

การสํารตมอเคอร้เหน็ยว่นําขนาดใหญ้ในระบบโคเซนเนอเรชั่น

นายไชยวัฒน์ ผลลาก



ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

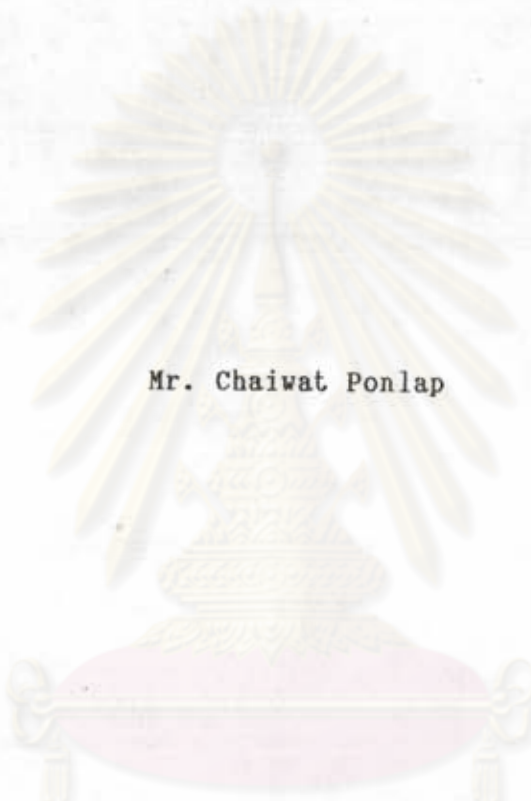
ISBN 974-581-272-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018507

11719919 9

LARGE INDUCTION MOTOR STARTING IN COGENERATION SYSTEM



Mr. Chaiwat Ponlap

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering

Graduate School


Chulalongkorn University

1992

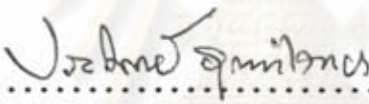
ISBN 974-581-272-2


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสแตนด์มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ในระบบโคเจนเนอเรชัน
โดย นาย ไชยวัฒน์ ผลลาก
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.จรรยา บุญอุบล


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อู่ห้วทยะ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.จรรยา บุญอุบล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธมวิทย์ กุมิวุฒิสาร)


..... กรรมการ
(อาจารย์ไชยเชะ แซ่มชัย)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ชยวัฒน์ ผลลาภ : การสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ในระบบโคเจนเนอเรชัน
(LARGE INDUCTION MOTOR STARTING IN COGENERATION SYSTEM)
อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.จรรยา บุญยกุล, 137 หน้า. ISBN 974-581-272-2

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงถึงการศึกษาเสถียรภาพของระบบโคเจนเนอเรชัน เมื่อถูกรบกวนระบบโดย การสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ที่มีอยู่ในระบบโคเจนเนอเรชันนั้น ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ โหลดอยู่ใกล้กันมาก ในการวิเคราะห์กระทำโดยการสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส ซึ่งรวมผลของเอ็กไซเตอร์ และโถวนอร์ของกังหันก๊าซไว้ด้วยเพื่อใช้แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเจนเนอเรชัน และได้สร้างแบบจำลองอย่างละเอียดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เพื่อใช้แทนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่จะทำการสตาร์ทในระบบ โคเจนเนอเรชัน โดยแทนระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ระบบโคเจนเนอเรชันเชื่อมต่อกับด้วยบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าคงที่

ในการคำนวณได้ทำการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นบนไมโครคอมพิวเตอร์ และแสดงการวิเคราะห์ ระบบตัวอย่าง เพื่อดูค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์เหนี่ยวนำ และ บัส โดยกรณีศึกษาได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่สภาวะ ต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดในระบบโคเจนเนอเรชัน เมื่อทำการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ขึ้นใน ระบบโคเจนเนอเรชันนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา ๒๕๓๔

ลายมือชื่อนิสิต ชยวัฒน์ ผลลาภ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร.จรรยา บุญยกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C115656 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD : INDUCTION MOTOR STARTING/COGENERATION

CHAIWAT PONLAP : LARGE INDUCTION MOTOR STARTING IN
COGENERATION SYSTEM. THESIS ADVISOR : PROF.CHARUAY
BOONYUBOL, Ph.D. 137 pp. ISBN 974-581-272-2

This thesis presents the result of a study of a cogeneration system, when disturbed by starting of large induction motors connected to the cogeneration system. The cogeneration system is considered to be a system in which the generators are close to the loads. In the analysis, detailed model of a generator, which includes exciter model and gas-turbine governor model, is used for generator in cogeneration system and detailed model of induction motor is used for motor. The cogeneration system is assumed to be connected to a large system at a constant voltage bus.

A computer program is developed on a microcomputer and is used to analyse a sample system. The variation of variables related to generator, induction motor and bus has been observed. Studied cases are carried out by using the developed program to observe the variation of variables at different conditions of generator and load in the cogeneration system when a large induction motor is started.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา

ลายมือชื่อนิติศ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีจากความช่วยเหลือจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.จรวช บุญยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อู่หวัทยะ รองศาสตราจารย์ ดร.สุภูมิวิทย์ กุมิวุฒิสาร และ อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ อีกหลายท่านที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ท
บทที่	
1. บทนำทั่วไป.....	1
2. การศึกษาโหลดโพลว์	7
2.1 คำนำ	7
2.2 การกำหนดชนิดบัส	8
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันบัส	9
2.4 การหาโหลดโพลว์โดยวิธี Gauss-Seidel Method ใช้ Y_{bus}	9
2.5 การหาค่าส่งกำลังที่ไหลในสายส่ง	13
3. การศึกษาแบบจำลอง	15
3.1 คำนำ	15
3.2 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	16
3.2.1 แบบจำลองเครื่องจักรกลแบบซิงโครนิส	17
3.2.1.1 การจัดเรียงตัวของขดลวดในเครื่องจักรกลแบบซิงโครนิส	17
3.2.1.2 ทฤษฎีแกนอ้างอิง	19
3.2.1.3 สมการแรงดันไฟฟ้าในแกนอ้างอิงโรเตอร์ของเครื่องจักรกลซิงโครนิส	24
3.2.1.4 สมการการเคลื่อนที่ของโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนิส	31

- 3.2.2 แบบจำลองของอิเล็กทรอนิกส์ 32
- 3.2.3 แบบจำลองของโทเวอเนอร์ของกึ่งตัวนำ 35
- 3.3 แบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 37
 - 3.3.1 สมการแรงดันในแกนอ้างอิงใด ๆ ของ
มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 38
 - 3.3.2 สมการการเคลื่อนที่ของโรเตอร์มอเตอร์เหนี่ยวนำ 43
- 4. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง 44
 - 4.1 คำนำ 44
 - 4.2 แบบจำลองการลดรูปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 45
 - 4.2.1 แบบจำลองการลดรูปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส 45
 - 4.2.2 เงื่อนไขสภาวะเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 50
 - 4.2.3 เงื่อนไขสภาวะเริ่มต้นของอิเล็กทรอนิกส์ 54
 - 4.2.4 เงื่อนไขสภาวะเริ่มต้นของโทเวอเนอร์ 54
 - 4.3 แบบจำลองการลดรูปของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 55
 - 4.3.1 แบบจำลองการลดรูปของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 55
 - 4.3.2 เงื่อนไขสภาวะเริ่มต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 58
 - 4.4 แบบจำลองระบบและการเชื่อมต่อแบบจำลอง 59
 - 4.4.1 การหาค่ากระแสเดเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 61
 - 4.4.2 การหาค่ากระแสเดเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 62
 - 4.5 สรุป 63
 - 4.5.1 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 63
 - 4.5.1.1 แบบจำลองลดรูปของเครื่องจักรกลซิงโครนัส 63
 - 4.5.1.2 แบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์ 64
 - 4.5.1.3 แบบจำลองโทเวอเนอร์กึ่งตัวนำ 64
 - 4.5.2 แบบจำลองลดรูปของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 65
 - 4.5.3 แบบจำลองระบบ 66

5.	การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบโคเซนเนอเรชั่น	68
5.1	ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์	68
5.1.1	ข้อมูลเกี่ยวกับระบบ	69
5.1.2	ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	70
5.1.3	ข้อมูลเกี่ยวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ	71
5.2	โครงสร้างขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม	71
5.3	การวิเคราะห์เสถียรภาพระบบตัวอย่าง	76
5.4	การสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำกับบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าคงที่	80
5.5	ผลของเอ็กไซเตอร์และโถวเวอร์ต่อเสถียรภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	83
5.6	ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ ต่อเสถียรภาพของระบบ .	87
5.6.1	ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ ต่อเสถียรภาพ ของระบบ	87
5.6.2	ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp หนานกัน หลายตัวต่อเสถียรภาพของระบบ	92
5.7	ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบใน ภาวะของโหลดบัสต่าง ๆ	93
5.7.1	ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโถลคใน ระบบโคเซนเนอเรชั่นมีค่าเท่ากัน	96
5.7.2	ผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเสถียรภาพของระบบ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโถลคใน ระบบโคเซนเนอเรชั่นมีค่าต่างกัน	99
5.8	สรุปผล	105
6.	สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	107
	เอกสารอ้างอิง	110

ภาคผนวก ก. ค่าอิมพีแดนซ์และค่าคงที่ทางเวลาของเครื่องจักรกลซิงโครนัส (Operational Impedance and Time Constant of Synchronous Machine).....	112
ภาคผนวก ข. โปรแกรมสำหรับใช้ในการคำนวณ	115
ประวัติผู้เขียน	137



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	Cogeneration Topping Cycle	2
1.2	Cogeneration Bottoming Cycle	2
2.4-1	การคำนวณโหลดโพล์ด้วยวิธี Gauss-Seidel โดยใช้ Y_{bus}	12
2.5-1	วงจรสมมูลของสายส่งที่เชื่อมต่อระหว่างบัส i และบัส j	13
3.2-1	องค์ประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	17
3.2-2	เครื่องจักรกลแบบซิงโครนิส 2 ขั้ว, 3 เฟส, Wye Connected, Salient Pole	18
3.2-3	การแปลงค่าสำหรับวงจรสเตเตอร์โดยแสดงในรูปความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติ ..	21
3.2-4	วงจรสมมูลของเครื่องจักรกลซิงโครนิส 3 เฟส โดยแกนอ้างอิงอยู่บน แกนโรเตอร์	27
3.2-5	แสดงระบบอิเล็กทรอนิกส์ IEEE Type 2-Rotation Rectifier System ..	33
3.2-6	กราฟแสดงความอ้อมตัวของอิเล็กทรอนิกส์	34
3.2-7	ระบบโถงเวอเนอร์ของกึ่งทันทักซ์	36
3.3-1	เครื่องจักรกลเหนี่ยวนำสมมาตร 2 ขั้ว, 3 เฟส, Wye Connected	38
3.3-2	วงจรสมมูลของเครื่องจักรกลเหนี่ยวนำ 3 เฟส บนแกนอ้างอิงใด ๆ	42
4.2-1	แสดงขั้นตอนการคำนวณในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	48
4.2-2	แสดงขั้นตอนการคำนวณในส่วนของอิเล็กทรอนิกส์	49
4.2-3	แสดงขั้นตอนการคำนวณในส่วนของโถงเวอเนอร์	51
4.3-1	แสดงขั้นตอนการคำนวณในส่วนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	57
4.5-1	การเชื่อมต่อแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	67
5.1-1	ระบบตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	69
5.2-1	ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม	73
5.3-1	แสดงผลของการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2250 Hp ขึ้นที่บัส 2 ในระบบโคเซ็นเนอร์ขึ้น	79

5.4-1	แสดงการสตัดาร์ตมอเตอร์เหนืยวนำกับบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าคงที่	80
5.4-2	แสดงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของมอเตอร์ เนื่องจากการสตัดาร์ตมอเตอร์เหนืยวนำ	81
5.5-1	แสดงผลของเอ็กไซเตอร์และโถวเอนอร์ต่อเสถียรภาพของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	85
5.6-1	แสดงผลของการสตัดาร์ตมอเตอร์เหนืยวนำขนาดต่าง ๆ	88
5.6-2	แสดงเสถียรภาพของระบบเนื่องจากการสตัดาร์ตมอเตอร์เหนืยวนำขนาด 2250 Hp หลาย ๆ ตัวพร้อมกัน	94
5.7-1	เสถียรภาพของระบบในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ โถลคในระบบโคเซนเนอเรชันมีค่าเท่ากัน	97
5.7-2	เสถียรภาพของระบบในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ โถลคในระบบโคเซนเนอเรชันมีค่าต่างกัน	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1-1 ข้อมูลของเครื่องจักรกลเชิงโรตารีที่ใช้ในการวิเคราะห์	70
5.1-2 ข้อมูลของอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	70
5.1-3 ข้อมูลของโกลเวเนออร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	71
5.1-4 ข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการวิเคราะห์	71
5.3-1 ข้อมูลของเครื่องจักรกลเชิงโรตารีที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบตัวอย่าง	77
5.3-2 ข้อมูลของอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบตัวอย่าง	77
5.3-3 ข้อมูลของโกลเวเนออร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบตัวอย่าง	77
5.3-4 ข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบตัวอย่าง	78
5.4-1 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงเนื่องจากการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำ	83
5.5-1 ผลของส่วนควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	84
5.6-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในระบบ เนื่องจากการสคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดต่าง ๆ	92
5.6-2 ข้อมูลของอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	93
5.7-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เนื่องจากการ สคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ โหลดในระบบโคเซนเนอเรชันมีค่าเท่ากัน	96
5.7-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เนื่องจากการ สคาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำ ในกรณีที่กำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ โหลดในระบบโคเซนเนอเรชันมีค่าต่างกัน	104
5.8-3 การเปรียบเทียบภาวะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	105