สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

INDUCTION GENERATOR TEST

โดย

นายพันรบ ชินบุตร

นายลี ปักเกโส

นายวิทยา กล่อมศรี

นายสมาน ศรีสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พิชิต ลำยอง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36990
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ผู้จัดทำ

1. นายพันรบ ชินบุตร
2. นายลี ปักเกโส
3. นายวิทยา กล่อมศรี
4. นายสมาน ศรีสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.พิชิต ลำยอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

นายพันรบ ชินบุตร
นายลี ปักเกโส
นายวิทยา กล่อมศรี
นายสมาน ศรีสวัสดิ์
ผศ.พิชิต ลำยอง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำในทั้งสองสภาวะคือ สภาวะเป็นมอเตอร์และ สภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์หาวงจรสมมูลที่เหมาะสมของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยใช้วิธีการทดสอบวิธีโวลต์แอมป์, การทดสอบแบบยึดโรเตอร์และการทดสอบไร้ภาระ หลังจากนั้นเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ (กระแส, ตัวประกอบกำลัง, กำลังงาน และ แรงบิด) ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์กับสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ค่าสลิปขนาดเดียวกันหลาย ๆ ค่า นอกจากนั้นโครงงานนี้ยังได้ออกแบบสร้างชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบป้อนกลับ(back-to-back) เพื่อทดสอบขับภาระที่พิกัดของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDUCTION GENERATOR TEST

Phanrob Chinabut
Lee Pugkeso
Wittaya Klomsee
Saman Srisawat
Ast.Prof.Pichit Lumyong Advisor
1999

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study about performance of induction machines in two mode both motor and generator, to investigate the suitable equivalent circuit of induction machines by V-I method, blocked-rotor test and no-load test, then compare the characteristics (current, power factor, power and torque) of induction machines between motor mode and generator mode at various values of same magnitude of slip. Besides, this project design and made the back-to-back induction generator test set for take load at machine rated continuously.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	3
2.1 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	3
2.2 การไหลของกำลังงานในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	5
2.3 ประสิทธิภาพ	6
2.4 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	7
2.5 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	8
2.6 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	9
2.7 การประยุกต์ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	10
บทที่ 3 การทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	11
3.1อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	12
3.2 วงจรที่ใช้ในการทดลอง	13
3.3 วิธีการทดลอง	14
3.4 ผลการทดลอง	15
บทที่ 4 การหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	27
4.1 การทดสอบยึดโรเตอร์	27
4.2 การทดสอบสภาวะไร้ภาระ	28
4.3 ผลการทดสอบต่างๆเพื่อหาวงจรสมมูลเครื่องจักรไฟฟ้า	30
4.4 วิเคราะห์หาวงจรสมมูลที่ได้	36
บทที่ 5 การออกแบบและสร้างชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	55
5.1 กรรมวิธีในการติดตั้งสายพานส่งกำลัง	55
5.2 การหาขนาดมู่เล่ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	57
5.3 ตัวอย่างการออกแบบและสร้างชุดทดสอบ	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการทดลองของชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแหนี่ยวนำแต่ละชุด 62
บทที่ 6 สรุปผลและวิจารณ์ 65
ภาคผนวก
กิตติกรรมประกาศ
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูป 2.1 รูปเส้นกราฟแสดงคุณลักษณะ แรงบิด-ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	3
รูป 2.2 รูปแสดงการไหลของกำลังงานจริงและกำลังงานรีแอคทีฟในสภาวะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	5
รูป 2.3 แสดงการไหลของกำลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	6
รูป 2.4 แสดงกราฟของประสิทธิภาพ,ตัวประกอบกำลังและกำลังงานเปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	8
รูป 2.5 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	8
รูป 2.6 แสดงเฟสเซอร์ของวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	9
รูป 3.1 แสดงแท่นที่ในการทดสอบการทำงานเป็นมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	11
รูป 3.2 วงจรการทดลอง	12
รูป 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 ที่ค่าสลิปเดียวกัน	21
รูป 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 ที่ค่าสลิปเดียวกัน	22
รูป 3.5 กราฟแสดงค่าแรงบิดที่ออกจากโรเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่าสภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 ที่ค่าสลิปเดียวกัน	23
รูป 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 ที่ค่าสลิปเดียวกัน	24
รูป 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 ที่ค่าสลิปเดียวกัน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.8 กราฟแสดงค่าแรงบิดที่ออกจากโรเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะต่อน เป็นมอเตอร์กับสภาวะต่อนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 ที่ค่าสลิปเดียวกัน 26
รูป 4.1 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟส ของการทดสอบยึดโรเตอร์ 27
รูป 4.2 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟส ของการทดสอบสภาวะไร้ภาระ 29
รูป 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1 38
รูป 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1 39
รูป 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2 41
รูป 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2 42
รูป 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1 44
รูป 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1 45
รูป 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 2 47
รูป 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 2 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่าง กระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 50
รูป 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 51
รูป 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่าง กระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 53
รูป 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 54
รูป 5.1 ลักษณะการติดตั้งมู่เล่และสายพาน 55
รูป 5.2 การทดลองบนแท่นปรับความเร็วรอบได้ 58
รูป 5.4 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 1 แรงม้าที่เสร็จสมบูรณ์ 60
รูป 5.5 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 3 แรงม้าที่เสร็จสมบูรณ์ 60
รูป 5.6 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 5 แรงม้าที่เสร็จสมบูรณ์ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

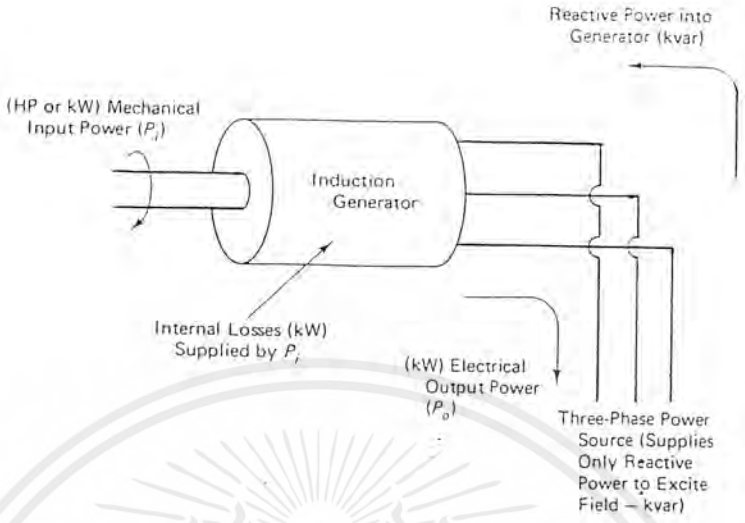
	หน้า
ตาราง 3.1 ผลการทดลองบนแท่นปรับความเร็ว	15
ตาราง 4.1 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่าง X_1 กับ X_2ตามชนิดของเครื่องจักรไฟฟ้าแต่ละชนิด	28
ตาราง 4.2 ผลการทดลอง V-I Method	30
ตาราง 4.3 ผลการทดลองการทดสอบไร้ภาระ	31
ตาราง 4.4 ผลการทดลองการทดสอบยึดโรเตอร์	34
ตาราง 4.5 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูลของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1	37
ตาราง 4.6 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูลของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2	40
ตาราง 4.7 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูลของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1	43
ตาราง 4.8 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูลของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 2	46
ตาราง 4.9 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูลของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1	49
ตาราง 4.10 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูลของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2	52
ตาราง 5.1 แสดงค่าเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของมู่เล่สายพานตัววี (ด้านมอเตอร์) และรายละเอียดสมบัติสายพานตัววี	56
ตาราง 5.2 ผลการทดลองชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตและขั้นตอนการศึกษาการดำเนินงานของโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีการทำงานของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งในสภาวะเป็นมอเตอร์และในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. ทำการทดสอบเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยวิธีโวลต์แอมป์, การทดสอบยึดโรเตอร์ และการทดสอบแบบไร้ภาระ เพื่อหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
3. ทำการทดลองให้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขับภาระ ทั้งในสภาวะเป็นมอเตอร์และในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แล้วบันทึกผล
4. เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ทั้งในสภาวะเป็นมอเตอร์และในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยการแทนค่าสลิปลงในวงจรสมมูลที่ได้ในขั้นตอนที่ 2
5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์กับสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
6. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ให้สามารถขับภาระได้ที่พิกัดของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

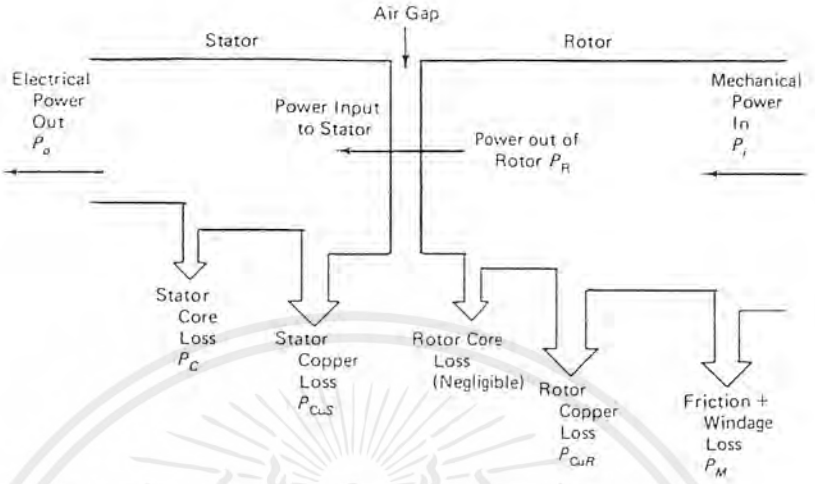


รูปที่ 2.2 รูปแสดงทิศทางการไหลของกำลังงานจริง และกำลังงานรีแอคทีฟ ในสภาวะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.2 การไหลของกำลังงานในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในการไหลของกำลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 แต่ในรูปนี้จะใช้ไม่ได้กับค่าสลิปที่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่ใกล้กับความเร็วซิงโครนัส) เนื่องจากในสภาวะนี้เมื่อการทำงานที่เป็นมอเตอร์หยุดลง และการทำงานที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มต้นขึ้น จะมีกำลังงานที่จ่ายทั้งสองด้านของไดอะแกรม ค่าความสูญเสียภายในอาจจะถูกจ่ายโดยกำลังงานอินพุททางกลบางส่วน และส่วนที่เหลือจะถูกจ่ายโดยกำลังงานอินพุททางไฟฟ้า จุดแสดงให้ทราบว่าได้เปลี่ยนจากการทำงานจากมอเตอร์ไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดูได้จากการไหลของกำลังงานที่ขั้วสเตเตอร์ ถ้าเครื่องวัด วัตต์มิเตอร์แสดงค่าเป็นศูนย์ ณ จุดนั้นจะเป็นจุดสิ้นสุดการทำงานเป็นมอเตอร์และเริ่มการทำงานสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการไหลของกำลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.3 ประสิทธิภาพ (Efficiency)

ประสิทธิภาพสามารถหาได้จากวิธีการเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่น ๆ ค่ากำลังงานอินพุท จะได้มาจากค่ารวมของ ความสูญเสียภายในและค่ากำลังงานเอาท์พุท

ค่าความสูญเสียทางกลและจากขดลวดได้จากการทดสอบมอเตอร์ จากสภาวะไร้โหลด ซึ่งจะมีค่าเหมือนกันกับของมอเตอร์

ความสูญเสียของขดลวดที่สเตเตอร์ (Pcus) ได้จากการคำนวณ ของกระแส และค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ หาได้โดย

$$P_{CuS} = I_S^2 R_S \quad (2.1)$$

R_S ความต้านทานของขดลวด สเตเตอร์

ความสูญเสียเนื่องจากโรเตอร์ (P_{CuR}) ได้จากการคำนวณ

$$P_{CuR} = sP_R \quad (2.2)$$

P_R กำลังงานที่ออกจากโรเตอร์ (Power out of rotor)

$$P_R = P_O + P_C + P_{CuS} \quad (2.3)$$

เมื่อ
$$P_O = V_L I_L \cos\theta \quad (2.4)$$

P_C ความสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็ก (Stator core loss)

$\cos\theta$ เป็น ตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังทางอินพุทจึงมีค่า

$$P_i = P_O + P_{CuS} + P_{CuR} + P_M \quad (2.5)$$

P_M ความสูญเสียเนื่องจากความฝืดและการพันขดลวด (Friction and winding loss)

$$\% \text{ efficiency} = \frac{P_O}{P_i} \times 100 \quad (2.6)$$

$$P_O = P_i - \text{losses}$$

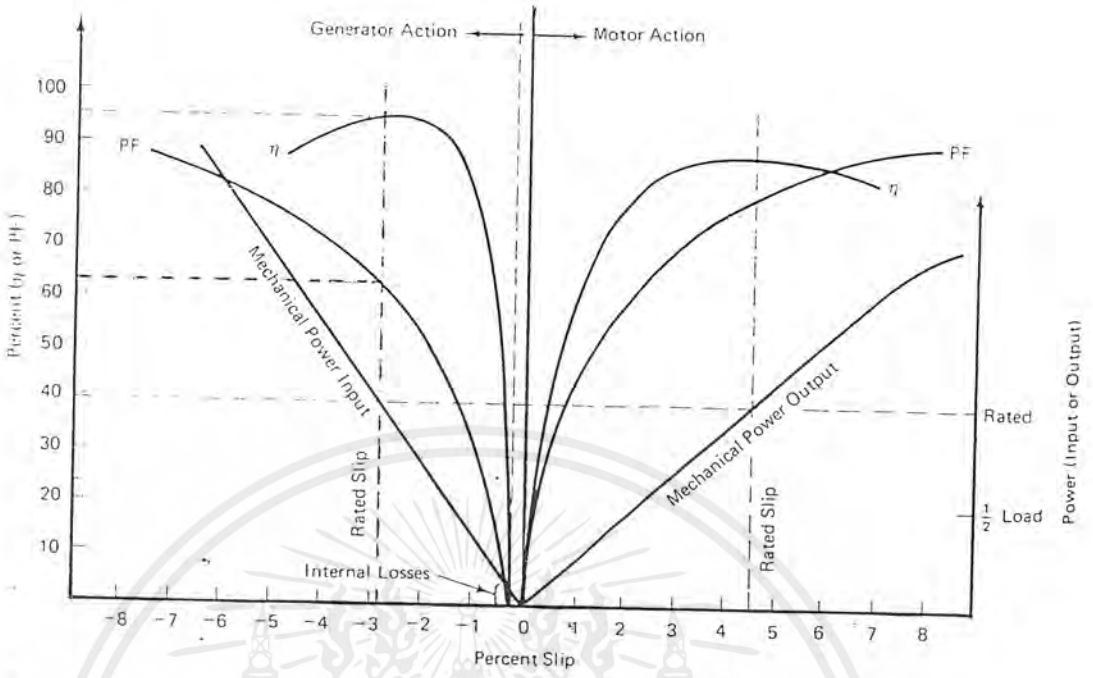
$$\% \text{ efficiency} = \frac{P_i - \text{losses}}{P_i} \times 100 \quad (2.7)$$

2.4 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Typical Characteristics)

ลักษณะทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะเหมือนกับมอเตอร์ จะมีส่วนที่แตกต่างกันน้อยมาก จากรูปที่ 2.4 เป็นกราฟแสดงค่า ตัวประกอบกำลัง, ประสิทธิภาพ และกำลังงานทางกลสัมพันธ์กับเปอร์เซนต์สลิป ในรูปนี้แสดงทั้งค่าสลิปเป็นบวก และลบ เพื่อเปรียบเทียบการเป็นมอเตอร์ กับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เห็นการเปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะที่ทำงานเป็นมอเตอร์ และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

คุณลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏในกราฟค่อนข้างจะสมมาตร เส้นประจะแสดงจุดเปลี่ยนสภาวะจากมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้ามีการเพิ่มความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีก จะเป็นการเริ่มผลิตกำลังงานไฟฟ้าออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกลับสู่ระบบไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าในขณะนี้จะทำหน้าที่เพียงจ่ายกระแสแมกนีไตซ์ (Magnetizing component) เมื่อกำลังงานถึงพิกัดค่าสลิปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีค่าน้อยกว่ามอเตอร์ ซึ่งค่าสลิปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีค่าประมาณ –3 ถึง – 5 %

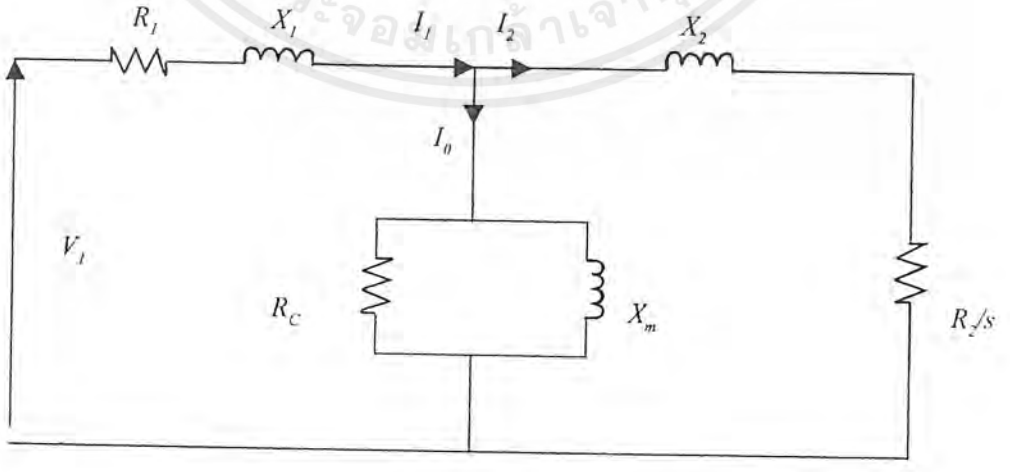
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงกราฟของ ประสิทธิภาพ , ตัวประกอบกำลัง , และ กำลังงาน เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์และสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.5 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (General Equivalent Circuit)

วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเหมือนกับของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะแตกต่างกันเพียงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีค่าสลิปเป็นลบ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

ความต้านทานของ โรเตอร์ $- R_2/s$

กำลังงานที่ผ่าน ช่องอากาศ $P_g = -I_2^2 R_2/s$ (2.8)

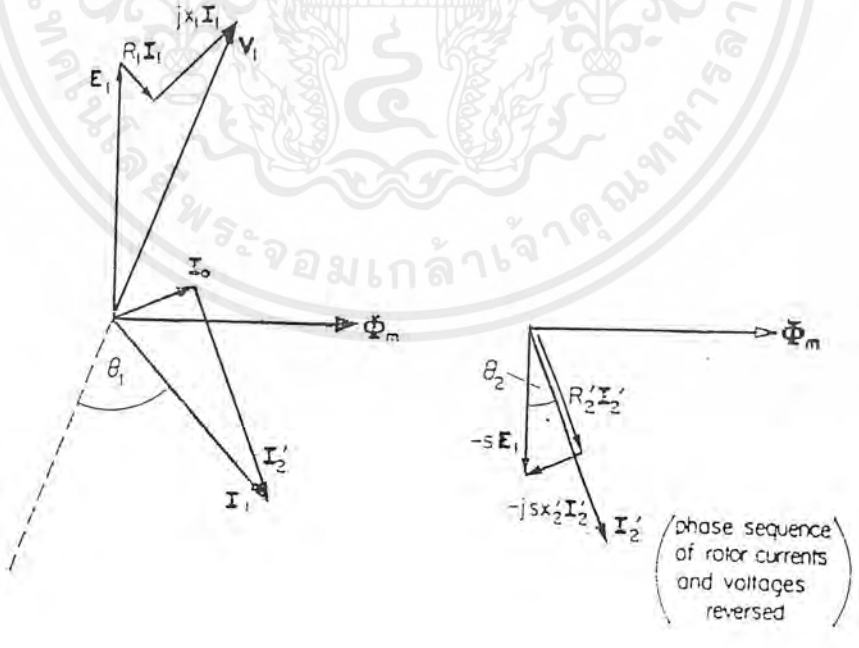
กำลังงานทางกล $P_M = P_g - I_2^2 R_2$

$= -(1+s) I_2^2 R_2/s$ (2.9)

$T_e = 3P_M/\omega_{rotor}$ หรือ $T_e = 3P_g/\omega_S$ (2.10)

2.6 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (General Phasor Diagram)

จะมีโครงสร้างคล้าย ๆ กับ ภาวะที่ทำงานเป็นมอเตอร์ใช้สมการเดียวกัน ต่างกันตรงที่ ค่าสลิป จะเป็นลบ ซึ่งไปมีผลต่อโวลต์และกระแสที่เกี่ยวข้องดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงเฟสเซอร์ของวงจรสมมูล ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การประยุกต์ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในอดีตการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีอยู่อย่างจำกัด รถไฟบางชนิดมีการใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ เป็นแหล่งกำลังงาน เมื่อรถไฟวิ่งลงเขา จะทำให้ความเร็วมีค่าเพิ่มมากขึ้น (สลิปจะมีค่าเป็นลบ) เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากจะส่งกำลังงานเข้าสู่รถไฟแล้วยังเป็นการทำงานแบบไดนามิคเบรคอีกด้วย

ในปัจจุบัน ได้มีการสนใจเกี่ยวกับแหล่งพลังงานอื่น ๆ เพิ่มขึ้น ผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานลมมาขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะพบว่าระบบการผลิตกำลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมจึงเป็นระบบที่ไม่ยุ่งยากและมีราคาต่ำ ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตไฟฟ้าในท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

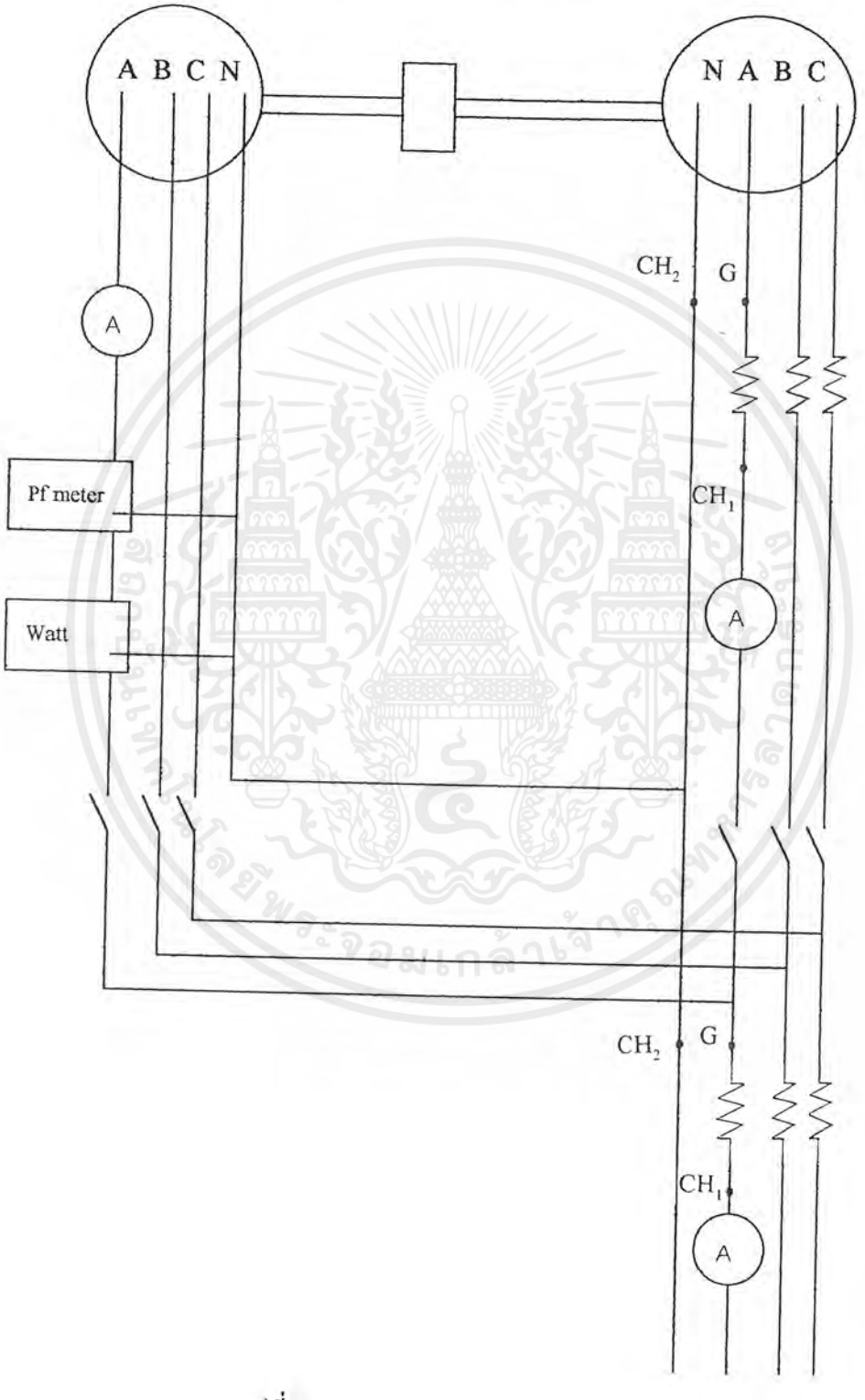
AC Amp meter	3	ตัว
Digital VOM	1	ตัว
Variac 1 ϕ 15 A	3	ตัว
Tacho Meter	1	ตัว
Watt Meter	1	ตัว
Power Factor Meter	1	ตัว
Oscilloscope	2	ตัว
แผง R 0.1 Ω	4	แผง
สายไฟ	40	เส้น
Junction Box	4	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องจักรที่ต้องการทดสอบ

เครื่องจักร 5 แรงม้าที่ติดตั้งกับตัวปรับความเร็ว



รูปที่ 3.2 วงจรการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้องการทดสอบไว้บนแท่นปรับความเร็ว ดังรูปที่ 3.1
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์
3. ทำการเดินเครื่องจักรไฟฟ้าตัว 5 แรงม้า(บนแท่นปรับความเร็ว) แล้วดูทิศทางการหมุนปิดสวิตช์ให้เครื่องจักรไฟฟ้าหยุดทำงาน
4. ทำการเดินเครื่องจักรไฟฟ้าตัวที่ต้องการทดสอบ ดูทิศทางการหมุนทิศทางเดียวกันกับตัว 5 แรงม้า(บนแท่นปรับความเร็ว) หรือไม่ ถ้าไม่หมุนทางเดียวกันก็สลับขั้วสายให้กลับทิศทางการหมุน
5. เดินเครื่องจักรไฟฟ้าทีละตัวเข้าด้วยกันและทำการปรับตัวปรับความเร็ว ให้เครื่องจักรไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบทำงานเป็นมอเตอร์ที่พิกัดกระแส บันทึกผลการทดลองและปรับความเร็วจนเครื่องจักรไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่พิกัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองบนแท่นปรับความเร็ว

ผลการทดลอง Induction Motor 1 แรงม้า Number 1 ขับ Induction Generator 5 แรงม้า (บนแท่นปรับความเร็ว)

Speed Motor	Speed Generator	I_s (A)	I_M (A)	I_G (A)	มุม I lag V ของ Supply(องศา)	มุม I lag V ของ Motor(องศา)	มุม I lag V ของ Gen.(องศา)	Power Supply (Watt)	Power Motor (Watt)	Power Generator (Watt)
1396	1507	4.30	2.00	3.10	71.28	29.54	3.00	303.61	375	-8.57
1410	1506	4.25	1.81	3.05	72.00	32.86	90.36	288.93	325	-4.22
1422	1505	4.15	1.62	3.00	72.72	35.90	86.40	271.20	280	41.44
1434	1502	4.15	1.45	3.00	73.44	38.74	82.80	260.22	245	82.72
1447	1501	4.10	1.35	2.97	73.80	43.95	79.20	251.65	205	122.00
1458	1500	4.10	1.25	2.97	74.52	47.16	76.32	237.81	165	154.53
1474	1499	4.05	1.12	2.97	75.60	55.25	74.88	221.58	120	170.00
1486	1497	4.05	1.06	3.00	74.52	63.26	73.80	238.98	80	184.13
1496	1497	4.07	1.03	3.10	72.72	70.12	70.20	271.20	40	231.02
1500	1496	4.15	1.03	3.13	72.36	73.14	68.40	278.01	35	253.49
1505	1493	4.17	1.04	3.15	72.00	79.63	66.60	283.49	10	275.22
1517	1492	4.20	1.07	3.20	71.28	95.74	64.80	295.68	-15	302.72

ผลการทดลอง Induction Motor 5 แรงม้า (บนแท่นปรับความเร็ว) ขับ Induction Generator 1 แรงม้า Number 1

Speed Motor	Speed Generator	I_s (A)	I_M (A)	I_G (A)	มุม I lag V ของ Supply(องศา)	มุม I lag V ของ Motor(องศา)	มุม I lag V ของ Gen.(องศา)	Power Supply (Watt)	Power Motor (Watt)	Power Generator (Watt)
1477	1600	4.92	4.25	2.00	64.08	39.60	132.07	476.26	719.95	-255.00
1479	1586	4.80	4.00	1.82	64.44	46.80	128.32	454.08	598.40	-215.00
1482	1573	4.65	3.80	1.65	64.80	50.40	124.75	439.89	535.04	-175.00
1484	1559	4.50	3.65	1.48	48.87	54.00	120.00	415.80	473.77	-140.00
1486	1545	4.45	3.50	1.32	65.16	57.60	113.58	411.18	415.80	-95.00
1488	1534	4.40	3.40	1.21	65.52	59.40	106.26	396.88	381.48	-60.00
1491	1525	4.30	3.30	1.12	66.60	61.20	98.63	378.40	348.48	-30.00
1492	1517	4.20	3.20	1.07	71.28	64.80	95.74	295.68	337.92	-15.00
1493	1505	4.17	3.15	1.04	72.00	66.60	79.63	284.39	277.20	10.00
1496	1500	4.15	3.13	1.03	72.36	68.40	73.14	273.90	254.78	35.00
1497	1496	4.07	3.10	1.03	72.72	70.20	70.12	268.62	231.88	40.00

ผลการทดลอง Induction Motor 3 แรงม้า Number 1 ขับ Induction Generator 5 แรงม้า (บนแท่นปรับความเร็ว)

Speed Motor	Speed Generator	I_s (A)	I_M (A)	I_G (A)	มุม I lag V ของ Supply(องศา)	มุม I lag V ของ Motor(องศา)	มุม I lag V ของ Gen.(องศา)	Power Supply (Watt)	Power Motor (Watt)	Power Generator (Watt)
1419	1524	6.4	5	4	65.52	29.54	115.2	577.28	945	-378.4
1424	1523	5.9	4.62	3.7	68.4	30.68	111.6	480.26	860	-301.18
1435	1521	5.8	4.2	3.55	69.12	32.86	104.4	459.36	770	-195.25
1445	1517	5.75	3.85	3.4	70.2	34.92	100.8	430.1	665	-142.12
1455	1514	5.65	3.53	3.2	71.28	38.74	97.2	397.76	575	-91.52
1465	1511	5.6	3.25	3.05	72	42.27	93.6	381.92	490	-241.56
1475	1508	5.52	2.95	3	72	47.93	86.4	376.464	390	39.6
1483	1504	5.5	2.75	3	72.72	55.25	79	363	295	125.4
1492	1501	5.5	2.55	3	72.72	63.89	75.6	363	205	151.8
1496	1500	5.6	2.53	3	72	67.67	68.4	381.92	150	244.2
1498	1497	5.6	2.5	3	72	72.54	66.6	381.92	115	264
1500	1492	5.65	2.52	3.15	72	77.87	64.8	385.33	70	297.99
1507	1491	5.68	2.53	3.27	71.28	83.69	61.2	399.872	10	345.312
1510	1489	5.7	2.55	3.3	71.28	95.74	59.4	401.28	-20	370.26

36990

ผลการทดลอง Induction Motor 5 แรงม้า (บนแท่นปรับความเร็ว) ขับ Induction Generator 3 แรงม้า Number 1

Speed Motor	Speed Generator	I_s (A)	I_M (A)	I_G (A)	มุม I lag V ของ Supply(องศา)	มุม I lag V ของ Motor(องศา)	มุม I lag V ของ Gen.(องศา)	Power Supply (Watt)	Power Motor (Watt)	Power Generator (Watt)
1448	1572	7.60	6.80	5.00	63.00	23.40	131.30	752.40	1376.32	-680.00
1452	1565	7.50	6.40	4.83	64.00	25.20	129.05	726.00	1267.20	-640.00
1456	1556	7.10	5.90	4.44	64.08	27.00	127.59	687.28	1155.22	-555.00
1462	1550	6.70	5.30	4.05	64.80	28.80	124.75	633.82	1026.08	-475.00
1469	1542	6.40	4.80	3.70	69.12	32.40	121.33	506.88	887.04	-390.00
1474	1532	6.30	4.40	3.40	70.20	39.60	116.10	471.24	745.36	-295.00
1477	1522	6.00	3.90	3.05	71.00	46.80	109.88	435.60	583.44	-205.00
1486	1516	5.80	3.50	2.75	71.28	57.60	101.54	408.32	415.80	-100.00
1489	1510	5.70	3.30	2.55	71.28	59.40	95.70	401.28	370.26	-20.00
1491	1507	5.68	3.27	2.53	71.28	61.20	83.69	399.87	345.31	10.00
1492	1500	5.65	3.15	2.52	72.00	64.80	77.88	385.33	297.99	70.00
1497	1498	5.60	3.00	2.50	72.00	66.60	72.54	381.92	264.00	115.00
1500	1496	5.60	3.00	2.53	72.00	68.40	67.67	381.92	244.20	150.00

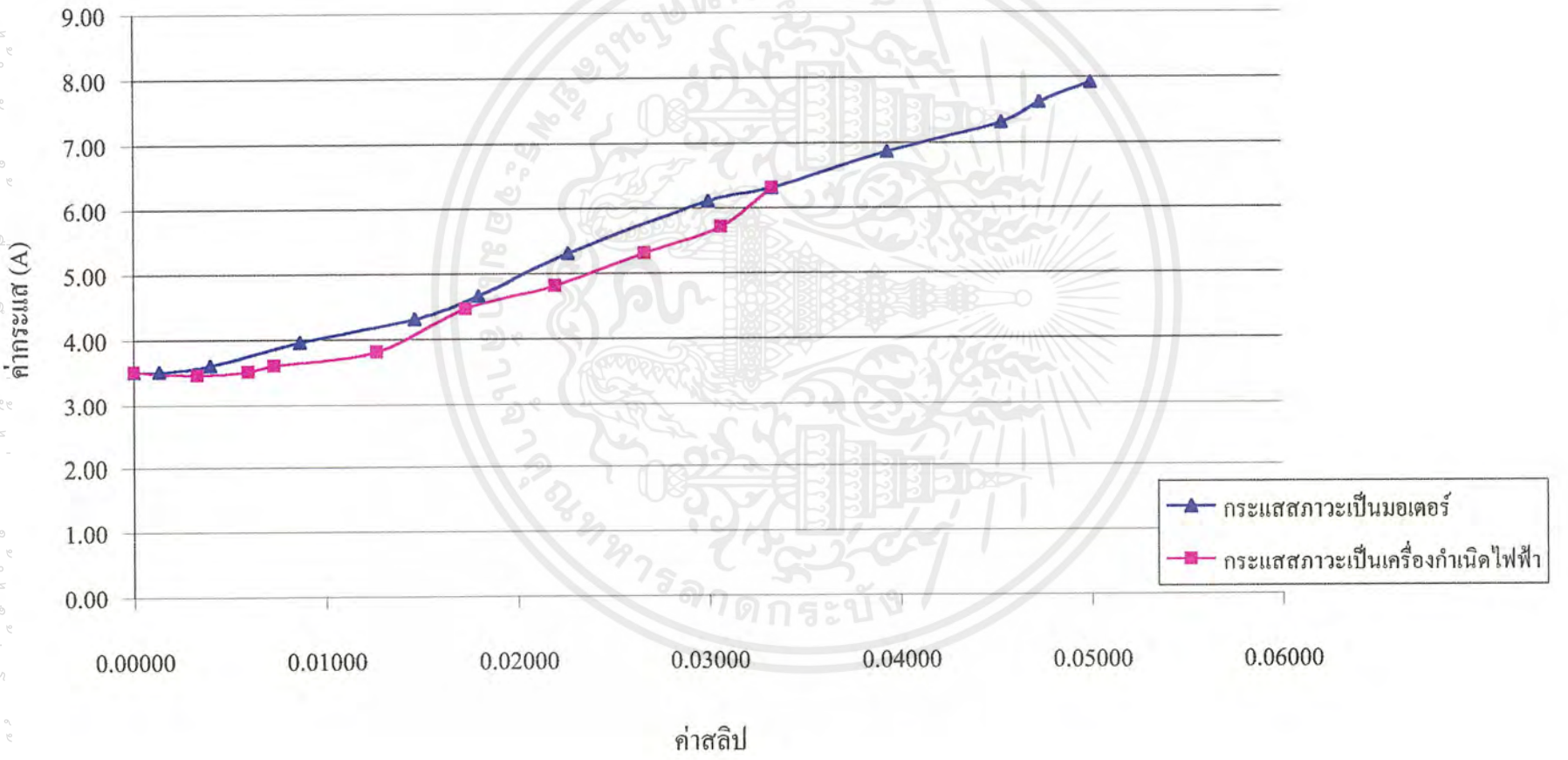
ผลการทดลอง Induction Motor 5 แรงม้า Number 1 ขับ Induction Generator 5 แรงม้า (บนแท่นปรับความเร็ว)

Speed Motor	Speed Generator	I_s (A)	I_M (A)	I_G (A)	มุม I lag V ของ Supply(องศา)	มุม I lag V ของ Motor(องศา)	มุม I lag V ของ Gen.(องศา)	Power Supply (Watt)	Power Motor (Watt)	Power Generator (Watt)
1425	1542	8	7.9	5.65	64.08	24.49	127.8	774.4	1521	-758.23
1429	1541	7.8	7.6	5.5	64.8	25.84	126	737.88	1440	-713.9
1432	1540	7.7	7.3	5.3	65.52	27.13	124.2	694.54	1369	-652.96
1441	1538	7.4	6.85	5	66.6	28.36	123.12	651.2	1266	-605
1450	1532	7.3	6.3	4.6	68.04	30.68	122.4	594.22	1183	-546.48
1455	1527	7.2	6.1	4.55	68.4	31.79	118.8	586.08	1100	-480.48
1466	1521	6.9	5.3	3.9	71.28	36.87	111.6	485.76	870	-317.46
1473	1517	6.8	4.65	3.55	72	41.41	104.4	463.76	730	-195.25
1478	1513	6.5	4.3	3.2	72.72	45.57	97.2	429	615	-91.52
1487	1509	6.4	3.95	2.95	73.8	53.13	90.2	394.24	450	-1.947
1494	1504	6.3	3.6	2.95	74.52	60.66	79.2	374.22	330	123.31
1498	1502	6.25	3.5	2.95	74.88	67.67	75.6	357.5	240	162.25
1500	1490	6.45	3.5	3.1	72.72	76.11	64.8	425.7	125	293.26
1505	1488	6.5	3.45	3.25	72	83.11	61.2	443.3	30	343.2
1509	1485	6.6	3.5	3.5	70.2	95.74	54	493.68	-70	454.3

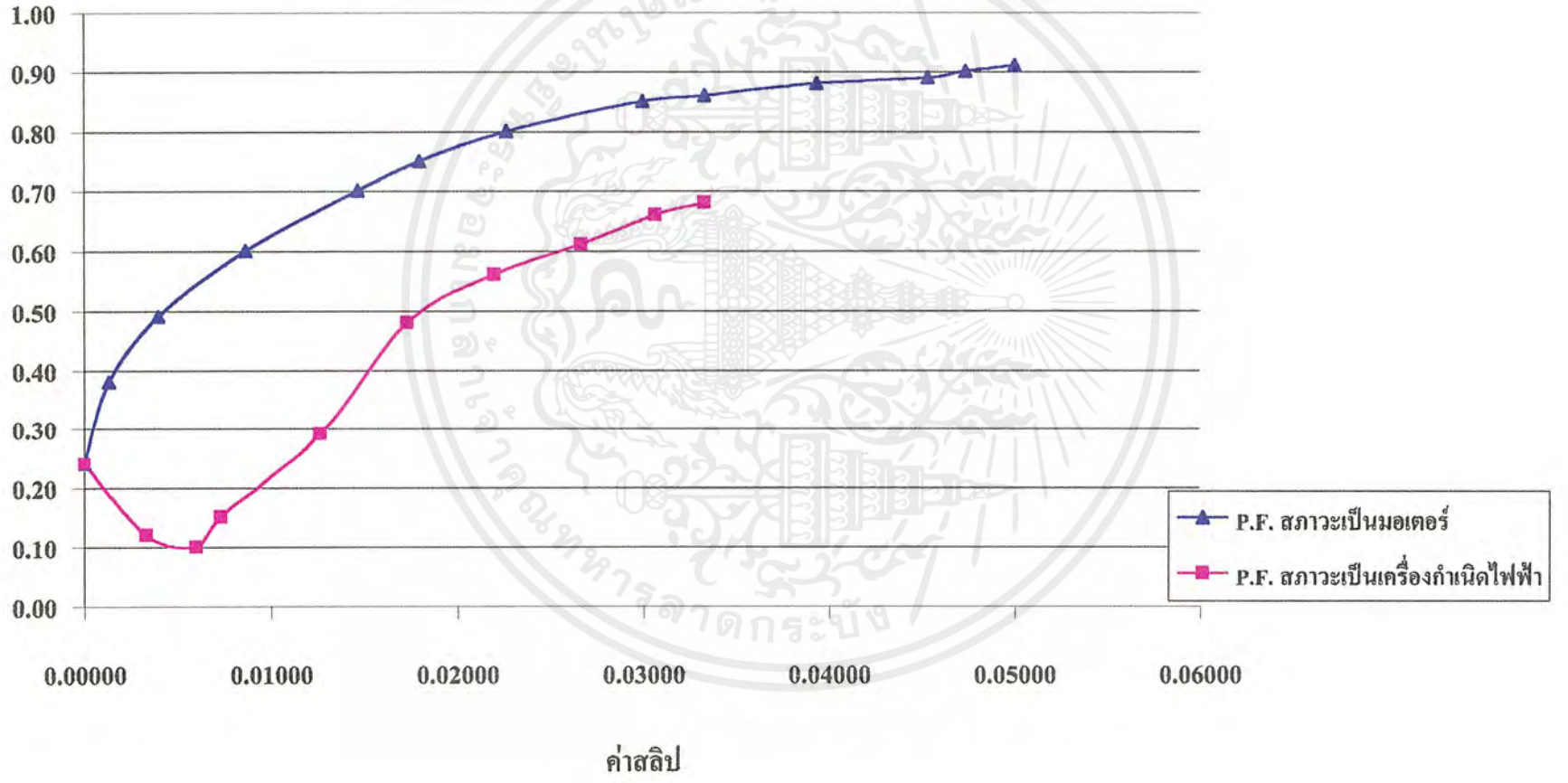
ผลการทดลอง Induction Motor 5 แรงม้า (บนแท่นปรับความเร็ว) ขับ Induction Generator 5 แรงม้า Number 1

Speed Motor	Speed Generator	I_s (A)	I_M (A)	I_G (A)	มุม I lag V ของ Supply(องศา)	มุม I lag V ของ Motor(องศา)	มุม I lag V ของ Gen.(องศา)	Power Supply (Watt)	Power Motor (Watt)	Power Generator (Watt)
1429	1550	8.7	8.35	6.3	63	21.6	132.84	861.3	1708.41	-930
1438	1546	8.3	7.6	5.7	63.72	23.4	131.3	803.44	1538.24	-840
1447	1540	8	6.9	5.3	64.44	25.2	127.59	756.8	1366.2	-720
1453	1533	7.7	6.25	4.8	64.8	28.8	124.06	728.42	1210	-610
1462	1526	7.4	5.5	4.45	65.52	32.4	118.69	667.48	1016.4	-450
1479	1519	6.8	4.2	4.8	66.6	39.6	106.86	598.4	711.48	-255
1481	1511	6.75	3.85	3.6	68.4	46.8	98.63	549.45	575.96	-120
1485	1509	6.6	3.5	3.5	70.2	54	95.74	493.68	454.3	-70
1488	1505	6.5	3.25	3.45	72	61.2	83.11	443.3	343.2	30
1490	1500	6.45	3.1	3.5	72.72	64.8	76.11	425.7	293.26	125
1502	1498	6.25	2.95	3.5	74.88	75.6	67.66	357.5	162.25	240

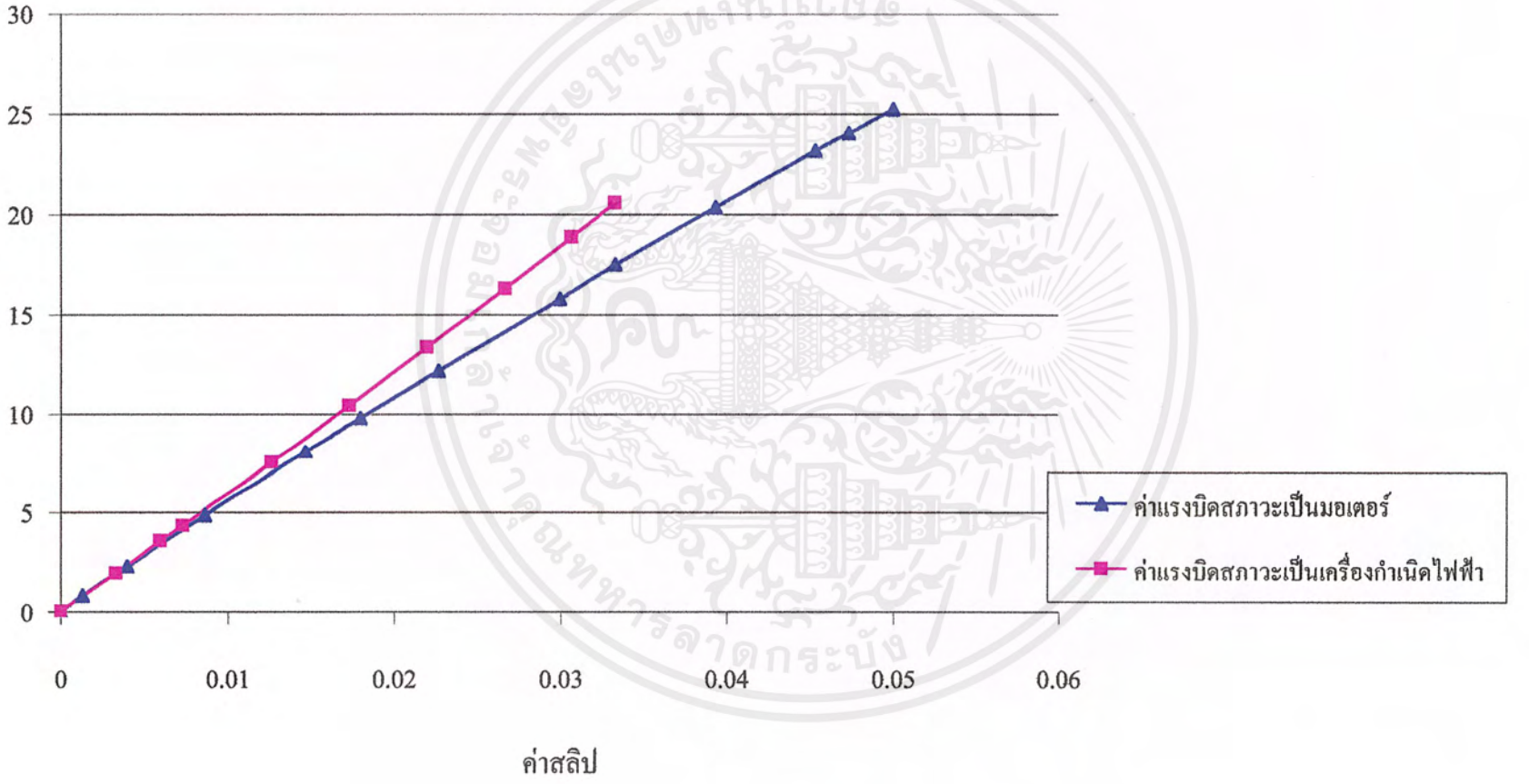
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า สลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 ที่ค่าสลิปเดียวกัน



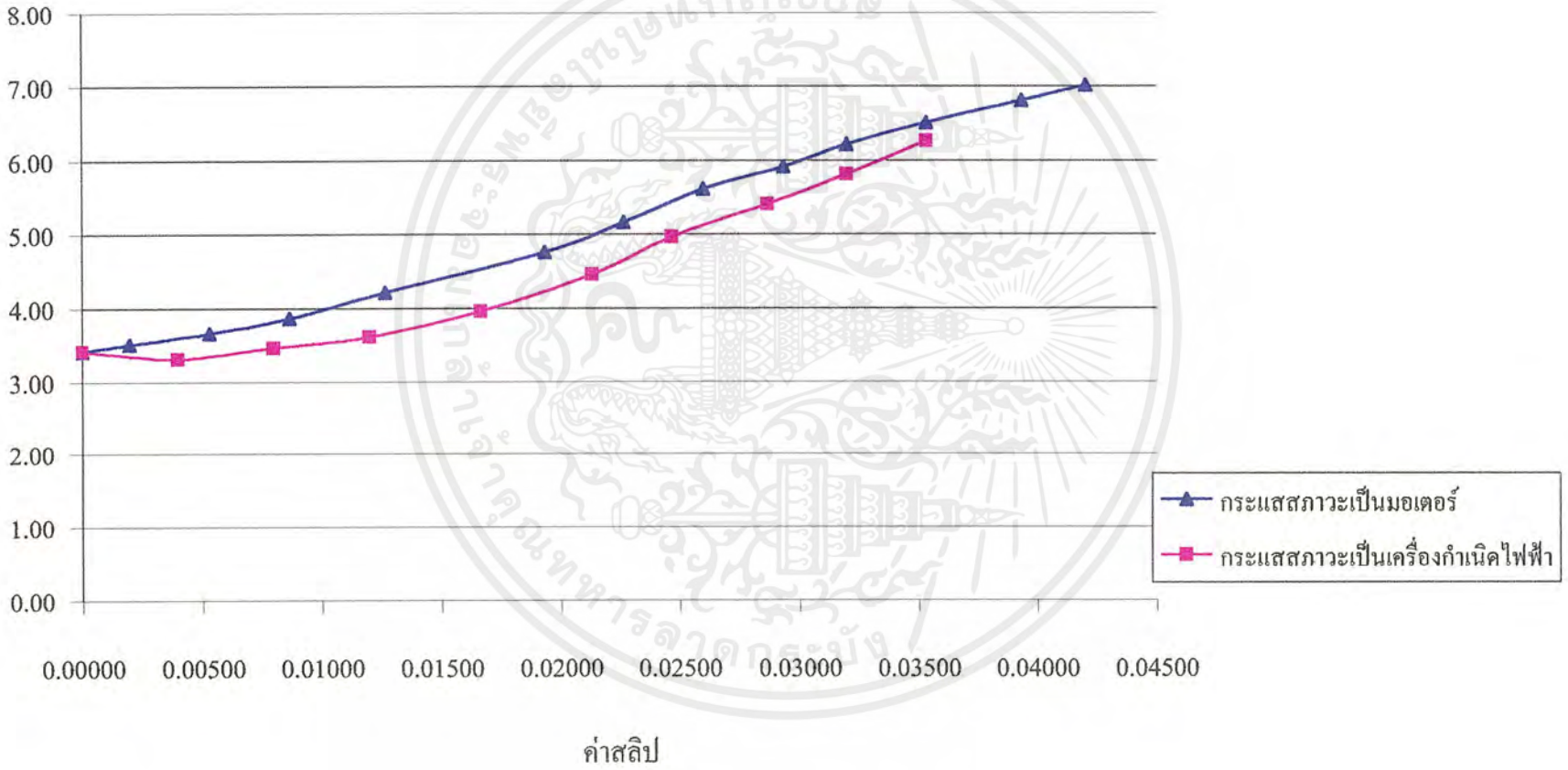
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ เทียบเทียบกันระหว่าง สภาวะตอนเป็นมอเตอร์กับสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 ที่ค่าสลิปเดียวกัน



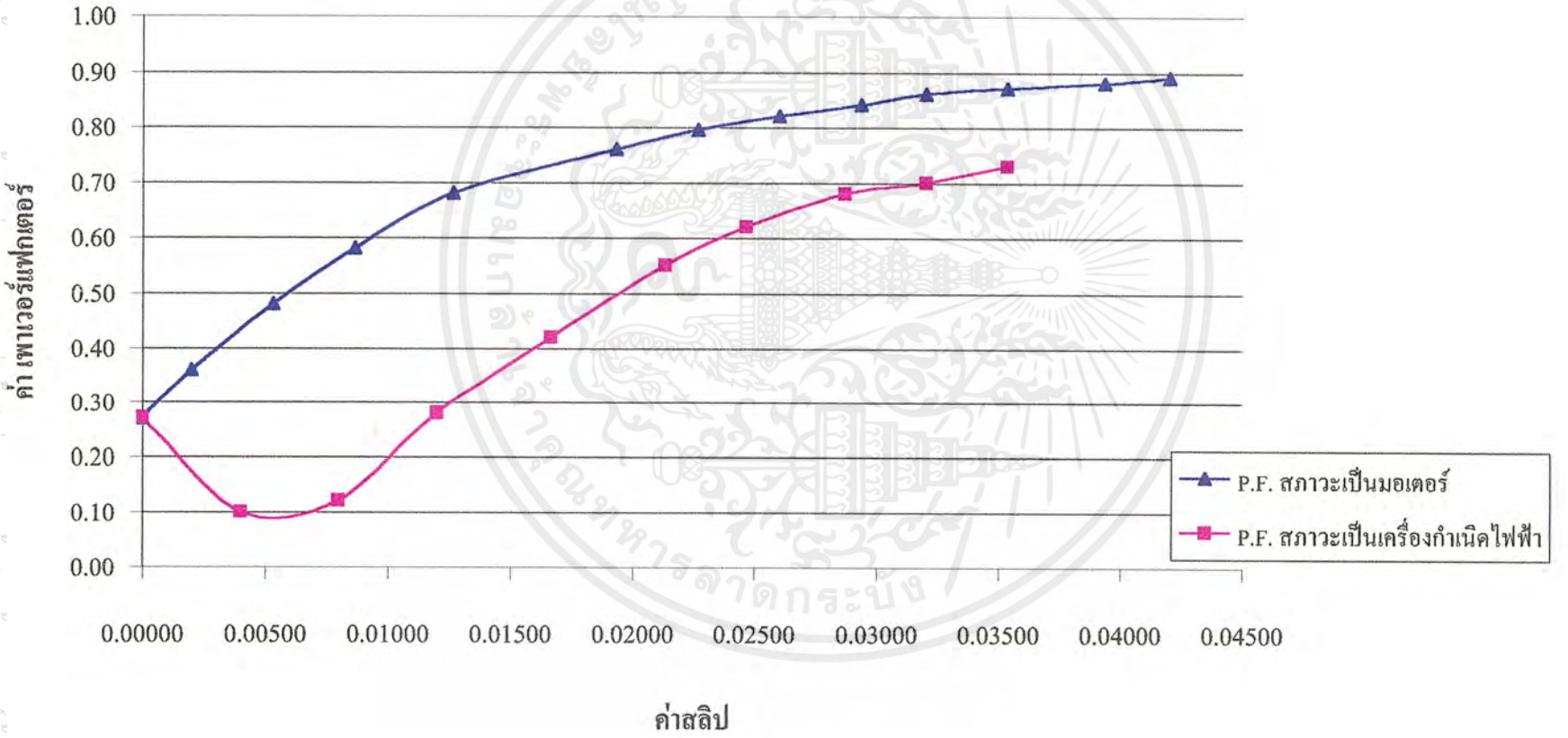
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงค่าแรงบิดที่ออกจากโรเตอร์เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์และสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 5แรงม้า Number1 ที่ค่าสลิปเดียวกัน



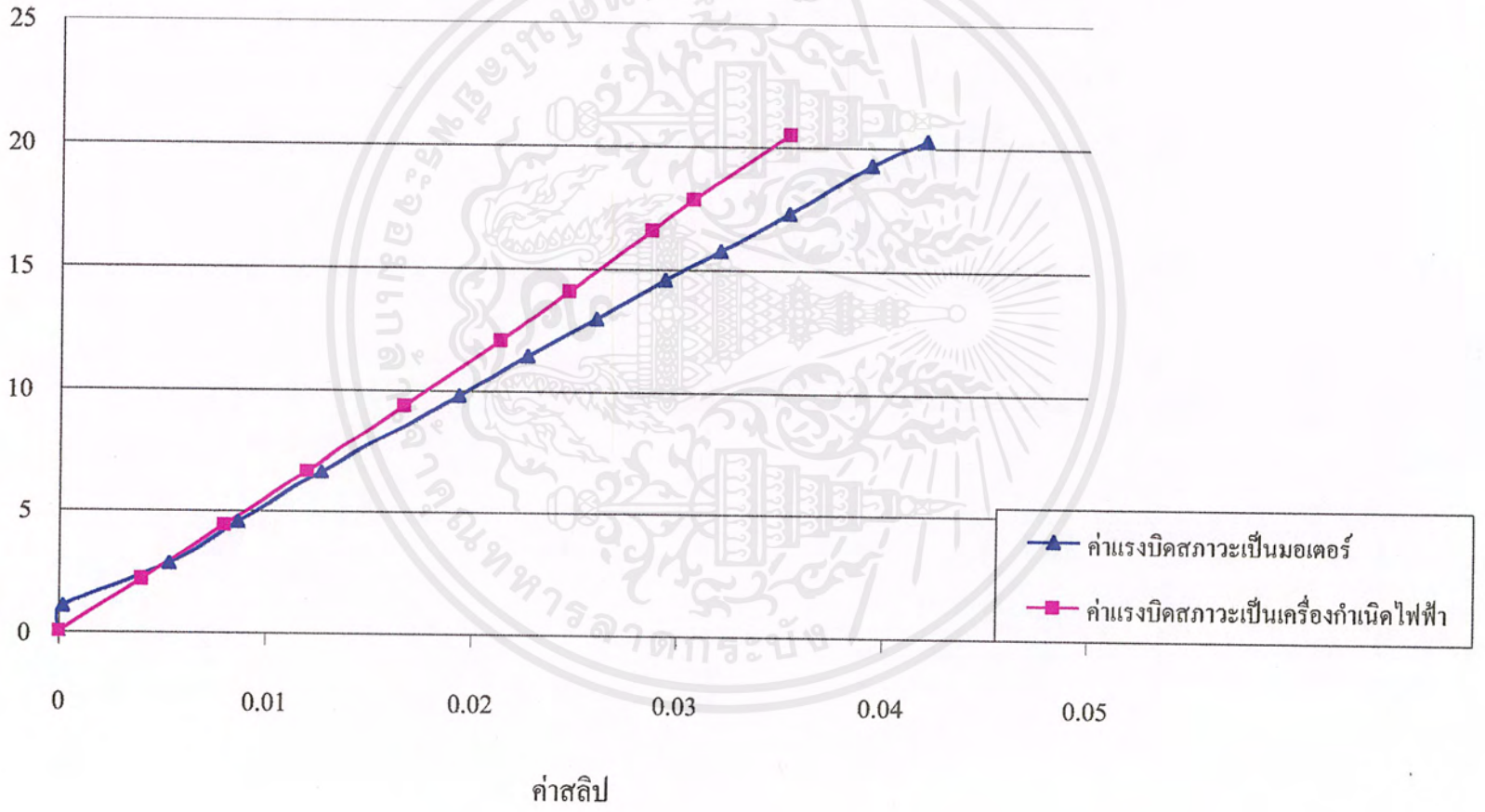
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่ากระแส เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะตอนเป็นมอเตอร์ และสภาวะตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 ที่ค่าสลิปเดียวกัน



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับ P.F. เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์กับสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 ที่ค่าสลิปเดียวกัน



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงค่าแรงบิดที่ออกจากโรเตอร์เปรียบเทียบกันระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์และสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 5แรงม้า Number 2 ที่ค่าสลิปเดียวกัน

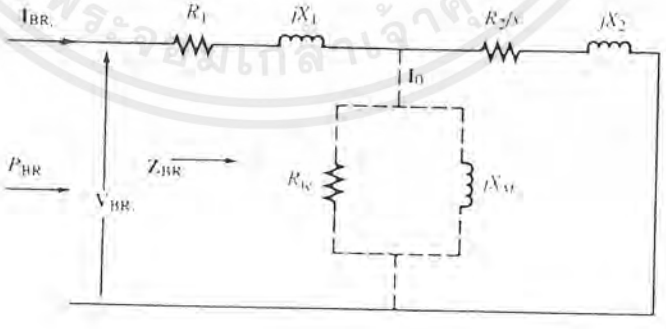


บทที่ 4
การหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในโครงงานนี้จะอ้างอิงตามมาตรฐาน IEEE โดยทำการทดลอบ 3 ส่วน คือ การใช้วิธีโวลต์แอมป์, การทดสอบยึดโรเตอร์ และ การทดสอบไร้ภาระ

4.1 การทดสอบยึดโรเตอร์

การทำการทดสอบยึดโรเตอร์ เพื่อหาค่า X_1 และ X_2 และเมื่อนำข้อมูลที่ได้รวมกับข้อมูลจากการทดสอบโดยวิธีโวลต์แอมป์ หาความต้านทานที่สเตเตอร์ จะสามารถหาค่าความต้านทานที่โรเตอร์ (R_2) ได้ การทดสอบทำได้การจับยึดโรเตอร์เอาไว้ไม่ให้หมุนได้และทำการวัดค่า กระแสในสาย แรงดันในสายและ กำลังงานที่เข้าทางด้านสเตเตอร์ ในโครงงานนี้เราใช้การต่อแบบสตาร์ เพราะฉะนั้นทำการวัด กระแสแต่ละเฟส แรงดันแต่ละเฟส และกำลังงานที่เข้าทางด้านสเตเตอร์ 1 เฟส ในการทดสอบจะปรับแรงดันทางเข้าให้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้กระแสมีค่าที่พิกัดกระแส ทำการบันทึกผลการทดสอบ กระแสกระตุ้นในการทำการยึดโรเตอร์พิจารณาว่ามีค่าน้อยมาก เพราะฉะนั้นวงจรสมมูลในการทำการยึดโรเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 โดยในส่วนที่เป็นเส้นประ ไม่ต้องนำมาคิด



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟส ของการทดสอบยึดโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถหาค่าต่าง ๆ ต่อเฟสได้ดังนี้

$$R_1 + R_2 = R_{BR} \tag{4.1}$$

$$Z_{BR} = \frac{V_{BR}}{I_{BR}} \tag{4.2}$$

$$R_{BR} = \frac{P_{BR}}{I_{BR}^2} \tag{4.3}$$

เราทราบค่า R_1 จากการทดลองหาค่าความต้านทานทางด้านสเตเตอร์ เพราะฉะนั้นสามารถหาค่า R_2 ได้จาก

$$R_2 = R_{BR} - R_1 \tag{4.4}$$

$$Z_{BR} = \sqrt{R_{BR}^2 - X_{BR}^2} \tag{4.5}$$

$$X_{BR} = \sqrt{Z_{BR}^2 - R_{BR}^2} \tag{4.6}$$

เมื่อ $X_{BR} = X_1 + X_2$ (4.7)

ถ้าเราทราบ NEMA design letter ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ก็จะสามารถแยกค่า X_1 และ X_2 โดยดูจากตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่าง X_1 กับ X_2 ตาม ชนิดของเครื่องจักรไฟฟ้าแต่ละชนิด

Type of IMC	A,D	B	C	Wound Rotor
X_1	$0.5X_{BR}$	$0.4X_{BR}$	$0.3X_2$	$0.5X_{BR}$
X_2	$0.5X_{BR}$	$0.6X_{BR}$	$0.7X_2$	$0.5X_{BR}$

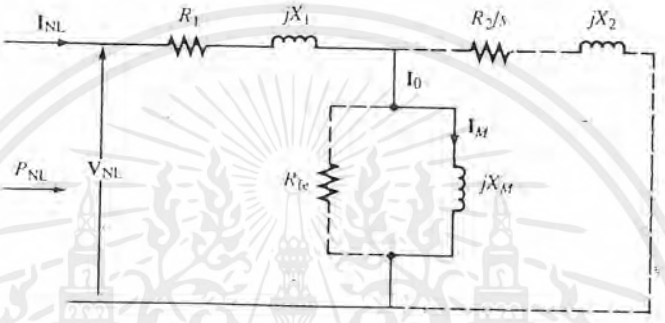
4.2 การทดสอบสภาวะไร้ภาระ

การทำการทดสอบสภาวะไร้ภาระ เพื่อหาค่า X_m และค่าองค์ประกอบของแกนเหล็ก, ความฝืด (Friction) และความสูญเสียจากการพันขดลวด (Windage losses) ค่าความสูญเสียทุกอย่างในที่นี้จะต้องมีค่าคงที่ทุกสภาวะโหลด

การทำการทดสอบสภาวะไร้ภาระ ทำได้เหมือนกับการทดลองยึดโรเตอร์เพียงแต่ปล่อยให้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำหมุนโดยไร้ภาระที่พิกัดแรงดันและพิกัดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สภาวะไร้โหลด ความเร็วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเข้าใกล้ความเร็วซิงโครนัส ค่าสลิปมีค่าเกือบเป็นศูนย์เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านส่วนของ R_2/s มีค่าน้อยมาก ด้วยเหตุผลนี้ ส่วน R_2/s นี้ จึงถูกเขียนด้วยเส้นประ ไม่นำมาคิดดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟส ของการทดสอบสภาวะไร้ภาระ

จากวงจรสมมูลโดยประมาณดังรูปที่ 4.2 สามารถคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$S_{NL} = V_{NL} I_{NL} \tag{4.8}$$

$$S_{NL} = \sqrt{P_{NL}^2 + Q_{NL}^2} \tag{4.9}$$

$$Q_{NL} = \sqrt{S_{NL}^2 - P_{NL}^2} \tag{4.10}$$

สามารถหาค่า X_{NL} ได้โดย

$$X_{NL} = \frac{Q_{NL}}{I_{NL}^2} \tag{4.11}$$

เมื่อ $X_{NL} = X_1 + X_m$ (4.12)

เมื่อแทนค่า X_1 ที่ได้จากการทำการทดสอบยึดโรเตอร์ เราก็จะสามารถหาค่า X_m ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานนี้ก็ได้ทำการหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าโดยอ้างอิงการหาตามมาตรฐาน IEEE โดยได้ทำการทดสอบหา วงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้า 3 ขนาด คือ

ขนาด 1 แรงม้า มี 2 ตัว คือ - Number 1

- Number 2

ขนาด 3 แรงม้า มี 2 ตัว คือ - Number 1

- Number 2

ขนาด 5 แรงม้า มี 2 ตัว คือ - Number 1

- Number 2

4. 3 ผลการทดสอบต่าง ๆ เพื่อหาวงจรสมมูลเครื่องจักรไฟฟ้า

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง V-I Method

V-I Method Induction Machine 1 แรงม้า Number 1 (ตอน อุณหภูมิร้อน)

V	4.65	9.31	13.99	18.84	23.61	
I	0.5	1	1.5	2	2.5	R_1 = 9.66 โอห์ม

V-I Method Induction Machine 1 แรงม้า Number 2 (ตอน อุณหภูมิร้อน)

V	4.82	9.62	14.38	19.32	24.49	
I	0.5	1	1.5	2	2.5	R_1 = 9.36 โอห์ม

V-I Method Induction Machine 3 แรงม้า Number 1 (ตอน อุณหภูมิร้อน)

V	3.67	7.36	10.74	14.34	17.54	
I	1	2	3	4	5	R_1 = 3.61 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V-I Method Induction Machine 3 แรงม้า Number 2 (ตอน อุณหภูมิร้อน)

V	3.60	7.31	10.95	14.62	18.29	
I	1	2	3	4	5	R_1= 3.65 โอห์ม

V-I Method Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 (ตอน อุณหภูมิร้อน)

V	2.05	4.01	6.02	7.88	9.89	
I	1	2	3	4	5	R_1= 2.00 โอห์ม

V-I Method Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 (ตอน อุณหภูมิร้อน)

V	1.99	3.97	5.95	7.94	9.94	
I	1	2	3	4	5	R_1= 1.99 โอห์ม

ผลการทดสอบ สภาวะไร้ภาระ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการทดสอบไร้ภาระ

Induction Machine 5 แรงม้า Number 1

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
180	2.50	0.42	74.93	90.00
190	2.73	0.60	73.74	115.00
200	2.92	0.80	73.14	130.00
210	3.25	1.10	73.14	160.00
220	3.55	1.52	73.14	175.00
230	4.00	2.00	72.54	195.00
240	4.55	2.80	71.94	240.00
250	5.10	3.00	71.94	275.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Induction Machine 5 แรงม้า Number 2

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
180	2.55	0.48	74.93	95.00
190	2.75	0.85	74.33	110.00
200	2.90	0.70	74.33	125.00
210	3.15	1.10	73.74	150.00
220	3.55	1.40	73.14	175.00
230	3.90	2.00	72.54	205.00
240	4.45	2.60	71.94	240.00
250	5.05	3.00	71.94	270.00

Induction Machine 3 แรงม้า Number 1

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
180	1.55	0.30	77.29	40.00
190	1.75	0.40	77.29	50.00
200	1.98	0.65	77.29	60.00
210	2.20	0.94	77.29	75.00
220	2.51	1.30	77.29	90.00
230	2.93	1.70	75.52	110.00
240	3.45	2.20	74.34	145.00
250	4.00	2.70	74.34	170.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Induction Machine 3 แรงม้า Number 2

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
180	1.60	0.25	77.29	40.00
190	1.70	0.30	77.29	50.00
200	1.90	0.40	77.29	60.00
210	2.10	0.60	77.29	70.00
220	2.31	0.86	76.70	80.00
230	2.63	1.20	77.29	95.00
240	3.05	1.60	77.29	120.00
250	3.52	2.00	74.34	160.00

Induction Machine 1 แรงม้า Number 1

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
180	0.74	0.12	69.51	26.00
190	0.80	0.15	70.12	31.00
200	0.85	0.20	70.73	39.00
210	0.93	0.30	71.34	45.00
220	1.03	0.55	71.94	51.00
230	1.13	0.60	71.94	60.10
240	1.25	0.70	71.94	69.00
250	1.40	0.90	71.94	80.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Induction Machine 1 แรงม้า Number 2

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
180	0.72	0.10	68.90	26.00
190	0.78	0.15	69.51	30.00
200	0.84	0.20	70.12	35.00
210	0.92	0.27	70.73	45.00
220	1.00	0.35	71.34	51.00
230	1.10	0.52	71.34	64.00
240	1.23	0.70	71.34	72.00
250	1.39	0.90	71.34	85.00

ผลการทดสอบยึดโรเตอร์

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการทดสอบยึดโรเตอร์

Induction Machine 5 แรงม้า Number 1

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
43.30	7.90	1.12	45.57	239.45

Induction Machine 5 แรงม้า Number 2

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
43.20	7.90	1.12	45.17	240.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Induction Machine 3 แรงม้า Number 1

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
52.40	5.00	0.40	49.46	150.00

Induction Machine 3 แรงม้า Number 2

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
52.30	5.00	0.40	45.57	160.00

Induction Machine 1 แรงม้า Number 1

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
53.30	2.00	0.48	42.69	72.00

Induction Machine 1 แรงม้า Number 2

Volt/phase (volt)	*I* phaseA (A)	*I* Neutral (A)	มุม *I* lag *V* (องศา)	กำลังงาน จากการทดลอง (วัตต์)
54.30	2.00	0.54	42.27	75.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิเคราะห์หาวงจรสมมูลที่ได้

วงจรสมมูลที่หาได้เมื่อนำมาวาดกราฟเปรียบเทียบกันแล้วมีค่าใกล้เคียงกันมากเราจึงสรุปว่าวงจรสมมูลของมอเตอร์และวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูล ของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1

Speed (rpm)	สลิป	กระแส จากการทดลอง (A)	กระแส จากการคำนวณ (A)	P.F. จากการทดลอง	P.F. จากการคำนวณ
1396	0.06933	2.00	2.03	0.87	0.83
1410	0.06000	1.81	1.86	0.84	0.81
1422	0.05200	1.62	1.72	0.81	0.79
1434	0.04400	1.45	1.58	0.78	0.75
1447	0.03533	1.35	1.43	0.72	0.70
1458	0.02800	1.25	1.32	0.68	0.65
1474	0.01733	1.12	1.18	0.57	0.53
1486	0.00933	1.06	1.10	0.45	0.41
1496	0.00267	1.03	1.05	0.34	0.28
1500	0.00000	1.03	1.04	0.29	0.23
1505	-0.00333	1.04	1.03	0.18	0.16
1517	-0.01133	1.07	1.04	-0.10	-0.02
1525	-0.01667	1.12	1.06	-0.15	-0.14
1534	-0.02267	1.21	1.12	-0.28	-0.26
1545	-0.03000	1.32	1.20	-0.40	-0.38
1559	-0.03933	1.48	1.34	-0.50	-0.50
1573	-0.04867	1.65	1.52	-0.57	-0.59
1586	-0.05733	1.82	1.70	-0.62	-0.65
1600	-0.06667	2.00	1.91	-0.67	-0.69

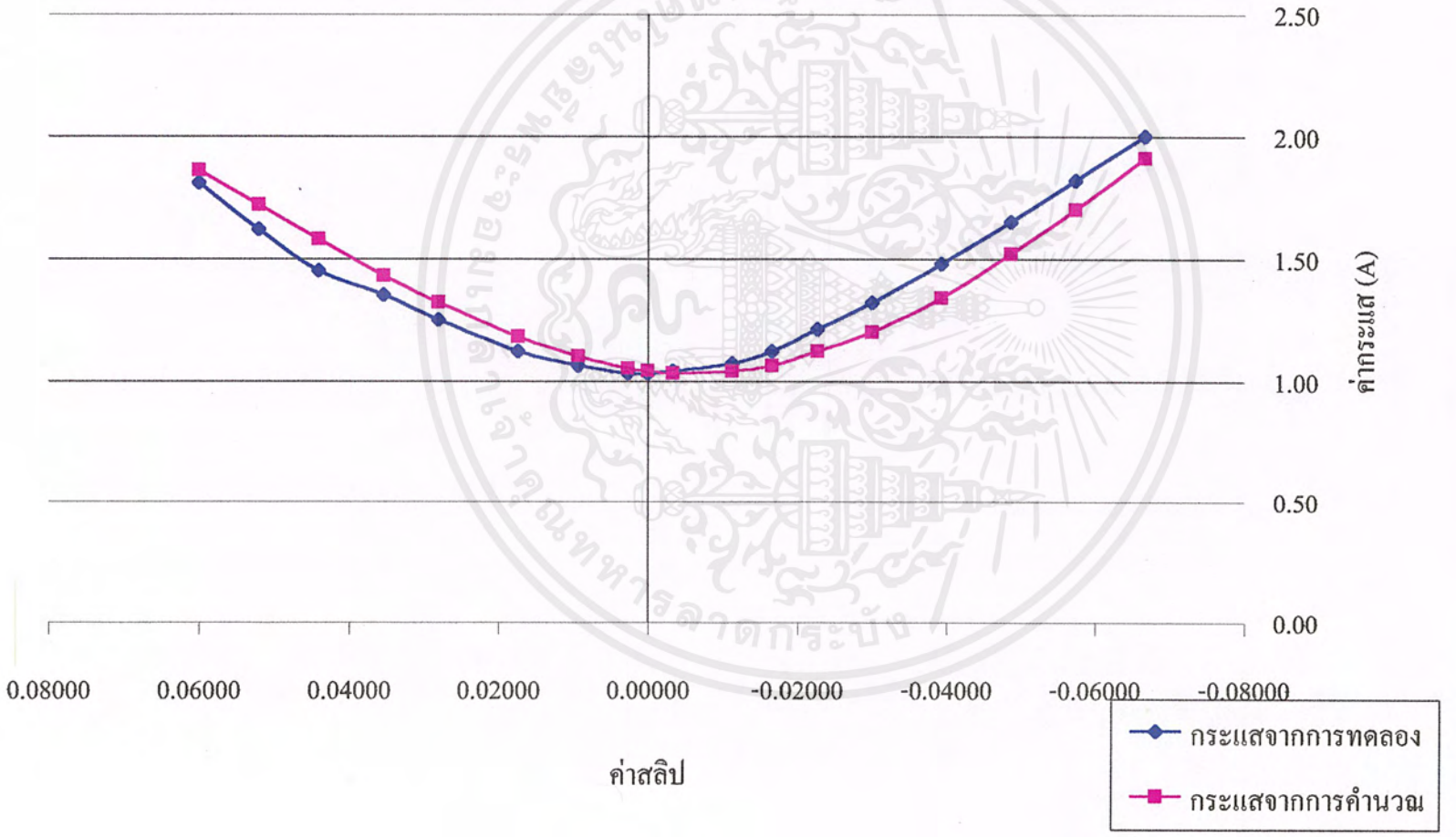
วงจรสมมูลของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1

R_1 (โอห์ม)	X_1 (โอห์ม)	R_2 (โอห์ม)	X_2 (โอห์ม)	R_c (โอห์ม)	X_m (โอห์ม)
9.36	9.83	8.64	9.83	1032.32	203.76

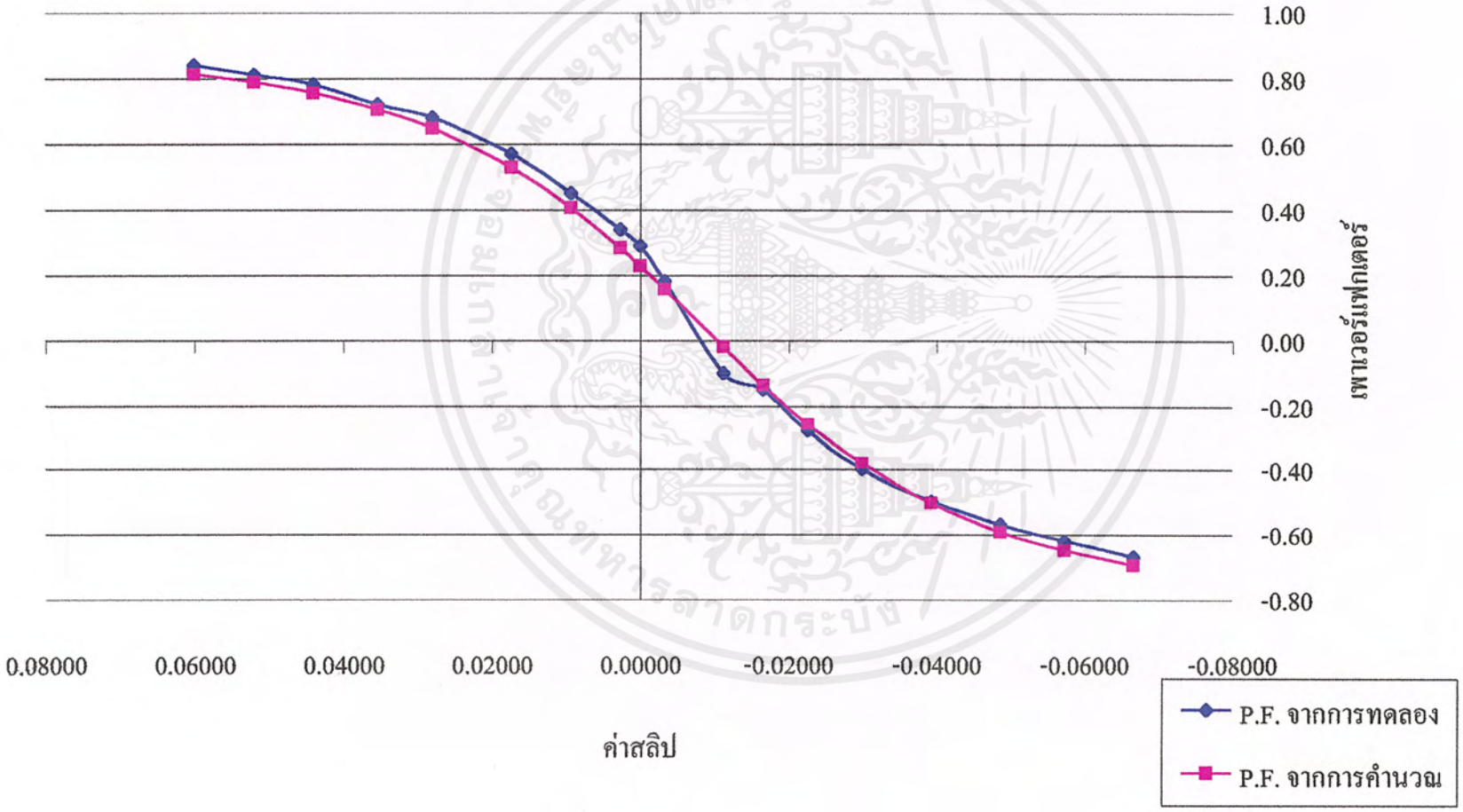
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า สลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณ

ของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ เทียบเทียบกันระหว่าง ค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการคำนวณ ของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 1



ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูล

ของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2

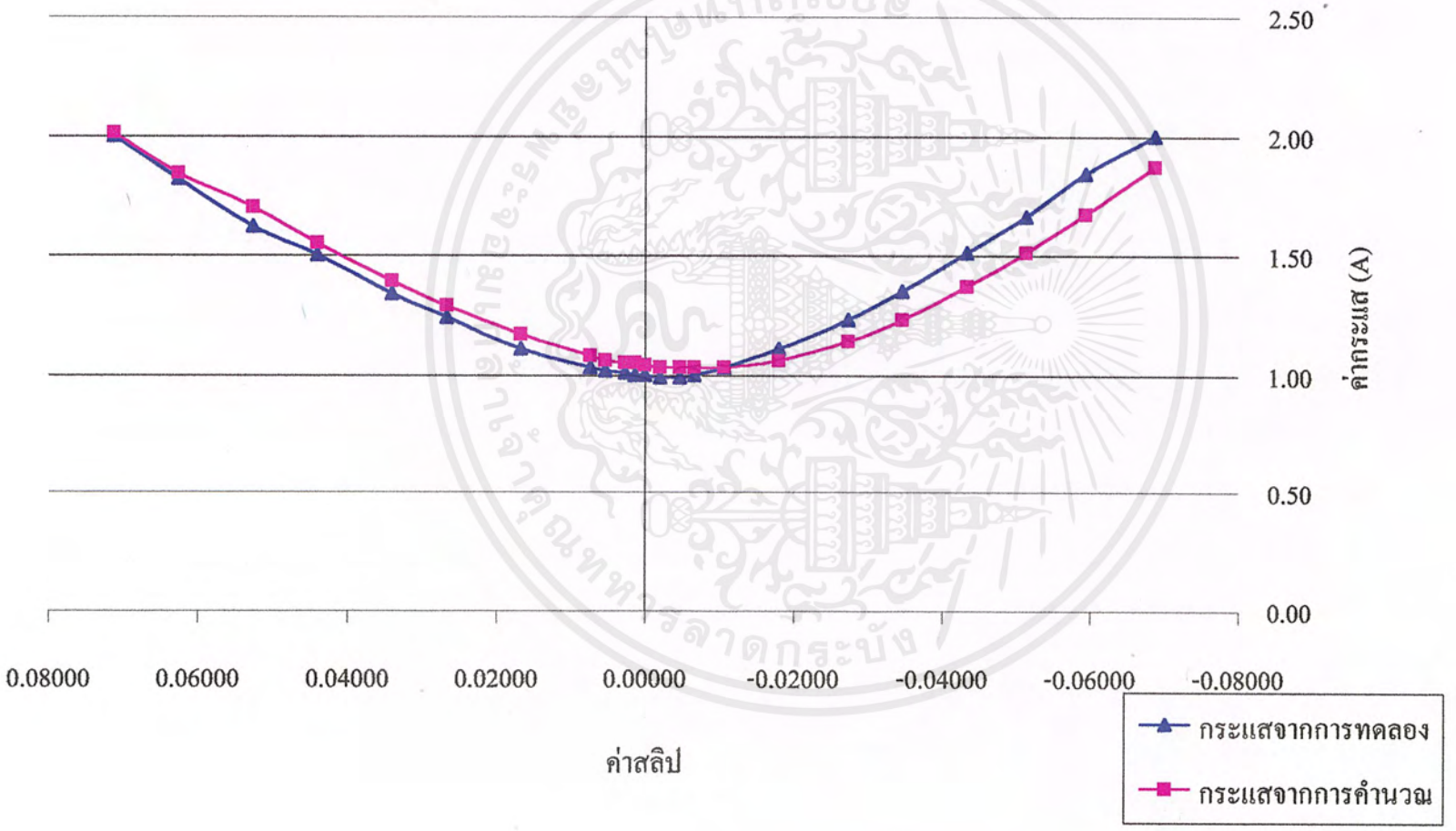
Speed (rpm)	สลิป	กระแส จากการทดลอง (A)	กระแส จากการคำนวณ (A)	P.F. จากการทดลอง	P.F. จากการคำนวณ
1393	0.07133	2.00	2.01	0.86	0.83
1406	0.06267	1.82	1.84	0.84	0.82
1421	0.05267	1.62	1.70	0.81	0.79
1434	0.04400	1.50	1.55	0.78	0.75
1449	0.03400	1.34	1.39	0.72	0.69
1460	0.02667	1.24	1.29	0.66	0.63
1475	0.01667	1.11	1.17	0.54	0.52
1489	0.00733	1.03	1.08	0.40	0.38
1492	0.00533	1.02	1.06	0.36	0.34
1496	0.00267	1.01	1.05	0.33	0.29
1498	0.00133	1.00	1.05	0.32	0.27
1500	0.00000	1.00	1.04	0.30	0.24
1503	-0.00200	0.99	1.03	0.28	0.20
1507	-0.00467	0.99	1.03	0.26	0.15
1510	-0.00667	1.00	1.03	0.20	0.10
1516	-0.01067	1.03	1.03	0.10	0.02
1527	-0.01800	1.11	1.06	-0.20	-0.13
1541	-0.02733	1.23	1.14	-0.35	-0.31
1552	-0.03467	1.35	1.23	-0.49	-0.42
1565	-0.04333	1.51	1.37	-0.57	-0.52
1577	-0.05133	1.66	1.51	-0.62	-0.59
1589	-0.05933	1.84	1.67	-0.65	-0.64
1603	-0.06867	2.00	1.87	-0.68	-0.68

วงจรสมมูลของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2

R_1 (โอห์ม)	X_1 (โอห์ม)	R_2 (โอห์ม)	X_2 (โอห์ม)	R_c (โอห์ม)	X_m (โอห์ม)
9.66	9.82	9.09	9.82	965.26	204.18

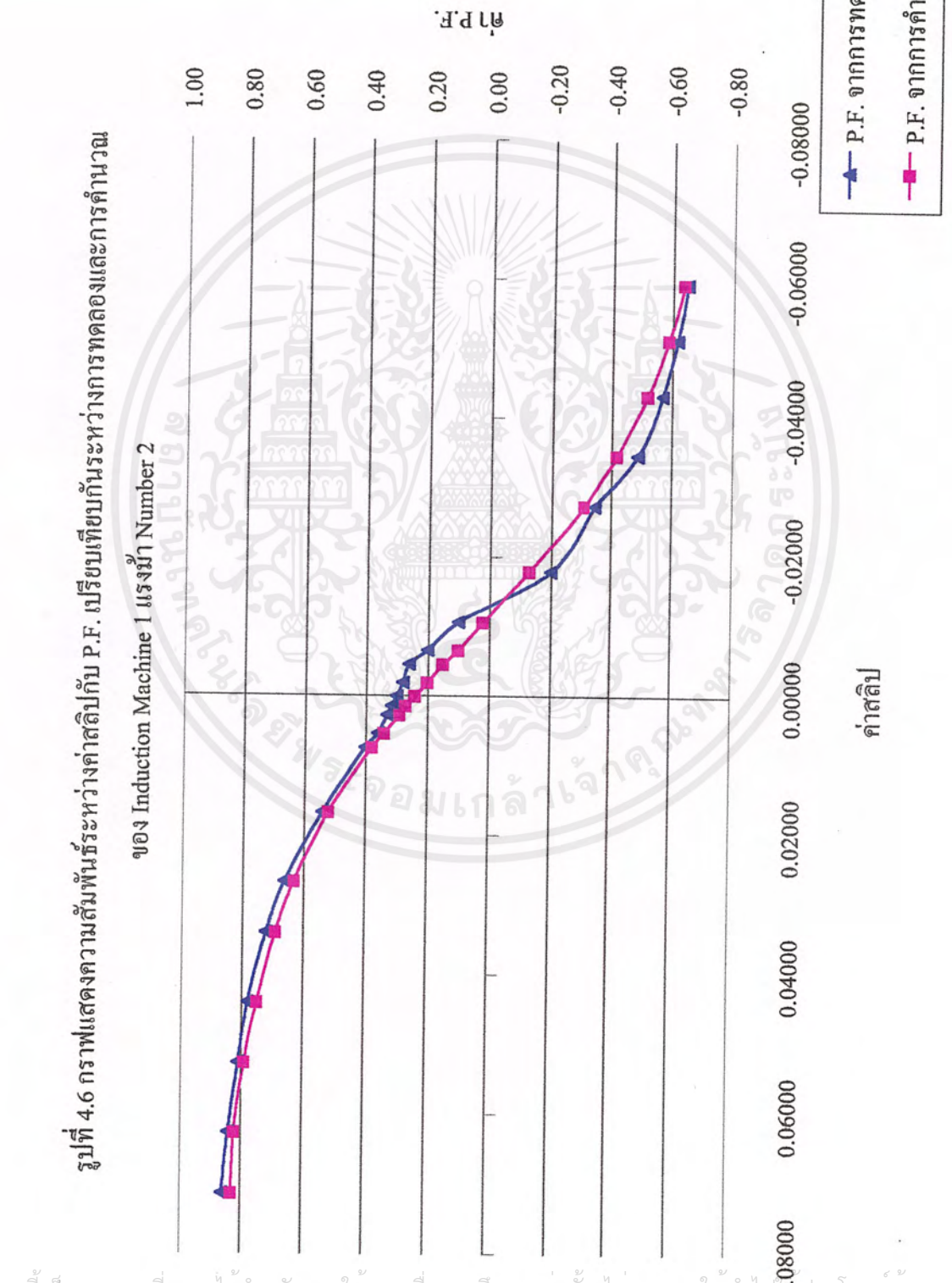
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่ากระแส เปรียบเทียบกันระหว่างค่าจากการทดลองกับค่าจากการคำนวณ ของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับ P.F. เปรียบเทียบกันระหว่างการทดลองและการคำนวณ

ของ Induction Machine 1 แรงม้า Number 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูล ของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1

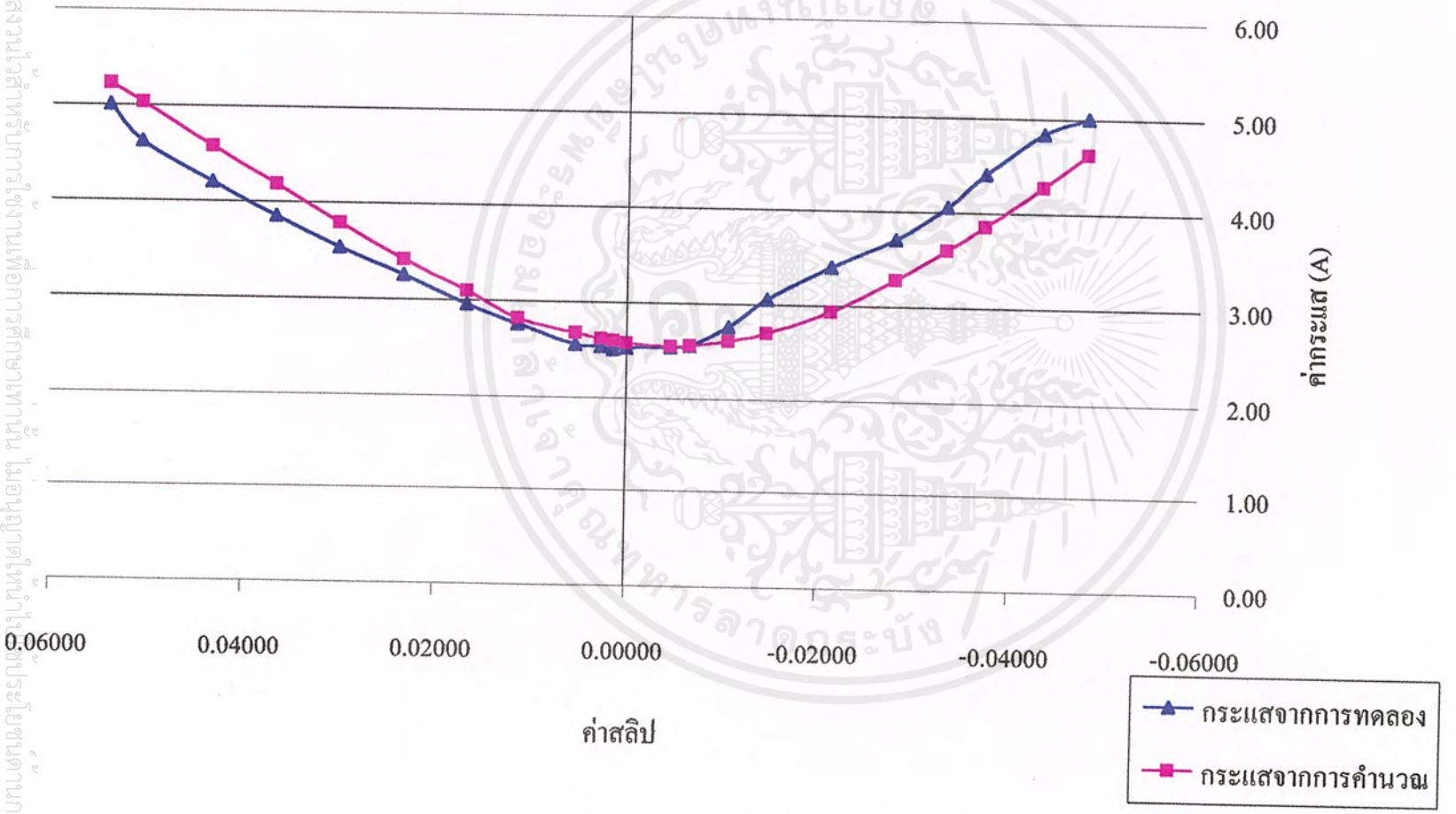
Speed (rpm)	สลิป	กระแส จากการทดลอง (A)	กระแส จากการคำนวณ (A)	P.F. จากการทดลอง	P.F. จากการคำนวณ
1419	0.05400	5.00	5.22	0.87	0.82
1424	0.05067	4.62	5.02	0.86	0.81
1435	0.04333	4.20	4.57	0.84	0.79
1445	0.03667	3.85	4.18	0.82	0.76
1455	0.03000	3.53	3.78	0.78	0.72
1465	0.02333	3.25	3.41	0.74	0.66
1475	0.01667	2.95	3.09	0.67	0.58
1483	0.01133	2.75	2.81	0.57	0.49
1492	0.00533	2.55	2.67	0.44	0.37
1496	0.00267	2.53	2.61	0.38	0.30
1498	0.00133	2.50	2.59	0.30	0.26
1500	0.00000	2.52	2.57	0.21	0.23
1507	-0.00467	2.53	2.54	0.11	0.09
1510	-0.00667	2.55	2.55	-0.10	0.03
1516	-0.01067	2.75	2.60	-0.20	-0.11
1522	-0.01467	3.05	2.69	-0.34	-0.20
1532	-0.02133	3.40	2.93	-0.44	-0.36
1542	-0.02800	3.70	3.27	-0.52	-0.48
1550	-0.03333	4.05	3.59	-0.57	-0.55
1556	-0.03733	4.40	3.85	-0.61	-0.59
1565	-0.04333	4.83	4.27	-0.63	-0.64
1572	-0.04800	5.00	4.62	-0.66	-0.67

วงจรสมมูลของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1

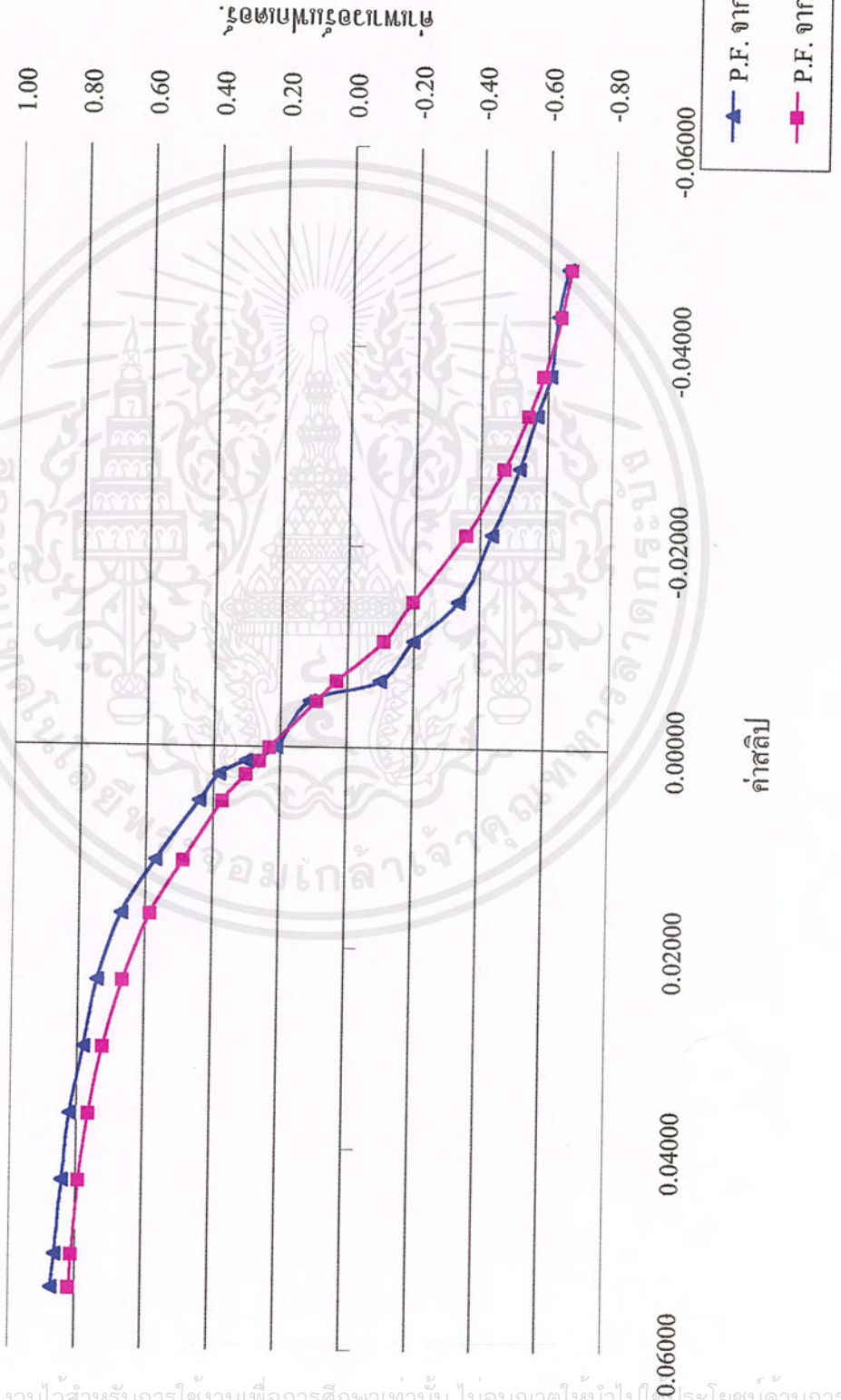
R_1 (โอห์ม)	X_1 (โอห์ม)	R_2 (โอห์ม)	X_2 (โอห์ม)	R_c (โอห์ม)	X_m (โอห์ม)
3.61	5.10	2.55	5.10	406.23	81.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่ากระแส เปรียบเทียบกันระหว่างค่าจากการทดลองกับค่าจากการคำนวณ ของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับ P.F. เปรียบเทียบกันระหว่างการทดลองและการคำนวณ
ของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูล ของ Induction Machine 3 แรงม้า Number2

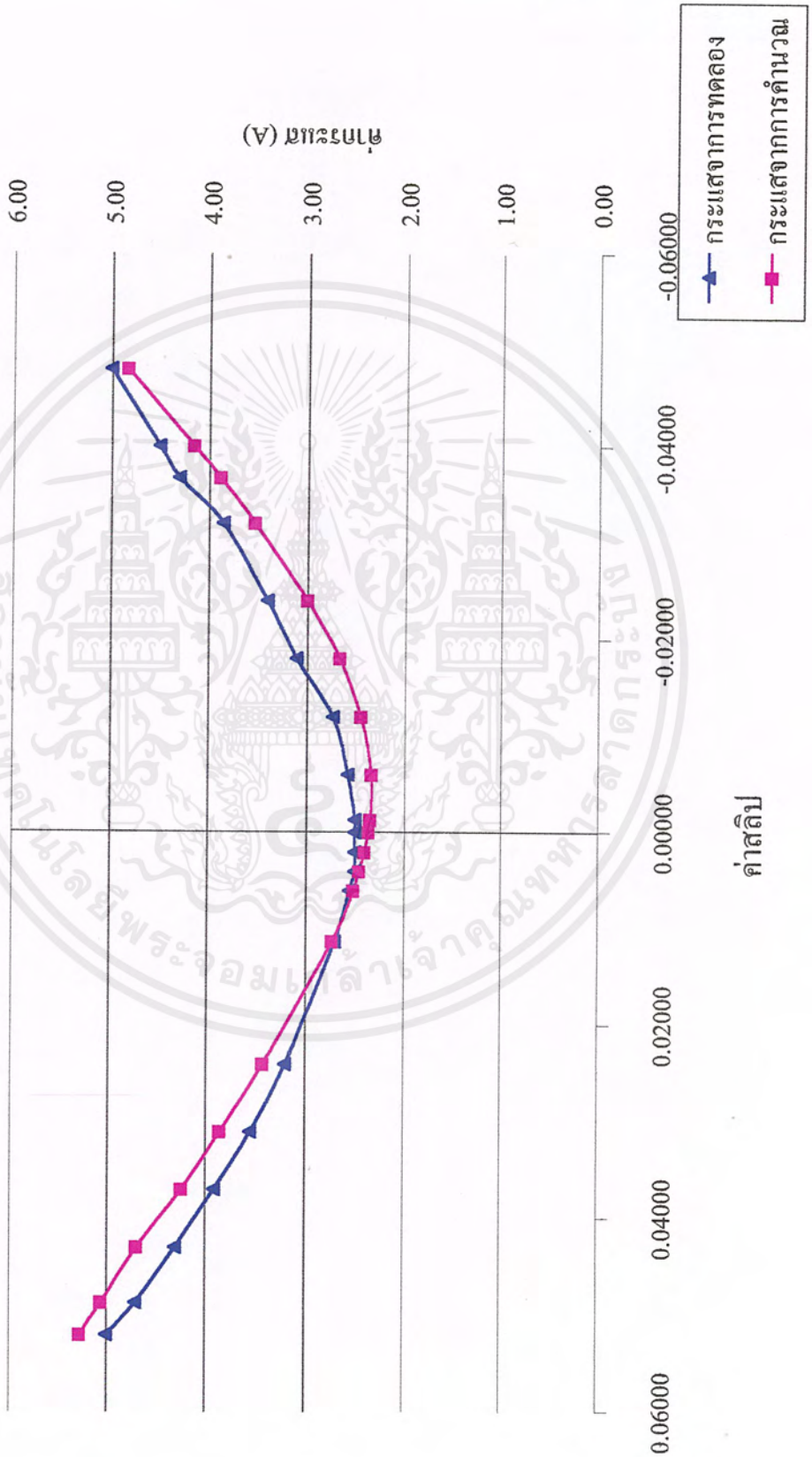
Speed (rpm)	สลิป	กระแส จากการทดลอง (A)	กระแส จากการคำนวณ (A)	P.F. จากการทดลอง	P.F. จากการคำนวณ
1422	0.05200	5.00	5.27	0.87	0.84
1427	0.04870	4.70	5.05	0.86	0.83
1435	0.04300	4.30	4.69	0.84	0.82
1445	0.03700	3.91	4.24	0.80	0.80
1454	0.03100	3.55	3.85	0.77	0.77
1464	0.02400	3.20	3.42	0.71	0.72
1483	0.01130	2.70	2.72	0.54	0.54
1491	0.00600	2.55	2.51	0.41	0.42
1494	0.00400	2.50	2.45	0.33	0.36
1497	0.00200	2.50	2.40	0.28	0.30
1500	0.00000	2.50	2.36	0.23	0.24
1502	-0.00130	2.50	2.34	0.20	0.19
1509	-0.00600	2.57	2.33	0.10	0.03
1518	-0.01200	2.73	2.44	-0.23	-0.18
1527	-0.01800	3.10	2.66	-0.36	-0.35
1536	-0.02400	3.40	2.99	-0.48	-0.49
1548	-0.03200	3.85	3.53	-0.55	-0.60
1555	-0.03670	4.30	3.88	-0.59	-0.65
1560	-0.04000	4.50	4.15	-0.61	-0.67
1572	-0.04800	5.00	4.83	-0.66	-0.71

วงจรสมมูลของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 2

R_1 (โอห์ม)	X_1 (โอห์ม)	R_2 (โอห์ม)	X_2 (โอห์ม)	R_c (โอห์ม)	X_m (โอห์ม)
3.65	5.10	2.35	5.10	416.15	89.36

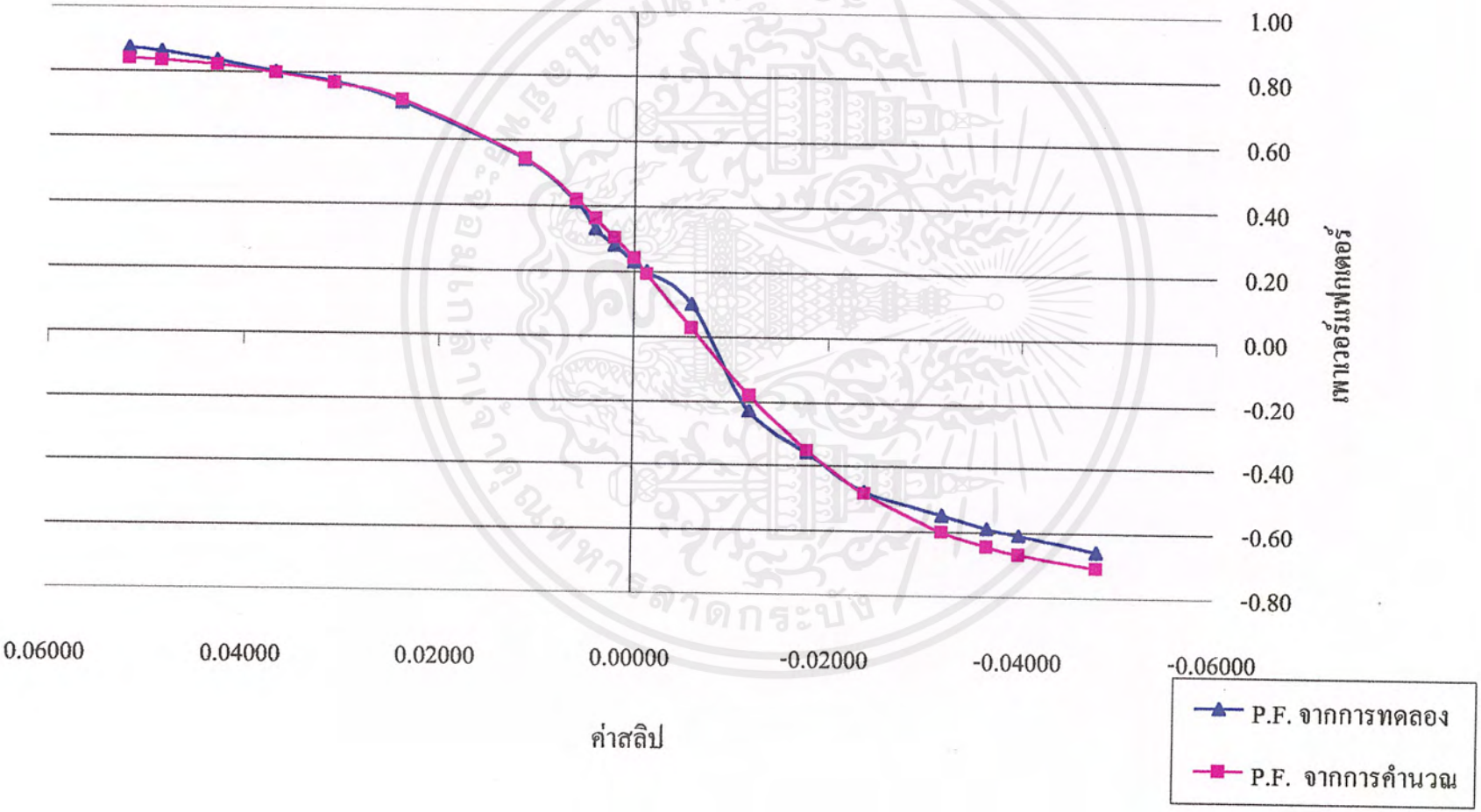
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า สลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณ ของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ เทียบเทียบกันระหว่าง ค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการคำนวณ ของ Induction Machine 3 แรงม้า Number 2



ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างการวัดกับการคำนวณจากวงจรสมมูล ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1

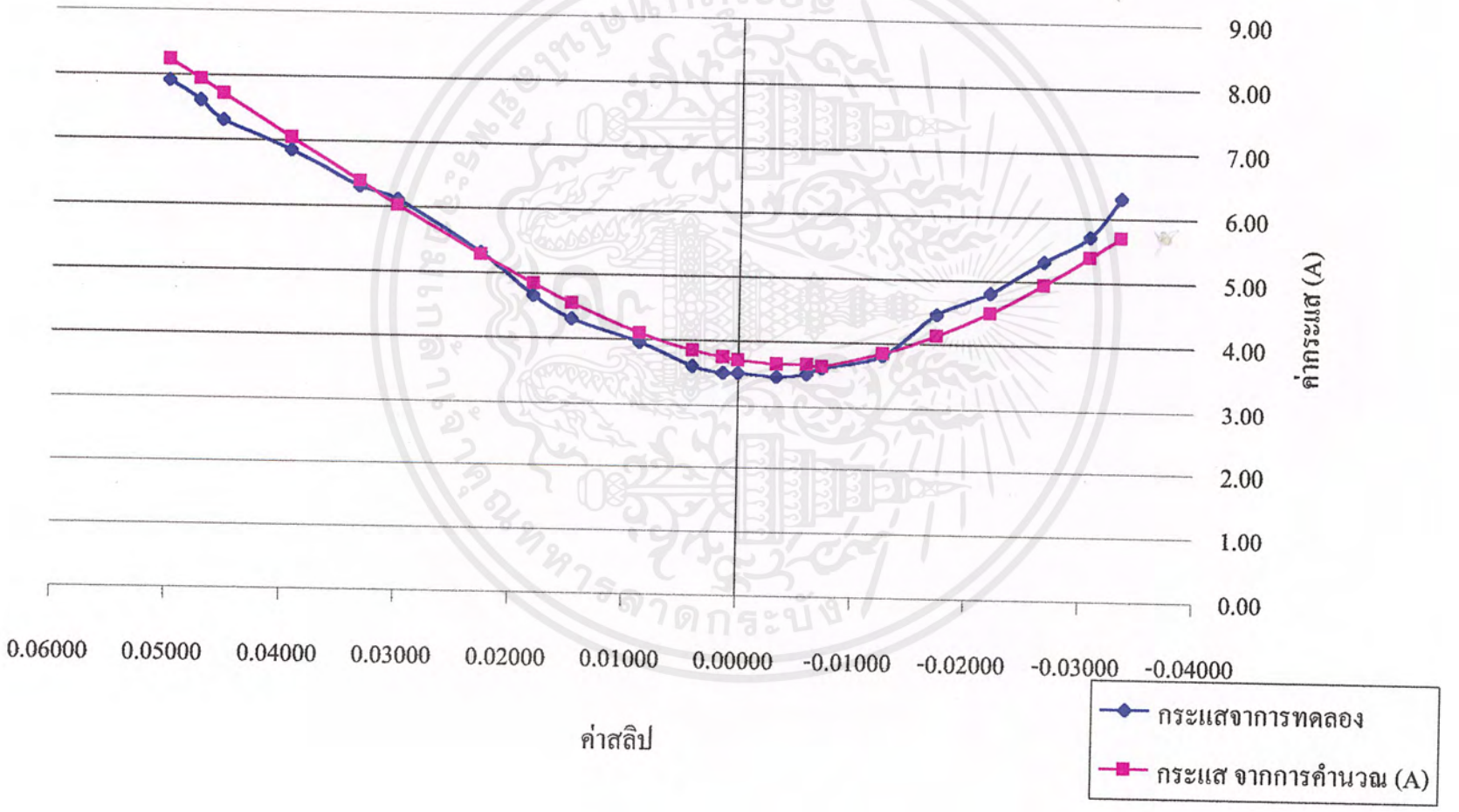
Speed (rpm)	สลิป	กระแส จากการทดลอง (A)	กระแส จากการคำนวณ (A)	P.F. จากการทดลอง	P.F. จากการคำนวณ
1425	0.05000	7.90	8.22	0.91	0.87
1429	0.04733	7.60	7.93	0.90	0.87
1432	0.04533	7.30	7.70	0.89	0.86
1441	0.03933	6.85	7.04	0.88	0.84
1450	0.03333	6.30	6.38	0.86	0.81
1455	0.03000	6.10	6.02	0.85	0.79
1466	0.02267	5.30	5.27	0.80	0.73
1473	0.01800	4.65	4.83	0.75	0.67
1478	0.01467	4.30	4.54	0.70	0.62
1487	0.00867	3.95	4.09	0.60	0.49
1494	0.00400	3.60	3.84	0.49	0.37
1498	0.00133	3.50	3.74	0.38	0.28
1500	0.00000	3.50	3.70	0.24	0.23
1505	-0.00333	3.45	3.65	0.12	0.11
1509	-0.00600	3.50	3.65	-0.10	0.01
1511	-0.00733	3.60	3.62	-0.15	-0.03
1519	-0.01267	3.80	3.84	-0.29	-0.23
1526	-0.01733	4.45	4.12	-0.48	-0.37
1533	-0.02200	4.80	4.49	-0.56	-0.48
1540	-0.02667	5.30	4.94	-0.61	-0.57
1546	-0.03067	5.70	5.38	-0.66	-0.63
1550	-0.03333	6.30	5.69	-0.68	-0.66

วงจรสมมูลของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1

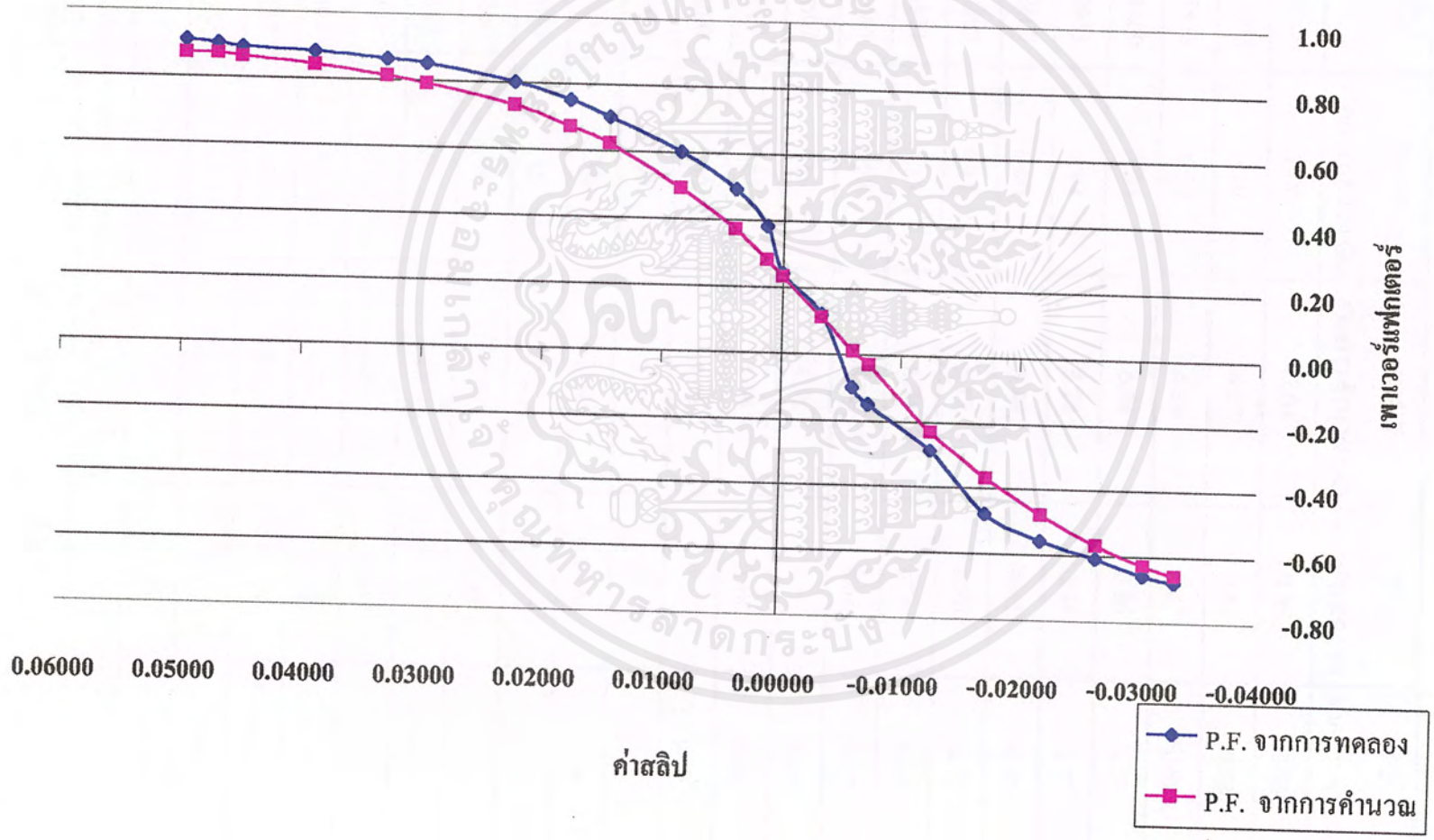
R_1 (โอห์ม)	X_1 (โอห์ม)	R_2 (โอห์ม)	X_2 (โอห์ม)	R_c (โอห์ม)	X_m (โอห์ม)
2.00	1.95	1.50	1.95	274.81	58.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

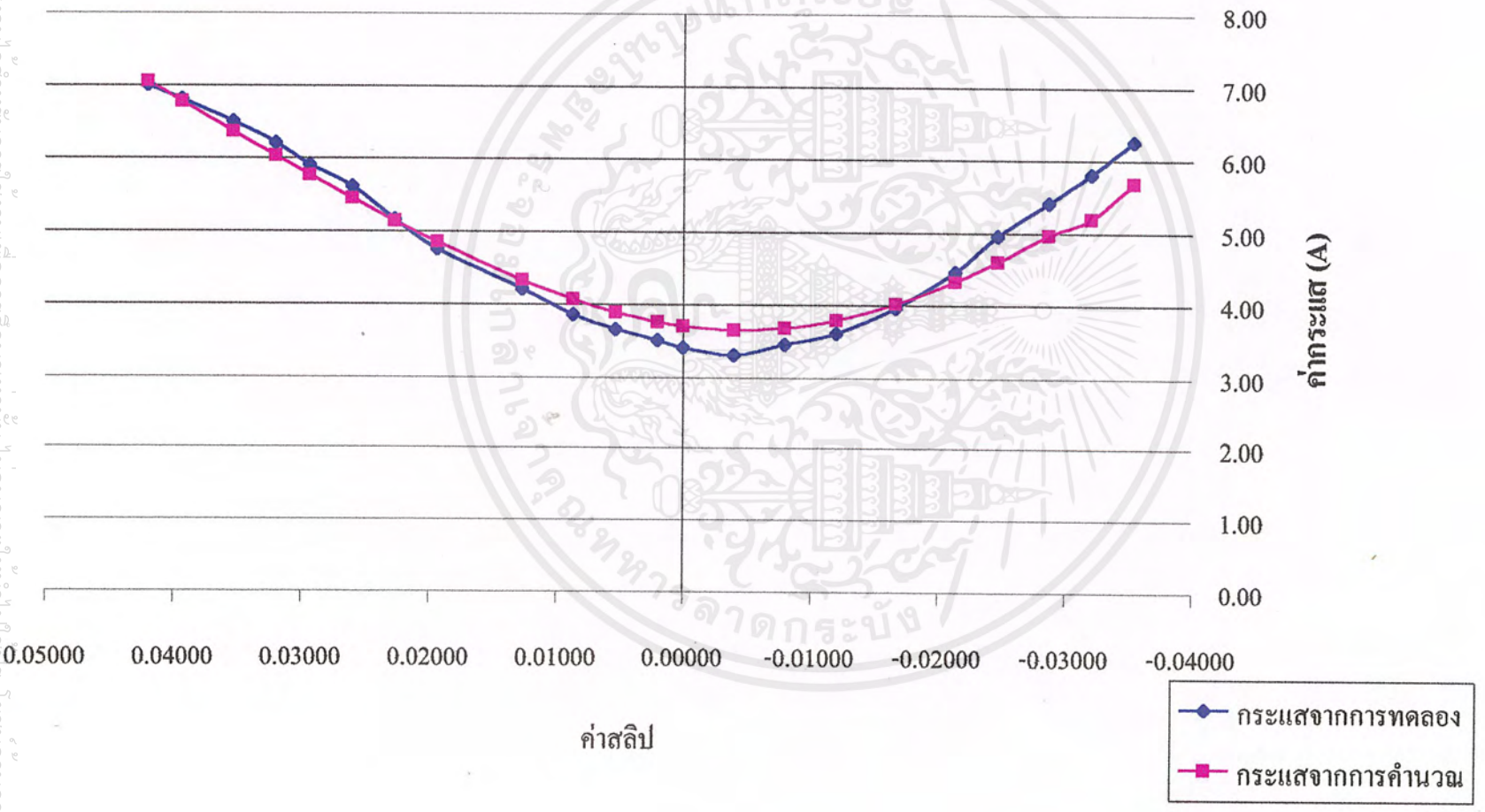
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า สลิปกับกระแส เปรียบเทียบกันระหว่างกระแสจากการทดลองและกระแสจากการคำนวณ ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1



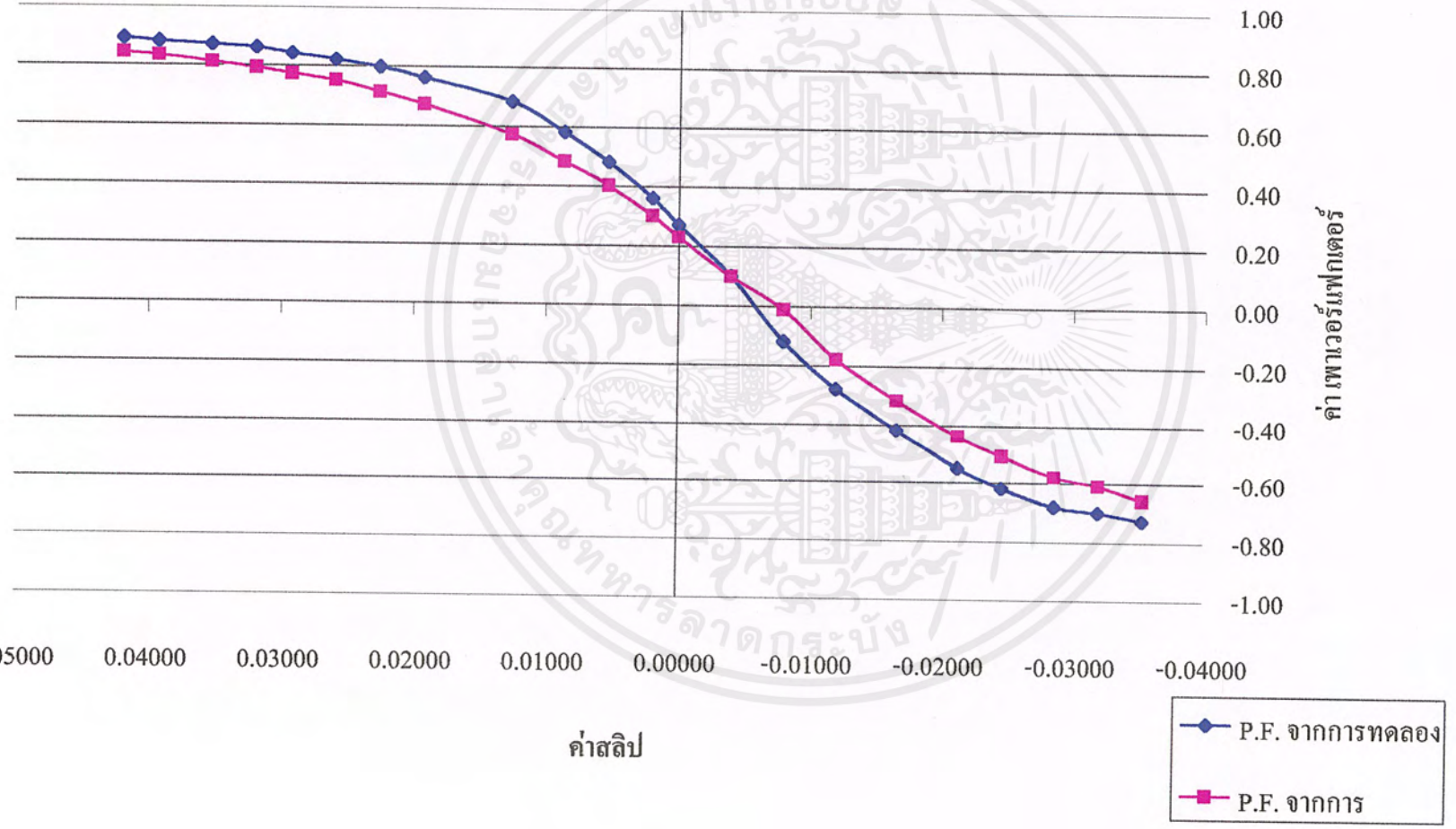
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ เทียบเทียบกันระหว่าง ค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการคำนวณ ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 1



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับค่ากระแส เปรียบเทียบกันระหว่างค่าจากการทดลองกับค่าจากการคำนวณ ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสลิปกับ P.F. เปรียบเทียบกันระหว่างการทดลองและการคำนวณ ของ Induction Machine 5 แรงม้า Number 2



บทที่ 5
การออกแบบและสร้างชุดทดสอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

วัตถุประสงค์ของการออกแบบ และสร้างชุดทดสอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ก็เพื่อต้องการที่จะสร้างเป็นต้นแบบในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบ 1 ชุดนั้น สามารถอธิบายได้คร่าว ๆ จะใช้ เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2 ตัว ที่มีขนาดพิกัดเท่ากัน โดยจะนำเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทั้ง 2 ตัว ติดตั้งบนแท่นฐานเดียวกัน จะใช้มู่เล่และสายพานเป็นส่งกำลัง เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นมอเตอร์และอีกตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยตัวที่เป็นมอเตอร์จะใช้มู่เล่ที่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะหมุนช้า ส่วนตัวที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะใช้มู่เล่ขนาดเล็กซึ่งจะหมุนเร็ว ลักษณะของมู่เล่และสายพานเป็นดังรูปที่ 5.1

มู่เล่ตัวใหญ่ติดตั้งทางด้านมอเตอร์ มู่เล่ตัวเล็กติดตั้งทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รูปที่ 5.1 ลักษณะของของการติดตั้งมู่เล่และสายพาน

5.1 กรรมวิธีในการติดตั้งสายพานส่งกำลัง

ใช้สายพานตัววี

เราจะใช้สายพานตัววีในการส่งกำลัง และในขณะที่ระยะห่างระหว่างเพลาทั้งสองสั้นโดยสายพานรูปตัววี ทำจากยางจะทำให้ความต้านทานต่อสภาพอุณหภูมิ และน้ำมันต่ำดังนั้นถ้าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การหาขนาดมู่เล่ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการใส่มู่เล่ให้มอเตอร์จะต้องให้ขนาดพอเหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์นั้น ๆ ขนาดของมู่เล่ทั้ง 2 ด้านสามารถหาคร่าว ๆ ได้โดย ต้องเลือกขนาดมู่เล่ที่พอเหมาะสมของมอเตอร์ก่อน แล้วจึงจะหาขนาดมู่เล่ของทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ โดยใช้สมการ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$= \text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ของมอเตอร์} \times \frac{\text{ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า}}{\text{ความเร็วรอบของมอเตอร์}}$$

หรือ $$N_1 D_1 = N_2 D_2 \qquad (5.1)$$

เมื่อ N_1 : ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rmp)

N_2 : ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (rpm)

D_1 : เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ทางด้านมอเตอร์ (mm.)

D_2 : เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (mm.)

การหาขนาดของสายพาน

การเลือกชนิดและเบอร์ของสายพานรูปตัววีและความกว้างของสายพานหาได้จากตารางที่ 5.1 สายพานรูปตัววี ใช้สายพานที่มีความยาวมาตราฐานซึ่งกำหนดไว้ในตารางที่ 5.1

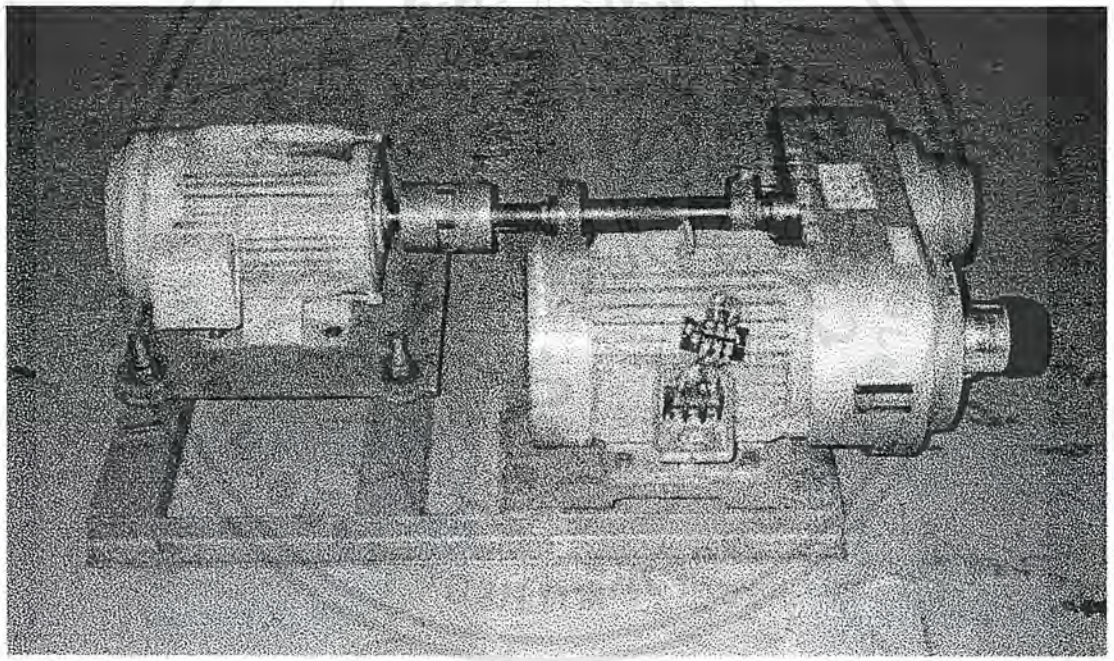
ในการส่งผ่านกำลังโดยสายพานที่ดีจะต้องส่งกำลังโดยที่ส่วนล่างของสายพานให้กำลังดึงตึงและหย่อนในด้านส่วนบนของสายพานขณะใช้งาน ฐานของเครื่องจักรต้องสามารถเลื่อนเข้าออกได้เพื่อปรับความตึงของสายพาน แกนเพลาของมอเตอร์และแกนเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องวางแนวขนานกันอย่างดี และกลางร่องมู่เล่ต้องวางตัวอยู่ในแนวเดียวกันด้วย ในการติดตั้งสายพานต้องระมัดระวัง เกี่ยวกับความตึงของสายพาน ถ้าติดตั้งสายพานตึงเกินไปอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่ เพลา และรองลื่นของมอเตอร์ แต่ถ้าติดตั้งสายพานหย่อนเกินไปจะทำให้อายุการใช้งานของสายพานสั้นลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับความตึงของสายพานให้อยู่ในระดับพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ตัวอย่างการออกแบบและสร้างชุดทดสอบ

ในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ นี้ ทางโครงงานนี้ได้ออกแบบให้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำต้องทำงานที่พิกัดกระแส และขับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำอีกตัวหนึ่งให้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวโดยยังไม่ทราบว่าจะมีกระแสที่จ่ายออกมาเท่าใด ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการออกแบบและสร้างชุดทดสอบขนาด 3 แรงม้า เราสามารถหาขนาดมู่เล่ได้โดย

1. นำเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 แรงม้า ทั้ง 2 ตัว ไปทำการทดสอบที่แท่นปรับความเร็วดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การทดลองบนแท่นปรับความเร็วรอบได้

แล้วบันทึกผลว่า แต่ละตัวมี

- ตอนเป็นมอเตอร์ ที่พิกัดกระแส มีความเร็วรอบ เท่าใด
- ตอนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่พิกัดกระแส มีความความเร็วรอบเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี่ได้ข้อมูลดังนี้

ตัว 3 แรงม้า Number 1 ตอนเป็นมอเตอร์ กระแส 5 A ความเร็วรอบ 1419 RPM
ตอนเป็นเครื่องกำเนิด กระแส 5 A ความเร็วรอบ 1572 RPM

ตัว 3 แรงม้า Number 2 ตอนเป็นมอเตอร์ กระแส 5 A ความเร็วรอบ 1422 RPM
ตอนเป็นเครื่องกำเนิด กระแส 5 A ความเร็วรอบ 1572 RPM

2. กำหนดขนาดมู่เล่ทางด้านที่จะเป็นมอเตอร์ในที่นี้ใช้ D_1 = 5.5 นิ้ว หรือ 140 mm
3. ทำการคำนวณหาขนาดของมู่เล่ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้สูตร

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

เมื่อ N_1 : ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

N_2 : ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (rpm)

D_1 : เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ทางด้านมอเตอร์ (mm.)

D_2 : เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (mm.)

ในที่นี้เราจะให้ ตัว 3 แรงม้า Number 1 เป็นมอเตอร์ Number 2 เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะคำนวณหาขนาดของมู่เล่ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

$$D_2 = \frac{1419x140}{1572} = 126.37 \text{ mm} = 4.975 \text{ นิ้ว}$$

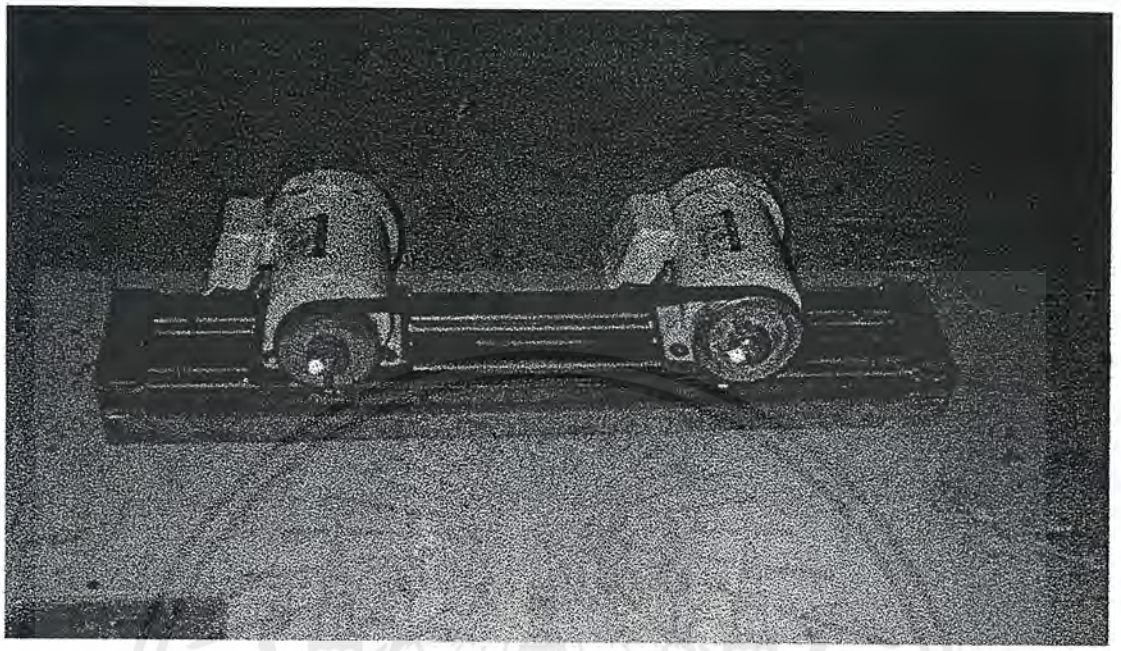
เลือกซื้อขนาด 5 นิ้ว

สรุป D_1 = 5.5 นิ้ว และ D_2 = 5 นิ้ว

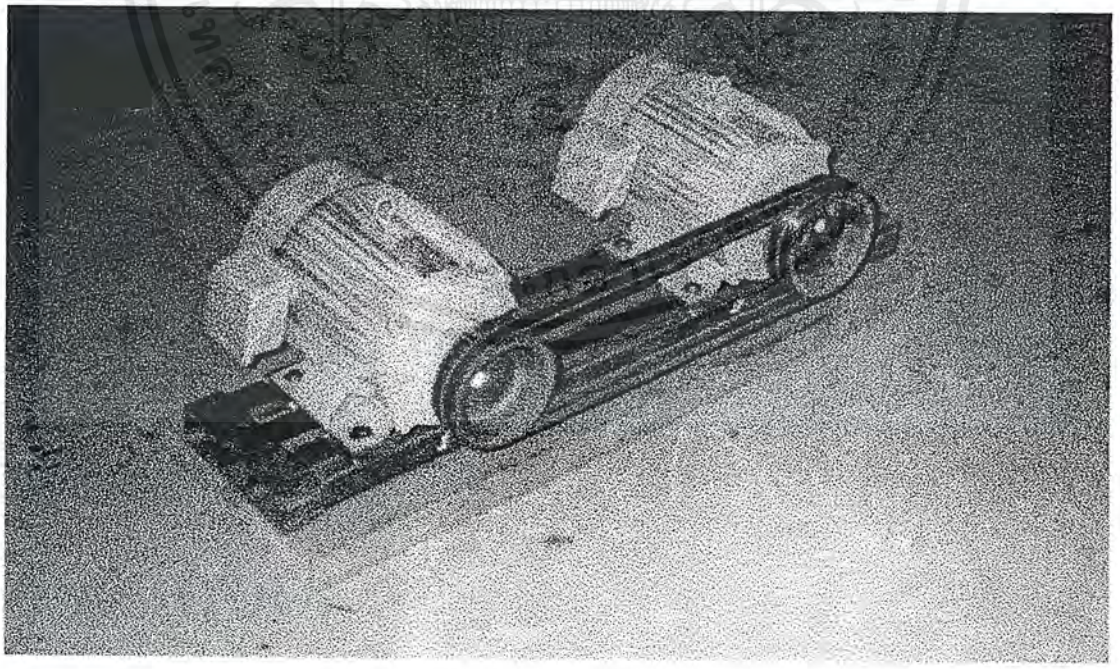
4. ทำการติดตั้งและทดสอบว่าค่าที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ โดยใช้วงจรในการทดสอบดังนี้รูปที่ 3.2

5. ถ้าผลการทดลองที่ได้ไม่ตรงก็ต้องทำการกลึงมู่เล่โดยใช้ตะไบและกระดาษทรายขัดในร่องมู่เล่และทำการทดลองใหม่จนกว่าจะได้ผลการทดลองถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

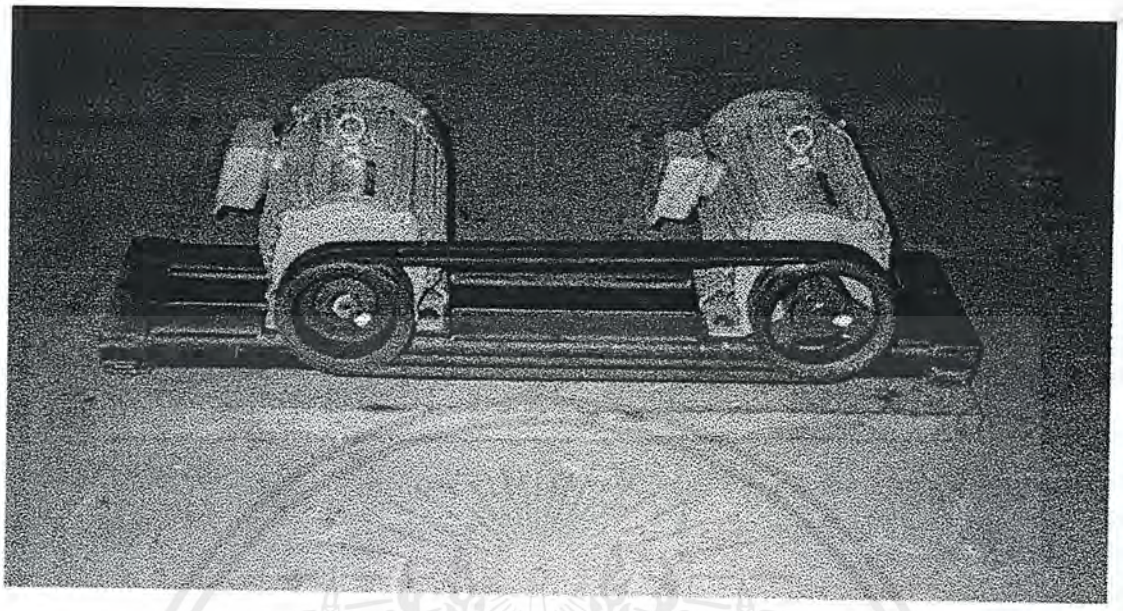


รูปที่ 5.4 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแหนี่ยวนำขนาด 1 แรงม้า ที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 5.5 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแหนี่ยวนำขนาด 3 แรงม้า ที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแหนี่ยวนำขนาด 5 แรงม้า ที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการทดลองของชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแต่ละชุด

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองชุดทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Induction Machine 1 แรงม้า Number 1 (เป็น Motor) ขับ Number 2 (เป็น Generator)

Speed Motor(rpm)	Speed Generator(rpm)	*I* Motor (A)	*I* Generator (A)	*I* Supply (A)	มุม *I* lag *V* Motor(องศา)	มุม *I* lag *V* Generator(องศา)	มุม *I* lag *V* Supply(องศา)
1401	1556	2.00	1.30	2.38	28.36	120.00	61.20

Power ของ Supply จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Motor จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Generator จากการวัด (วัตต์)
252.25	375	-135

Induction Machine 1 แรงม้า Number 2 (เป็น Motor) ขับ Number 1 (เป็น Generator)

Speed Motor(rpm)	Speed Generator(rpm)	*I* Motor (A)	*I* Generator (A)	*I* Supply (A)	มุม *I* lag *V* Motor(องศา)	มุม *I* lag *V* Generator(องศา)	มุม *I* lag *V* Supply(องศา)
1400	1554	2.00	1.28	2.42	27.13	118.69	55.80

Power ของ Supply จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Motor จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Generator จากการวัด (วัตต์)
299.25	385	-130

Induction Machine 3 แรงม้า Number 1 (เป็น Motor) ขับ Number 2 (เป็น Generator)

Speed Motor(rpm)	Speed Generator(rpm)	*I* Motor (A)	*I* Generator (A)	*I* Supply (A)	มุม *I* lag *V* Motor(องศา)	มุม *I* lag *V* Generator(องศา)	มุม *I* lag *V* Supply(องศา)
1417	1552	5.00	3.75	5.92	29.54	118.80	64.79

Power ของ Supply จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Motor จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Generator จากการวัด (วัตต์)
554.74	960	-397.47

Induction Machine 3 แรงม้า Number 2 (เป็น Motor) ขับ Number 1 (เป็น Generator)

Speed Motor(rpm)	Speed Generator(rpm)	*I* Motor (A)	*I* Generator (A)	*I* Supply (A)	มุม *I* lag *V* Motor(องศา)	มุม *I* lag *V* Generator(องศา)	มุม *I* lag *V* Supply(องศา)
1416	1552	5.00	3.90	6.10	27.13	111.60	64.79

Power ของ Supply จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Motor จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Generator จากการวัด (วัตต์)
571.61	950	-315.85

Induction Machine 5 แรงม้า Number 1 (เป็น Motor) ขับ Number 2 (เป็น Generator)

Speed Motor(rpm)	Speed Generator(rpm)	*I* Motor (A)	*I* Generator (A)	*I* Supply (A)	มุม *I* lag *V* Motor(องศา)	มุม *I* lag *V* Generator(องศา)	มุม *I* lag *V* Supply(องศา)
1425	1545	7.90	5.26	8.32	23.07	132.07	58.32

Power ของ Supply จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Motor จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Generator จากการวัด (วัตต์)
961.28	1598.96	-775.32

Induction Machine 5 แรงม้า Number 2 (เป็น Motor) ขับ Number 1 (เป็น Generator)

Speed Motor(rpm)	Speed Generator(rpm)	*I* Motor (A)	*I* Generator (A)	*I* Supply (A)	มุม *I* lag *V* Motor(องศา)	มุม *I* lag *V* Generator(องศา)	มุม *I* lag *V* Supply(องศา)
1426	1544	7.90	5.22	8.35	23.07	132.07	58.68

Power ของ Supply จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Motor จากการวัด (วัตต์)	Power ของ Generator จากการวัด (วัตต์)
956.27	1598.96	-769.43

บทที่ 6
สรุปผลและวิจารณ์

บทสรุปและวิจารณ์

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามารถทำงานในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้จริงตามทฤษฎี โดยต้องมีการจ่ายรีแอคทีฟเพาเวอร์ให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กและต้องมีตัวต้นกำลังขับโรเตอร์ให้มีความเร็วรอบมากกว่าความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลที่ได้จากการคำนวณพบว่าข้อมูลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในสภาวะที่เป็นมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงเป็นสิ่งยืนยันได้ว่าวงจรสมมูลที่หาได้มีความน่าเชื่อถือสามารถอ้างอิงได้ทั้งในสภาวะเป็มมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำคือ กระแส, ตัวประกอบกำลัง, กำลังงานและแรงบิด ที่ค่า
สลิปขนาดเดียวกันระหว่างสภาวะเป็นมอเตอร์กับสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้ผลดังนี้

- กระแสในสภาวะเป็นมอเตอร์มีค่ามากกว่าในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ในสภาวะเป็นมอเตอร์มีค่ามากกว่าในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- กำลังงานที่จ่ายให้กับในสภาวะเป็นมอเตอร์มีค่ามากกว่ากำลังงานที่ออกจากในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- แรงบิดในสภาวะเป็นมอเตอร์มีค่ามากกว่าในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากการทดลองบนแท่นทดสอบที่ได้สร้างขึ้นผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังงานที่วัดได้จากแหล่งจ่ายมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับกำลังงานที่เข้าสู่มอเตอร์ที่วัดได้ ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะจ่ายกำลังงานให้กับมอเตอร์ จึงทำให้เป็นการประหยัดกำลังงานในการทดสอบ

การทดสอบโครงงานนี้ใช้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำประเภทกรงกระรอก ซึ่งปรับค่าความต้านทานที่โรเตอร์ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำไม่ได้ ในการทดลองต่อไปน่าจะมีการทดลองกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบวาวด์โรเตอร์ ซึ่งจะทำให้เห็นว่าคุณลักษณะของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อมีการแปลี่ยนแปลงความต้านทานที่โรเตอร์

นอกจากนี้โครงงานนี้ยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามารถทำงานแบบกระตุ้นตัวเองได้ โดยการต่อคาปาซิเตอร์ที่มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะจ่ายรีแอคทีฟเพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวอร์เพื่อให้เครื่องจักรไฟฟ้าแหนี่ยวนำสร้างสนามแม่เหล็กได้ การพัฒนานี้จะนำไปสู่การใช้งาน
เครื่องจักรไฟฟ้าแหนี่ยวนำให้เกิดประโยชน์เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME PLATE ของ INDUCTION MOTOR

THREE PHASE INDUCTION MOTOR

1 HP 4 POLE TYPE SF – JR

HERTZ	50			FRAME	80M
VOLT	220	380		RATING	CONT
AMP	3.4	2.0		INS CLASS	B
RPM	1400			AMB. TEMP	40 C
JIS C	4004			BEARING	6204 – 6203 ZZ
JP 44	JP 4			SERIAL	999

THREE PHASE INDUCTION MOTOR

3 HP 4 POLE TYPE SF – JR

HERTZ	50		60	FRAME	100L
VOLT	220	380	220 380	RATING	CONT
AMP	8.7	5.0	8.3 4.8	INS CLASS	F
RPM	1420		1710	AMB. TEMP	40 C
JIS C	4004			WEIGHT	24 kgs.
JP	44			BEARING	
JC	4			6206ZZ	
SERIAL	999			6205ZZ	

THREE PHASE INDUCTION MOTOR

5 HP 4 POLE TYPE SF – JR

HERTZ	50		60	FRAME	100L
VOLT	220	380	220 380	RATING	CONT
AMP	13.7	7.9	13.7 7.9	INS CLASS	F
RPM	1420		1710	AMB. TEMP	40 C
JIS C	4004			WEIGHT	33 kgs.
JP	44			BEARING	
JC	4			6207ZZ	
SERIAL	799			6206ZZ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามวัตถุประสงค์เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากบุคคลต่อไปนี้

1. ผศ.พิชิต ลำยอง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นายวรชาติ แซ่ก๊ก นักศึกษาปริญญาโทคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] พิชิต ลำยอง,"เครื่องกลไฟฟ้า 1",ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2539

[2] ธวัสชัย อัตถวิบูลย์กุล,"เครื่องกลไฟฟ้า 2 ทฤษฎีไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสและเฟสเดียว", สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ,2536

[3] วริทธิ์ อึ้งภาภรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน,"การออกแบบเครื่องจักรกล",บริษัท ซีเอ็ดยูเค ชั่น จำกัด,2521

[4] Richard A. Pearman,"Electrical Machinery and Transformer Technology",Saunders Collage Publishing,1994

[5] M.G. SAY,"Alternating Current Machines",Fifth Edition,Longman Scientific and Technical,1983

[6] Pericles Emanuel,"Motor, Generator, Transformer, and Energy",Prentice-Hill,Inc.,1995

[7] Stephen D. Chapman,"Electric Machinery Fundamentals",Second Edition,McGral-hill,Inc.,1991

[8] IEEE,"IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motor and Generator",IEEE Standard 112-1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้