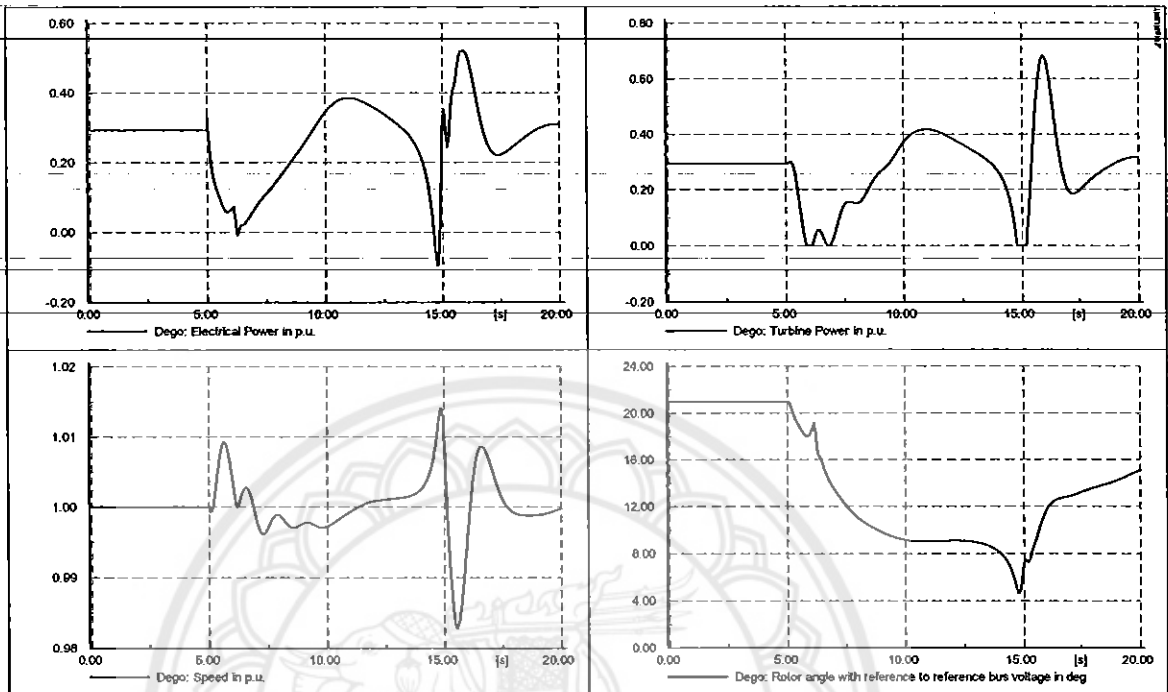
รูปที่ 4.21 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



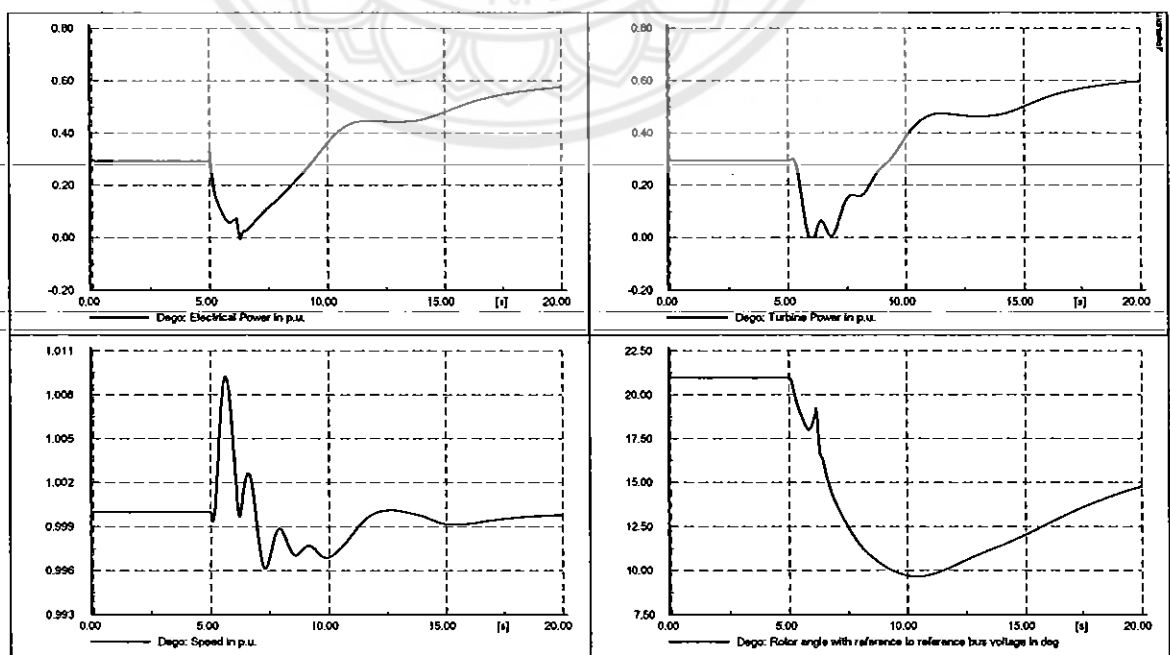
รูปที่ 4.22 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.23 แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B1

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้

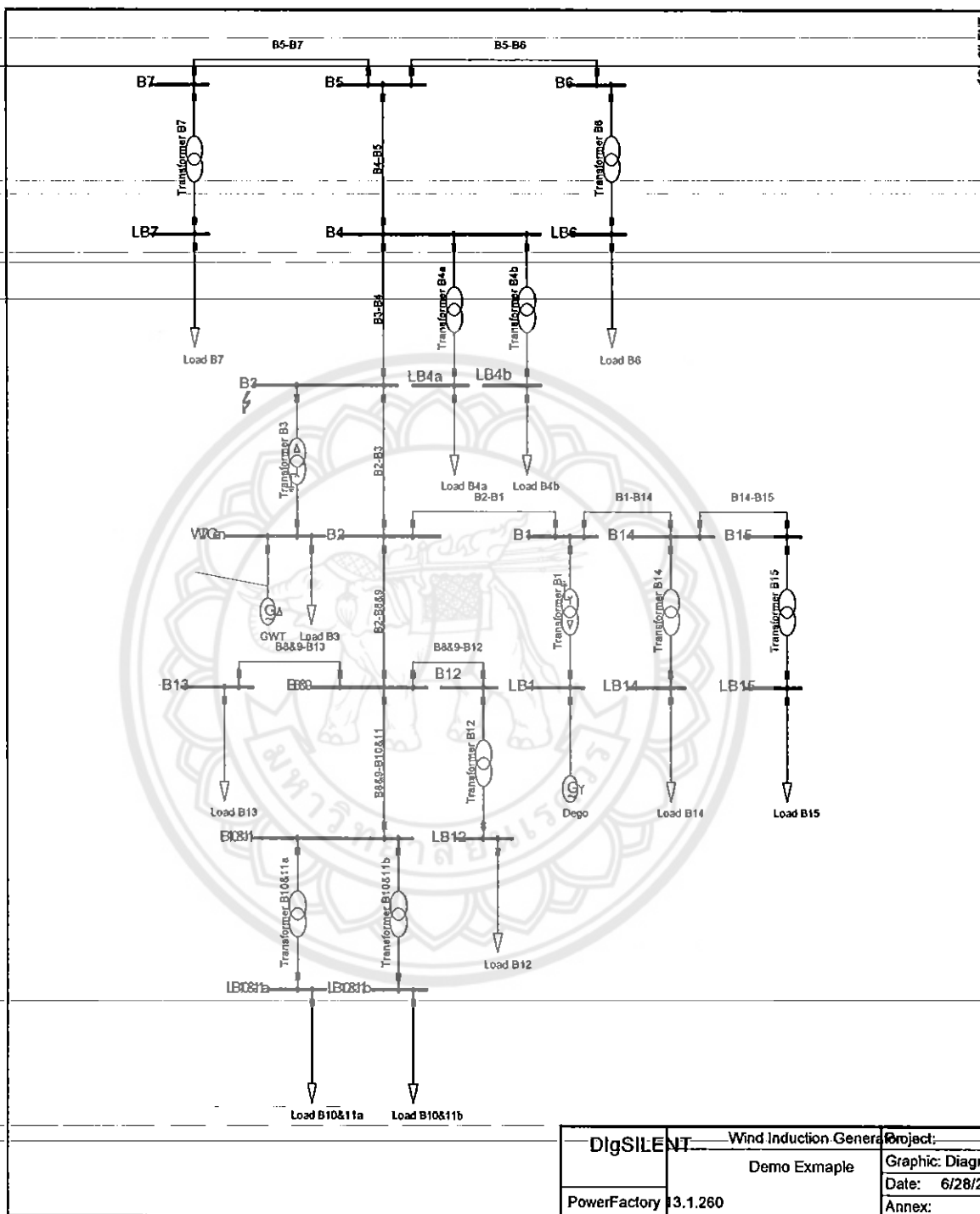


รูปที่ 4.24 แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B1

จากผลการทดสอบ จากกราฟที่ได้นำเสนอมาข้างต้น สรุปได้ว่าเมื่อเกิดการลัดวงจรสามเฟสที่บัส B1 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบ ระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 5.56 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังวินาทีที่ 5.56 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาที่นานที่สุดในการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 0.56 วินาที คำนวณได้เป็น 28 คาบเวลา การลัดวงจรเฟส a ที่บัส B1วินาทีที่5ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุม ได้และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ในเวลาวินาทีที่ 6.12 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังวินาทีที่ 6.12 ระบบจะก็ไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาที่นานที่สุดในการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 1.12 วินาทีคำนวณได้เป็น 56 คาบเวลา การลัดวงจรเฟส b ที่บัส B1 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบ ระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 6.12 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังวินาทีที่ 6.12 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาที่นานที่สุดในการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 1.12 วินาที คำนวณได้เป็น 56 คาบเวลา การลัดวงจรเฟส c ที่บัส B1 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่5.02ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 6.12 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังวินาทีที่ 6.12 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาที่นานที่สุดในการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 1.12 วินาที คำนวณได้เป็น 56 คาบเวลา



### 4.4.2 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B3

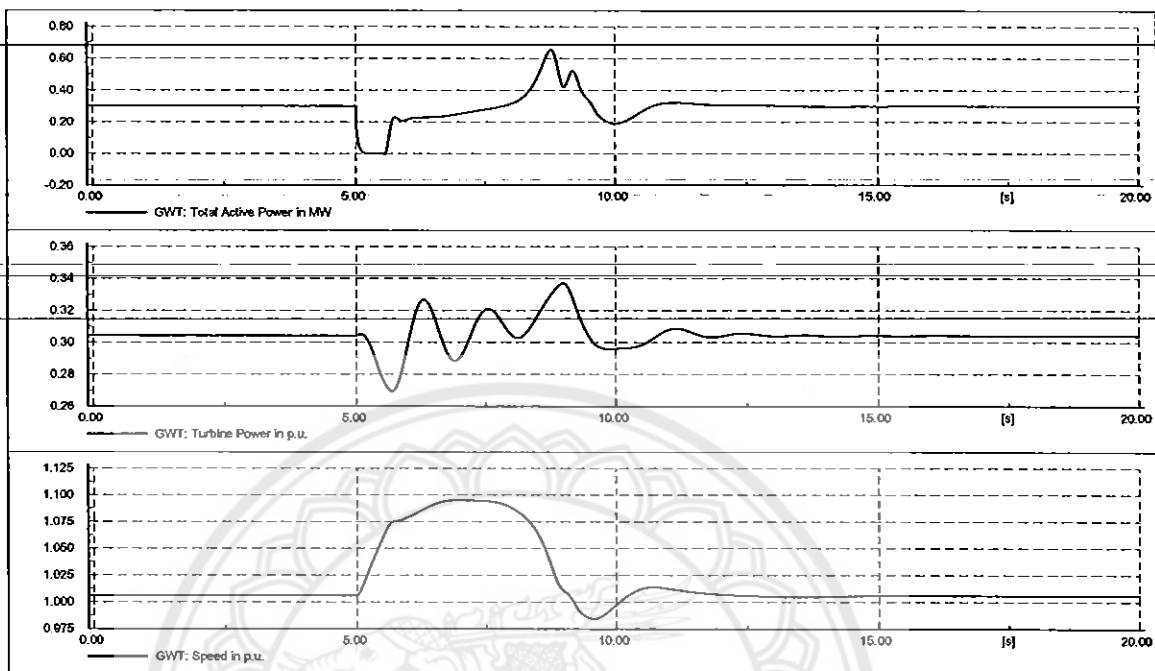


DigSILENT	Wind Induction Generator	Project:
PowerFactory 3.1.260	Demo Example	Graphic: Diagram
		Date: 6/28/2011
		Annex:

รูปที่ 4.25 แสดงตำแหน่งบัส B3

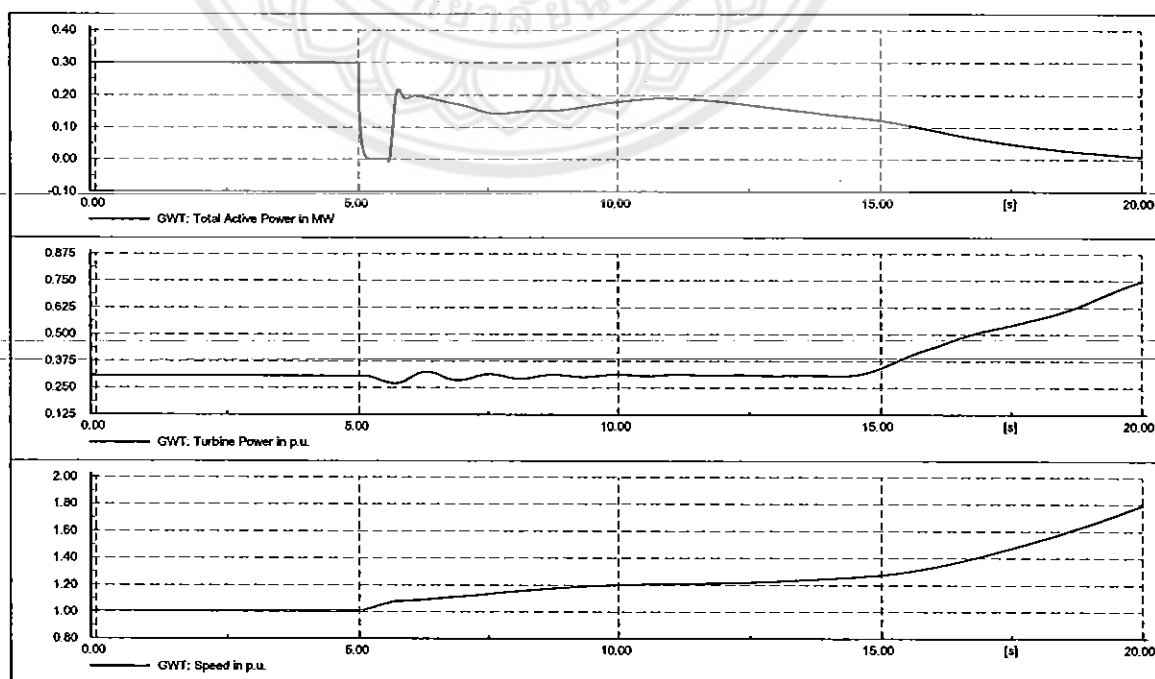
เกิดการลัดวงจรสามเฟสและการลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a, b และ c ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



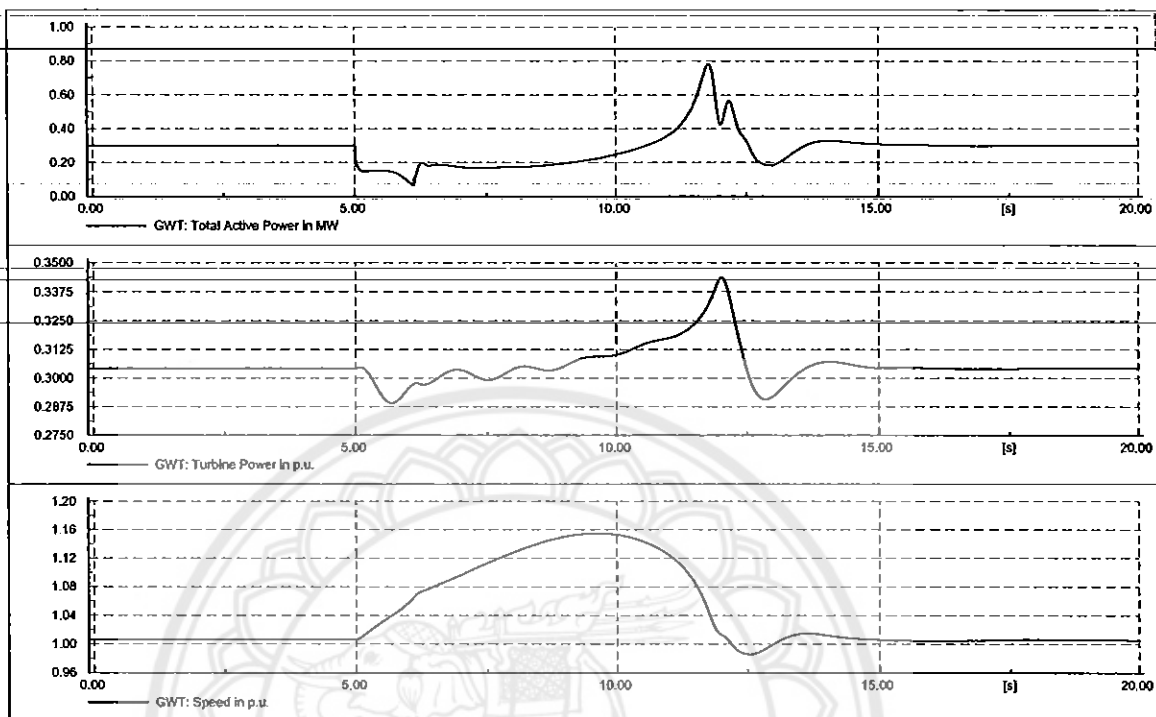
รูปที่ 4.26 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



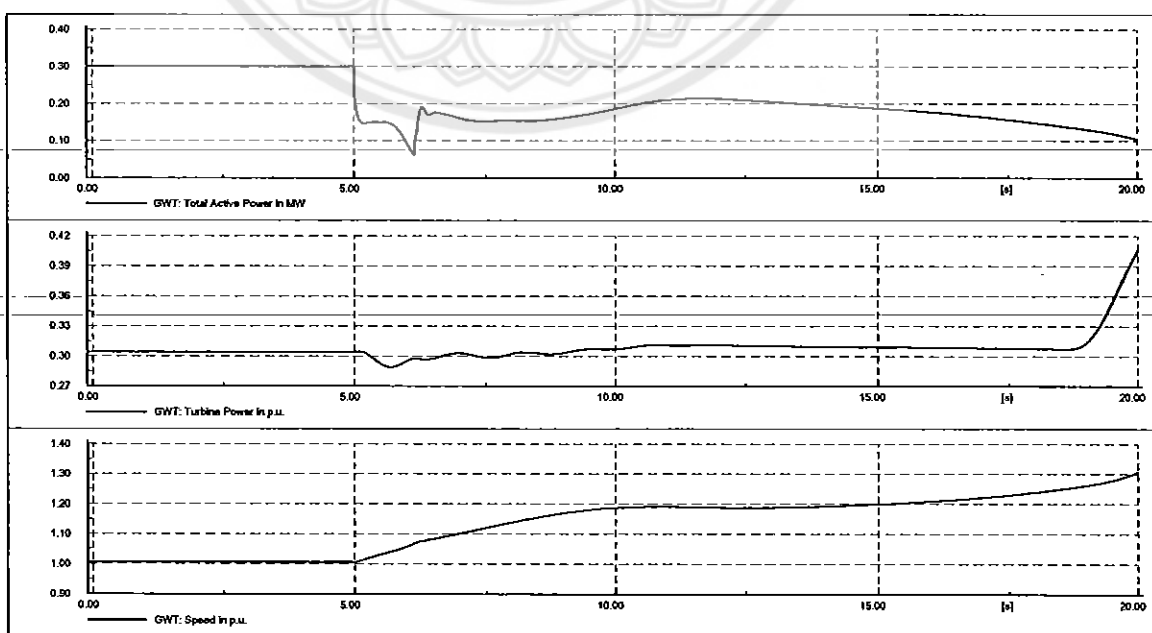
รูปที่ 4.27 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



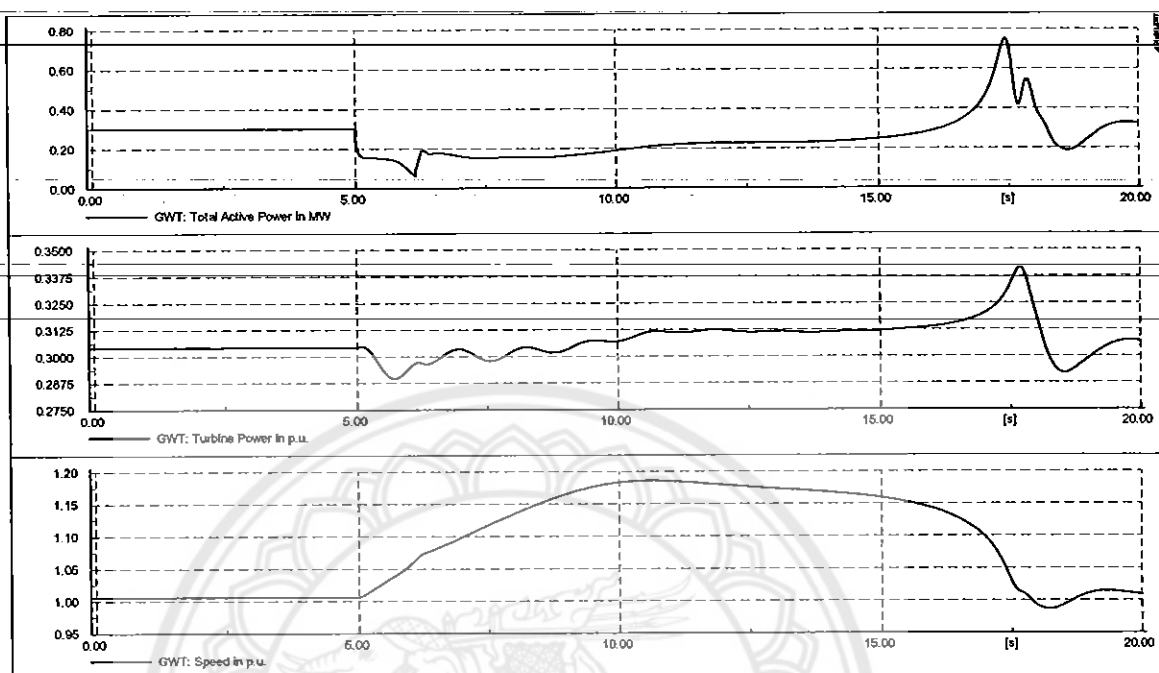
รูปที่ 4.28 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



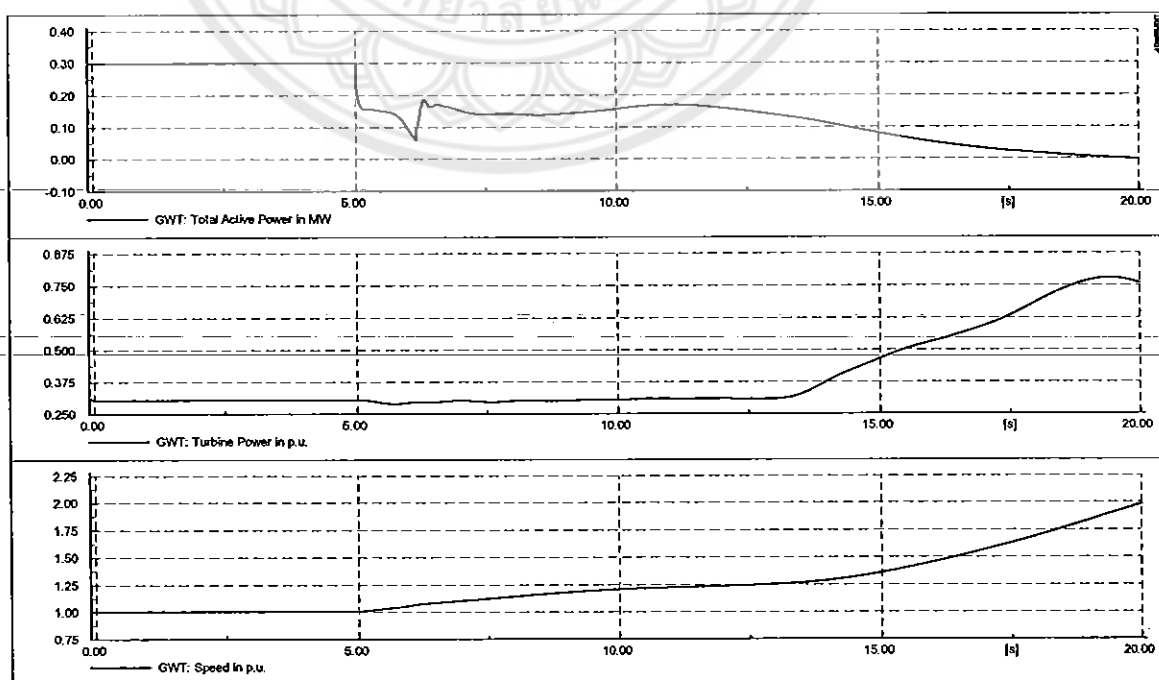
รูปที่ 4.29 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



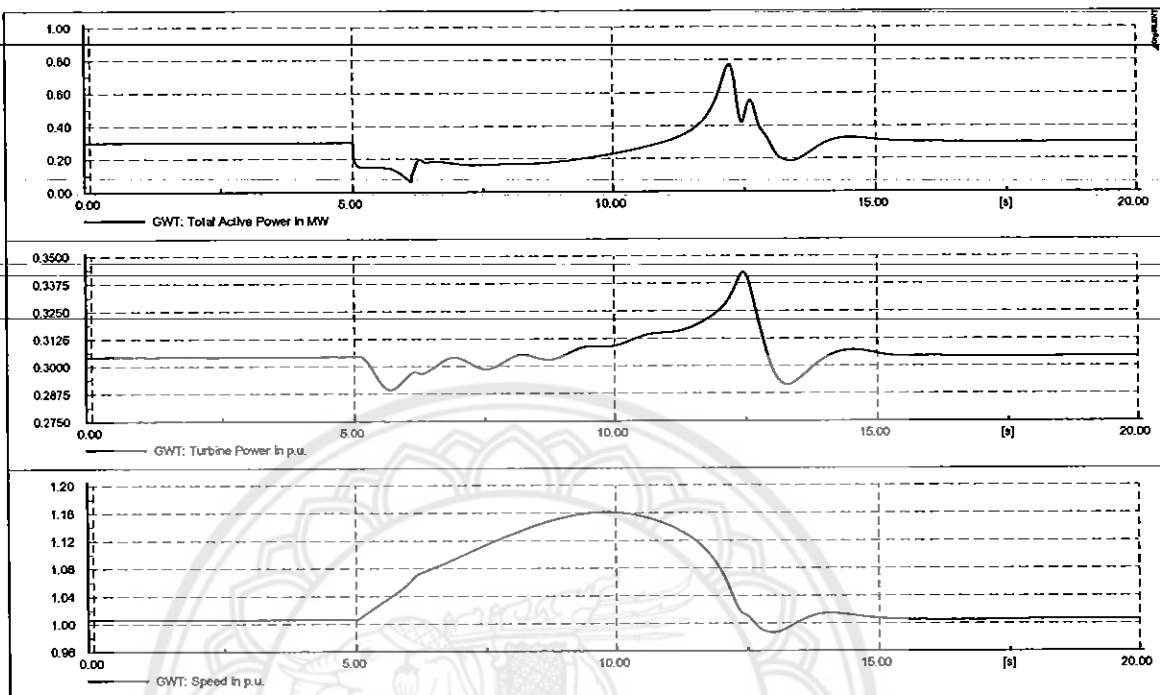
รูปที่ 4.30 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



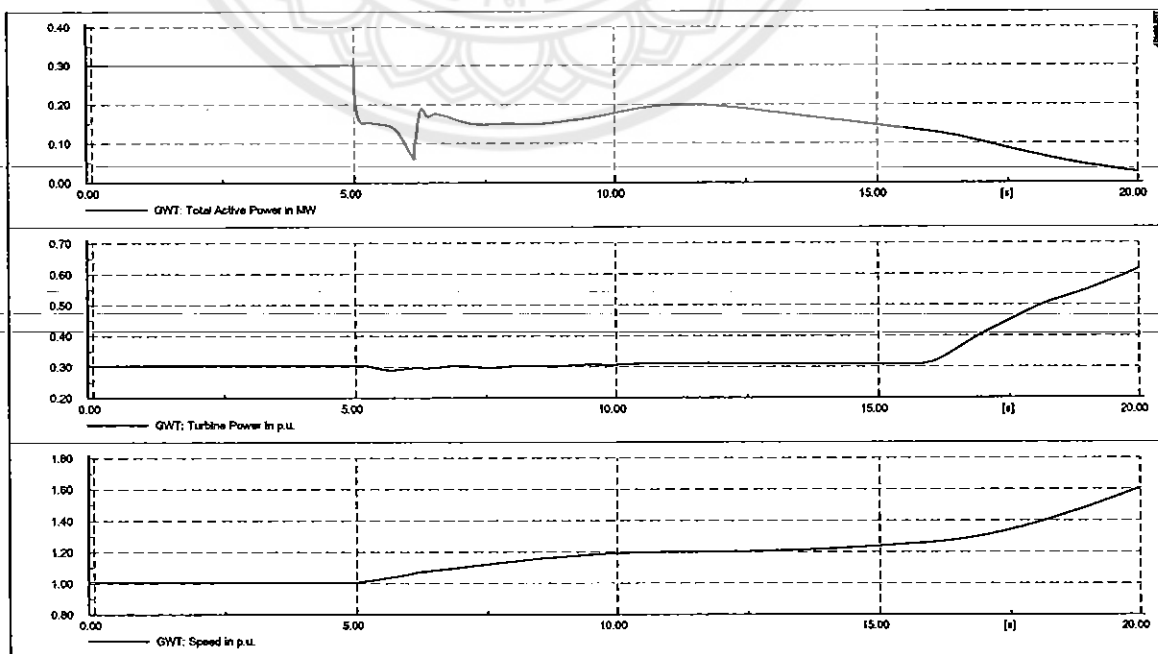
รูปที่ 4.31 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์ วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



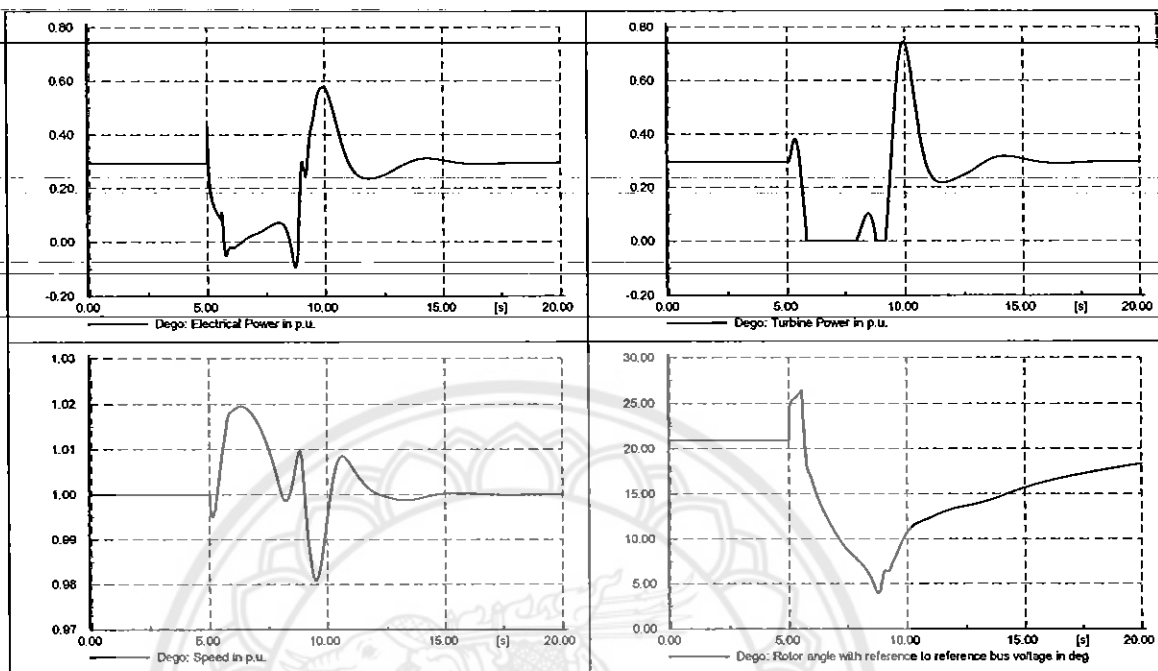
รูปที่ 4.32 แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์ วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



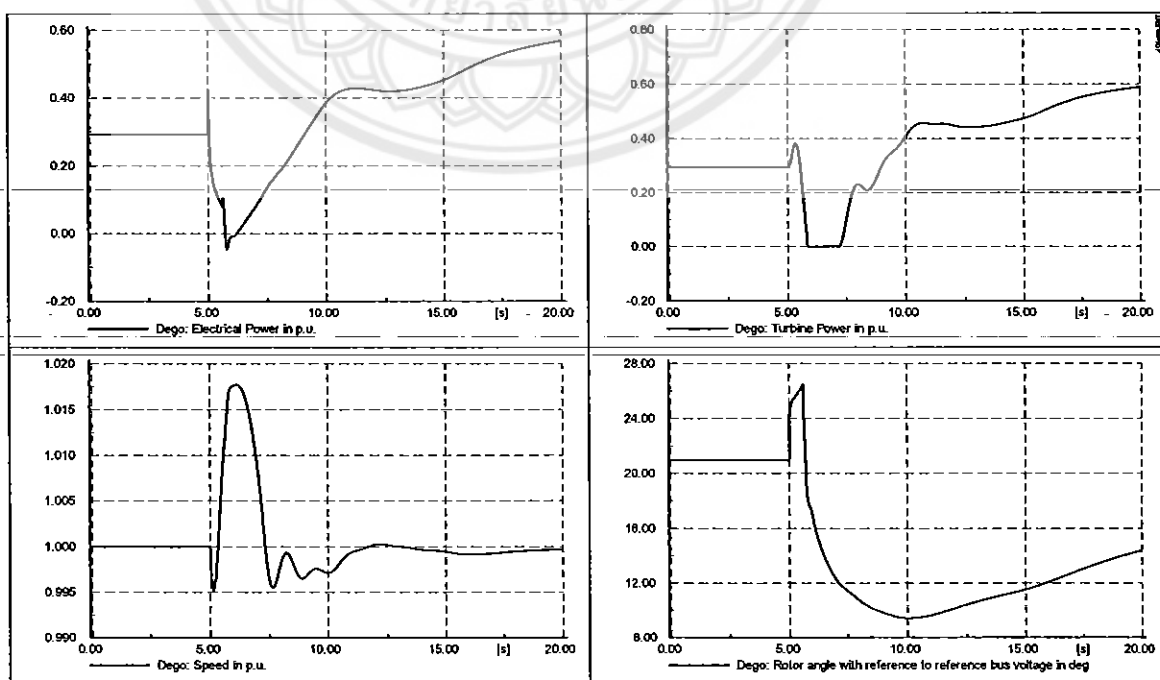
รูปที่ 4.33 แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



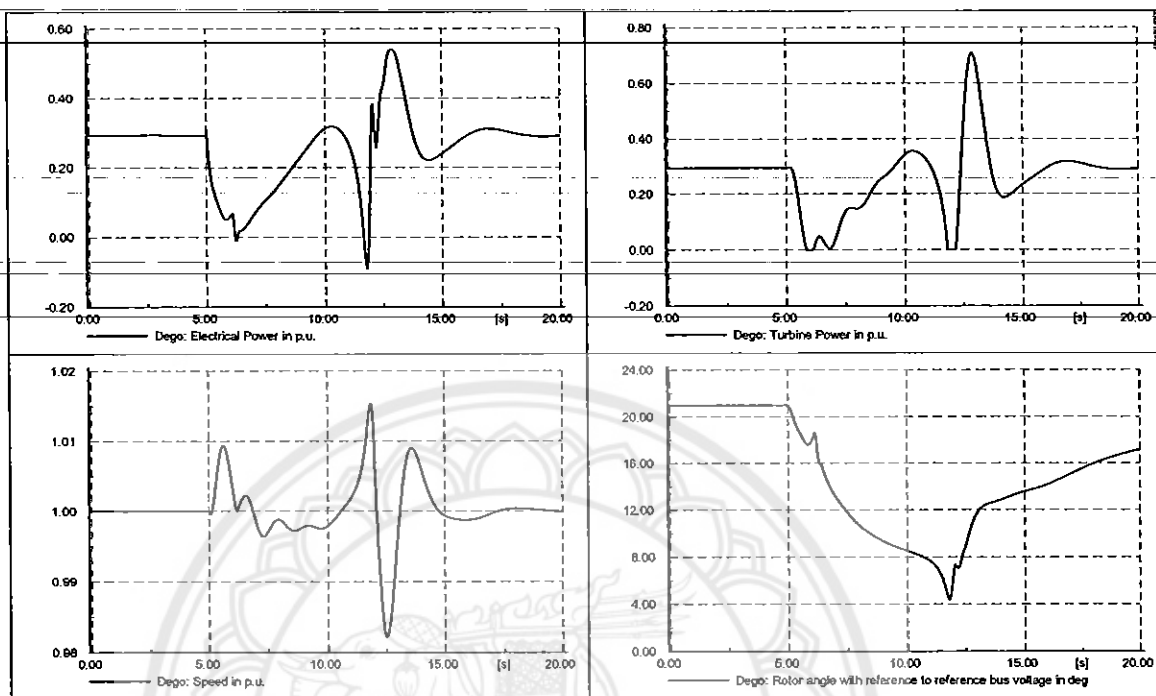
รูปที่ 4.34 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



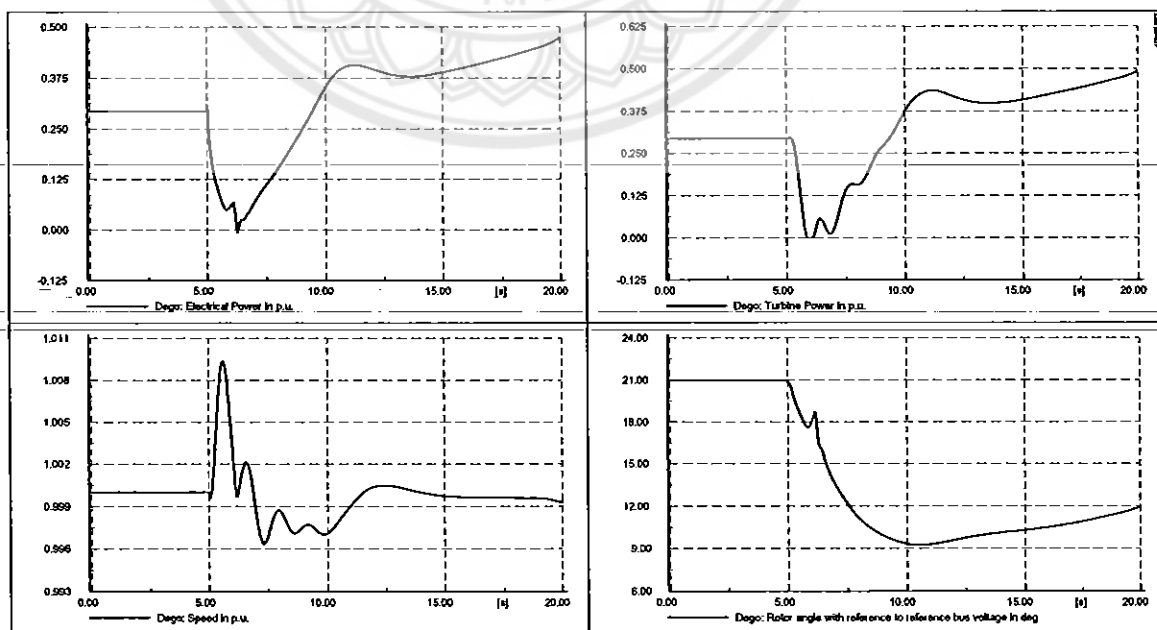
รูปที่ 4.35 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ Deogo เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



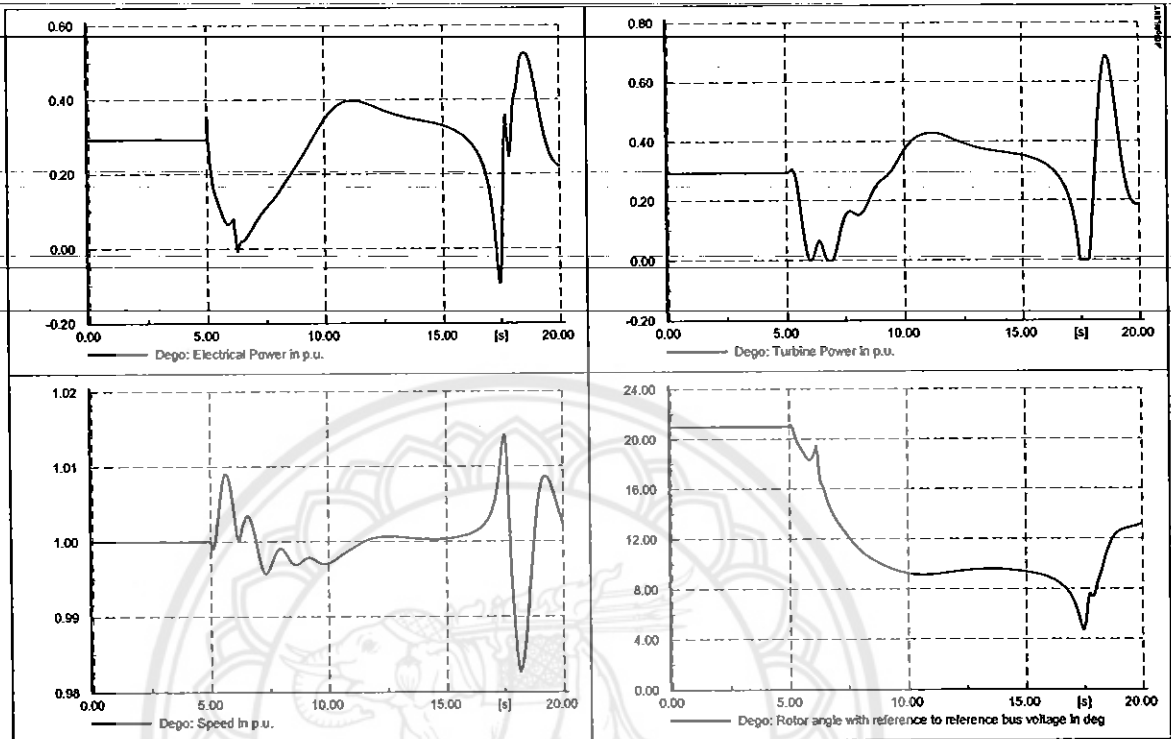
รูปที่ 4.36 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ Deogo เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.12 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ Deogo เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



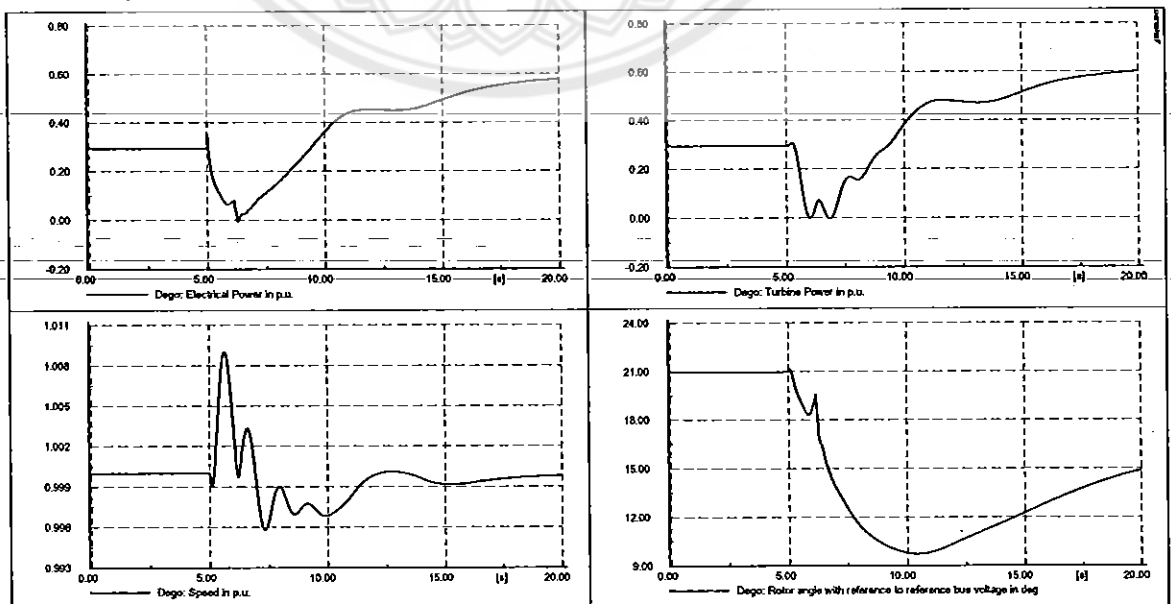
รูปที่ 4.37 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ Deogo เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ Deigo เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.38 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Deigo เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B3

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ Deigo เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้

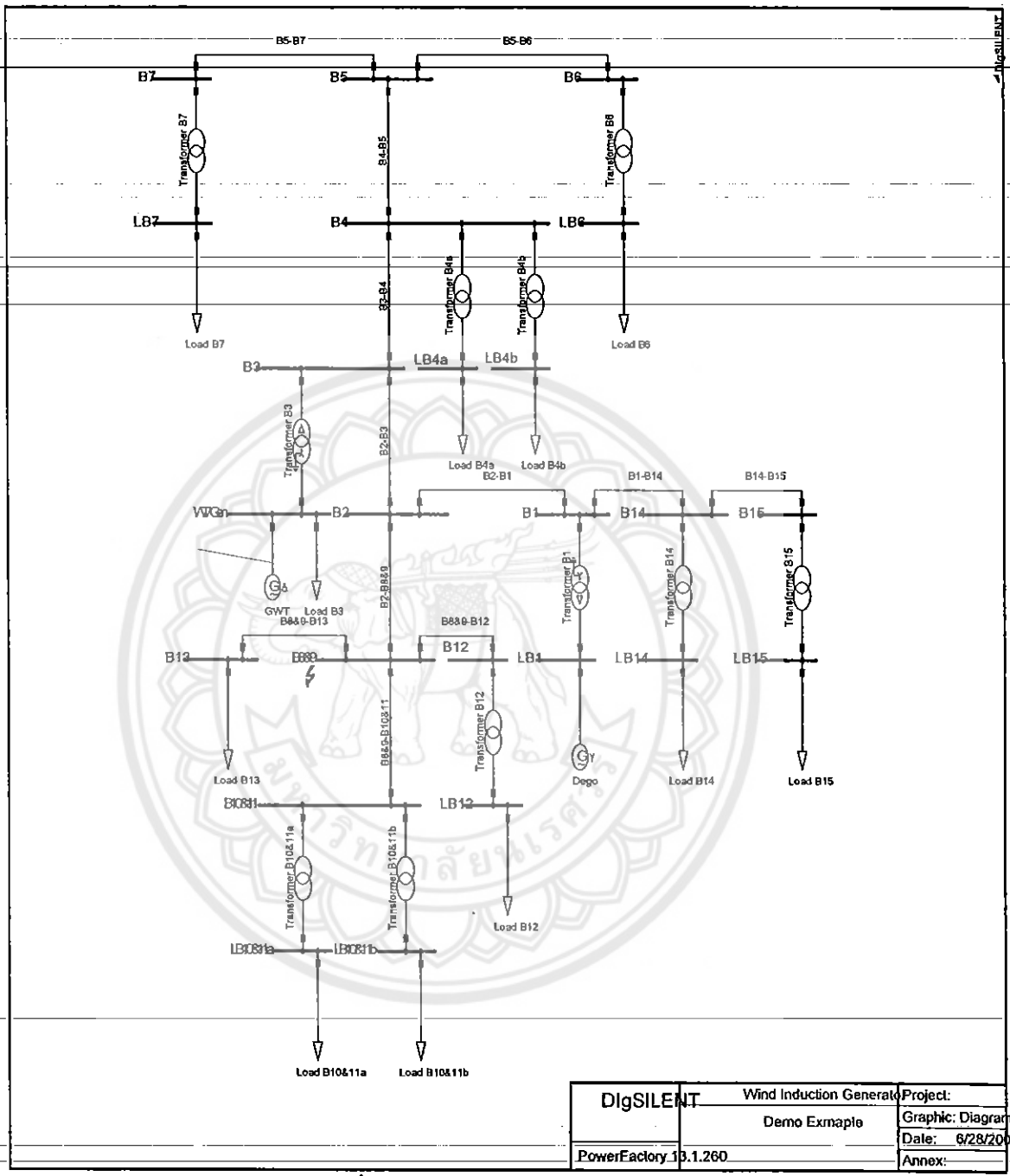


รูปที่ 4.39 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Deigo เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B3





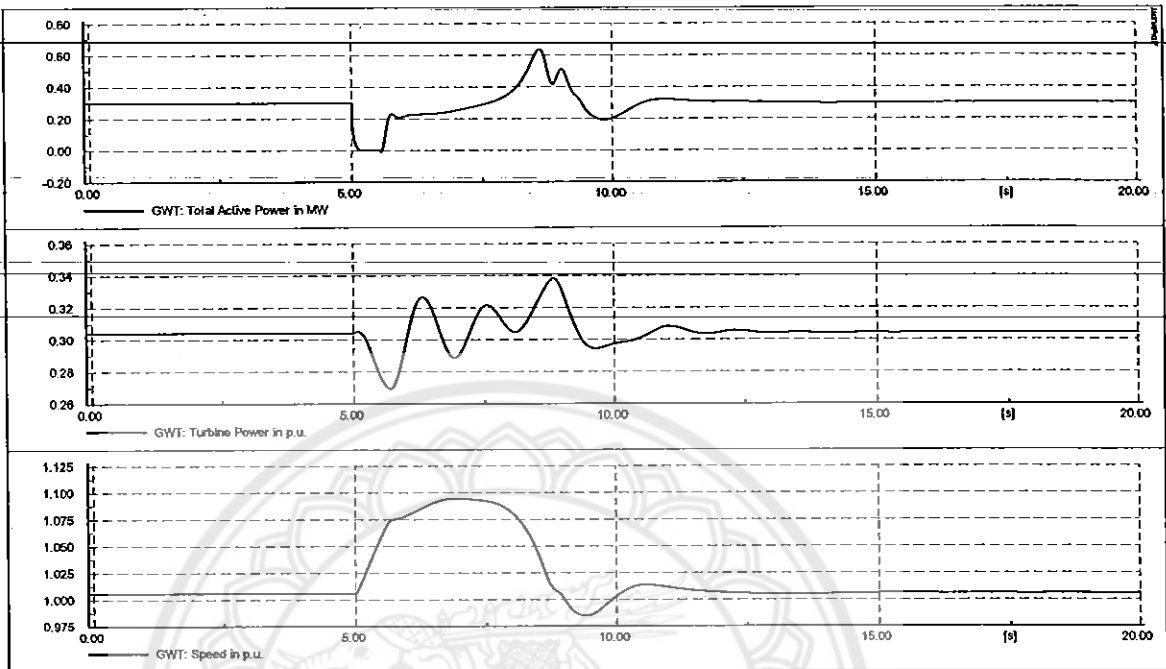
### 4.4.3 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B8&9



รูปที่ 4.42 แสดงตำแหน่งบัส B8&9

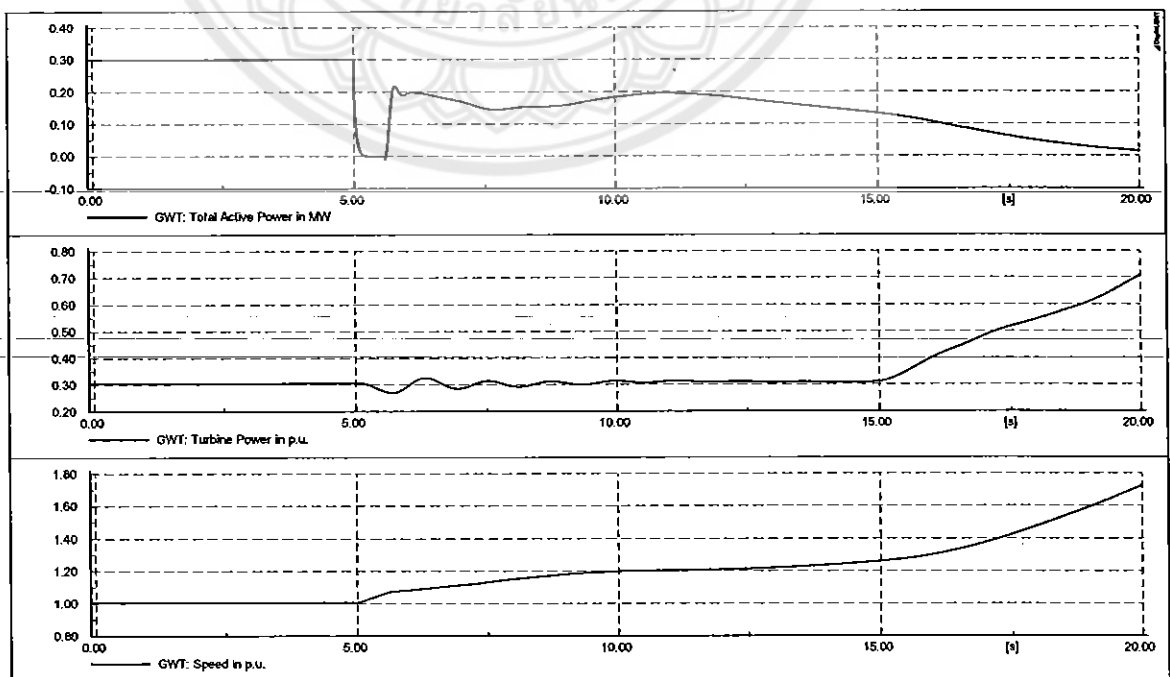
เกิดการลัดวงจรสามเฟสและการลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของบัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



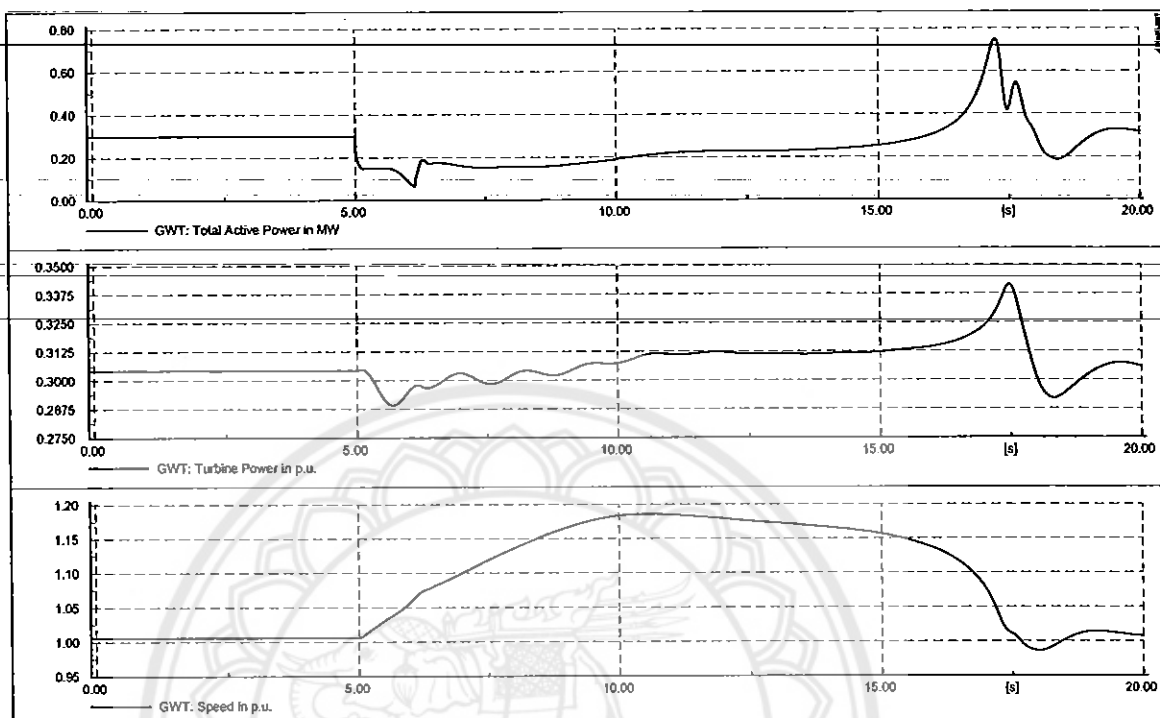
รูปที่ 4.43 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 ของบัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



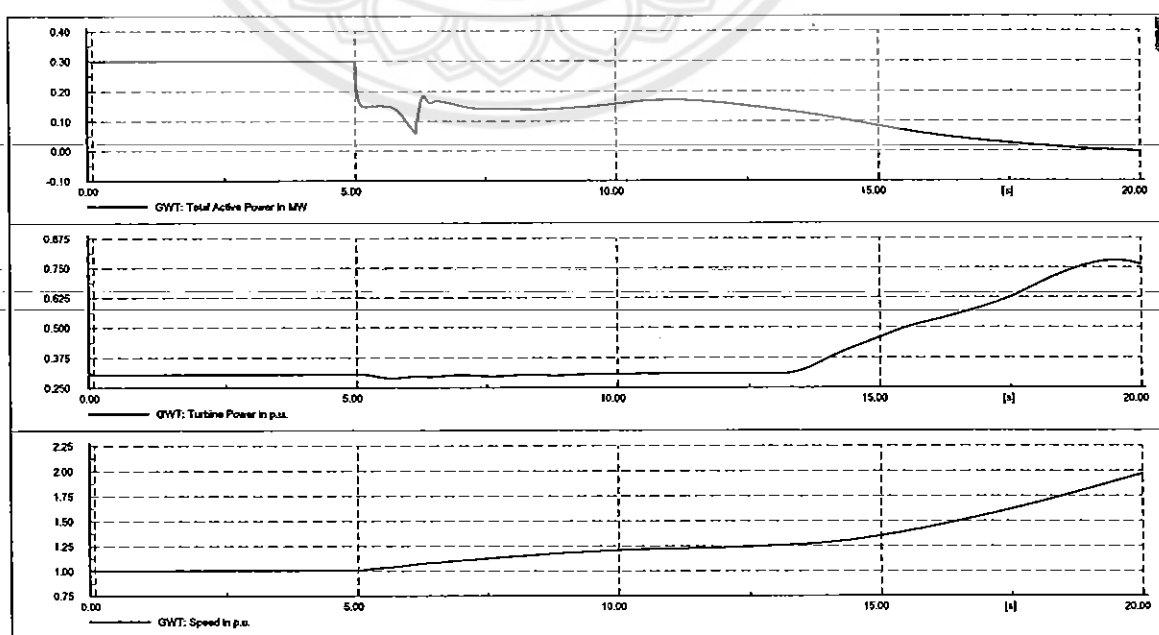
รูปที่ 4.44 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 ของบัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



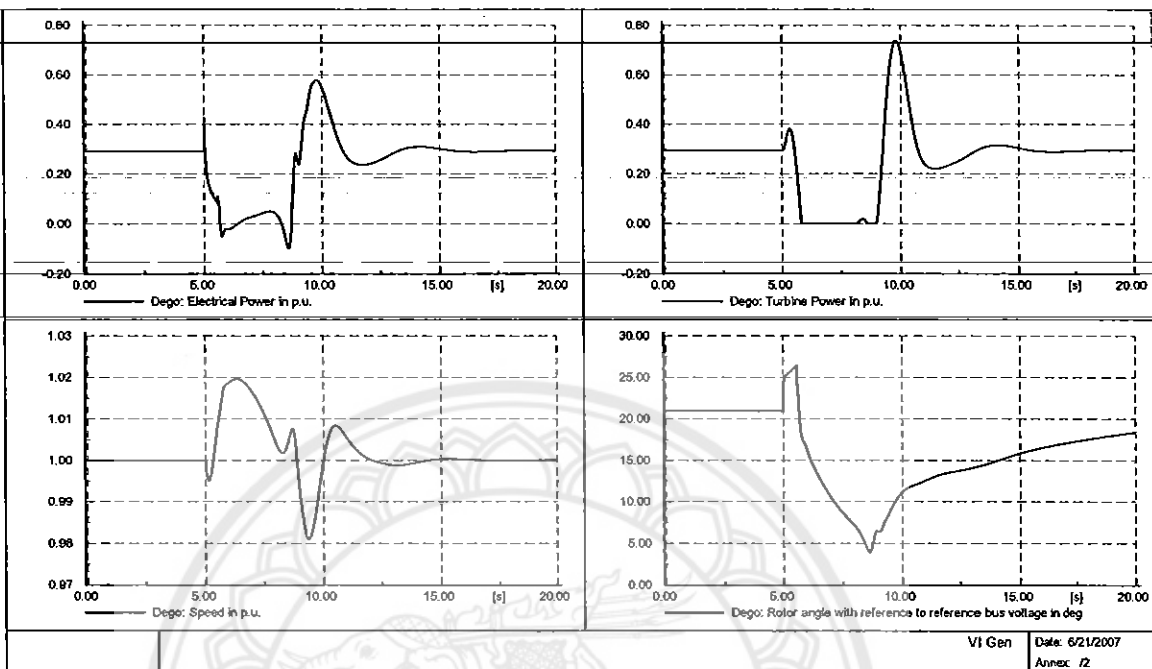
รูปที่ 4.45 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



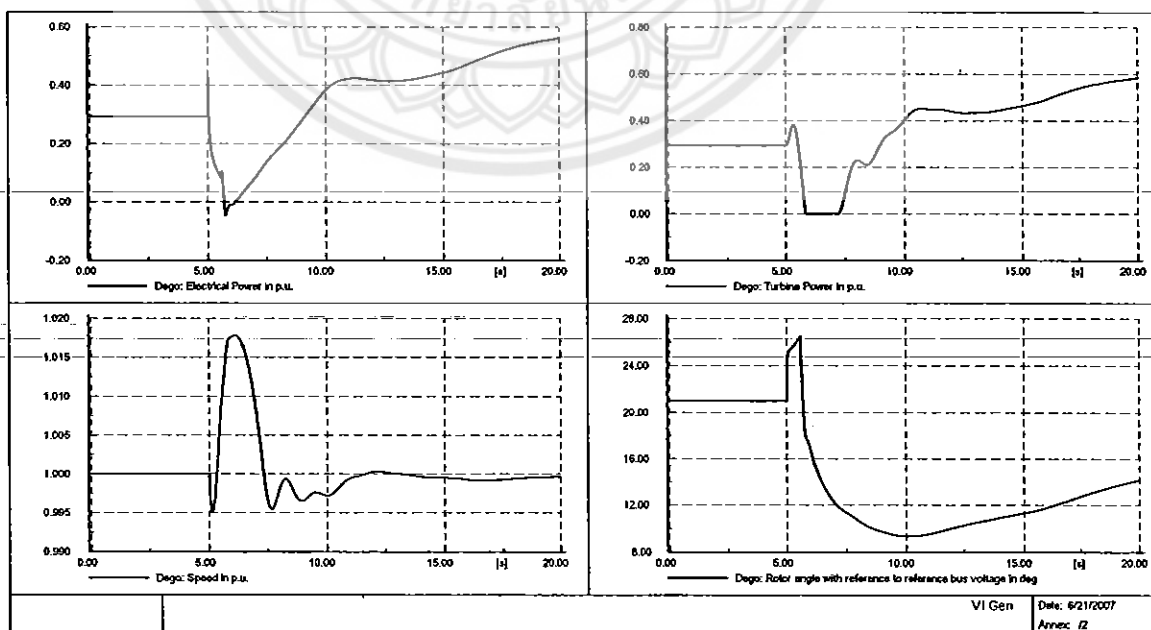
รูปที่ 4.46 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



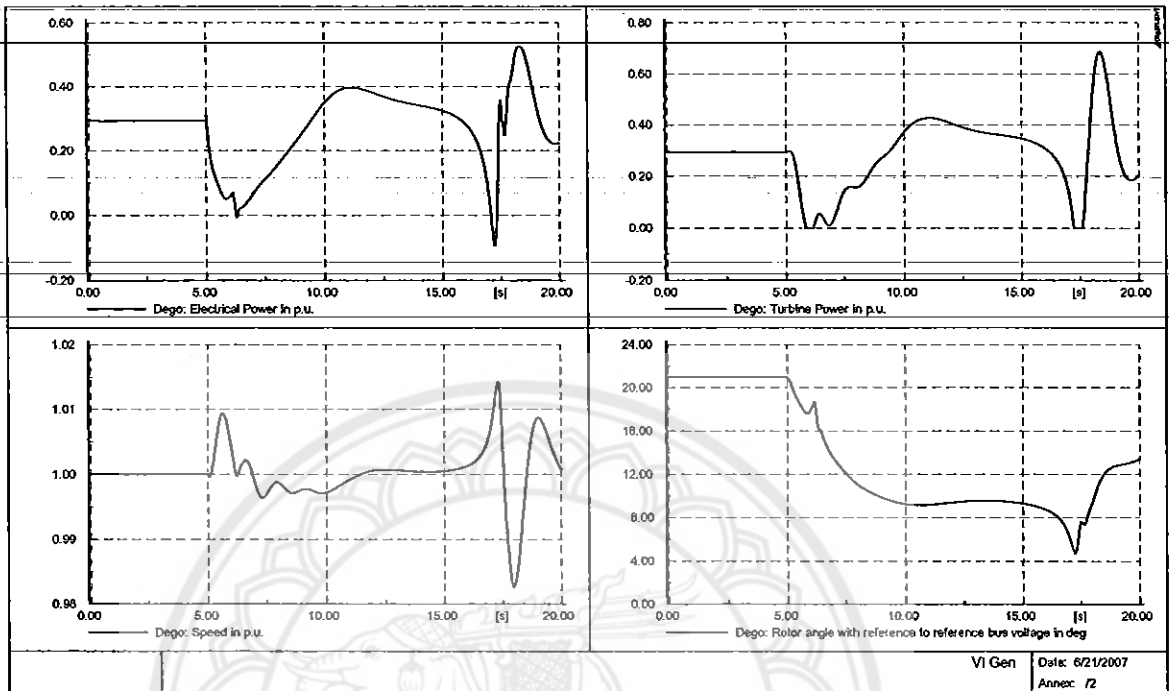
รูปที่ 4.47 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 ของ บัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



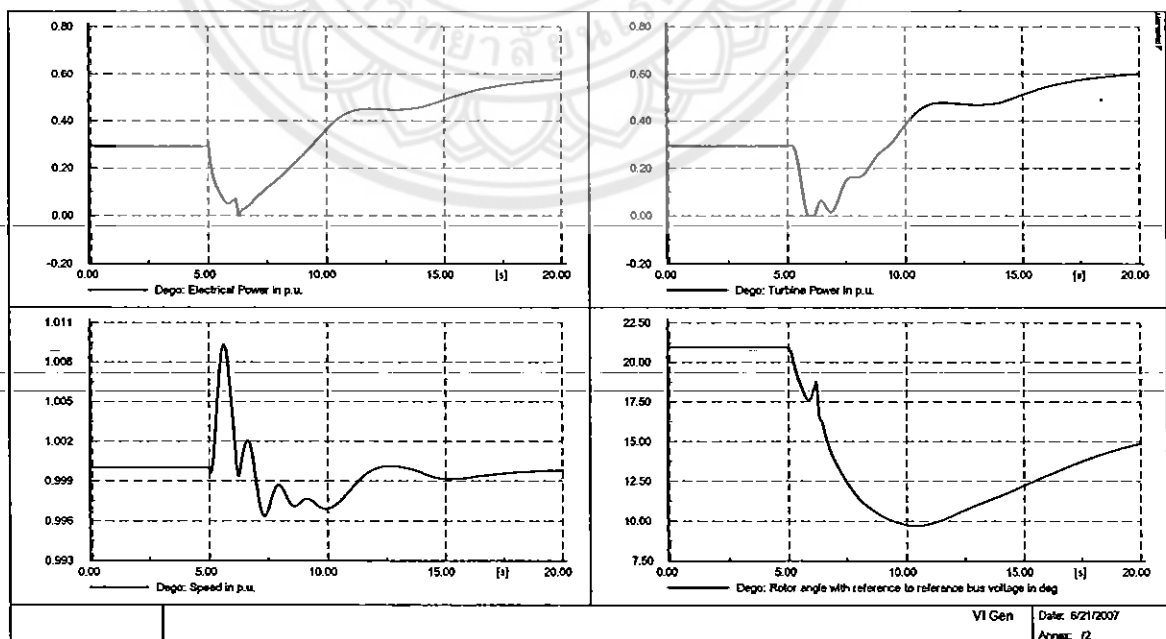
รูปที่ 4.48 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 ของ บัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ Deگو เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.49 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ Deگو เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B8&9

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส a ของ Deگو เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้

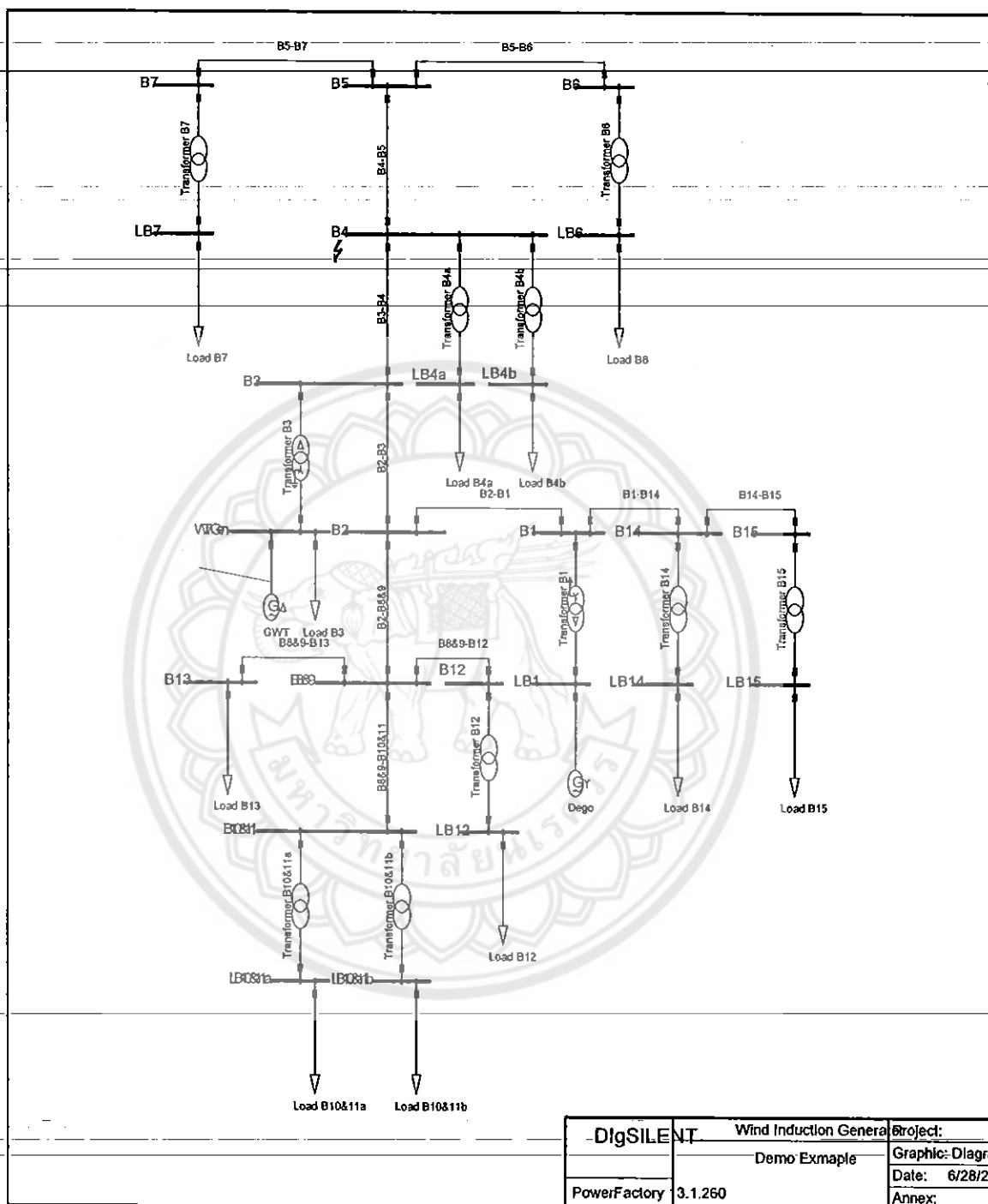


รูปที่ 4.50 แสดงผลการลัดวงจรเฟส a วินาทีที่ 5 ของ Deگو เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B8&9

การลัดวงจรสามเฟสที่บัส B8&9 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบ ระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 5.56 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังจากวินาทีที่ 5.56 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาดำเนินการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 0.56 วินาที คำนวณได้เป็น 28 คาบเวลา การลัดวงจรเฟส a ที่บัส B8&9 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 6.14 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังจากวินาทีที่ 6.16 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาดำเนินการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 1.14 วินาทีคำนวณได้เป็น 57 คาบเวลา



### 4.4.4 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B4

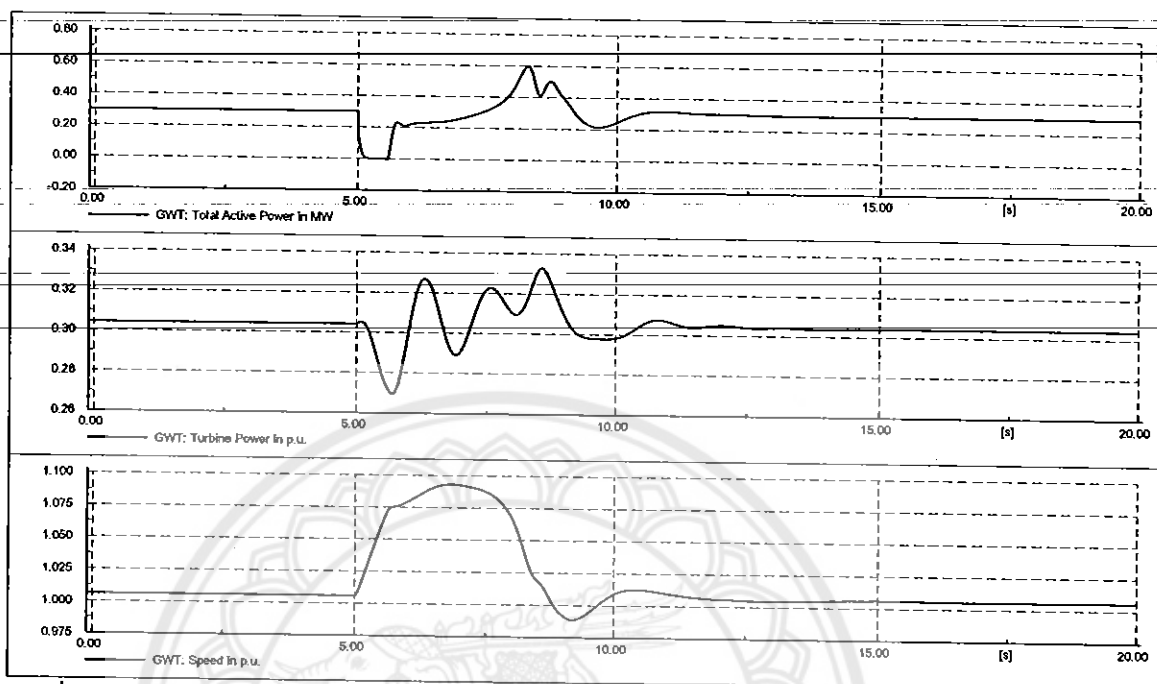


รูปที่ 4.51 แสดงตำแหน่งบัส B4

เกิดการลัดวงจรสามเฟสและการลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของบัส B4

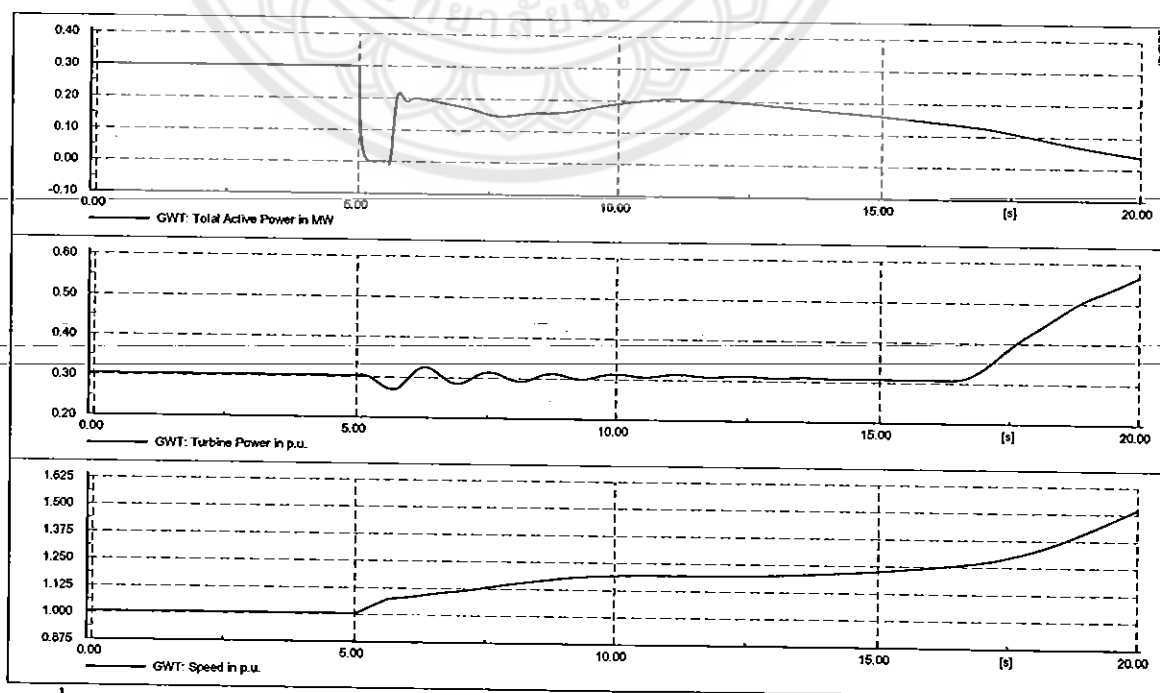


การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



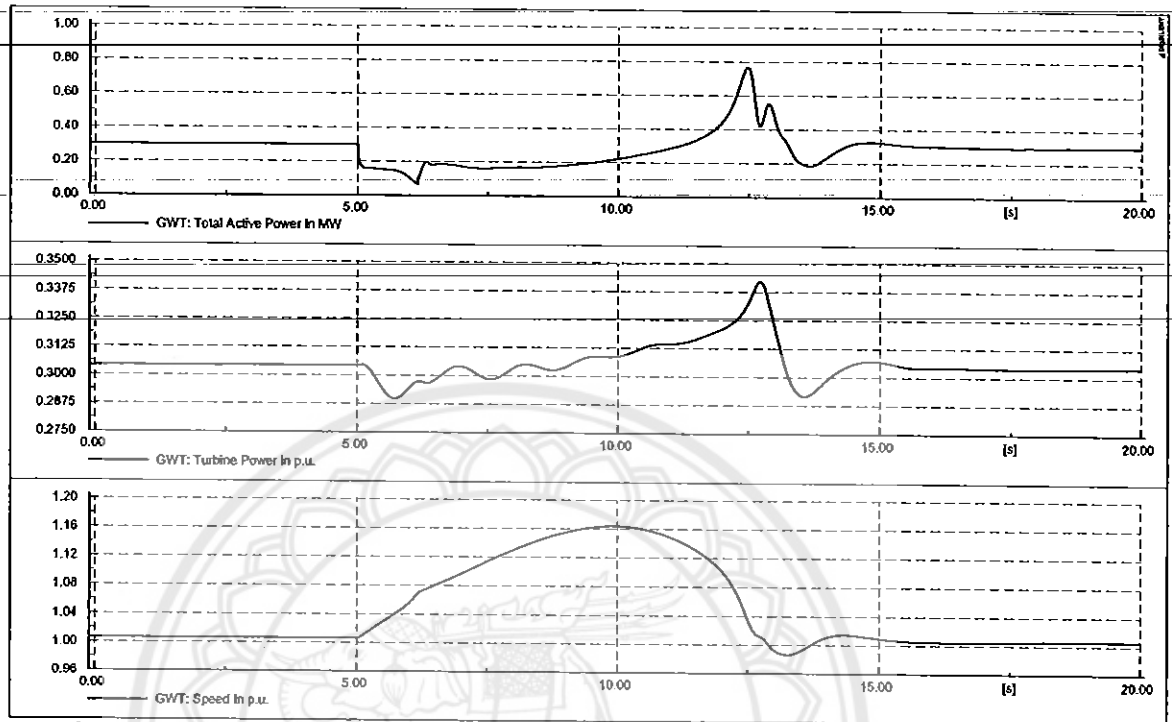
รูปที่ 4.52 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



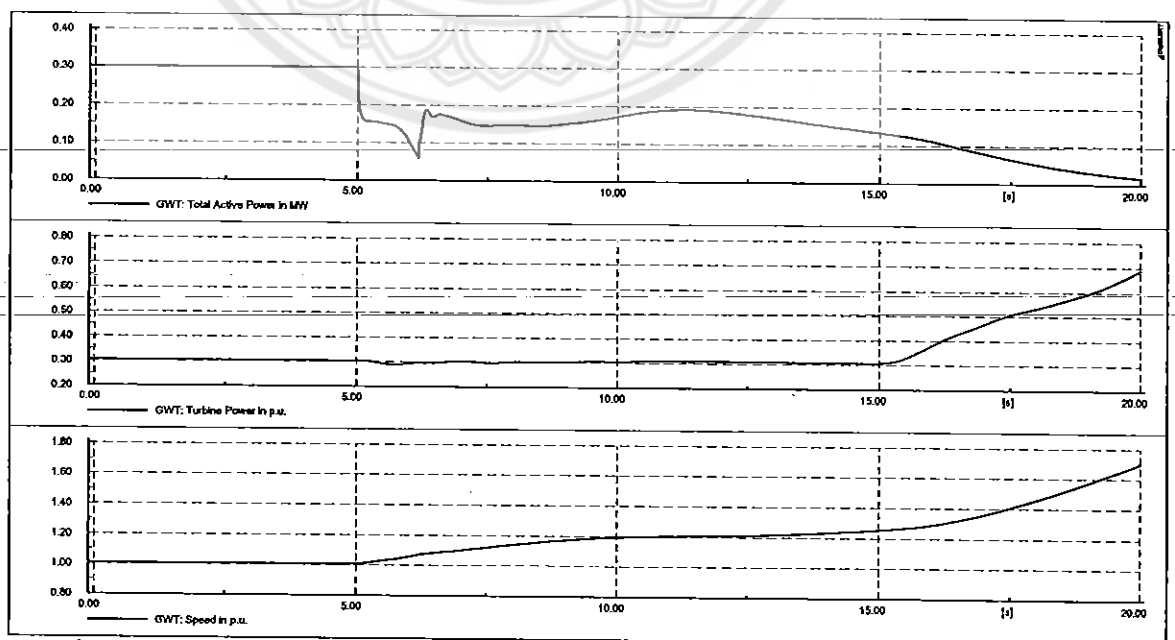
รูปที่ 4.53 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



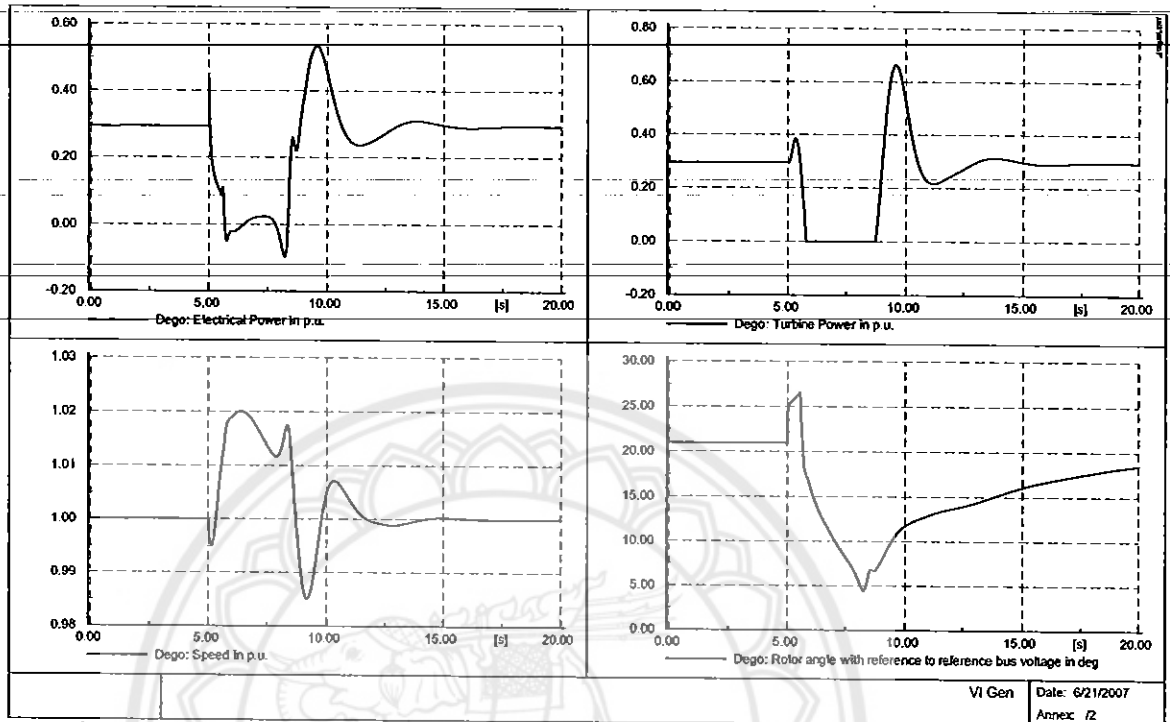
รูปที่ 4.54 แสดงผลการลัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



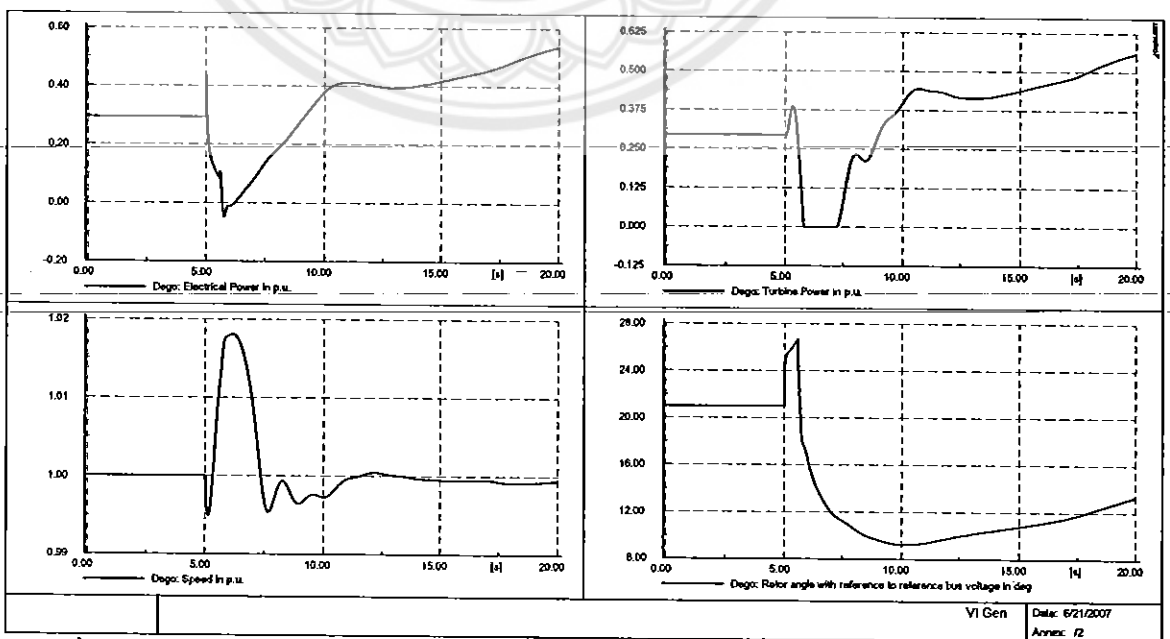
รูปที่ 4.55 แสดงผลการลัดวงจรเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



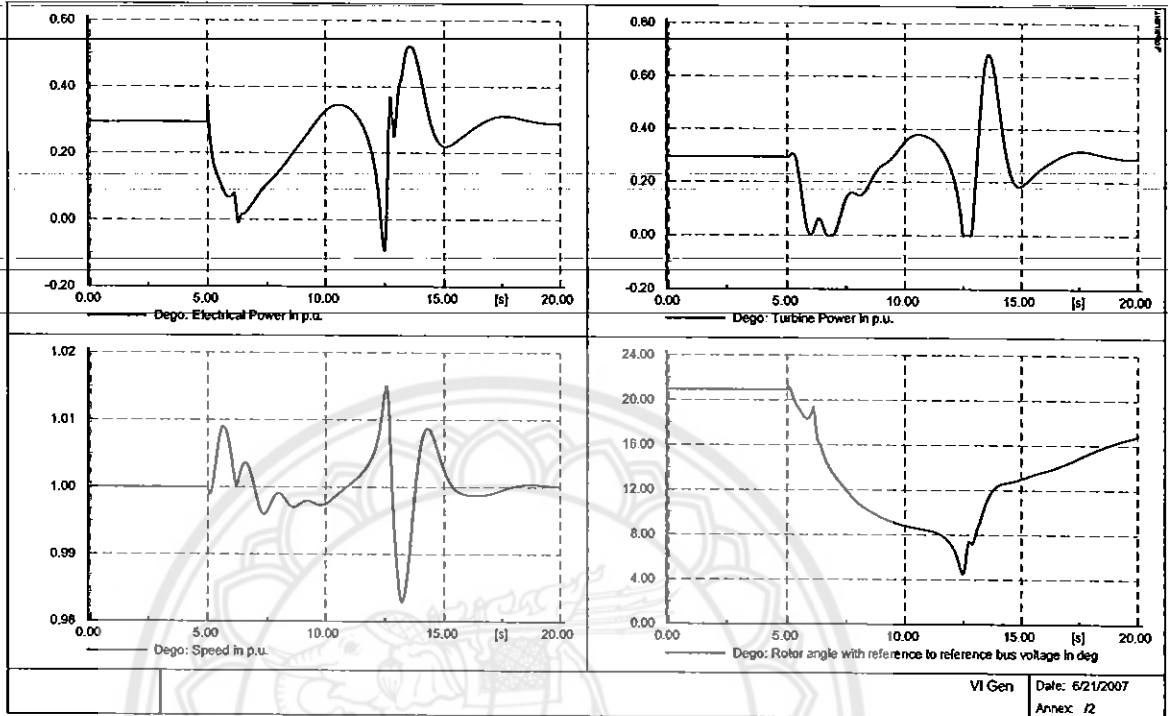
รูปที่ 4.56 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.56 ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



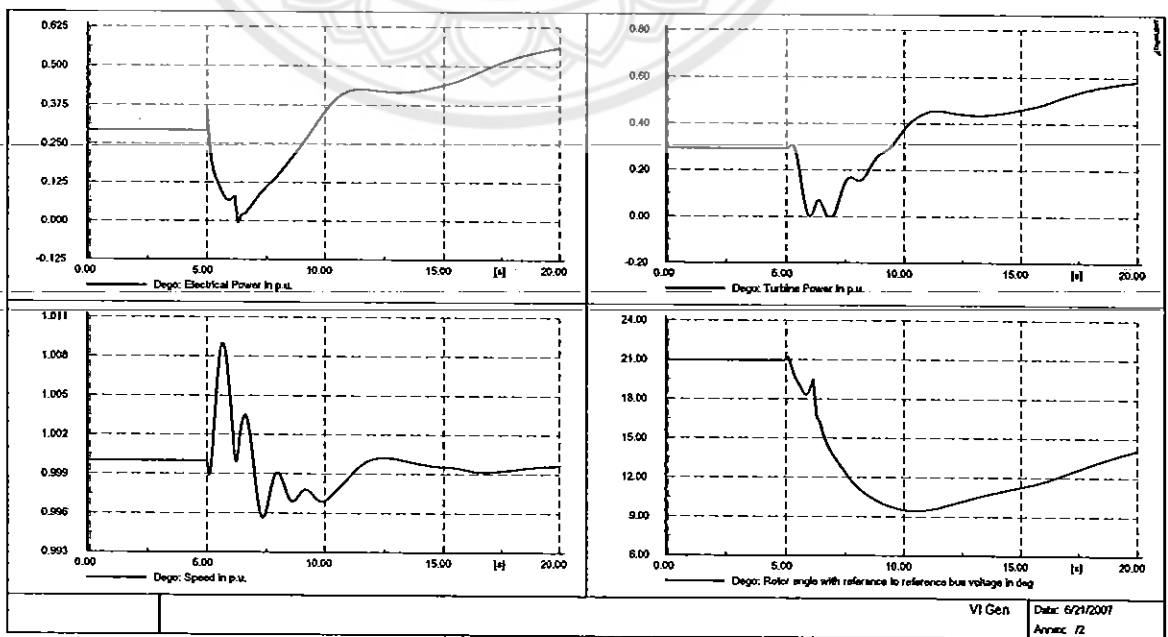
รูปที่ 4.57 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.58 ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ Deigo เกิดวินาทีที่ 5 และมีการเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.58 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Deigo เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.14 ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส b ของ Deigo เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้

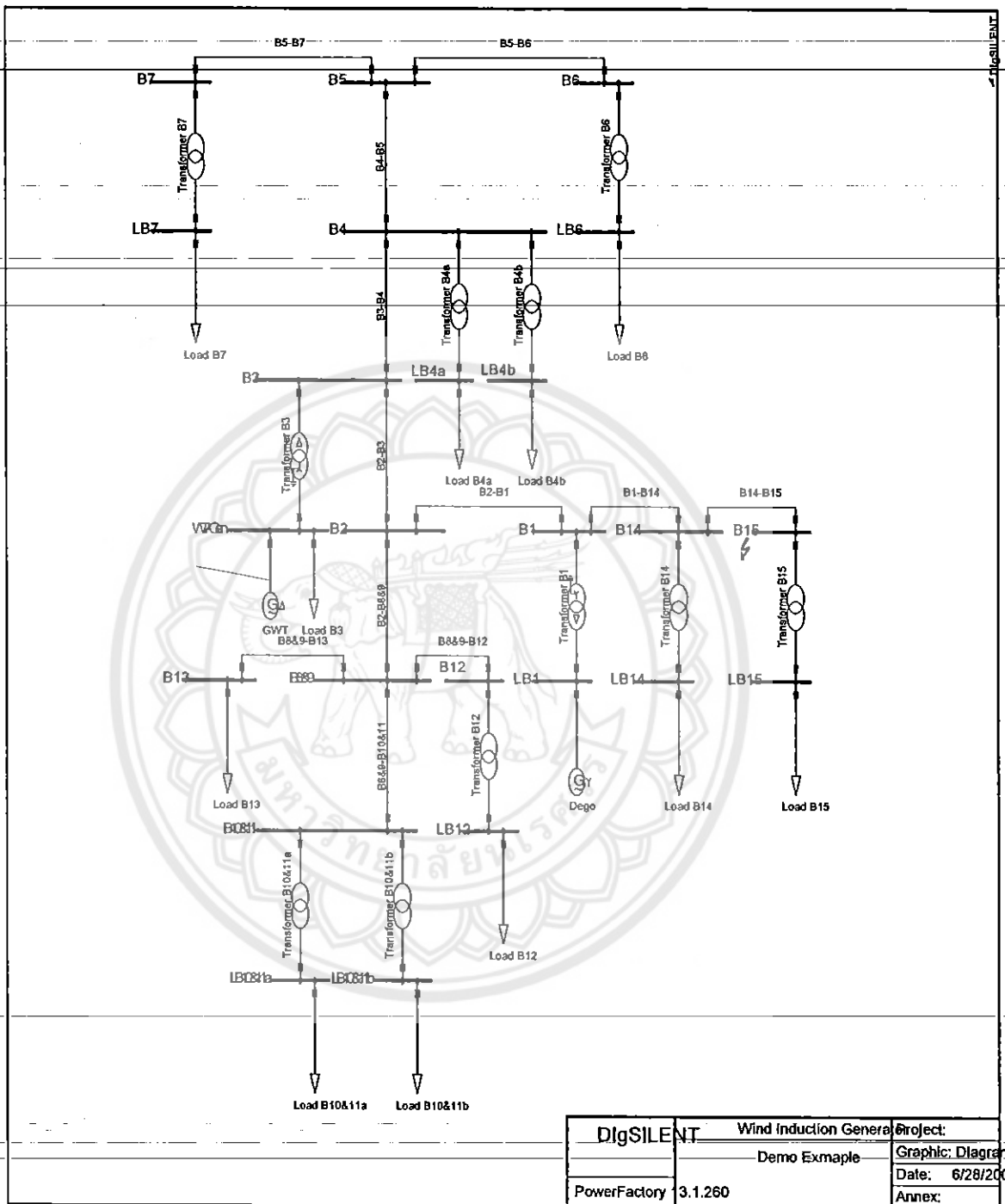


รูปที่ 4.59 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Deigo เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 6.16 ของบัส B4

การลัดวงจรสามเฟสที่บัส B4 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบ ระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 5.56 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังวินาทีที่ 5.56 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาดำเนินการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 0.56 วินาที คำนวณได้เป็น 28 คาบเวลา การลัดวงจรเฟส b ที่บัส B4 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 6.14 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังวินาทีที่ 6.16 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาดำเนินการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 1.14 วินาทีคำนวณได้เป็น 57 คาบเวลา



### 4.4.5 ผลการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัส B15

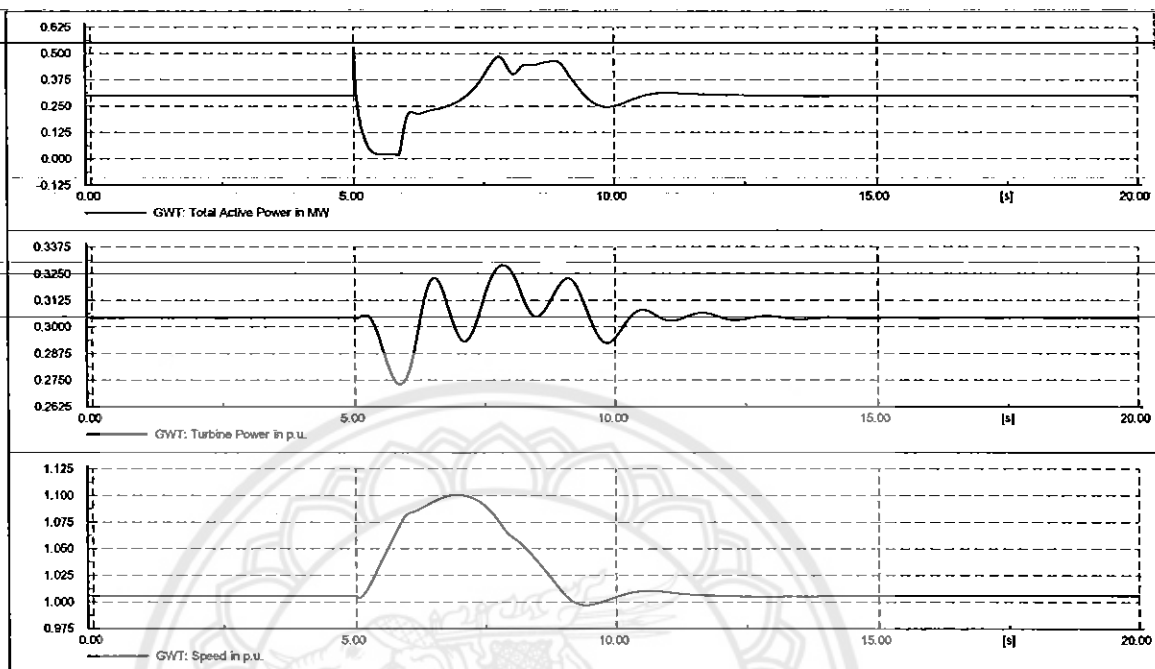


DigSILENT	Wind Induction Generator Project:
	Demo Example
PowerFactory	3.1.260
	Graphic: Diagram
	Date: 6/28/200
	Annex:

รูปที่ 4.60 แสดงตำแหน่งบัส B15

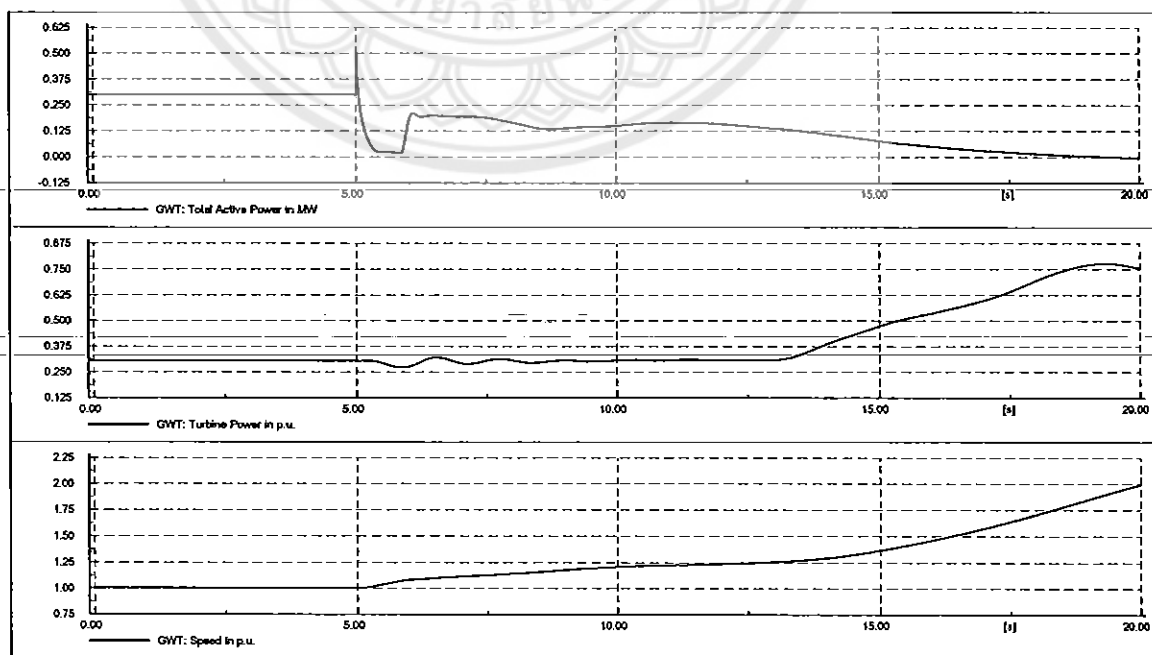
เกิดการลัดวงจรสามเฟสและการลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของบัส B15

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.84  
จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



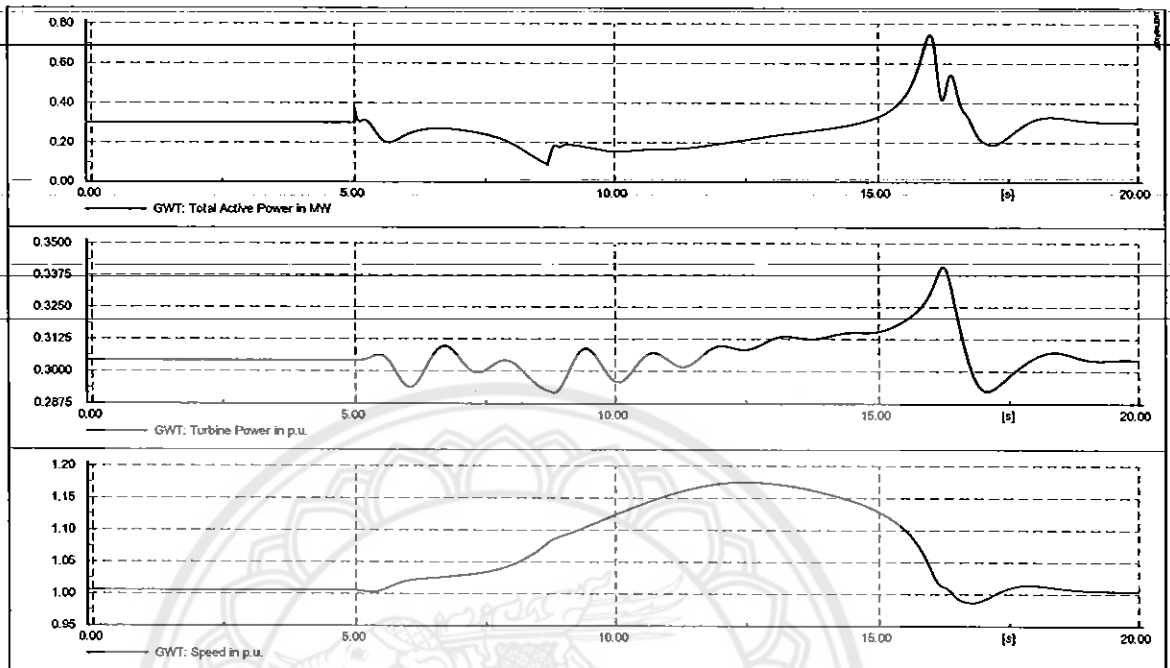
รูปที่ 4.61 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.84ของบัส B15

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.86  
จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



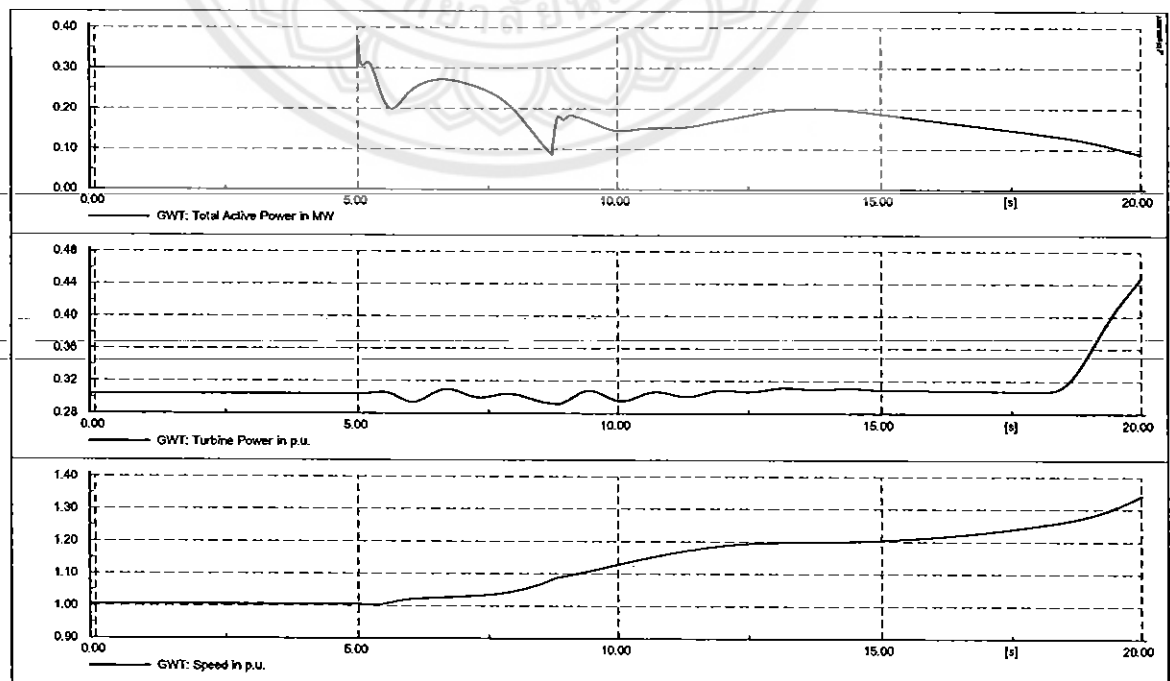
รูปที่ 4.62 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.86ของบัส B15

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.63 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 ของบัส B15

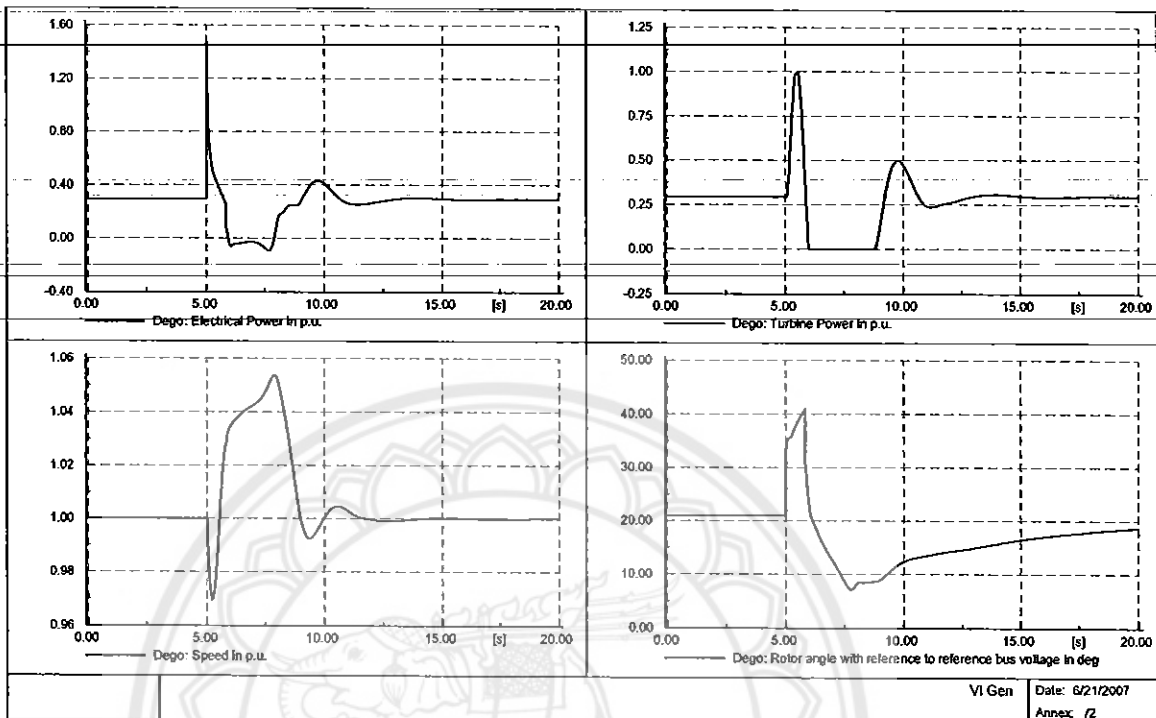
การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ GWT เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.72 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.64 แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ GWT เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.72 ของบัส B15

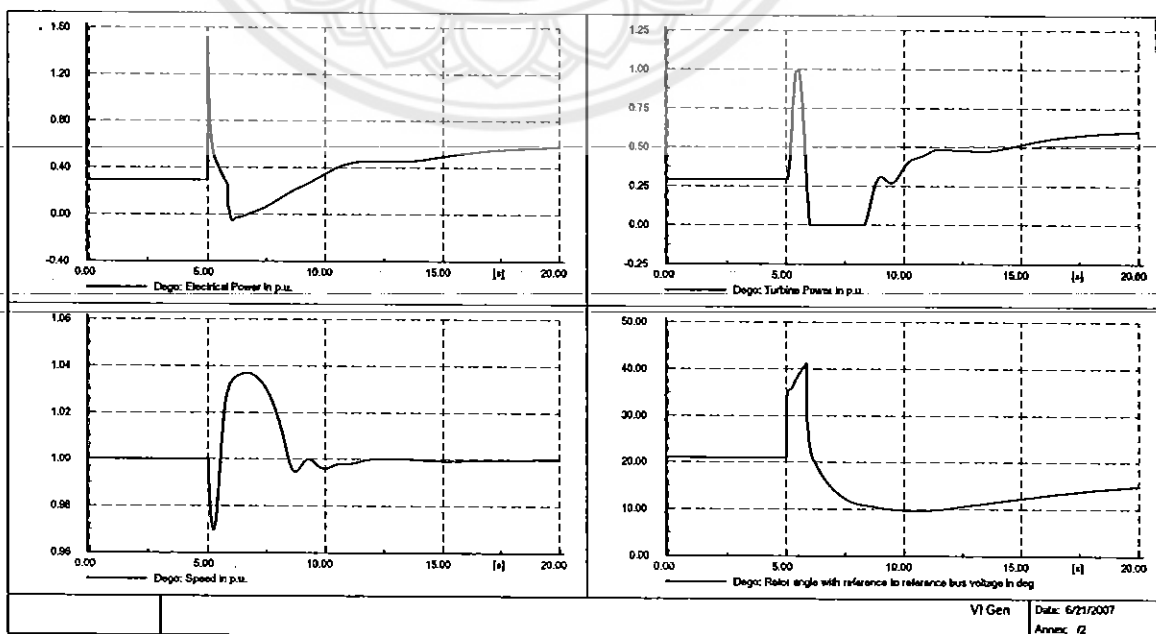


การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Deگو เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.84  
 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



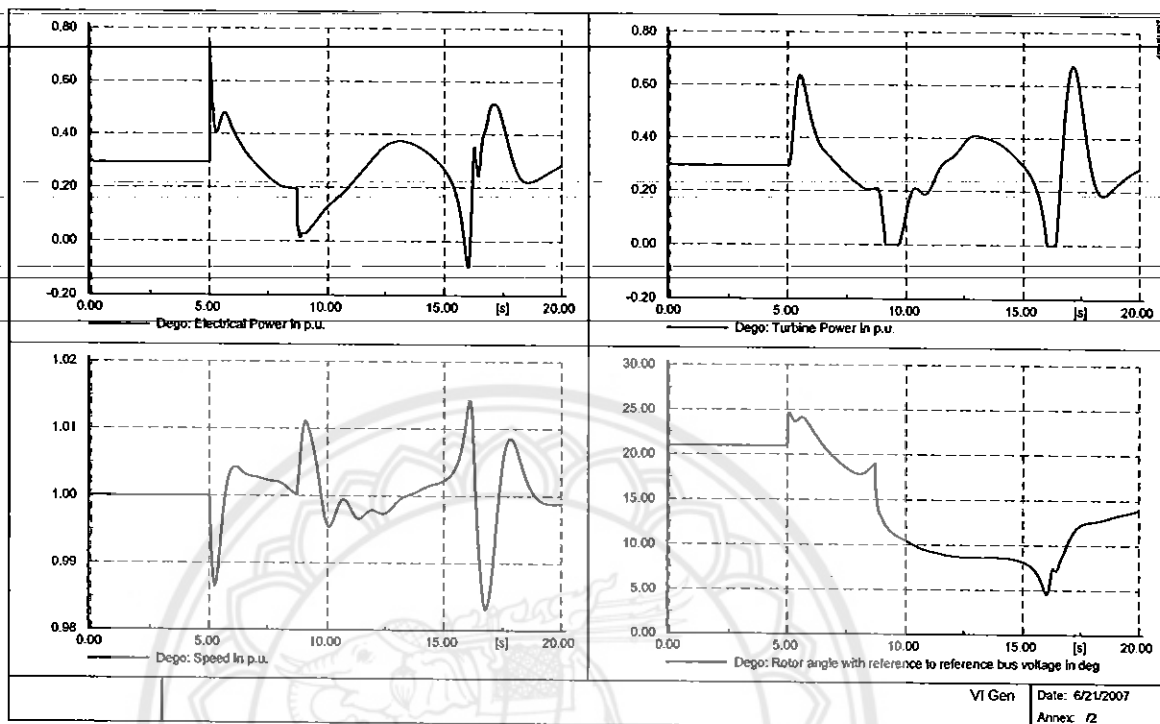
รูปที่ 4.65 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Deگو เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.84 ของบัส B15

การวิเคราะห์การลัดวงจรสามเฟสของ Deگو เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.86  
 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาที ได้ผลดังนี้



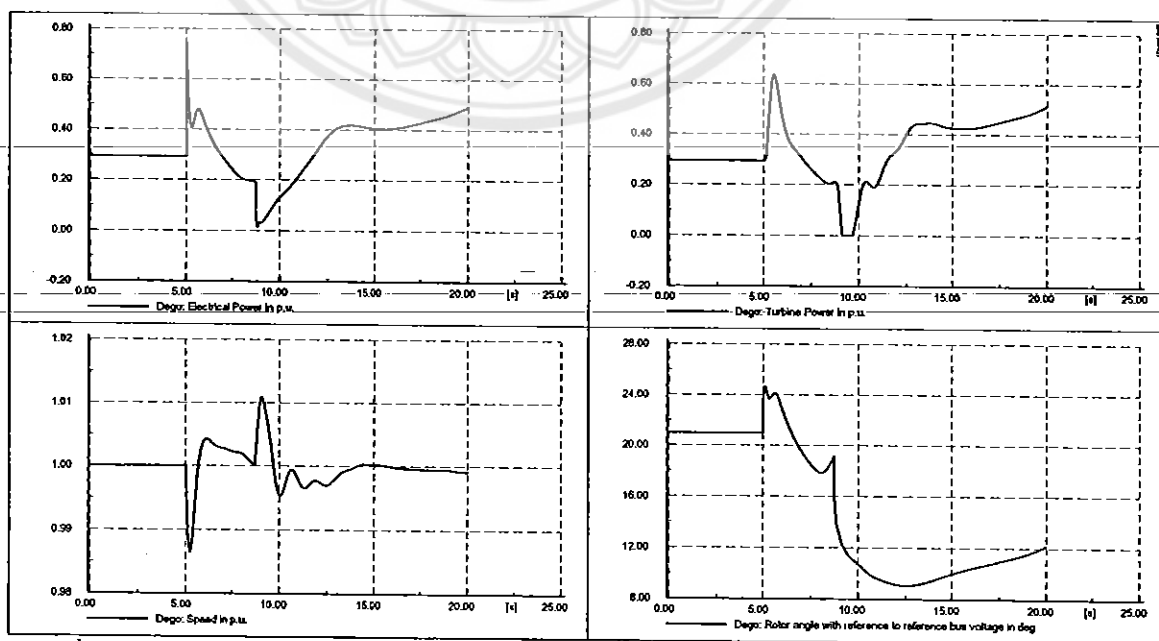
รูปที่ 4.66 แสดงผลการลัดวงจรสามเฟสวินาทีที่ 5 ของ Deگو เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 5.86 ของบัส B15

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.67 แสดงผลการลัดวงจรเฟส c วินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 ของบัส B4

การวิเคราะห์การลัดวงจรหนึ่งเฟสที่เฟส c ของ Dego เกิดวินาทีที่ 5 และเคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.70 จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 วินาทีได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.68 แสดงผลการลัดวงจรเฟส b วินาทีที่ 5 ของ Dego เคลียร์ฟอลต์วินาทีที่ 8.72 ของบัส B4

การลัดวงจรสามเฟสที่บัส B15 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบ ระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 5.84 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังจากวินาทีที่ 5.84 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาดำเนินการในการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 0.84 วินาที จำนวนได้เป็น 42 คาบเวลา การลัดวงจรเฟส c ที่บัส B15 วินาทีที่ 5 ระบบควบคุมที่จำลองขึ้นจะไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อมีการเคลียร์การลัดวงจรที่วินาทีที่ 5.02 ซึ่งถือว่าการเกิดการลัดวงจรผ่านไปหนึ่งคาบระบบควบคุมก็จะสามารถนำระบบกลับมาคุมได้ สามารถคุมได้ภายในเวลาวินาทีที่ 8.70 เมื่อเคลียร์การลัดวงจรภายหลังจากวินาทีที่ 8.70 ระบบจะไม่สามารถควบคุมได้ ช่วงเวลาดำเนินการในการเกิดการลัดวงจรถึงการเคลียร์การลัดวงจร 3.70 วินาทีจำนวนได้เป็น 185 คาบเวลา

ตารางที่ 4.1 สรุปการลัดวงจร

บัสที่ทดสอบ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	วิธีทดสอบการลัดวงจร	วินาทีที่เริ่มทดสอบ	วินาทีสุดท้ายที่ทดสอบได้
B1	GWT	สามเฟส	5	5.56
B1	GWT	เฟส a	5	6.12
B1	GWT	เฟส b	5	6.12
B1	GWT	เฟส c	5	6.12
B1	Dego	สามเฟส	5	5.56
B1	Dego	เฟส a	5	6.12
B1	Dego	เฟส b	5	6.12
B1	Dego	เฟส c	5	6.12
B3	GWT	สามเฟส	5	5.56
B3	GWT	เฟส a	5	6.12
B3	GWT	เฟส b	5	6.14
B3	GWT	เฟส c	5	6.12
B3	Dego	สามเฟส	5	5.56
B3	Dego	เฟส a	5	6.12
B3	Dego	เฟส b	5	6.14
B3	Dego	เฟส c	5	6.12
B8&9	GWT	สามเฟส	5	5.56

B8&9	GWT	เฟส a	5	6.14
B8&9	Dego	สามเฟส	5	5.56
B8&9	Dego	เฟส a	5	6.14
B4	GWT	สามเฟส	5	5.56
B4	GWT	เฟส b	5	6.14
B4	Dego	สามเฟส	5	5.56
B4	Dego	เฟส b	5	6.14
B15	GWT	สามเฟส	5	5.84
B15	GWT	เฟส c	5	8.70
B15	Dego	สามเฟส	5	5.84
B15	Dego	เฟส c	5	8.70

จากตารางที่ได้นำเสนอมาข้างต้นสรุปได้ว่า เมื่อเกิดการลัดวงจรสามเฟสที่บัสต่างๆที่ใช้ในการทดสอบการลัดวงจรจะแตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแต่ละโหลดที่ต่ออยู่กับบัสที่ใช้ทดสอบ รวมถึงระยะทางจากบัสที่ใช้ทดสอบถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีระยะทางมาก เวลาที่สามารถควบคุมการลัดวงจรก็จะมากตามไปด้วย ส่วนการลัดวงจรหนึ่งเฟสนั้นมีผลน้อยกว่าการลัดวงจรสามเฟส โหลดและระยะทางมีผลต่อการควบคุมระบบเช่นเดียวกัน

## บทที่ 5

### สรุปผลการดำเนินโครงการ

#### 5.1 ผลการดำเนินโครงการ

โครงการนี้เป็นการจำลองการใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้ามาใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยตรงหรือใช้ต่อร่วมกับระบบอื่นก็ตาม โดยจะใช้งาน โปรแกรม Digsilent Power Factory ในการวิเคราะห์ระบบควบคุม สำหรับจำลองระบบไฟฟ้าพลังงานเพื่อการทดสอบการเกิดกริดดวงจรที่บัสที่ต้องการทดสอบ จากการทดสอบแบบจำลองสามารถแสดงผลการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจร ณ บัสต่างๆสามารถวิเคราะห์การทำงานแบบจำลองของกังหันลมผลิตไฟฟ้าและเป็นการพัฒนาความรู้ระบบควบคุมของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเพื่อเป็นกรณีศึกษาต่อไป

#### 5.2 ปัญหาที่พบขณะดำเนินโครงการ

ภายในประเทศไทยไม่ค่อยมีการนำกังหันลมผลิตไฟฟ้ามาใช้ในการผลิตไฟฟ้า จึงไม่ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระยะทางของสายส่ง โหลด หม้อแปลง และกำลังการผลิตมากนัก

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

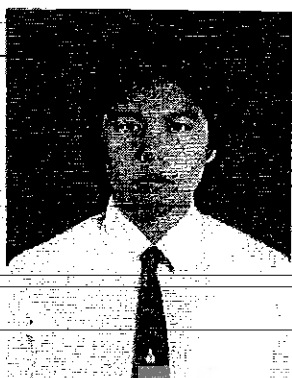
1. ควรขอคำแนะนำในการดำเนินโครงการจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพ และเสร็จทันเวลาที่กำหนด
2. ควรใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระยะทางของสายส่ง โหลด หม้อแปลง และกำลังการผลิต ที่นำมาจากการใช้งานของระบบที่มีอยู่จริง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์กับระบบนั้นได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] บุญชัยเงินสวัสดิ์. การวิเคราะห์สภาพลมของประเทศไทย และการออกแบบกังหันลมให้เหมาะสมกับท้องถิ่น. หนังสือภาคนิพนธ์ของ ส.จ.พ. 2524.
- [2] AIT. EXELL R.H.B. Surface Wind Distributions in Thailand. 1981.
- [3] "Dynamic modelling of wind farm grid interaction." [Online]. Available: <http://www.digsilent.com/>. 2005.



## ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นายธีรวัฒน์ พรหมมี

ภูมิลำเนา 29/1 หมู่ 4 ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร 66190

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิบูลย์โลกพิทยาคม

- ปัจจุบัน กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : newtheerawat\_ee@hotmail.com

