การออกแบบและสร้างขดลวดสเตเตอร์สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิด ๓ เฟส แบบเปลี่ยนอัตราส่วนความเร็ว ๔ ต่อ ๖ โดยใช้ขดลวดสเตเตอร์ชุดเดียว

004848

นายวิศิษฐ์ ชัยสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย
พ.ศ. ๒๕๒๑

i 17396694

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE STATOR WINDING OF A 3 PHASE INDUCTION MOTOR FOR A 4:6 SPEED CHANGE USING A SINGLE STATOR WINDING

MR. WISIT CHAISUWAN

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements
for the degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างขดลวดสเตเตอร์สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิด ๓ เฟส แบบเปลี่ยนอัตราส่วนความเร็ว ๔ ต่อ ๖ โดยใช้ขดลวดสเตเตอร์ชุดเดียว
โดย	นายวิศิษฐ์ ชัยสุวรรณ
แผนกวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผ.ศ. ไพบูลย์ ไชยนิล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... รักษาการในตำแหน่ง
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผศ.ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รศ.ดร. ประโมทย์ อุณหไวทยะ)

..... กรรมการ
(ผศ. ไพรัช นิลเสนา)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร. ไพโรจน์ เฟื่องธุระ)

..... กรรมการ
(ผศ. ไพบูลย์ ไชยนิล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างขดลวดสเตเตอร์สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิด ๓ เฟส แบบเปลี่ยนอัตราส่วนความเร็ว ๔ ต่อ ๖ โดยใช้ขดลวดสเตเตอร์ชุดเดียว
โดย	นาย วิศิษฐ์ ชัยสุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผ.ศ. ไพบูลย์ ไชยนิล
แผนกวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	๒๕๒๑

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึง การออกแบบและพันขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิด ๓ เฟส (induction motor) ซึ่งมีโรเตอร์แบบ squirrel cage เพื่อให้สามารถเปลี่ยนความเร็วซิงโครนัสได้ ๒ ค่า คือ ๑๐๐๐ และ ๑๕๐๐ รอบต่อนาที โดยใช้ขดลวดสเตเตอร์เพียงชุดเดียว การวิจัยครั้งนี้ได้นำมอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิด ๓ เฟส ซึ่งแต่เดิมหมุนได้ความเร็วเดียว มาดัดแปลงเพื่อให้สามารถเปลี่ยนความเร็วได้ ๒ ค่า โดยทำการออกแบบและพันขดลวดสเตเตอร์เป็น ๓ ชั้น การเปลี่ยนความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์เป็น ๑๐๐๐ และ ๑๕๐๐ รอบต่อนาที (อัตราส่วนความเร็ว ๔ ต่อ ๖) จะทำโดยการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็ก ซึ่งเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงการต่อวงจรของขดลวดทั้ง ๓ ชั้น เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นแบบ ๖ โพล หรือ ๔ โพล โดยอาศัยสวิทช์ภายนอกช่วย

THESIS TITLE	:	Design and Construction of the Stator Winding of a 3 Phase Induction Motor for a 4:6 Speed Change Using a Single Stator Winding
NAME	:	Mr. Wisit Chaisuwan
THESIS ADVISOR	:	Prof. Assistant Paibul Chaiyanil
DEPARTMENT	:	Electrical Engineering
ACADEMIC YEAR	:	1978

ABSTRACT

This thesis is principally concerned with the design of stator winding to make a variable speed 3-phase induction motor which has squirrel cage rotor. The motor will have synchronous speed either 1000 RPM. or 1500 RPM. by using single stator winding. The stator winding of the motor were wound in 3 layers. Changing pole number, which will be able to alter the synchronous speed, can be achieved by reconnection these three layers via switching devices.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จได้ โดยได้รับความช่วยเหลือจาก

๑. อาจารย์ ไพบูลย์ ไชยนิล, อาจารย์ไพรัช นิลเสนา และ อาจารย์ ไพโรจน์ เพื่องธุระ ซึ่งท่านเหล่านี้ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนให้แนวความคิดที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

๒. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นเงิน ๒,๙๓๗ บาท

๓. บริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม จำกัด ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์บางอย่างที่จำเป็นต้องใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
รายการตารางประกอบ ..... ฌ
รายการรูปประกอบ ..... ฎ

บทที่

๑. บทนำ

๑.๑ การเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็ก ๒
๑.๒ การเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสเตเตอร์ ๔
๑.๓ การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์โดยการเปลี่ยนค่าสลิป
๑.๓.๑ Rheostatic Speed Control ๑๐
๑.๓.๒ Concatenation Method ๑๑
๑.๓.๓ การเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนค่าแรงดันในวงจรของโรเตอร์ ๑๒
๑.๓.๓.๑ The Leblanc Exciter ๑๒
๑.๓.๓.๒ The Krämer System ๑๓
๑.๓.๓.๓ The Scherbius System ๑๕
๑.๓.๔ The Schrage Motor ๑๗
๑.๓.๕ The Rossman Drive ๑๗

๒. มอเตอร์ต้นแบบที่ใช้ในการวิจัย
๒.๑ หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด ๓ เฟส ๑๙
๒.๒ มอเตอร์ต้นแบบที่ใช้ในการวิจัย ๒๑

๒.๓ แนวความคิดในการเปลี่ยนจำนวนโพลของ
สนามแม่เหล็ก ๒๒

๓. การออกแบบขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์

๓.๑ การออกแบบการพันขดลวดสเตเตอร์ ๓๒

๓.๒ การออกแบบขนาดและจำนวนรอบของขดลวด
สเตเตอร์ ๓๙

๓.๓ การออกแบบสวิทช์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ๔๑

๓.๓.๑ การต่อวงจรเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก
แบบ ๔ โพล ๔๓

๓.๓.๒ การต่อวงจรเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก
แบบ ๖ โพล ๔๕

๔. ผลการทดสอบมอเตอร์

๔.๑ คุณสมบัติของมอเตอร์ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล

๔.๑.๑ การทดสอบเมื่อไม่มีโหลด ๕๐

๔.๑.๒ การทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ ๕๐

๔.๑.๓ วงจรสมมูลย์และ circle diagram ๕๐

๔.๑.๔ การทดสอบเมื่อมีโหลด ๕๓

๔.๑.๕ การวัดอุณหภูมิขณะทำงาน ๕๘

๔.๒ คุณสมบัติของมอเตอร์ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล

๔.๒.๑ การทดสอบเมื่อไม่มีโหลด ๕๘

๔.๒.๒ การทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ ๖๑

๔.๒.๓ วงจรสมมูลย์และ circle diagram ๖๑

๔.๒.๔ การทดสอบเมื่อมีโหลด ๖๑

๔.๒.๕ การวัดอุณหภูมิขณะทำงาน ๖๔

หน้า

๕. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

๕.๑ ข้อสรุป ๖๘

๕.๒ ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงข้อเสีย ๗๐

เอกสารอ้างอิง ๗๓

ภาคผนวก ๗๕

ประวัติผู้เขียน ๘๓

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่ ๕.๑ เปรียบเทียบคุณสมบัติของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพลและ ๖ โพล ๖๙

ตารางที่ A๑ ตารางการใช้ลวดทองแดง ๗๖

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ ๑.๑ วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด ๓ เฟส โดยใช้ขดลวดสเตเตอร์ ๒ ชุด ๒

รูปที่ ๑.๒ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Consequent Pole ๓

รูปที่ ๑.๓ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Pole Amplitude Modulation ๔

รูปที่ ๑.๔ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Pole Amplitude Modulation ๕

รูปที่ ๑.๕ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Pole Amplitude Modulation ๖

รูปที่ ๑.๖ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Pole Amplitude Modulation ๗

รูปที่ ๑.๗ วงจร frequency inverter แบบเบื้องต้น ๑๐

รูปที่ ๑.๘ การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ โดยวิธีเปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจรโรเตอร์ ๑๐

รูปที่ ๑.๙ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Concatenation Connection ๑๑

รูปที่ ๑.๑๐ วงจรควบคุมความเร็วโดยวิธี Leblanc ๑๓

รูปที่ ๑.๑๑ วงจรควบคุมความเร็วโดยวิธี Krämer ๑๔

รูปที่ ๑.๑๒ วงจรควบคุมความเร็วโดยวิธี Modified Krämer ๑๔

รูปที่ ๑.๑๓ วงจรควบคุมความเร็วโดยวิธี Scherbius ๑๖

รูปที่ ๑.๑๔ มอเตอร์แบบ Schrage ๑๖

รูปที่ ๒.๑ ลักษณะการเหนี่ยวนำภายใน induction motor ๒๐

รูปที่ ๒.๒ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของมอเตอร์ต้นแบบที่ใช้ในการวิจัย ๒๓

รูปที่ ๒.๓ phase belt ของขดลวดสเตเตอร์เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพลและ diagram การต่อวงจรของขดลวดสเตเตอร์เพื่อใช้กับแรงดันไฟฟ้า ๒๒๐ โวลท์และ ๓๘๐ โวลท์ ของ conventional motor ๒๔

รูปที่ ๒.๔ ลักษณะการพันลวด การต่อวงจร และ phase belt ของขดลวดสเตเตอร์ในเฟส A และทิศทางการไหลของกระแสทั้ง ๓ เฟส เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพลของ conventional motor ๒๕

รูปที่ ๒.๕ สวิทช์ควบคุมความเร็วที่สร้างขึ้นในการวิจัย ๒๗

รูปที่ ๒.๖ phase belt ของขดลวดทั้ง ๓ ชั้น เมื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ในมอเตอร์ที่ดัดแปลงขึ้นมา ๒๘

รูปที่ ๒.๗ phase belt ของขดลวดทั้ง ๓ ชั้น เมื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ในมอเตอร์ที่ดัดแปลงขึ้นมา ๒๙

รูปที่ ๒.๘ การพันขดลวดสเตเตอร์ในมอเตอร์ที่ดัดแปลงขึ้นมาเพื่อให้สามารถเปลี่ยนความเร็วซิงโครนัสได้เป็น ๑๐๐๐/๑๕๐๐ รอบต่อนาที ๓๐

รูปที่ ๓.๑ ทิศทางการไหลของกระแสทั้ง ๓ เฟส ในขดลวดแต่ละชั้นเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๓๔

รูปที่ ๓.๒ ทิศทางการไหลของกระแสทั้ง ๓ เฟส ในขดลวดแต่ละชั้นเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๓๖

รูปที่ ๓.๓ diagram การพันขดลวดสเตเตอร์ชุดต่าง ๆ เพื่อทำให้สามารถเปลี่ยนความเร็วซิงโครนัสได้เป็น ๑๐๐๐/๑๕๐๐ รอบต่อนาที ๓๗

รูปที่ ๓.๔ diagram การต่อวงจรของขดลวดสเตเตอร์ชุดต่าง ๆ เข้ากับสวิทช์ภายนอก และการทำงานของสวิทช์เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพลหรือ ๖ โพล ๔๒

รูปที่ ๓.๕ ลักษณะการต่อวงจรของขดลวดชุดต่าง ๆ และ phase belt ของขดลวดสเตเตอร์ในเฟส A ของชั้นที่ ๑ ในมอเตอร์ที่ดัดแปลงขึ้นมาขณะที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๔๔
รูปที่ ๓.๖ ลักษณะการต่อวงจรของขดลวดชุดต่าง ๆ ในชั้นที่ ๑ (สำหรับเฟส A) ขณะที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๔๗
รูปที่ ๔.๑ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อไม่มีโหลด (no load test) ๕๑
รูปที่ ๔.๒ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test) ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๕๒
รูปที่ ๔.๓ วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ที่สร้างขึ้น ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๕๓
รูปที่ ๔.๔ circle diagram เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๕๔
รูปที่ ๔.๕ คุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๕๖
รูปที่ ๔.๖ อุณหภูมิขณะทำงานของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ๕๗
รูปที่ ๔.๗ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อไม่มีโหลด (no load test) ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๕๙
รูปที่ ๔.๘ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test) ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๖๐
รูปที่ ๔.๙ วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๖๑

รูปที่ ๔.๑๐ circle diagram เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๖๒
รูปที่ ๔.๑๑ คุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นเมื่อเกิด
สนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๖๕
รูปที่ ๔.๑๒ อุณหภูมิขณะทำงานของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นเมื่อเกิดสนาม
แม่เหล็กแบบ ๖ โพล ๖๖
รูปที่ ๔.๑๓ การทดสอบคุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์ ๖๗