



กรณีศึกษา คุณลักษณะของแรงบิด-ความเร็วรอบ

ในอินดักชันมอเตอร์

**STUDYING TORQUE-SPEED CHARACTERISTICS
IN INDUCTION MOTOR**

นายนราวุธ สุขเสวี รหัส 44362283

๖๐๘๐๕๖๒

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 15 / ๐๖.ค. 2550 /
เลขทะเบียน..... 5000077
เลขเรียกหนังสือ..... ๕๐๐
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๖๒4๑๐

๒๕๔๙

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549




ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ กรณีศึกษา คุณลักษณะของแรงบิด-ความเร็วรอบในอินดักชันมอเตอร์
ผู้ดำเนินโครงการ นายนราวุธ สุขเสวี รหัส 44362283
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2549

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม


..... ประธานกรรมการ
(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)


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


..... กรรมการ
(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

หัวข้อโครงการ	กรณีศึกษา คุณลักษณะของแรงบิด-ความเร็วรอบในอินดักชันมอเตอร์
ผู้ดำเนินโครงการ	นายบรรพต สุขเสวี รหัส 44362283
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะของแรงบิดและความเร็วรอบในอินดักชันมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ โปรแกรม PSIM ช่วยในการจำลองการทำงานของอินดักชันมอเตอร์ในสถานะต่าง ๆ ผลการศึกษาช่วยให้เกิดความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบในอินดักชันมอเตอร์ได้ดี อีกทั้งการทดลองก็สอดคล้องกับทฤษฎีบทของอินดักชันมอเตอร์



Project Title	Cast Study of Torque and Speed Characteristics of Induction Motor	
Name	Mr.Narawut_Sukseewee	ID_44362283
Project Advisor	Dr. Somporn Ruangsinchaiwanich	
Major	Electrical Engineering.	
Department	Electrical and Computer Engineering.	
Academic Year	2006	

Abstract

The project is to study torque and speed characteristics of induction motor, which is significant for applying to any work. PSIM program assists to simulate the operation of induction motor in several circumstances. The result illustrates the relationship between torque and speed characteristics of induction motor, together that the experiment is good agreement with induction fundamental.

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ.....	จ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1. ที่มาและความสำคัญของ โครงการ	1
2. วัตถุประสงค์ของ โครงการ	1
3. ขอบเขตของ โครงการ	1
4. ขั้นตอนการทำงาน.....	1
5. แผนการดำเนินงาน.....	2
6. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
7. รายละเอียดงบประมาณของ โครงการ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
1. อินдукชันมอเตอร์	4
1.1 อินдукชันมอเตอร์สามเฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก	4
1.2 อินдукชันมอเตอร์สามเฟส แบบวาวน์โรเตอร์.....	5
2. รูปร่างของโครงสร้างภายในสลลิปริงมอเตอร์.....	7
3. องค์ประกอบที่สำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	8
3.1 สลิป(Slip).....	8
3.2 ความถี่ของกระแสโรเตอร์(Frequency of Rotor Current).....	8
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโรเตอร์	8
3.4 ทอร์กสตาร์ท	10
4. คุณลักษณะของอินдукชันมอเตอร์	11
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบ	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 รูปร่างของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบ.....	11
4.3 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์.....	12
4.3 คุณลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบที่สมบูรณ์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	13
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง	14
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
1. ผลการทดลองของอินดักชันมอเตอร์ โรเตอร์แบบกรงกระรอก	17
2. ผลการทดลองของอินดักชันมอเตอร์ โรเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์.....	29
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	41
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	41
5.2 สรุปผลการทดลอง	43
เอกสารอ้างอิง.....	44
ประวัติผู้เขียนโครงการ	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

เป็นการศึกษาทฤษฎีของมอเตอร์ถึงความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์คในมอเตอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic ช่วยในการทดลองและเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลและกราฟที่ได้มาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและทอร์ค แล้วจึงนำข้อมูลและกราฟที่ได้จากการทดลองนี้มาเปรียบเทียบกับทฤษฎีว่ามีความเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.ศึกษาทฤษฎีเรื่องความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์คของมอเตอร์และโปรแกรม Psim power Electronic
- 2.ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์ค
- 3.สรุปผลของความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์ค ว่าผลที่ได้จากการทดลองและทฤษฎีที่ศึกษาจากหนังสือมีความเหมือนกันหรือต่างกัน

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic ทดลองและทำการทดลองกับอุปกรณ์ในห้องทดลอง โดยจะเก็บข้อมูลทั้งหมดแล้วจึงนำข้อมูลที่ทดลองได้มาเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่ศึกษาจากหนังสือ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์คในมอเตอร์
- 2.ศึกษาโปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic
- 3.ทำการทดลองโดยการ ใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic จำลองวงจรในการทดลองและทำการทดลองกับอุปกรณ์ในห้องทดลอง ทำการเก็บข้อมูล
- 4.นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่ศึกษามาจากหนังสือ
- 5.สรุปผลและจัดทำรูปเล่ม โครงการ

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน-ปี				
	ธ.ค.49	ม.ค.49	ก.พ.50	มี.ค.50	เม.ย.50
1.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์กในมอเตอร์	↔				
2.ศึกษาโปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic		↔			
3.ทำการทดลองโดยการใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic จำลองวงจรในการทดลอง และทำการทดลองกับอุปกรณ์ในห้องทดลอง ทำการเก็บข้อมูล			↔		
4.นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีศึกษามาจากหนังสือ				↔	
5.สรุปผลและจัดทำรูปเล่มโครงการ					↔

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.เข้าใจทฤษฎีเรื่องความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์คของมอเตอร์และโปรแกรม

Psim power Electronic

- 2.ได้ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์ค
- 3.สามารถสรุปผลของความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและทอร์ค ที่ได้จากการทดลองและนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่ศึกษาจากหนังสือได้

1.7 งบประมาณ

1.ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มโครงการ	500	บาท
2.ค่าแผ่นซีดี	100	บาท
3.ค่าหมึกพิมพ์	400	บาท
รวมเป็นเงิน	1,000	บาท
		(หนึ่งพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ



หลักการและทฤษฎี

อินดักชันมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไป มีข้อดี คือ ไม่มีแปรงถ่านทำให้การสูญเสียเนื่องจากความฝืดมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การบำรุงรักษาบ่อย เริ่มหมุนง่าย โดยเฉพาะชนิดกรงกระรอก สร้างง่าย ทนทาน ราคาถูก ไม่เสียหายง่ายและมีประสิทธิภาพสูง มีข้อเสียอยู่บ้างคือ การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยากเนื่องจากความเร็วรอบจะแปรผันตรงกับภาระ แรงบิดเริ่มหมุนค่อนข้างต่ำกว่าแรงบิดเริ่มหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซันท์ ปัจจุบันมีการพัฒนามอเตอร์ชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจนเป็นที่ยอมรับในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป

อินดักชันมอเตอร์สามเฟสมี 2 แบบคือ โรเตอร์แบบกรงกระรอก และแบบวาวด์โรเตอร์

อินดักชันมอเตอร์สามเฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก

มอเตอร์แบบนี้ใช้งานกันแพร่หลายที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม โดยปกติแล้วมอเตอร์สามเฟสแบบนี้จะทำงานด้วยความเร็วคงที่ตลอดเวลา

ส่วนประกอบ ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้คือ สเตเตอร์ โรเตอร์ และฝาครอบหัวท้าย ซึ่งฝาครอบนี้อาจจัดเข้าเป็นสเตเตอร์ก็ได้ ส่วนของโรเตอร์ แกนโรเตอร์ (rotor core) จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนต ลักษณะกลม เจาะรูด้านนอก โดยรอบเป็นสล๊อท นำมาอัดยึดติดกันให้เป็นแกนรูปทรงกระบอก รูสล๊อทโดยรอบฝังด้วยตัวนำไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นทองแดงหรือโลหะผสม หรืออลูมิเนียม ในกรณีที่สล๊อทฝังด้วยแท่งตัวนำ ปลายแต่ละด้านของแท่งตัวนำที่โผล่ออกไปที่ด้านทั้งสองของแกน โรเตอร์จะถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยแหวนตัวนำ โดยการเชื่อมให้หลอมละลายติดกัน แต่ก่อนใช้วิธีนี้ ซึ่งมีปัญหาตามมาคือรอยต่ออาจหลอมละลาย หรือแยกจากกัน ด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในขณะที่มอเตอร์กำลังทำงาน

ปัจจุบัน ตัวนำที่บรรจุอยู่ในสล๊อทของโรเตอร์จะใช้วิธีหล่อตัวนำไฟฟ้าซึ่งปกติจะเป็นโลหะผสมหรืออะลูมิเนียมเข้าไปเลย รวมทั้งหล่อแหวนตัวนำเชื่อมตัวนำในสล๊อทแต่ละด้านของโรเตอร์ด้วย และพร้อมกันนี้ก็หล่อแผ่นครีปที่ช่วยในการระบายความร้อนให้ยื่นออกไปทั้งสองข้างพร้อมกันเลย ตัวนำทั้งหมดในสล๊อทแหวนตัวนำที่ด้านข้าง และแผ่นครีประบายความร้อนจะถูกหล่อให้ติดกันทั้งหมดพร้อมๆกัน เป็นชิ้นเดียวกันเลย สล๊อทจะมีลักษณะเฉียงกับแนวแกน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับ (locking) กันระหว่างฟัน (teeth) ของครีเตอร์และสเตเตอร์ และสล๊อทของโรเตอร์จึงใช้ชนิดปิด (closed slot) แต่ถ้าใช้สล๊อทชนิดกึ่งปิด (semiclosed slot) ปากเปิดน้อยๆของสล๊อทจะถูก

ปีขณะที่โรเตอร์อยู่ในขบวนการหล่อ และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ที่ตัวโรเตอร์จะต้องมีท่อระบายความร้อนด้วย โดยปกติแล้วท่อลมสำหรับระบายความร้อนนี้ จะเจาะให้ทะลุจากปลายด้านหนึ่งถึงปลายอีกด้านหนึ่งของแกนโรเตอร์ และอยู่ระหว่างเพลากับสลีทโดยรอบ วิธีการหล่อตัวนำลงในสลีท ของโรเตอร์นี้จะไม่เกิดการประหัดลยสำหรับการผลิตมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ผลิตครั้งละไม่มากนัก

สำหรับสเตเตอร์จะประกอบด้วยโครงเหล็ก แกนขดลวดและขดลวด โครงเหล็กจะมี 2 ลักษณะคือ แบบที่ผิวนอกเรียบ และแบบที่ผิวนอกจะมีครีบสำหรับระบายความร้อน โครงเหล็กทั้งสองแบบนี้ทำด้วยเหล็กหล่อ สำหรับแบบที่ผิวนอกเรียบอาจทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวมีวนให้เป็นรูปทรงกระบอกแล้วเชื่อมให้ติดกันก็ได้ ส่วนด้านนอกจะมีกล่องต่อสายและขาตั้ง

แกนเหล็กสเตเตอร์หรือแกนขดลวด จะทำด้วยแผ่นเหล็กลามิเนทเช่นเดียวกับแกนโรเตอร์ โดยอัดตรงกลางแผ่นลามิเนทออกแล้วเจาะด้านในให้เป็นร่อง โดยรอบที่เรียกว่าสลีท แล้วนำแกนลามิเนทเหล่านี้มาอัดยึดติดกัน

ฝาครอบหัวท้ายของมอเตอร์จะทำด้วยเหล็กหล่อมีรูตรงกลางสำหรับอัดแบร์ริงรองรับเพล่าให้ติดแน่นทั้งสองข้างที่ฝาครอบนี้จะเจาะให้มีช่องสำหรับถ่ายเทอากาศด้วยคือเป็นช่องสำหรับให้ลมร้อนออกมาเป็นการช่วยระบายความร้อนของมอเตอร์ด้วย แบร์ริงที่อัดติดกับรูตรงกลางของฝาครอบอาจจะเป็นแบบปลอกหรือสลีฟ(sleeve bearing) และแบบบอลล์(ball bearing)

หลักการทำงาน เมื่อป้อนไฟฟ้า 3 เฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์ สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์นี้จะขูดตัวและขยายตัวตามการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นไซน์ของไฟกระแสดลပ်และไปตัดกับขดลวดที่โรเตอร์เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขึ้นที่โรเตอร์ และเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ด้วย คือเมื่อป้อนไฟกระแสดลပ်ให้กับขดลวดสเตเตอร์แล้วจะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนและสนามแม่เหล็กหมุนนี้จะไปเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเกิดกระแสเหนี่ยวนำและเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์และให้สนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์ดึงดูดให้สนามแม่เหล็กจาก โรเตอร์หมุนตามไปด้วย คือทำให้โรเตอร์หมุนไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางหมุนของสนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์ ซึ่งความเร็วที่หมุนนี้ จะหมุนด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสเสมอ

อินดักชันมอเตอร์สามเฟส แบบวาวด์โรเตอร์

มอเตอร์แบบนี้จะมีใช้งานเฉพาะบางอย่างเท่านั้น สามารถปรับความเร็วได้ง่ายและสะดวก ซึ่งต่างจากมอเตอร์แบบสไลวเรลเกจที่ทำงานด้วยความเร็วคงที่เสมอ มอเตอร์แบบนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สลิปริงมอเตอร์(slip ring motor)

ส่วนประกอบ มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนกับมอเตอร์แบบสไลวเรลเกจ คือประกอบด้วย สเตเตอร์โรเตอร์และฝาครอบ สเตเตอร์และฝาครอบจะเหมือนกับมอเตอร์แบบสไลว

เรลเกจทุกประการ แม้แต่การพันขดลวดการต่อขดลวด ส่วนที่ต่างกันคือ โรเตอร์ของมอเตอร์แบบ วาวด์โรเตอร์นี้จะทำด้วยแผ่นเหล็กลามิเนทเจาะรูเป็นสล็อตและมีรูสำหรับระบายความร้อนแล้วนำ แผ่นลามิเนทแต่ละแผ่นมาอัดเข้าด้วยกันเป็นแกน โรเตอร์เช่นเดียวกับแกน โรเตอร์ของมอเตอร์ แบบสไลวเรลเกจทุกประการ ที่แตกต่างกันจริงๆก็เฉพาะขดลวดที่พันลงในสล็อตโรเตอร์เท่านั้น ขดลวดที่พันลงในสล็อตโรเตอร์จะพันด้วยเส้นลวดทองแดงกลมหรือแบนซึ่งแล้วแต่จะออกแบบ โดยพันให้แต่ละเฟสห่างกัน 120 องศาไฟฟ้าและพันให้มีจำนวน โพลเท่ากับจำนวน โพลที่สเตเตอร์ ทุกประการด้วยเมื่อพันขดลวดลงในสล็อตโรเตอร์เสร็จแล้วจะต่อขดลวดเป็นแบบสตาร์ เหลือปลาย สายต่อเข้ากับสลีปรึงเพียง 3 ปลายเท่านั้น ลักษณะโรเตอร์ที่พันขดลวดเสร็จแล้วคังรูป สลัปรึงยึดติด อยู่กับเพลลาของ โรเตอร์แต่ละตัวมีฉนวนรองรับเพื่อไม่ให้ติดต่อดึงกันทาง ไฟฟ้า ที่สลัปรึงจะมีแปลง ถ่าน(carbon brushes) วางสัมผัสอยู่ในช่องแปลงถ่านและมีสลัปรึงกดให้สัมผัสแน่นตลอดเวลาด้วย จากแปลงถ่านนี้จะต่อสายออกไปภายนอกเพื่อต่อเข้ากับความต้านทานเพื่อควบคุมความเร็วต่อไป

หลักการทำงาน เมื่อป้อนแรงดัน ไฟกระแสสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะเกิด สนามแม่เหล็กหมุนและมีความเร็วที่เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส ความเร็วซิงโครนัสนี้จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับจำนวน โพลของมอเตอร์ สนามแม่เหล็กหมุนจะขยับตัวและขยายตัวติดกับขดลวดที่ โรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำด้วย กระแสเหนี่ยวนำนี้จะไหลผ่านสลั ปรึงผ่านความต้านทานภายนอกที่ต่อร่วมกับขดลวด โรเตอร์เพื่อช่วยในการสตาร์ทและปรับความเร็ว

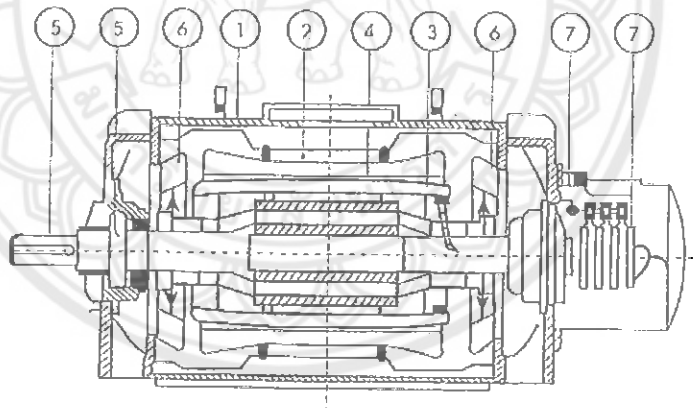
ขณะสตาร์ท ความต้านทานภายนอกจะต่อแบบสตาร์ ความต้านทานที่ต่อเข้าไปร่วมกับ ขดลวด โรเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดเริ่มต้นดีขึ้น และเป็นผลทำให้อิมพีแดนซ์ของ โรเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย กระแส โรเตอร์ก็จะลดลง แต่กระแสเกือบจะมีเฟสเดียวกับกับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและเส้นแรง แม่เหล็กจากขดลวดสเตเตอร์จึงเป็นผลทำให้แรงบิดตอนสตาร์ทสูงขึ้น

เมื่อความเร็วมอเตอร์สูงขึ้นแล้วจึงค่อยๆลดความต้านทานภายนอกออกจากวงจรของ ขดลวด โรเตอร์ เมื่อลดความต้านทานภายนอกออกหมด สลัปรึงจะต่อลัดวงจรที่จุดต่อสตาร์ของ ความต้านทานภายนอก ขณะนี้มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเต็มพิกัด(rated speed) ถ้าต้องการปรับ ความเร็วของมอเตอร์แบบนี้ก็จะให้เพิ่มความต้านทานหรือลดความต้านทานภายนอกเข้ากับวงจร ขดลวด โรเตอร์ ปกติแล้วจะปรับความเร็วให้ต่ำกว่าความเร็วเต็มพิกัด

สามารถเริ่มเดินขณะขับ โหลดสูงๆได้โดยการเพิ่มความต้านทานเข้าไปในวงจรขดลวด โร เตอร์ แต่จะทำให้เกิดความสูญเสีย I^2R เพิ่มขึ้นใน โรเตอร์ ซึ่งเป็นผลอันหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพ ของมอเตอร์ลดลง

รูปร่างของโครงสร้างภายในสลลิปริงมอเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. โครงเหล็ก(Frame) ทำมาจากเหล็กหล่ออัลลอยด์
2. แกนเหล็กของสเตเตอร์และโรเตอร์(Stator and Rotor Core) ทำมาจากลามีเนตของเหล็กซิลิคอนที่มีการสูญเสียต่ำและถูกเคลือบเงาทั้ง 2 ด้าน
3. ขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์(Stator and Rotor Windings) ขดลวดทั้งสองด้านจะถูกเคลือบด้วยฉนวนกันความชื้นร่วมกับแผ่นไมก้า ข้อควรระวังคือ การหมุนเวียนของอากาศสำหรับขดลวดทั้งสองต้องดี และขดลวดทั้งสองจะต้องถูกยึดอย่างดีเพื่อด้านทานกับแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและแรงกดจากการลัดวงจรของสลลิปริง
4. ช่องว่างอากาศ(Air-gap) การทำรอยบากจะต้องระมัดระวังเพื่อให้ช่องว่างอากาศระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์มีลักษณะเหมือนกัน เพื่อให้ฟลักซ์แม่เหล็กกระจายอย่างสม่ำเสมอ
5. เพลาและลูกปืน(Shafts and Bearings) แบบเรียงแบบกรงกระรอก และแบบกลมจะเหมาะสมสำหรับการใช้งานประเภทหนัก(heavy duty) และช่วยให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สูงขึ้น
6. พัดลม(Fans) พัดลมที่ทำจากอะลูมิเนียมจะถูกใช้งานสำหรับการหมุนเวียนของอากาศได้อย่างเพียงพอ โดยพัดลมจะถูกยึดกับเพลาของโรเตอร์
7. สลลิปริงและชุดครอบสลลิปริง(Slip-ring and Slip-ring Enclosures) ทำมาจากทองเหลืองผสมกับฟอสเฟอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง



รูปร่างของโครงสร้างภายในของสลลิปริงมอเตอร์

องค์ประกอบที่สำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

สลลิป(Slip)

ในทางปฏิบัติโรเตอร์จะไม่ติดไปกลับฟลักซ์แม่เหล็กของสเตเตอร์ได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำให้ในช่วงที่ไม่เกาะติดนี้ไม่มีความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กของสเตเตอร์และโรเตอร์ จึงไม่เกิดแรงดันไฟฟ้า emf และกระแสไฟฟ้าขึ้น ดังนั้นจึงไม่เกิดทอร์กที่จะรักษาการเคลื่อนที่ไว้ นี่คือสาเหตุว่าทำไมโรเตอร์จึงหมุนที่ความเร็วรอบค่าหนึ่งที่มีค่าน้อยกว่า ความเร็วรอบของฟลักซ์แม่เหล็กของสเตเตอร์เสมอ ซึ่งความแตกต่างของความเร็วรอบนี้จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับโหลด ความแตกต่างระหว่างความเร็วรอบซินโครนัส(N_s) และความเร็วรอบจริง(N) ของโรเตอร์ถูกเรียกว่า สลลิป ซึ่งปกติจะแสดงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบซินโครนัสและหาค่าได้ดังนี้

$$\% \text{ ของ } S = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100$$

บางครั้งค่า $N_s - N$ จะถูกเรียกว่า ความเร็วรอบสลลิป (Slip speed) และจากสมการด้านบน จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์ดังนี้

$$N = N_s(1-S)$$

ฟลักซ์แม่เหล็กหมุนจะหมุนแบบซินโครนัสสัมพันธ์กับสเตเตอร์ แต่ที่ความเร็วรอบสลลิปจะสัมพันธ์กับโรเตอร์

ความถี่ของกระแสโรเตอร์(Frequency of Rotor Current)

เมื่อโรเตอร์อยู่กับที่ ความถี่ของกระแสโรเตอร์มีค่าเท่ากับความถี่ของแหล่งจ่าย แต่เมื่อโรเตอร์เริ่มหมุนความถี่ของมันจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบสลลิป กำหนดให้ทุกๆ ความเร็วรอบสลลิป ความถี่ของกระแสโรเตอร์มีค่าเป็น f' ดังนั้น

$$\text{ความเร็วสลลิป} = N_s - N = \underline{120 f'}$$

P

และ

$$N_s = \underline{120 f}$$

P

ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโรเตอร์

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ทอร์กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(T_a) จะแปรผันตรงกับฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้ว(Φ) และกระแสอาร์เมเจอร์ คือ

$$T_a \propto \Phi I_a$$

หรือ

$$T_a = K\Phi I_a$$

แต่ในอินดักชันมอเตอร์จะมีลักษณะความสัมพันธ์ที่คล้ายๆกัน คือทอร์กจะแปรผันตรงกับฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ กระแสโรเตอร์ และเพาเวอร์แฟกเตอร์ คือ

$$T \propto \Phi I_2 \cos\theta_2$$

หรือ

$$T = K\Phi I_2 \cos\theta_2$$

โดยที่ I_2 คือ กระแสโรเตอร์ขณะหยุดนิ่ง
 θ_2 คือ มุมระหว่างแรงดันไฟฟ้า emf ของโรเตอร์กับกระแสโรเตอร์
 K คือ ค่าคงที่
 $\cos\theta_2$ คือ เพาเวอร์แฟกเตอร์หรือ P.f.

$$\text{แต่ } E_2 \propto \Phi$$

โดยที่ E_2 คือ แรงดันไฟฟ้า emf ของโรเตอร์ขณะหยุดนิ่ง
 ดังนั้น

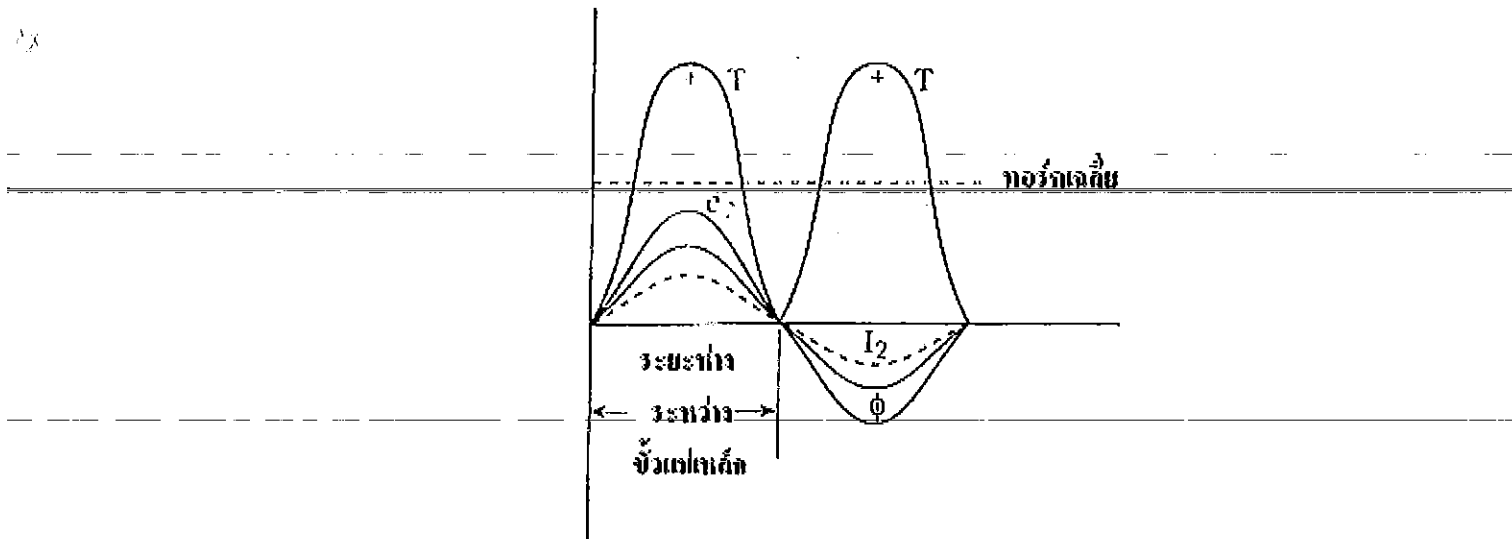
$$T \propto E_2 I_2 \cos\theta_2$$

หรือ

$$T = K_1 E_2 I_2 \cos\theta_2$$

โดย K_1 คือ ค่าคงที่

ผลของเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโรเตอร์ที่ส่งผลต่อทอร์กของโรเตอร์จะอธิบายได้ดังรูปข้างล่าง โดยที่ค่า θ_2 มีการเปลี่ยนแปลง จะเห็นได้ว่า เมื่อ θ_2 เพิ่มขึ้น จะทำให้ $\cos\theta_2$ หรือเพาเวอร์แฟกเตอร์ลดลง ดังนั้นจึงทำให้ทอร์กลดลงแต่เมื่อ θ_2 ลดลงจะทำให้ $\cos\theta_2$ เพิ่มขึ้น และส่งผลให้ทอร์กเพิ่มขึ้น



อธิบายผลของเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ส่งผลต่อทอร์ค

เมื่อสมมติให้การกระจายของฟลักซ์แม่เหล็กสเตเตอร์มีลักษณะเป็นรูปไซน์เวฟ ฟลักซ์แม่เหล็กหมุนจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า emf ในตัวนำแต่ละตัวของโรเตอร์ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้า emf จะขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก ตามสมการ ดังนี้

$$e = Blv$$

โดยที่	e	คือ แรงดันไฟฟ้า emf มีหน่วยเป็น โวลต์(V)
	B	คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น wb/m ²
	v	คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของตัวนำ มีหน่วยเป็น m/s
	l	คือ ความยาวของตัวนำที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก

ดังนั้นจึงส่งผลให้แรงดันไฟฟ้า emf ของโรเตอร์มีลักษณะเป็นรูปไซน์เวฟด้วย

ทอร์คสตาร์ท(Starting Torque)

1. ทอร์คสตาร์ทของมอเตอร์แบบกรงกระรอก

ทอร์คสตาร์ทของมอเตอร์แบบกรงกระรอกจะมีค่ามากกว่าทอร์คเต็มพิกัด และกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทจะมีค่าสูงกว่ากระแสเต็มพิกัด ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จะไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากจะต้องสตาร์ทด้วยกระแสสูงมากเพื่อขับโหลดหนักๆ

2. ทอร์กสตาตร์ทของสลิปริงมอเตอร์

ทอร์กสตาตร์ทของมอเตอร์ชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ โดยการต่อตัวต้านทานจากภายนอกเพิ่มเข้าไปในวงจรโรเตอร์ และจะถูกปลดออกเมื่อมอเตอร์หมุนได้ ความเร็วรอบที่ต้องการ

เงื่อนไขที่ทำให้ทอร์กสตาตร์ทมีค่าสูงสุด ทอร์กสตาตร์ทของมอเตอร์จะมีค่าสูงสุดเมื่อค่าความต้านทานของโรเตอร์มีค่าเท่ากับรีแอกแตนซ์ของโรเตอร์และการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันไฟฟ้า จะแปรผันตรงกับทอร์กสตาตร์ท

ทอร์กของมอเตอร์ขณะทำงาน

ทอร์กขณะทำงานจะมีค่าสูงสุด เมื่อความต้านทานของ โรเตอร์มีค่าเท่ากับรีแอกแตนซ์ของ โรเตอร์คูณด้วยสลิป

-ทอร์กสูงสุดจะไม่ขึ้นกับค่าความต้านทานของ โรเตอร์ เพราะค่าอิมพีแดนซ์ที่เพิ่มขึ้นขณะ มอเตอร์ทำงานจะส่งผลต่อทอร์กมากกว่าความต้านทานของ โรเตอร์

-ทอร์กจะมีค่าสูงสุดเมื่อความต้านทานของ โรเตอร์มีค่าเท่ากับรีแอกแตนซ์ของ โรเตอร์

-ทอร์กสูงสุดจะแปรผันกับค่ารีแอกแตนซ์ขะหยุดนิ่ง ดังนั้นค่ารีแอกแตนซ์ของ โรเตอร์ ควรจะมีค่าต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

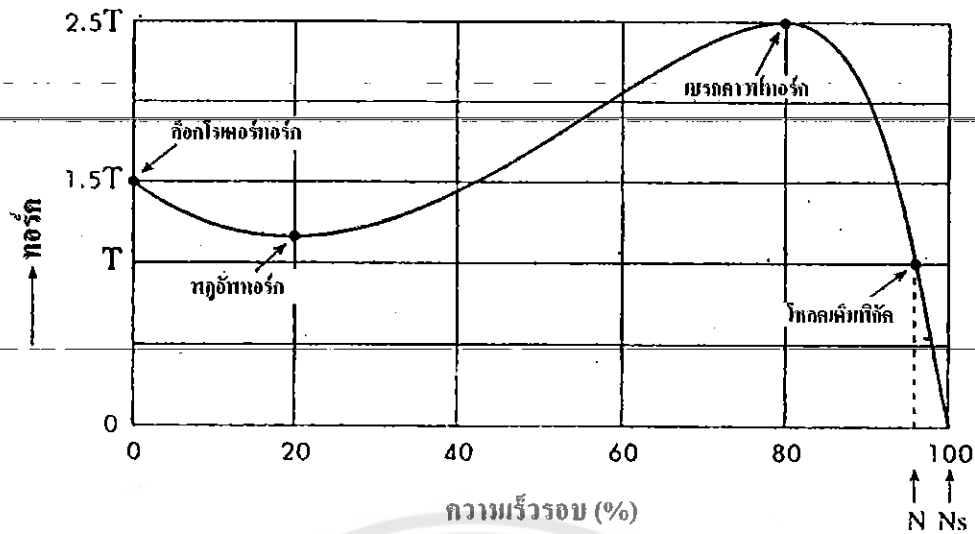
-ทอร์กสูงสุดจะแปรผันตรงกับแรงดัน ไฟฟ้าของ โรเตอร์ยกกำลังสอง

คุณลักษณะของอินดัคชันมอเตอร์

1. ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบ

ทอร์กที่ถูกสร้างขึ้นจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ ความสัมพันธ์ของ ทอร์กและความเร็วรอบจะแสดงได้ดังรูป

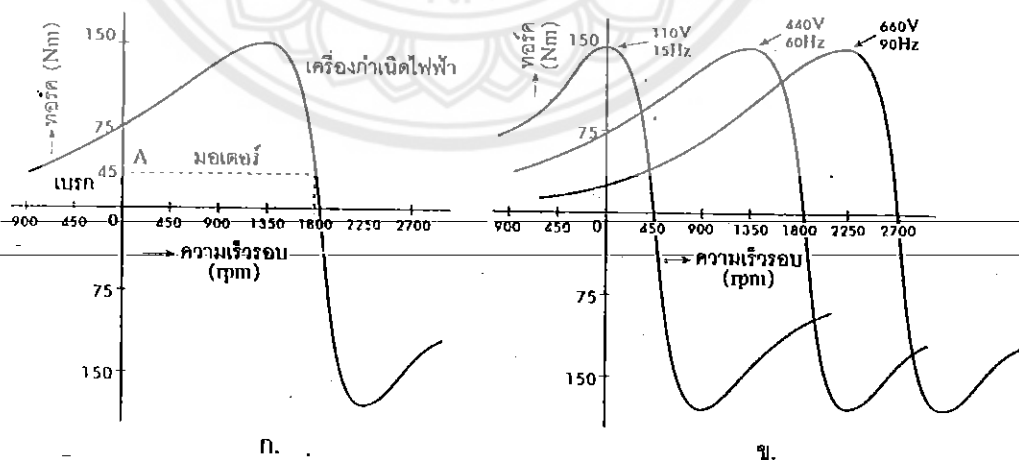
ขณะโหลดเต็มพิกัด มอเตอร์จะหมุนที่ความเร็วรอบ N rpm เมื่อโหลดทางกลมากขึ้น ความเร็วรอบของมอเตอร์จะลดลงจนกระทั่งทอร์กของมอเตอร์มีค่าเท่ากับทอร์กของ โหลด ในช่วง ที่ทอร์กทั้งสองเท่ากันมอเตอร์จะหมุนที่ความเร็วรอบคงที่ แต่ถ้าทอร์กมีค่ามากกว่า 2.5 เท่าของ ทอร์กเต็มพิกัดมอเตอร์จะหยุดหมุนทันที



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบ

2. รูปร่างของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบ

รูปร่างของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์แบบกรงกระรอก จะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่ใช้กับสเตเตอร์ ถ้าความถี่ที่ ทอร์จะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้ายกกำลังสอง ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟจะถูกเปลี่ยนแปลงในลักษณะแปรผันตรงกันเพื่อที่จะรักษาค่าของฟลักซ์แม่เหล็กบริเวณช่องว่างให้คงที่

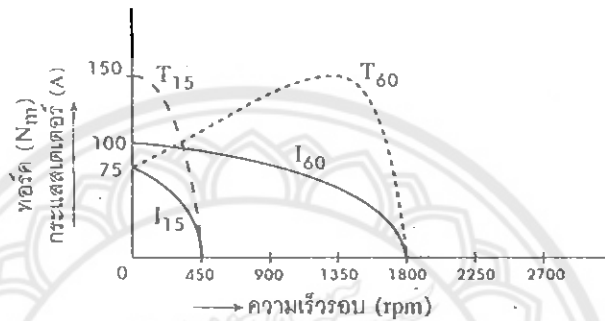


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบเมื่อแรงดันและความถี่เปลี่ยนแปลง

3. ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์

ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์จะมีลักษณะเป็นรูปตัว V ซึ่งมีค่าต่ำสุดที่ความเร็วรอบซิงโครนัส โดยค่าต่ำสุดนี้จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าของแม่เหล็กที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กในมอเตอร์เพราะฟลักซ์แม่เหล็กจะถูกรักษาให้มีค่าคงที่

อินดักชันมอเตอร์แบบกรงกระรอกสามารถทำให้ค่าทอร์คมีค่าใกล้เคียงกับเบรคควาน์ทอร์ค ได้ทุกค่าความเร็วรอบ ตั้งแต่ศูนย์ถึงความเร็วรอบเต็มพิกัดได้ โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในช่วงการสตาร์ท



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและกระแสไฟฟ้ากับความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์ที่ความถี่ต่างๆ

ข้อดีของการควบคุมความถี่ คือ มันจะยอมให้มอเตอร์เบรคแบบรีเจนเนอเรทีฟได้ เหตุผลหลักของการใช้ชุกซ์อินดักชันมอเตอร์ด้วยวิธีการควบคุมความถี่ คือ มันจะให้ค่าทอร์คสูงตั้งแต่ความเร็วรอบเท่ากับศูนย์จนถึงความเร็วรอบเต็มพิกัด ซึ่งสามารถใช้วิธีการเบรคแบบรีเจนเนอเรทีฟได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

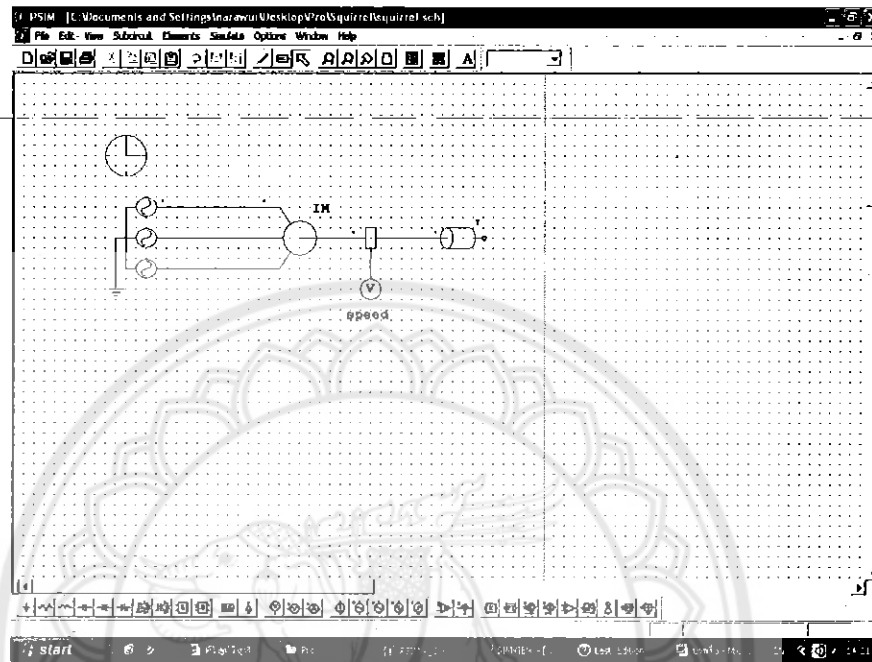
4. คุณลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบที่สมบูรณ์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถทำงานเป็นมอเตอร์เมื่อมันได้รับกำลังไฟฟ้าเข้ามาและจ่ายออกไป ทิศทางของทอร์คและทิศทางของการหมุนของโรเตอร์จะอยู่ในทิศทางเดียวกัน และเครื่องกลไฟฟ้าตัวเดียวกันสามารถที่จะถูกใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัสได้ เมื่อขับโหลดที่ความเร็วสูงกว่าความเร็วรอบซิงโครนัส ซึ่งในลักษณะนี้มันจะรับพลังงานเข้าไปในโรเตอร์และจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกจากสเตเตอร์ โดยที่ทอร์คและความเร็วรอบจะมีทิศทางตรงข้ามกัน

บทที่ 3

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้โปรแกรม PSIM Power Electronic จำลองการต่อวงจรมอเตอร์แล้วทำการประมวลผลของโปรแกรมจะได้ค่าต่างๆเป็นข้อมูลตัวเลข

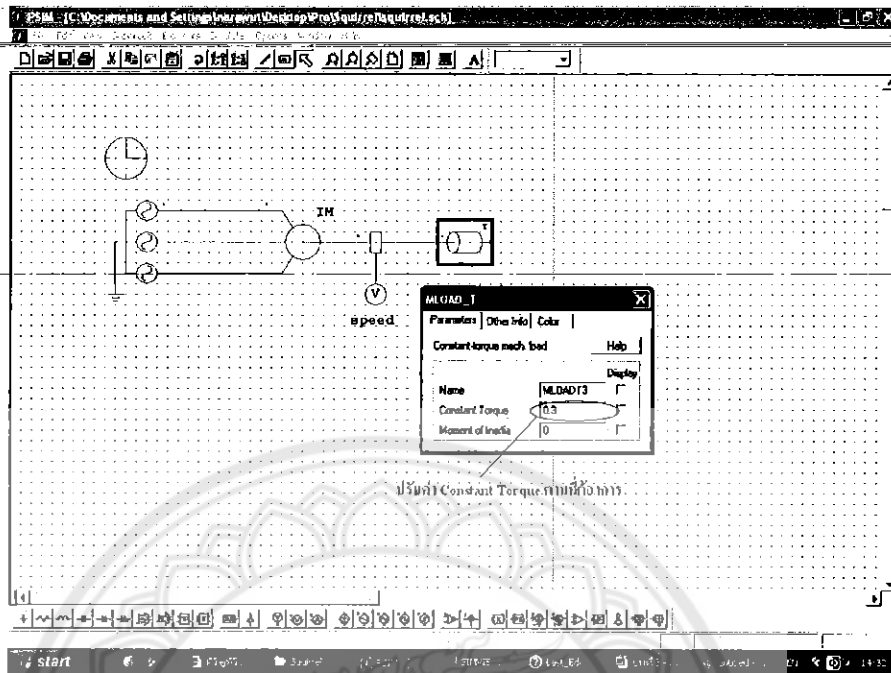


รูปจำลองการต่อวงจรมอเตอร์

Time	speed
0.20000000E-02	-0.314067E-02
0.40000000E-02	0.398442E+00
0.60000000E-02	0.382540E+01
0.80000000E-02	0.144663E+02
0.10000000E-01	0.346843E+02
0.12000000E-01	0.629548E+02
0.14000000E-01	0.945883E+02
0.16000000E-01	0.123526E+03
0.18000000E-01	0.145111E+03
0.20000000E-01	0.157389E+03
0.22000000E-01	0.161516E+03
0.24000000E-01	0.161194E+03
0.26000000E-01	0.161438E+03
0.28000000E-01	0.166930E+03
0.30000000E-01	0.180424E+03
0.32000000E-01	0.201824E+03
0.34000000E-01	0.228361E+03
0.36000000E-01	0.255799E+03
0.38000000E-01	0.279981E+03
0.40000000E-01	0.298175E+03
0.42000000E-01	0.309644E+03
0.44000000E-01	0.315637E+03
0.46000000E-01	0.318973E+03
0.48000000E-01	0.322998E+03
0.50000000E-01	0.330785E+03
0.52000000E-01	0.344123E+03
0.54000000E-01	0.363037E+03
0.56000000E-01	0.385893E+03
0.58000000E-01	0.410070E+03
0.60000000E-01	0.432859E+03
0.62000000E-01	0.452245E+03
0.64000000E-01	0.467344E+03
0.66000000E-01	0.478471E+03
0.68000000E-01	0.486922E+03

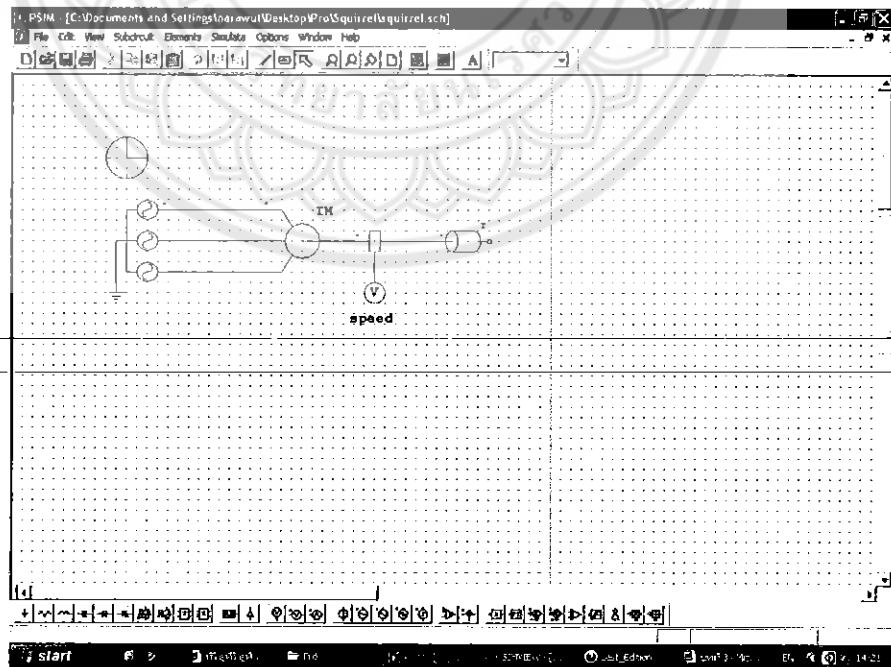
ข้อมูลจากการประมวลผล

2. ทำการทดลองซ้ำโดยการปรับค่าทอร์กที่ Mechanical Load (Constant Torque) ภายในวงจรซ้ำกันหลายๆครั้ง

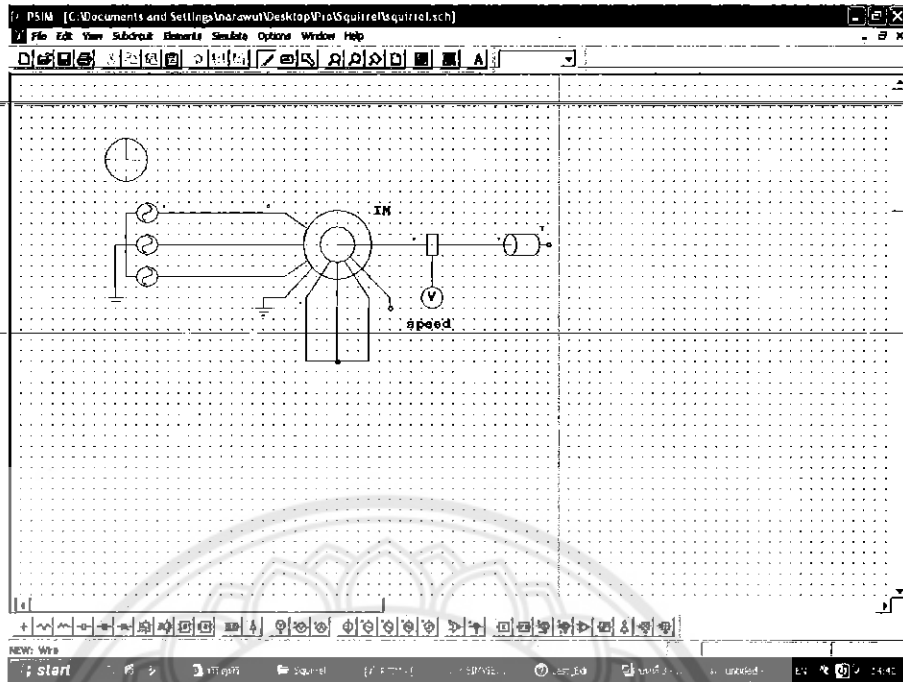


3. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 และข้อ 2 โดยเปลี่ยนชนิดของมอเตอร์ โดยมีดังนี้

3.1 Squirrel Case Motor



3.2 Wound Rotor Motor



4. ทำการทดลองจากอุปกรณ์ภายในห้องทดลองและเก็บข้อมูล
5. นำข้อมูลจากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและทอร์ค
6. สรุปผล

บทที่ 4

ผลการทดลอง

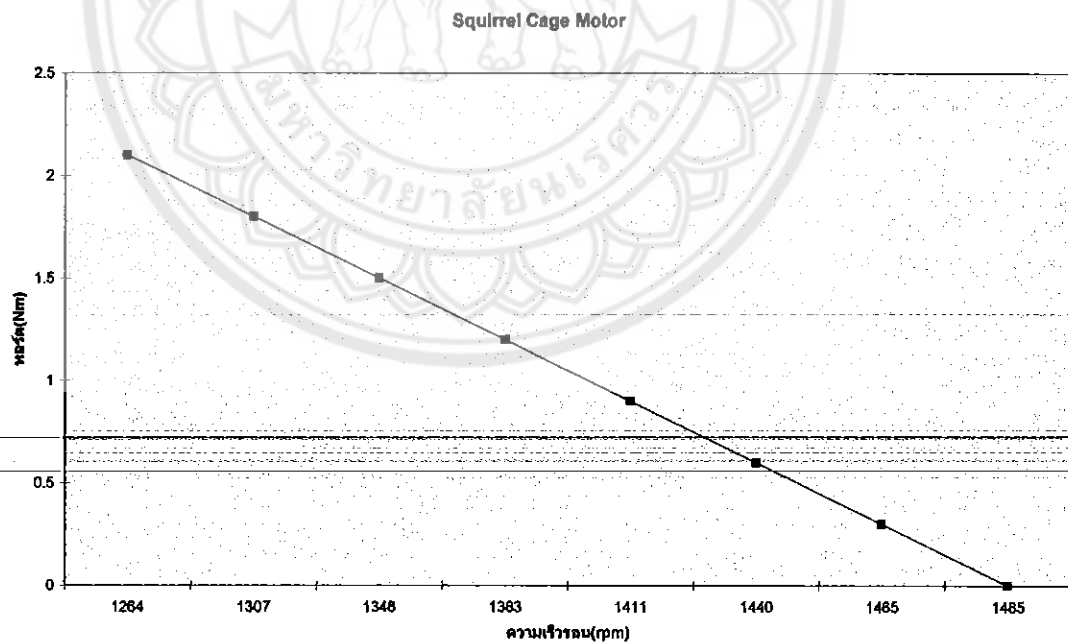
4.1 อินдукชันมอเตอร์โรเตอร์แบบกรงกระรอก(Squirrel Cage Motor)

ทำการทดลองโดยใช้อินдукชันมอเตอร์โรเตอร์แบบกรงกระรอกขับโหลดมอเตอร์ที่ปรับค่า
ทอร์กได้ ทดลองโดยปรับค่าทอร์กตามที่กำหนดและบันทึกค่าความเร็วรอบที่วัดได้

ผลการทดลองที่ได้จากห้องทดลอง

T(Nm)	N(rpm)
0	1485
0.3	1465
0.6	1440
0.9	1411
1.2	1383
1.5	1348
1.8	1307
2.1	1264

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างกราฟความเร็วรอบ-ทอร์ก



ผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic

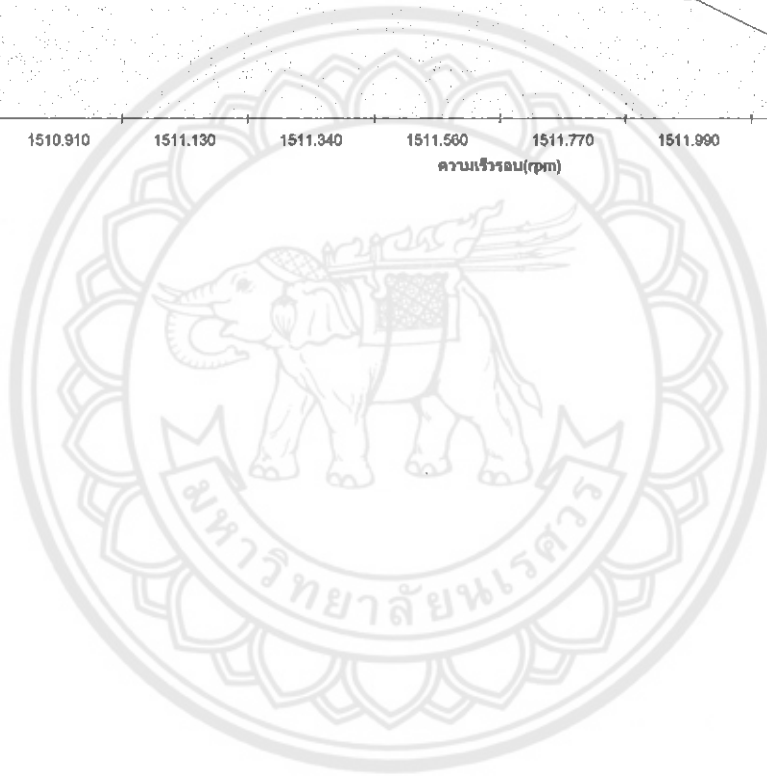
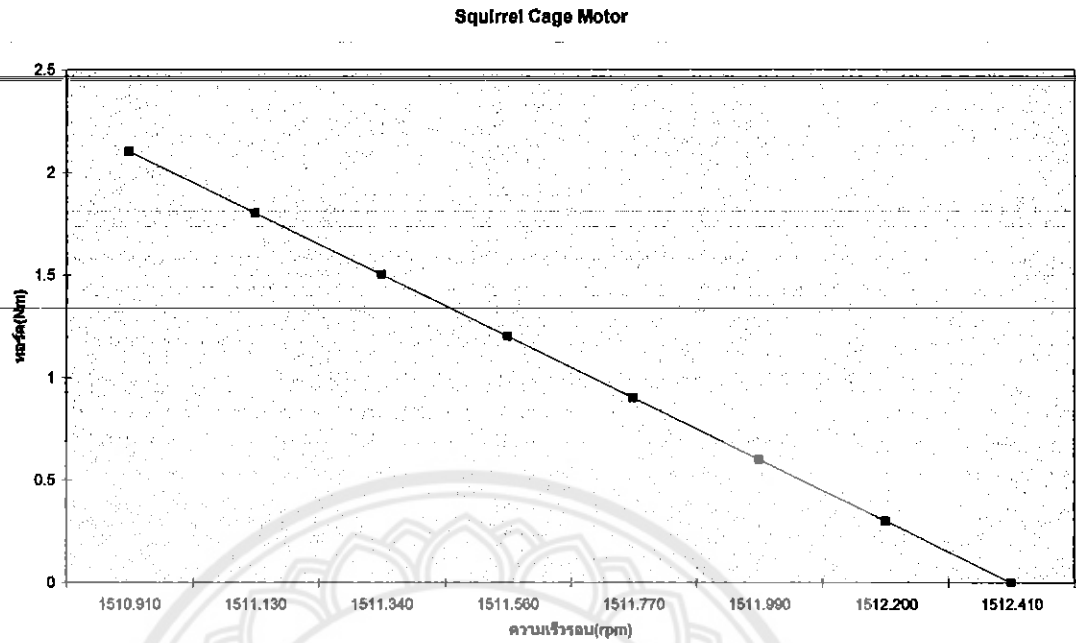
Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.002	0.004	-0.003	-0.010	-0.017	-0.025	-0.032	-0.039
0.004	0.420	0.398	0.377	0.355	0.334	0.313	0.291
0.006	3.861	3.825	3.790	3.754	3.718	3.683	3.647
0.008	14.516	14.466	14.417	14.367	14.317	14.268	14.218
0.010	34.748	34.684	34.621	34.558	34.495	34.431	34.368
0.012	63.071	62.995	62.918	62.842	62.765	62.689	62.612
0.014	94.678	94.588	94.498	94.408	94.318	94.228	94.138
0.016	123.630	123.526	123.422	123.317	123.213	123.109	123.005
0.018	145.230	145.111	144.991	144.872	144.752	144.633	144.513
0.020	157.525	157.389	157.253	157.117	156.981	156.845	156.709
0.022	161.668	161.516	161.363	161.210	161.057	160.904	160.751
0.024	161.363	161.194	161.025	160.856	160.687	160.518	160.349
0.026	161.622	161.438	161.255	161.072	160.888	160.705	160.521
0.028	167.125	166.930	166.735	166.539	166.344	166.149	165.954
0.030	180.629	180.424	180.220	180.015	179.811	179.607	179.402
0.032	202.037	201.824	201.611	201.398	201.186	200.973	200.760
0.034	228.584	228.361	228.139	227.917	227.694	227.472	227.250
0.036	256.028	255.793	255.558	255.324	255.089	254.854	254.619
0.038	280.232	279.981	279.730	279.478	279.227	278.976	278.724
0.040	298.446	298.175	297.903	297.631	297.360	297.088	296.816
0.042	309.938	309.644	309.350	309.055	308.761	308.467	308.173
0.044	315.974	315.657	315.341	315.024	314.707	314.390	314.074
0.046	319.309	318.973	318.637	318.300	317.964	317.627	317.291
0.048	323.349	322.998	322.647	322.296	321.945	321.593	321.242
0.050	331.144	330.785	330.425	330.065	329.705	329.346	328.986
0.052	344.487	344.123	343.760	343.396	343.032	342.669	342.305
0.054	363.403	363.037	362.671	362.305	361.939	361.573	361.208
0.056	386.263	385.893	385.523	385.153	384.783	384.413	384.043
0.058	410.449	410.070	409.691	409.311	408.932	408.553	408.173
0.060	433.254	432.859	432.463	432.068	431.672	431.276	430.881
0.062	452.663	452.245	451.826	451.407	450.988	450.570	450.151
0.064	467.790	467.344	466.897	466.450	466.004	465.557	465.110
0.066	478.948	478.471	477.995	477.519	477.043	476.566	476.090
0.068	487.425	486.922	486.418	485.914	485.411	484.907	484.403
0.070	495.088	494.563	494.037	493.512	492.986	492.461	491.935
0.072	503.877	503.337	502.798	502.258	501.719	501.179	500.640
0.074	515.309	514.763	514.217	513.672	513.126	512.581	512.035
0.076	530.114	529.568	529.022	528.476	527.930	527.384	526.839
0.078	548.101	547.556	547.012	546.468	545.924	545.380	544.836
0.080	568.306	567.761	567.216	566.672	566.127	565.583	565.038
0.082	589.346	588.795	588.244	587.693	587.142	586.591	586.040
0.084	609.838	609.272	608.707	608.142	607.576	607.011	606.446
0.086	628.737	628.150	627.563	626.975	626.387	625.800	625.212
0.088	645.526	644.910	644.295	643.679	643.063	642.447	641.830
0.090	660.233	659.586	658.938	658.291	657.643	656.995	656.347
0.092	673.339	672.660	671.981	671.303	670.623	669.944	669.265
0.094	685.605	684.899	684.192	683.486	682.779	682.072	681.365
0.096	697.879	697.151	696.423	695.695	694.967	694.239	693.511
0.098	710.903	710.161	709.419	708.677	707.935	707.193	706.451

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.100	725.170	724.421	723.672	722.924	722.175	721.426	720.678
0.102	740.850	740.100	739.350	738.599	737.849	737.099	736.349
0.104	757.803	757.053	756.303	755.554	754.805	754.056	753.307
0.106	775.656	774.907	774.157	773.408	772.659	771.910	771.161
0.108	793.935	793.182	792.429	791.677	790.924	790.172	789.420
0.110	812.177	811.416	810.655	809.894	809.133	808.373	807.612
0.112	830.026	829.252	828.477	827.703	826.928	826.153	825.378
0.114	847.275	846.482	845.689	844.896	844.102	843.308	842.514
0.116	863.863	863.048	862.233	861.417	860.601	859.784	858.968
0.118	879.850	879.011	878.171	877.331	876.491	875.650	874.809
0.120	895.371	894.508	893.644	892.780	891.916	891.051	890.186
0.122	910.593	909.709	908.823	907.938	907.052	906.165	905.278
0.124	925.682	924.778	923.875	922.971	922.067	921.162	920.257
0.126	940.768	939.851	938.933	938.015	937.097	936.178	935.259
0.128	955.943	955.016	954.089	953.161	952.234	951.306	950.377
0.130	971.252	970.319	969.387	968.454	967.520	966.587	965.653
0.132	986.703	985.768	984.833	983.898	982.962	982.026	981.091
0.134	1002.280	1001.340	1000.410	999.472	998.536	997.600	996.665
0.136	1017.940	1017.010	1016.070	1015.140	1014.200	1013.270	1012.330
0.138	1033.660	1032.720	1031.790	1030.860	1029.920	1028.990	1028.050
0.140	1049.380	1048.440	1047.510	1046.580	1045.640	1044.710	1043.770
0.142	1065.050	1064.120	1063.190	1062.250	1061.320	1060.380	1059.440
0.144	1080.640	1079.700	1078.770	1077.830	1076.890	1075.950	1075.020
0.146	1096.080	1095.140	1094.200	1093.260	1092.320	1091.380	1090.430
0.148	1111.320	1110.380	1109.430	1108.490	1107.540	1106.590	1105.640
0.150	1126.300	1125.360	1124.410	1123.450	1122.500	1121.550	1120.590
0.152	1140.980	1140.030	1139.070	1138.110	1137.160	1136.200	1135.240
0.154	1155.310	1154.350	1153.390	1152.430	1151.460	1150.500	1149.530
0.156	1169.260	1168.300	1167.340	1166.370	1165.400	1164.430	1163.460
0.158	1182.840	1181.870	1180.910	1179.940	1178.970	1178.000	1177.030
0.160	1196.050	1195.080	1194.110	1193.150	1192.180	1191.200	1190.230
0.162	1208.920	1207.950	1206.980	1206.020	1205.050	1204.080	1203.110
0.164	1221.470	1220.510	1219.550	1218.590	1217.620	1216.660	1215.690
0.166	1233.760	1232.810	1231.850	1230.900	1229.940	1228.980	1228.020
0.168	1245.810	1244.870	1243.920	1242.980	1242.030	1241.080	1240.130
0.170	1257.650	1256.720	1255.790	1254.850	1253.910	1252.980	1252.040
0.172	1269.290	1268.370	1267.450	1266.530	1265.610	1264.680	1263.760
0.174	1280.730	1279.830	1278.920	1278.010	1277.100	1276.190	1275.280
0.176	1291.960	1291.070	1290.180	1289.280	1288.390	1287.490	1286.600
0.178	1302.940	1302.070	1301.190	1300.310	1299.430	1298.550	1297.670
0.180	1313.660	1312.800	1311.940	1311.070	1310.210	1309.340	1308.480
0.182	1324.070	1323.220	1322.370	1321.530	1320.680	1319.830	1318.970
0.184	1334.130	1333.300	1332.470	1331.640	1330.800	1329.970	1329.130
0.186	1343.840	1343.020	1342.210	1341.390	1340.570	1339.740	1338.920
0.188	1353.160	1352.360	1351.550	1350.750	1349.940	1349.130	1348.320
0.190	1362.080	1361.290	1360.500	1359.710	1358.920	1358.130	1357.330
0.192	1370.600	1369.830	1369.050	1368.280	1367.500	1366.720	1365.940
0.194	1378.730	1377.970	1377.210	1376.450	1375.680	1374.920	1374.150
0.196	1386.470	1385.730	1384.980	1384.240	1383.490	1382.740	1381.990
0.198	1393.840	1393.120	1392.390	1391.660	1390.920	1390.190	1389.450

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.200	1400.870	1400.150	1399.440	1398.730	1398.010	1397.290	1396.570
0.202	1407.550	1406.860	1406.160	1405.470	1404.770	1404.070	1403.360
0.204	1413.930	1413.250	1412.570	1411.890	1411.210	1410.530	1409.840
0.206	1420.000	1419.340	1418.680	1418.020	1417.350	1416.690	1416.020
0.208	1425.780	1425.140	1424.500	1423.850	1423.210	1422.560	1421.910
0.210	1431.280	1430.660	1430.040	1429.410	1428.780	1428.150	1427.520
0.212	1436.510	1435.910	1435.310	1434.700	1434.090	1433.480	1432.870
0.214	1441.480	1440.900	1440.310	1439.720	1439.130	1438.540	1437.940
0.216	1446.190	1445.630	1445.060	1444.490	1443.910	1443.340	1442.760
0.218	1450.650	1450.100	1449.550	1449.000	1448.440	1447.880	1447.320
0.220	1454.860	1454.330	1453.790	1453.260	1452.720	1452.180	1451.640
0.222	1458.830	1458.310	1457.790	1457.270	1456.750	1456.230	1455.700
0.224	1462.560	1462.060	1461.550	1461.050	1460.540	1460.040	1459.530
0.226	1466.060	1465.580	1465.090	1464.600	1464.110	1463.620	1463.120
0.228	1469.340	1468.870	1468.400	1467.920	1467.450	1466.970	1466.490
0.230	1472.420	1471.960	1471.500	1471.040	1470.580	1470.110	1469.650
0.232	1475.290	1474.840	1474.390	1473.950	1473.500	1473.050	1472.600
0.234	1477.960	1477.530	1477.100	1476.660	1476.230	1475.790	1475.350
0.236	1480.460	1480.040	1479.620	1479.200	1478.770	1478.350	1477.920
0.238	1482.790	1482.380	1481.970	1481.560	1481.150	1480.740	1480.320
0.240	1484.960	1484.560	1484.160	1483.760	1483.360	1482.960	1482.560
0.242	1486.970	1486.590	1486.200	1485.810	1485.420	1485.030	1484.640
0.244	1488.850	1488.480	1488.100	1487.720	1487.340	1486.960	1486.580
0.246	1490.600	1490.230	1489.870	1489.500	1489.130	1488.760	1488.390
0.248	1492.220	1491.870	1491.510	1491.150	1490.790	1490.430	1490.070
0.250	1493.740	1493.390	1493.040	1492.690	1492.340	1491.990	1491.630
0.252	1495.140	1494.800	1494.460	1494.120	1493.780	1493.430	1493.090
0.254	1496.440	1496.110	1495.780	1495.450	1495.110	1494.780	1494.440
0.256	1497.650	1497.330	1497.010	1496.680	1496.350	1496.030	1495.700
0.258	1498.780	1498.460	1498.140	1497.830	1497.510	1497.190	1496.870
0.260	1499.820	1499.510	1499.200	1498.890	1498.580	1498.260	1497.950
0.262	1500.790	1500.480	1500.180	1499.880	1499.570	1499.260	1498.960
0.264	1501.680	1501.390	1501.090	1500.790	1500.490	1500.190	1499.890
0.266	1502.510	1502.220	1501.930	1501.630	1501.340	1501.050	1500.750
0.268	1503.280	1502.990	1502.710	1502.420	1502.130	1501.840	1501.550
0.270	1503.990	1503.710	1503.430	1503.140	1502.860	1502.570	1502.290
0.272	1504.640	1504.370	1504.090	1503.810	1503.530	1503.250	1502.970
0.274	1505.250	1504.980	1504.710	1504.430	1504.160	1503.880	1503.610
0.276	1505.810	1505.540	1505.270	1505.000	1504.730	1504.460	1504.190
0.278	1506.330	1506.060	1505.800	1505.530	1505.270	1505.000	1504.730
0.280	1506.810	1506.540	1506.280	1506.020	1505.760	1505.490	1505.230
0.282	1507.250	1506.990	1506.730	1506.470	1506.210	1505.950	1505.690
0.284	1507.650	1507.400	1507.140	1506.890	1506.630	1506.370	1506.120
0.286	1508.030	1507.780	1507.520	1507.270	1507.020	1506.760	1506.510
0.288	1508.370	1508.120	1507.870	1507.620	1507.370	1507.120	1506.870
0.290	1508.690	1508.450	1508.200	1507.950	1507.700	1507.450	1507.210
0.292	1508.990	1508.740	1508.500	1508.250	1508.010	1507.760	1507.510
0.294	1509.260	1509.020	1508.770	1508.530	1508.290	1508.040	1507.800
0.296	1509.510	1509.270	1509.030	1508.790	1508.550	1508.300	1508.060
0.298	1509.740	1509.500	1509.260	1509.020	1508.790	1508.550	1508.310

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.300	1509.950	1509.720	1509.480	1509.240	1509.010	1508.770	1508.530
0.302	1510.150	1509.920	1509.680	1509.450	1509.210	1508.970	1508.740
0.304	1510.330	1510.100	1509.870	1509.630	1509.400	1509.160	1508.930
0.306	1510.500	1510.270	1510.040	1509.800	1509.570	1509.340	1509.100
0.308	1510.650	1510.420	1510.190	1509.960	1509.730	1509.500	1509.270
0.310	1510.800	1510.570	1510.340	1510.110	1509.880	1509.650	1509.420
0.312	1510.930	1510.700	1510.470	1510.240	1510.010	1509.780	1509.550
0.314	1511.050	1510.820	1510.590	1510.370	1510.140	1509.910	1509.680
0.316	1511.160	1510.930	1510.710	1510.480	1510.250	1510.030	1509.800
0.318	1511.260	1511.040	1510.810	1510.590	1510.360	1510.130	1509.910
0.320	1511.360	1511.130	1510.910	1510.680	1510.460	1510.230	1510.010
0.322	1511.440	1511.220	1511.000	1510.770	1510.550	1510.320	1510.100
0.324	1511.520	1511.300	1511.080	1510.850	1510.630	1510.410	1510.180
0.326	1511.600	1511.370	1511.150	1510.930	1510.710	1510.480	1510.260
0.328	1511.660	1511.440	1511.220	1511.000	1510.780	1510.560	1510.330
0.330	1511.730	1511.510	1511.290	1511.060	1510.840	1510.620	1510.400
0.332	1511.780	1511.560	1511.340	1511.120	1510.900	1510.680	1510.460
0.334	1511.840	1511.620	1511.400	1511.180	1510.960	1510.740	1510.520
0.336	1511.890	1511.670	1511.450	1511.230	1511.010	1510.790	1510.570
0.338	1511.930	1511.710	1511.490	1511.270	1511.060	1510.840	1510.620
0.340	1511.970	1511.750	1511.540	1511.320	1511.100	1510.880	1510.660
0.342	1512.010	1511.790	1511.580	1511.360	1511.140	1510.920	1510.700
0.344	1512.050	1511.830	1511.610	1511.390	1511.180	1510.960	1510.740
0.346	1512.080	1511.860	1511.640	1511.430	1511.210	1510.990	1510.770
0.348	1512.110	1511.890	1511.670	1511.460	1511.240	1511.020	1510.810
0.350	1512.140	1511.920	1511.700	1511.490	1511.270	1511.050	1510.830
0.352	1512.160	1511.950	1511.730	1511.510	1511.300	1511.080	1510.860
0.354	1512.190	1511.970	1511.750	1511.540	1511.320	1511.100	1510.890
0.356	1512.210	1511.990	1511.770	1511.560	1511.340	1511.130	1510.910
0.358	1512.230	1512.010	1511.790	1511.580	1511.360	1511.150	1510.930
0.360	1512.240	1512.030	1511.810	1511.600	1511.380	1511.170	1510.950
0.362	1512.260	1512.050	1511.830	1511.620	1511.400	1511.180	1510.970
0.364	1512.280	1512.060	1511.850	1511.630	1511.420	1511.200	1510.980
0.366	1512.290	1512.080	1511.860	1511.650	1511.430	1511.210	1511.000
0.368	1512.300	1512.090	1511.870	1511.660	1511.440	1511.230	1511.010
0.370	1512.320	1512.100	1511.890	1511.670	1511.460	1511.240	1511.030
0.372	1512.330	1512.110	1511.900	1511.680	1511.470	1511.250	1511.040
0.374	1512.340	1512.120	1511.910	1511.690	1511.480	1511.260	1511.050
0.376	1512.350	1512.130	1511.920	1511.700	1511.490	1511.270	1511.060
0.378	1512.360	1512.140	1511.930	1511.710	1511.500	1511.280	1511.070
0.380	1512.360	1512.150	1511.940	1511.720	1511.510	1511.290	1511.080
0.382	1512.370	1512.160	1511.940	1511.730	1511.510	1511.300	1511.080
0.384	1512.380	1512.160	1511.950	1511.740	1511.520	1511.310	1511.090
0.386	1512.380	1512.170	1511.960	1511.740	1511.530	1511.310	1511.100
0.388	1512.390	1512.180	1511.960	1511.750	1511.530	1511.320	1511.100
0.390	1512.400	1512.180	1511.970	1511.750	1511.540	1511.330	1511.110
0.392	1512.400	1512.190	1511.970	1511.760	1511.540	1511.330	1511.120
0.394	1512.410	1512.190	1511.980	1511.760	1511.550	1511.340	1511.120
0.396	1512.410	1512.200	1511.980	1511.770	1511.550	1511.340	1511.130
0.398	1512.410	1512.200	1511.990	1511.770	1511.560	1511.340	1511.130

ผลการทดลองที่ได้มาสร้างกราฟความเร็วรอบ-ทอร์ค



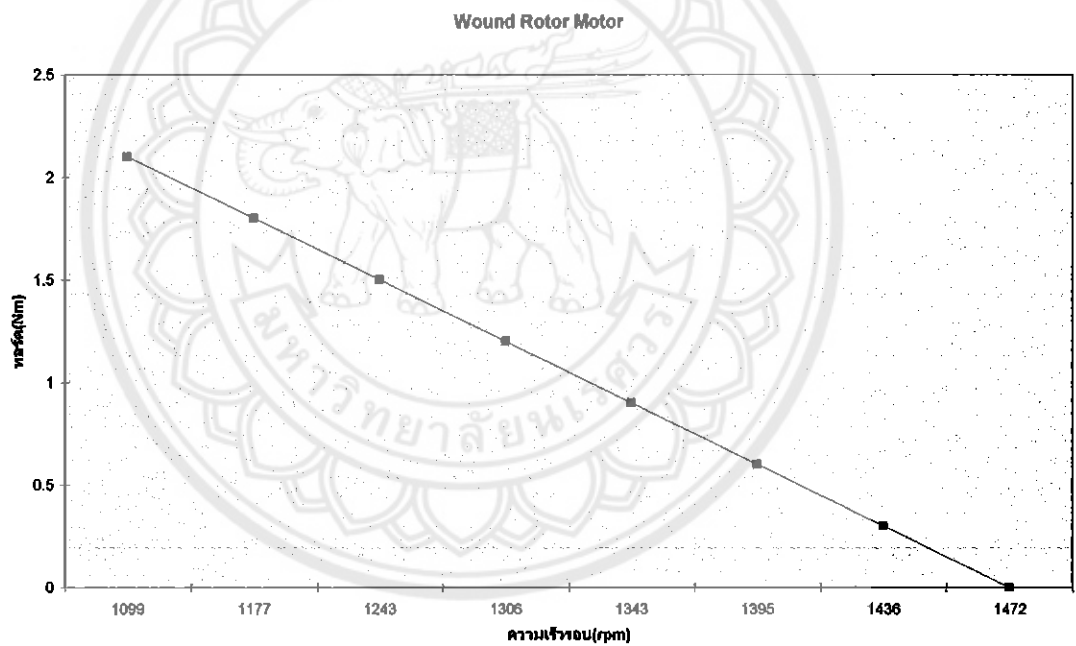
4.2 อินดักชันมอเตอร์โรเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์(Wound Rotor Motor)

ทำการทดลองโดยใช้อินดักชันมอเตอร์โรเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์จับโหลดมอเตอร์ที่ปรับค่าทอร์คได้ ทดลองโดยปรับค่าทอร์คตามที่กำหนดและบันทึกค่าความเร็วรอบที่วัดได้

ผลการทดลองที่ได้จากห้องทดลอง

T(Nm)	N(rpm)
0	1472
0.3	1436
0.6	1395
0.9	1343
1.2	1306
1.5	1243
1.8	1177
2.1	1099

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างกราฟความเร็วรอบ-ทอร์ค



ผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.002	0.002	-0.005	-0.012	-0.019	-0.026	-0.034	-0.041
0.004	0.238	0.217	0.195	0.174	0.152	0.131	0.109
0.006	2.304	2.269	2.233	2.197	2.161	2.126	2.090
0.008	9.092	9.043	8.993	8.943	8.893	8.843	8.793
0.010	22.723	22.660	22.596	22.532	22.468	22.405	22.341
0.012	42.810	42.733	42.655	42.578	42.500	42.423	42.345
0.014	66.290	66.198	66.107	66.015	65.924	65.832	65.741
0.016	88.685	88.578	88.472	88.366	88.259	88.153	88.047
0.018	105.910	105.788	105.666	105.543	105.421	105.299	105.177
0.020	115.731	115.592	115.453	115.314	115.175	115.036	114.897
0.022	118.429	118.273	118.116	117.960	117.804	117.648	117.492
0.024	116.617	116.444	116.272	116.099	115.927	115.754	115.582
0.026	114.360	114.173	113.986	113.800	113.613	113.426	113.239
0.028	115.819	115.621	115.422	115.224	115.025	114.827	114.628
0.030	123.821	123.613	123.405	123.197	122.989	122.781	122.573
0.032	138.879	138.662	138.445	138.228	138.011	137.794	137.577
0.034	159.093	158.866	158.638	158.411	158.184	157.956	157.729
0.036	180.955	180.713	180.472	180.231	179.990	179.748	179.507
0.038	200.649	200.389	200.130	199.870	199.610	199.351	199.091
0.040	215.295	215.013	214.731	214.449	214.167	213.884	213.602
0.042	223.731	223.424	223.117	222.810	222.503	222.196	221.889
0.044	226.715	226.384	226.053	225.722	225.391	225.060	224.729
0.046	226.610	226.259	225.907	225.556	225.205	224.853	224.502
0.048	226.644	226.279	225.913	225.548	225.183	224.818	224.453
0.050	229.937	229.565	229.193	228.821	228.449	228.077	227.705
0.052	238.543	238.169	237.795	237.422	237.048	236.674	236.301
0.054	252.826	252.452	252.077	251.703	251.329	250.955	250.581
0.056	271.422	271.044	270.665	270.287	269.909	269.530	269.152
0.058	291.779	291.389	290.999	290.609	290.219	289.829	289.439
0.060	311.026	310.615	310.204	309.793	309.381	308.970	308.559
0.062	326.828	326.388	325.947	325.505	325.064	324.623	324.182
0.064	337.969	337.493	337.016	336.540	336.063	335.587	335.110
0.066	344.560	344.048	343.536	343.024	342.512	341.999	341.487
0.068	347.917	347.374	346.831	346.288	345.745	345.202	344.659
0.070	350.157	349.592	349.028	348.464	347.900	347.335	346.771
0.072	353.623	353.049	352.475	351.901	351.327	350.754	350.180
0.074	360.257	359.685	359.112	358.540	357.968	357.396	356.824
0.076	371.088	370.524	369.959	369.394	368.830	368.266	367.702
0.078	385.988	385.431	384.875	384.318	383.762	383.206	382.650
0.080	403.786	403.230	402.674	402.119	401.564	401.008	400.453
0.082	422.672	422.105	421.539	420.972	420.406	419.839	419.273
0.084	440.735	440.144	439.553	438.961	438.369	437.778	437.186
0.086	456.451	455.822	455.193	454.564	453.935	453.305	452.676
0.088	468.996	468.321	467.647	466.972	466.297	465.621	464.946
0.090	478.361	477.639	476.916	476.194	475.471	474.747	474.024
0.092	485.272	484.507	483.741	482.975	482.209	481.443	480.676
0.094	490.970	490.172	489.373	488.575	487.777	486.978	486.180
0.096	496.906	496.089	495.273	494.456	493.640	492.824	492.008
0.098	504.407	503.586	502.766	501.946	501.127	500.308	499.489

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.100	514.381	513.568	512.756	511.945	511.134	510.323	509.513
0.102	527.138	526.340	525.541	524.744	523.947	523.150	522.354
0.104	542.370	541.583	540.797	540.011	539.226	538.441	537.657
0.106	559.277	558.494	557.711	556.928	556.146	555.364	554.582
0.108	576.806	576.012	575.218	574.425	573.632	572.839	572.046
0.110	593.908	593.089	592.270	591.450	590.631	589.811	588.991
0.112	609.760	608.901	608.042	607.183	606.323	605.463	604.602
0.114	623.895	622.986	622.076	621.167	620.256	619.345	618.434
0.116	636.239	635.275	634.311	633.347	632.382	631.416	630.450
0.118	647.078	646.062	645.045	644.027	643.009	641.991	640.972
0.120	656.961	655.899	654.836	653.773	652.709	651.646	650.582
0.122	666.568	665.472	664.375	663.278	662.182	661.085	659.988
0.124	676.581	675.464	674.347	673.231	672.114	670.998	669.882
0.126	687.557	686.432	685.309	684.185	683.062	681.940	680.819
0.128	699.842	698.720	697.600	696.480	695.361	694.243	693.126
0.130	713.535	712.422	711.310	710.200	709.090	707.981	706.874
0.132	728.501	727.397	726.295	725.193	724.093	722.993	721.895
0.134	744.428	743.329	742.230	741.132	740.036	738.940	737.845
0.136	760.910	759.806	758.702	757.599	756.497	755.396	754.295
0.138	777.529	776.409	775.290	774.171	773.052	771.933	770.815
0.140	793.929	792.783	791.636	790.489	789.342	788.195	787.047
0.142	809.860	808.676	807.492	806.307	805.122	803.936	802.750
0.144	825.194	823.965	822.736	821.506	820.276	819.044	817.812
0.146	839.924	838.647	837.369	836.090	834.810	833.529	832.247
0.148	854.139	852.813	851.486	850.157	848.828	847.498	846.167
0.150	867.998	866.625	865.251	863.877	862.501	861.125	859.747
0.152	881.690	880.276	878.862	877.447	876.031	874.614	873.196
0.154	895.409	893.961	892.513	891.064	889.615	888.166	886.716
0.156	909.322	907.848	906.374	904.901	903.426	901.952	900.478
0.158	923.556	922.064	920.573	919.081	917.590	916.098	914.607
0.160	938.189	936.686	935.182	933.680	932.177	930.676	929.174
0.162	953.248	951.737	950.227	948.718	947.209	945.702	944.195
0.164	968.716	967.201	965.687	964.174	962.662	961.151	959.640
0.166	984.544	983.026	981.509	979.993	978.478	976.963	975.450
0.168	1000.660	999.142	997.621	996.100	994.581	993.063	991.545
0.170	1017.000	1015.470	1013.940	1012.420	1010.890	1009.360	1007.840
0.172	1033.470	1031.930	1030.400	1028.860	1027.330	1025.790	1024.260
0.174	1050.020	1048.470	1046.920	1045.370	1043.820	1042.270	1040.720
0.176	1066.580	1065.010	1063.450	1061.880	1060.320	1058.750	1057.180
0.178	1083.110	1081.520	1079.940	1078.360	1076.770	1075.190	1073.600
0.180	1099.580	1097.980	1096.370	1094.770	1093.160	1091.550	1089.950
0.182	1115.960	1114.340	1112.720	1111.090	1109.460	1107.830	1106.200
0.184	1132.250	1130.610	1128.960	1127.310	1125.660	1124.010	1122.350
0.186	1148.430	1146.770	1145.100	1143.430	1141.750	1140.080	1138.400
0.188	1164.490	1162.810	1161.120	1159.430	1157.730	1156.040	1154.340
0.190	1180.430	1178.730	1177.020	1175.310	1173.600	1171.890	1170.170
0.192	1196.240	1194.520	1192.800	1191.070	1189.350	1187.620	1185.890
0.194	1211.900	1210.170	1208.440	1206.710	1204.970	1203.230	1201.480
0.196	1227.420	1225.680	1223.950	1222.200	1220.460	1218.710	1216.960
0.198	1242.770	1241.040	1239.300	1237.550	1235.800	1234.050	1232.300

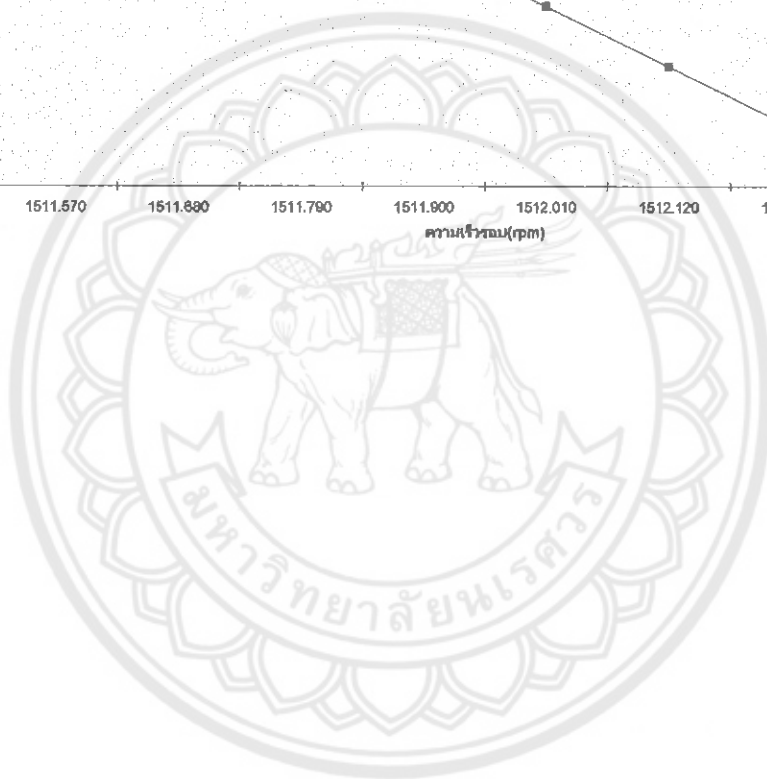
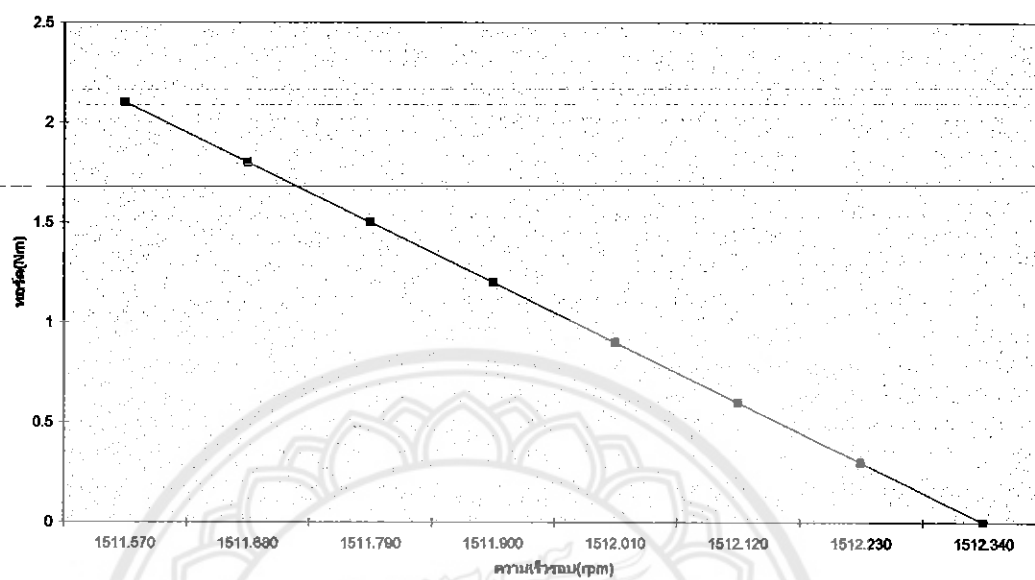
Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.200	1257.950	1256.220	1254.480	1252.740	1250.990	1249.240	1247.480
0.202	1272.940	1271.210	1269.480	1267.740	1266.000	1264.260	1262.510
0.204	1287.710	1286.000	1284.280	1282.550	1280.820	1279.090	1277.350
0.206	1302.250	1300.550	1298.850	1297.140	1295.430	1293.710	1291.990
0.208	1316.530	1314.850	1313.170	1311.480	1309.790	1308.100	1306.400
0.210	1330.520	1328.870	1327.210	1325.550	1323.890	1322.220	1320.540
0.212	1344.190	1342.570	1340.950	1339.320	1337.690	1336.050	1334.400
0.214	1357.520	1355.940	1354.350	1352.750	1351.150	1349.550	1347.940
0.216	1370.460	1368.920	1367.370	1365.820	1364.260	1362.690	1361.120
0.218	1382.990	1381.490	1379.990	1378.480	1376.960	1375.440	1373.920
0.220	1395.070	1393.620	1392.170	1390.700	1389.240	1387.760	1386.290
0.222	1406.660	1405.270	1403.870	1402.460	1401.040	1399.620	1398.200
0.224	1417.750	1416.410	1415.060	1413.710	1412.350	1410.990	1409.610
0.226	1428.280	1427.010	1425.720	1424.430	1423.130	1421.820	1420.500
0.228	1438.250	1437.030	1435.810	1434.580	1433.340	1432.090	1430.840
0.230	1447.620	1446.470	1445.310	1444.140	1442.970	1441.790	1440.600
0.232	1456.370	1455.290	1454.200	1453.100	1451.990	1450.870	1449.750
0.234	1464.490	1463.480	1462.460	1461.430	1460.380	1459.340	1458.280
0.236	1471.970	1471.030	1470.080	1469.110	1468.140	1467.160	1466.170
0.238	1478.810	1477.930	1477.050	1476.150	1475.250	1474.340	1473.420
0.240	1484.990	1484.180	1483.370	1482.550	1481.720	1480.870	1480.020
0.242	1490.530	1489.800	1489.050	1488.300	1487.540	1486.760	1485.980
0.244	1495.440	1494.780	1494.100	1493.410	1492.720	1492.020	1491.300
0.246	1499.740	1499.140	1498.530	1497.910	1497.280	1496.650	1496.000
0.248	1503.440	1502.910	1502.360	1501.810	1501.240	1500.670	1500.090
0.250	1506.580	1506.110	1505.620	1505.130	1504.630	1504.120	1503.600
0.252	1509.190	1508.770	1508.350	1507.910	1507.470	1507.020	1506.560
0.254	1511.300	1510.930	1510.560	1510.180	1509.800	1509.410	1509.000
0.256	1512.940	1512.630	1512.310	1511.980	1511.650	1511.310	1510.960
0.258	1514.170	1513.900	1513.630	1513.350	1513.060	1512.770	1512.470
0.260	1515.020	1514.790	1514.560	1514.330	1514.090	1513.840	1513.580
0.262	1515.530	1515.350	1515.160	1514.960	1514.760	1514.550	1514.330
0.264	1515.760	1515.610	1515.450	1515.290	1515.120	1514.940	1514.770
0.266	1515.740	1515.620	1515.490	1515.360	1515.220	1515.070	1514.930
0.268	1515.530	1515.420	1515.320	1515.210	1515.100	1514.980	1514.860
0.270	1515.140	1515.060	1514.980	1514.890	1514.800	1514.700	1514.600
0.272	1514.640	1514.570	1514.510	1514.430	1514.360	1514.280	1514.200
0.274	1514.050	1514.000	1513.940	1513.880	1513.820	1513.760	1513.690
0.276	1513.410	1513.370	1513.320	1513.270	1513.210	1513.160	1513.100
0.278	1512.750	1512.710	1512.660	1512.620	1512.570	1512.530	1512.480
0.280	1512.100	1512.050	1512.010	1511.970	1511.920	1511.880	1511.840
0.282	1511.460	1511.420	1511.380	1511.340	1511.290	1511.250	1511.200
0.284	1510.880	1510.830	1510.790	1510.740	1510.700	1510.650	1510.610
0.286	1510.360	1510.310	1510.250	1510.200	1510.150	1510.110	1510.060
0.288	1509.900	1509.850	1509.790	1509.730	1509.680	1509.620	1509.570
0.290	1509.530	1509.470	1509.400	1509.340	1509.280	1509.220	1509.160
0.292	1509.250	1509.170	1509.100	1509.030	1508.960	1508.890	1508.820
0.294	1509.050	1508.970	1508.880	1508.810	1508.730	1508.650	1508.570
0.296	1508.930	1508.840	1508.750	1508.670	1508.580	1508.490	1508.410
0.298	1508.900	1508.800	1508.700	1508.610	1508.510	1508.420	1508.330

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.300	1508.940	1508.840	1508.730	1508.630	1508.530	1508.420	1508.320
0.302	1509.060	1508.940	1508.830	1508.720	1508.610	1508.500	1508.390
0.304	1509.230	1509.110	1508.990	1508.880	1508.760	1508.640	1508.530
0.306	1509.460	1509.340	1509.210	1509.090	1508.960	1508.840	1508.720
0.308	1509.730	1509.600	1509.470	1509.340	1509.210	1509.090	1508.960
0.310	1510.040	1509.900	1509.770	1509.640	1509.500	1509.370	1509.240
0.312	1510.370	1510.230	1510.090	1509.960	1509.820	1509.680	1509.550
0.314	1510.710	1510.570	1510.430	1510.290	1510.150	1510.010	1509.870
0.316	1511.060	1510.920	1510.770	1510.630	1510.490	1510.350	1510.210
0.318	1511.400	1511.260	1511.120	1510.980	1510.830	1510.690	1510.550
0.320	1511.730	1511.590	1511.450	1511.310	1511.170	1511.030	1510.880
0.322	1512.040	1511.900	1511.770	1511.630	1511.490	1511.340	1511.200
0.324	1512.330	1512.200	1512.060	1511.920	1511.780	1511.640	1511.510
0.326	1512.600	1512.460	1512.330	1512.190	1512.050	1511.920	1511.780
0.328	1512.830	1512.700	1512.560	1512.430	1512.300	1512.160	1512.030
0.330	1513.030	1512.900	1512.770	1512.640	1512.510	1512.380	1512.240
0.332	1513.190	1513.060	1512.940	1512.810	1512.680	1512.560	1512.430
0.334	1513.320	1513.200	1513.070	1512.950	1512.820	1512.700	1512.580
0.336	1513.410	1513.290	1513.170	1513.050	1512.930	1512.810	1512.690
0.338	1513.470	1513.360	1513.240	1513.120	1513.010	1512.890	1512.770
0.340	1513.500	1513.390	1513.270	1513.160	1513.050	1512.930	1512.820
0.342	1513.500	1513.390	1513.280	1513.170	1513.060	1512.950	1512.840
0.344	1513.470	1513.370	1513.260	1513.150	1513.040	1512.940	1512.830
0.346	1513.420	1513.320	1513.210	1513.110	1513.000	1512.900	1512.790
0.348	1513.350	1513.250	1513.150	1513.050	1512.950	1512.840	1512.740
0.350	1513.270	1513.170	1513.070	1512.970	1512.870	1512.770	1512.670
0.352	1513.170	1513.080	1512.980	1512.880	1512.780	1512.680	1512.580
0.354	1513.070	1512.970	1512.880	1512.780	1512.680	1512.580	1512.480
0.356	1512.960	1512.870	1512.770	1512.670	1512.570	1512.480	1512.380
0.358	1512.850	1512.750	1512.660	1512.560	1512.470	1512.370	1512.270
0.360	1512.740	1512.650	1512.550	1512.450	1512.360	1512.260	1512.170
0.362	1512.640	1512.540	1512.440	1512.350	1512.250	1512.160	1512.060
0.364	1512.540	1512.440	1512.340	1512.250	1512.150	1512.050	1511.960
0.366	1512.440	1512.350	1512.250	1512.150	1512.060	1511.960	1511.860
0.368	1512.360	1512.260	1512.170	1512.070	1511.970	1511.870	1511.780
0.370	1512.290	1512.190	1512.090	1511.990	1511.900	1511.800	1511.700
0.372	1512.230	1512.130	1512.030	1511.930	1511.830	1511.730	1511.630
0.374	1512.180	1512.080	1511.980	1511.880	1511.780	1511.680	1511.580
0.376	1512.140	1512.040	1511.940	1511.840	1511.740	1511.630	1511.530
0.378	1512.120	1512.010	1511.910	1511.810	1511.700	1511.600	1511.500
0.380	1512.100	1512.000	1511.890	1511.790	1511.690	1511.580	1511.480
0.382	1512.100	1511.990	1511.890	1511.780	1511.680	1511.570	1511.470
0.384	1512.100	1511.990	1511.890	1511.780	1511.680	1511.570	1511.470
0.386	1512.110	1512.010	1511.900	1511.790	1511.690	1511.580	1511.470
0.388	1512.130	1512.030	1511.920	1511.810	1511.700	1511.600	1511.490
0.390	1512.160	1512.050	1511.940	1511.830	1511.730	1511.620	1511.510
0.392	1512.190	1512.080	1511.970	1511.860	1511.750	1511.650	1511.540
0.394	1512.220	1512.120	1512.010	1511.900	1511.790	1511.680	1511.570
0.396	1512.260	1512.150	1512.040	1511.930	1511.820	1511.710	1511.600
0.398	1512.300	1512.190	1512.080	1511.970	1511.860	1511.750	1511.640

Time	T=0 Nm	T=0.3Nm	T=0.6Nm	T=0.9Nm	T=1.2Nm	T=1.5Nm	T=1.8Nm
0.400	1512.340	1512.230	1512.120	1512.010	1511.900	1511.790	1511.680
0.402	1512.380	1512.260	1512.150	1512.040	1511.930	1511.820	1511.710
0.404	1512.410	1512.300	1512.190	1512.080	1511.970	1511.860	1511.750
0.406	1512.440	1512.330	1512.220	1512.110	1512.000	1511.890	1511.780
0.408	1512.480	1512.370	1512.260	1512.150	1512.040	1511.930	1511.820
0.410	1512.500	1512.390	1512.280	1512.170	1512.060	1511.950	1511.840
0.412	1512.530	1512.420	1512.310	1512.200	1512.090	1511.980	1511.870
0.414	1512.550	1512.440	1512.330	1512.220	1512.110	1512.000	1511.890
0.416	1512.560	1512.450	1512.340	1512.240	1512.130	1512.020	1511.910
0.418	1512.570	1512.460	1512.360	1512.250	1512.140	1512.030	1511.920
0.420	1512.580	1512.470	1512.370	1512.260	1512.150	1512.040	1511.930
0.422	1512.580	1512.480	1512.370	1512.260	1512.150	1512.050	1511.940
0.424	1512.590	1512.480	1512.370	1512.260	1512.160	1512.050	1511.940
0.426	1512.580	1512.480	1512.370	1512.260	1512.160	1512.050	1511.940
0.428	1512.580	1512.470	1512.360	1512.260	1512.150	1512.040	1511.940
0.430	1512.570	1512.460	1512.360	1512.250	1512.150	1512.040	1511.930
0.432	1512.560	1512.450	1512.350	1512.240	1512.140	1512.030	1511.920
0.434	1512.550	1512.440	1512.340	1512.230	1512.130	1512.020	1511.910
0.436	1512.540	1512.430	1512.330	1512.220	1512.120	1512.010	1511.900
0.438	1512.530	1512.420	1512.310	1512.210	1512.100	1512.000	1511.890
0.440	1512.510	1512.410	1512.300	1512.200	1512.090	1511.980	1511.880
0.442	1512.500	1512.390	1512.290	1512.180	1512.080	1511.970	1511.870
0.444	1512.490	1512.380	1512.280	1512.170	1512.060	1511.960	1511.850
0.446	1512.470	1512.370	1512.260	1512.160	1512.050	1511.950	1511.840
0.448	1512.460	1512.360	1512.250	1512.150	1512.040	1511.940	1511.830
0.450	1512.450	1512.350	1512.240	1512.140	1512.030	1511.930	1511.820
0.452	1512.440	1512.340	1512.230	1512.130	1512.020	1511.920	1511.810
0.454	1512.440	1512.330	1512.230	1512.120	1512.010	1511.910	1511.800
0.456	1512.430	1512.320	1512.220	1512.110	1512.010	1511.900	1511.800
0.458	1512.430	1512.320	1512.210	1512.110	1512.000	1511.900	1511.790
0.460	1512.420	1512.320	1512.210	1512.100	1512.000	1511.890	1511.790
0.462	1512.420	1512.310	1512.210	1512.100	1511.990	1511.890	1511.780
0.464	1512.420	1512.310	1512.210	1512.100	1511.990	1511.890	1511.780
0.466	1512.420	1512.310	1512.210	1512.100	1511.990	1511.890	1511.780
0.468	1512.420	1512.310	1512.210	1512.100	1511.990	1511.890	1511.780
0.470	1512.420	1512.320	1512.210	1512.100	1512.000	1511.890	1511.780
0.472	1512.420	1512.320	1512.210	1512.100	1512.000	1511.890	1511.780
0.474	1512.430	1512.320	1512.210	1512.110	1512.000	1511.890	1511.790
0.476	1512.430	1512.330	1512.220	1512.110	1512.000	1511.900	1511.790
0.478	1512.440	1512.330	1512.220	1512.120	1512.010	1511.900	1511.790
0.480	1512.440	1512.330	1512.230	1512.120	1512.010	1511.910	1511.800
0.482	1512.450	1512.340	1512.230	1512.120	1512.020	1511.910	1511.800
0.484	1512.450	1512.340	1512.240	1512.130	1512.020	1511.910	1511.810
0.486	1512.450	1512.350	1512.240	1512.130	1512.030	1511.920	1511.810
0.488	1512.460	1512.350	1512.240	1512.140	1512.030	1511.920	1511.820
0.490	1512.460	1512.350	1512.250	1512.140	1512.030	1511.930	1511.820
0.492	1512.470	1512.360	1512.250	1512.140	1512.040	1511.930	1511.820
0.494	1512.470	1512.360	1512.250	1512.150	1512.040	1511.930	1511.830
0.496	1512.470	1512.360	1512.260	1512.150	1512.040	1511.940	1511.830
0.498	1512.470	1512.370	1512.260	1512.150	1512.040	1511.940	1511.830

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างกราฟความเร็วรอบ-ทอร์ค

Wound Rotor Motor



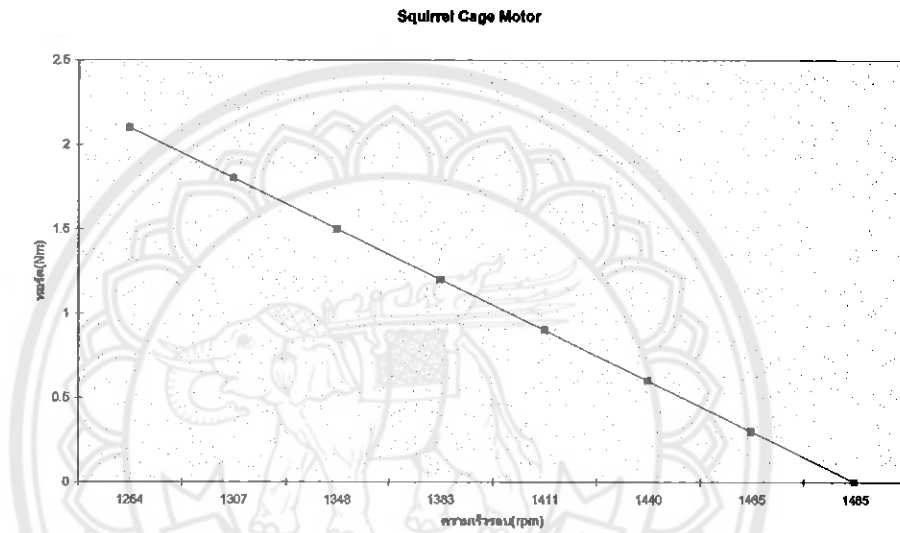
บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

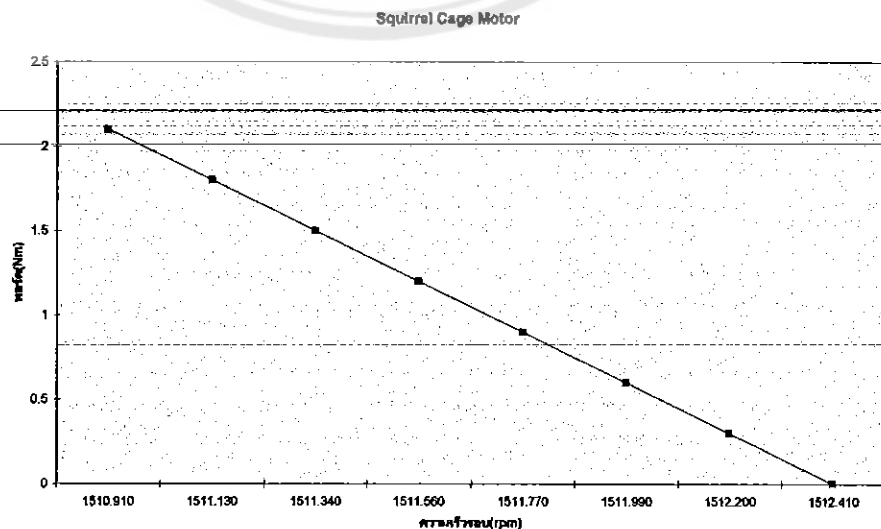
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากโครงการที่ทำการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ของทอร์กต่อความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์ เมื่อทำการทดลองและได้นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาเปรียบเทียบกันดังนี้

ความสัมพันธ์ของทอร์กต่อความเร็วรอบของ Squirrel Cage Motor ที่ได้จากการทำการทดลองในห้องทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟจะเป็นดังนี้

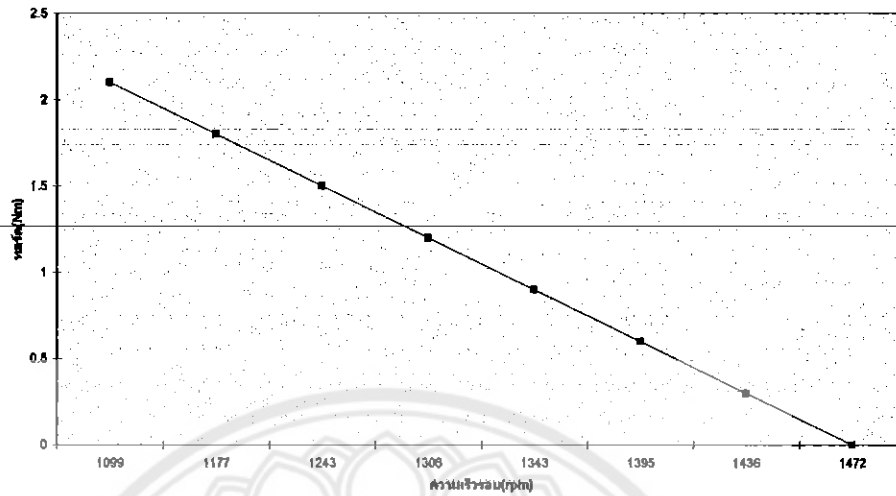


ความสัมพันธ์ของทอร์กต่อความเร็วรอบของ Squirrel Cage Motor ที่ได้จากการใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic มาช่วยทำการทดลองแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟจะเป็นดังนี้



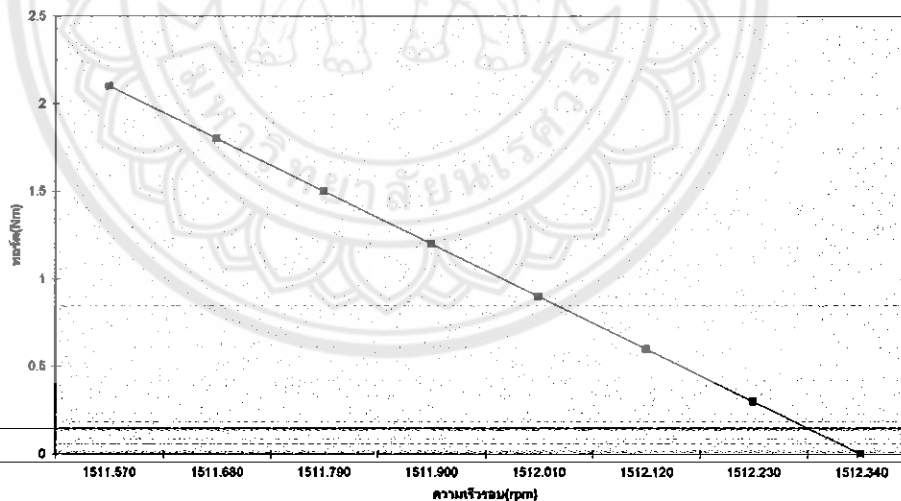
ความสัมพันธ์ของทอร์คต่อความเร็วรอบของ Wound Rotor Motor ที่ได้จากการทำการทดลองในห้องทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟจะเป็นดังนี้

Wound Rotor Motor



ความสัมพันธ์ของทอร์คต่อความเร็วรอบของ Wound Rotor Motor ที่ได้จากการใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic มาช่วยทำการทดลองแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟจะเป็นดังนี้

Wound Rotor Motor



และจากทฤษฎีที่ว่า ความสัมพันธ์ของทอร์คต่อความเร็วรอบจะแปรผกผันกันคือ เมื่อทอร์คมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าของความเร็วรอบลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้งส่วนที่ทดลองในห้องทดลองและการใช้โปรแกรมจำลองวงจร Psim power Electronic มาช่วยทำการทดลองแล้วมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

-
- [1] ดร.ปัญญา ยอด โอวาท, เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ, กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ, 2547
- [2] สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัย, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ, สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2542
- [3] ณรงค์ ชอนตะวัน, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ, ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอราวัณการพิมพ์, 2538
- [4] Denis O'Kelly, Performance and control of Electrical Machine, McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, 1991
-



ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นายนราวิช สุขเสวี
 ภูมิลำเนา 90/1 หมู่ 6 ต.ท่าฉนวน อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท 17110

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรี

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Nara_zz@hotmail.com

