

การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบโศเสนเนอเรชั่น

ในบทนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบโศเสนเนอเรชั่น ในกรณีที่ทำการสคาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นในระบบ โศสใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ คือ

- แบบจำลองส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- แบบจำลองส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์มอเตอร์เหนี่ยวนำ
- แบบจำลองส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบ

ในการศึกษานี้ จะมองระบบโศเสนเนอเรชั่นเป็นระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่เชื่อมต่อกับระบบใหญ่ของรัฐ ดังนั้นเราสามารถมองระบบไฟฟ้าของรัฐเป็นบัสที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของระบบโศเสนเนอเรชั่นที่ถูกรบกวนโดยการสคาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นในระบบ

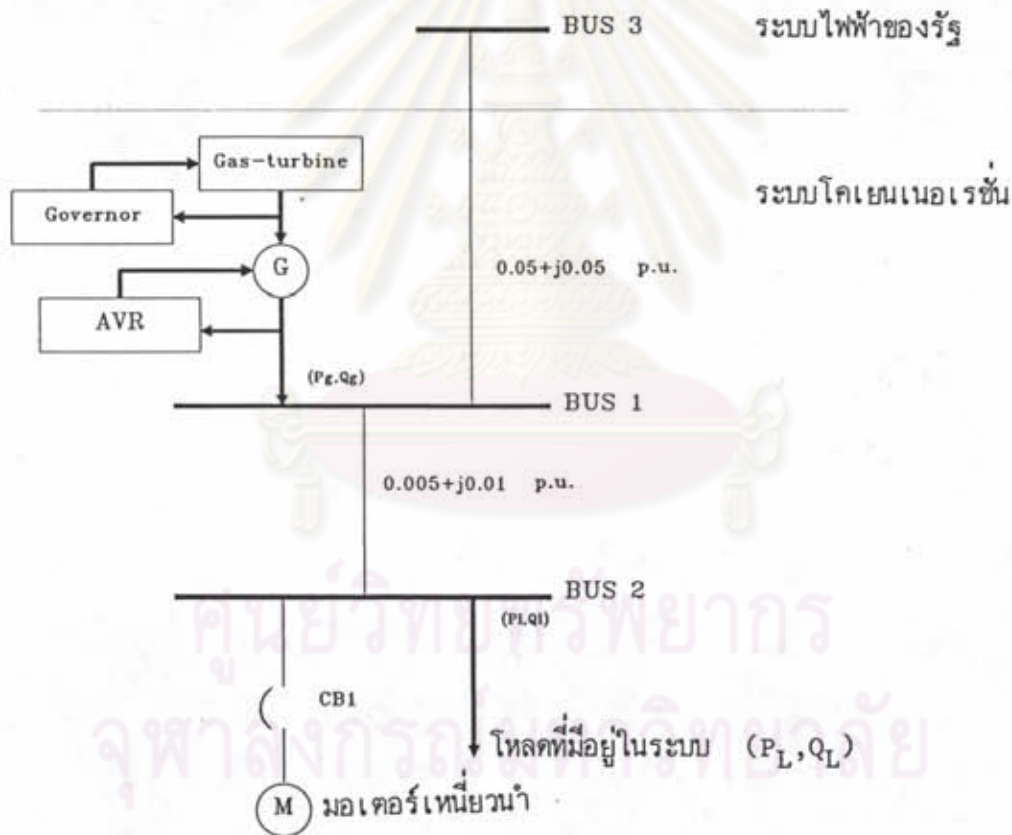
เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, มอเตอร์เหนี่ยวนำและระบบ ตลอดจนโครงสร้างขั้นตอน วิธีคำนวณในโปรแกรมที่จัดทำขึ้น และผลที่ได้จากการคำนวณในกรณีต่าง ๆ ของสภาวะระบบ

5.1 ข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ [11, 12, 13]

ในการศึกษาเสถียรภาพของระบบโศเสนเนอเรชั่นที่ถูกรบกวนโดยการสคาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นในระบบ โศสนำข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามาจากหนังสือและเอกสารอ้างอิง [11, 12, 13] ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

5.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบ

ในการศึกษานี้ (หัวข้อ 5.4 - 5.6) ผู้ศึกษาได้สร้างระบบตัวอย่างขึ้น โดยถือว่าระบบโคเซนเนอเรชั่นเป็นระบบขนาดเล็ก ประกอบด้วย 2 บัส ที่มีสายส่งสั้น ๆ และเชื่อมต่อกับระบบใหญ่ของรัฐ ซึ่งถือว่าเป็นบัสที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่ ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพ (One - line Diagram) ได้ ดังรูปที่ 5.1-1 โดยในภาวะเริ่มต้น CB1 เปิดวงจรอยู่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสทำงานอยู่ที่ภาวะอยู่ตัว (Steady State) ที่ความเร็วเชิงโครนัสและมอเตอร์เหนี่ยวนำอยู่ในภาวะ De-energized เราจะทำการศึกษาสภาวะของระบบและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนัสในระบบโคเซนเนอเรชั่นภายหลังที่ CB1 ปิดวงจร หรือทำการสแตร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 5.1-1 ระบบตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

5.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 5.1-1 จะเห็นว่าข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะประกอบด้วย

- ข้อมูลเครื่องจักรกลซิงโครนัส (Synchronous Machine Data)
- ข้อมูลเอ็กไซเตอร์ (Exciter Data)
- ข้อมูลโกเวอร์เนอร์ (Governor Data)

ซึ่งข้อมูลทั้ง 3 ส่วนที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1-1 ถึง 5.1-3 โดยค่าของพารามิเตอร์จะอยู่ในรูปของ Per Unit เมื่อเทียบกับขนาดของเครื่องจักรกลซิงโครนัส (MVA) ซึ่งจะเห็นว่าในตารางที่ 5.1-1 ซึ่งเป็นข้อมูลของเครื่องจักรกลซิงโครนัส จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 แบบ ซึ่งความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้ง 2 แบบ ได้แสดงไว้แล้วในภาคผนวก

ตารางที่ 5.1-1 ข้อมูลของเครื่องจักรกลซิงโครนัสที่ใช้ในการวิเคราะห์ [12,13]

MVA	r_a	r'_{kd}	r'_{fd}	r'_{kd}	X_{1a}	X_{1kd}	X_{fd}	X_{1kd}	X_{md}	X_{md}	H
3.125	0.00515	0.0613	0.00111	0.02397	0.8	0.3298	0.13683	0.33383	1.0	1.768	2.137

MVA	X_d	X_q	X'_d	X''_d	X''_q	T'_d	T''_d	T''_q	T_a	X_a	r_a	r_f	H
18.875	1.78	1.78	0.272	0.194	0.194	1.12	0.045	0.045	0.192	0.12	0.0023	0.00064	2.5

ตารางที่ 5.1-2 ข้อมูลของเอ็กไซเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ [12]

K_R	K_A	K_E	K_F	T_R	T_A	T_E	T_{F1}	T_{FE}	V_{Rmax}	V_{Rmin}	S_{Emax}	S_{Emin}
1.0	1660	1.0	0.018	0.023	0.00173	1.023	1.6323	0.2323	20.0	20.0	2.21	2.21

ตารางที่ 5.1-3 ข้อมูลของโทเวเนอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ [13]

K_c	T_c	T_{ev}	T_{ev}	W_{e105}	C_{e0T}	C_{10T}	C_{0k0T}
22.5	0.55	0.01	0.05	0.23	0.251	1.3523	0.5

5.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ [11,13]

ในการศึกษานี้ ได้นำค่าพารามิเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้ในการศึกษาทั้งหมด 5 ขนาด โดยค่าทุกค่าจะอยู่ในรูปของ Per Unit เมื่อเทียบกับขนาดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (H_p) ดังตารางที่ 5.1-4 เพื่อจะได้ทำการเปรียบเทียบกันได้ในการศึกษาเสถียรภาพของระบบ

ตารางที่ 5.1-4 ข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการวิเคราะห์

H_p	r_m	X_{1m}	X_m	X'_{1r}	r'_{1r}	H
40	0.005	0.0587	2.952	0.0587	0.0165	1.054
200	0.01	0.0655	3.225	0.0655	0.0261	0.922
1340	0.008	0.055	1.379	0.055	0.007	0.676
2250	0.1096	0.8538	49.26	0.8538	0.0831	0.05673

5.2 โครงสร้างขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม

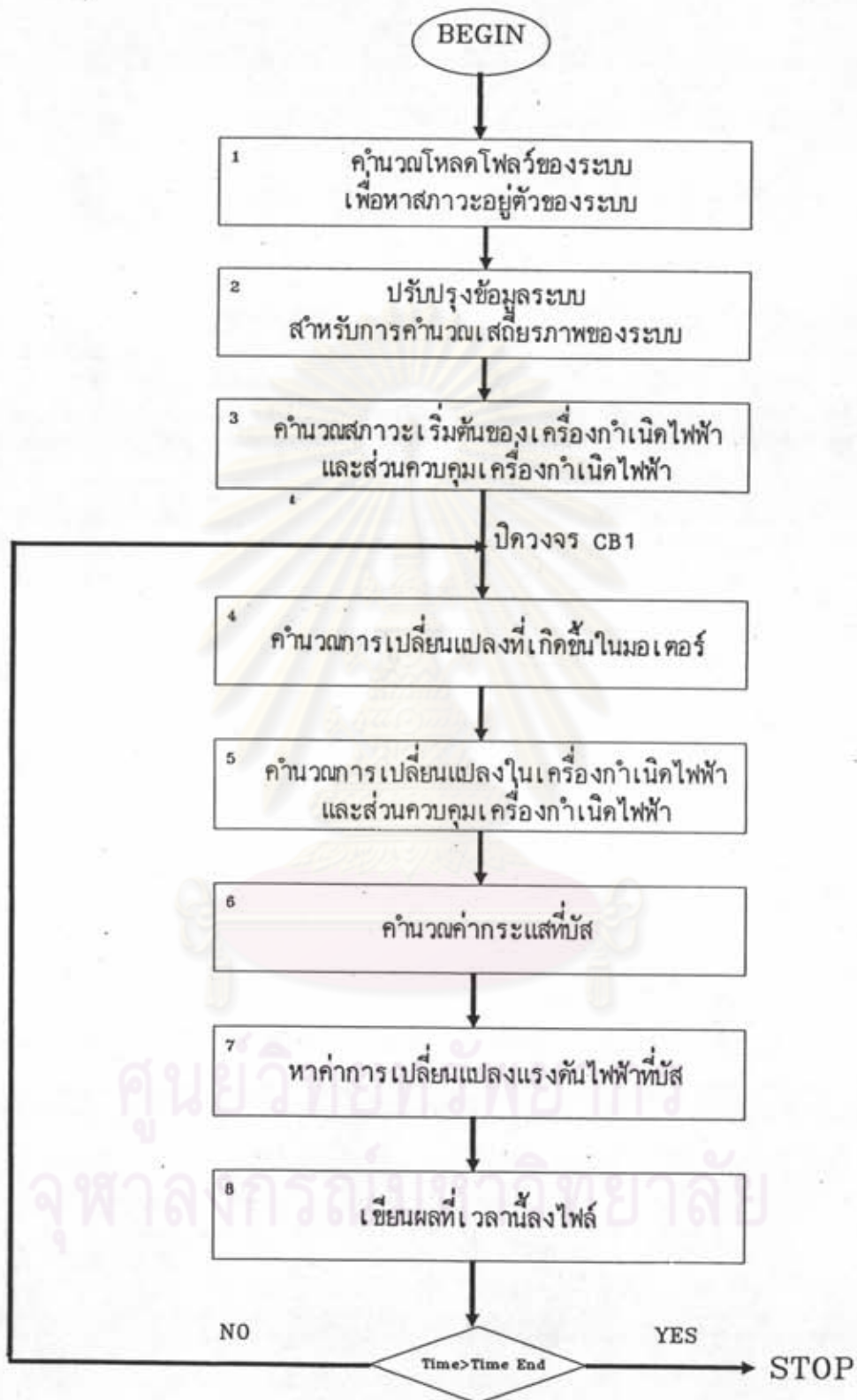
โปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะจำลองระบบโคเซ็นเนอเรชันซึ่งในระบบโคเซ็นเนอเรชันจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โหลด มอเตอร์เหนี่ยวนำ ความแม่นยำของผลการศึกษานี้จะขึ้นกับความถูกต้องในการสร้างแบบจำลองแทน

แต่ละส่วนนี้ ซึ่งในการศึกษานี้จะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบโคเซนเนอเรชั่นที่มีอยู่จริงได้ โดยที่ความถูกต้องในการวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากคือ ค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบที่จะนำมาแทนในแบบจำลองของโปรแกรม ซึ่งในแต่ละระบบของโคเซนเนอเรชั่นจะมีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่างค่าสำคัญค่าหนึ่ง เช่น การตั้งค่าของโกเวอร์เนอร์ (Governor Setting) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของกังหันก๊าซ (Gas Turbine) ซึ่งในแต่ละเครื่องนั้นจะมีการตั้งค่าที่แตกต่างกันไป แม้ว่ากังหันก๊าซนั้นจะอยู่ในระบบโคเซนเนอเรชั่นเดียวกัน ดังนั้น ในการจำลองระบบโคเซนเนอเรชั่นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อนำมาใช้ควบคู่กับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

เนื่องจากการศึกษานี้ ระบบโคเซนเนอเรชั่นเป็นระบบเล็ก ๆ ดังรูปที่ 5.1-1 โดยประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 1 ตัว และมอเตอร์เหนี่ยวนำที่จะสคาร์ตอีก 1 ตัว ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบจำลองจะอยู่ในโปรแกรม โคสจะอยู่ในส่วนย่อยของโปรแกรม (Procedure) ดังนี้

- พารามิเตอร์ของระบบ : Procedure Net
- พารามิเตอร์ของเครื่องจักรกลซิงโครนัส : Procedure ParaG
- พารามิเตอร์ของอิเล็กทรอนิกส์ : Procedure IniAVR ,
Procedure AVR
- พารามิเตอร์ของโกเวอร์เนอร์ : Procedure IniGov ,
Procedure Governor
- พารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ : Procedure ParaM

ขั้นตอนที่ใช้ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบโคเซนเนอเรชั่น ประกอบด้วยส่วนย่อยต่าง ๆ ของโปรแกรม ดังนี้



รูปที่ 5.2-1 ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม

1. ค่าความโหดโฬว์ของระบบ การคำนวณในส่วนนี้เป็นการหาสภาวะอยู่ตัวแรกเริ่มของระบบโคเซนเนอเรชั่นก่อนที่จะมีการการรบกวนระบบ ซึ่งการคำนวณส่วนนี้อยู่ใน Procedure Flow

2. การปรับปรุงข้อมูลระบบเพื่อเตรียมคำนวณเสถียรภาพของระบบ ซึ่งทำได้โดยการมองโหนดที่มีอยู่แล้วในระบบเป็นค่าสมมูลของ Static Admittance to Ground ซึ่งการคำนวณส่วนนี้อยู่ใน Procedure Calyp, Procedure ModiYL

3. ค่าความสภาวะเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งการคำนวณในส่วนนี้จะกระทำต่อเมื่อทราบภาวะอยู่ตัวของระบบแล้ว นั่นคือเราต้องทราบแรงดันไฟฟ้าที่บัสแต่ละบัสในระบบ ในการคำนวณนี้จะประกอบด้วย

- Procedure IniGn จะใช้ในการหาสภาวะเริ่มต้นของเครื่องจักรกลเชิงโรตารี โดยการนำแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชื่อมต่ออยู่ มาหาสภาวะเริ่มต้นของค่าตัวพลักซ์แม่เหล็กในเครื่องจักรกลเชิงโรตารี ทำให้เราทราบค่าแรงดันสนามไฟฟ้า (E_{fd}) และแรงบิด (T_{dm}) ที่สภาวะเริ่มต้น

- Procedure IniAVR จะใช้ในการหาสภาวะเริ่มต้นของอิเล็กทรอนิกส์ โดยการนำ E_{fd} ในสภาวะเริ่มต้นของเครื่องจักรกลเชิงโรตารี มาหาสภาวะเริ่มต้นของตัวแปรต่าง ๆ ในอิเล็กทรอนิกส์

- Procedure IniGov จะใช้ในการหาสภาวะเริ่มต้นของโถวเวอร์ โดยการนำ T_{dm} ในสภาวะเริ่มต้นของเครื่องจักรกลเชิงโรตารี มาหาสภาวะเริ่มต้นของตัวแปรต่าง ๆ ในโถวเวอร์

4. ค่าความการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในมอเตอร์เหนี่ยวนำ เป็นการคำนวณเพื่อการเปลี่ยนแปลงของพลักซ์แม่เหล็กและความเร็วของมอเตอร์ในตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งการคำนวณในส่วนนี้จะประกอบด้วย

- Procedure IniStartM จะใช้ในการหาสภาวะเริ่มต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่ทำการเชื่อมต่อเข้ากับระบบโดยการปิดวงจรของ CB1 (รูปที่ 5.1-1) ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่มอเตอร์เชื่อมต่ออยู่

- Procedure StartM จะเป็นการหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่มอเตอร์เหนี่ยวนำ

ที่เวลาใด ๆ ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยแบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.3

- Procedure Motor จะเป็นการหาค่าแรงดันไฟฟ้าหลังอิมพีแดนซ์ (Voltage behind Impedance) และค่ากระแส (I_{cu}) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เวลาใด ๆ ซึ่งเป็นไปดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.4

5. ค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นการคำนวณเพื่อคู่การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก ความเร็วของโรเตอร์ และมุมของโรเตอร์ ในตัวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชื่อมต่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในการดำเนินการในส่วนนี้จะประกอบด้วย

- Procedure Gvolt จะเป็นการหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรกลซิงโครนัสที่เวลาใด ๆ เนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชื่อมต่อก่ออยู่ ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยแบบจำลองของเครื่องจักรกลซิงโครนัส ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.2

- Procedure AVR จะเป็นการหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเอ็กไซเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เวลาใด ๆ เนื่องมาจากผลการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งตัวเอ็กไซเตอร์จะพยายามรักษาแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้คงเดิม โดยการควบคุมแรงดันไฟฟ้า (E_{cu}) ที่จ่ายให้เครื่องจักรกลซิงโครนัส ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยแบบจำลองของเอ็กไซเตอร์ ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อ 3.2.2

- Procedure Governor จะเป็นการหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับท็อกเวเนอ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เวลาใด ๆ เนื่องมาจากผลการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เครื่องจักรกลซิงโครนัสไปจากสภาวะปกติ ซึ่งตัวท็อกเวเนอ์จะพยายามรักษาความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เครื่องจักรกลซิงโครนัสให้คงเดิม โดยการควบคุมแรงบิด (T_{cu}) ที่ป้อนให้กับเครื่องจักรกลซิงโครนัส ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยแบบจำลองของท็อกเวเนอ์ ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อ 3.2.3

- Procedure Generator จะเป็นการหาค่าแรงดันไฟฟ้าหลังอิมพีแดนซ์ (Voltage behind Impedance) และค่ากระแส (I_{cu}) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เวลาใด ๆ ซึ่งเป็นไปดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.4

6. คำนวณค่ากระแสที่บัส เป็นการรวมค่ากระแสของเครื่องจักรทุกตัวที่เชื่อมต่อกับบัสในแต่ละบัส ซึ่งค่ากระแสของเครื่องจักรกลนี้หาได้จาก Procedure Motor และ Procedure Generator การรวมค่ากระแสได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.4 ซึ่งการคำนวณในส่วนนี้จะอยู่ใน Procedure Callqd

7. หาค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่บัส โดยผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่บัสจะส่งผลไปยังแรงดันไฟฟ้าที่บัส ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.4 ซึ่งการคำนวณในส่วนนี้จะอยู่ในโปรแกรมหลัก

8. การเขียนผลที่เวลานับลงไฟล์ ในการคำนวณนี้จะแสดงผลออกโดยการเขียนค่าของตัวแปรที่ต้องการทราบในแต่ละช่วงเวลาลงในไฟล์แสดงผลข้อมูลซึ่งเป็น Text File แล้วนำค่าเหล่านี้มาแสดงผลในรูปภาพ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปพล็อตส เวอร์ชัน 2.3 ช่วยในการสร้างรูปภาพ

ไฟล์แสดงผลข้อมูลมีดังนี้

VBUS.PRN : แสดงผลข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าที่บัส

MOTOR.PRN : แสดงผลข้อมูลของความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์มอเตอร์-
เหนียวน่า

CURRENT.PRN : แสดงผลข้อมูลของกระแสมอเตอร์เหนียวน่า

GENTR.PRN : แสดงผลข้อมูลของมุมและความเร็วของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

EXFD.PRN : แสดงผลข้อมูลของแรงดันสนามแม่เหล็ก (E_{fd})

และแรงบิด (T_{em}) ของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบตัวอย่าง

จากระบบตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาดังรูปที่ 5.1-1 ซึ่งประกอบด้วยบัสจำนวน 3 บัส โดยที่บัส 1 และบัส 2 เป็นบัสในระบบโคเซนเนอเรชั่น ซึ่งบัส 1 จะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าค่ออยู่ และบัส 2 มีโหลดและมอเตอร์เหนียวน่าที่จะทำการสคาร์ค่ออยู่ ซึ่งเราถือว่าบัสทั้ง 2 อยู่

ใกล้เคียงมากคือ มีขนาดของความต้านทานในสายส่งเท่ากับ $0.005+j0.01$ p.u. (โดยเทียบกับขนาดระบบ, MVA_{base} ของระบบ) ส่วนบัสที่ 3 จะเป็นระบบไฟฟ้าของรัฐที่เชื่อมต่อกับบัส 1 ของระบบโคเจนเนอเรชั่นด้วยสายส่งขนาด $0.05+j0.05$ p.u. (โดยเทียบกับขนาดของระบบ)

แบบจำลองของเครื่องจักรกลและระบบจะเป็นดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ซึ่งค่าของพารามิเตอร์ของเครื่องจักรกลซิงโครนัสจะเป็นดังตารางที่ 5.3-1 ส่วนค่าพารามิเตอร์ของเอ็กไซเตอร์และโถวเนอรัจะเป็นดังตารางที่ 5.3-2 และ 5.3-3 ตามลำดับ ซึ่งขนาดของระบบพื้นฐาน (MVA_{base} ของระบบ) จะมีขนาดเท่ากับขนาดของเครื่องจักรกลซิงโครนัสคือเท่ากับ 18.875 MVA

ตารางที่ 5.3-1 ข้อมูลของเครื่องจักรกลซิงโครนัสที่ใช้ในการวิเคราะห์ [12,13]

MVA	X_d	X_q	X'_d	X''_d	X''_q	T'_d	T''_d	T''_q	T_a	X_n	r_n	r_f	H
18.875	1.78	1.78	0.272	0.194	0.194	1.12	0.045	0.045	0.192	0.12	0.0023	0.00064	2.5

ตารางที่ 5.3-2 ข้อมูลของเอ็กไซเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ [12]

K_R	K_A	K_E	K_F	T_R	T_A	T_E	T_{F1}	T_{FE}	V_{Rmax}	V_{Rmin}	S_{Emax}	S_{Emin}
1.0	1660	1.0	0.018	0.023	0.00173	1.023	1.6323	0.2323	20.0	20.0	2.21	2.21

ตารางที่ 5.3-3 ข้อมูลของโถวเนอรัที่ใช้ในการวิเคราะห์ [13]

K_c	T_c	T_{fv}	T_{fv}	W_{f105}	C_{20T}	C_{10T}	C_{0HOT}
22.5	0.55	0.01	0.05	0.23	0.251	1.3523	0.5

ในที่นี้จะทำการศึกษาโดยการปิดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ CB1 เพื่อทำการสตัดร์มอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นในระบบโคเซนเนอเรชั่น ซึ่งขนาดของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ทำการสตัดร์คือ 2250 Hp และมีค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 5.3-4 ซึ่งผลของการศึกษาจะเป็นไปดังรูปที่ 5.3-1

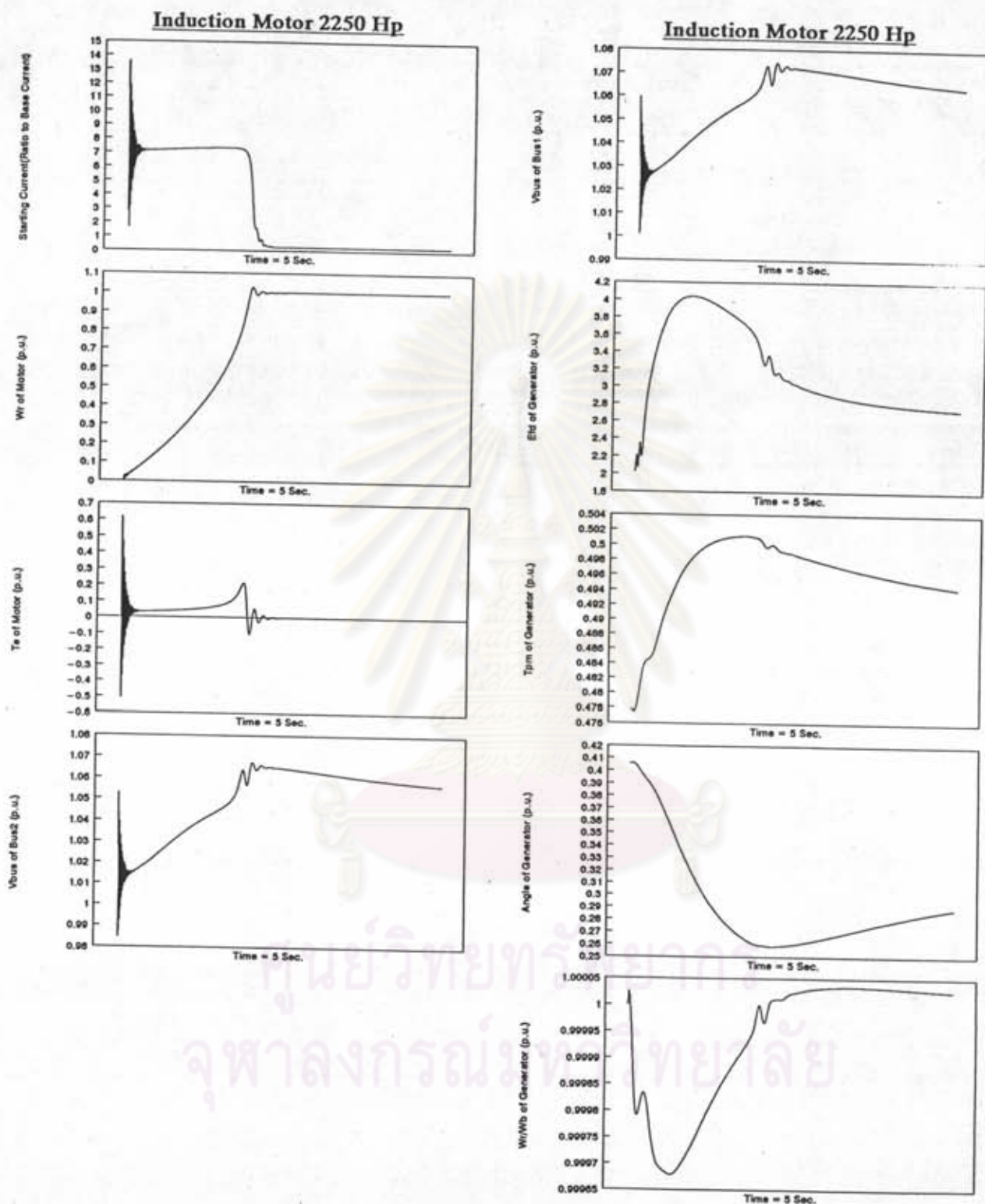
ตารางที่ 5.3-4 ข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการวิเคราะห์

H_p	r_a	X_{1a}	X_m	X'_{1r}	r'_r	H
2250	0.1096	0.8538	49.26	0.8538	0.0831	0.05673

สภาวะของระบบในภาวะอยู่นิ่ง (Steady State) ก่อนที่จะทำการสตัดร์มอเตอร์จะเป็นดังนี้คือ

MVA _{base} ของระบบ	:	18.875	MVA
ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	:	18.875	MVA
โหลดจริงที่มีอยู่ในระบบ (P_L) ที่บัส 2	:	9	MVA
โหลดรีแอคทีฟที่มีอยู่ในระบบ (Q_L) ที่บัส 2	:	9	MVAR
กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 จ่าย (P_g)	:	9	MVA
กำลังรีแอคทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย (Q_g)	:	9	MVAR

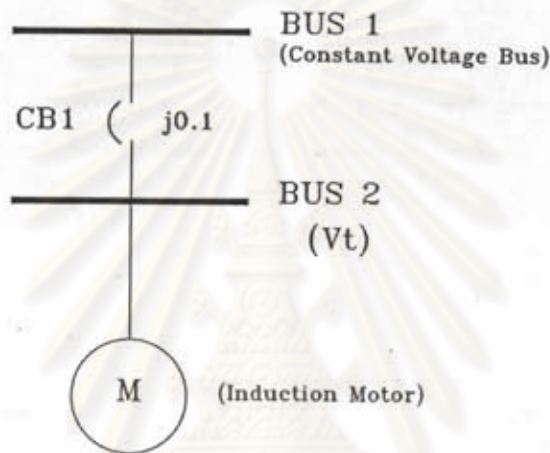
ซึ่งผลจากรูปที่ 5.3-1 จะเห็นได้ว่าเมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ CB1 ปิดวงจรแรงดันไฟฟ้าที่บัสจะลดต่ำลง เนื่องจากระบบต้องจ่ายกระแสให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นจำนวนมากในช่วงของการสตัดร์มอเตอร์ ซึ่งความเร็วเชิงมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะลดลงทำให้โกเวเนอร์ทำงานโดยจ่ายแรงบิด (T_{em}) แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำเริ่มเข้าสู่ความเร็วปกติคือความเร็วซิงโครนัส ค่ากระแสของมอเตอร์จะลดลงและแรงดันไฟฟ้าที่บัสก็จะเข้าสู่ภาวะปกติ



รูปที่ 5.3-1 แสดงผลของการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp
ขั้นที่ 2 ในระบบโคเซ็นเนอเวชั่น

5.4 การสับตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำกับบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าคงที่

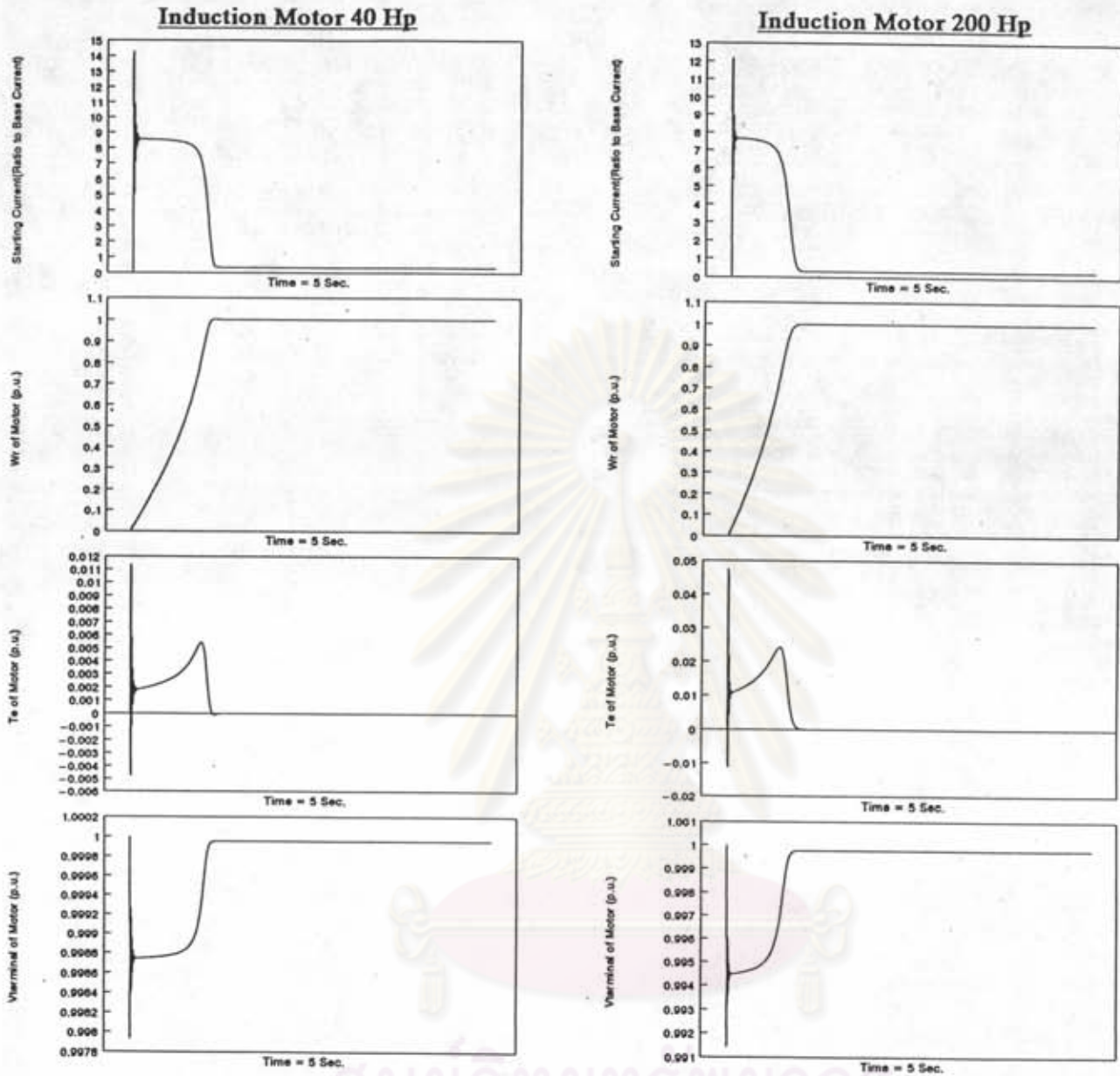
วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับกระแส ความเร็วโรเตอร์ ค่าแรงบิด และแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยการสับตัวมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้ กับบัสที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage Bus) ดังรูปที่ 5.4-1 ซึ่งบัส 1 จะแทนบัสที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่ และที่ 2 แทนแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของมอเตอร์ (V_t)



รูปที่ 5.4-1 แสดงการสับตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำกับบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าคงที่

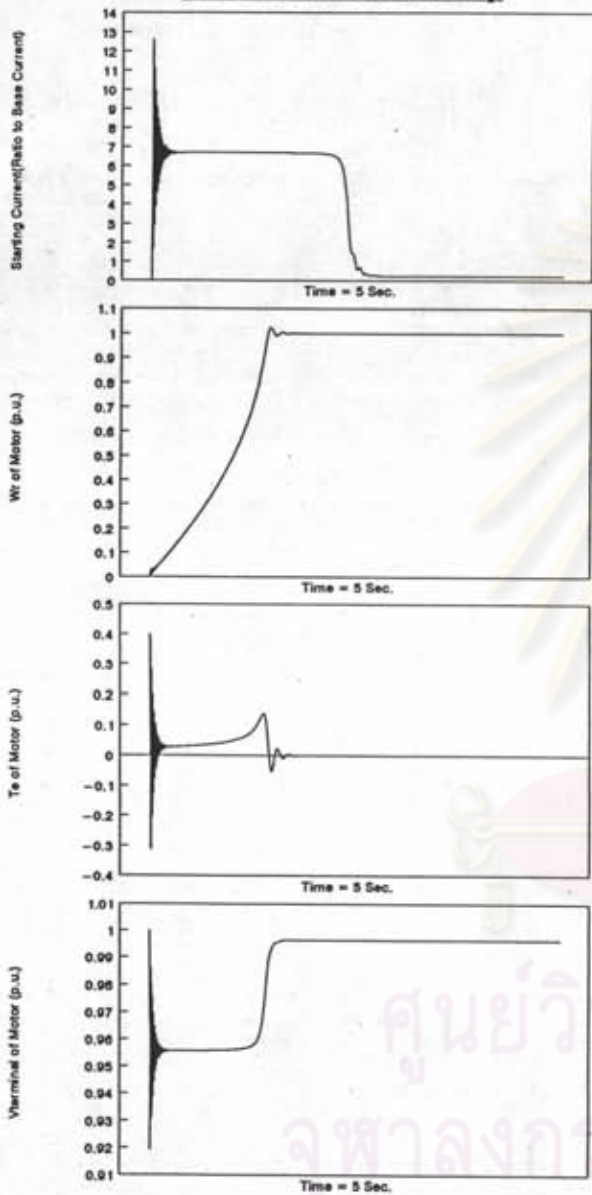
ผลของการสับตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำจะแสดงในรูปที่ 5.4-2 ซึ่งจะเห็นว่าค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (V_t) จะมีขนาดการลดลงจากน้อยไปหามากตามลำดับของขนาดของมอเตอร์ ดังตารางที่ 5.4-1 และจะพบว่าการแกว่งของโรเตอร์จะเกิดขึ้นมากในมอเตอร์ขนาดใหญ่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

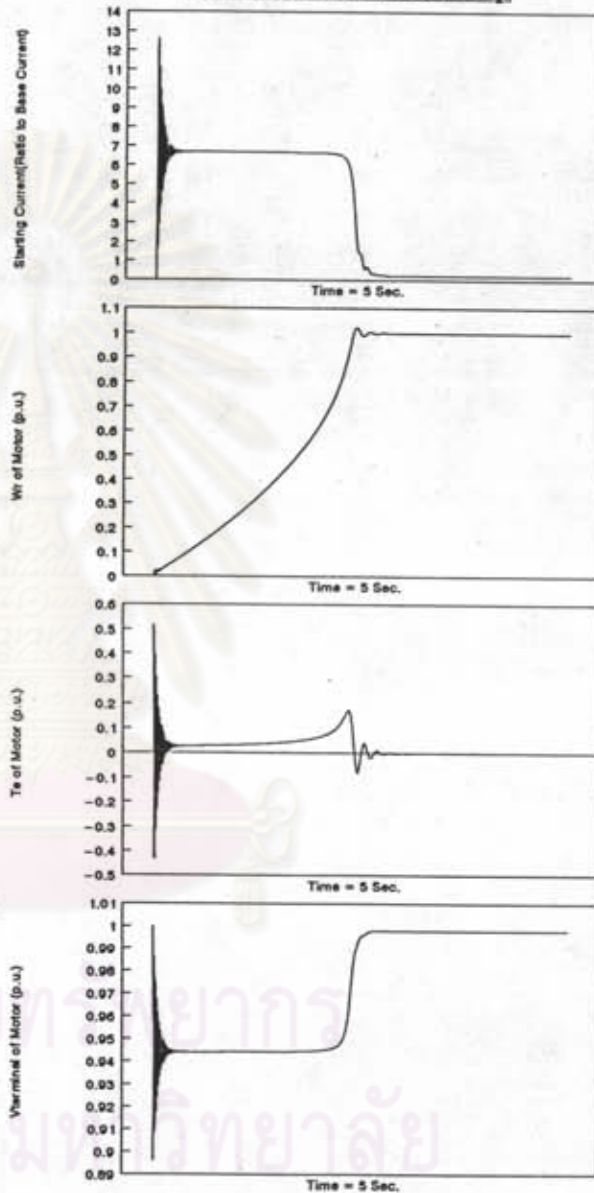


รูปที่ 5.4-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของมอเตอร์ เนื่องจากการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ

Induction Motor 1340 Hp



Induction Motor 2250 Hp



รูปที่ 5.4-2 (ต่อ)

ตารางที่ 5.4-1 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงเนื่องจากการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ขนาดมอเตอร์	แรงดันไฟฟ้าที่ลดลง (ΔV_L)
40 H _p	0.00125
200 H _p	0.0056
1340 H _p	0.045
2250 H _p	0.055

5.5 ผลของเอ็กไซเตอร์และโถวเวอร์เนอร์ต่อเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการศึกษานี้ จะดูผลของเอ็กไซเตอร์ และโถวเวอร์เนอร์ที่มีต่อเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายระบบ โดยทำการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 200 H_p ชั้นที่บัส 2 ของระบบที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 5.1-1 โดยข้อมูลของระบบเป็นดังนี้

MVA _{bus} ของระบบ	:	3.125 MVA
Generator ที่ใช้ขนาด	:	3.125 MVA
โหลดจริงที่มีอยู่ในระบบ (P _L)	:	1 MVA
โหลดรีแอคทีฟที่มีอยู่ในระบบ (Q _L)	:	1 MVAR
กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย (P _g)	:	1 MVA
กำลังรีแอคทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย (Q _g)	:	1 MVAR

ในการศึกษานี้จะดูผลที่เกิดขึ้นที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและที่บัส โดยการศึกษาเปรียบเทียบผลระหว่างที่ไม่มีเอ็กไซเตอร์และไม่มีโถวเวอร์เนอร์ (No Exciter & No Governor) ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

- กรณีที่มีเอ็กไซเตอร์แต่ไม่มีโถวเวอร์เนอร์ (Add Exciter & No Governor) ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- กรณีที่ไม่มีเอ็กไซเตอร์แต่มีโถวเวอร์เนอร์ (No Exciter & Add Governor)

ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- กรณีที่มีเอ็กไซเตอร์และมีโถวเวอร์เนอร์ (Add Exciter & Add Governor)

ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการศึกษาผลของเอ็กไซเตอร์และโถวเวอร์เนอร์ต่อเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้ผลของการศึกษาเป็นดังรูปที่ 5.5-1 ซึ่งสามารถสรุปผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ดัง ตารางที่ 5.5-1 ผลของการศึกษาเป็นดังรูปที่ 5.5-1 และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.5-1

ตารางที่ 5.5-1 ผลของส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (จากรูปที่ 5.4-1) -

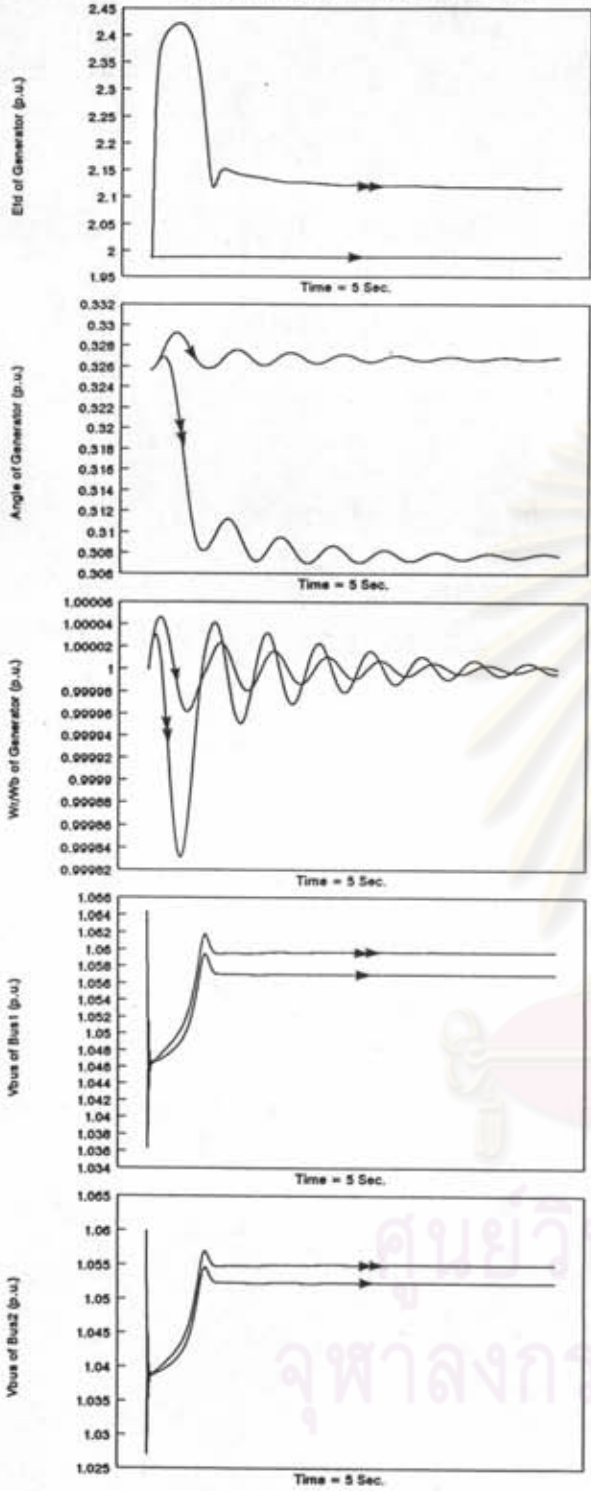
ส่วนควบคุม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	พารามิเตอร์ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ผลเปลี่ยนแปลง
เอ็กไซเตอร์	แรงดันสนามไฟฟ้า (e_{fd})	ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่บัสเพิ่มขึ้น อย่างรวดเร็ว
โถวเวอร์เนอร์	แรงบิด (T_{em})	ทำให้การส่วงของโรเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกหน่วง เข้าสู่สภาวะสมดุลอย่าง รวดเร็ว



ซึ่งจะเห็นว่าผลที่ได้เป็นไปดังคุณสมบัติของส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดย

1. เอ็กไซเตอร์จะควบคุมแรงดันสนาม (e_{fd}) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้แรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่สภาวะปกติ (Steady State) ได้เร็วขึ้น และรักษาแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ใกล้เคียงกับภาวะเดิมก่อนสาร์ททอมอเตอร์เหนี่ยวนำ

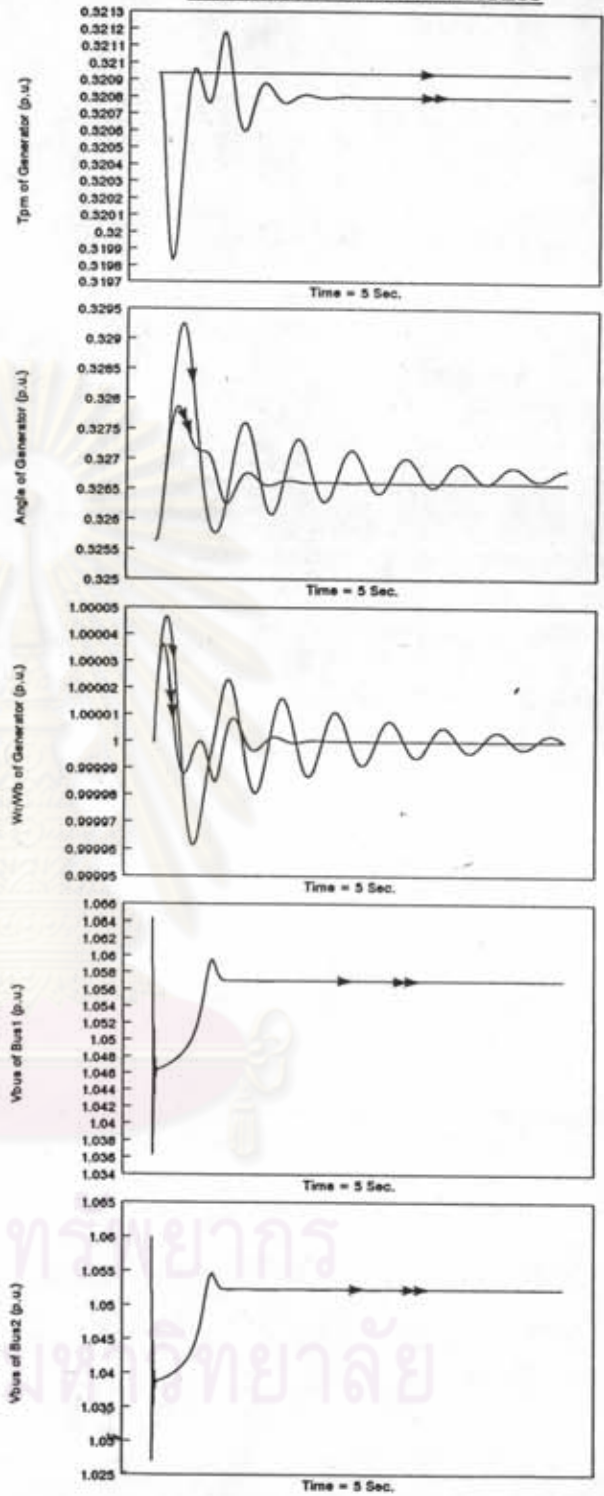
2. โถวเวอร์เนอร์จะควบคุมแรงบิด (T_{em}) ที่แกนโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้โรเตอร์เข้าสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงของความถี่แรงดันไฟฟ้ามีช่วง



Add Exciter & No Governor



 No Exciter & No Governor
 Add Exciter & No Governor

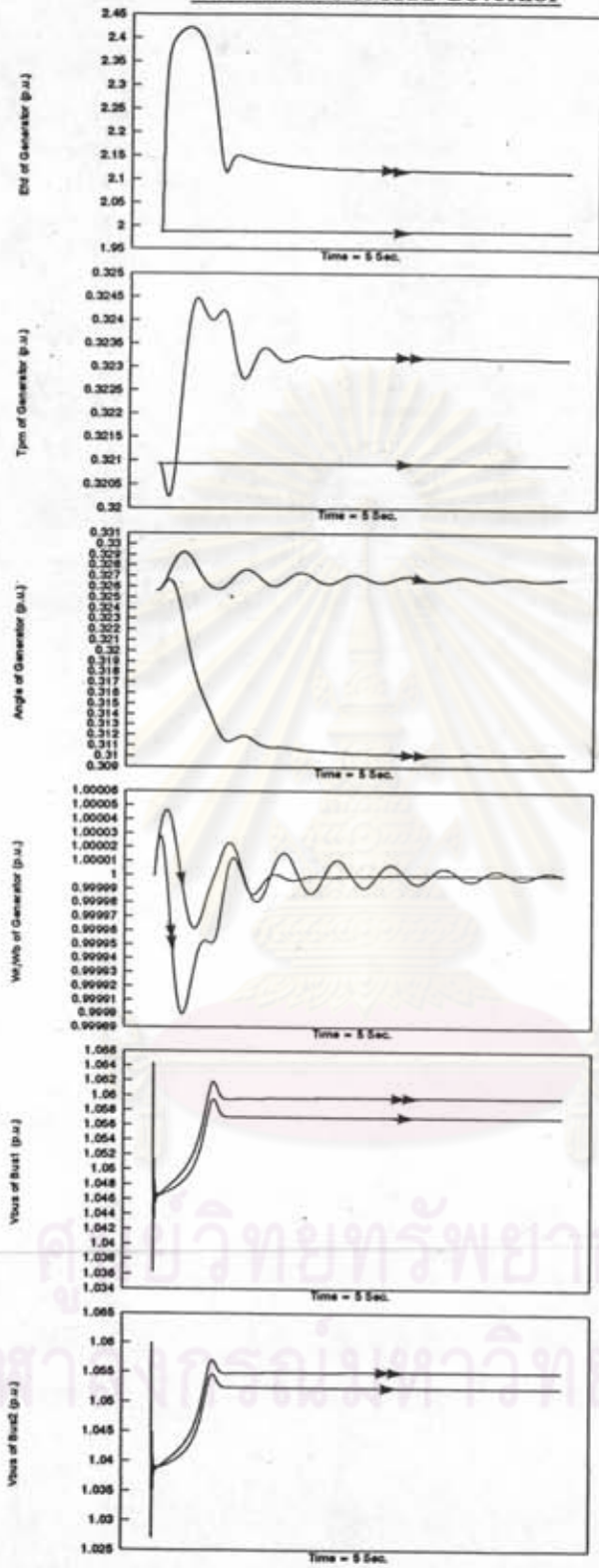
No Exciter & Add Governor



 No Exciter & No Governor
 No Exciter & Add Governor

รูปที่ 5.5-1 แสดงผลของเอ็กไซเตอร์และทกเวอเนอร์ต่อเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Add Exciter & Add Governor



———→ No Exciter & No Governor
 ———→ Add Exciter & Add Governor

รูปที่ 5.5-1 (ต่อ)

ระยะเวลาสั้น นอกจากนี้โทลเวอเนอร์ยังส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารักษาความเร็วที่ซิงโครนัส (Synchronous Speed) เอาไว้

แบบจำลองของส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะมีผลอย่างมากในการศึกษาเสถียรภาพของระบบโตะเซนเนอเรชั่น ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโตะเซนเนอเรชั่นจะเป็นชนิดกังหันก๊าซซึ่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดอื่นมาก โดยเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้า ซึ่งความแตกต่างอันนี้ ทำให้เราไม่สามารถที่จะนำโปรแกรมที่ศึกษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ มาใช้ศึกษาระบบไฟฟ้าในโรงงานหรือระบบโตะเซนเนอเรชั่นซึ่งส่วนใหญ่จะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นชนิดกังหันก๊าซ

5.6 ผลของการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ ต่อเสถียรภาพของระบบ

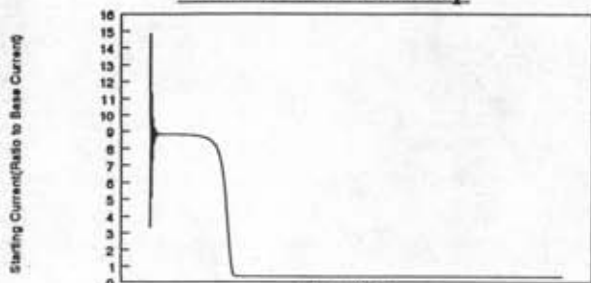
5.6.1 ผลของการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ ต่อเสถียรภาพของระบบ

วัตถุประสงค์เพื่อดูผลของการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบ โดยการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ ชั้นที่บัส 2 ของระบบที่ทำการศึกษา ดังรูปที่ 5.1-1 โดยข้อมูลของระบบเป็นดังนี้

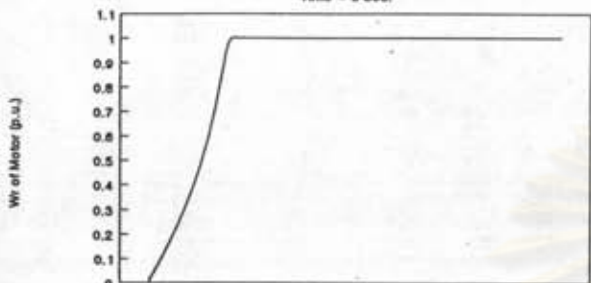
MVA _{bus} ของระบบ	:	18.875	MVA
ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	:	18.875	MVA
โวลตจจริงที่มีอยู่ในระบบ (P_L)	:	9	MVA
โวลตรีแอคทีฟที่มีอยู่ในระบบ (Q_L)	:	9	MVAR
กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 จ่าย (P_M)	:	9	MVA
กำลังรีแอคทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย (Q_M)	:	9	MVAR
เอ็กไซเตอร์	:	ดังตารางที่ 5.1-2	
โทลเวอเนอร์	:	ดังตารางที่ 5.1-3	

ในการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ ได้ผลของการศึกษาเป็นดังรูปที่ 5.6-1 ซึ่งสามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 5.6-1

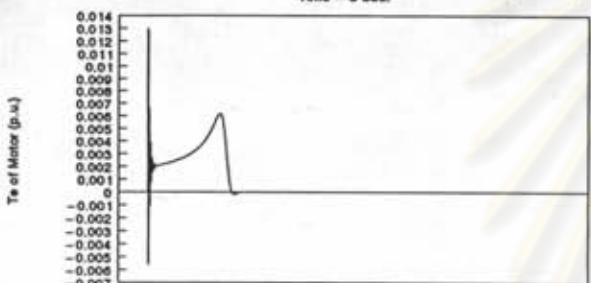
Induction Motor 40 Hp



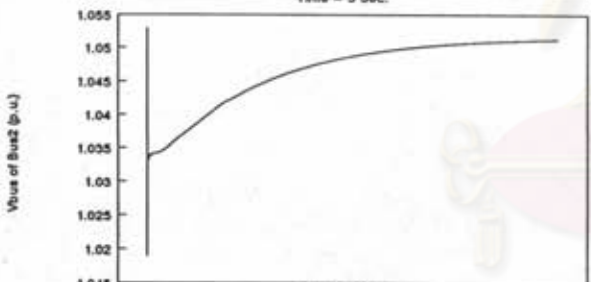
Time = 5 Sec.



Time = 5 Sec.

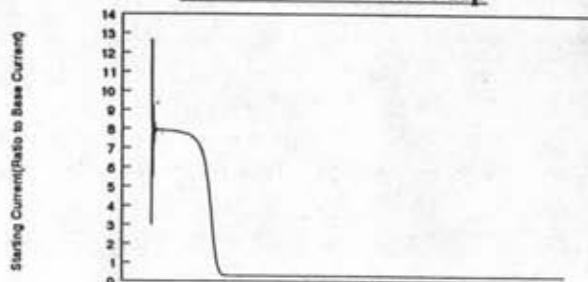


Time = 5 Sec.

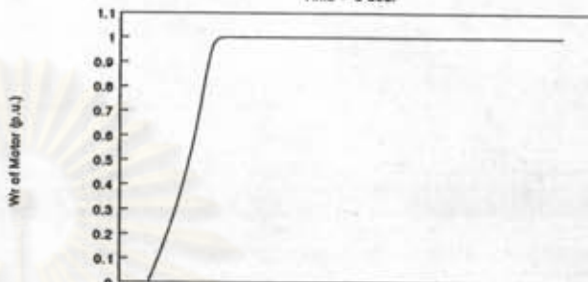


Time = 5 Sec.

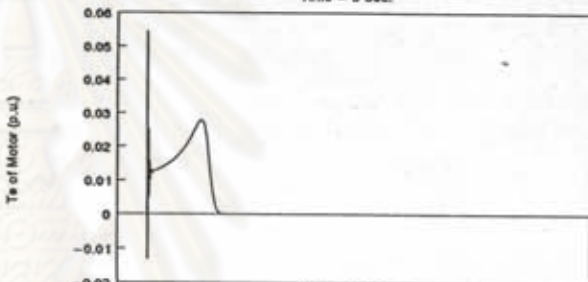
Induction Motor 200 Hp



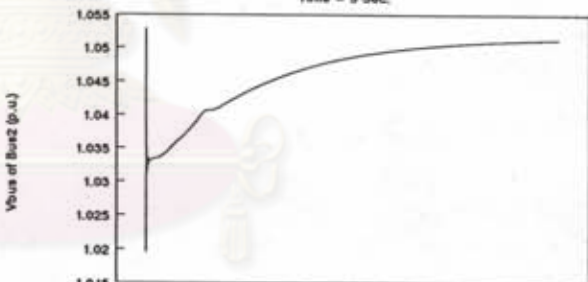
Time = 5 Sec.



Time = 5 Sec.



Time = 5 Sec.

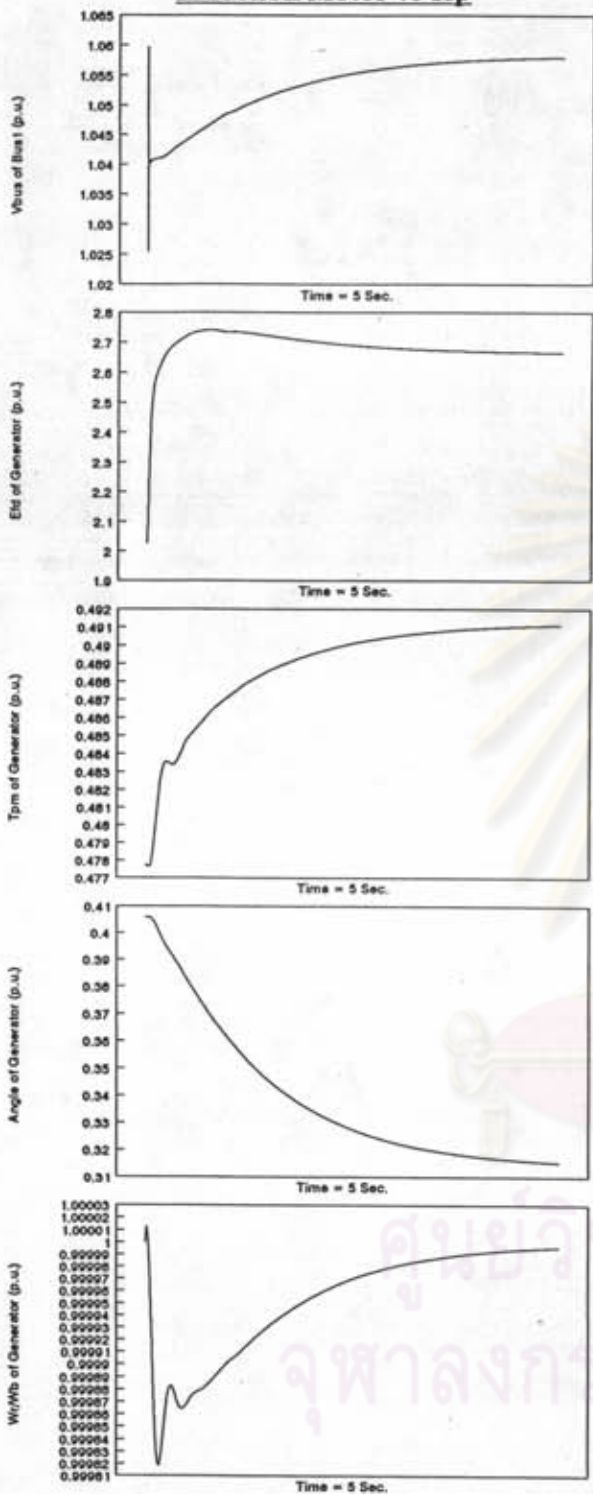


Time = 5 Sec.

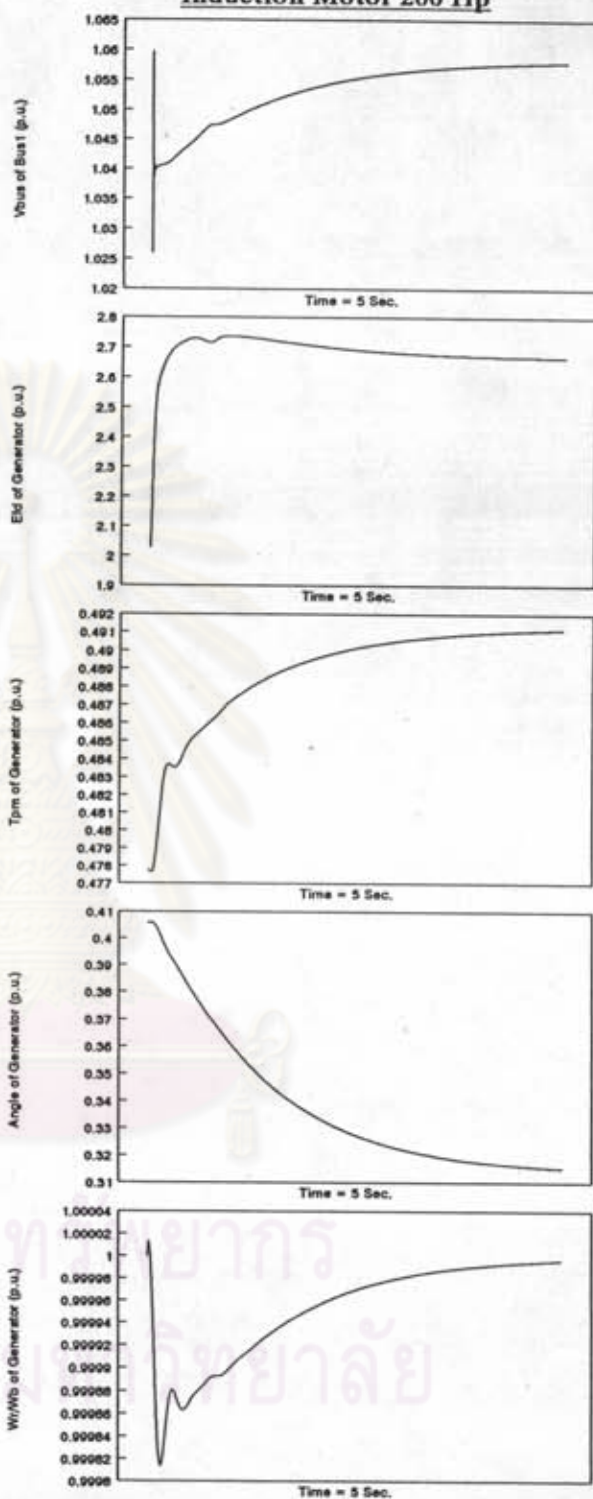
รูปที่ 5.6-1 แสดงผลของการสํารวมมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Induction Motor 40 Hp

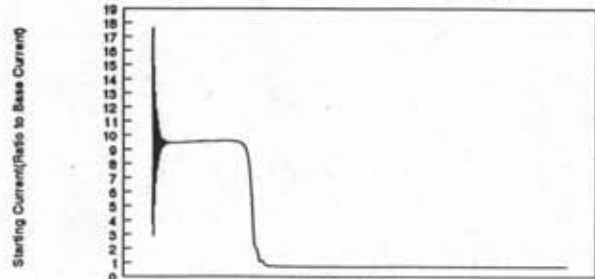


Induction Motor 200 Hp

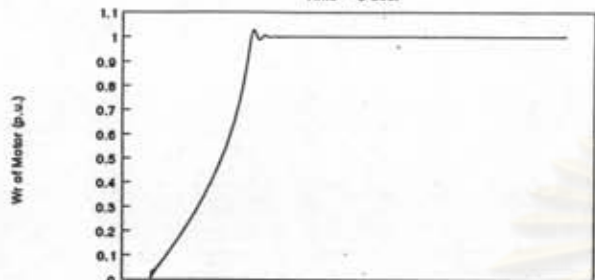


รูปที่ 5.6-1 (ต่อ)

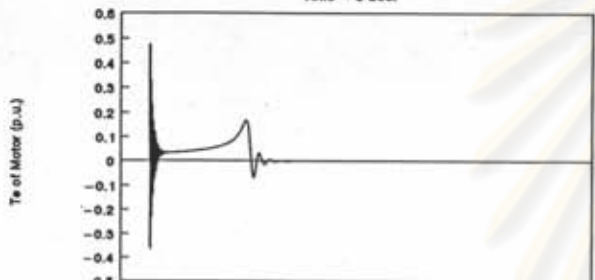
Induction Motor 1340 Hp



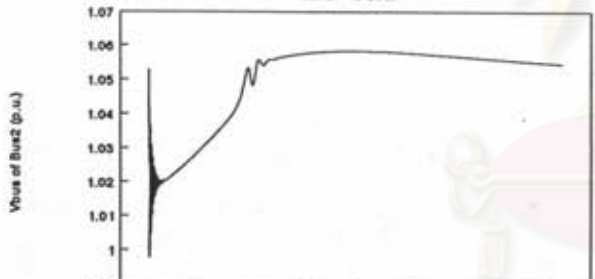
Time = 5 Sec.



Time = 5 Sec.

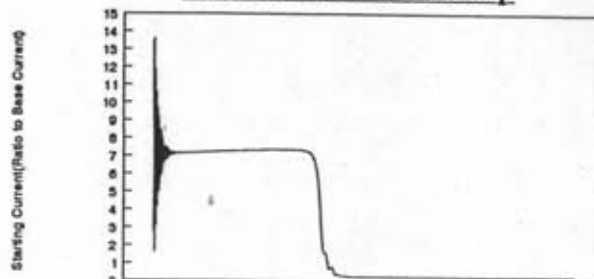


Time = 5 Sec.

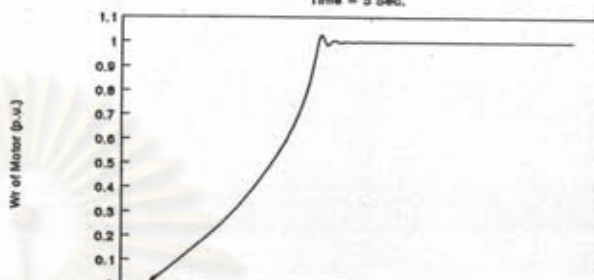


Time = 5 Sec.

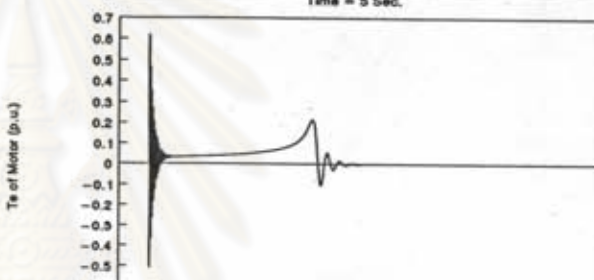
Induction Motor 2250 Hp



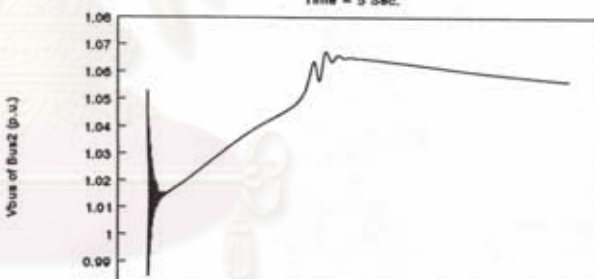
Time = 5 Sec.



Time = 5 Sec.



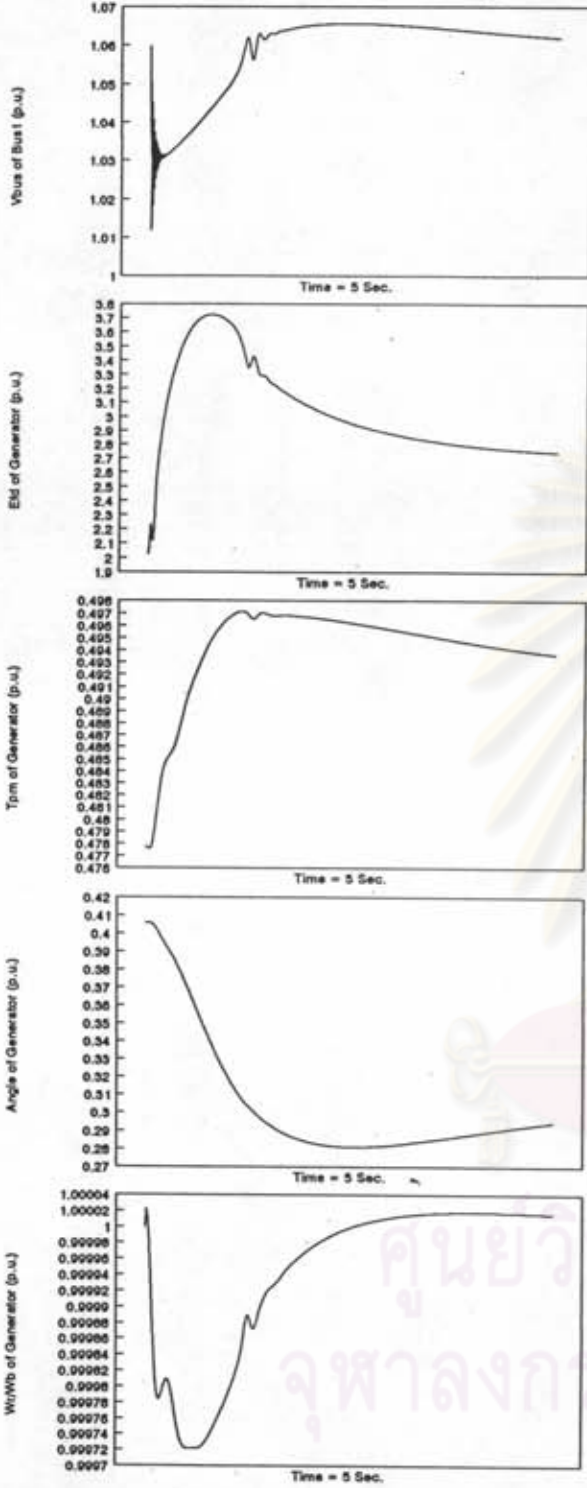
Time = 5 Sec.



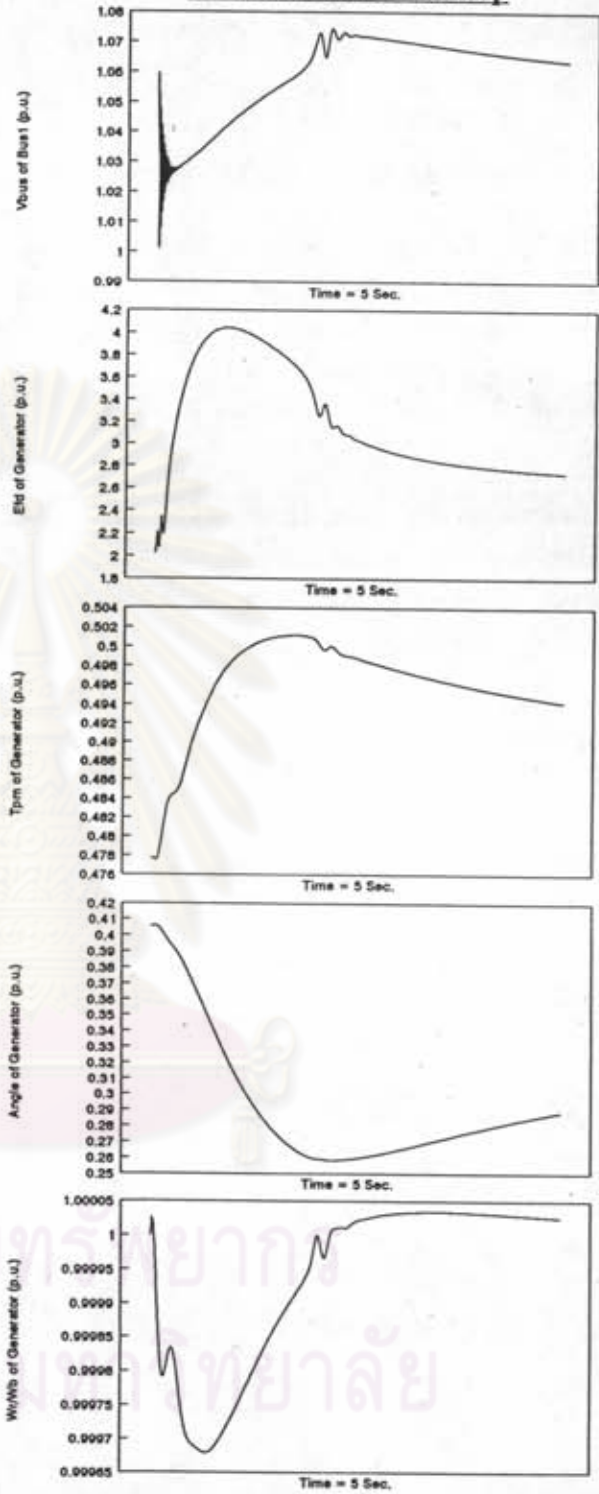
Time = 5 Sec.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 รูปที่ 5.6-1 (ต่อ)
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Induction Motor 1340 Hp



Induction Motor 2250 Hp



รูปที่ 5.6-1 (ต่อ)

ตารางที่ 5.6-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในระบบ
เนื่องจากการสับเปลี่ยนมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ (จากรูปที่ 5.6-1)

H_p	ΔV_{bus1}	ΔE_{fd}	ΔT_{pm}	$\Delta \text{Angle (Gen)}$	$\Delta W_{r/wb}$
40	0.2	0.7	0.0135	0.09	0.002
200	0.2	0.7	0.0135	0.09	0.002
1340	0.3	1.7	0.0195	0.125	0.0003
2250	0.333	2.0	0.0235	0.145	0.000345

หมายเหตุ อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่แสดงค่าในตารางของมอเตอร์ 200 H_p
จะมากกว่า 40 H_p เล็กน้อย

จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการสับเปลี่ยนมอเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว
ของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมากขึ้น ซึ่งได้จากอัตราการเบี่ยงเบนออกจากความเร็วเชิง
โคจรนี้ ($\Delta W_{r/wb}$) ของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้จะเห็นได้จากการตกลงของแรงดัน
ไฟฟ้ามากขึ้นด้วยตามขนาดของมอเตอร์ที่ทำการสับเปลี่ยน

5.6.2 ผลของการสับเปลี่ยนมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp ขนาดกันหลายตัว ต่อ
เสถียรภาพของระบบ

เนื่องจากข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp นั้น ยังมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ
กับขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มี
ขนาดใหญ่กว่านี้ได้ ดังนั้นจึงจะใช้การสับเปลี่ยนมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp พร้อมกันที่ละ
หลายตัว เพื่อผลที่เกิดขึ้นกับระบบโคเซนเนอเรชันที่มีข้อมูลระบบเป็นดังนี้

MVA_{base} ของระบบ : 18.875 MVA

ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า : 18.875 MVA

โหลดจริงที่มีอยู่ในระบบ (P_L)	:	9	MVA
โหลดรีแอคทีฟที่มีอยู่ในระบบ (Q_L)	:	9	MVAR
กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 จ่าส (P_{g1})	:	9	MVA
กำลังรีแอคทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าส (Q_{g1})	:	9	MVAR
โทแวนเนอร์	:	คิงตารางที่ 5.1-3	

ส่วนเอ็กไซเตอร์ใช้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 5.6-2 ข้อมูลของเอ็กไซเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ [12]

K_R	K_A	K_E	K_F	T_R	T_A	T_E	T_{F1}	T_{FE}	V_{Rmax}	V_{Rmin}	S_{Emax}	S_{Emin}
1	400	1	0.01	0	0.01	0.1	0.15	0.06	16.44	0	1.8	1.7

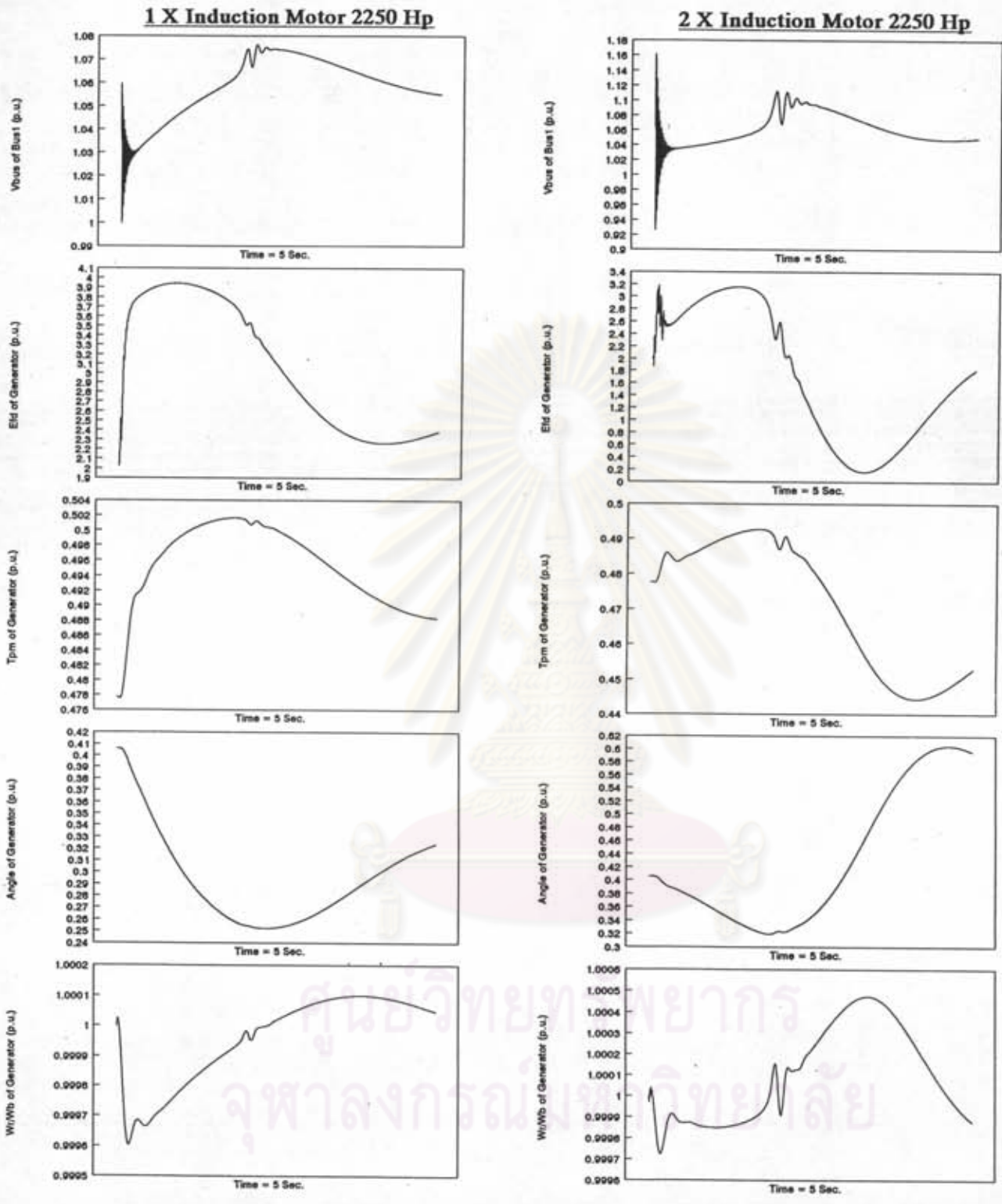
ในการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp หลายตัวพร้อมกัน เพื่อผลต่อเสถียรภาพของระบบโคเซนเนอเรชันจะได้ผลดังรูปที่ 5.6-2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Angle of Generator) จะแกว่งมากขึ้น ตามจำนวนของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ทำการสคาร์ตขึ้น

5.7 ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบในภาวะของโหลดบีส์ต่าง ๆ

วัตถุประสงค์เพื่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

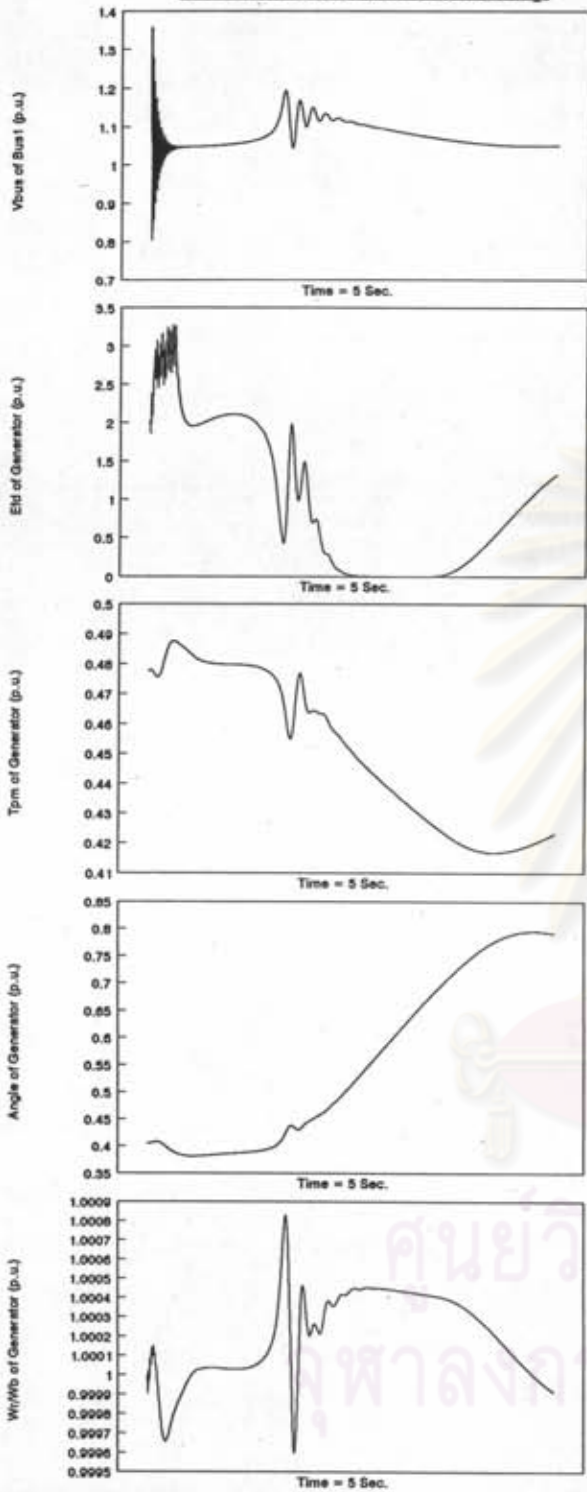
เนื่องจากการรบกวนระบบโคเซนเนอเรชัน โดยการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp ขึ้นในระบบโคเซนเนอเรชัน ดังรูปที่ 5.1-1 โดยข้อมูลของระบบเป็นดังนี้

MVA _{bus} ของระบบ	:	18.875	MVA
ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	:	18.875	MVA

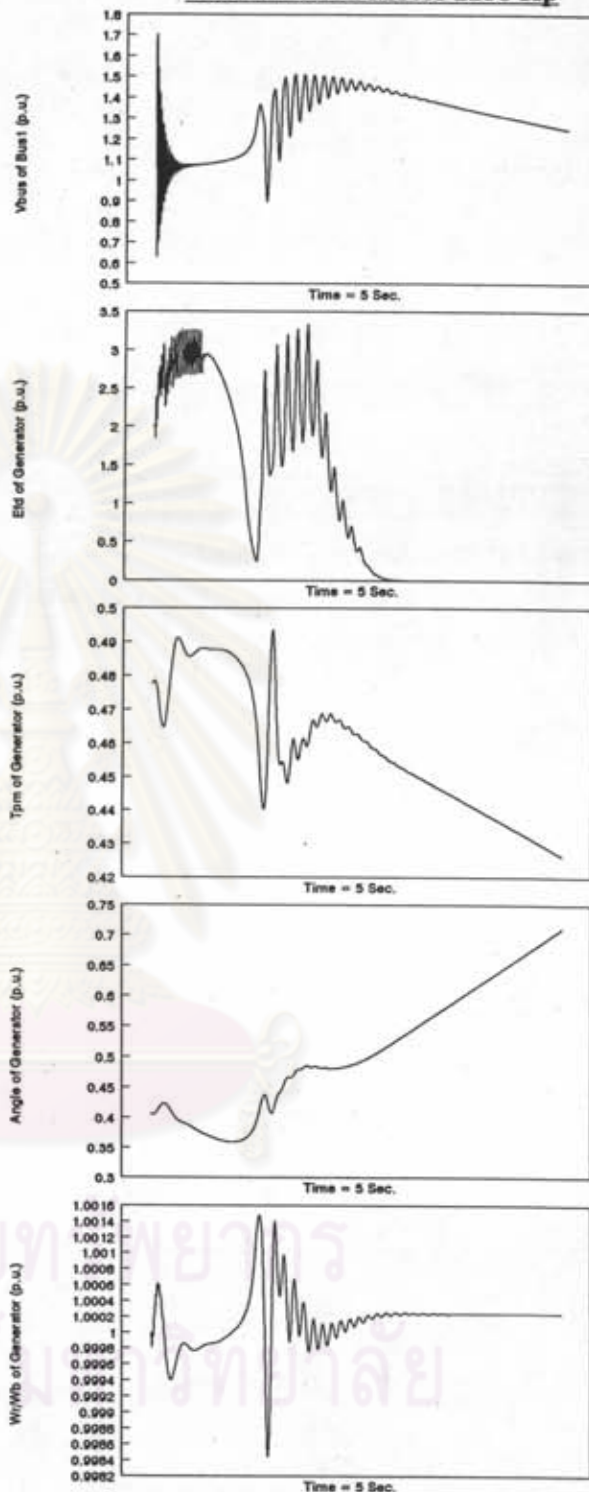


รูปที่ 5.6-2 แสดงเสถียรภาพของระบบเนื่องจากการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp หลาย ๆ ตัวพร้อมกัน

3 X Induction Motor 2250 Hp



4 X Induction Motor 2250 Hp



รูปที่ 5.6-2 (ต่อ)

ข้อมูลเอ็กไซเตอร์ : ตารางที่ 5.1-2

ข้อมูลโทเจนเนอร์ : ตารางที่ 5.1-3

มอเตอร์เหนี่ยวนำ : 2250 H_u

ซึ่งในการศึกษานี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

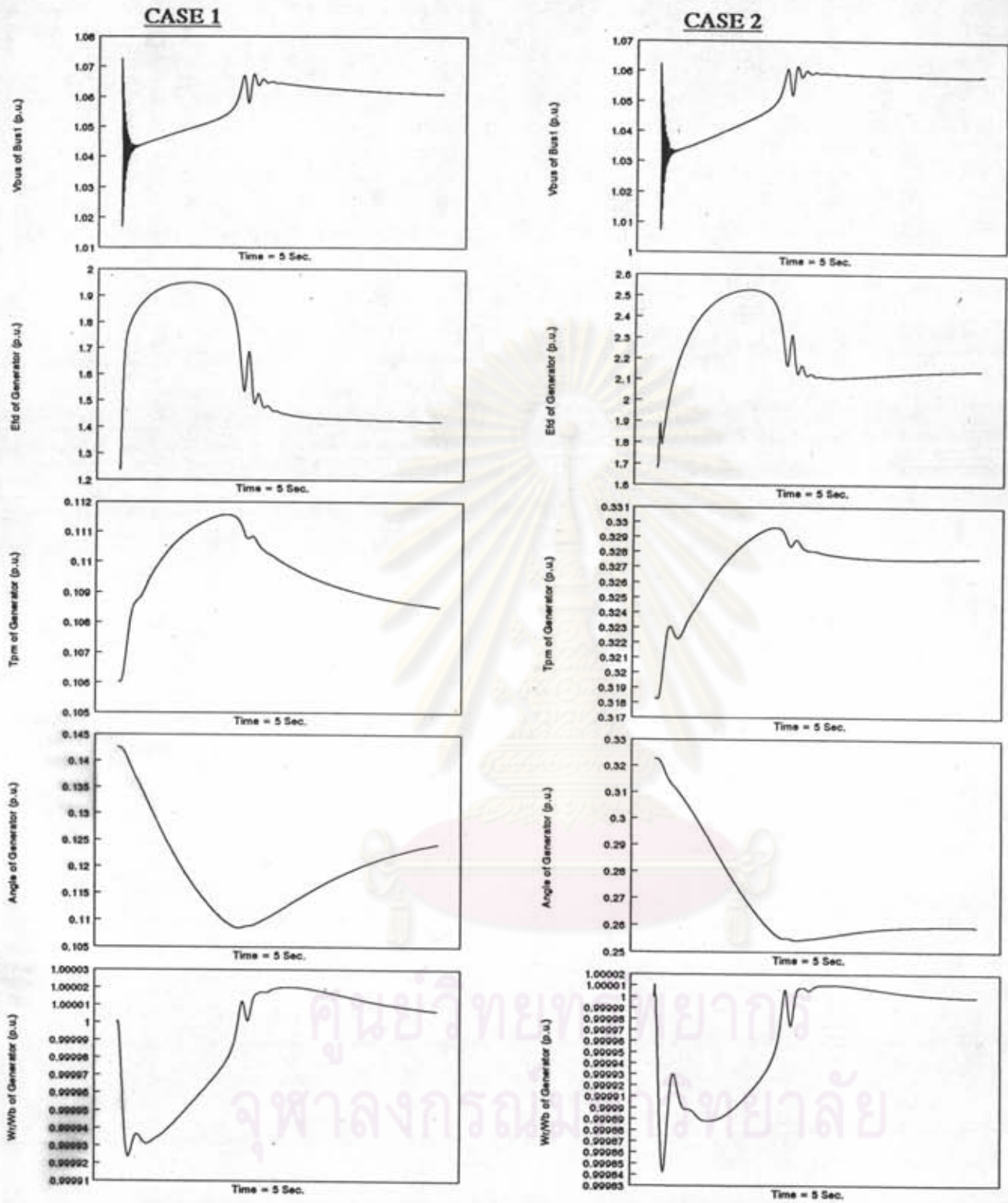
- ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโตะเซนเนอร์ขึ้นมีค่าเท่ากัน โดยถือว่าค่าของกำลังสูญเสียในสายส่ง (Line Loss) ในระบบโตะเซนเนอร์ขึ้นมีค่าน้อย
- ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโตะเซนเนอร์ขึ้นมีค่าต่างกัน

5.7.1 ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโตะเซนเนอร์ขึ้นมีค่าเท่ากัน

ผลการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในระบบ หลังจากที่ทำการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 H_u เป็นดังรูปที่ 5.7-1 ซึ่งสามารถนำผลการเปลี่ยนแปลงมาสรุปได้ดังตารางที่ 5.7-1

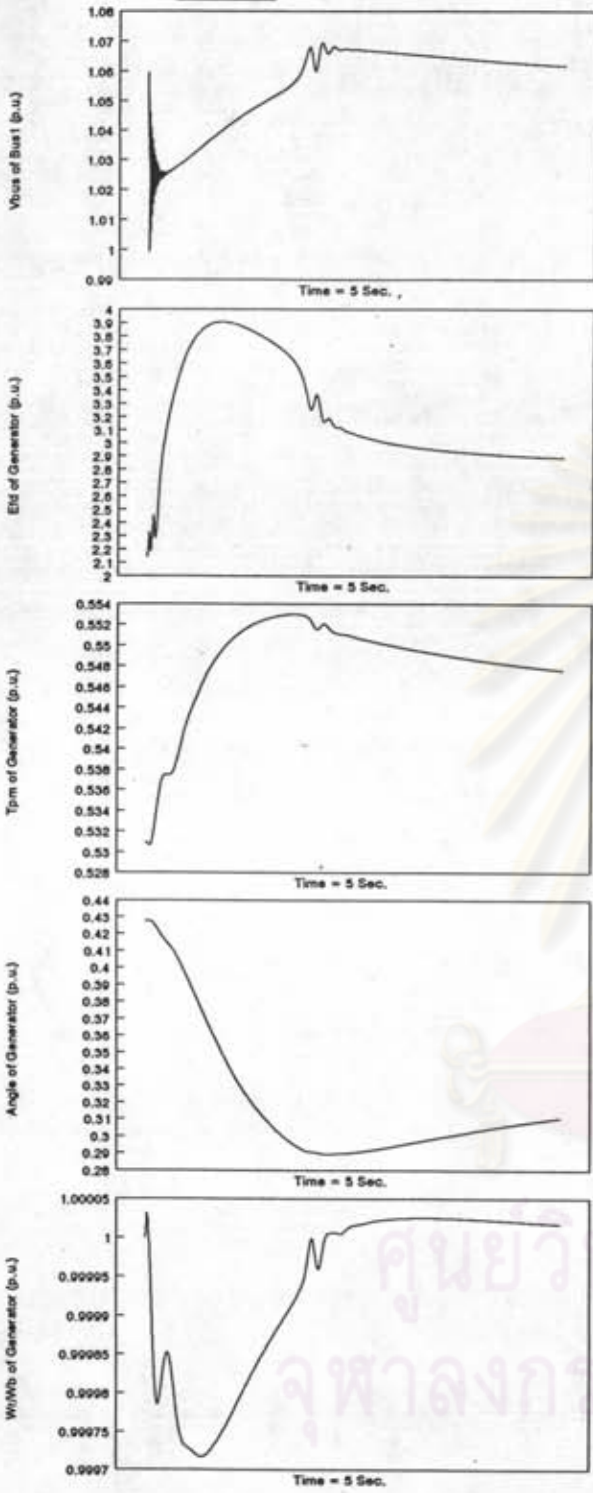
ตารางที่ 5.7-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เนื่องจากการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโตะเซนเนอร์ขึ้นมีค่าเท่ากัน (จากรูปที่ 5.7-1)

กรณี	P_x	Q_x	P_1	Q_1	ΔE_{fd}	ΔT_{pm}	ΔAngle	$\Delta W_{r/wb}$
1	2	2	2	2	0.71	0.0055	0.0335	0.000097
2	6	6	6	6	0.84	0.0116	0.069	0.00017
3	10	10	10	10	1.73	0.0214	0.136	0.00031
4	18	18	18	18	1.53	0.022	0.138	0.00033

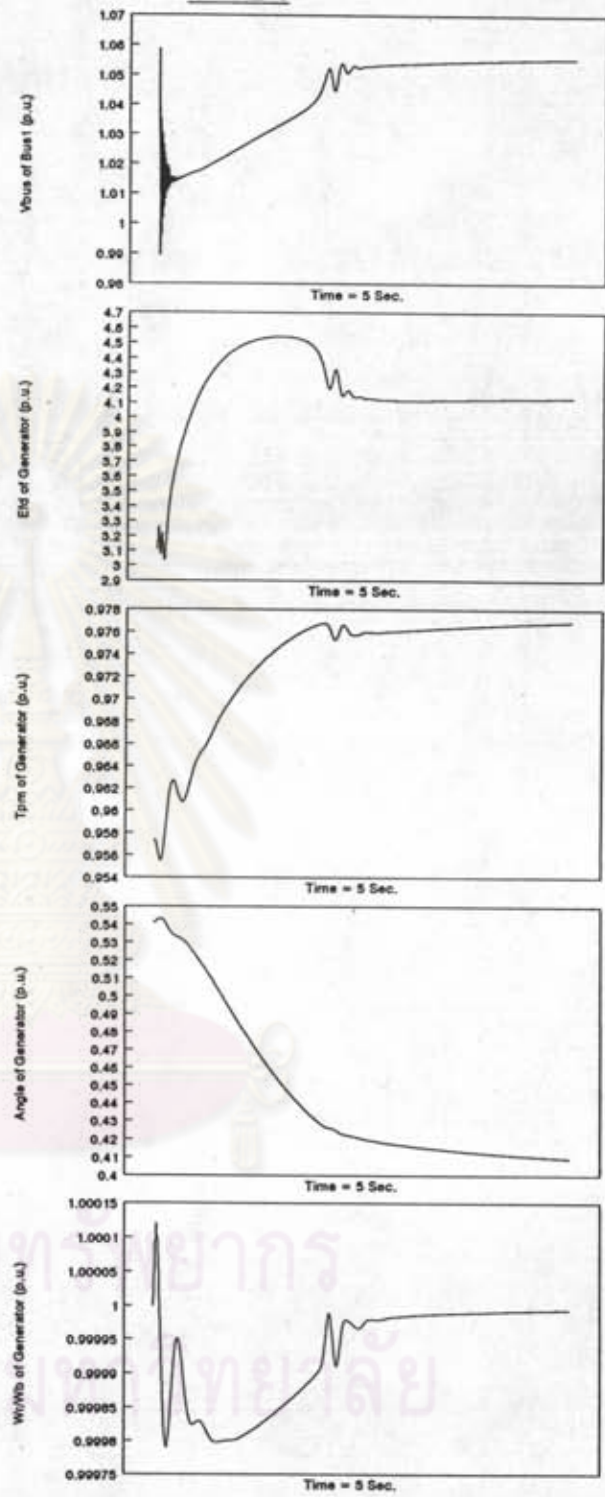


รูปที่ 5.7-1 เสด็จรภาพของระบบในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ
โหลดในระบบโตะเซนเนอเรชั่นมีค่าเท่ากัน

CASE 3



CASE 4



รูปที่ 5.7-1 (ต่อ)

จากตารางที่ 5.7-1 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่ากำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและของโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราการแกว่งของโรเตอร์จากความเร็วเชิงโคจรนี้สักก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือ การสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นจะเป็นการรบกวนระบบมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับโหลดที่เพิ่มเข้ามาในระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังออกมามากแล้ว การที่จะเพิ่มโหลดหรือการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำเข้าไปในระบบจะเป็นการรบกวนที่มากกว่า ขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังออกมาน้อย

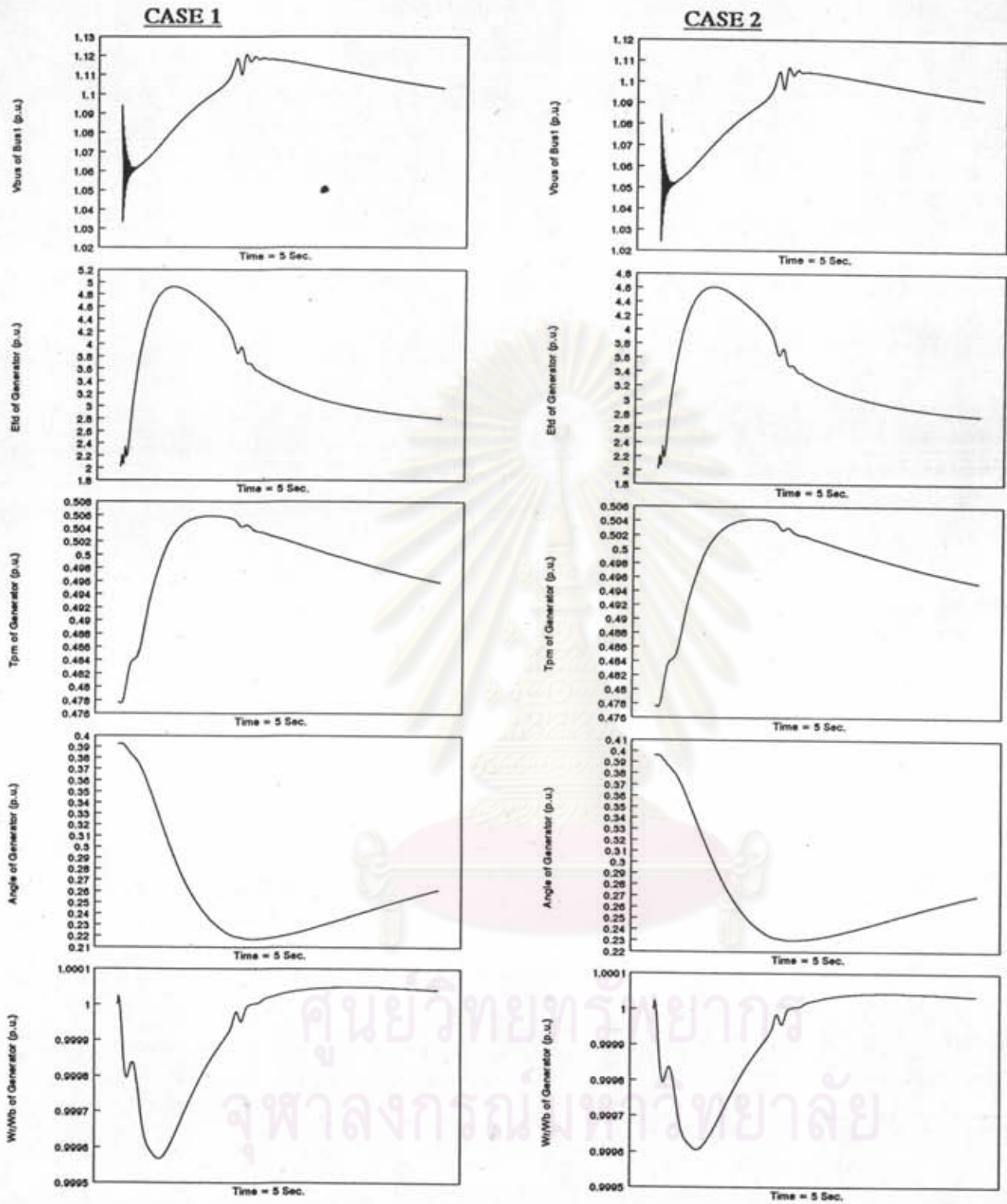
5.7.2 ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโตะเซนเนอเรชันมีค่าต่างกัน

ในการศึกษานี้ จะทำการกำหนดค่ากำลังจริงและกำลังรีแอ็กทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 9 MW และ 9 MVAR แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังจริงและกำลังรีแอ็กทีฟของโหลด ซึ่งจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังจริงและกำลังรีแอ็กทีฟของโหลดจะทำให้เกิดภาวะของระบบ 2 แบบ คือ

- ภาวะ Export Energy ของระบบโตะเซนเนอเรชัน คือมีการไหลของพลังงานไฟฟ้าออกจากระบบโตะเซนเนอเรชันไปยังระบบไฟฟ้าของรัฐ (Bus 3) นั่นคือ โหลดในระบบโตะเซนเนอเรชันมีน้อยกว่าค่ากำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะนั้น

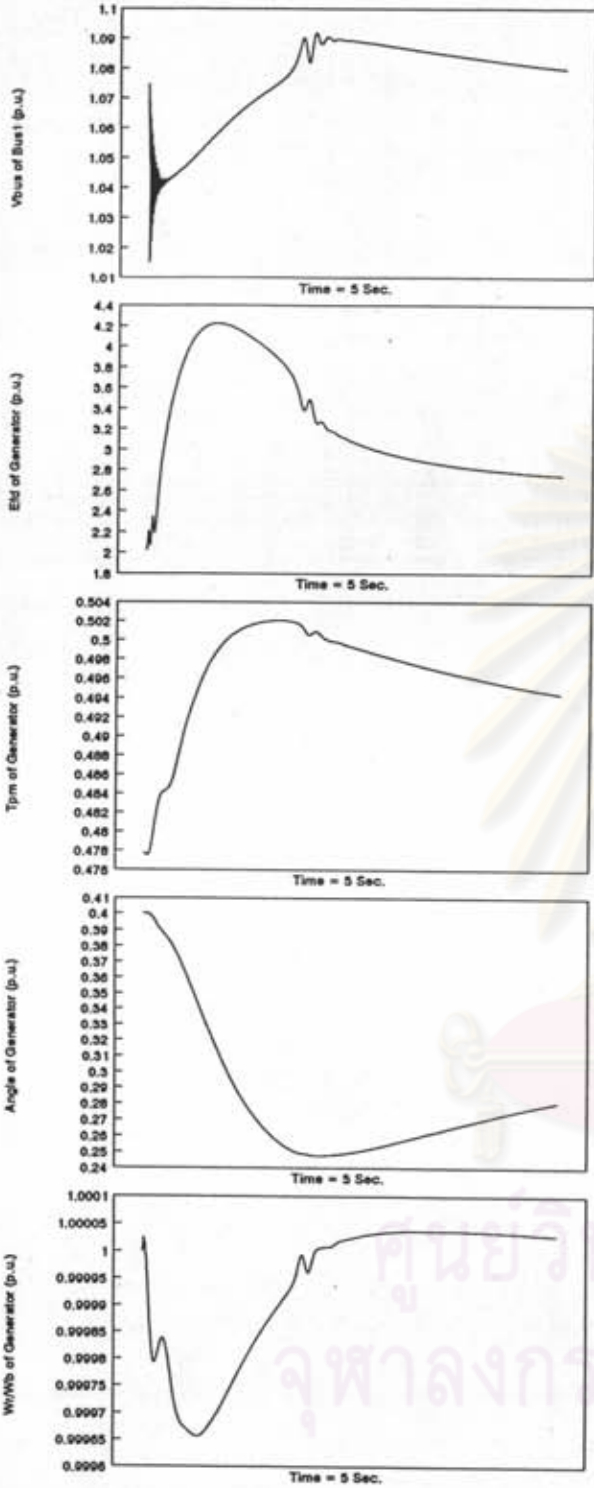
- ภาวะ Import Energy ของระบบโตะเซนเนอเรชัน คือมีการไหลของพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าของรัฐมายังระบบโตะเซนเนอเรชัน นั่นคือ โหลดในระบบโตะเซนเนอเรชันมีค่ามากกว่าค่ากำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะนั้น

ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในระบบหลังจากที่ทำการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 H_p เป็นดังรูปที่ 5.7-2 ซึ่งสามารถนำผลของการเปลี่ยนแปลงมาสรุปได้ดังตารางที่ 5.7-2

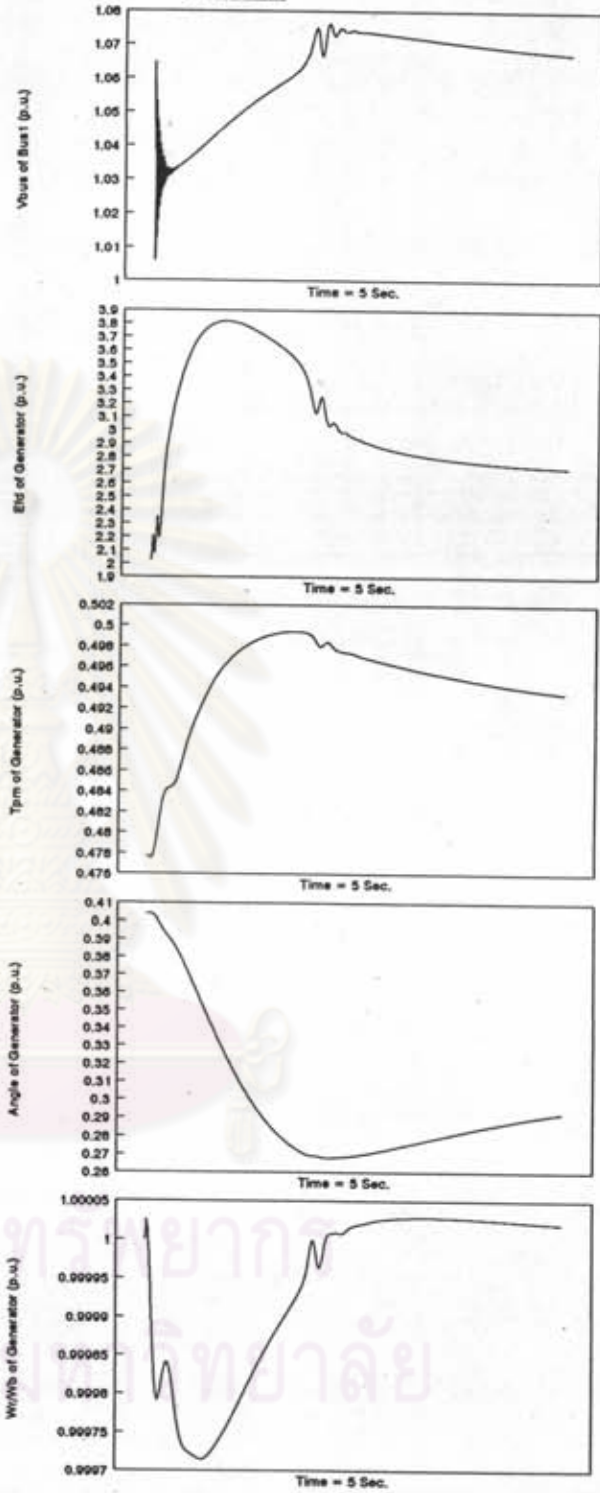


รูปที่ 5.7-2 เสด็จรภาพของระบบในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และโวลตจในระบบโคเซนเนอเรชั่นมีค่าต่างกัน

CASE 3

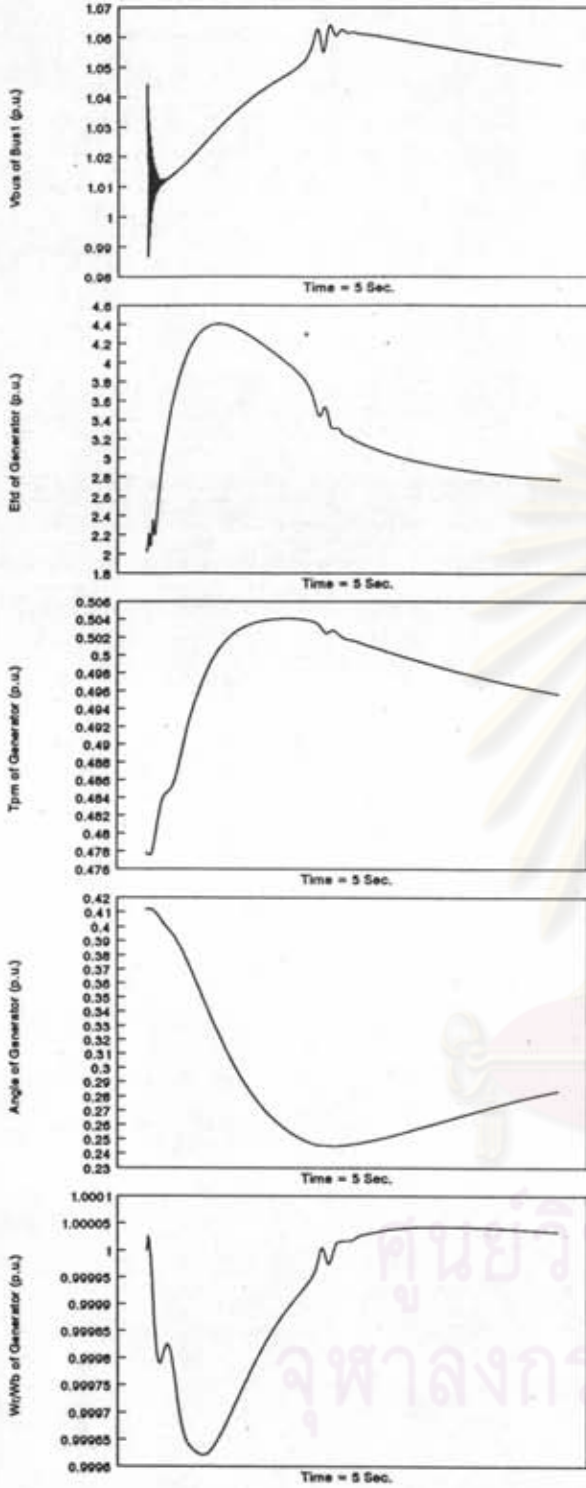


CASE 4

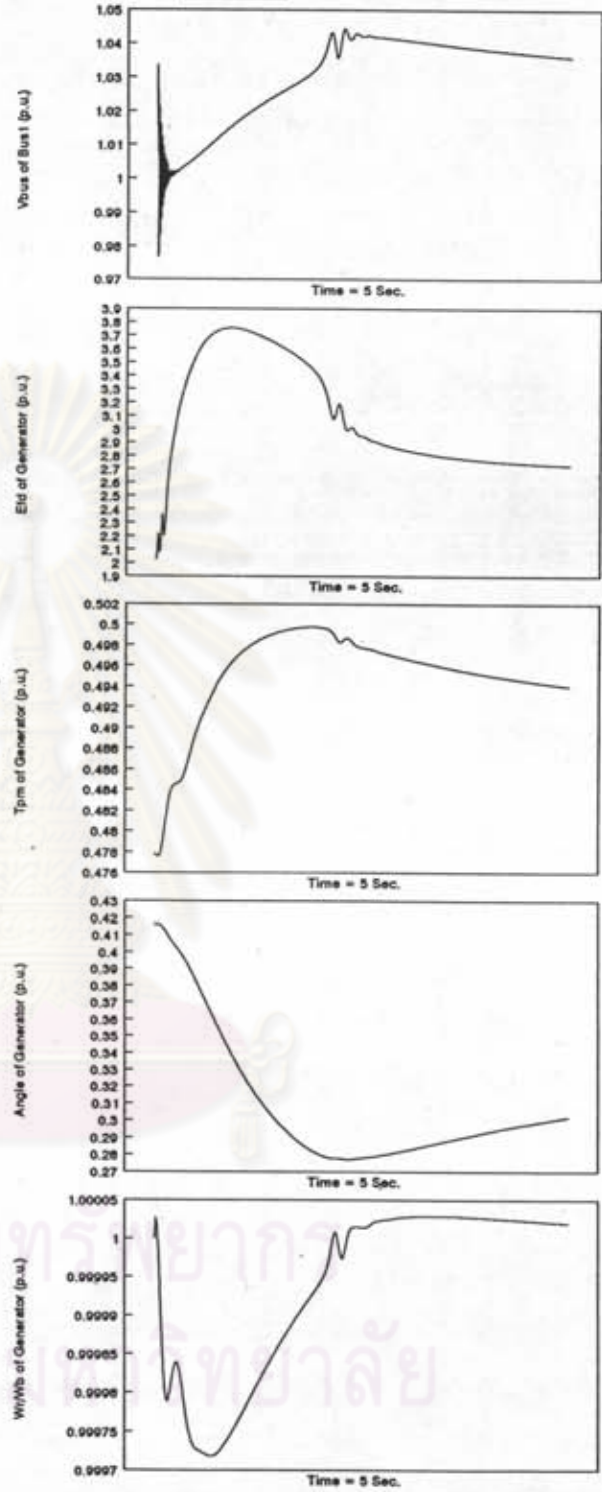


รูปที่ 5.7-2 (ต่อ)

CASE 5

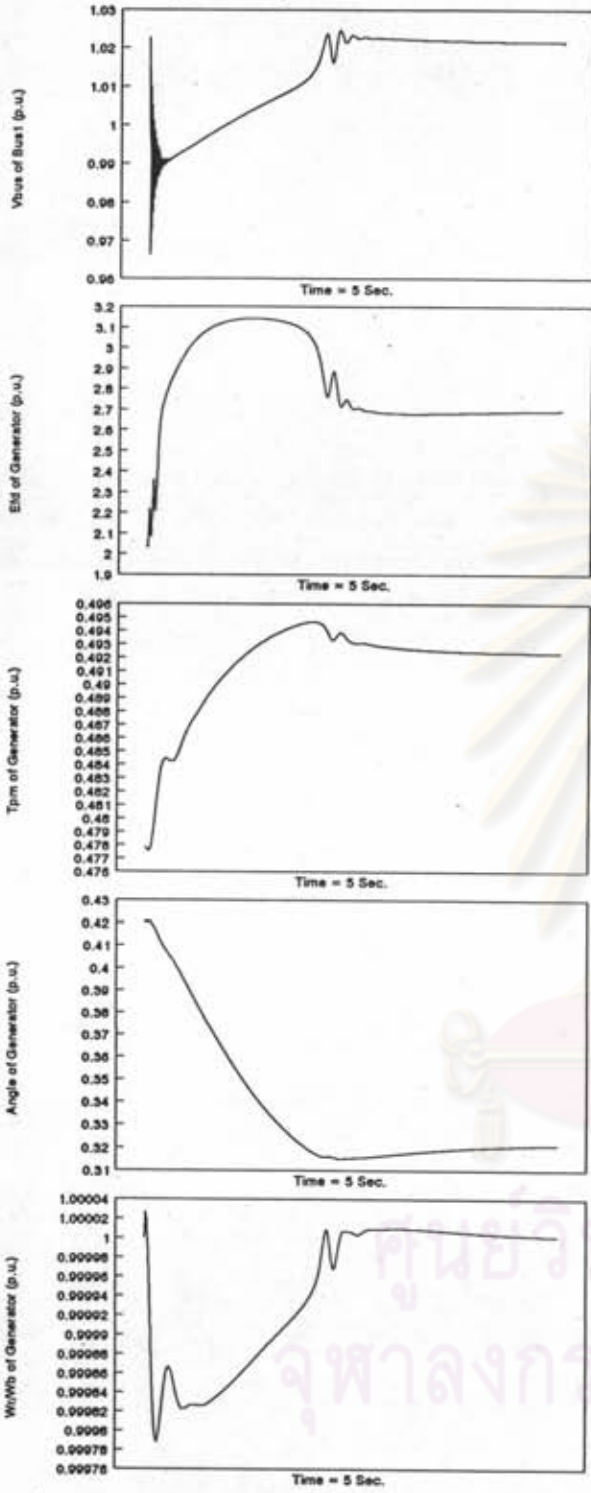


CASE 6

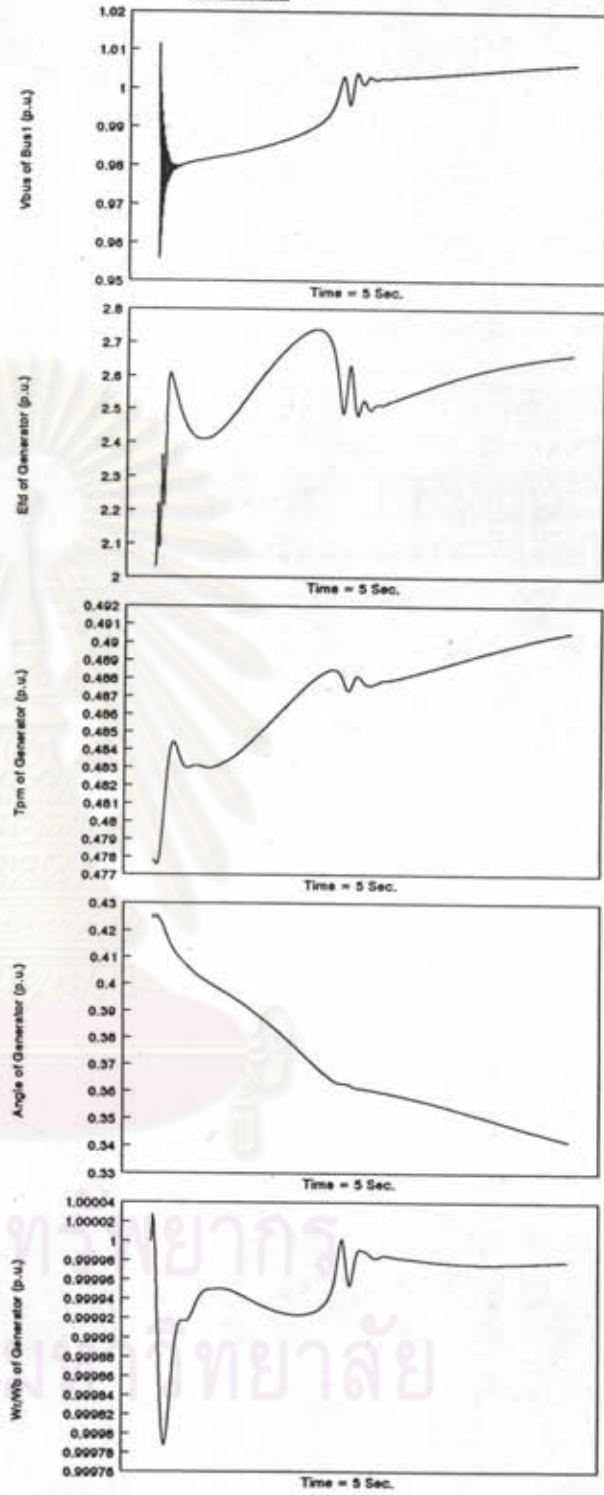


รูปที่ 5.7-2 (ต่อ)

CASE 7



CASE 8



รูปที่ 5.7-2 (ต่อ)

ตารางที่ 5.7-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เนื่องจากการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโคเซนเนอเรชันมีค่าต่างกัน (จากรูปที่ 5.7-2)

กรณี	P_x	Q_x	P_1	Q_1	E_{fd}	T_{dm}	$\Delta Angle$	$\Delta W_r / W_b$	หมายเหตุ
1	9	9	2	2	2.95	0.028	0.173	0.00046	Export Energy
2	9	9	4	4	2.6	0.272	0.166	0.00042	Export Energy
3	9	9	6	6	2.2	0.242	0.15	0.00036	Export Energy
4	9	9	8	8	1.8	0.0207	0.133	0.0003	Export Energy
5	9	9	12	12	2.4	0.0262	0.166	0.00041	Import Energy
6	9	9	14	14	1.75	0.022	0.137	0.00031	Import Energy
7	9	9	16	16	1.13	0.0167	0.105	0.00024	Import Energy
8	9	9	18	18	0.72	NA.	NA.	0.000238	Import Energy

ผลจากตารางที่ 5.7-2 จะเห็นได้ว่าไม่ว่ากรณีของการ Import Energy หรือ Export Energy เมื่อโหลดของระบบโคเซนเนอเรชันมีขนาดมากขึ้น การแกว่งของโรเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีค่าน้อยลง เนื่องจากค่าของโมเมนต์ของระบบจะมีค่ามากขึ้นเมื่อระบบมีขนาดของโหลดมากขึ้นนั่นเอง ซึ่งการเพิ่มโหลดเข้าไปในระบบหรือการสาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขึ้นในระบบ ต้องดูว่าภาวะของโหลดที่มีอยู่เดิมเพียงพอหรือไม่ที่รับโหลดใหม่ที่เพิ่มเข้ามา

ตารางที่ 5.7-3 การเปรียบเทียบภาวะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

P_r	Q_r	P_1	Q_1	ΔE_{rd}	ΔT_{pm}	ΔAngle	$\Delta W_{r/wb}$	จากตาราง
9	9	2	2	2.95	0.028	0.173	0.00046	5.6-1
2	2	2	2	0.71	0.0055	0.0335	0.000097	5.6-2
9	9	6	6	2.2	0.242	0.15	0.00036	5.6-1
6	6	6	6	0.84	0.0116	0.069	0.00017	5.6-2

จากตารางที่ 5.7-3 จะเห็นได้ว่าที่ภาวะโหลดเดียวกัน ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีความสามารถในการรับโหลดที่เพิ่มมาในระบบอีกมาก ก็จะทำให้อัตราการเบี่ยงเบนออกจากความเร็วเชิงโรตารีของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามักมีค่าน้อยลง

5.8 สรุปผล

1. จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.4 จะเห็นว่า การสแตร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำมีผลต่อการลดลงของแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่มอเตอร์นั้นต่ออยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามอเตอร์มีขนาดใหญ่ การลดลงของแรงดันไฟฟ้ายิ่งมีมาก นอกจากนี้ในมอเตอร์ขนาดใหญ่ในขณะที่สแตร์ตนั้นจะมีการแกว่งของกระแสและแรงบิดมาก

2. จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.5 จะเห็นว่า ส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งก็คือ เอ็กไซเตอร์และโทเวอเนอร์จะมีผลต่อเสถียรภาพของระบบโคเซนเนอเรชั่น โดย

เอ็กไซเตอร์ : จะช่วยรักษาแรงดันไฟฟ้าที่บัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โทเวอเนอร์ : ทำให้การแกว่งของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกหน่วงเข้าสู่ภาวะสมดุลอย่างรวดเร็ว

ดังนั้น ในการที่จะให้ระบบโคเซนเนอเรชั่นมีเสถียรภาพที่ดี ต้องมีการตั้งค่าของส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เหมาะสม

นอกจากนี้ ในการศึกษาแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะเป็นการศึกษาแบบจำลองของส่วนควบคุมมอเตอร์ โดยเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในระบบเช่นกังหันก๊าซ (Gas - turbine) จำเป็นที่ต้องสร้างแบบจำลองการทำงานของโทลเวอเนอร์ให้ถูกต้อง เพื่อให้การศึกษาเสถียรภาพของระบบโคเซนเนอร์ขึ้นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.1 พบว่าการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่จะมีผลกระทบต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบมากกว่ามอเตอร์ขนาดเล็ก โดยคู่ได้จากขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่ลดต่ำลง และการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเฉพาะความเร็วของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4. จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.7 จะเห็นได้ว่า การแกว่งของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นตัววัดเสถียรภาพของระบบ จะขึ้นกับภาวะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโพลดที่มีอยู่ในระบบโคเซนเนอร์ขึ้นในขณะนั้น โดย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า : จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการรองรับโพลด ที่เพิ่มขึ้นของระบบ โดยถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหลือความสามารถในการรองรับมาก (p_u น้อย) การแกว่งของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะน้อย

โพลด : จะเป็นตัวกำหนดโมเมนต์ของระบบ โดยถ้าในระบบโคเซนเนอร์ขึ้นมีโพลดมาก การที่จะเพิ่มโพลดเข้าไปใหม่หรือการสตาร์ทมอเตอร์เห็นชาน่า จะมีผลในการแกว่งของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อยกว่าในขณะที่ระบบโคเซนเนอร์ขึ้นมีโพลดน้อย