สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

THREE - PHASE MOTOR LABORATORY SET

T059466

นางสาวกฤตยฉัตร บุปผารักษ์
นายฉัตรชัย พาบุดดา
นายนพพงษ์ ศรีดวงคำ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

วพ.
ก296ส
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 59466
วัน,เดือน,ปี - 5 ส.ค. 2549

b.....
ง.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

Three-Phase Motor Laboratory Set

ชื่อนักศึกษา 1. นางสาวกฤตยฉัตร บุปผารักษ์ รหัสประจำตัว 46035378

2. นายฉัตรชัย พาบุดดา รหัสประจำตัว 46035388

3. นายนพพงษ์ ศรีดวงคำ รหัสประจำตัว 46035397

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
2. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
4. ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
5. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 เวลา 11.15 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT4710082>

ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

Three-Phase Motor Laboratory Set

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการต่อวงจรขดลวดไฟฟ้า 3 เฟส
2. เพื่อออกแบบชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
3. เพื่อสร้างชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
4. เพื่อทำการทดลองและทดสอบชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
5. เพื่อนำชุดทดลองไปใช้ประโยชน์การเรียนการสอนรายวิชาเครื่องกลไฟฟ้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ในเรื่องมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส และวิธีการต่อวงจร
2. ได้วงจรประกอบการทดลองวงจรมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
3. ได้ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
4. ได้ผลการทดลองและทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
5. นำชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเครื่องกลไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	
นักศึกษา	นางสาวกฤตยฉัตร	บุปผารักษ์
	นายฉัตรชัย	พาบุดดา
	นายนพพงษ์	ศรีดวงคำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบไปด้วย ส่วนแรก ชุดทดลองที่มีอุปกรณ์ควบคุม และอุปกรณ์ป้องกัน ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ส่วนที่สอง เป็นใบงานการทดลอง โดยชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส สามารถที่จะนำไปใช้ประกอบการสอน วิชาเครื่องกลไฟฟ้าในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ได้ ซึ่งชุดฝึกนี้จะทำให้นักศึกษา ที่ได้ทำการทดลองนั้น ได้มีความเข้าใจในวิชาและสะดวกในการใช้อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Three-Phase Motor Laboratory Set	
Students	Miss Krittayachat	Bubpharuk
	Mr.Chutchai	Phabudda
	Mr.Noppong	Sridungkham
Advisor	Mr.Piya	Supavarasuwat
Co-Advisor	Mr.Surapong	Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Industrial Instrument Technology	
Academic Year	2004	

ABSTRACT

This study presents Three-Phase Motor Laboratory Set. It consists of two parts, controlling and preventing equipment and designed work sheet for the laboratory set. This laboratory set is used for teaching in the subject of Electrical Mechanism for second your students to understand the subject and also to easily lean how to use the equipments.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ก็เนื่องมาจากการได้ความอนุเคราะห์และการช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบปฏิบัติงาน และคำปรึกษาทางด้านเทคนิคจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ทุกท่าน ที่คอยชี้แนะในข้อบกพร่องต่างๆ รวมทั้งอาจารย์ภายในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่คอยให้กำลังใจอยู่ตลอดเวลา ขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนภายในกลุ่มที่ร่วมใจประสานความสามัคคี จนทำให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จและเพื่อนๆ ร่วมชั้นเรียน ที่คอยช่วยเหลือทางด้านแนวคิดและเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ และที่สำคัญที่สุดความสำเร็จครั้งนี้ขอมอบให้กับบุคคลที่ทำให้ได้รับการศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคือ คุณพ่อ คุณแม่ อาจารย์ ญาติพี่น้อง และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 อินดั๊กชั่นมอเตอร์สามเฟส แบบสไควเรลเกจโรเตอร์	3
2.2.1 ส่วนประกอบ	3
2.2.2 หลักการทำงาน	6
2.2.3 การต่อมอเตอร์สไควเรลเกจ สามเฟส	6
2.3 อินดั๊กชั่นมอเตอร์สามเฟส แบบวาวด์โรเตอร์	12
2.3.1 ส่วนประกอบ	12
2.3.2 หลักการทำงาน	13
2.3.3 การต่อมอเตอร์สามเฟสแบบวาวด์โรเตอร์	14
2.4 วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์	15
2.4.1 วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์แบบสไควเรลเกจโรเตอร์	15
2.4.2 วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์	19
2.5 วิธีควบคุมความเร็วของอินดั๊กชั่นมอเตอร์	19
2.6 การต่อแบบสตาร์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7 การต่อแบบเดลต้า	21
2.8 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ทรีเฟส	22
2.9 การตรวจหาการต่อมอเตอร์ทรีเฟส	23
2.10 เซอร์กิตเบรกเกอร์	26
2.10.1 มาตรฐาน VDE 0660	26
2.10.2 มาตราฐาน IEC	27
2.10.3 กลไกการทำงาน	29
2.10.4 อายุการใช้งานและความถี่ในการใช้งาน	34
2.10.5 ชนิดของตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์	35
2.11 สวิตซ์ปุ่มกด	37
2.12 สรุปผล	37
บทที่ 3 การออกแบบการสร้าง และการทำงาน	39
3.1 กล่าวนำ	39
3.2 การออกแบบโครงสร้าง	39
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างโดยรวม	39
3.2.2 การกำหนดขนาดและแบ่งพื้นที่ใช้งานภายนอก	40
3.2.3 โครงสร้างชุดวงจรควบคุม	41
3.2.4 โครงสร้างชุดวงจรกำลัง	42
3.3 การทำงาน	44
3.3.1 การทำงานของวงจรควบคุม	44
3.3.2 การทำงานของวงจรกำลัง	45
3.4 การทำงานของวงจรที่ใช้ในการทดลอง	47
3.4.1 การทำงานของวงจรแบบเดลต้า	47
3.4.2 การทำงานของวงจรแบบสตาร์	48
3.4.2 การทำงานของวงจรแบบกลับทางหมุน	50
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1 กล่าวนำ	52
4.2 การทดลองที่ 1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟสสเควเรลเกจแบบสตาร์	52
4.2.1 การทดลอง	52
4.2.2 ผลการทดลอง	52
4.2.3 สรุปผลการทดลอง	52
4.3 การทดลองที่ 2 การต่อมอเตอร์ 3 เฟสแบบวาด์วโรเตอร์ และแบบสตาร์	52
4.3.1 การทดลอง	52
4.3.2 ผลการทดลอง	53
4.3. สรุปผลการทดลอง	53
4.4 การทดลองที่ 3 การต่อวงจรมอเตอร์สเควเรลเกจแบบเดลต้า	53
4.4.1 การทดลอง	53
4.4.2 ผลการทดลอง	53
4.4.3 สรุปผลการทดลอง	53
4.5 การทดลองที่ 4 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า	54
4.5.1 การทดลอง	54
4.5.2 ผลการทดลอง	54
4.5.3 สรุปผลการทดลอง	54
4.6 การทดลองที่ 5 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส	54
4.6.1 การทดลอง	54
4.6.2 ผลการทดลอง	55
4.6.3 สรุปผลการทดลอง	55
4.7 การทดลองที่ 6 การสร้างเงื่อนไขโดยใช้ท๊อกเกิลสวิตช์	55
4.7.1 การทดลอง	55
4.7.2 ผลการทดลอง	55
4.7.3 สรุปผลการทดลอง	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.8 การทดลองที่ 7 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก	56
4.8.1 การทดลอง	56
4.8.2 ผลการทดลอง	56
4.8.3 สรุปผลการทดลอง	57
บทที่ 5 บทสรุป	58
5.1 บทสรุป	58
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	58
5.3 แนวทางการพัฒนา	58
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	61
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	65
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	68
ภาคผนวก ง ใบงาน	70
ภาคผนวก จ เฉลยใบงาน	97
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	128
ภาคผนวก ช รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	133
ประวัติผู้แต่ง	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตางรางที่	หน้า
2.1 การแบ่งลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน VDE 0660	26
2.2 อายุการใช้งานและความบ่อยครั้งในการใช้งานตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์	34
2.3 ค่าขนาดของกระแสที่ใช้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดต่างๆ	36
4.1 บันทึกผลการวัดเมื่อลดค่าความต้านทาน	56
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุม	69
ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรกำลัง	69
ค.3 รายการอุปกรณ์ในวงจรเครื่องวัด	69
ฉ.1 สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของอินดั๊กชั่นมอเตอร์ 3-เฟส	4
2.2 ลักษณะสเตเตอร์ก่อนพันขดลวด	4
2.3 ลักษณะของโรเตอร์ของมอเตอร์ 3-เฟส แบบสไควเรลเกจ	5
2.4 ลักษณะฝาครอบหัว-ท้ายของมอเตอร์ 3-เฟส	5
2.5 ลักษณะสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3-เฟส	5
2.6 ลักษณะการพันขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3-เฟส	6
2.7 ลักษณะขดลวด 3 เฟสที่พันเสร็จแล้วแสดงในแนวเส้นตรง	7
2.8 แท่งสี่เหลี่ยมแทนขดลวดแต่ละเฟสของรูปที่ 3.7	7
2.9 การต่อขดลวดเฟส A	8
2.10 การต่อขดลวดเฟส A และเฟส B	8
2.11 การต่อขดลวดเฟส A เฟส B และเฟส C	8
2.12 การต่อขดลวดมอเตอร์ 3-เฟส แบบสตาร์	9
2.13 สตีมเมติกไดอะแกรมการต่อขดลวดมดเตอร์ 3-เฟส แบบสตาร์	9
2.14 การต่อขดลวดมอเตอร์ 3-เฟสแบบเดลต้า	9
2.15 สตีมเมติกไดอะแกรมการต่อขดลวดมอเตอร์ 3-เฟส แบบเดลต้า	10
2.16 การต่อหลักต่อสายในกล่องต่อสายของมอเตอร์ 3 –เฟส	10
2.17 วิธีต่อปลายสายขดลวดมอเตอร์ 3เฟส เพื่อให้หมุนในทิศทางหนึ่ง	11
2.18 วิธีต่อปลายสายของขดลวดมอเตอร์ 3-เฟสเพื่อให้หมุนในอีกทิศทางหนึ่ง	11
2.19 ลักษณะของวาวด์โรเตอร์ ที่พันขดลวดเสร็จเรียบร้อยแล้วพร้อมสปริง	12
2.20 การต่อมอเตอร์ 3-เฟส แบบสลิปริง	13
2.21 การต่อมอเตอร์ 3-เฟสแบบวาวด์โรเตอร์ให้หมุนกลับทิศทาง	14
2.22 วงจรสตาร์ทโดยตรง	15
2.23 วงจรสตาร์ทลดแรงดันป้อนโดยต่อความต้านทานอันดับกับมอเตอร์	16
2.24 วงจรสตาร์ทแบบต่อออโต – ทรานซ์ฟอร์เมอร์อันดับกับมอเตอร์	17
2.25 วงจรสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า	18
2.26 การต่อสตาร์และการต่อเดลต้า	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 การต่อแบบสตาร์	20
2.28 การต่อเฟส B. ก่อนเฟส C.	21
2.29 วิธีต่อมอเตอร์ทรีเฟส 36 สล๊อต 4 โพล 3 คอล์ย Pitch 8 แบบยก	22
2.30 การต่ออนุกรมสตาร์ของมอเตอร์ ทรีเฟส	24
2.31 การมาร์คหัวสายและการต่อแบบสตาร์ ของมอเตอร์ที่ใช้ไป 2 ระดับแรงเคลื่อน	24
2.32 การต่ออนุกรมเดลต้า ของมอเตอร์ทรีเฟส	25
2.33 การมาร์คหัวสายและการต่อแบบเดลต้า ของมอเตอร์ ที่ใช้ไฟ 2 ระดับแรงเคลื่อน	25
2.34 ลักษณะโครงสร้างตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์	28
2.35 สัญลักษณ์และลักษณะเส้นกราฟการทำงานภายในเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด a และ n-releases	28
2.36 เบรกเกอร์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เมื่อมือจับอยู่ตำแหน่งต่างๆ	29
2.37 การตัดด้วยความร้อนของเซอร์กิตเบรกเกอร์	31
2.38 เส้นกราฟการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบการประวิงเวลาผกผัน	31
2.39 การทริปของเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วยแม่เหล็ก	32
2.40 เส้นโค้งการตัดด้วยแม่เหล็กที่ปรับตั้งค่าไม่ได้	32
2.41 เส้นโค้งเวลาและกระแสการตัดด้วยความร้อน-แม่เหล็ก	33
2.42 การเปรียบเทียบเส้นโค้งเวลา และกระแสการตัดด้วยไฮดรอลิก-แม่เหล็ก และการตัดด้วยความร้อน-แม่เหล็ก	33
2.43 ชนิดของตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้งานในวงจรการจ่ายกระแสไฟฟ้า	35
2.44 สวิทตช์ปุ่มกด 2 ชนิด	37
3.1 โครงสร้างก่อนการออกแบบและสร้าง	39
3.2 ลักษณะและขนาดของกล่องชุดทดลอง	40
3.3 แสดงภาพของกล่องชุดฝึกเมื่อตั้งขึ้น	40
3.4 ชุดควบคุมและแสดงผลที่ติดตั้งในชั้นที่ 1	41
3.5 การจัดวางอุปกรณ์ควบคุมละอุปกรณ์แสดงผลบนชั้นที่ 1	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 ชุดอุปกรณ์กำลังที่ติดตั้งในชั้นที่ 2	43
3.7 การจัดวางอุปกรณ์กำลังในชั้นที่ 2	43
3.8 วงจรควบคุม	45
3.9 วงจรกำลัง	46
3.10 วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส การต่อแบบเดลต้า	47
3.11 วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส การต่อแบบสตาร์	49
3.12 วงจรการต่อแบบกลับทางหมุน	50
ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	62
ก.2 ภาพด้านข้างของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	62
ก.3 ภาพชั้นที่ 1 ของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	63
ก.4 ภาพชั้นที่ 2 ของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	63
ก.5 ภาพจุดต่อจากชุดทดลองกับมอเตอร์	64
ก.6 ภาพคำอธิบายใช้งาน การดูแลรักษา และข้อควรระวัง	64
ข.1 วงจรควบคุม	66
ข.2 วงจรกำลัง	67
ฉ.1 ส่วนประกอบและสวิตช์ควบคุมของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในรายวิชาปฏิบัติเครื่องกลไฟฟ้านักเรียนนักศึกษาในระดับปวช. และปวส. มีชุดฝึกที่ใช้ประกอบในงานการทดลองที่มีขนาดใหญ่อุปกรณ์แยกกันอยู่ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายไปมารวมถึงการจัดเก็บไม่สะดวกและการต่อวงจรมอเตอร์ที่นักเรียนนักศึกษาสามารถที่จะทำความเข้าใจได้จากทฤษฎีพอได้ทดลองปฏิบัติจะไม่ทราบถึงความแตกต่างของการทำงานมอเตอร์ที่มีอยู่ซึ่งมีการใช้วงจรการต่อเดียวกันเพราะในชุดทดลองที่มีอยู่นั้นจะอธิบายเฉพาะการต่อวงจรมอเตอร์โดยใช้มอเตอร์ชนิดเดียวจึงทำการเปรียบเทียบการทำงานของมอเตอร์ การต่อวงจรนั้นสังเกตได้ยาก

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. ใช้ฝึกปฏิบัติกับมอเตอร์สูงสุด $\frac{1}{2}$ แรงม้ารวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส
2. มีใบงานประกอบการทดลอง 7 ใบงาน ดังนี้
   - 2.1 ใบงานที่ 1 การทดลองต่อมอเตอร์ชนิดสเควเรลเคจ แบบสตาร์
   - 2.2 ใบงานที่ 2 การทดลองต่อมอเตอร์ชนิดวาด์วโรเตอร์ แบบสตาร์
   - 2.3 ใบงานที่ 3 การทดลองต่อมอเอตร์ชนิดสเควเรลเคจ แบบเดลต้า
   - 2.4 ใบงานที่ 4 การทดลองต่อมอเตอร์ชนิดวาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า
   - 2.5 ใบงานที่ 5 การทดลองต่อมอเตอร์ 2 ชนิด แบบกลับทางหมุน
   - 2.6 ใบงานที่ 6 การสร้างเงื่อนไขให้กับผู้เรียนโดยใช้ท๊อคเกิลสวิตซ์
   - 2.7 ใบงานที่ 7 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์ โดยการใช้ตัวความต้านทานปรับค่าได้
3. สามารถเปรียบเทียบการทำงานของมอเตอร์ 2 ชนิด ระหว่างมอเตอร์แบบสเควเรลเคจและแบบวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับวิชามอเตอร์แบบสเควเรลเคจ แบบวาค์วโรเตอร์ รวมถึงการต่อแบบสตาร์ และการต่อแบบเดลต้า การต่อแบบกลับทางหมุนและการเปรียบเทียบในการต่อของมอเตอร์แบต่างๆ และรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับแผนผังการทำงานของโครงงานผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ เช่นเงื่อนไขที่ใช้ท๊อคเกิลสวิตซ์ โครงสร้างการทำงานพร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองของวงจรการต่อและเงื่อนไขของท๊อคเกิลสวิตซ์

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงานปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงต้นแบบของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ภาคผนวก ข แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ค แสดงใบงานประกอบการทดลอง

ภาคผนวก ง แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมอเตอร์ 3 เฟส การอินดั๊กชั่นมอเตอร์ 3 เฟส การทำงานของมอเตอร์ การต่อมอเตอร์แบบสตาร์และเดลต้า คอนแทคเตอร์ แอมป์มิเตอร์ โวท์ลมิเตอร์ สวิตซ์ ซึ่งจะได้กล่าวถึงเนื้อหาดังต่อไปนี้

2.2 อินดั๊กชั่นมอเตอร์สามเฟส แบบสไควเรลเกจโรเตอร์

มอเตอร์แบบนี้มีใช้งานกันแพร่หลายที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมโดยปกติแล้วมอเตอร์สามเฟสแบบนี้จะทำงานด้วยความเร็วคงที่ตลอดเวลา

2.2.1 ส่วนประกอบ

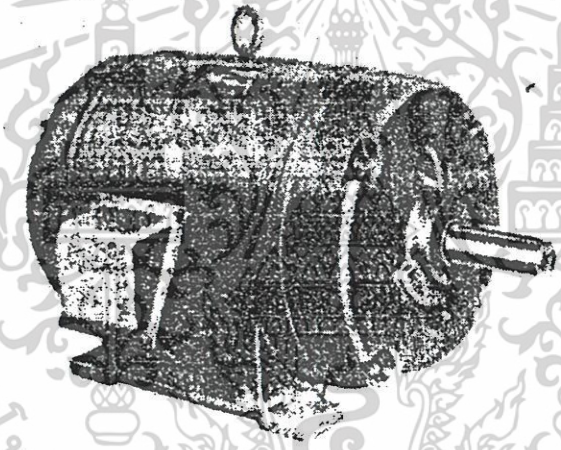
ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้คือ สเตเตอร์ โรเตอร์ และฝาครอบหัวท้าย ซึ่งฝาครอบนี้อาจจัดเข้าเป็นสเตเตอร์ก็ได้ ก่อนอื่นจะกล่าวถึงโรเตอร์เพิ่มเตอมอีกดังนี้ แกนโรเตอร์ จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท ลักษณะกลม เจาะรูด้านนอกโดยรอบเป็นสล๊อท นำมาอัดยึดติดกันให้เป็นแกนรูปทรงกระบอก รูสล๊อทโดยรอบฝังด้วยตัวนำไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นทองแดงหรือดลหะผสม หรืออะลูมิเนียม ในกรณีที่สล๊อทฝังด้วยแท่งตัวนำ ปลายแต่ละด้านของแท่งตัวนำ โดยการเชื่อมให้หลอมละลายติดกัน

ในปัจจุบันนี้ ตัวนำที่บรรจุอยู่ภายในสล๊อทของโรเตอร์จะใช้วิธีหล่อตัวนำไฟฟ้าซึ่งปกติจะเป็นโลหะผสมหรืออะลูมิเนียมเข้าไปเลย รวมทั้งหล่อแหวนตัวนำเชื่อมตัวนำในสล๊อทแต่ละด้านของโรเตอร์ด้วย และพร้อมกันนี้ก้หล่อแผ่นครีบที่ช่วยในการระบายความร้อนให้ยื่นออกไปทั้งสองข้างพร้อมกันเลย ตัวนำทั้งหมดในสล๊อทแหวนตัวนำที่ด้านข้าง และแผ่นครีบระบายความร้อนจะถูกหล่อให้ติดกันทั้งหมดพร้อมๆ กัน เป็นชิ้นเดียวกันเลย สล๊อทจะมีลักษณะเฉียงกับแนวแกนทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับ กันระหว่างฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์และ สล๊อทของโรเตอร์จึงใช้สล๊อทชนิดปิดแต่ถ้าใช้ชนิดกึ่งปิด ปากเปิดน้อยๆ ของสล๊อทจะถูกปิดขณะที่โรเตอร์อยู่ในขบวนการหล่อ ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ที่ตัวโรเตอร์จะต้องมีท่อระบายความร้อนด้วย โดยปกติแล้วท่อลมสำหรับระบายความร้อนนี้ จะเจาะให้ทะลุจากปลายด้านหนึ่งถึงปลายอีกด้านหนึ่ง ของ แกนโรเตอร์ และอยู่

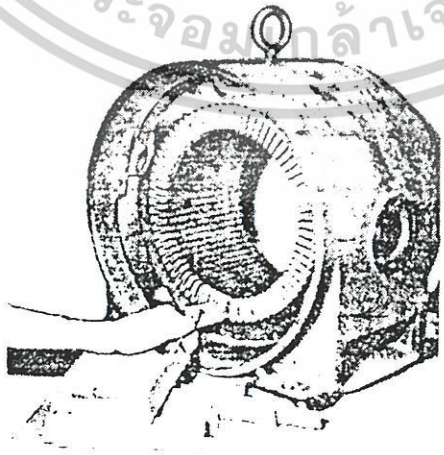
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเพลากับสล๊อทโดยรอบ วิธีการหล่อตัวนำลงในสล๊อทของโรเตอร์นี้จะไม่เกิดการประหยัดเลยสำหรับการผลิตมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ผลิตครั้งจะไม่มากนัก

สำหรับสเตเตอร์จะประกอบด้วยโครงเหล็ก แกนขดลวดและขดลวด โครงเหล็กจะมีสองลักษณะคือลักษณะหนึ่งผิวนอกเรียบและอีกลักษณะหนึ่งผิวนอบจะมีครีบสำหรับระบายความร้อน โครงเหล็กทั้งสองแบบนี้จะทำด้วยเหล็กหล่อสำหรับแบบที่ผิวนอกเรียบอาจทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวม้วนให้เป็นรูปทรงกระบอกแล้วเชื่อมให้ติดกันก้ได้ ส่วนด้านนอกจะมีกล่องต่อสายและขาตั้ง แกนเหล็กสเตเตอร์หรือแกนขดลวด จะทำด้วยแผ่นเหล็กลามิเนทออกแล้วเซาะด้านในให้เป็นร่องโดยรอบที่เรียกว่าสล๊อท แล้วนำเอาแผ่นลามิเนทเหล่านี้มาอัดยึดติดกัน ลักษณะสเตเตอร์ก่อนพันขดลวดดังรูปที่ 2.2 เมื่อพันขดลวดเสร็จเรียบร้อยแล้วจะได้ขดลวดสเตเตอร์และสเตเตอร์ดังรูปที่ 2.5

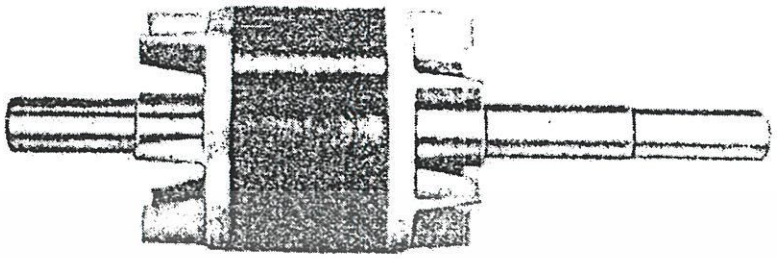


รูปที่ 2.1 ลักษณะของอินดั๊กชั่นมอเตอร์ 3-เฟส



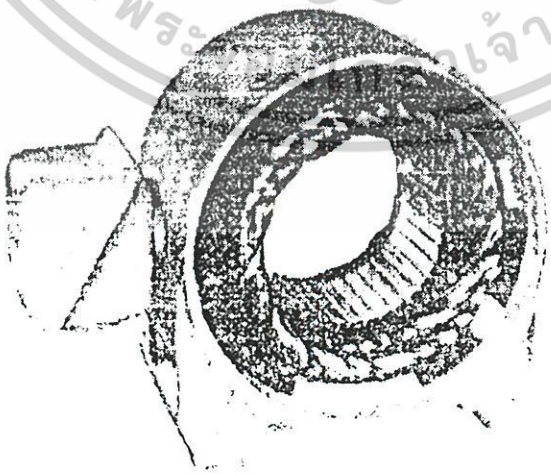
รูปที่ 2.2 ลักษณะสเตเตอร์ก่อนพันขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



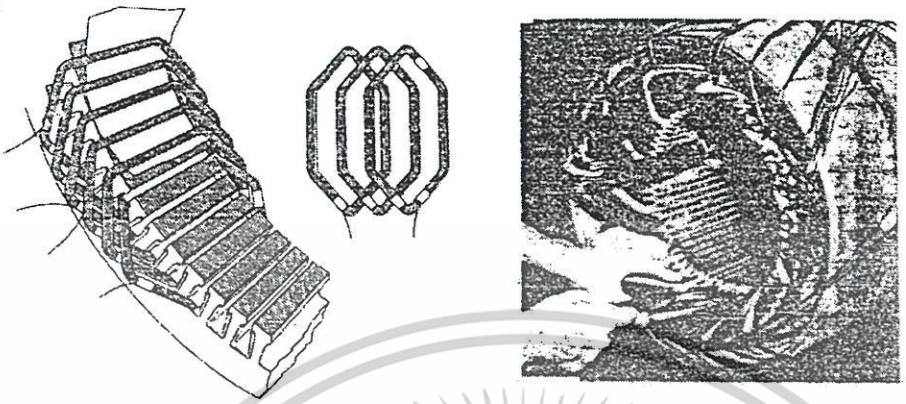
รูปที่ 2.3 ลักษณะของโรเตอร์ของมอเตอร์ 3-เฟส แบบสไควเรลเกจ

รูปที่ 2.4 ลักษณะฝาครอบหัว-ท้ายของมอเตอร์ 3-เฟส



รูปที่ 2.5 ลักษณะสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3-เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) รูปแบบก่อนการลงขดลวด (ข) รูปแสดงการลงขดลวด

รูปที่ 2.6 ลักษณะการพันขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3-เฟส วาล์วโรเตอร์

ฝาครอบหัวท้ายของมอเตอร์จะทำด้วยเหล็กหล่อมีรูตรงกลางสำหรับอัดแบริ่งรองรับเพลาให้ติดแน่นทั้งสองข้างที่ฝาครอบนี้จะเจาะให้มีช่องสำหรับการถ่ายเทอากาศด้วยคือเป็นช่องสำหรับให้ลมร้อนออกมาเป็นการช่วยระบายความร้อนของมอเตอร์ด้วย แบริ่งที่อัดติดกับรูตรงกลางของฝาครอบอาจจะเป็นแบบปลอกหรือสลีฟ (Sleeve Bearing) และแบบบอลล์ (Ball Bearing) ส่วนมากจะใช้แบริ่งแบบบอลล์ ลักษณะของฝาครอบดังรูปที่ 2.4

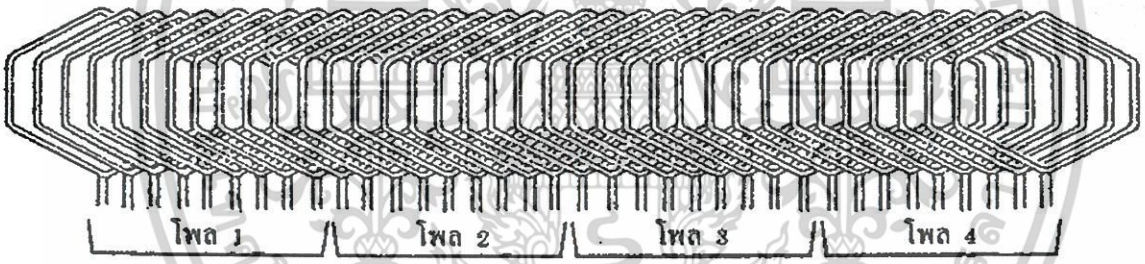
2.2.2 หลักการทำงาน

เมื่อป้อนไฟฟ้าสามเฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะมีกระไฟไหลในขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์ สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์นี้จะยุบตัวและขยายตัวตามการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นไซน์ของไฟสลับและไปตัดกับขดลวดที่โรเตอร์เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขึ้นที่โรเตอร์ และเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ด้วย หมายความว่าเมื่อป้อนไฟสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์แล้วจะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนและสนามแม่เหล็กหมุนนี้จะไปเหนี่ยวทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเกิดกระแสเหนี่ยวนำและเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ และให้สนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์ดึงดูดให้สนามแม่เหล็กจากโรเตอร์หมุนตามไปด้วย คือทำให้โรเตอร์หมุนไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์ซึ่งความเร็วของโรเตอร์ที่หมุนไปนี้ จะหมุนด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสเสมอ

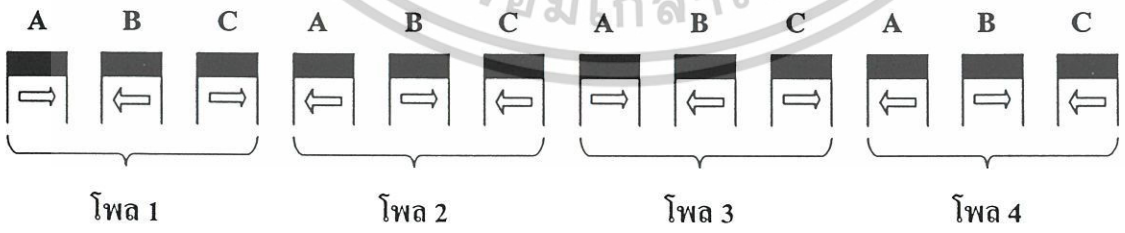
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การต่อมอเตอร์สไควเรลเกจ สามเฟส

การต่อมอเตอร์สไควเรลเกจ สามเฟสใช้งาน ได้กล่าวมาแล้วว่ามอเตอร์สามเฟสนั้นคพล แต่ละโพลจะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุดหรือ 3 เฟสคือเฟส 1 เฟส 2 และเฟส 3 หรือ เฟส A เฟส B และเฟส C การต่อขดขวดมี 2 แบบด้วยกันคือแบบสตาร์หรือ (Y) และแบบเดลต้า (Δ) ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป โดยจะเริ่มต้นภายหลังจากการพันขดลวดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขดลวดแต่ละเฟสที่ขั้วแม่เหล็กแต่ละโพลนั้น จะมีปลายสาย 2 เส้นคือต้นกับปลาย แต่ในกรณีรูปที่ 2.7 นี้ ขดลวดหนึ่งเฟสจะมีสามคอยล์ คือ เฟส A จะมีสามคอยล์ เฟส B จะมีสามคอยล์และเฟส C ก็มีสามคอยล์ ต่อปลายสายแต่ละคอยล์อันดับกันแล้วจะเหลือปลายสายต้นกับปลายเพียงชุดละ 2 เส้นเท่านั้นดังกรณีมอเตอร์ชนิด 4 ขั้วแม่เหล็กนี้จะมีขดลวดเฟส A 4 ชุด ขดลวดเฟส B 4 ชุด ขดลวดเฟส C 4 ชุด เมื่อเขียนแท่งสี่เหลียมผืนผ้าแทนขดลวดแต่ละเฟสของรูปที่ 2.7 แล้ว แล้วจะได้รูปที่ 2.8 พร้อมกันนี้เราก็จะให้ทิศทางของกระแสไฟไหลในแต่ละเฟสที่จะสร้างสนามแม่เหล็กหมุน มีทิศทางดังรูปที่ 2.8 ด้วย



รูปที่ 2.7 ลักษณะขดลวด 3 เฟสที่พันเสร็จแล้วแสดงในแนวเส้นตรง

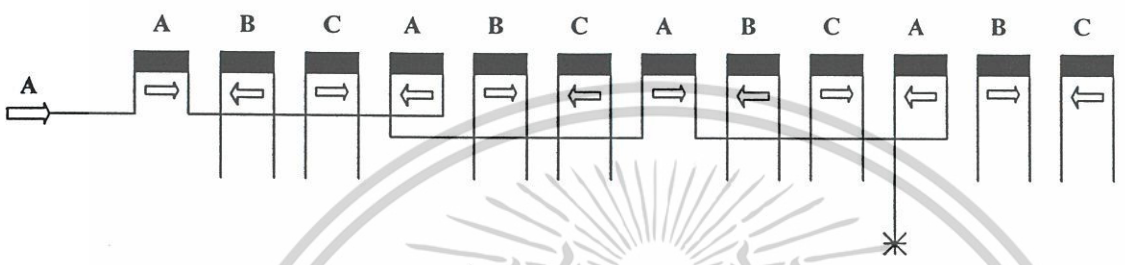


รูปที่ 2.8 แท่งสี่เหลี่ยมแทนขดลวดแต่ละเฟสของรูปที่ 2.7

คือถ้าให้กระแสที่ไหลผ่านเฟส A สร้างสนามแม่เหล็กที่เป็นขั้วเหนือแล้ว กระแสไฟของเฟส B ที่อยู่ใกล้ๆ ก็จะต้องสร้างสนามแม่เหล็กเป็นขั้วใต้มาสลับกันอย่างนี้เรื่อยไปจนหมดทุกเฟสและทุกโพล การต่อขดลวดแต่ละเฟสกระทำได้ดังนี้ คือเริ่มต้นจากขอลวดเฟส A ต่อสายไฟเข้าที่

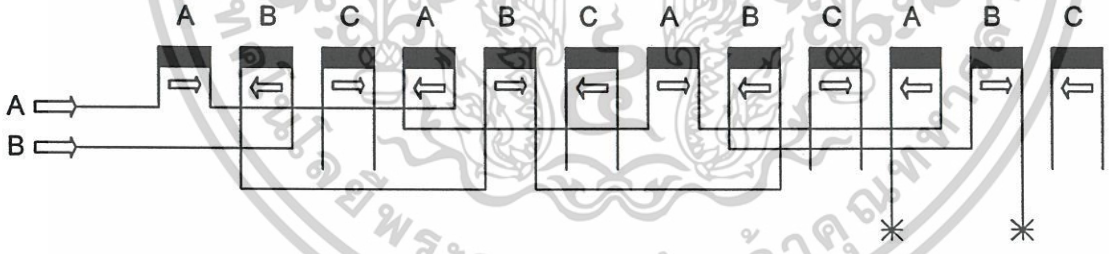
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นของเฟส A ที่โพล 1 ต่อปลายของเฟส A ที่โพลที่ 1 เข้ากับปลายของเฟส A ที่โพลที่ 2 (ทิศทางของกระแสจะไหลสวนทางกัน) ต่อต้นของเฟส A ที่โพลที่ 2 เข้ากับต้นของเฟส A ที่โพลที่ 3 และต่อปลายของเฟส A ที่โพลที่ 3 เข้ากับปลายของเฟส A ที่โพลที่ 4 ในที่สุดจะเหลือต้นกับปลายของเฟส A เพียง 2 เส้น ดังรูปที่ 2.9

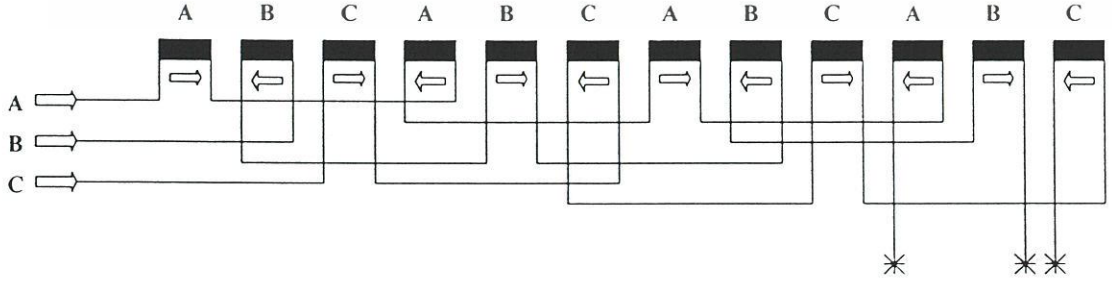


รูปที่ 2.9 การต่อขดลวดเฟส A

การต่อขดลวดเฟส B และเฟส C ก็กระทำในลักษณะเดียวกันคือที่เฟส B เริ่มต้นที่เฟส B ของโพลที่ 1 ไปเรื่อยจนถึงโพลที่ 4 จะเหลือปลายสาย 2 เส้นเช่นเดียวกับเฟส A ดังรูปที่ 2.10 และการต่อขดลวดเฟส C ก็เริ่มจากขดลวดเฟส C ที่โพลที่ 1 ไปเรื่อยจนถึงโพลที่ 4 จะเหลือปลายเพียง 2 เส้น ดังรูปที่ 2.11



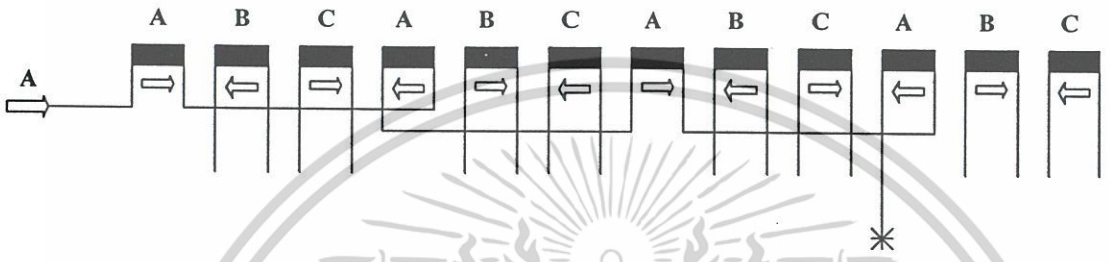
รูปที่ 2.10 การต่อขดลวดเฟส A และเฟส B



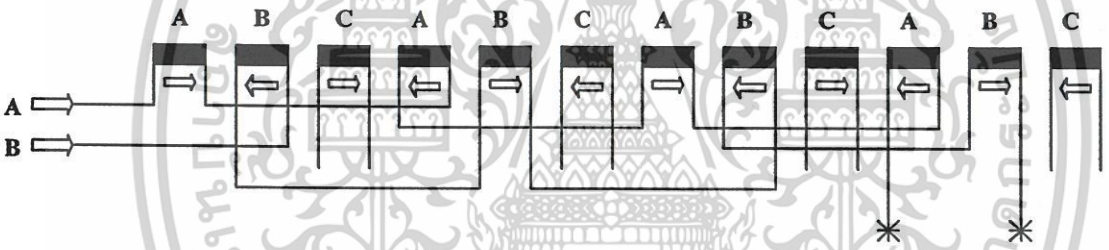
รูปที่ 2.11 การต่อขดลวดเฟส A เฟส B และเฟส C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

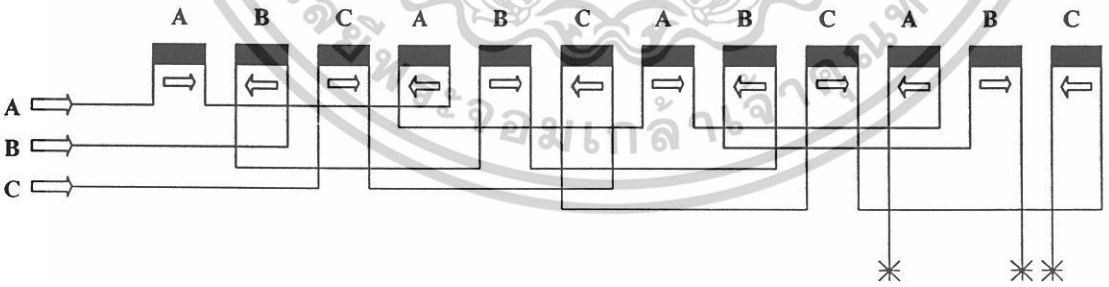
การต่อขดลวดมอเตอร์สามเฟสแบบสไควเรลเกจใช้งานมี 2 แบบด้วยกนคือ ต่อแบบสตาร์หรือวาย (Star or Whe, Y) และต่อแบบเดลต้า (Delta, Δ) เพื่อจะต่อขดลวดให้เป็นแบบสตาร์นั้นให้นำเอาปลายของขดลวดเฟส A เฟส B และเฟส C มาต่อเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.12 จุดต่อนี้เรียกว่า Star point และเมื่อเขียนเป็นสตีมเมติกไดอะแกรมจะได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 การต่อขดลวดมอเตอร์ 3-เฟส แบบสตาร์



รูปที่ 2.13 สคีมเมติกได้อะแกรมการต่อขดลวดมดเตอร์ 3-เฟส แบบสตาร์

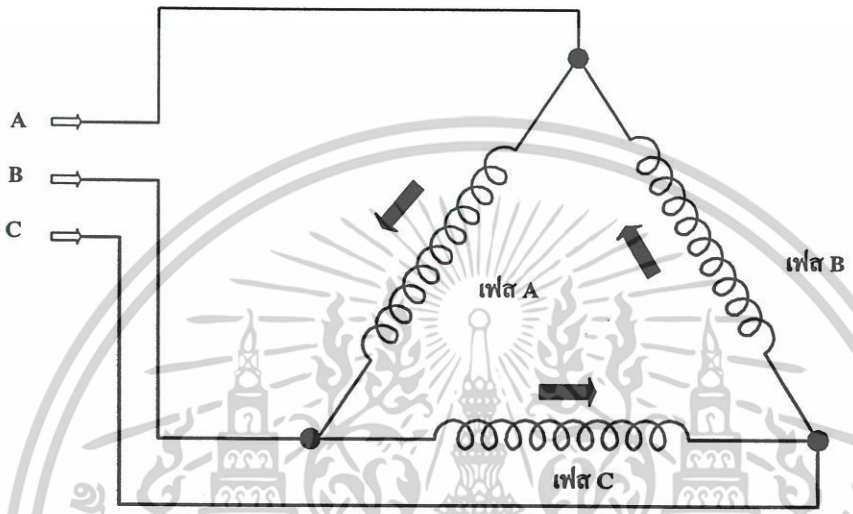


รูปที่ 2.14 การต่อขดลวดมอเตอร์ 3-เฟสแบบเดลต้า

สำหรับการต่อขดลวดมอเตอร์สามเฟสแบบเดลต้านั้นกระทำได้ดังนี้คือ จากการต่อขดลวดเฟส A เฟส B และเฟส C ในรูปที่ 2.11 ให้เอาปลายสายของเฟส A ที่โพลที่ 4 ต่อเข้ากับต้นของเฟส B ที่โพลที่ 1 และเอาปลายสายของเฟส B ที่โพลที่ 4 ต่อเข้ากับต้นของเฟส C ที่โพลที่ 1 จะ

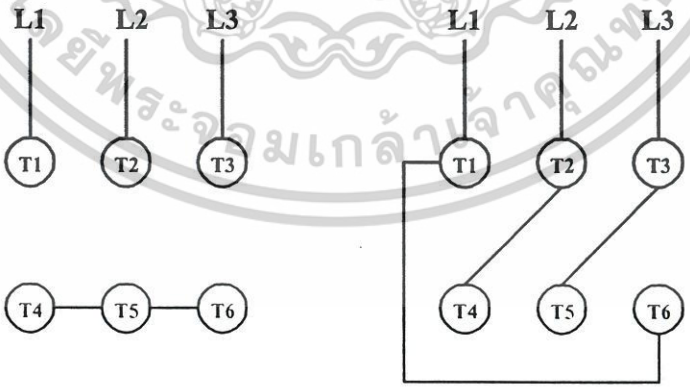
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ขดลวดแบบเดลต้าดังรูปที่ 2.14 และเมื่อเขียนรูปให้อยู่ในลักษณะสคีมเมติกไดอะแกรมจะได้ดังรูปที่ 2.15 การต่อขดลวดมอเตอร์แบบสตาร์ก็เพื่อใช้กับไฟฟ้าแรงดันสูงเช่นแรงดัน 380 โวลท์ เป็นต้น และการต่อขดลวดมอเตอร์แบบเดลต้าก้เพื่อใช้กับไฟฟ้าแรงดันต่ำเช่น 220 โวลท์



รูปที่ 2.15 สตีมเมติกไดอะแกรมการต่อขดลวดมอเตอร์ 3-เฟส แบบเดลต้า

เมื่อพิจารณาที่หลักต่อสายของมอเตอร์สามเฟสจะได้ดังรูปที่ 2.16 คือถ้าต่อขดลวดแบบสตาร์จะต่อหลักต่อสายดังรูปที่ 2.16 (ก) ถ้าต่อขดลวดแบบเดลต้าจะต่อหลักต่อสายดังรูปที่ 2.16 (ข)

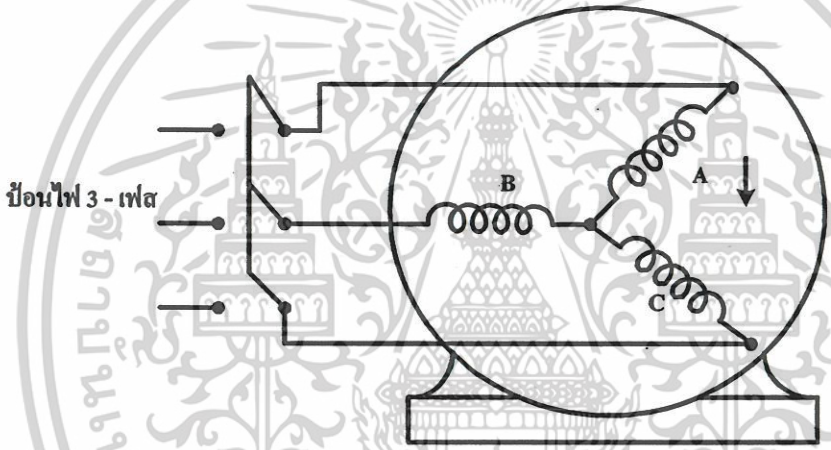


(ก) ต่อแบบสตาร์ (ข) ต่อแบบเดลต้า

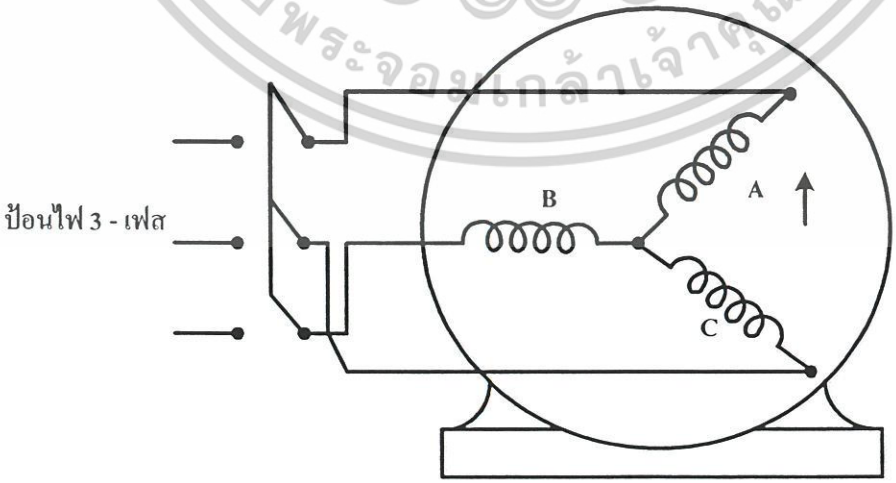
รูปที่ 2.16 การต่อหลักต่อสายในกล่องต่อสายของมอเตอร์ 3 –เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการต่อสายมอเตอร์สามเฟสเพื่อให้มอเตอร์หมุนกลับทางนั้นกระทำได้ง่ายๆ ดังนี้คือ ถ้าแต่เดิมต่อปลายสายของขดลวดเฟส A เฟส B และเฟส C เข้ากับแรงดันไฟฟ้า เฟส A เฟส B และเฟส C ตามลำดับ มอเตอร์สามเฟสตัวนั้นก็จะหมุนไปในทิศทางหนึ่ง เพื่อที่จะกลับทิสทางการหมุนของมอเตอร์ให้สลับปลายสายของขดลวดเฟส A กับเฟส B หรือสลับปลายสายขดลวดเฟส B กับเฟส C หรือสลับปลายสายของขดลวดเฟส A กับเฟส C เพียงคู่หนึ่งคู่ใดคู่เดียว มอเตอร์ก้จะหมุนกลับทางอย่าต่อปลายสายพร้อมกันทั้งสามปลายในเวลาเดียวกัน เพราะจะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิมอีกการต่อปลายสายมอเตอร์สามเฟส สมมติว่าให้หมุนตามเข็มนาฬิกา ต่อตามรูปที่ 2.17 และเมื่อต้องการต่อมอเตอร์สามเฟสให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ก็ต้องต่อตามรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 วิธีต่อปลายสายขดลวดมอเตอร์ 3เฟส เพื่อให้หมุนในทิศทางหนึ่ง



รูปที่ 2.18 วิธีต่อปลายสายของขดลวดมอเตอร์ 3-เฟสเพื่อให้หมุนในอีกทิศทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อินดั๊กชั่นมอเตอร์สามเฟส แบบวาด์วโรเตอร์

มอเตอร์แบบนี้จะมีใช้งานเฉพาะบางอย่างเท่านั้น สามารถปรับความเร็วได้ง่ายและสะดวก ซึ่งต่างจากมอเตอร์แบบสไควเรลเกจที่ทำงานด้วยความเร็วคงที่เสมอ มอเตอร์แบบนี้เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า สลิปริงมอเตอร์

2.3.1 ส่วนประกอบ

มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนอกับมอเตอร์แบบสไควเรลเกจคือประกอบด้วยสเตเตอร์โรเตอร์และฝาครอบ สเตเตอร์และฝาครอบจะเหมือนกับมอเตอร์แบบสไควเรลเกจทุกประการ แม้แต่การพันขดลวดการต่อขดลวด ดังนั้นจึงจะไม่กล่าวรายละเอียดเพิ่มเติมอีกส่วนที่แตกต่างกันก็คือที่โรเตอร์สำหรับโรเตอร์ของมอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์นี้จะทำด้วยแผ่นเหล็กลามิเนทเจาะรูเป็นสล๊อทและมีรูสำหรับการระบายความร้อนแล้วนำแผ่นลามิเนทแต่ละแผ่นมาอัดเข้าด้วยกันเป็นแกนโรเตอร์เช่นเดียวกับแกนโรเตอร์ของมอเตอร์แบบสไควเรลเกจทุกประการ ที่แตกต่างกันจริงๆ ก็เฉพาะขดลวดที่พันลงในสล๊อทโรเตอร์เท่านั้น ขดลวดที่พันลงในสล๊อทโรเตอร์จะพันด้วยเส้นลวดทองแดงกลมหรือแบนซึ่งแล้วแต่จะออกแบบโดยพันให้แต่ละเฟส ห่างกัน 120 องศาไฟฟ้าและพันให้มีจำนวนโพลเท่ากับจำนวนโพลที่สเตเตอร์ทุกประการด้วยเมื่อพันขดลวดลงในสล๊อทโรเตอร์เสร็จแล้วจะต่อขดลวดเป็นแบบสตาร์ เหลือปลายสายต่อเข้ากับสลิปริงเพียง 3 ปลายเท่านั้น ลักษณะโรเตอร์ที่พันขดลวดเสร็จแล้วดังรูปที่ 2.19 สลิปริงที่ยึดติดอยู่กับเพลาของโรเตอร์นี้แต่ละตัวจะมีฉนวนรองรับเพื่อไม่ให้ติดต่อถึงกันทางไฟฟ้า ที่สลิปริงจะมีแปรงถ่าน วางสัมผัสอยู่ในซองแปรงถ่านและมีสปริงกดให้สัมผัสแน่นตลอดเวลาด้วย จากแปรงถ่านนี้จะต่อสายออกไปภายนอกเพื่อต่อเข้ากับความต้านทานเพื่อควบคุมความเร็วต่อไป

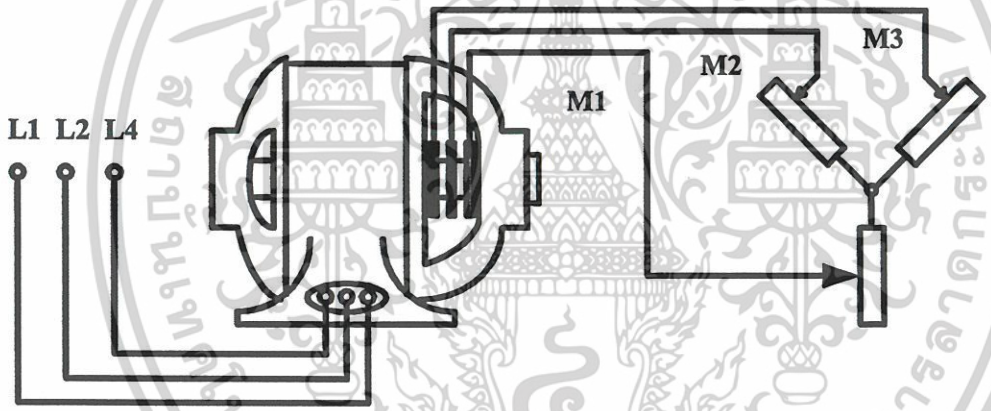
รูปที่ 2.19 ลักษณะของวาด์วโรเตอร์ ที่พันขดลวดเสร็จเรียบร้อยแล้วพร้อมสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักการทำงาน

เมื่อป้อนแรงดันไฟสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนและมีความเร็วที่เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส ความเร็วซิงโครนัสนี้จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับจำนวนโพลของมอเตอร์ สนามแม่เหล็กหมุนจะยุบตัวและขยายตัวตัดกับขดลวดที่โรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำด้วย กระแสเหนี่ยวนำนี้จะไหลผ่านสลิปริงผ่านความต้านทานภายนอกที่ต่อร่วมกับขดลวดโรเตอร์เพื่อช่วยในการเริ่มเดิน (สตาร์ท) และปรับความเร็ว

ขณะเริ่มเดิน (สตาร์ท) ความต้านทานภายนอกจะต่อแบบสตาร์ ความต้านทานที่ต่อเข้าไปร่วมกับขดลวดโรเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดเริ่มต้นดีขึ้น และเป็นผลทำให้อิมพีแดนซ์ของโรเตอร์เพิ่มขึ้นด้วยกระแสโรเตอร์ก็จะลดลง แต่กระแสเกือบจะมีเฟสเดียวกันกับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและเส้นแรงแม่เหล็กจากขดขวดสเตเตอร์จึงเป็นผลทำให้แรงบิดตอนสตาร์ทสูงขึ้น



รูปที่ 2.20 การต่อมอเตอร์ 3-เฟส แบบสลิปริง

เมื่อความเร็วมอเตอร์สูงขึ้นแล้วจึงค่อย ๆ ลดความต้านทานภายนอกออกจากวงจรของขดลวดโรเตอร์ เมื่อลดความต้านทานภายนอกออกหมด สลิปริงจะต่อลัดวงจรที่จุดต่อสตาร์ (star point) ของความต้านทานภายนอกขณะที่มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเต็มพิกัด (rated spud) ถ้าต้องการปรับความเร็วของมอเตอร์แบบนี้ก็ให้เพิ่มความต้านทานหรือลดความต้านทานภายนอกเข้ากับวงจรขอลวดโรเตอร์ ปกติแล้วจะปรับความเร็วให้ต่ำกว่าความเร็วเต็มพิกัด

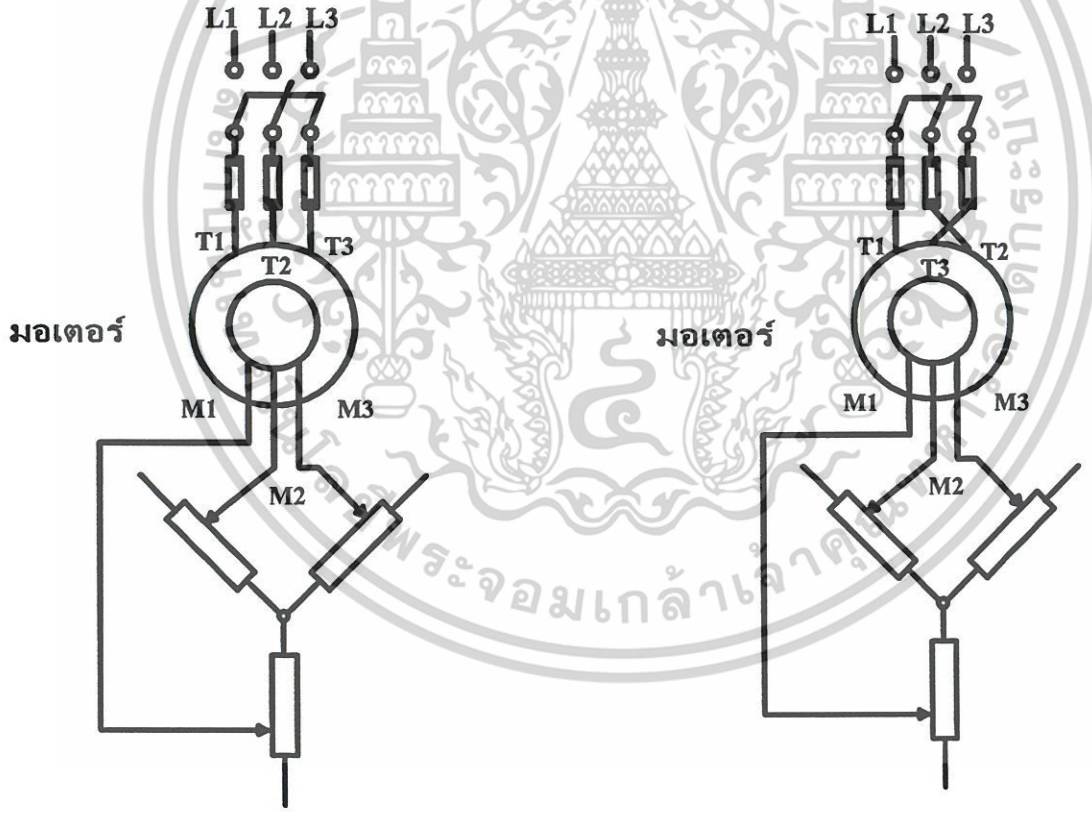
สามารถเริ่มเดินขณะขับโหลดสูงๆ ได้โดยการเพิ่มความต้านทานเข้าไปในวงจรขดลวดโรเตอร์ แต่จะทำให้เกิดความสูญเสีย IR^2 เพิ่มขึ้นในโรเตอร์ ซึ่งก็เป็นผลอันหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การต่อมอเตอร์สามเฟสแบบวาด์วโรเตอร์

เริ่มต้นตั้งแต่การต่อกลุ่มคอยล์ หรือต่อขดลวดแต่ละชุดหรือแต่ละเฟสภายในแต่ละโพล การต่อขดลวดแต่ละเฟสของมอเตอร์ การต่อขดลวดเป็นแบบสตาร์หรือเดลต้า ทำได้เช่นเดียวกันกับมอเตอร์สามเฟสแบบสไควเรลเกจในการต่อมอเตอร์สามเหสแบบวาด์วโรเตอร์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อได้ตามรูปที่ 2.20

สำหรับการต่อมอเตอร์สามเฟสแบบวาด์วโรเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางก็กระทำได้เช่นเดียวกับมอเตอร์สามเฟสแบบสไควเรลเกจ กล่าวคือให้สลับปลายสายที่ต่อเข้ากับขดลวดสเตเตอร์เพียงคู่หนึ่งคู่ใดเท่านั้น ดังรูปที่ 2.21 ในรูปที่ 2.21 (ก) เป็นการต่อมอเตอร์ให้หมุนในทิศทางหนึ่ง และรูปที่ 2.21 (ข) เป็นการต่อมอเตอร์ให้หมุนในอีกทิศทางหนึ่งซึ่งตรงกันข้ามแต่ถ้าจะต่อปลายสายที่โรเตอร์ให้สลับกันมอเตอร์จะไม่หมุนกลับทางแต่อย่างใด



(ก) มอเตอร์จะหมุนในทิศทางหนึ่ง (ข) มอเตอร์จะหมุนในอีกทิศทางหนึ่ง

รูปที่ 2.21 การต่อมอเตอร์ 3-เฟสแบบวาด์วโรเตอร์ให้หมุนกลับทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

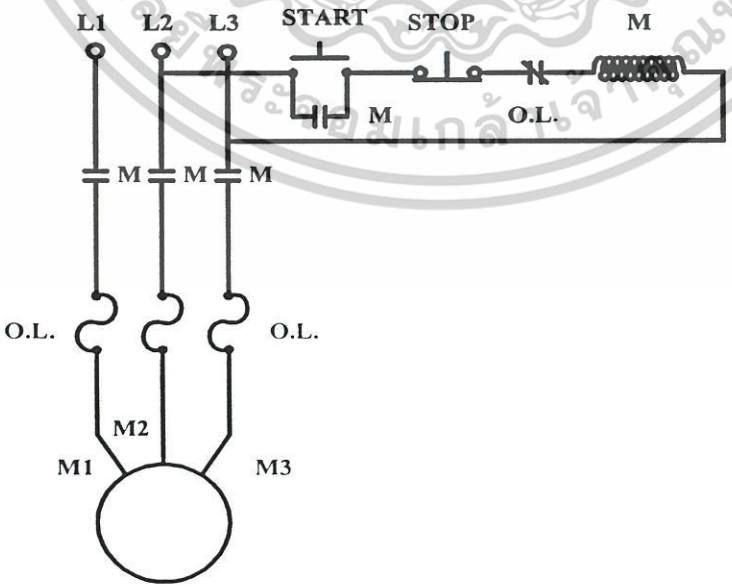
2.4 วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์

มอเตอร์ไฟสลับที่เรียกว่า อินดั๊กชั่นมอเตอร์ก็เหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้า นั่นก็คือโรเตอร์ทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิ จะต่างกันเพียงนิดเดียวคือโรเตอร์ของมอเตอร์จะเชื่อมพรบวงจรแบบวงจรลัดตลอดเวลา (ขดลวดปฐมภูมิ) จะสูงมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่างสตาร์ท เนื่องจากในช่วงสตาร์ทนี้จะยังไม่มีแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำย้อนกลับเกิดต้านกับแรงดันป้อน กระแสใช่วงสตาร์ทของอินดั๊กชั่นจะมีค่าประมาณ 5-7 เท่าของกระแสเมื่อมอเตอร์ทำงานเต็มพิกัด แต่แรงบิดช่วงนี้จะมีค่าประมาณ 1.5-2.5 เท่าของแรงบิดที่โหลดเต็มพิกัดเท่านั้น กระแสไฟที่มีค่าสูงในชั่วขณะนี้จะมีผลทำให้เกิดแรงดันไฟลด (Drop) ในสายอันจะมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นที่ต่อร่วมในวงจรเดียวกัน ดังนั้นมอเตอร์ที่มีขนาดตั้งแต่ 30 แรงม้าขึ้นไปจึงไม่ควรที่จะสตาร์ทโดยตรง

แรงบิดสตาร์ทของอินดั๊กชั่นมอเตอร์สามารถที่จะแก้ไขให้ดีขึ้นได้ โดยการเพิ่มความต้านทานให้กับวงจรโรเตอร์ ซึ่งกรณีนี้สามารถใช้กับมอเตอร์ 3-เฟสแบบสลิปริงได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถนำไปใช้กับมอเตอร์แบบสไควเรลเกจได้ อย่างไรก็ตามวิธีการลดกระแสสตาร์ทก็สามารถทำได้ โดยการลดแรงดันป้อนของสเตเตอร์ในช่วงสตาร์ท เมื่อมอเตอร์ทำงานเสร็จจึงเพิ่มแรงดันให้มีค่าตามพิกัดกำหนด

2.4.1 วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์แบบสไควเรลเกจโรเตอร์

ก. วิธีสตาร์ทโดยตรง (Direct Start หรือ On Line Start) วิธีนี้มักจะใช้กับมอเตอร์ขนาดแรงม้าต่ำ ๆ คือไม่เกิน 30 แรงม้า ได้กล่าวแล้วว่า กระแสสตาร์ทสูงมาประมาณ 5-7 ท่าของกระแสฟูลโหลด แต่แรงบิดต่ำมากคือเพียง 1.5-2.5 เท่าของแรงบิดที่โหลดเต็มพิกัดเท่านั้น

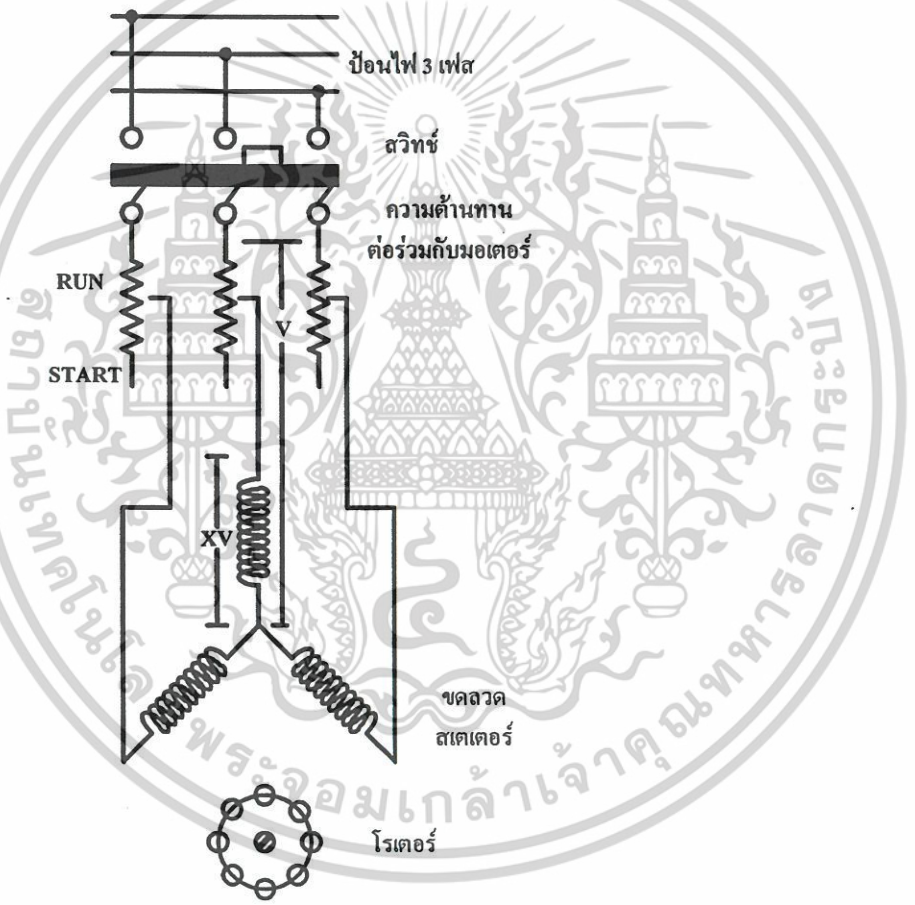


รูปที่ 2.22 วงจรสตาร์ทโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์แบบลดแรงดันป้อนนี้มีหลายวิธีด้วยกันดังนี้

1. ต่อความต้านทานอันดับกับมอเตอร์ (Primary Resistor Reostat) เพื่อที่จะลดแรงดันป้อนในช่วงสตาร์ทให้ต่ำลง กระแสไฟในช่วงสตาร์ทจะลดลงด้วย เนื่องจากกระแสจะแปรผันโดยตรงกับแรงดัน และแรงบิดแปรผันกับแรงดันกำลังสอง สมมุติว่าถ้าแรงดันป้อนลดลง 50% กระแสก็จะลดลง 50% ด้วย แต่แรงบิดสตาร์ทจะลดลงเพียง 25% ของแรงบิดเมื่อโหลดเต็มพิกัดเท่านั้น เมื่อมอเตอร์ทำงานและมีความเร็วสูงขึ้นแล้วจึงค่อยๆ ลดความต้านทานออกจากวงจรขดลวดสเตเตอร์ วงจรสตาร์ทแบบนี้ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 วงจรสตาร์ทลดแรงดันป้อนโดยต่อความต้านทานอันดับกับมอเตอร์

2. ต่อออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์อันดับกับมอเตอร์ (Auto-Transformer)

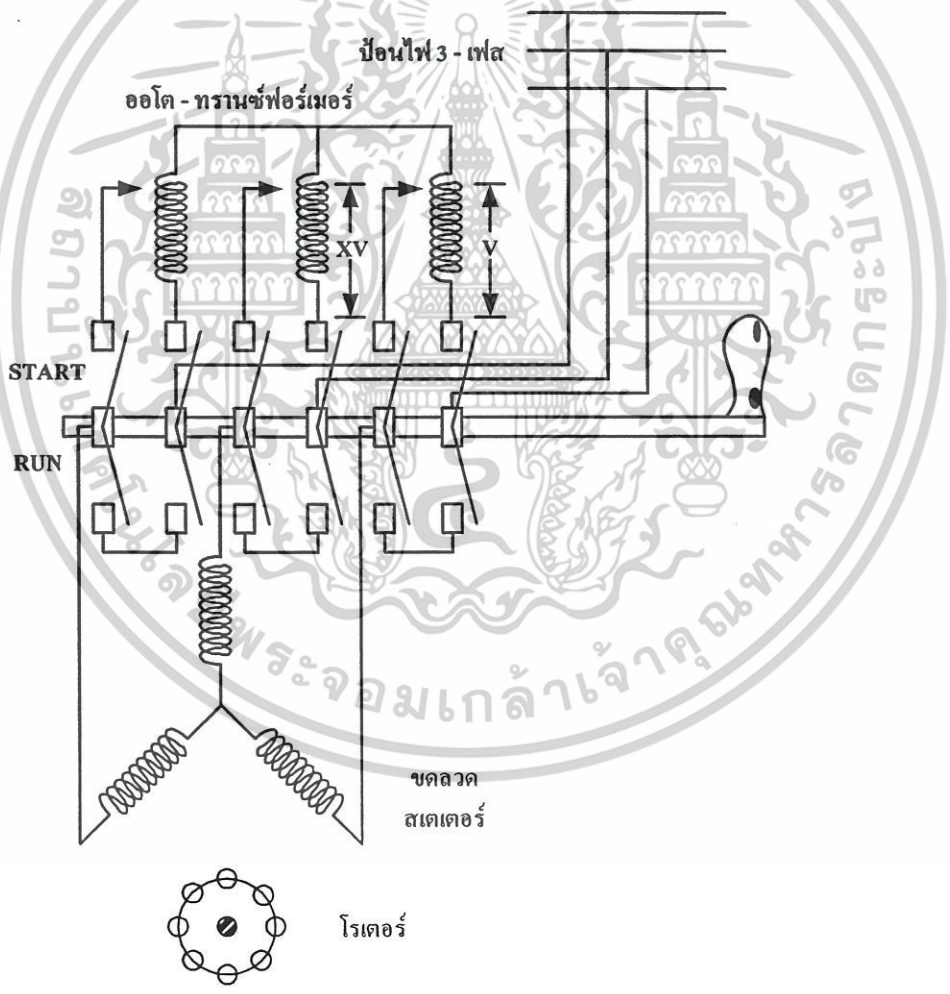
วิธีสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้บางทีก็เรียกว่า ออโต-สตาร์ทเตอร์ (Auto-Starter) หรือคอมเพนเซเตอร์ (Compensator) ซึ่งจะประกอบด้วย ออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์-และสวิตซ์อัตโนมัติ ตามรูปใช้ออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์ หนึ่งเฟส 3 ตัว หรือ ออโต-ทรานซ์ฟอร์เมอร์สามเฟสหนึ่งตัว เมื่อเริ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สตาร์ทจะสับสวิตซ์ไปยังตำแหน่งสตาร์ท จะสังเกตเห็นว่าแรงดันป้อนมอเตอร์จะมีค่าลดลงเหลือเพียง XV เท่านั้น เมื่อมอเตอร์มีความเร็วสูงขึ้นประมาณ 80% ของความเร็วเต็มพิกัดแล้วจึงสับสวิตซ์ไปยังตำแหน่งรัน ขณะนี้แรงดันป้อนมอเตอร์จะมีค่าเต็มพิกัดคือ V. สวิตซ์ที่ใช้ ถ้าใช้กับมอเตอร์ขนาดแรงม้าต่ำจะใช้ชนิด แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดแรงม้าสูงจะใช้สวิตซ์ชนิด Oil-Immersed ทั้งนี้เพื่อลดการ สปาร์ค ที่หน้าสัมผัส

วิธีสตาร์ทแบบนี้ จะออกแบบให้มีรอยต่อ (Tap) ที่หม้อแปลงเป็น 3 ขนาดด้วยกัน คือ 80, 65 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันป้อนเต็มพิกัด เพื่อให้สามารถเลือกแรงดันสตาร์ทได้อย่างเหมาะสม วงจรสตาร์ทแบบนี้ดังรูปที่ 2.24

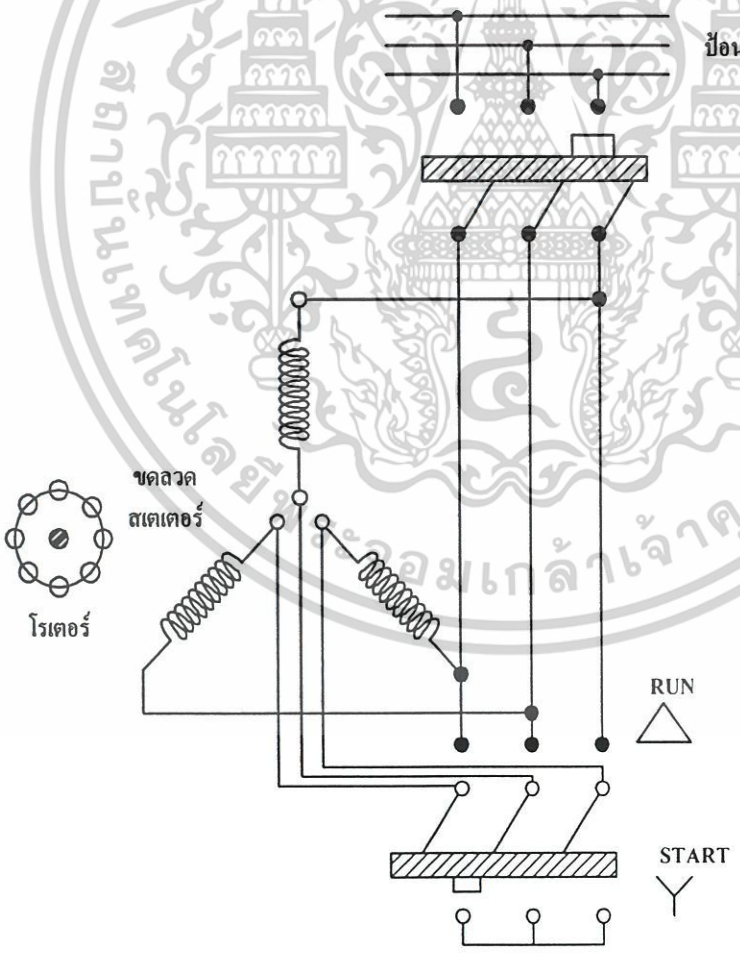


รูปที่ 2.24 วงจรสตาร์ทแบบต่อออโต – ทรานซ์ฟอร์เมอร์อันดับกับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
59466

3. วิธีสตาร์ทแบบ สตาร์-เดลต้า (Star-Delta Starter) วิธีนี้จะใช้กับมอเตอร์สามเฟสที่ขดลวดสเตเตอร์ทำงานแบบเดลต้าเท่านั้น วงจรสตาร์ทจะประกอบด้วยสวิทช์ชนิด 2 ทาง แบบ TPDT โดยที่ สวิทช์นี้จะต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์ในตอนสตาร์ท และต่อขดลวดแบบเดลต้าเมื่อมอเตอร์ทำงานปกติ

ขณะสตาร์ท ขดลวดต่อแบบสตาร์นั้น แรงดันป้อนขดลวดแต่ละชุดจะมีค่า $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของแรงดันปกติ แต่แรงบิดสตาร์ทจะมีค่าเพียง $\frac{1}{3}$ ของแรงบิดเมื่อโหลดเต็มพิกัด คือเมื่อมอเตอร์ต่อแบบเดลต้า และทำงานที่แรงดันเต็มพิกัด และกระแสสตาร์ทจะลดลงในสัดส่วนเดียวกันแรงดันป้อนขณะสตาร์ท คือลดลง $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของกระแสโหลดเต็มพิกัด วิธีสตาร์ทมอเตอร์วิธีนี้มีราคาถูก และการควบคุมทำได้ง่ายและสะดวก วงจรสตาร์ทดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 วงจรสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิธีสตาร์ทอินดั๊กชั่นมอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์

มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์หรือสลิปริงมอเตอร์นี้ มักจะสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัดคือป้อนแรงดันตามพิกัดให้กับขดลวดสเตเตอร์เลย กระแสไฟตอนสตาร์ทจะถูกปรับให้ลดลงโดยการต่อความต้านทานที่ปรับค่าได้เข้ากับวงจรโรเตอร์ ความต้านทานที่ปรับค่าได้ หรือที่เรียกว่า รีโอสตาร์ท จะต่อร่วมกันกับโรเตอร์ แต่พอความเร็วสูงขึ้นแล้ว จึงค่อย ๆ ลดความต้านทานลงจนกระทั่งตัดออกหมด และต่อลัดวงจรโรเตอร์เหมือนกับรูปที่ 2.20 และ 2.21

2.5 วิธีควบคุมความเร็วของอินดั๊กชั่นมอเตอร์

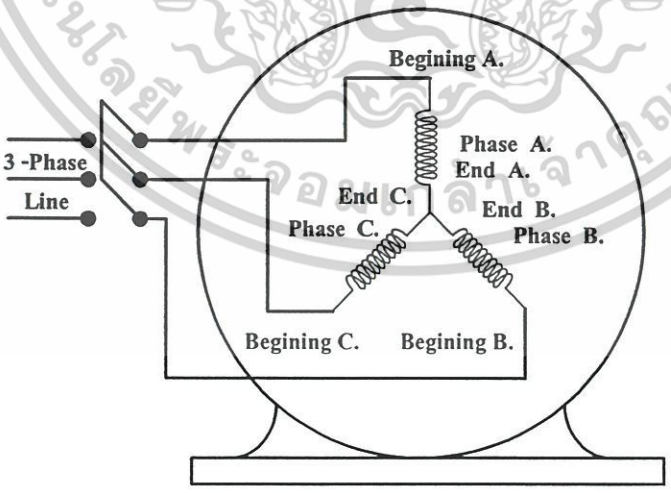
อินดั๊กชั่นมอเตอร์สามเฟส จะมีความเร็วค่อนข้างคงที่ ความเร็วเปลี่ยนแปลงที่โหลดเต็มพิกัด จะน้อยกว่า 5% การควบคุมความเร็วทำได้ยาก วิธีการควบคุมความเร็วของแบ่งได้ดังนี้

2.5.1 การควบคุมความเร็วทางด้านสเตเตอร์

1. เปลี่ยนแปลงแรงดันป้อน เป็นวิธีที่ง่ายและราคาถูก แต่ไม่นิยมนำไปใช้เพราะความเร็วเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก มีผลทำให้ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงด้วย

2. เปลี่ยนความถี่ป้อน วิธีนี้ก็มักไม่ค่อยนำไปใช้ ทั้งนี้จากสมการ $N = \frac{120f}{P}$ ความเร็วซิงโครนัสจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความถี่เปลี่ยนไป วิธีนี้จะใช้ในการณีที่อินดั๊กชั่นมอเตอร์เป็นโหลดของเครื่องกำเนิดเท่านั้น ความถี่จากเครื่องกำเนิดเปลี่ยนแปลงได้เมื่อปรับความเร็วของต้นกำลัง

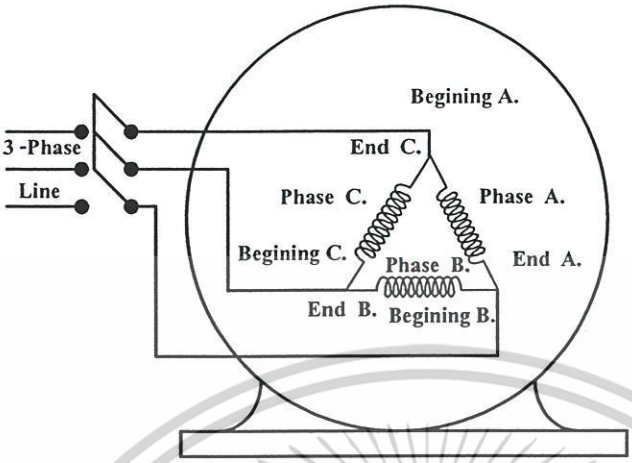
มอเตอร์ทรีเฟสมีวิธีต่ออยู่ 2 แบบ คือ



(ก) รูปต่อสตาร์ (Star)

รูปที่ 2.26 การต่อสตาร์และการต่อเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

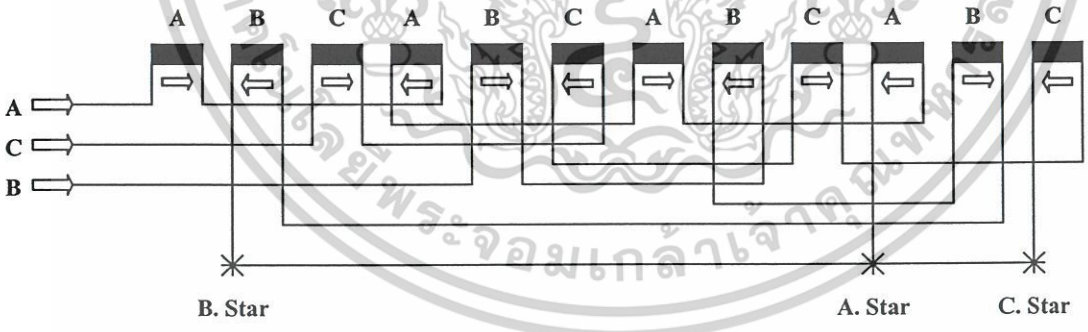


(ข) รูปต่อเดลต้า (Delta)

รูปที่ 2.26 (ต่อ) การต่อสตาร์และการต่อเดลต้า

2.6 การต่อแบบสตาร์

เพื่อสะดวกในการอธิบาย ของสมมุติว่าจะต่อคอล์ยของมอเตอร์ทรีเฟสตัวหนึ่ง ซึ่งมี 36 สล๊อตและมี 36 คอล์ย ต่อเป็น 4 โปล การต่อให้ปฏิบัติดังนี้



รูปที่ 2.27 การต่อแบบสตาร์

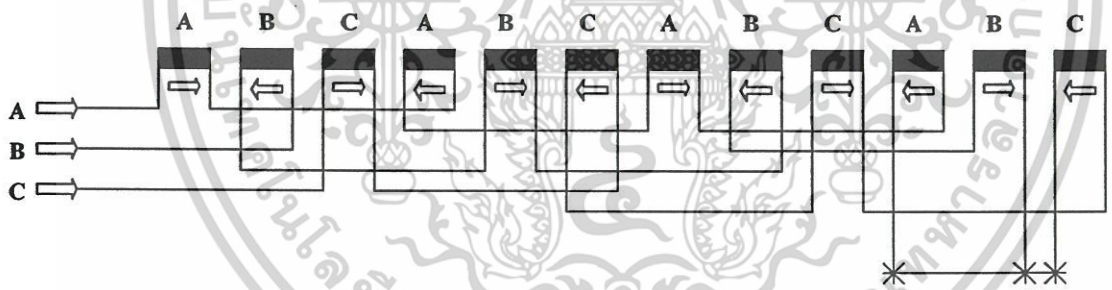
1. ขั้นแรกเราต้องต่อคอล์ยให้เป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 3 คอล์ยต่ออนุกรมกันการต่อคอล์ยหลาย ๆ คอล์ยอนุกรมกันให้เป็นกลุ่ม เมื่อต่อแล้วให้เปรียบเสมือนว่าทุกคอล์ยพันวนไปทางเดียวกัน แต่ปกติเราพันคอล์ยออกมาเป็นกลุ่มอยู่แล้ว เพื่อไม่ให้มีหัวต่อมากและเพื่อประหยัดเวลา ขั้นนี้ควรจะแยกกลุ่ม A , B และ C โดยใช้ปลอกสีต่าง ๆ กัน ทีละหนึ่งเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มอเตอร์ตามที่สมมุติเป็นมอเตอร์ 4 โปล แต่ละเฟสมี 4 กลุ่ม ให้ต่อเฟส A. ทั้ง 4 กลุ่มก่อน คือเอา ปลายของกลุ่มที่ 1 ของเฟส A. ต่อเข้ากับปลายของกลุ่มที่ 2 ของเฟส A. เอาต้นของกลุ่มที่ 2 ของเฟส A. ต่อเข้ากับต้นของกลุ่มที่ 3 ของเฟส A. และเอาปลายของกลุ่มที่ 3 ของเฟส A. ต่อเข้ากับปลายอขงกลุ่มที่ 4 ของเฟส A. คือ ต้นต่อต้น ปลายต่อปลาย เฟส A. จะมีลวดเหลืออยู่เพียง 2 เส้น คือต้นของกลุ่มที่ 1 ต้นของกลุ่มที่ 4

3. กลุ่มที่ถัดจากกลุ่มที่ 1 ของเฟส A. คอล์ยของเฟส B. และถัดไปก็เป็นกลุ่มของเฟส C. ในทางปฏิบัติให้เราต่อเฟส C. ก่อนเฟส B. โดยถือคอล์ยกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ 1 ของเฟส C. (การต่อก็ต่อไปเหมือนเฟส A. จนครบ 4 กลุ่ม)และถัดจากกลุ่มที่ 1 ของเฟส C. ก็เป็นคอล์ยของกลุ่มเฟส A. ถัดจากกลุ่มของเฟส A. ไปอีก ก็เป็นคอล์ยของเฟส B. กลุ่มนี้ ของเฟส B. ถือว่าเป็นกลุ่มที่ 1 ของเฟส B. การต่อก็ไปเหมือนเฟส A. และ C. ทุกประการ

ความจริงเราจะต่อเฟส B. ก่อนเฟส C. ก็ได้ ข้อสำคัญอยู่ที่ว่า ทุกกลุ่มของเฟส A. ทุกกลุ่มของเฟส B. และทุกกลุ่มของเฟส C.ต้องต่อให้ลักษณะการพันวนสลับกันไปทุก ๆ กลุ่มและกลุ่มของเฟส A. B. C. ที่อยู่ติดกันนั้นต้องวนสลับกันด้วยแต่หากเราเลือกจุดตั้งต้นไม่มีหลัก การต่อจะดูไม่เรียบร้อยสวยงาม และยากต่อการตรวจสอบ



รูปที่ 2.28 การต่อเฟส B. ก่อนเฟส C.

4. เมื่อต่อเฟส A. B. และ C. เสร็จแล้วให้เอาปลายของทุกเฟสต่อรวมกันเป็นจุดต่อของสตาร์ (Star point) เอาต้นของ 3 เฟสมาต่อเข้ากับเมนไฟ 3 สายเฟสละสาย โปรดดูภาพประกอบ

2.7 การต่อแบบเดลต้า (Delta connection)

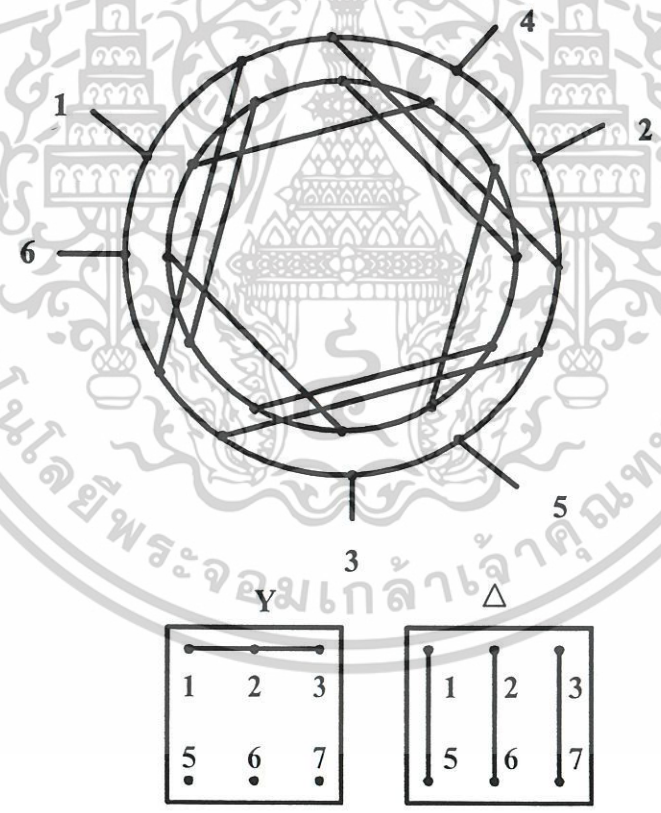
การต่อแบบนี้ วิธีการต่อคอล์ยให้เป็นกลุ่มและการต่อเชื่อมระหว่างกลุ่ม ของแต่ละเฟสก็คงต่อเหมือนกับการต่อแบบสตาร์ทุกประการเว้นแต่หลังจากการต่อแต่ละเฟสเสร็จแล้ว ให้เอาปลายของเฟส A. ต่อต้นของเฟส C. เอาปลายของเฟส C. ต่อต้นของ เฟส B. เอาปลายของเฟส B. ต่อต้นของเฟส A. ณ ตรงจุดต่อทั้งสามแห่ง ต่อเข้ากับสายเมนทั้ง 3 เส้นเข้าตรงจุดเหล่านั้นจุดละเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ มอเตอร์ 3 เฟสที่มีจำนวนกรู๊ฟของแต่ละเฟสเท่ากับจำนวนโปล เช่น มอเตอร์ 4 โปลแต่ละเฟสมีคอล์ยเฟสละ 4 กลุ่ม การต่อเชื่อมระหว่างกลุ่มให้จำ ว่าปลายต่อปลาย ต้นต่อต้น และมอเตอร์ที่มีจำนวนกลุ่มของแต่ละเฟสเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนโปล เช่นมอเตอร์ 4 โปล แต่มีคอล์ยอยู่ เฟสละ 2 กลุ่มเป็นต้น การต่อเชื่อมระหว่างกลุ่มให้จำว่า ปลายต่อต้น ต้นต่อปลาย เหมือนกับการต่อมอเตอร์สปลิตเฟสทุกประการ

2.8 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ทรีเฟส

เมื่อต่อมอเตอร์ทรีเฟสใช้งาน ปรากฏว่าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปทางหนึ่ง แต่มอเตอร์หมุนไปอีกทางหนึ่ง เมื่อจะกลับทางหมุนของมอเตอร์ทรีเฟสให้ปฏิบัติตามนี้ให้สลับสายที่สวิตช์ตัดตอน คู่ใดคู่หนึ่ง การสลับสายนี้จะสลับตรงไหนก็ได้ แล้วแต่สะดวก



รูปที่ 2.29 วิธีต่อมอเตอร์ทรีเฟส 36 สล๊อต 4 โพล 3 คอล์ย Pitch 8 แบบยก

การต่อมอเตอร์ 3 เฟสมากมายฟลายวิธีต่อไปนี้เป็นวิธีหนึ่ง ซึ่งไม่ต้องตรวจหัวสายว่าหัวใดมาจากไหน ต้นหรือปลายก็ไม่ต้องกังวล การพันจะแยกให้เสร็จ ต่อแบบนี้ต้องอาศัยการลงคอล์ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบยก เมื่อพันเสร็จแล้วจะเห็นปลายของคอล์ยออกจากสล็อตตามในรูป (ห่างกัน 3 สล็อต จะมีปลายออกมา 2 ปลายข้างนอก 1 ปลาย ข้างใน 1 ปลาย ซึ่งอยู่ในสล๊อตเดียวกัน)

การต่อจะเริ่มต้นที่ใดก็ได้แล้วแต่สะดวกด้านนอกจับเว้น 2 ปลาย ดูภาพประกอบ สำหรับด้านในจับหัวต่อให้ตรงกับด้านนอก (หัวด้านในที่อยู่สล๊อตเดียวกับด้านนอก) ที่เหลืออีก 6 ปลายด้านใน จับคร่อมหัวต่อที่ต่อไว้แล้ว เมื่อจับต่อหมดแล้ว ปลายด้านนอกจะเหลือ 6 ปลาย ซึ่งเห็นเป็นคู่ ๆ อยู่ 3 มุม เมื่อใช้ไฟเทสจะปรากฏว่าผลาย 1 กับ 4 จะเป็นเฟสเดียวกัน , ปลาย 2 กับ 5 จะเป็นเฟสเดียวกัน ปลาย 3 และ 6 จะเป็นเฟสเดียวกัน ปลายทั้ง 6 นี้จะเป็นปลายที่จะต่อสายหลีด (Lead) ออกไปที่ Terminal ข้างนอกตัวมอเตอร์ต่อสายหลีด (Lead) เข้าตามรูปภาพ จะต่อสตาร์หรือเดลต้าก็ได้แล้วแต่ประสงค์ วิธีต่อแบบนี้เป็นวิธีประหยัดเวลาได้มาก และไม่ผิดพลาดสามารถจับต่อได้ภายในนาทีเดียว

2.9 การตรวจหาการต่อมอเตอร์ทรีเฟส

ก่อนที่จะรื้อคอล์ยอมอเตอร์ตัวใดเพื่อทำการซ่อมหรือพันใหม่ ต้องรู้ว่าเดิมมอเตอร์ตัวนั้นต่อไว้อย่างไรเสียก่อน การคำนวณ การซ่อมและการพันจึงจะถูกต้อง วิธีตรวจหัวต่อให้ปฏิบัติดังนี้ ให้ตรวจดูที่สายเมนทั้ง 3 สายที่ต่อเข้ากับคอล์ยว่าปลายของคอล์ยต่อไว้สายละกี่เส้น

1. หากว่าสายเมนแต่ละสายมีปลายของคอล์ยต่อไว้สายละ 1 เส้น มอเตอร์ตัวนั้นจะต้องต่อสตาร์หรือซีรีสสตาร์

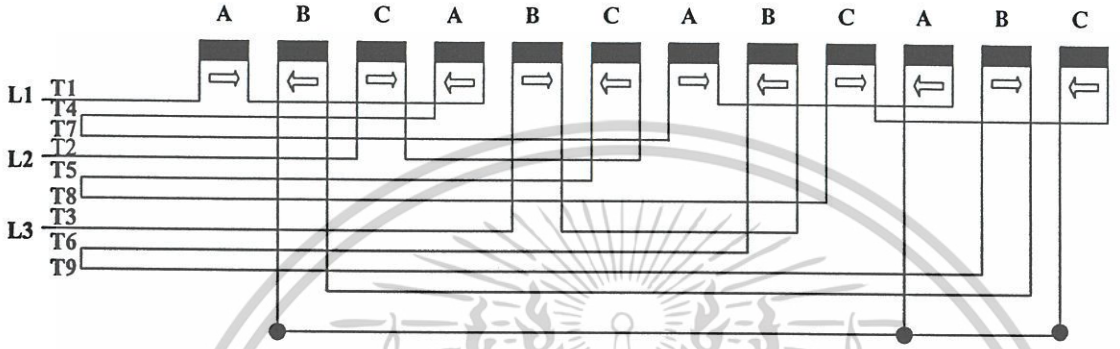
2. หากว่าสายเมนแต่ละสายมีปลายของคอล์ยต่อไว้ 2 เส้น ให้ค้นหาจุดต่อสตาร์บริเวณคอล์ยตอ่ไปอีก หากว่ามีปลายของคอล์ยต่อกันไว้กระจุกหนึ่ง 6 เส้น (หรือ 2 กระจุกๆ ละ 3 เส้น) ก็แสดงว่ามอเตอร์ตัวนั้น ต่อ 2 พาราเลลสตาร์หากหาจุดสตาร์ไม่พบ ก็แสดงว่ามอเตอร์ตัวนั้นต่อซีรีสเดลต้า

3. หากว่าสายเสนแต่ละสาย มีปลายของคอล์ยต่อไว้สายละ 3 เส้น มอเตอร์ตัวนั้นจะต้องต่อ 3 พาราเลลสตาร์ (Three Parallel Star) ตรวจบริเวณคอล์ยต่อไปจะพบจุดต่อสตาร์ (Star Point)

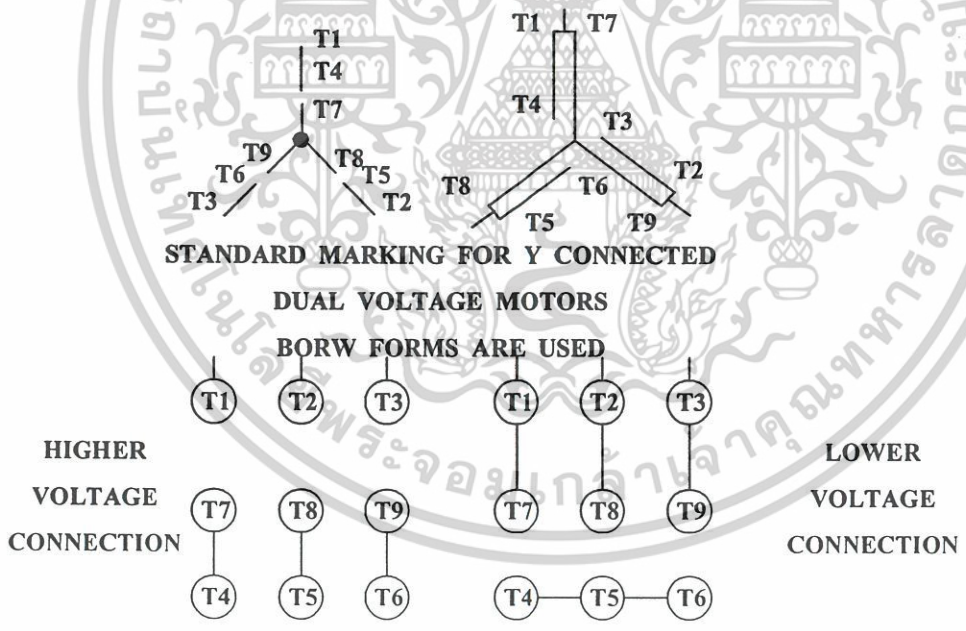
4. หากว่าสายเมนแต่ละสาย มีปลายของคอล์ยต่อไว้สายละ 4 เส้น ควรตรวจดูจุดสตาร์บริเวณคอล์ยต่อไปหากพบจุดสตาร์อาจจะมีกระจุกหนั่ง 12 เส้น หรือ 2 กระจุกๆ ละ 6 เส้นหรือ 3 กระจุกๆ 4 เส้น แล้วมีสานต่อเชื่อมระหว่างกระจุกทั้ง 3 อีกทีหนึ่ง หากพบจุดต่อสตาร์เช่นนี้ มอเตอร์ตัวนั้นต้องต่อ 4 พาราเลลสตาร์ (Four Parallel) หากว่าจุดต่อสตาร์ไม่พบ ก็แสดงว่ามอเตอร์ตัวนั้นต่อ 2 (Two Parallel Delta)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หากว่าสายเมนแต่ละสาย มีปลายของคอล์ยต่อไว้สายละ 6 เส้น มอเตอร์ตัวนั้นต้องต่อ 6 พาราเลลสตาร์ (Six Parallel Star) เมื่อตรวจหาจุดต่อสตาร์ในบริเวณคอล์ยต่อไปต้องพบถ้าไม่พบมอเตอร์ตัวนั้นจะต้องต่อ 3 พาราเลลเดลต้า (Three Parallel Delta)



รูปที่ 2.30 การต่อซีรีสสตาร์ของมอเตอร์ ทรีเฟส



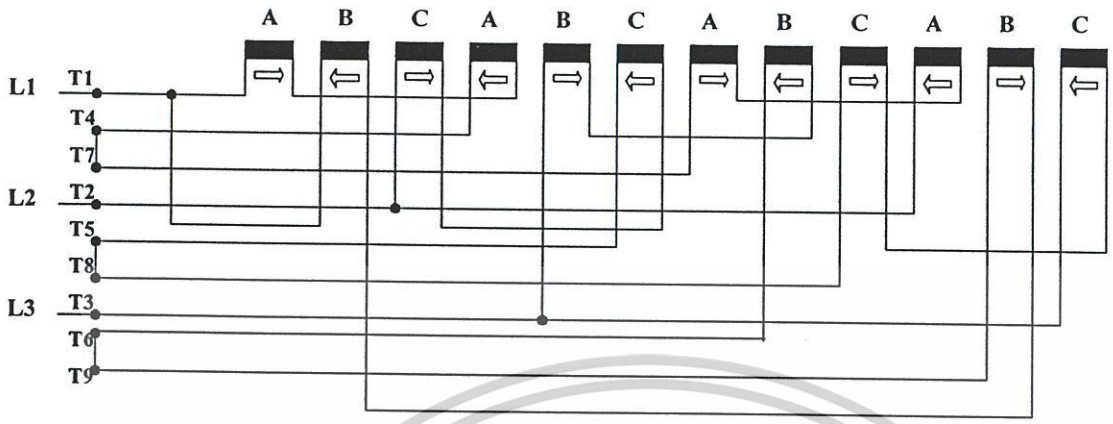
Y Connec Nows For Dual Voltage.

Voltage	L1	L2	L3	Tia TOGETHER		
Low	T1 T7	T2 T8	T3 T9		T4 T5 T6	
High	T1	T2	T3	T4 T7	T5 T8	T6 T9

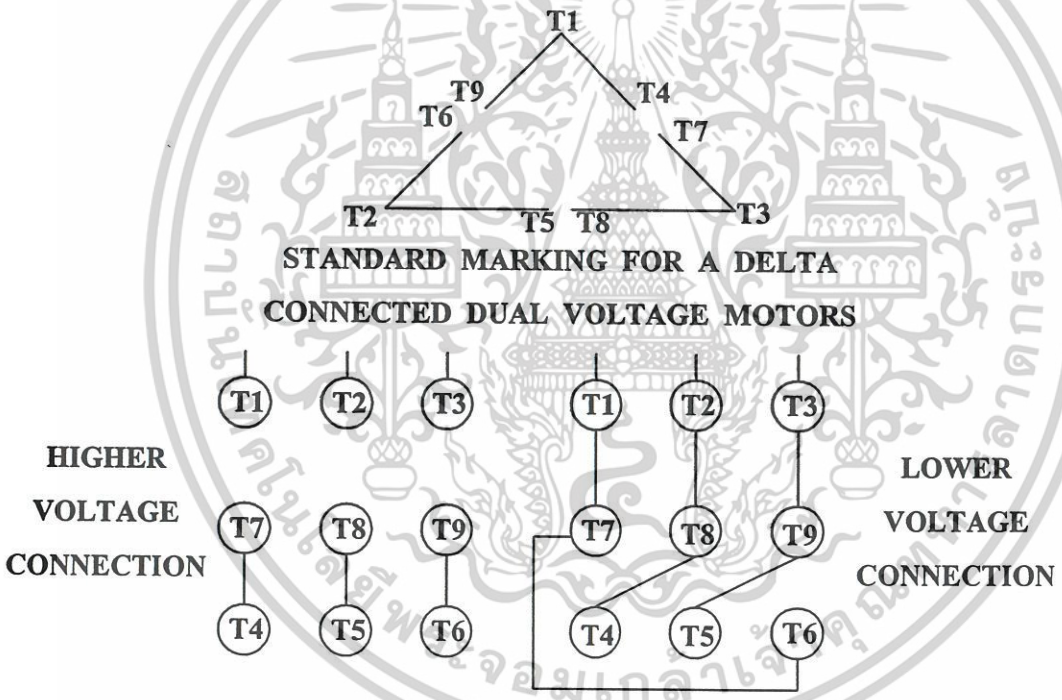
TABLE OF CONECT NOWS

รูปที่ 2.31 การมาร์คหัวสายและการต่อแบบสตาร์ ของมอเตอร์ที่ใช้ไป 2 ระดับแรงเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 การต่อซีรีสเดลต้า ของมอเตอร์ทรีเฟส



DELTA Connec Nows For Dual Voltage.

Voltage	L1	L2	L3	Tia TOGETHER		
Low	T1 T6 T7	T2 T4 T8	T3 T5 T9			
High	T1	T2	T3	T4 T7	T5 T8	T6 T9

TABLE OF CONNECT NOWS

รูปที่ 2.33 การมาร์คหัวสายและการต่อแบบเดลต้า ของมอเตอร์ ที่ใช้ไฟ 2 ระดับแรงเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 เซอร์กิตเบรกเกอร์ C.B. (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นอุปกรณ์ตัดตอนชนิดหนึ่งที่ได้ปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาของการใช้งานฟิวส์โดยมีคุณสมบัติในการป้องกันกระแสโหลดเกิน หรือกระแสลัดวงจรเท่าเทียมฟิวส์ทุกกรณี ในมาตรฐานของ NEMA นิยามความหมายว่าเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้ให้เปิด ปิดโดยไม่อัตโนมัติ แต่ขณะเดียวกันก็จะเกิดการตัดไปเมื่อเกิดกระแสเกินได้โดยอัตโนมัติ สามารถทำการแบ่งลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือสวิตช์เกียร์ตามมาตรฐานต่าง ๆ ดังนี้

2.10.1 มาตรฐาน VDE 0660

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้งานมีค่าแรงดันจนถึง 1000 โวลต์ สำหรับกระแสสลับและจนถึงค่าแรงดัน 3000 โวลต์ สำหรับกระแสตรง และแบ่งตามหน้าที่การใช้งานดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน VDE 0660

ลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์	วิธีการใช้งาน
แบ่งตามลักษณะชนิดของการทำงาน	1. การปฏิบัติงานด้วยมือ (Manual-Operating) 2. สวิตช์สัญญาณ (Flag Switch) 3. สวิตช์ช่วย (Auxilary Switch) 4. สวิตช์ช่วยควบคุมระยะไกล (Remote Control) 5. สวิตช์ฟันขบ(Snap-Action Switch)
ขึ้นอยู่กับความสามารถในการ	1. ตัดเมื่อขณะไม่มีโหลด (No-Load Switching) 2. ตัดเมื่อขณะมีโหลดปกติ (On-Load Switching) 3. ตัดโดยใช้การสวิตช์มอเตอร์ (Motor Switching) 4. เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ การสวิตช์กำลัง
แบ่งตามลักษณะกลไกทำงานภายในตัว	1. สวิตช์แรสเตอร์ (Rester Switch) 2. สวิตช์ควบคุมชั่วขณะ (Momentary-Control \Switch) 3. สวิตช์อัตโนมัติ (Automatic Switch)
ขึ้นอยู่กับชนิดหรือวิธีของการดับไฟอาร์ก (Arc-quenching)	1. สวิตช์แบบอากาศ (Air Switch) 2. สวิตช์แบบน้ำมัน (Oil Switch) 3. สวิตช์แบบแก๊ส (Gas Switch) 4.สวิตช์แบบสุญญากาศ (Vacuum Switch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงการแบ่งลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน VDE 0660

ลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์	วิธการใช้งาน
ขึ้นอยู่กับชนิดหรือจุดมุ่งหมายของการนำไปใช้งาน	1.เซอร์กิตเบรกเกอร์ 2. สวิตช์ตัดตอน (Disconnecting Switch) 3. สวิตช์ช่วย 4. สวิตช์เลือกตัด (Selector Switch) 5. สวิตช์ควบคุม (Control Switch) 6. สวิตช์จำกัดระยะ (Limiting Switch)
ขึ้นอยู่กับชนิดของการติดตั้ง	1. แบบติดตั้งคงที่ถาวร 2. แบบเลื่อนเข้า-ออกได้ 3. แบบเสียบ

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามชนิดของการทำงาน คือ

1) แบบติดตั้งอยู่กับที่ แบบเสียบ แบบเลื่อนได้
2) เซอร์กิตเบรกเกอร์อัตโนมัติ (Automatic Circuit Breaker)
3) เซอร์กิตเบรกเกอร์มือ (Hand Circuit Breaker)
4) เซอร์กิตเบรกเกอร์มอเตอร์ (Motor Circuit Breaker)
5) เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ (Air Circuit Breaker)
6) เซอร์กิตเบรกเกอร์

2.10.2 มาตรฐาน IEC

1) ใช้เซอร์กิตเบอร์เกอร์สำหรับการป้องกันมอเตอร์ (Motor Protection Circuit Breaker)

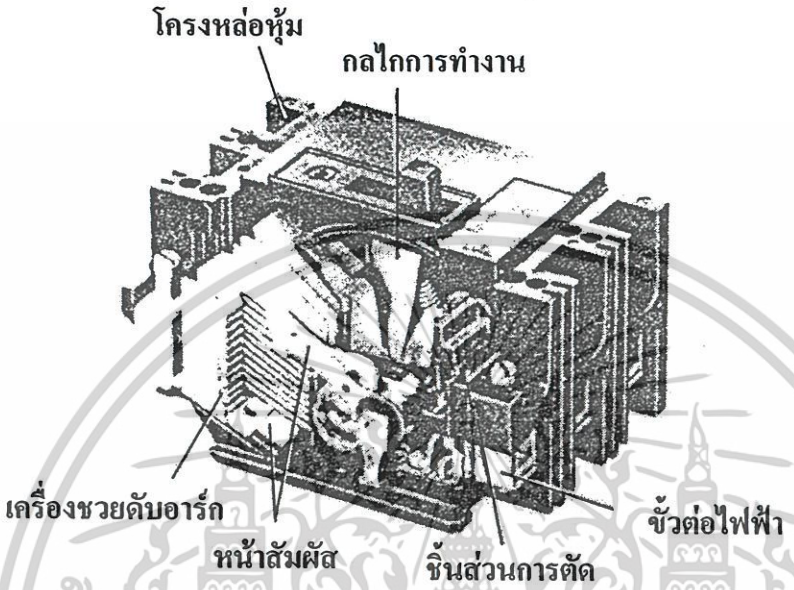
2)ใช้สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์กำลัง (Power Circuit Breaker)

หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์

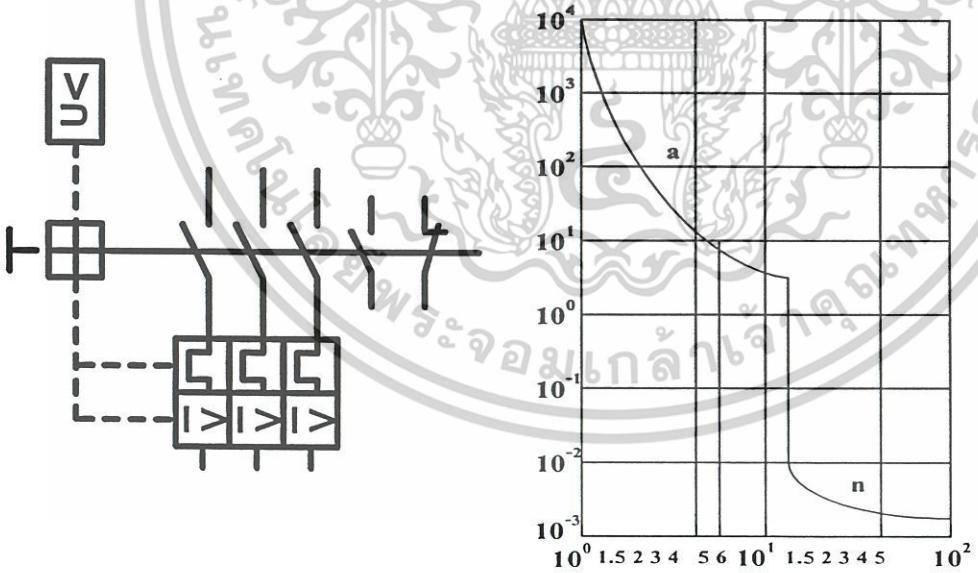
เซอร์กิตเบรกเกอร์จะสามารถปิด-เปิด หรือตัดต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อทำการป้องกันค่าแรงดันที่ต่ำกว่าค่าแรงดันปกติ กระแสลัดวงจรและความร้อน รวมถึงอันตรายอื่นๆ ที่จะเกิดแก่วงจรไฟฟ้าการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในกรณีไฟฟ้า 3 เฟส จะต้องทำการตัดวงจรทั้ง 3 เฟส ภายในเวลาเดียวกันและต้องคืนสภาพการทำงานดังเดิม ซึ่งถือว่าเป็นระบบการป้องกันภายในตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ ฉะนั้นเวลานำเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปใช้งานจึงจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยตัดวงจร (ตัวปล่อยหรือรีเลย์) ร่วมใช้งานในทุกเฟสของกระแส หากทำการเปรียบเทียบกับการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันของฟิวส์จะแตกต่างกันมาก เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานแล้ว (อยู่ในตำแหน่งปิด) ก็สามารถทำการกดปุ่มให้วงจรกลับมาทำงานได้อีกครั้ง ไม่ต้องเปลี่ยนเซอร์กิตเบรกเกอร์



รูปที่ 2.34 ลักษณะโครงสร้างตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์



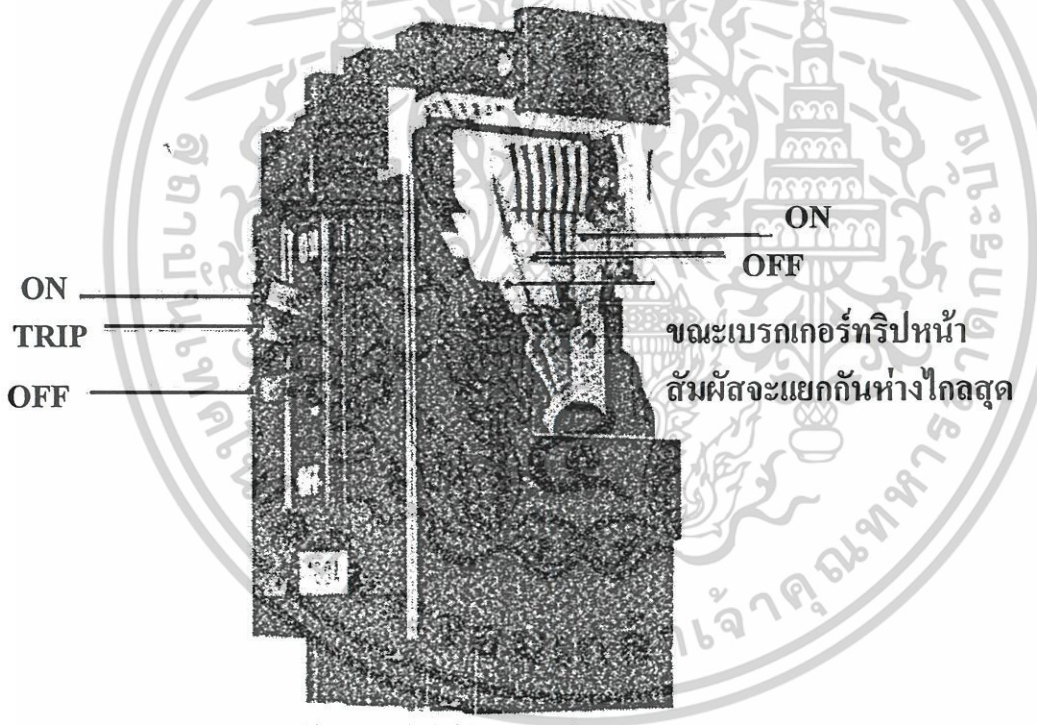
(ก) สัญลักษณ์ (ข) เส้นกราฟการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีทั้ง a และ n

รูปที่ 2.35 สัญลักษณ์และลักษณะเส้นกราฟการทำงานภายในเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด a และ n

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 กลไกการทำงาน

กลไกสำหรับการทำงานใช้เพื่อทำการเปิด-ปิด วงจรไฟฟ้า สลักไกของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นชนิดสับเร็วและปลดเร็ว ความเร็วหน้าสัมผัสนี้ใช้เปิด หรือปิด ไม่ขึ้นกับมือจับเซอร์กิตเบรกเกอร์จึงสามารถทำการตัดอัตโนมัติอย่างอสระ หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถทำการตัดได้เองกรณีที่มือยังจับคันโยกอยู่ที่ตำแหน่งเปิดอยู่ก็ตามตัวชี้บอกว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่ง On หรือ Off ให้ทำการโยกมือจับไปยังตำแหน่งเปิด หรือปิด ถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัด มือจับจะเลื่อนมาอยู่ตรงกลาง โดยขณะที่เบรกเกอร์ตัดต้องทำการปรับตั้งใหม่ (Reset) กลไก โดยการโยกมือจับไปที่ตำแหน่งปิด หลังจากนั้นค่อยผลักไปที่ตำแหน่งปิดจึงจะทำให้หน้าสัมผัสต่อวงจรไฟฟ้าตามปกติดังแสดงในรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 เบรกเกอร์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เมื่อมือจับอยู่ตำแหน่งต่างๆ

ตัวดับอาร์ก

เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์จะตัด ทำให้หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ขณะที่กำลังเลื่อนแยกออกจากกันเกิดอาร์กขึ้น ระหว่างหน้าสัมผัสทั้งสองฉะนั้นจึงจำเป็รต้องมีตัวดับอาร์กโดยใช้อากาศเป็นตัวกลาง เครื่องช่วยดับอาร์กทำด้วยแผ่นตะแกรงเหล็กซ่อนแยกกันโดยยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นด้วยฉนวน ขณะที่เกิดอาร์ก จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบนแผ่นตะแกรงเหล็ก ส่งผลให้อาร์กที่เกิดขึ้นถูกดึงเข้าไปในตะแกรงเหล็กอาร์กก็จะถูกแยกเป็นอาร์กเล็กๆ ภายในตะแกรงเหล็กและจะดับได้โดยเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 2.37 ถ้ากรณีที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่สามารถทำการดับอาร์กได้ก็จะทำให้เกิดการระเบิดได้ การแก้ไขให้เลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาดของกระแสขณะตัดกระแส หรือความสามารถในการตัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ต่ำกว่าค่าขนาดกระแสลัดวงจร สามารถทำการขัดจังหวะการไหลของกระแสลัดวงจรได้ทันก่อนที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะระเบิด

กลไกการตัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์

กลไกการตัดแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

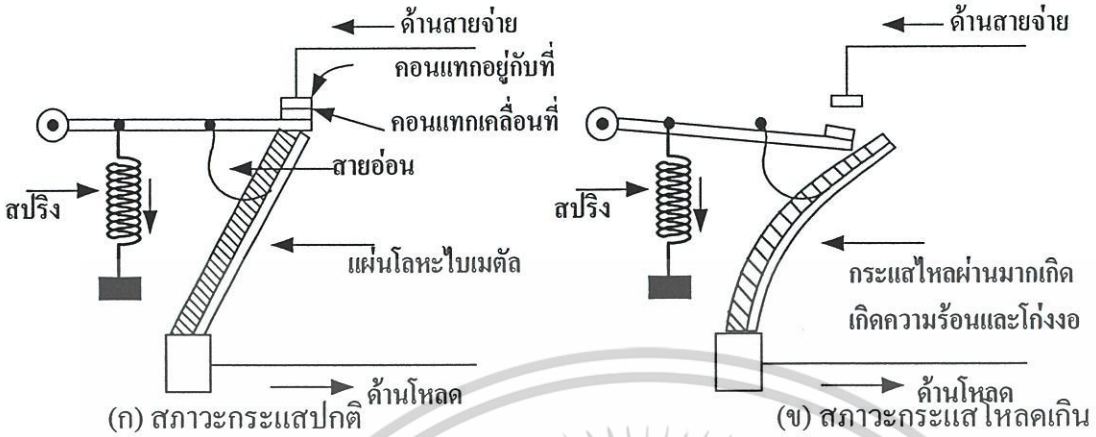
1. กลไกการตัดทางไฟฟ้าทางกล แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ
   1.1) การตัดด้วยความร้อน (Thermal Trip)
   1.2) การตัดด้วยแม่เหล็ก (Magnetic Trip)
   1.3) การตัดด้วยความร้อน-แม่เหล็ก (Thermal-Magnetic Trip)
   1.4) การตัดด้วยไฮดรอลิก-แม่เหล็ก (Hydraulic-Magnetic Trip)
2. กลไกการตัดด้วยโซลิดสเตต (Solid-State Trip)

ในที่นี้จะขออธิบายตัวอย่างกลไกการตัดบางส่วน

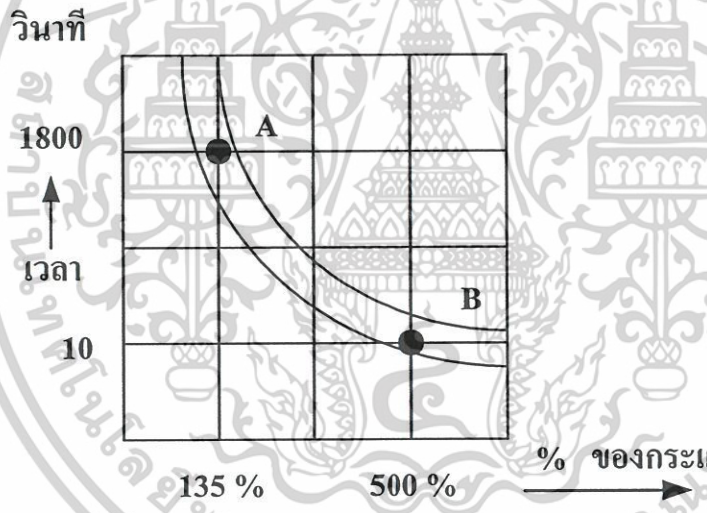
การตัดด้วยความร้อน (Thermal Trip)

ชุดอุปกรณ์การตัดด้วยความร้อนคือโลหะคู่ (Bimetal) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโลหะคู่จะทำให้เกิดความร้อน และมีการขยายตัวของแผ่นโลหะคู่ทำให้โค้งงอซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระแสความร้อน ($I^2 . R$) ที่ไหลผ่านจนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรไฟฟ้าออก ดังแสดงในรูปที่ 2.38 แต่โลหะคู่จะมีการประวิงเวลาในกรณีที่กระแสโหลดเกินเล็กน้อยจะตัดอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้น ถ้ากระแสเกินมากซึ่งลักษณะดังกล่าวเรียกว่าการประวิงเวลาผกผัน (Inverse Time Delay) ซึ่งเป็นเส้นกราฟการทำงานของเวลาและกระแสต่อการตัดของเซอร์กิจเบรกเกอร์เช่น ขนาดกระแสทำงานปกติ เป็น 100 แอมแปร์ และให้กระแสโหลดเกินร้อยละ 135 ของกระแสทำงานปกติ จะตัดในเวลา 1,800 วินาที แต่ถ้าให้กระแสโหลดเกินร้อยละ 500 ของกระแสทำงานปกติ จะตัดในเวลา 10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 การตัดด้วยความร้อนของเซอร์กิตเบรกเกอร์



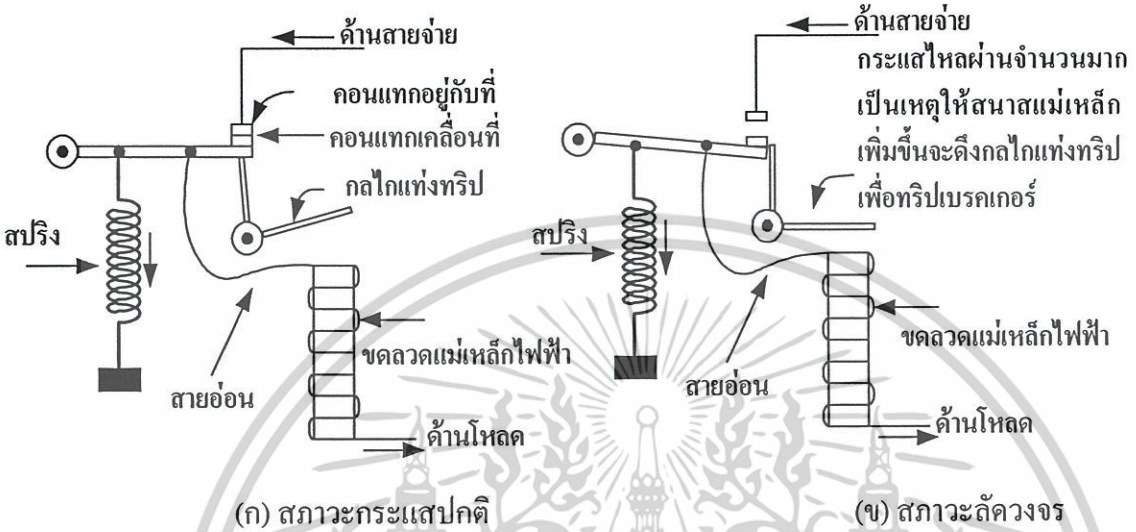
รูปที่ 2.38 เส้นกราฟการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบการประวิงเวลาผกผัน

การตัดด้วยแม่เหล็ก (Magnetic Trip)

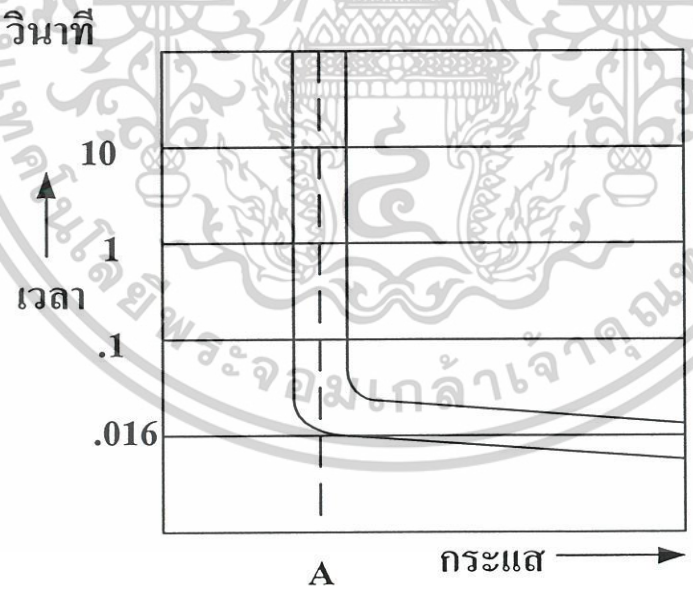
อุปกรณ์ชุดตัดด้วยแม่เหล็กจะใช้แม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้ขดลวดต่อกับกระแสโหลด เมื่อเกิดกระแสลัดวงจร จะทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดเพื่อสร้างแม่เหล็กไฟฟ้า ให้ทำการดูดแผ่นตัด เรียกว่า การตัดด้วยแม่เหล็ก หรือตัดฉันพลัน การตัดแบบนี้เหมาะสำหรับการประกันการลัดวงจร สำหรับช่วงเวลาที่ใช้ในการตัดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ตั้งแต่เริ่มลัดวงจรการตัดและรวมการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาร์กจนกระทั่งดับอาร์กเสร็จใช้เวลาน้อยกว่า 0.016 วินาที แสดงเส้นโค้งเวลาและกระแสการตัดด้วยความร้อน – แม่เหล็ก และการตัดด้วยโฮดรอลิก-แม่เหล็ก ตามลำดับ

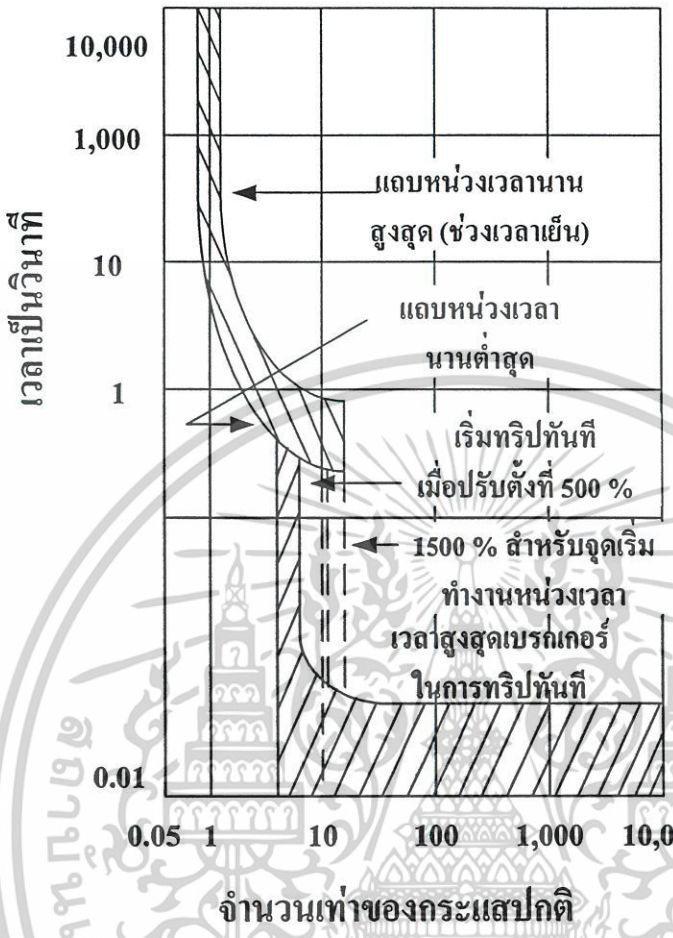


รูปที่ 2.39 การทริปของเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วยแม่เหล็ก

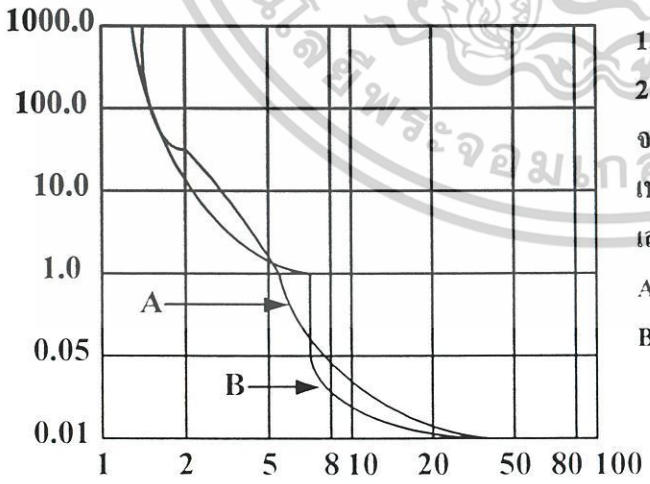


รูปที่ 2.40 เส้นโค้งการตัดด้วยแม่เหล็กที่ปรับตั้งค่าไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 เส้นโค้งเวลาและกระแสการตัดด้วยความร้อน-แม่เหล็ก



1.การตัดด้วยความร้อน-แม่เหล็ก
2.การตัดด้วยไฮดรอลิค-แม่เหล็ก
จากรูปแสดงให้เห็นความแตกต่างของ
เบรกเกอร์ที่มีกลไกการตัดแตกต่างกัน
เส้นโค้ง
A-เป็นชนิดไฮดรอลิกแม่เหล็กเส้นโค้ง
B -เป็นชนิดความร้อนของแม่เหล็ก

รูปที่ 2.42 การเปรียบเทียบเส้นโค้งเวลา และกระแสการตัดด้วยไฮดรอลิก-แม่เหล็ก
และการตัดด้วยความร้อน-แม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.4 อายุการใช้งานและความถี่ในการใช้งาน

อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า ประเภทเซอร์กิตเบรกเกอร์ ปกติจะมีการทำงานด้วยแรงกดหน้าสัมผัสที่มีค่าสูงส่งผลให้ชิ้นส่วนทางกลต่างๆ ภายในตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ ถูกแรงกดนี้กระทำด้วยในแทบทุกส่วนภายใน เป็นเหตุทำให้เกิดจำนวนครั้งของการตัดต่อของการทำงาน หรือการใช้งานชั้นส่วน เช่นตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวหนึ่งๆ สามารถตัดต่อวงจรได้กี่ครั้ง ซึ่งตามมาตรฐาน VDE 0660 กำหนดไว้ตามที่แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงอายุการใช้งานและความบ่อยครั้งในการใช้งานตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์

ชนิดของอุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้า (เซอร์กิตเบรกเกอร์)	อายุการใช้งานกลไก	ความถี่ในการใช้งาน	ชั้นของอุปกรณ์
มอเตอร์และเซอร์กิตเบรกเกอร์	3×10^4	30	B3
ขนาดเล็กและขนาดกลางที่ใช้กับตัวมอเตอร์	10^4	20	B1
มอเตอร์และเซอร์กิตเบรกเกอร์	3×10^3	15	A3
ขนาดใหญ่	10^3	10	A1

เมื่ออายุการใช้งานกลไก (Mechanic Operation Life) หมายถึง จำนวนรอบของสวิตชิงของตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ทอสอบโดยขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันว่าทำงานได้กี่ครั้งโดยไม่ทำให้ส่วนหนึ่งส่วนใดเกิดความเสียหายหรือเกิดขัดข้องขึ้นมาได้

ความถี่ในการใช้งาน (Switching Frequency) หมายถึง จำนวนรอบของการทำงาน ปิด-เปิด หน้าสัมผัสภายในเวลา 1 ชั่วโมง

รอบของการปิด-เปิด (Make and Break Cycle) หมายถึง การทำงานเพื่อเปิดหรือปิดเพียงครั้งเดียว ของหน้าสัมผัส

จำนวนสวิตชิง (Switching Number) หมายถึง จำนวนรอบของการเปิด-ปิดของหน้าสัมผัส ภายในเวลาที่ไม่มีกำหนด

อายุการใช้งานจำนวนสวิตชิง (Switching Number Operation Life) หมายถึง จำนวนรอบของ สวิตชิงของหน้าสัมผัสที่ทำงานได้ เมื่อมีค่าโหลดขนาดค่าต่างๆ ตามมาตรฐานหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ไว้ซึ่งใช้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์และมิเตอร์เท่านั้น

อุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าที่ทำงานด้วยแรงจากเครื่องกลมักจะหลีกเลี่ยงไม่ให้มีการทำงานบ่อยครั้งนัก ไม่เช่นนั้น อายุการใช้งานของอุปกรณ์ทางกลของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในตัวเซอร์กิตเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกอร์จะเลื่อนลงอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาอันสั้น ด้วยเหตุนี้ในการทำงานตัดวงจรไฟฟ้า ซึ่งใช้ตัวตัดอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นเป็นตัวตัดวงจรไฟฟ้าแทนตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ เช่น สวิตช์ตัดตอน ฯลฯ เพื่อยืดอายุการใช้งานให้เพิ่มมากขึ้น และลดความถี่ในการใช้งานลง นอกจากนี้อายุการใช้งาน (จำนวนการสวิตช์) ของตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ ก็ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องพิจารณา เนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเสียหายหรือการสึกหรอข้างหน้าสัมผัส (เป็นจำนวนครั้งของการใช้งาน) ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ประการ คือ ค่าขนาดของแรงดันที่ใช้ในวงจรหรือค่าขนาดความสูงของกระแส เป็นต้น

2.10.5 ชนิดของตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์

สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามลักษณะการนำไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.44 ส่วนรายละเอียดค่าขนาดกระแสที่ใช้งานจะแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.3

1. แบบ a หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการต่อโหลด (Consumer Circuit Breaker)
2. แบบ b หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้สำหรับการจ่ายไฟฟ้าระบบย่อย (Distributor Circuit Breaker)
3. แบบ c หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ (Coupling Circuit Breaker)

รูปที่ 2.43 ชนิดของตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้งานในวงจรการจ่ายกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการต่อโหลด

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้จะต่ออยู่หน้าโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเสมอ เช่น ต่ออยู่หน้าก่อนเตาไฟฟ้า ตัวมอเตอร์ ฯลฯ เพื่อทำการป้องกันการลัดวงจร หรือการมีกระแสโหลดเกิน เกิดขึ้นในวงจร เซอร์กิตเบรกเกอร์นี้จะต้องตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่วงจรไฟฟ้าโดยเร็วภายในตัวเซอร์-กิตเบรกเกอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ช่วยทำงาน การปลดกระแสเกินแบบแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดที่ไม่มีการประวิงเวลา (n-release) การปลดกระแสเกินเชิงความร้อน (a-release)

2. เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้สำหรับการจ่ายไฟฟ้าระบบย่อย

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดที่ใช้ต่อโดยตรงจากหม้อแปลง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์กำลังสำหรับการส่งต่อระบบไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้าย่อยๆ ต่อไป ปกติจะมีการต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้อยู่ก่อนหน้าตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบที่ใช้ในการต่อโหลดเสมอ โดยมีลักษณะทำงานแบบชนิดเลือกตัด ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ทำหน้าที่ในการต่อวงจรหลัก ภายในตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ช่วยทำงาน แบบแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีการประวิงเวลาแบบสั้น และมีค่าความสามารถในการตัดวงจรที่เพียงพอ มีค่าวิสัยสามารถวงจรลัดที่มีค่าสูงมากซึ่งถูกกำหนดโดย I_s หรือ กระแสคาดหวังว่ายอด และช่วงระยะเวลาที่เกิดการลัดวงจรของกระแส I_s ภายในเวลา 1 วินาที

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าขนาดของกระแสที่ใช้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดต่างๆ

วิสัยสามารถกระแสทำงานต่อเนื่อง (แอมแปร์)	Consumer Circuit Breaker	Distributor Circuit Breaker	Coupling Circuit Breaker
6-16-25-40-63			
100-200-400			
630			
1000			
1250-1600-2500-3150			
4000-6300			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 สวิตซ์ปุ่มกด

โดยทั่วไปตัวสวิตซ์จะมีคอนแทคปกติปิดและเปิด อย่างละหนึ่งคอนแทคในตัวเดียวกัน แต่สามารถนำคอนแทคมาต่อเพิ่มเติมได้ตามต้องการ ตัวปุ่มกดมีหลายแบบให้เลือกใช้ รายละเอียดเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ กระแสของคอนแทค, จำนวนและชนิดของคอนแทค แรงดันใช้งาน ขนาด และรูปที่ต้องการใช้ ซึ่งอุปกรณ์ชุดนี้เลือกใช้สวิตช์ปุ่มกดในลักษณะดังรูป

(ก) Flush Pushbutton (ข) Giant Head Pushbutton

รูปที่ 2.44 สวิตช์ปุ่มกด 2 ชนิด

2.12 สรุปผล

อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าถือเป็นส่วนสำคัญ ในระบบการป้องกันภายในที่จะป้องกันระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ปลอดภัยจากเหตุเสียต่างๆ ที่รู้จักกันและใช้งานเป็นประจำประกอบด้วย ฟิวส์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและป้องกันการลัดวงจรโดยต่ออนุกรมกับวงจรไฟฟ้า รีเลย์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อ โดยการสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรด้วยความเร็วสูงโดยอัตโนมัติ กรณีเกิดการลัดวงจรหรือความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและป้องกันการลัดวงจรเช่นเดียวกับฟิวส์ แต่ไม่มีกลไกการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินกว่าค่าที่กำหนด ในการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันในแต่ละชนิด ต้องพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับขีดความสามารถของอุปกรณ์ป้องกัน ที่จะเลือกใช้ให้เข้าใจ เช่น ระดับแรงดันไฟฟ้า ความถี่ ค่ากระแสทำงานต่ำสุดและสูงสุด และข้อมูลอื่นเป็นต้น สำหรับการนำอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันป้องกันมากกว่า 2 ชนิดมากกว่าใช้ร่วมกัน ต้องจัดลำดับการทำงานร่วมกันให้เหมาะสม กับวงจรไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่จะทำการป้องกัน โดยพิจารณาจากเส้นกราฟการทำงานของอุปกรณ์ ป้องกัน แต่ละชนิด เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

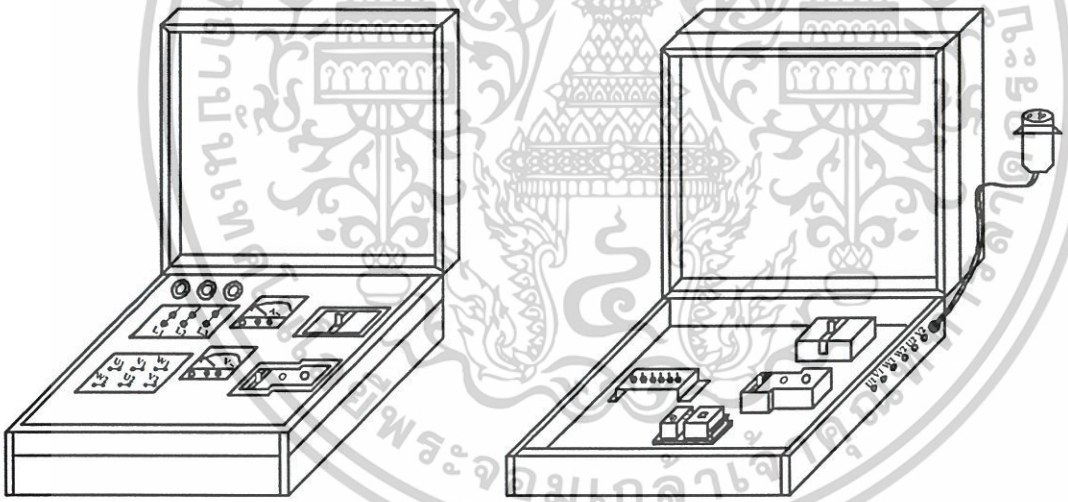
บทที่ 3
การออกแบบการสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส จะประกอบด้วยการต่อมอเตอร์แบบสตาร์และเดลต้า กลับทางหมุน โดยใช้มอเตอร์ 2 ชนิดคือ วาด์วโรเตอร์ และแบบสไควเรจเกจ อธิบายการออกแบบการสร้างและการทำงานได้ดังนี้

3.2 การออกแบบโครงสร้าง

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างโดยรวม

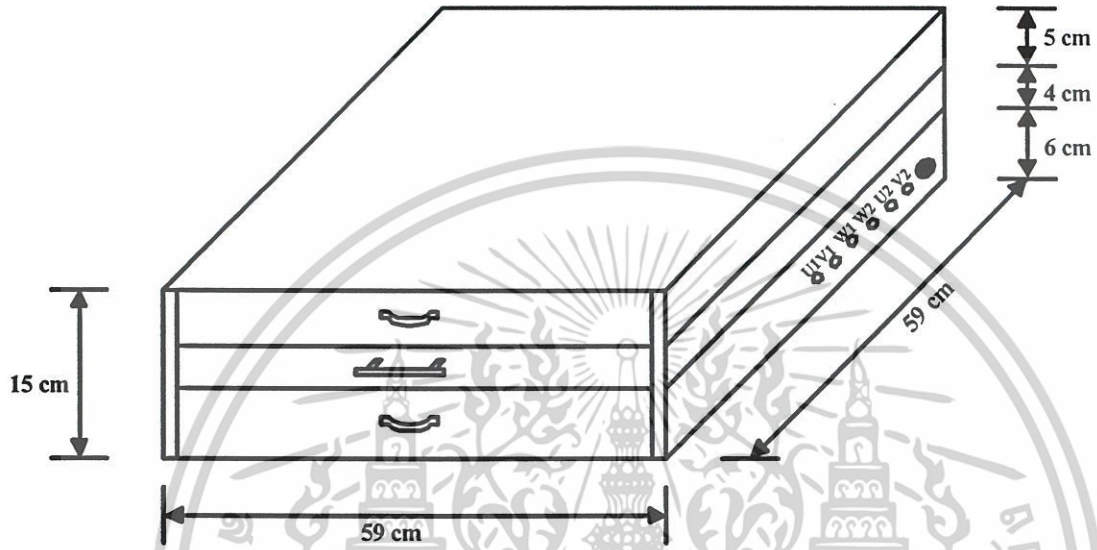


รูปที่ 3.1 โครงสร้างก่อนการออกแบบและสร้าง

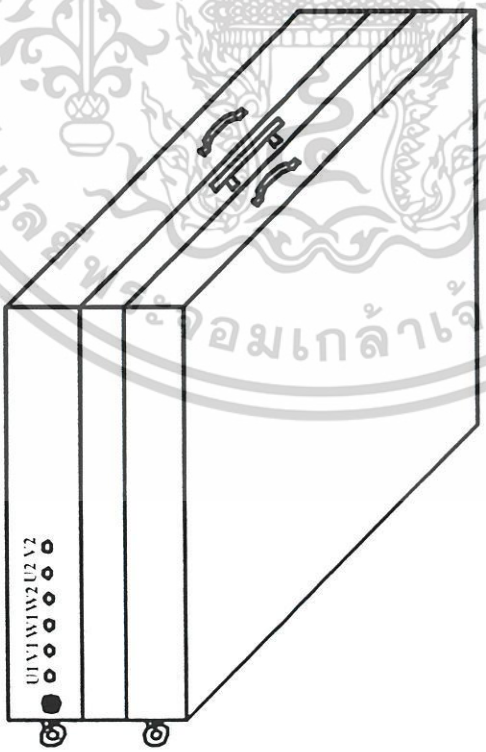
กล่องที่ได้ออกแบบมานั้นจะทำไว้เป็น 2 ชั้น ชั้นแรกให้เป็นชั้นสำหรับยึดอุปกรณ์ของวงจรควบคุม ส่วนชั้นที่ 2 นั้นจะใช้บรรจุอุปกรณ์เกี่ยวกับวงจรกำลังและท๊อกเกิลสวิตช์ ซึ่งกล่องที่บรรจุนั้นจะมีขนาดที่สามารถอุปกรณ์ทั้งหมดไว้ในชุดเดียวได้ และสามารถที่จะเคลื่อนย้ายได้สะดวก ดังนั้นในการออกแบบจะสามารถอธิบายประกอบรูปภาพการออกแบบได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การกำหนดขนาดและแบ่งพื้นที่ใช้งานภายนอก



รูปที่ 3.2 ลักษณะและขนาดของกล่องชุดทดลอง



รูปที่ 3.3 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองที่ติดตั้งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 จะสังเกตได้ว่ากล่องนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมี 2 ชั้น โดยมีขนาดความกว้าง 59 เซนติเมตร มีความยาว 59 เซนติเมตร ฝากล่องมีความหนา 5 เซนติเมตร ฝากลางหรือชั้นแรกมีขนาด 4 เซนติเมตร ฝาล่างหรือชั้นที่สองหนา 6 เซนติเมตร โดยที่จะเจาะช่องไว้ต่อสายให้กับมอเตอร์ และอีกช่องหนึ่งสำหรับร้อยสายเพื่อต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส

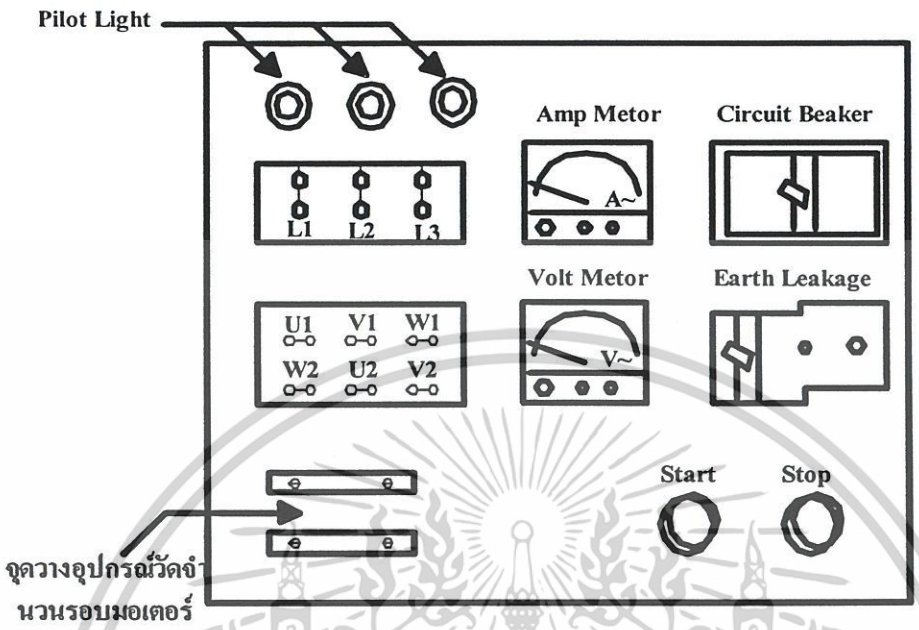
เพื่อการเคลื่อนที่ได้สะดวกจึงได้ติดตั้งล้อเลื่อนไว้ที่ท้ายกล่อง เมื่อกล่องตั้งขึ้นก็จะสามารถเลื่อนโดยไม่ต้องยกได้ รวมถึงที่จับสำรับยกขึ้น ที่ยึดไว้อย่างแน่นหนาทั้ง 3 ฝาเพื่อสะดวกในการจับตั้งและเปิดชุดทดลองเพื่อใช้งาน

3.2.3 โครงสร้างชุดวงจรควบคุม

โครงสร้างในชุดควบคุมนั้นจะอยู่ที่ชั้น 1 หรือฝากลาง ซึ่งจะมีชุดแสดงผลร่วมอยู่ด้วย เช่น หลอดไฟแสดงผล โวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ ในส่วนควบคุมนั้นจะประกอบไปด้วย สวิตช์ปุ่มกด จุดต่อวงจร ซึ่งได้กำหนดโครงสร้างไว้ดังนี้

รูปที่ 3.4 ชุดควบคุมและแสดงผลที่ติดตั้งในชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การจัดวางอุปกรณ์ควบคุมละอุปกรณ์แสดงผลบนชั้นที่ 1

จากรูปที่ 3.5 บนชั้นที่ 1 นี้ จะต่อไฟฟ้า 3 เฟสเข้าที่ L1, L2, L3 โดยจะผ่าน หลอดแสดงผล (Pilot Light) ก่อน เพื่อที่จะนำไปต่อวงจรให้มอเตอร์ทำงานที่จุดต่อ U1, V1, W1, U2, V2, W2 ตามใบงานการทดลองที่กำหนดไว้และได้ติดตั้ง โวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์สำหรับวัดค่าเพื่อตอบคำถามในใบงานการทดลอง

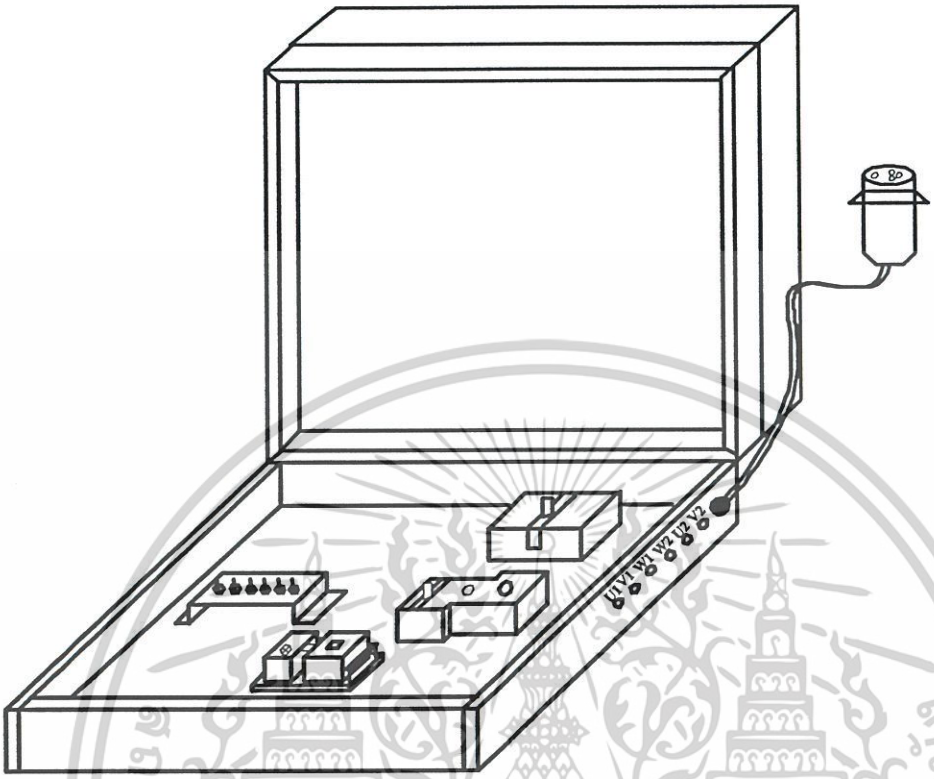
ในชุดควบคุมนี้ได้ติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด ในการควบคุมแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ ให้ทำงานในการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่วงจรที่ทำการต่อตรงจุดต่อวงจร U1, V1, W1, U2, V2, W2 ทั้งนี้เมื่อแม็กเนติกคอนแทกเตอร์ทำงานหลอดแสดงผล (Pilot Light) ก็จะสว่างขึ้น

บนชั้นที่ 1 นี้ ได้เจาะช่องเพื่อที่จะสามารถ "ON" เซอร์กิตเบรกเกอร์และอุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วลงโครงมอเตอร์ (Earth Leakage) อุปกรณ์ทั้ง 2 นี้ต่ออยู่ในวงจรกำลัง ซึ่งจะมีความสะดวกในการทดสอบวงจรที่ต่อตามใบงาน จากรูป ที่ 3.5 นี้จะมีช่องสำหรับวางอุปกรณ์วัดความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อสะดวกในการจัดเก็บอุปกรณ์และการใช้งาน

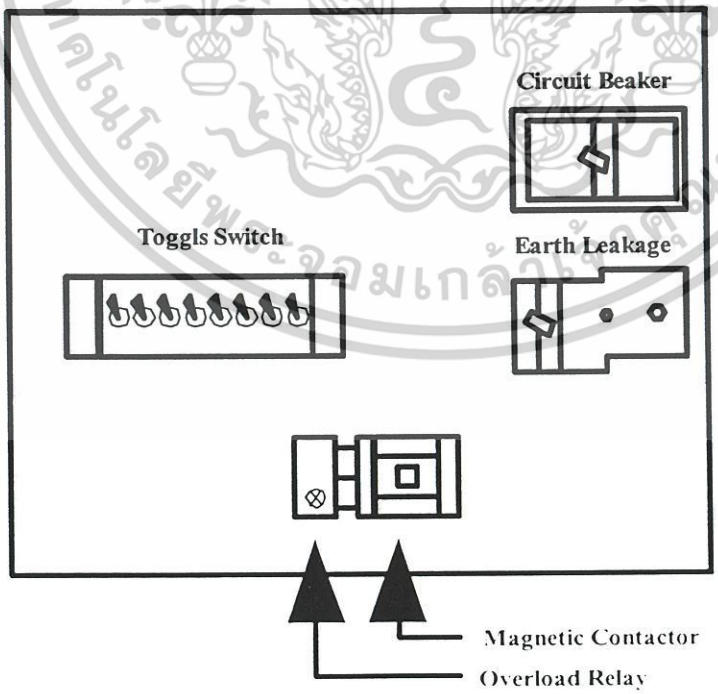
3.2.4 โครงสร้างชุดวงจรกำลัง

โครงสร้างของชุดกำลังนั้นจะเป็นการนำอุปกรณ์ป้องกันมาต่อร่วมกันเพื่อที่จะ รักษาความปลอดภัยของผู้ใช้งานและมอเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกับไฟฟ้า 3 เฟสโดยเฉพาะ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเงื่อนไขตามใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์กำลังที่ติดตั้งในชั้นที่ 2



รูปที่ 3.7 การจัดวางอุปกรณ์กำลังในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอุปกรณ์ชั้นที่ 2 จะเป็นอุปกรณ์ในวงจรกำลังที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จะทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในกล่องชุดฝึก และยังป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้งานอีกด้วย ในรูปที่ 3.7 นั้นในการจ่ายไฟฟ้า 3 เฟสเข้าวงจรทั้งวงจรควบคุมและวงจรกำลังนั้นจะต้องไฟฟ้าผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว แม็กเนติกคอนแทกเตอร์ โอเวอร์โหลดรีเลย์ ท๊อกเกิลสวิตช์

ในการกำหนดหรือเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ จำเป็นที่จะต้องมีการคิดหาค่ากระแสที่ขณะมอเตอร์เริ่มหมุนหรือขณะมอเตอร์สตาร์ท เพราะมอเตอร์จะใช้กระแสมากในช่วงเริ่มหมุน เมื่อคิดหาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะใช้กระแสขณะมอเตอร์ทำงาน ซึ่งเป็นกระแสปกติ ก็คือ 1.6 A. แต่กระแสขณะสตาร์ทจะมีค่าเป็น 6 เท่าของกระแสขณะทำงาน จึงคำนานหาค่าที่เราจะเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ดังนี้

$$1.6 \times 6 = 9.6 \text{ A.}$$
$$\cong 10 \text{ A.}$$

ดังนั้นในชุดทดลองนี้จึงเลือกใช้เซอร์กิดเบรคเกอร์หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่นที่มีขนาด 10 A. เพื่อความถูกต้องและเป็นการป้องกันกระแสเกินเมื่อได้ทำการทดลอง

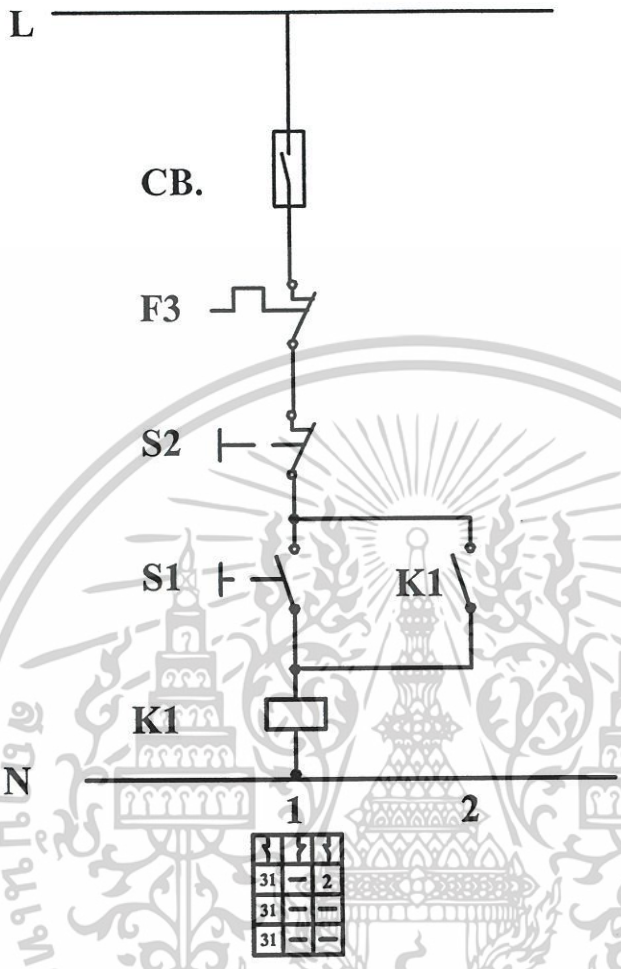
3.3 การทำงาน

การทำงานในชุดทดลองนี้แบ่งได้เป็น 2 แบบ แบบแรกจะเป็นการทำงานของชุดวงจรควบคุม แบบที่ 2 จะเป็นการทำงานของชุดวงจรกำลัง ซึ่งทั้ง 2 แบบ นี้จะทำงานร่วมกันและควบคุมป้องกันเมื่อต่อวงจรผิดพลาดได้ คือในระบบควบคุมนั้นจะเป็นระบบที่สามารถสั่งให้ระบบวงจรกำลังทำงานส่วนระบบวงจรกำลังนั้นจะเป็นตัวป้องกันความเสียหายต่างๆ โดยใบงานการทดลองนั้นก็มีวงจรต่างๆ อีก 3 วงจรที่ให้ทดลองด้วยจึงสามารถอธิบายวงจรทั้งหมดได้ดังนี้

3.3.1 การทำงานของวงจรควบคุม

ในการทำงานของวงจรควบคุมนั้น เมื่อจ่ายไฟฟ้า 3 เฟสให้กับวงจรแล้ว ON เบรคเกอร์ และ ON เบรคเกอร์ Earth Leakage กดสวิตซ์ S2 ขณะเดียวกันแม็คเนติคคอนแทคเตอร์ ซึ่งอยู่ภายในกรอบจะทำการจ่ายไฟเข้าไปในระบบ หลอดไพลอทแลมป์ 3 ดวงจะสว่างขึ้น Emergency Swicth มีไว้กรณีที่เมื่อมอเตอร์เกิดการผิดพลาดแล้วแมกแนติกไม่ทำงาน ให้เราทำการกด Emergency Swicth ก็จะไม่มีไฟจ่ายให้มอเตอร์และพร้อมกันนั้นหลอดไพลอทแลมป์ทั้ง 3 ดวงก็จะดับ ซึ่งเป็นการป้องกันมอเตอร์ไม่ให้ชำรุดเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



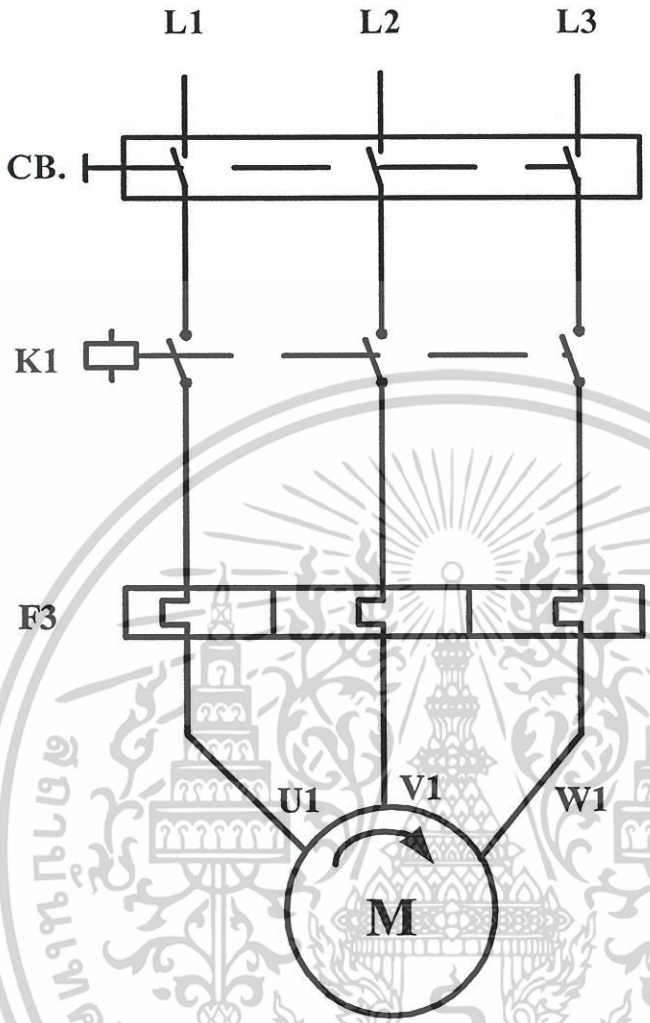
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุม

เมื่อต่อมอเตอร์สำเร็จพร้อมที่จะทำการทดลอง ถ้ามอเตอร์เกิดการรั่วลงโครงหรือลัดวงจร ชุด Earth leakage เบรกเกอร์จะทำงาน(ตัดวงจรออก) ขณะเดียวกันเมื่อ Earth Leakage ทำงานจะเป็นผลทำให้แมคเนติคคอนแทคเตอร์ตัดวงจรไฟฟ้าเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นการป้องกันผู้ปฏิบัติงานที่อาจจะไปสัมผัสมอเตอร์ ลดปัญหาการเกิดไฟฟ้าดูดได้

3.3.2 การทำงานของวงจรกำลัง

เมื่อจ่ายไฟ 3 เฟส จากแหล่งจ่ายเข้าชุดทดลอง จากนั้น "ON" เซอร์เบรคเกอร์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ตัวต่อสายของ Earth Leakage แล้วทำการ "ON" Earth Leakage กดสวิตช์ S2 ในวงจรควบคุมแม็กเนติกคอนแทกเตอร์จะทำงานจ่ายไฟเข้าระบบ ซึ่งในขณะนี้หลักต่อสาย L1, L2, L3 มีไฟพร้อมที่จะจ่ายไฟเข้าไปยังมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



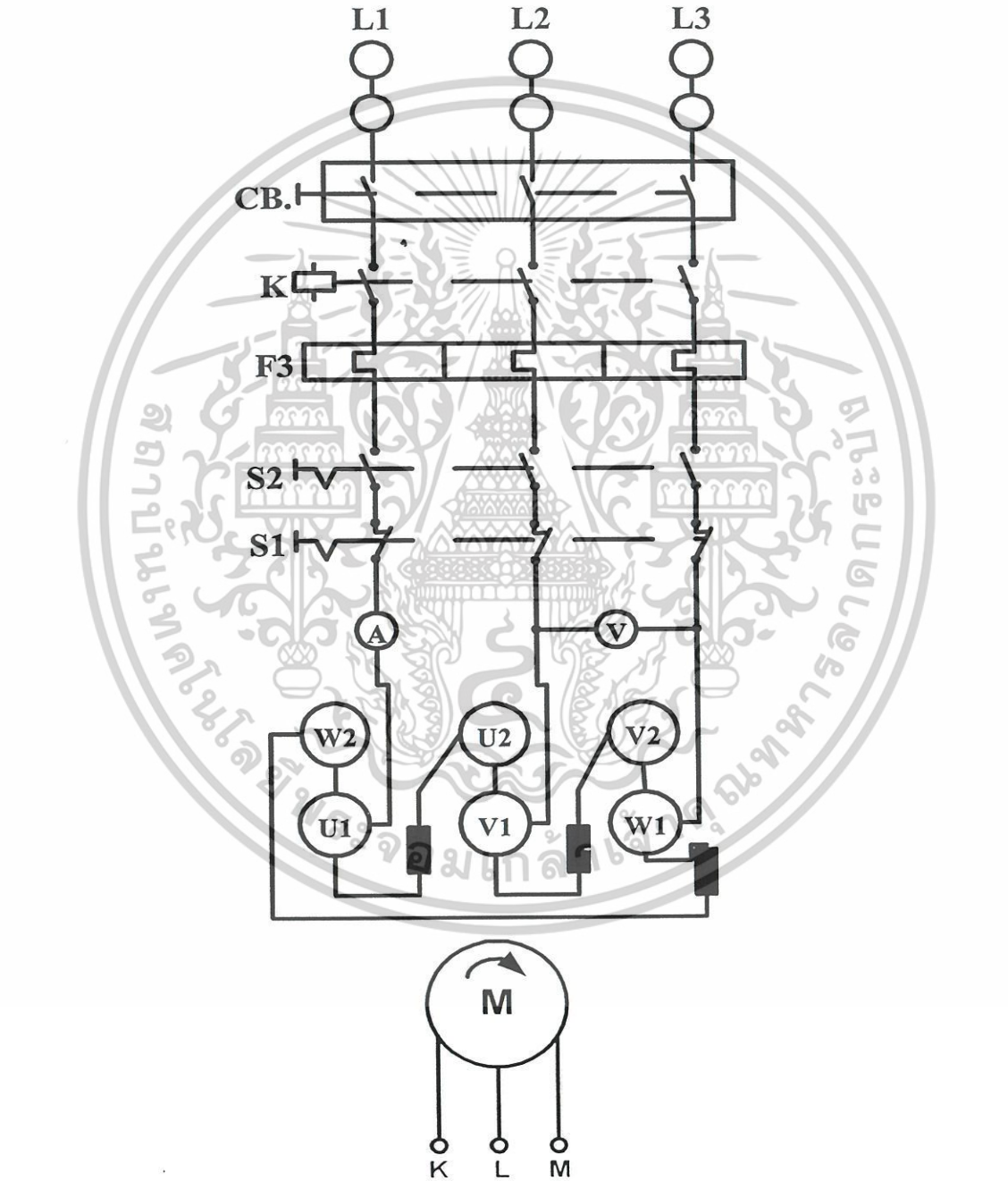
รูปที่ 3.9 วงจรกำลัง

หากเกิดการลัดวงจรขึ้นระหว่าง สายที่มีกระแสไฟฟ้า กับสายที่มีกระแสไฟฟ้า หรือระหว่างสายที่มีกระแสไฟฟ้ากับสายนิวตรอน เซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำงานโดยการทริปหน้าสัมผัสให้แยกออกจากกันหรือเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน Earth Leakage จำงานตัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทำงานของวงจรที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 การทำงานของวงจรแบบเดลต้า



รูปที่ 3.10 วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส การต่อแบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) มอเตอร์แบบสไควเรจเกจ

มอเตอร์ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าตัวนำที่สเตเตอร์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน ที่หมุนด้วยความเร็วซิงโครงนัส สนามแม่เหล็กนี้จะไปตัดกับตัวนำที่โรเตอร์และเกิดแรงดันเหนียวนำที่ตัวนำ แต่เนื่องจากตัวนำของโรเตอร์เป็นรูปวงจรปิดเป็นผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำทิศทางกระแสจะเป็นไปตามกฎของเลนซ์ โดยพยายามสร้างสนามแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำนี้ อันเป็นผลทำให้เกิดแรงบิดขึ้นและโรเตอร์สามารถหมุนไปได้ ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะเป็นไปทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็ก และพยายามหมุนให้ทันกับสนามเหล็กหมุน

ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กของตัวอยู่กับที่และความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน เรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส

2) มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์

การสร้างสนามแม่เหล็กที่ใช้ในระบบกำลัง 3 เฟส จะใช้กับหลักการของมอเตอร์สปลิตเฟส เมื่อขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟส ต่อกับจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส กระแสจะไหลผ่านขดลวดสเตเตอร์ทั้ง 3 ชุด เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก

แรงดันตกคร่อมขดลวดของโรเตอร์ ในขณะที่เปิดวงจรจะเปลี่ยนตามค่าสลิปถ้าขดลวดโรเตอร์ถูกลัดวงจร แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในขดลวด เมื่อจ่ายกระแสที่โรเตอร์จะทำให้กระแสที่สเตเตอร์เพิ่มขึ้นมากกว่าระดับกระแสที่ป้อนปกติ

3.4.2 การทำงานของวงจรแบบสตาร์

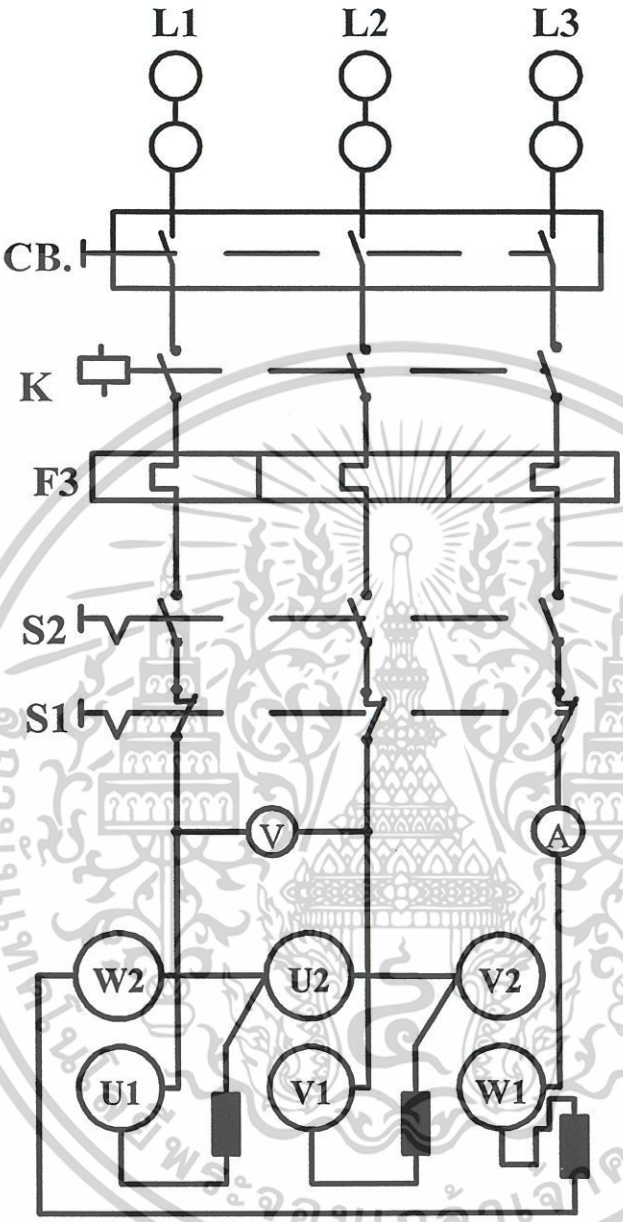
1) มอเตอร์แบบสไควเรจเกจ

สแควเรลเกจมอเตอร์ มีส่วนประกอบ คือ สเตเตอร์ โรเตอร์ และฝาครอบหัวท้าย สเตเตอร์ทำจากแผ่นเหล็กบางๆ (Larminated Sheet Steel) อัดเป็นแผ่นเหล็กจะอาบด้วยน้ำยาวานิช โครงของสเตเตอร์จะมี 2 ลักษณะ คือลักษณะหนึ่งผิวนอกเรียบกับผิวนอกมีครีบสำหรับระบายความร้อน

แกนเหล็กของโรเตอร์จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนทลักษณะกลมเจาะรูด้านนอกโดยรอบทำเป็นร่องสล็อทนำมาอัดยึดติดกันให้เป็นรูปทรงกระบอก เจาะรูด้านนอกโดยรอบฝังด้วยตัวนำที่โผล่ออกไปที่ด้านทั้ง 2 ของแกนโรเตอร์จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ด้วยแหวนตัวนำโดยการเชื่อมให้หลอมละลายติดกัน

ฝาครอบทั้ง 2 ข้างของมอเตอร์จะมีรูสำหรับใส่สลักเกลียวเพื่อยึดติดกับเฟรม และยังมีปลอกทองเหลืองและตลับลูกปืนสำหรับเพลา เพื่อรักษาให้หมุนอยู่ในแนวศูนย์กลางของโรเตอร์และเพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส การต่อแบบสตาร์

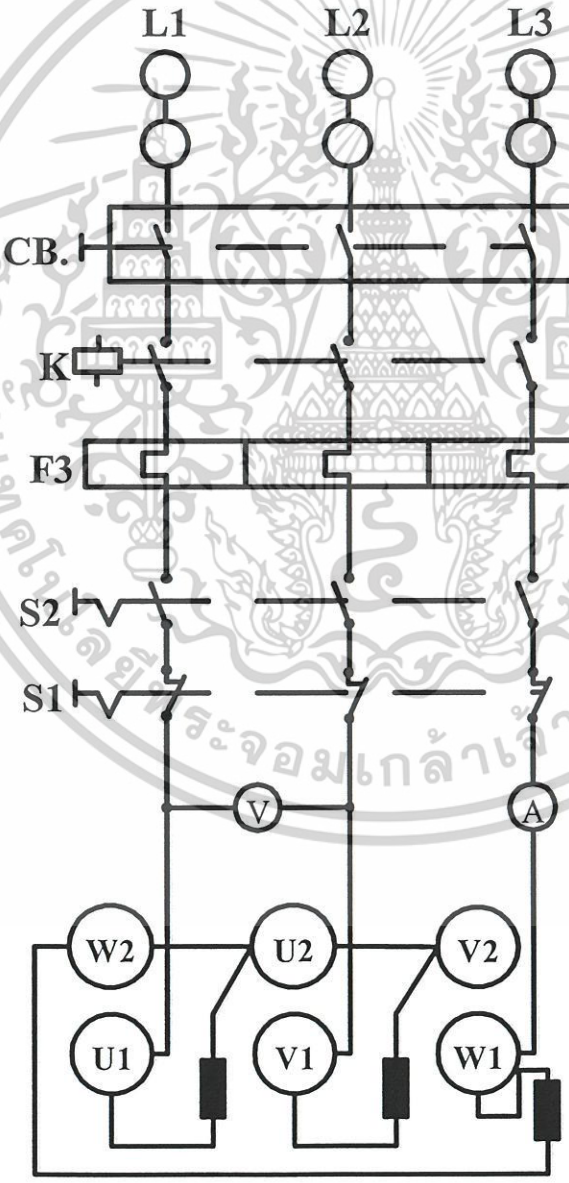
2) มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์

วาด์วโรเตอร์มอเตอร์ ตัวโรเตอร์ทำงานจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่นคล้ายอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่วาด์วโรเตอร์มีวงแหวนที่เรียกว่า สลิปริง (Slipring) อยู่ 3 วง และขดลวดที่พันอยู่บนโรเตอร์ปกติจะพันเป็น 3 เฟส แล้วต่อเป็นสตาร์เอาปลายของขดลวดทั้ง 3 เฟส ต่อออกมาเข้าสปริงทั้ง 3 และจะมีแปรงถ่านหอยู่ 3 ชุดต่อสายเข้ารีโอสตาต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Rheostat) ที่รีโอสตาตมีลวดความต้านทาน (Resistance Wire) อยู่ 3 ชุด แต่ละชุดสำหรับแต่ละเฟส และขดลวด โรเตอร์และสวิตซ์สำหรับเลือกหาความต้านทานควบคุมมอเตอร์ ขณะมอเตอร์สตาร์ท ความต้านทานทั้ง 3 ชุด จะต่ออนุกรมกับขดลวดทั้ง 3 เฟส ของโรเตอร์เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนไปจึงค่อย ๆ ลดความต้านทานทั้ง 3 ชุด พร้อม ๆ กันทีละน้อย ๆ ให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเมื่อมอเตอร์หมุนไปเต็มที่ความต้านทาน 3 ชุด จะถูกตัดออกจากวงจร ขดลวดทั้ง 3 เฟส จะถูกชอร์ตกันไว้ตรงสุดของรีโอสตาสจึงมีคุณสมบัติเหมือนโรเตอร์แบบกรงกระรอกปกติมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 37 กิโลวัตต์ขึ้นไปจะมีโรเตอร์วาด์วโรเตอร์

3.4.3 การทำงานของวงจรแบบกลับทางหมุน



รูปที่ 3.4 วงจรการต่อแบบกลับทางหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะพิเศษของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส คือ มีความเร็วคงที่ บางตัวมีแรงบิดสตาร์ทสูง (High Staving Torque) บางตัวเป็นแรงบิดสตาร์ทต่ำ (Low Staving Torque) บางตัวกินกระแสไม่มากนักในตอนสตาร์ทเพราะเป็นขนาดเล็ก บางตัวกินกระกระแสมากในตอนสตาร์ทเพราะเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ แต่แรงดันและความถี่จะสร้างให้มีค่าอยู่ในมาตรฐานสากลทั่วไป และสามารถต่อใช้กับแรงดันได้ 2 ขนาด เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ในงานกลึง เจาะโลหะ ปั้มนี้ขนาดใหญ่ต่าง ๆ เช่น พัดลมขนาดใหญ่ ปั่นจั่นยกของ (Crane) เครื่องเป่าลม (Blower) และในงานอุตสาหกรรมอีกมากมาย

เมื่อต่อมอเตอร์ 3 เฟสใช้งาน ปรากฏว่าต้องการให้มอเตอร์ไปอีกทางหนึ่ง แต่เราต้องการหมุนไปอีกทาง สามารถใช้หลักการกลับทางหมุนโดยวิธีกลับทางหมุนของสนามแม่เหล็กหมุนโดยสลับสายไลน์คู่ใดคู่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในการทดลองมอเตอร์ที่ใช้ทดลองมีอยู่ 2 ชนิด คือ สเควเรลเคจมอเตอร์และวาด์วมอเตอร์ โดยขนาดของมอเตอร์กำหนดไว้ประมาณ $\frac{1}{4}$ ถึง $\frac{1}{2}$ แรงม้าใช้กับแรงดันไฟฟ้า Δ, Y 220/380

4.2 การทดลองที่ 1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟสสเควเรลเกจแบบสตาร์

4.2.1 การทดลอง

ได้ทำการวัดค่ากระแสขณะสตาร์และกระแสรัน วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและสังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ในการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นจะวัดทั้งแรงเคลื่อนที่ไลน์ และแรงเคลื่อนที่เฟส

4.2.2 ผลการทดลอง

มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเคจที่มีขนาดที่ไม่เกิน $\frac{1}{2}$ แรงม้าซึ่งมีขนาดเล็ก มอเตอร์จึงกินกระแสน้อยตามขาดของมอเตอร์ ค่าที่กระแสวัดได้ในตอนสตาร์ทเท่ากับ 5.7 แอมป์ กระแสรันวัดได้ 5.7 แอมป์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดจาก L1 และ L2 มีค่า 380 โวลท์ ส่วนแรงเคลื่อนที่เฟส U1 กับ U2 มีค่าเท่ากับ 219 โวลท์ มอเตอร์จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

4.2.3 สรุปผลการทดลอง

ในการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบ สตาร์ หรือ Y มอเตอร์จะกินกระแสขณะสตาร์ทประมาณ 5-7 เท่า ของกระแสเต็มพิกัด ส่วนแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดจากไลน์ จะมีค่ามากกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากเฟส อยู่ $\sqrt{3}$ ทิศทางของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส

4.3 การทดลองที่ 2 การต่อมอเตอร์ 3 เฟสแบบวาด์วโรเตอร์ และแบบสตาร์

4.3.1 การทดลอง

ทำการวัดกระแสและแรงเคลื่อนในขณะที่ยังไม่ต่อวงจรของโรเตอร์ หลังจากนั้นทำการต่อวงจรโรเตอร์ที่ขั้วต่อ K, L, M เข้าด้วยกัน กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์แล้วจัดกระแสขณะสตาร์ทและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสรัน วัดผลแรงเคลื่อนระหว่าง L2, L3 จากนั้นใช้ Techmetor วัดความเร็วรอบของมอเตอร์

4.3.2 ผลการทดลอง

ขณะที่ยังไม่ต่อวงจรโรเตอร์ เมื่อทำการสตาร์ทมอเตอร์ ผลที่ได้คือมอเตอร์จะไม่หมุนแรงเคลื่อนที่ไลน์ มีค่าเท่ากับ 380 โวลท์ กระแสมีค่าเท่ากับศูนย์แอมป์ เมื่อลัดวงจรโรเตอร์ที่ขั้ว K, L, M กระแสขณะสตาร์ทวัดได้ 4.2 แอมป์ กระแสขณะนั้นมีค่า 0.2 แอมป์ แรงเคลื่อนที่ไลน์เท่ากับ 380 V ความเร็วรอบของมอเตอร์วัดได้ 1,390 rpm.

4.3.3 สรุปผลการทดลอง

การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบสตาร์ ผลการวัดกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะได้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างจาก สเควเรลเกจมอเตอร์มากนัก กระแสขณะสตาร์ทจะมีค่ามากกว่ากระแสเต็มพิกัด ประมาณ 5–7 เท่า ในขณะที่ยังไม่ลัดวงจรที่ขั้ว K, L, M ของโรเตอร์เมื่อสตาร์ทมอเตอร์จะไม่หมุน เนื่องจากไม่มีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก แต่จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 380 โวลท์ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนที่แหล่งจ่าย ความเร็วรอบของโรเตอร์จะมีค่าน้อยกว่าความเร็วซิงโครนัสเสมอ เพราะในทางปฏิบัตินั้น มอเตอร์จะไม่สามารถหมุนได้ทันความเร็วซิงโครนัส ซึ่งผลต่างของโรเตอร์กับความเร็วซิงโครนัสนี้ต้องมีค่าน้อยกว่า 1 หากผลต่างที่ได้มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้มอเตอร์อยู่กับที่ (ไม่หมุน)

4.4 การทดลองที่ 3 การต่อวงจรมอเตอร์สเควเรลเกจแบบเดลต้า

4.4.1 การทดลอง

ทำการวัดกระแสสตาร์ทและกระแสรัน วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ L1 กับ L2 และแรงเคลื่อนที่เฟส U1 กับ U2 วัดความเร็วรอบของมอเตอร์ พร้อมสังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์

4.4.2 ผลการทดลอง

จะได้กระแสสตาร์ทกับ 6 แอมป์ กระแสรัน 0.2 แอมป์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ไลน์วัดได้เท่ากับ 380 โวลท์ แรงเคลื่อนที่เฟส U1 กับ U2 เท่ากับ 380 โวลท์ ความเร็วรอบของมอเตอร์วัดค่าได้ 1,380 rpm. ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา

4.4.3 สรุปผลการทดลอง

ในการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบเดลต้านั้นจะทำให้มอเตอร์กินกระแสขณะสตาร์ทมากกว่ากระแสรัน 5–7 เท่าโดยประมาณ เช่นกันกับการต่อแบบสตาร์ ส่วนแรงเคลื่อนที่ไลน์นั้นจะมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในเนมเพลทเช่นกันกับวาด์วมอเตอร์ เมื่อต่อมอเตอร์แบบเดลต้ามอเตอร์จะกินกระแสสตาร์ทมากกว่าการต่อแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในเนมเพลทเช่นกันกับวาด์วมอเตอร์ เมื่อต่อมอเตอร์แบบเดลต้ามอเตอร์จะกินกระแสสตาร์ทมากกว่าการต่อแบบสตาร์

4.5 การทดลองที่ 4 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า

4.5.1 การทดลอง

ทำการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่โรเตอร์ในขณะที่เปิดวงจรโรเตอร์ เมื่อทำการลัดวงจรโรเตอร์แล้วนำแอมป์มิเตอร์มาทำการวัดกระแสของวงจรโรเตอร์ จากนั้นใช้โวลท์มิเตอร์มาวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ L2 กับ L3 พร้อมกับนำแอมป์มิเตอร์มาวัดกระแสที่ไลน์ L1 เมื่อสตาร์ทมอเตอร์ ทำการบันทึกค่า และสังเกตทิศทางของมอเตอร์

4.5.2 ผลการทดลอง

ในขณะที่ยังไม่ต่อวงจรโรเตอร์โดยการลัดวงจรที่ขั้ว K, L, M เมื่อนำโวลท์มิเตอร์มาต่อเข้าที่ขั้ว K กับ L จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 180 โวลท์ เมื่อลัดวงจรโรเตอร์แล้วทำการวัด กระแสที่วงจรโรเตอร์และวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว L2 กับ L3 จะได้แรงเคลื่อนเท่ากับ 380 โวลท์ กระแสสตาร์ทวัดได้ 0.4 แอมป์ ทิศทางของมอเตอร์จะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา

4.5.3 สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำมอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์มาต่อวงจรแบบเดลต้าแล้วทำการสตาร์ท โดยที่ยังไม่ต่อวงจรโรเตอร์ เมื่อทำการนำโวลท์มิเตอร์มาวัดแรงเคลื่อนที่ขั้ว K กับ L จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ต่ำกว่าแรงเคลื่อนที่ไลน์ และมอเตอร์จะไม่สามารถหมุนได้ แต่หากทำการต่อวงจรโรเตอร์ แล้วทำการสตาร์ทมอเตอร์และวัดกระแสที่ขั้ว K กับ L และวัดแรงเคลื่อนที่ไลน์ จะได้กระแส Ir เท่ากับ 9.5 แอมป์ ซึ่งมีค่าเท่ากับกระแสที่ L1 ขณะสตาร์ท ส่วนสาเหตุที่สามารถวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่โรเตอร์ได้ ในขณะที่มอเตอร์หยุดนิ่งเพราะเมื่อมีแรงดันป้อนเข้าตัวนำที่สเตเตอร์จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับตัวนำที่โรเตอร์ จึงเป็นผลให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น

4.6 การทดลองที่ 5 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส

4.6.1 การทดลอง

ทำการสตาร์ทมอเตอร์แล้วสังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ จากนั้นต่อวงจรมอเตอร์ใหม่โดยให้ L1 → V1, L2 → U1, L3 → W1 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์แล้วสังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ผลการทดลอง

ในตอนแรกเมื่อต่อวงจรโดยให้ L1→U1, L2→V1, L3→W1 แล้วทำการสตาร์ทมอเตอร์ ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะเป็นไปตามเข็มนาฬิกา เมื่อทำการต่อวงจรมอเตอร์ใหม่โดยให้ L1→ V1, L2→ U1, L3→ W1 สตาร์ทมอเตอร์จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

4.6.3 สรุปผลการทดลอง

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ทั้งแบบสเควเรลเกจและแบบวาด์วสามารถใช้หลักการกลับทางหมุนของสนามแม่เหล็กหมุน คือการกลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้าคู่ใดคู่หนึ่ง

4.7 การทดลองที่ 6 การสร้างเงื่อนไขโดยใช้ท๊อกเกิลสวิตช์

4.7.1 การทดลอง

ในการทดลองจะใช้มอเตอร์แบบสเควลเรลเกจ โดยใช้ชุดทดลองท๊อกเกิลสวิตช์ต่ออนุกรมอยู่กับขั้วของเฟส U1, V1, W1 และ U2, V2, W2 โดย

1.โยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ต่อยู่กับขั้ว U1 ไปที่ตำแหน่ง OFF จากนั้นลองทำการสตาร์มอเตอร์ สังเกตการทำงานของมอเตอร์

2.วัดกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากนั้น เปลี่ยนการต่อวงจรเป็นแบบเดลต้าแล้วสตาร์ทมอเตอร์พร้อมสังเกตการทำงานของมอเตอร์

3. ให้โยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ไปตำแหน่ง OFF สตาร์ทมอเตอร์พร้อมสังเกต

4. ทดลองใช้มือช่วยหมุนที่เพลาของโรเตอร์ พร้อมสังเกตการทำงานของมอเตอร์

4.7.2 ผลการทดลอง

1. เมื่อโยกสวิตช์ตัวที่ 1 ไปที่ตำแหน่ง OFF แล้วสตาร์ทมอเตอร์ ผลที่ได้คือมอเตอร์ไม่หมุน ค่ากระแสที่วัดได้เป็นศูนย์ ส่วนแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่า 380 โวลท์

2. เมื่อต่อวงจรแบบเดลต้า แล้วโยกสวิตช์ตัวที่ 1 ไปที่ตำแหน่ง OFF ผลที่ได้รับคือมอเตอร์สามารถหมุนไปได้แต่ช้า กระแสที่ได้เท่ากับศูนย์ แรงเคลื่อนที่วัดได้ 380 โวลท์

3. เมื่อโยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ไปยังตำแหน่ง OFF สตาร์ทมอเตอร์ ผลที่ได้คือมอเตอร์จะไม่หมุน กระแสมีค่าเป็นศูนย์ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับศูนย์เช่นกัน

4. แต่เมื่อใช้มือหมุนเพลาของโรเตอร์มอเตอร์จะหมุนไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.3 สรุปผลการทดลอง

เมื่อขดลวดในมอเตอร์ขดใดขดหนึ่งหรือมากกว่า 1 ขดเปิดวงจร จะทำให้มอเตอร์ไม่สามารถหมุนได้ หากเราใช้มือช่วยหมุนเพลาของมอเตอร์ก็จะช่วยให้มอเตอร์หมุนไปได้ เนื่องจากเมื่อขดลวดเปิดวงจรแรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะลดลง แรงบิดของมอเตอร์ก็จะน้อยลงไปด้วย มอเตอร์จึงไม่สามารถหมุนไปได้

4.8 การทดลองที่ 7 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

4.8.1 การทดลอง

1. การทดลองนี้จะใช้มอเตอร์ชนิดวาด์วมอเตอร์ โดยทำการลัดวงจรดรเตอร์เข้าด้วยกัน ทำการสตาร์ทมอเตอร์ แล้ววัดกระแสสตาร์ทและกระแสแรงดัน

2. นำเอาความต้านทานปรับค่าได้ต่อเข้าในวงจรโรเตอร์

3. ปรับค่าความต้านทานไปที่ตำแหน่ง 20 โอห์ม

4. สตาร์ทมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนไปแล้วให้ปรับอุปกรณ์ควบคุมตามตารางไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งที่ 6 พร้อมทั้งวัดความเร็วรอบและวัดกระแส

4.8.2 ผลการทดลอง

เมื่อลัดวงจรโรเตอร์เข้าด้วยกันแล้ว สตาร์ทมอเตอร์ จะได้กระแสสตาร์ทที่วัดได้เท่ากับ 6.5 แอมป์ กระแสรันวัดได้ 0.4 แอมป์ หลังจากนำความต้านทานต่อเข้ากับวงจรโรเตอร์แล้วปรับค่าความต้านทานตามลำดับจากสูงสุด แล้วบันทึกค่ากระแสและความเร็วรอบจะได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการวัดเมื่อลดค่าความต้านทาน

	ตำแหน่ง	1	2	3	4	5	6
ค่าที่ปรับ	$\frac{R_r}{\Omega}$	20	10	5.5	2.5	1	0
ค่าที่วัด	$\frac{n}{\min^{-1}}$	1375	1380	1385	1390	1395	1400
ค่าที่วัด	$\frac{I_a}{A}$	0.22	0.24	0.28	0.32	0.34	0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.3 สรุปผลการทดลอง

มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์มักจะสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด กระแสตอนสตาร์ทจะถูกปรับให้ลดลงโดยการต่อความต้านทานปรับค่าได้ต่อเข้ากับวงจรโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์มีกระแสเริ่มหมุนต่ำ การปรับความต้านทานที่ตำแหน่งสูงสุดไปต่ำสุด จะได้ความสัมพันธ์ของกระแสและความเร็วรอบที่แปรผันตามกัน แต่จะแปรผันผกผักกับค่าความต้านทานที่ปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 บทสรุป

ชุดทดลองมอเตอร์ 3 เฟส ได้พัฒนามาจากชุดทดลองเดิมที่มีขนาดใหญ่ และอุปกรณ์ทุกชิ้นส่วนแยกกันอยู่ และเกิดการติดตั้งถาวรจึงได้จัดทำชุดทดลองมอเตอร์นี้ขึ้นมาเพื่อที่จะง่ายต่อการจัดเก็บเคลื่อนย้ายและสามารถให้เข้าใจและต่อวงจรได้อย่างถูกต้องตามงานการทดลองนี้ชุดทดลองนี้สามารถจัดทำใบงานได้ถึง 7 ใบงาน และการต่อมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบสตาร์ เดลต้า และการกลับทางหมุนโดยใช้มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์ และสไควเรจเกจได้ดียิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จาการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา มอเตอร์แบบสไควเรจเกจ ที่ซื้อมาไม่ตรงกับขนาดที่จะต้องใช้ ซึ่งมีผลในการต่อวงจรเดลต้าของใบงาน

แนวทางแก้ไข ได้นำมอเตอร์ที่ซื้อมาไปให้ร้านพันมอเตอร์ ทำการเพิ่มขดลวดเข้าไปให้ตรงกับจำนวนรอบและขนาดที่ต้องการ

2. ปัญหา เครื่องวัดแอมมิเตอร์ที่ได้จัดซื้อมานั้นมีค่าในการวัดได้ไม่ละเอียดพอ เพราะว่ามอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นใช้กระแสต่ำเป็นมิลลิแอมป์แต่มีค่ากระแสสตาร์ทสูง ทำให้การวัดค่ากระแสนั้นไม่มีค่าละเอียดพอ

แนวทางแก้ไข ได้จัดซื้อแอมมิเตอร์แบบ 2 ย่านวัดมาทำการติดตั้งใหม่เพื่อที่สามารถวัดได้ทั้งกระแสสตาร์ทและกระแสปกติ

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ชุดทดลองมอเตอร์ 3 เฟส ชุดนี้สามารถที่พัฒนาให้มีขีดความสามารถที่เพิ่มอีก โดยสามารถดัดแปลงให้ใช้ทดลองได้ทั้งมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส และเฟสเดียว โดยการเพิ่มอุปกรณ์ในวงจรกำลังและวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดัดแปลงทำเป็นชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทดลองได้ทั้งที่มอเตอร์ไม่มีโหลดและมีโหลด

3. เพิ่มความสามารถในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการควบคุมความถี่ โดยการปรับแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณรงค์ ชอนตะวัน. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพ : โรงพิมพ์ เอราวัณการพิมพ์. 2531

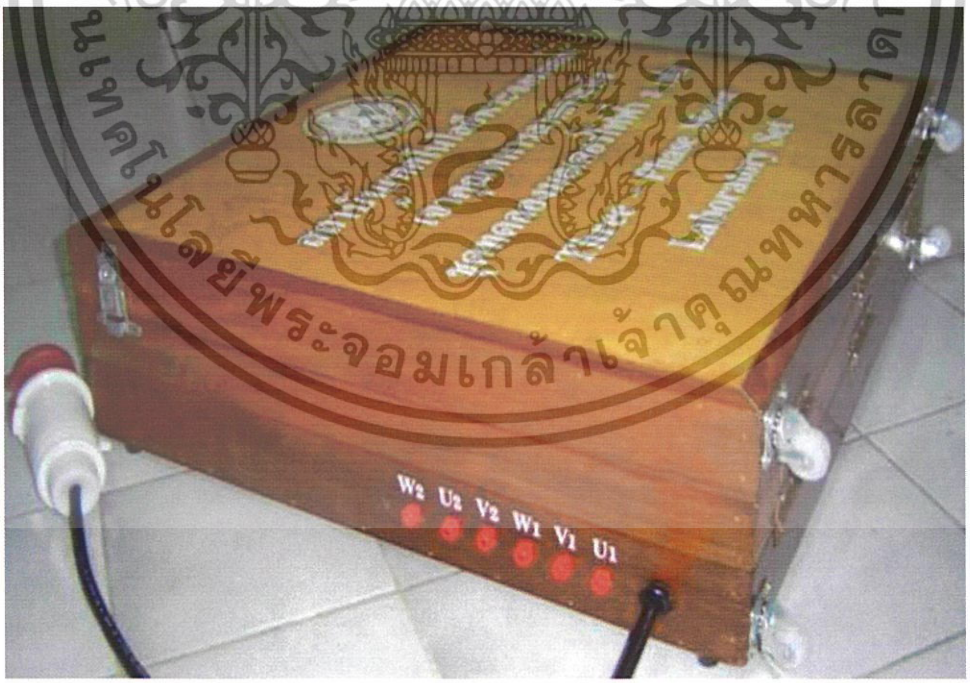
อำนาจ ทองผาสุข และ วิทยา ประยงศ์พันธุ์. การควบคุมมอเตอร์. กรุงเทพ : สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , พ.ศ.2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

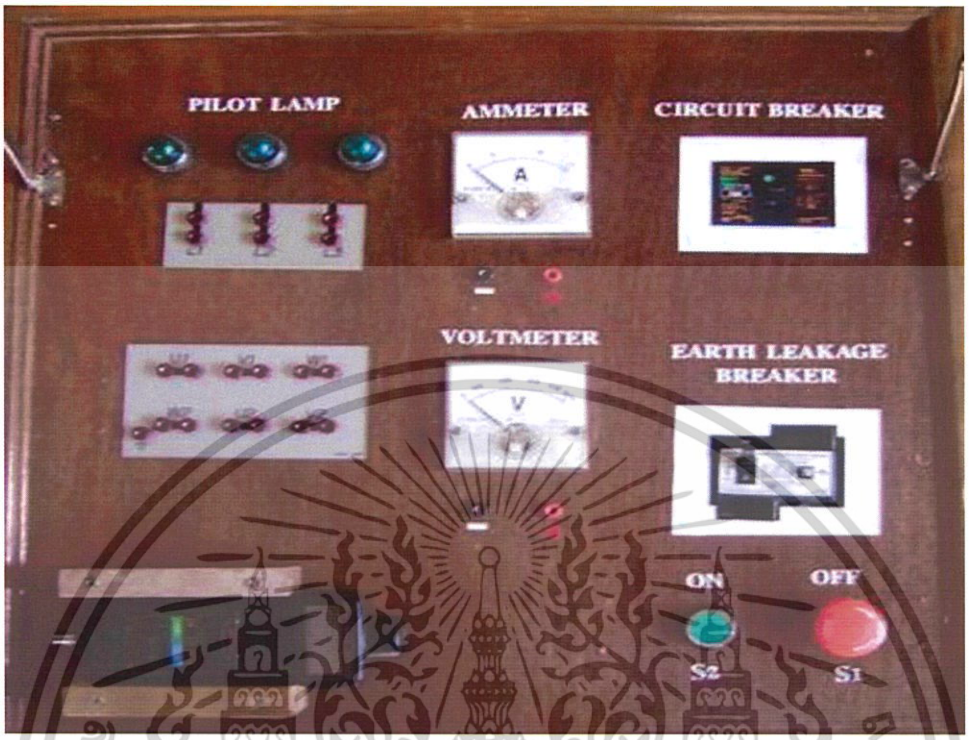
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

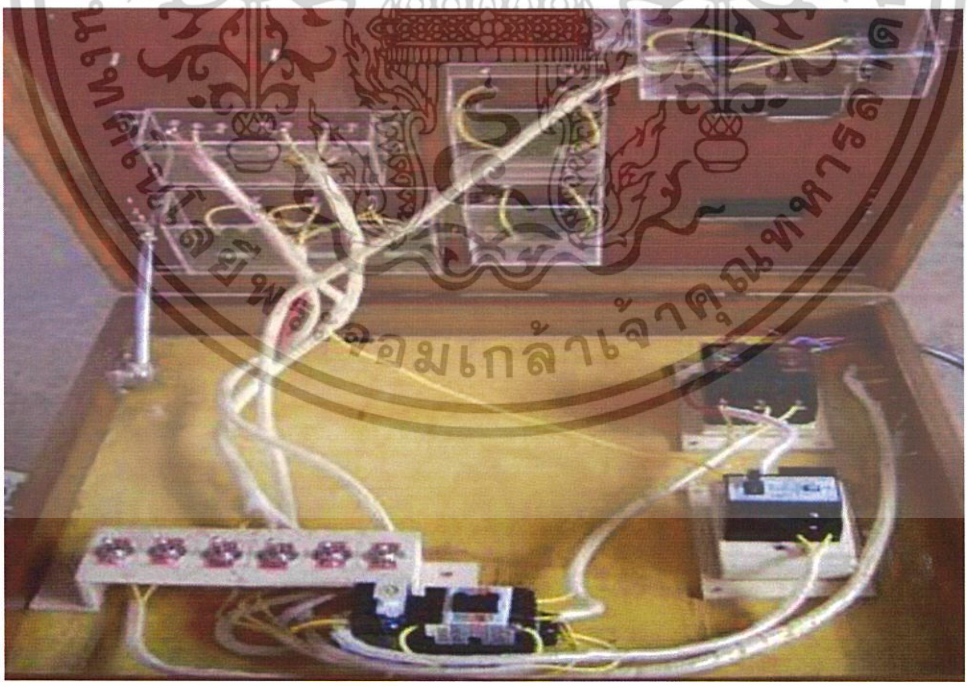


รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

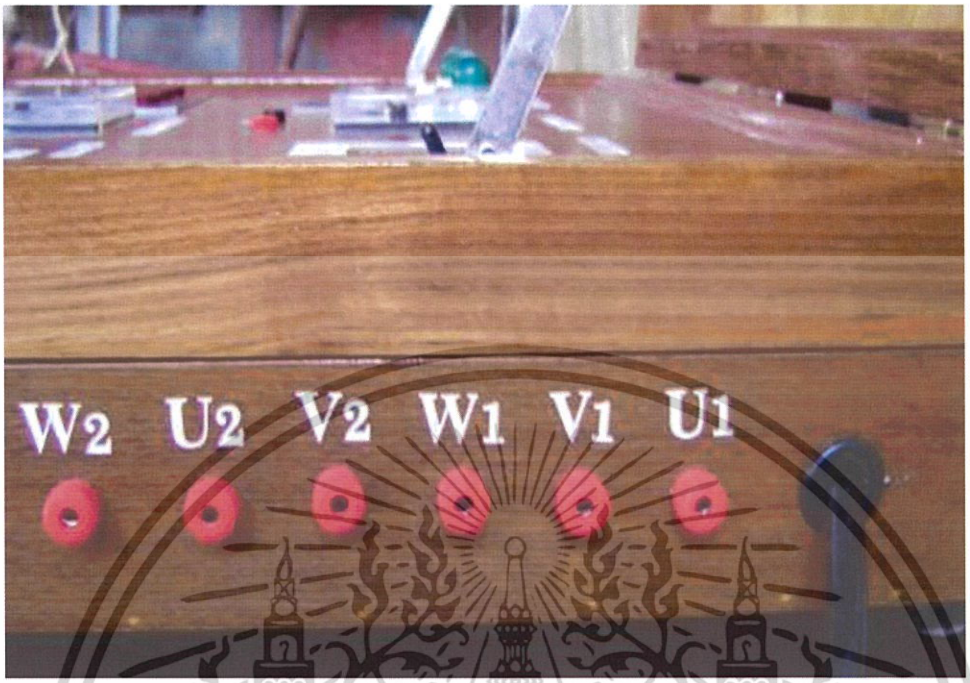


รูปที่ ก.3 ภาพชั้นที่ 1 ของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส



รูปที่ ก.4 ภาพชั้นที่ 2 ของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ภาพจุดต่อจากชุดทดลองกับมอเตอร์

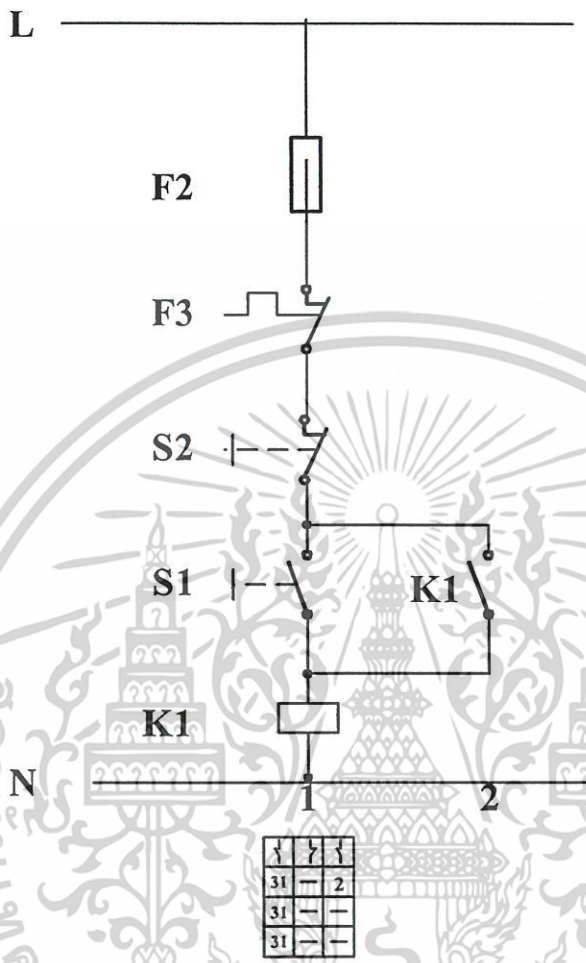
รูปที่ ก.6 ภาพคำอธิบายการใช้งาน การดูแลรักษา และข้อควรระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

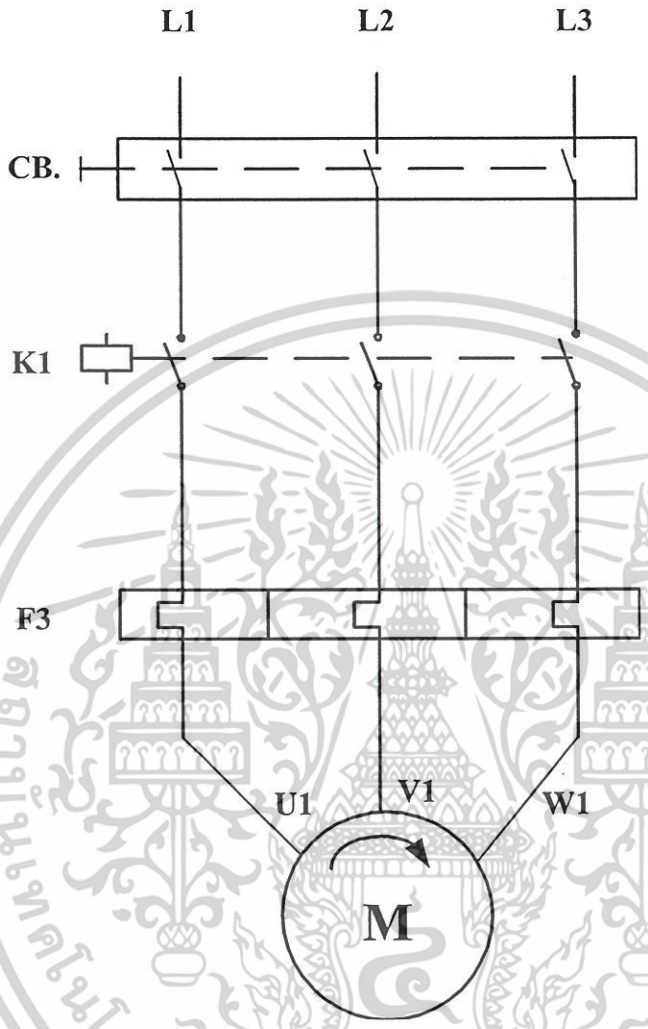


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุม

รายการอุปกรณ์

F2	=	Earth Leakage Breaker
F3	=	Overload Relay
S2	=	Push Button "OFF"
S1	=	Push Button "On"
K1	=	Contactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 วงจรกำลัง

รายการอุปกรณ์

F1	=	Circuit Breaker
F2	=	Earth Leakage Breker
F3	=	Overoaf Relay
M	=	3 –Phas motor
S2	=	Push Button "OFF"
S1	=	Push Button "On"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
Earth Leakage Breaker	KD-L2123J, AC110-220 V., 50/60 Hz, 30 A., 15 mA. KYOKUTO	1 ตัว
สวิตช์ควบคุม S1 , S2	600 V. MAX , 6A , AC250 V.	2 ตัว
Pilot Light	Ten , 220 V.	3 ตัว
ท๊อกเกิลสวิตช์	250 V. , 15 A.	

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรกำลัง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
สเตวเรลเคจมอเตอร์	0.25 KW. , 0.33 HP. , 3 PH Δ Y 220/380 V. , 1.40/0.81A. 4Pole , 1390 min^{-1} , 50 Hz.	1 เครื่อง
วาค์วโรเตอร์มอเตอร์	0.22 KW. , Δ Y 220/380 V. , 1410 min^{-1} , 50 Hz	1 เครื่อง
เซอร์กิตเบรกเกอร์	EA 33 , 10 A.	1 ตัว
เมนคอนแทคเตอร์	SC-D , 20 A. , No , Nc 2 , เบอร์ 00 , AC3240-380-440 V.	1 ตัว
โอเวอร์โหลดรีเลย์	T16 , เบอร์ 00 , ขนาดกระแสปรับตั้ง 1.6 A...2.4 A.	1 ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ในวงจรเครื่องวัด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
แอมป์มิเตอร์	AC , 15 A.	1 ตัว
โวลท์มิเตอร์	AC , 500 V.	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1

การต่อมอเตอร์ 3 เฟส สเควเรลเกจ แบบสตาร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างมอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ (Three-Phase Squirrelcage Motor)
2. อธิบายลักษณะสมบัติของการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

สเควเรลเกจมอเตอร์ มีส่วนประกอบ คือ สเตเตอร์ โรเตอร์ และฝาครอบหัวท้าย สเตเตอร์ทำจากแผ่นเหล็กบางๆ (Larminated Sheet Steel) อัดเป็นสเตเตอร์แผ่นเหล็กจะอาบด้วยน้ำยาวานิช โครงของสเตเตอร์จะมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะหนึ่งผิวนอกเรียบกับผิวนอกมีครีบสำหรับระบายความร้อน

แกนเหล็กของโรเตอร์จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท ซึ่งจะมีลักษณะกลมเจาะรูด้านนอกโดยรอบทำเป็นร่องสล็อทนำมาอัดยึดติดกัน ให้เป็นรูปทรงกระบอก เจาะรูด้านนอกโดยรอบฝังด้วยตัวนำไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นทองแดงหรือโลหะผสม ปลายแต่ละด้านของแท่งตัวนำที่โผล่ออกไปที่ด้านทั้ง 2 ของแกน โรเตอร์จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยแหวนตัวนำ โดยการเชื่อมให้หลอมละลายติดกัน

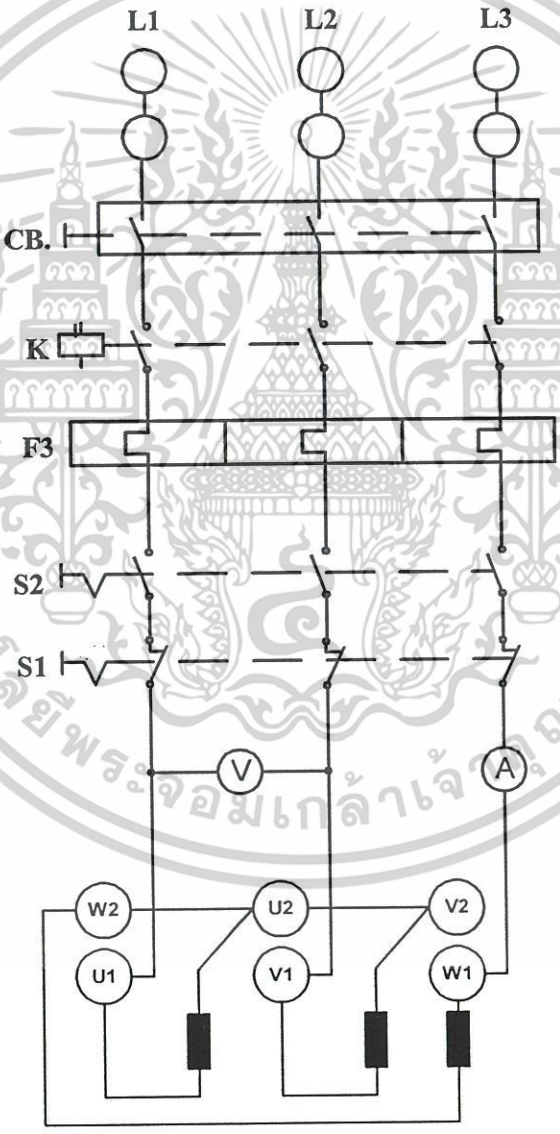
ฝาครอบทั้ง 2 ข้างของมอเตอร์จะมีรูสำหรับใส่สลักเกลียวเพื่อยึดติดกับเฟรม ซึ่งยังมีปลอกทองเหลืองและตลับลูกปืนสำหรับรองรับเพลา เพื่อรักษาให้หมุนอยู่ในแนวศูนย์กลางของโรเตอร์และเพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่าย ไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส สเควเรลเกจ แบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเปิดสวิตช์ จากนั้นกดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ และวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1 → L2 และวัดกระแสที่ L3 บันทึกผลการทดลอง และกดสวิตช์ Stop มอเตอร์ ให้เขียนทิศทางการหมุนและวงจรมอเตอร์

กระแสสตาร์ท :..... A.

กระแสรัน : .....A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1และ L2 :.....V.

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ :.....

วงจรของมอเตอร์ :.....

4. นำโวลท์มิเตอร์มาต่อเข้าที่ขั้วเฟส U1→ U2 ทำการสตาร์ทมอเตอร์ บันทึกผลการทดลอง ปิดสวิตช์ Stop มอเตอร์

แรงเคลื่อนระหว่างเฟส U1 และ U2 :.....V.

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ต้องการต่อมอเตอร์ 3 เฟส ให้เป็นแบบสตาร์ เราจะต้องต่อขั้วของมอเตอร์ให้รวมกันอย่างไรและขั้วใดของมอเตอร์ที่ต้องต่อร่วมกัน?

2. สัดส่วนของแรงเคลื่อนที่ไลน์ต่อแรงเคลื่อน ที่เฟสสำหรับวงจรสตาร์เป็นเช่นใด ?

3. จากเนมเพลท (Name Plate) ของมอเตอร์ 3 เฟส กำหนดแรงเคลื่อนไว้ 220/380 V ท่านจะต่อมอเตอร์นี้เข้ากับระบบไฟฟ้า 220/380 V ได้อย่างไร?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบสตาร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. บอกโครงสร้างของมอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์ได้
2. อธิบายลักษณะการต่อวงจรมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาด์วโรเตอร์แบบสตาร์ได้
3. อธิบายเกี่ยวกับความเร็วซิงโครนัสและค่าสลิป (Slip) ของมอเตอร์ 3 เฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. เครื่องมือวัดความเร็วแบบ โฟโต้/คอนแทค	1 เครื่อง
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

วาด์วโรเตอร์มอเตอร์ ตัวโรเตอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่นคล้ายอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่วาด์วโรเตอร์มีวงแหวนที่เรียกว่า สลิปริง (Slipring) อยู่ 3 วง และคอล์ยที่พันอยู่บนโรเตอร์ปกติจะพันเป็น 3 เฟส แล้วต่อเป็นสตาร์เอาปลายของคอล์ยทั้ง 3 เฟส ต่อออกมาเข้าสลิปริงทั้ง 3 และจะมีแปรงถ่านอยู่ 3 ชุด ต่อสายเข้ารีโอสตาต (Rheostat) ที่รีโอสตาตมีลวดความต้านทาน (Reistance Wire) อยู่ 3 ชุด แต่ละชุดสำหรับแต่ละเฟสของคอล์ยโรเตอร์และสวิตช์สำหรับเลือกหาความต้านทานควบคุมมอเตอร์

ขณะมอเตอร์สตาร์ท ความต้านทานทั้ง 3 ชุด จะต่ออนุกรมกับคอล์ยทั้ง 3 เฟส ของโรเตอร์ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนไปจึงค่อยๆลดความต้านทานทั้ง 3 ชุด พร้อมๆกันทีละน้อยๆให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเมื่อมอเตอร์หมุนไปเต็มที่ความต้านทาน 3 ชุด จะถูกตัดออกจากวงจร คอล์ยทั้ง 3 เฟส จะถูกชอร์ตกันไว้ตรงสุดของรีโอสตาต จึงมีคุณสมบัติเหมือนโรเตอร์แบบกรงกระรอก ปกติมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 37 กิโลวัตต์ขึ้นไปจะมีโรเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่โรเตอร์เคลื่อนที่จะหมุนไปในลักษณะช้ากว่าความเร็วซิงโครนัส ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ผลต่างของความเร็วซิงโครนัสกับความเร็วโรเตอร์ เรียกว่า ความเร็วสลิป (s) มีหน่วยเป็นรอบ/นาที (rpm) นั่นคือ

$$s = Ns - Nr$$

$$Ns = \frac{120f}{p}$$

เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์จะได้ว่า

$$s = \frac{Ns - Nr}{Ns}$$

$$s\% = Ns - Nr \times 100$$

เมื่อ Ns = ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

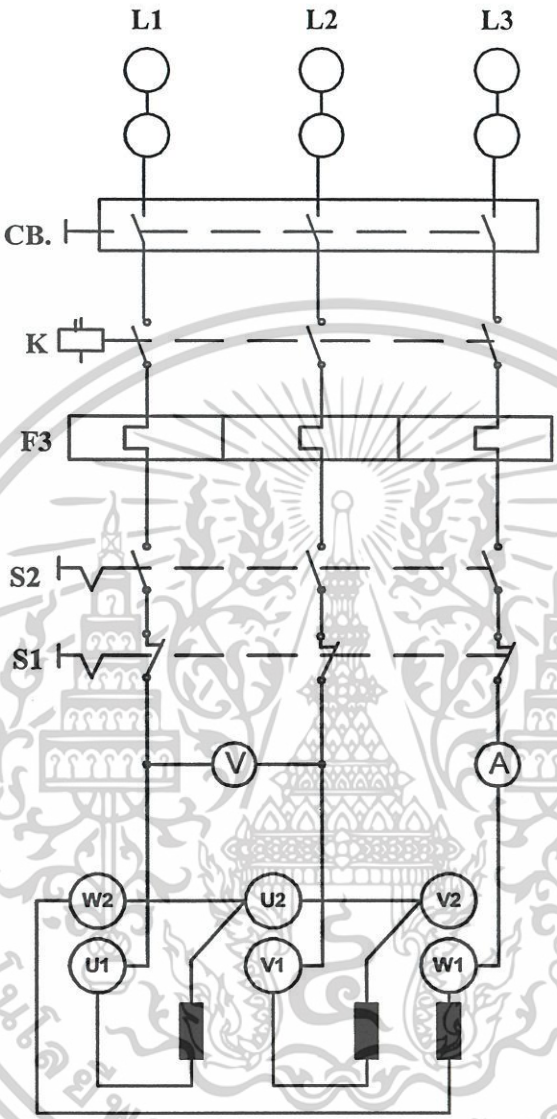
Nr = ความเร็วโรเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่าย ไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบสตาร์

3. ทำการเปิดสวิตช์ จากนั้นกดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตุมอเตอร์; กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าพร้อมบันทึก กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

มอเตอร์ :.....

กระแสที่ L1:..... A.

แรงเคลื่อนระหว่าง L2 และL3 :..... V.

4. ต่อสายเชื่อมระหว่างขั้ว K, L, M เข้าด้วยกัน กดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ พร้อมบันทึกค่า

กระแสสตาร์ท : A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสรัน :.....A.

แรงเคลื่อนระหว่าง L2 และL3 :.....V.

5. จากนั้นทำการวัดความเร็วรอบโดยใช้ Techometer แบบโฟโต้/คอนแทค บันทึกค่ากดสวิตช์ กดสวิทช์ Stop มอเตอร์

Nr :.....rpm.

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากข้อ 5 ค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วซิงโครนัสกับความเร็วโรเตอร์เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์มีค่าเท่าไร เมื่อมอเตอร์เป็นแบบ 4 โพล ใช้ความถี่ 50 H_z?

2. ความถี่วงจรโรเตอร์ (fr) มีค่าเท่าไร ?

3. หากความเร็วโรเตอร์มีค่าเท่ากับความเร็วซิงโครนัสจะเกิดอะรขึ้น ?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การต่อวงจรมอเตอร์แบบ สเควเรลเกจ แบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ 3 เฟสได้
2. อธิบายลักษณะสมบัติของการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบเดลต้าได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. เครื่องมือวัดความเร็วแบบ โฟโต้/คอนแทค	1 เครื่อง
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

มอเตอร์แบบนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าตัวนำที่สเตเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน ที่หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส สนามแม่เหล็กนี้จะไปตัดกับตัวนำที่ โรเตอร์และเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำ แต่เนื่องจากตัวนำของโรเตอร์เป็นรูปวงจรปิด เป็นผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำ ทิศทางของกระแสจะเป็นไปตามกฎของเลนซ์ โดยพยายามสร้าง สนามแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำนี้ อันเป็นผลทำให้เกิดแรงบิดขึ้นและโรเตอร์สามารถหมุนไปได้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ จะไปทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็ก และพยายามหมุนให้ทันกับสนามแม่เหล็กหมุน

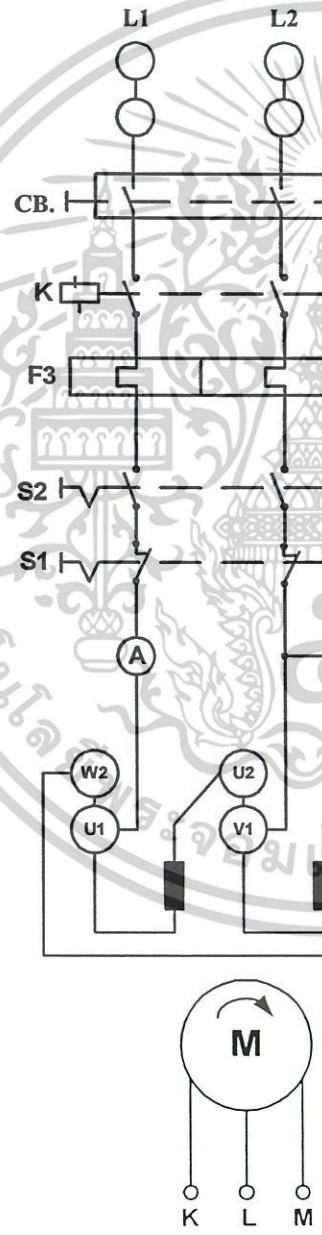
ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กของตัวอยู่กับที่ และความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การต่อวงจรมอเตอร์แบบ สเตวเรลเกจ แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเปิดสวิตช์ จากนั้นกดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ และวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1 → L2 และวัดกระแสที่ L3 บันทึกผลการทดลอง และกดสวิตช์ stop มอเตอร์ ให้เขียนทิศทางการหมุนและวงจรมอเตอร์

กระแสสตาร์ท :.....A.

กระแสรัน :.....A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1และ L:.....V.

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ :.....

วงจรของมอเตอร์ :.....

4. นำโวลท์มิเตอร์มาต่อเข้าที่ขั้วเฟส U1 → U2 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ จากนั้นทำการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์โดยใช้ Techometer บันทึกผลการทดลอง กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

แรงเคลื่อนระหว่างเฟส U1 และ U2 :.....V.

ความเร็วรอบ/นาที :.....rpm.

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ต้องการต่อมอเตอร์ 3 เฟส ให้เป็นแบบเดลต้า จะต้องต่อขั้งของมอเตอร์อย่าง และขั้วใดของมอเตอร์ที่ต้องการต่อร่วมกัน ?

2. สัดส่วนของแรงเคลื่อนที่ไลน์ต่อแรงเคลื่อนทีเฟส สำหรับวงจรเดลต้า เป็นเช่นใด ?

3. แบบเดลต้าเข้ากับระบบไฟฟ้า 220/380 V. ได้ ?

4. จงเปรียบเทียบความเร็วมอเตอร์ระหว่างความเร็วของโรเตอร์ (Nr) (จากค่าที่วัดได้) กับความเร็วซิงโครนัส (Ns) ?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะสมบัติของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาด์วโรเตอร์ได้
2. บอกความแตกต่างของกระแสและแรงดันของโรเตอร์และสเตเตอร์ได้
3. บอกลักษณะสมบัติของการต่อวงจรมอเตอร์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

การสร้างสนามแม่เหล็กที่ใช้ในระบบกำลัง 3 เฟส จะคล้ายกับหลักการของมอเตอร์สปลิตเฟส เมื่อขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟส ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส กระแสจะไหลผ่านขดลวดสเตเตอร์ ทั้ง 3 ชุด เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก

แรงดันตกคร่อมขดลวดของโรเตอร์ ในขณะที่เปิดวงจรจะเปลี่ยนแปลงตามค่าสลิป ถ้าขดลวด โรเตอร์ถูกลัดวงจร แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดกระแสไหลวนในขดลวด เมื่อจ่ายกระแสที่โรเตอร์จะทำให้กระแสที่สเตเตอร์เพิ่มขึ้นมากกว่าระดับกระแสที่ป้อนปกติ

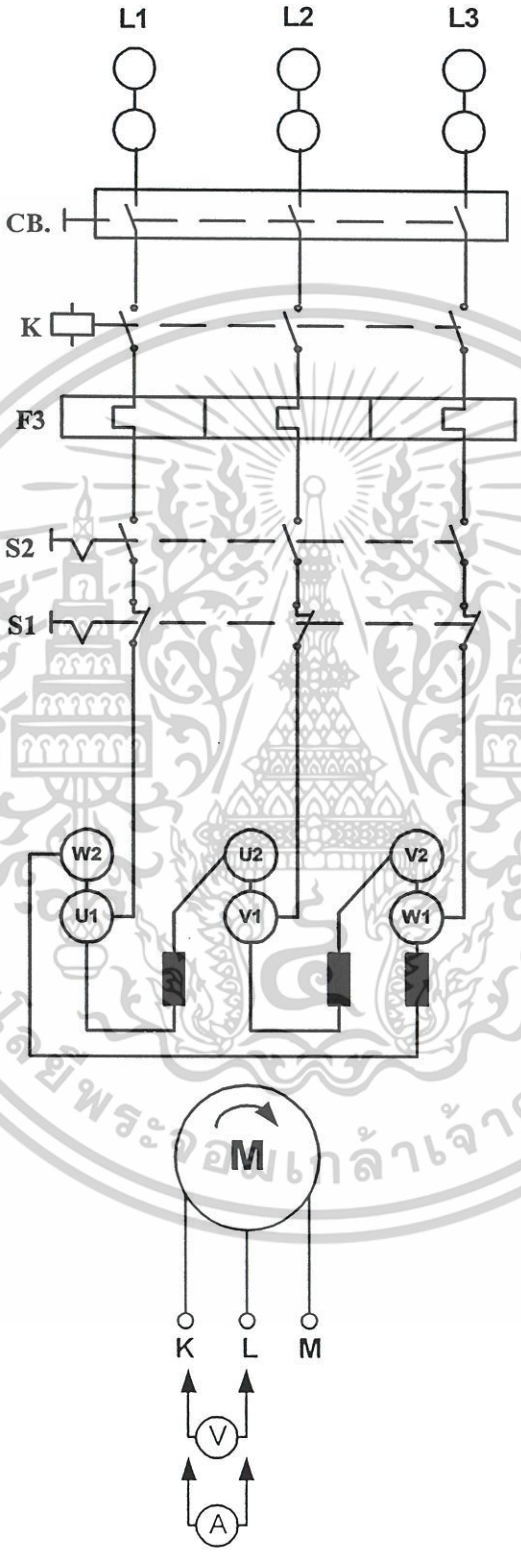
ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรกเกอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ ON เบรกเกอร์ จากนั้นกดสวิตช์มอเตอร์ และวัดแรงเคลื่อนของโรเตอร์ (Er) บันทึกผลการทดลอง และกดสวิตช์ Stop มอเตอร์

Er :.....V.

4. นำแอมป์มิเตอร์มาต่อในวงจรโรเตอร์แทนตำแหน่งของโวลท์มิเตอร์ พร้อมต่อสายเชื่อมระหว่างขั้ว L และ M ของโรเตอร์ กดสตาร์ทมอเตอร์ บันทึกค่าที่วัดได้ และกดสวิตช์ Stop มอเตอร์

Ir :.....A.

5. นำโวลท์มิเตอร์ต่อเข้าที่ L2 → L3 และนำแอมป์มิเตอร์ต่อเข้าที่ L1 และลัดวงจรโรเตอร์เข้าด้วยกัน กดสตาร์ทมอเตอร์ บันทึกค่าที่วัดได้ พร้อมเขียนทิศทางการหมุนและวงจรมอเตอร์ กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างขั้ว L2 และ L3 :.....V.

กระแสสตาร์ท :.....A.

กระแสรัน :.....A.

ทิศทางการหมุน :.....

วงจรของมอเตอร์ :.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ต้องการต่อมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาค์วโรเตอร์มอเตอร์ ให้เป็นแบบเดลต้า จะต้องต่อขั้วของมอเตอร์ให้รวมกันอย่างไร และขั้วใดของมอเตอร์ที่ต้องต่อรวมกัน ?

2. ท่านเข้าใจแรงดันของโรเตอร์ ขณะหยุดนิ่งอย่างไร ?

3. วิธีการวัดแรงเคลื่อนของโรเตอร์ ขณะหยุดนิ่งทำได้อย่างไร ?

4. เพราะเหตุใดจึงสามรถวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของโรเตอร์ขณะที่โรเตอร์ไม่หมุนและวงจรเปิดอยู่ ?

5. จงอธิบายที่มาของกระแสไฟฟ้าในโรเตอร์ ?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดสเควเรลเกจ และวาด์วโรเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์มอเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ลักษณะพิเศษของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส คือ มีความเร็ว (Speed) คงที่ บางตัวมีแรงบิดสตาร์ทสูง (Hign Stavting Torque) บางตัวเป็นแรงบิดสตาร์ทต่ำ (Low Stavting Torque) บางตัวกินกระแสไม่มากนักในตอนสตาร์ทเพราะเป็นขนาดเล็ก บางตัวกินกระแสมากในตอนสตาร์ทเพราะเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ แต่แรงดันและความถี่จะสร้างให้มีค่าอยู่ในมาตรฐานสากลทั่วไป และสามารถต่อใช้กับแรงดันได้ 2 ขนาด เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ในงานกลึง เจาะโลหะ ปั๊มขนาดใหญ่ต่างๆ เช่น ลิฟ พัดลมขนาดใหญ่ ปั่นจั่นยกของ (Crane) เครื่องเป่าลม (Blower) และในงานอุตสาหกรรมอีกมากมาย

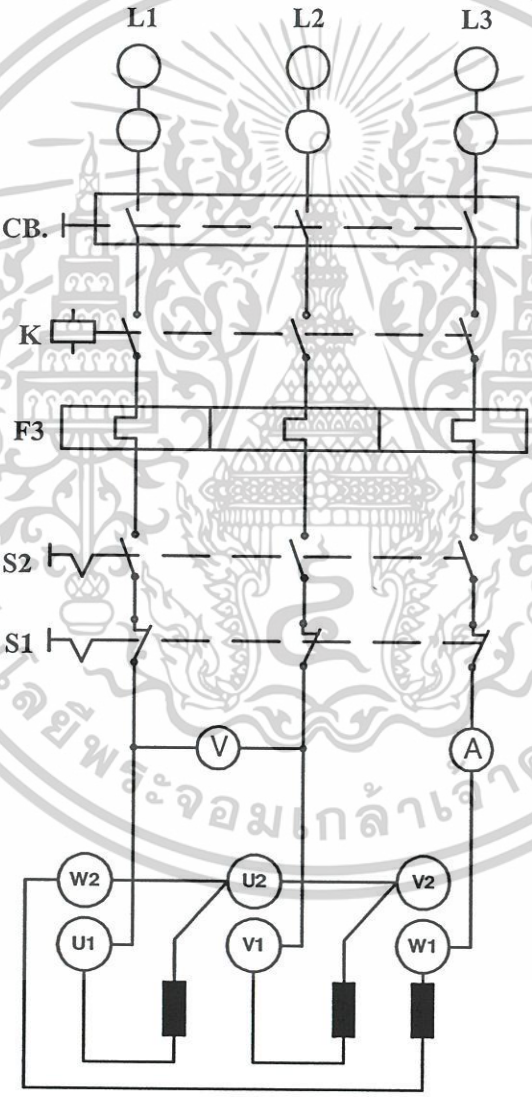
เมื่อต่อมอเตอร์ 3 เฟสใช้งาน ปรากฏว่าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปอีกทางหนึ่ง แต่เราต้องการหมุนไปอีกทาง สามารถใช้หลักการกลับทางหมุนโดยวิธีกลับทางหมุนของสนามแม่เหล็กหมุนโดยสลับสายไลน์คู่ใดคู่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.1 (โดยใช้สเควเรลเกจมอเตอร์)



รูปที่ 5.1 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ ON เบรกเกอร์ จากนั้นกดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ แล้วสังเกตทศทางการหมุนของมอเตอร์กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ :.....

4. ให้ต่อวงจรมอเตอร์ที่ขั้วต่อใหม่ดังนี้

L1→V1 ; L2→W1 ; L3→W1 กดสวิตช์มอเตอร์ สังเกตุทิศทางการหมุนของมอเตอร์ กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ :.....

5. จากวงจรในข้อ 2 ให้เปลี่ยนจากสเควเรลเกจ เป็น วาด์วโรเตอร์มอเตอร์กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ :.....

6. ให้ต่อวงจรมอเตอร์ที่ขั้วใหม่ ดังนี้

L1→W1 , L2→V1 , L3→U1 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ :.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อมอเตอร์หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่เราต้องการให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยการกลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้ง 3 ขั้ว จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางใด ?

2. จากสรุปผลการทดลองหากเราจะกลับทางหมุนของมอเตอร์ โดยไม่ต้องกลับขั้วของแหล่งจ่าย ไฟฟ้า เราจะมีวิธีการอย่างไร?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การสร้างเงื่อนไขโดยใช้ท๊อกเกิลสวิตช์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. แก้ไขปัญหาเมื่อมอเตอร์เกิดข้อบกพร่องได้
2. ทำการต่อมอเตอร์แบบสเควเรลเกจ 3 เฟสได้
3. ทำการต่อมอเตอร์แบบวาค์วโรเตอร์ได้

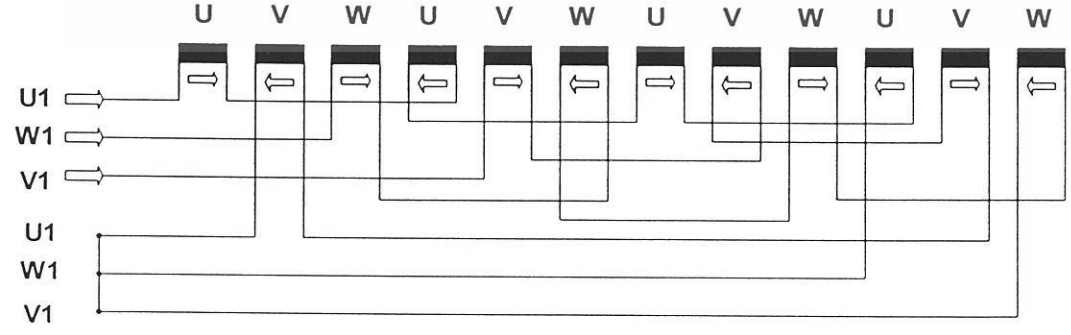
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. โอห์มมิเตอร์ หรือมัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการต่อมอเตอร์ 3 เฟส มีอยู่ 2 แบบ คือ การต่อแบบสตาร์ และการต่อแบบเดลต้า ในที่นี้จะพูดถึงการต่อขดลวดภายในตัวมอเตอร์

การต่อแบบสตาร์ ขั้นแรกเราต้องต่อคอล์ยให้เป็นกรุ๊ป (Group) แต่ละกรุ๊ปมี 3 คอล์ยต่ออนุกรมกัน เมื่อต่อเสร็จให้เปรียบเสมือนทุกคอล์ยพันวนไปทางเดียวกัน ขั้นนี้ควรแยกกรุ๊ป U, V, W



รูปที่ 6.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์

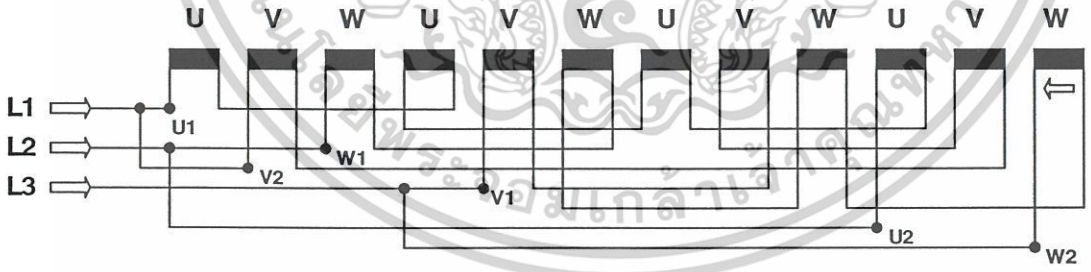
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ตามที่สมมุติเป็นมอเตอร์ 4 โพล แต่ละเฟสมี 4 กลุ่ม โดยให้ต่อเฟส U ทั้ง 4 กลุ่มก่อน คือเอาปลายของกรัปที่ 1 ต่อเข้ากับปลายของกลุ่มที่ 2 เอาต้นของกลุ่มที่ 2 ต่อเข้ากับต้นของกลุ่มที่ 3 เอาปลายของกลุ่มที่ 3 ต่อเข้าปลายของกลุ่มที่ 4 ของฟส U คือต้นต่อเข้ากับต้น ปลายต่อเข้ากับปลายเฟส U จะมีลวดเหลืออยู่เพียง 2 เส้น คือ ต้นของกลุ่มที่ 1 และต้นของกลุ่มที่ 4

คอล์ยกลุ่มถัดจากกลุ่มที่ 1 ของเฟส U คือคอล์ยกลุ่มของเฟส V และถัดไปก็เป็นคอลย์กลุ่มของเฟส W ในทางปฏิบัติให้ต่อเฟส W ก่อนเฟส V (วิธีการต่อก็ต่อเหมือนเฟส U จนครบ 4 กลุ่ม) และถัดจากกลุ่มที่ 1 ของเฟส W ก็จะเป็นคอล์ยกลุ่มของเฟส U ถัดจากกลุ่มของฟส U ไปอีก ก็เป็นคอล์ยกลุ่มของเฟส V กลุ่มนี้ของเฟส V ถือว่าเป็นกลุ่มที่ 1 ของเฟส V และการต่อของเฟส V ก็เหมือนกับเฟส U และ W ทุกประการ

เมื่อต่อเฟส U, V และ W เสร็จแล้ว ให้เอาปลายของทุกเฟสต่อร่วมกันเป็นจุดต่อของสตาร์ เอาต้นของ 3 เฟส มาต่อเข้ากับไฟ 3 เฟส เฟสละสาย หรือจะนำต้นของทุกเฟสมาต่อรวมกัน แล้วนำปลายของแต่ละเฟสต่อเข้ากับแหล่งจ่ายก็ได้

การต่อแบบเดลต้า การต่อแบบวิธีนี้การต่อคอล์ยให้เป็นกลุ่มและการต่อเชื่อมระหว่างกลุ่มของแต่ละเฟสก็เหมือนกับการต่อแบบสตาร์ทุกประการ เว้นแต่หลังจากการต่อแต่ละเฟสเสร็จแล้ว ให้เอาปลายของเฟส U ต่อเข้ากับต้นของเฟส W เอาปลายของเฟส W ต่อเข้ากับต้นของเฟส V เอาปลายของเฟส V ต่อเข้ากับต้นของเฟส U ณ จุดต่อทั้งสามแห่งต่อเข้ากับสายเมนทั้ง 3 เส้น เข้าตรงจุดเหล่านั้น จุดละเส้น ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบเดลต้า

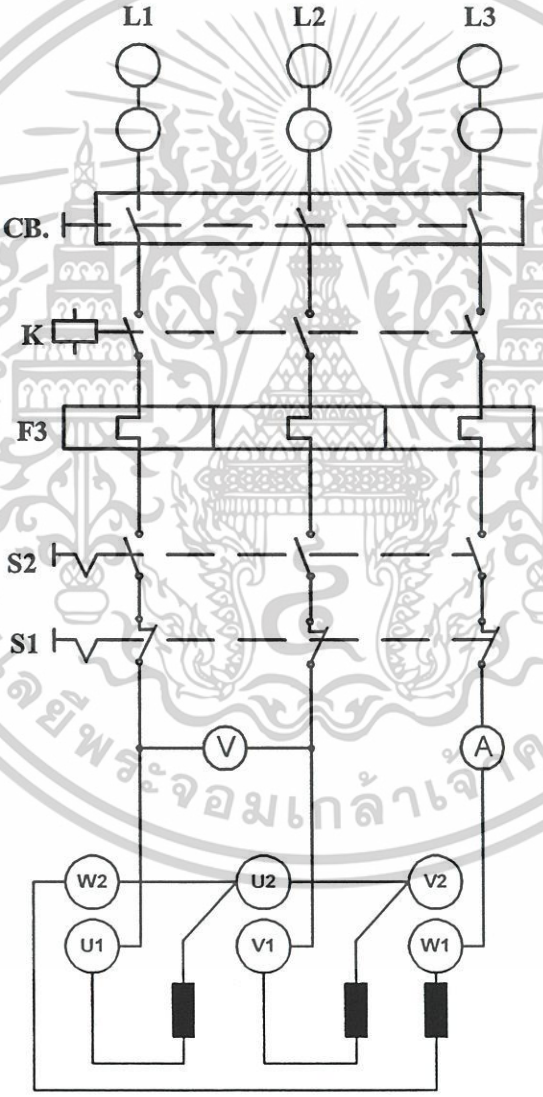
หมายเหตุ มอเตอร์ที่มีจำนวนกลุ่มของแต่ละเฟสเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนโพล เช่น มอเตอร์ 4 โพล แต่ละเฟสมี 2 กลุ่ม เป็นต้น การต่อเชื่อมระหว่างกลุ่มให้นำปลายต่อต้น ต้นต่อปลาย เหมือนกับการต่อมอเตอร์สปลิทเฟสทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 6.3 (โดยใช้สเควเรลเกจมอเตอร์)



รูปที่ 6.3 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้ทำการเปิดฝาชั้นที่ 2 ของชุดทดลอง จะเห็นท๊อกเกิลสวิตช์อยู่ 6 ตัว ให้โยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ 1 ไปที่ตำแหน่ง OFF ปิดฝาชั้นที่ 2 กดสวิตช์สตาร์ท สังเกตุดูมอเตอร์ กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้า กดสวิตช์สต๊อป บันทึกผลการทดลอง

มอเตอร์ : .....

กระแส : .....A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า : .....V.

4. เปลี่ยนการต่อวงแบบสตาร์เป็นแบบเดลต้า แล้วโยกสวิตช์ตัวที่ 1 ไปที่ตำแหน่ง OFF กดสวิตช์สตาร์ท สังเกตุดูมอเตอร์ กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้า กดสวิตช์สต๊อป

มอเตอร์ : .....

กระแส : .....A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า : .....V.

5.ให้โยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ไปยังตำแหน่ง OFF กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตุดูมอเตอร์ กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้า กดสวิตช์สต๊อป บันทึกผลการทดลอง

มอเตอร์ : .....

กระแส : .....A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้า : .....V.

6. จากข้อที่ 5 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์จากนั้นเอามือไปช่วยหมุนที่เพลาของโรเตอร์ สังเกตุดูมอเตอร์ บันทึกผลการทดลอง

มอเตอร์ : .....

7. ปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกจากวงจรชุดทดลอง นำโอห์มมิเตอร์หรือมัลติมิเตอร์ มาทำการตรวจเช็ควงจรของชุดทดลองและขดลวดทั้ง 6 เส้น จนกว่าจะพบสาเหตุข้อบกพร่องของวงจร

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในมอเตอร์ 3 เฟสการที่มอเตอร์ไม่สามารถสตาร์ทได้มีสาเหตุมาจากข้อบกพร่องใด?

2. มอเตอร์ไม่สามารถสตาร์ทได้ แม้ว่าจะไม่มีโหลดแต่สามารถหมุนด้วยมือได้ เกิดจากสาเหตุใด?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ แบบวาด์วโรเตอร์ โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ด้วยการใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. ชุดรีโอสตาต	1ชุด
5. เครื่องมือวัดความเร็วแบบ โฟโต้/คอนแทค	1 เครื่อง
6. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ที่ปลายทั้ง 3 ของขดลวดโรเตอร์ของวาด์วโรเตอร์ จะต่อผ่านออกมาที่วงแหวนลื่น (Slipring) ทั้ง 3 โดยสายจะติดกับแกนเพลาของโรเตอร์ แปลงถ่านจะเลื่อนอยู่บนวงแหวนลื่น ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการให้ความแน่นอน ในการใช้งานสูงสุดจากวาด์วโรเตอร์มอเตอร์ โดยการต่อแปลงถ่านผ่านรีโอสตาต (Rheostst) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าทำให้แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก ควรปรับความต้านทานของรีโอสตาตที่ค่าสูงสุดเพื่อรักษาวงจรโรเตอร์

ขณะที่มอเตอร์ทำงานโดยปกติแล้ว ค่อยๆปรับรีโอสตาตให้ลดลงจนกระทั้งหยุดในตำแหน่งที่ความเร็วสูงสุด ถึงแม้ว่าแรงบิดขณะเริ่มเดินของวาด์วโรเตอร์มอเตอร์จะสูงกว่า ไม่ได้หมายความว่าจะให้ประสิทธิภาพดี เท่ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอกที่ตำแหน่งความเร็วสูงสุด เพราะว่าความ ต้านทานของขดลวดโรเตอร์ก็ยังคงมากกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอก

คุณลักษณะเด่นเฉพาะของวาด์วโรเตอร์มอเตอร์ คือ ความสามรถในการปรับความเร็วได้

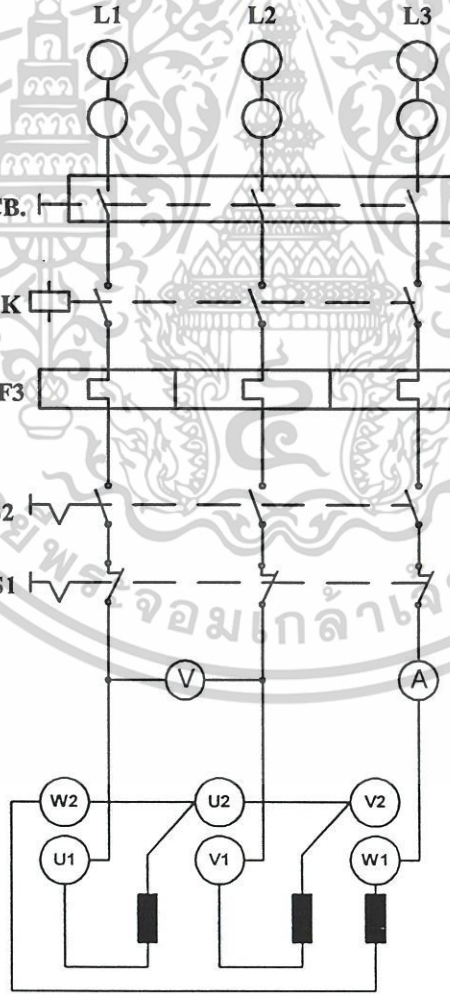
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการปรับค่าความต้านทานรีโอสตาต ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าสลิป (Slip) การทำเช่นนี้อาจทำให้การทำงานที่ต่ำกว่าความเร็วสูงสุด ซึ่งหมายถึงมอเตอร์จะสามรถทำงานในขณะที่ประสิทธิภาพและกำลังทางกลลดลงด้วย เนื่องจากความต้านทานของโรเตอร์มีค่าสูงนี้เอง

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

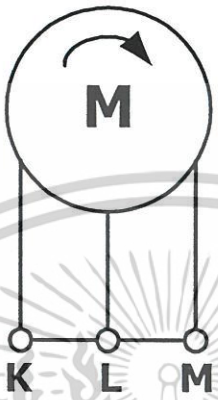
1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ แบบวาด์วโรเตอร์
โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้ทำการลัดวงจรมอเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วทำการสตาร์ทมอเตอร์และวัดกระแสขณะสตาร์ท และกระแสรัน กดสวิตช์ให้มอเตอร์หยุดหมุน

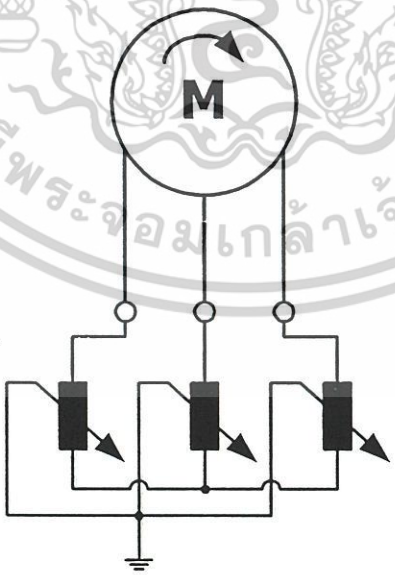


รูปที่ 7.2 การลัดวงจรมอเตอร์เข้าด้วยกัน

กระแสสตาร์ท :.....A.

กระแสรัน :.....A.

4. จากวงจรเดิมให้ต่อความต้านทานรีโอสตาตเข้าไปในวงจรโรเตอร์



รูปที่ 7.3 การต่อความต้านทานรีโอสตาต

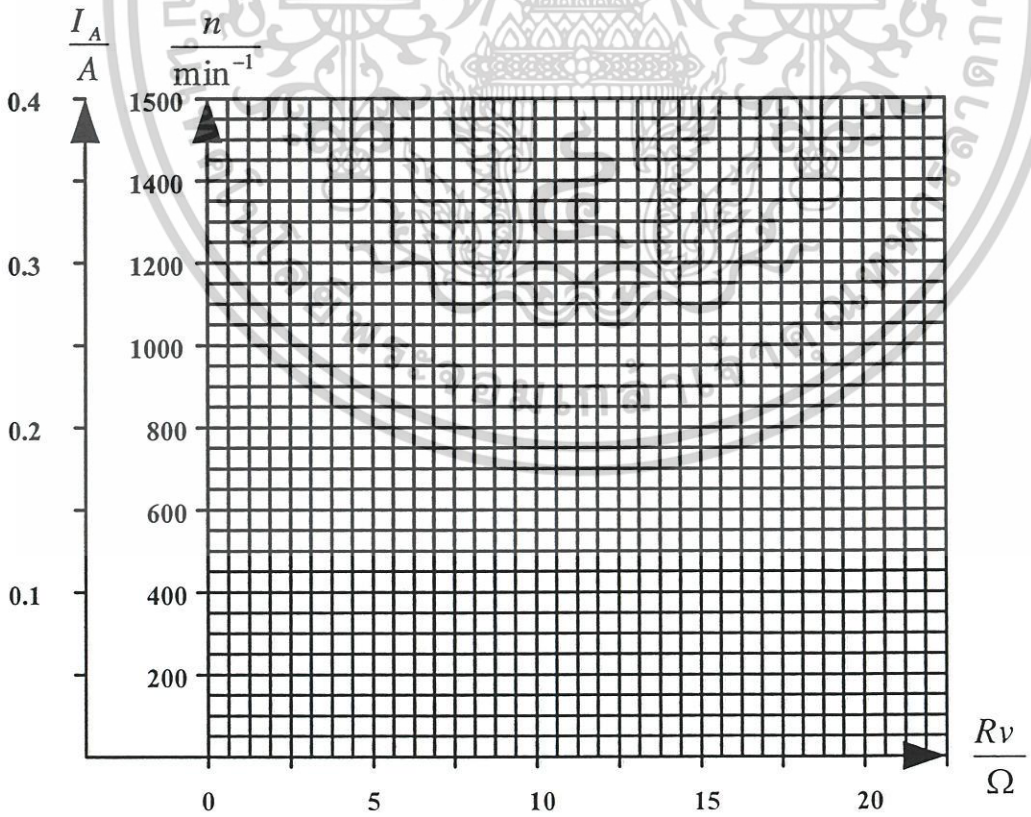
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปรับ Starting Resistance ที่โรเตอร์ ให้มีค่าความต้านทานสูงสุด (ตำแหน่งที่ 1) ทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนให้ปรับอุปกรณ์ควบคุมให้ได้ M = ตามตาราง วัดกระแสขณะสตาร์ท จดค่าที่วัดได้ลงในตารางแล้วบิดไล่ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงตำแหน่งที่ 6

ตารางที่ 7.1 บันทึกผลการวัดเมื่อลดค่าความต้านทาน

	ตำแหน่ง	1	2	3	4	5	6
ค่าที่ปรับ	$\frac{R_V}{\Omega}$	20	10	5.5	2.5	1	0
ค่าที่วัด	$\frac{n}{\min^{-1}}$						
ค่าที่วัด	$\frac{I_A}{A}$						

5. จงเขียนความสัมพันธ์ของความเร็วรอบ ต่อความต้านทาน R_v ของ Siarting Resistance



รูปที่ 7.4 กราฟความสัมพันธ์ของความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ค่าความต้านทาน Siarting Resistance มีผลอย่างไรต่อกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ท?
2. ความเร็วรอบของ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ ควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เฉลยใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
การต่อมอเตอร์ 3 เฟส สเควเรลเกจ แบบสตาร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างมอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ (Three-Phase Squirrelcage Motor)
2. อธิบายลักษณะสมบัติของการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

สเควเรลเกจมอเตอร์ มีส่วนประกอบ คือ สเตเตอร์ โรเตอร์ และฝาครอบหัวท้าย สเตเตอร์ทำจากแผ่นเหล็กบางๆ (Larminated Sheet Steel) อัดเป็นสเตเตอร์แผ่นเหล็กจะอาบด้วยน้ำยาวานิช โครงของสเตเตอร์จะมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะหนึ่งผิวนอกเรียบกับผิวนอกมีครีบสำหรับระบายความร้อน

แกนเหล็กของโรเตอร์จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท ลักษณะกลมเจาะรูด้านนอกโดยรอบทำเป็นร่องสล็อทนำมาอัดยึดติดกันให้เป็นรูปทรงกระบอก เจาะรูด้านนอกโดยรอบฝังด้วยตัวนำไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นทองแดงหรือโลหะผสม ปลายแต่ละด้านของแท่งตัวนำที่โผล่ออกไปที่ด้านทั้ง 2 ของแกน โรเตอร์จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ด้วยแหวนตัวนำโดยการเชื่อมให้หลอมละลายติดกัน

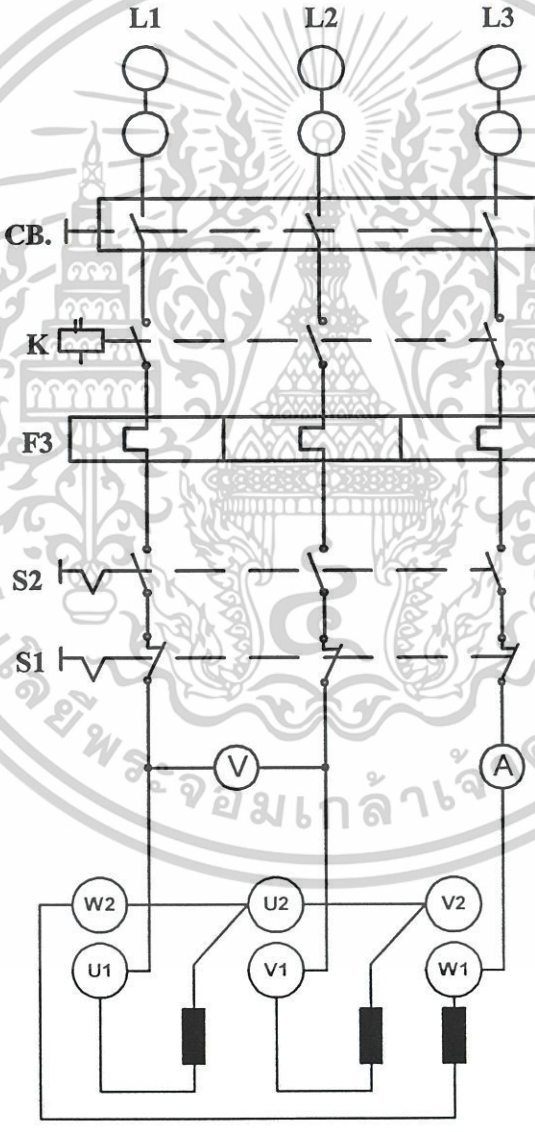
ฝาครอบทั้ง 2 ข้างของมอเตอร์จะมีรูสำหรับใส่สลักเกลียวเพื่อยึดติดกับเฟรม และยังมีปลอกทองเหลืองและตลับลูกปืนสำหรับรองรับเพลาเพื่อรักษาให้หมุนอยู่ในแนวศูนย์กลางของโรเตอร์และเพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่าย ไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส สเควเรลเกจ แบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเปิดสวิตช์ จากนั้นกดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ และวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1 →L2

และ วัดกระแสที่ L3 บันทึกผลการทดลอง และกดสวิตช์ Stop มอเตอร์ ให้เขียนทิศทางการหมุน และ วงจรมอเตอร์

กระแสสตาร์ท : 5.7 A.

กระแสรัน : 0.8 A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1และ L2 : 380 V.

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ : ตามเข็มนาฬิกา

วงจรของมอเตอร์ : ต่อแบบสตาร์

4. นำโวลท์มิเตอร์มาต่อเข้าที่ขั้วเฟส U1→ U2 ทำการสตารท์มอเตอร์ บันทึกผลการทดลอง ปิดสวิตช์ Stop มอเตอร์

แรงเคลื่อนระหว่างเฟส U1 และ U2 : 219 V.

สรุปผลการทดลอง

ในการต่อมอเตอร์ 3 เฟสมีการต่ออยู่ 2 แบบ คือการต่อแบบ สตาร์ หรือ Y หรือการต่อแบบเดลต้า หรือ Δ ซึ่งในการต่อแบบสตาร์นั้นจะทำให้ได้แรงเคลื่อนที่ไลน์ $E_L = \sqrt{3}\, E_P$ กระแสที่วัดได้จากไลน์จะมีค่าเท่ากับกระแสที่เฟส กระแสขณะที่สตาร์ทจะมีค่าน้อยกว่ากระแสขณะที่มอเตอร์ หมุนเต็มที่

คำถามท้ายการทดลอง

1. ต้องการต่อมอเตอร์ 3 เฟส ให้เป็นแบบสตาร์ จะต้องต่อขั้วของมอเตอร์ให้รวมกันอย่างไรและขั้วใดของมอเตอร์ที่ต้องต่อร่วมกัน ?

ต้องต่อ L1 เข้ากับ U1 ต่อ L2 เข้ากับ V1 ต่อ L3 เข้ากับ W1 และต่อเฟส W2 U2 และV2 เข้าด้วยกัน

2. สัดส่วนของแรงเคลื่อนที่ไลน์ต่อแรงเคลื่อนที่เฟสสำหรับวงจรสตาร์เป็นเช่นใด ?

- แรงเคลื่อนที่ไลน์ $\bar{E} = \bar{E}_{p} . \sqrt{3}$ ซึ่งนั้นหมายถึงแรงเคลื่อนที่ไลน์จะมีค่าสูงกว่าแรงเคลื่อน ที่เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากเนมเพลท (Name Plate) ของมอเตอร์ 3 เฟส กำหนดแรงเคลื่อนไว้ 220/380 V ท่านจะต่อมอเตอร์นี้เข้ากับระบบไฟฟ้า 220/380 V ได้อย่างไร ?

- ต่อแบบสตาร์ เพราะมอเตอร์ 3 เฟส บางตัว ถ้ากำหนดแรงเคลื่อนไว้ 220/380 V.เฉยๆโดยไม่ระบุไว้ว่า ให้ต่อแบบสตาร์หรือเลต้า ให้ระลึกไว้เสมอว่าต้องต่อแบบสตาร์เข้ากับระบบไฟฟ้าเท่านั้นไม่ควรต่อแบบเดลต้า แต่ถ้าเนมเพลท (Name Plate) กำหนดไว้ว่า Δ Y 220/380 V. ให้ต่อแบบสตาร์เข้ากับแรงดันไฟฟ้า 380 V. และต่อแบบเดลต้าเข้ากับระบบไฟฟ้า 220 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบสตาร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. บอกโครงสร้างของมอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์
2. อธิบายลักษณะการต่อวงจรมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาด์วโรเตอร์แบบสตาร์
3. อธิบายเกี่ยวกับความเร็วซิงโครนัสและค่าสลิป (Slip) ของมอเตอร์ 3 เฟส

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. เครื่องมือวัดความเร็วแบบ โฟโต้/คอนแทค	1 เครื่อง
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

วาด์วโรเตอร์มอเตอร์ ตัวโรเตอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่นคล้ายอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่วาด์วโรเตอร์มีวงแหวนที่เรียกว่า สลิปริง (Slipring) อยู่3วง และคอล์ยที่พันอยู่บนโรเตอร์ปกติจะพันเป็น 3 เฟส แล้วต่อเป็นสตาร์เอาปลายของคอล์ยทั้ง 3 เฟส ต่อออกมาเข้าสลิปริงทั้ง 3 และจะมีแปรงถ่านอยู่ 3 ชุด ต่อสายเข้ารีโอสตาต (Rheostat) ที่ รีโอสตาตมีลวดความต้านทาน (Reistance Wire) อยู่ 3 ชุด แต่ละชุดสำหรับแต่ละเฟสของคอล์ยโรเตอร์และสวิตช์สำหรับเลือกหาความต้านทานควบคุมมอเตอร์

ขณะมอเตอร์สตาร์ท ความต้านทานทั้ง 3 ชุด จะต่ออนุกรมกับคอล์ยทั้ง 3 เฟส ของโรเตอร์ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนไปจึงค่อยๆลดความต้านทานทั้ง 3 ชุด พร้อมๆกันทีละน้อยๆให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเมื่อมอเตอร์หมุนไปเต็มที่ความต้านทาน 3 ชุด จะถูกตัดออกจากวงจรคอล์ยทั้ง 3 เฟส จะถูกชอร์ตกันไว้ตรงสุดของรีโอสตาตจึงมีคุณสมบัติเหมือนโรเตอร์แบบกรงกระรอก ปกติมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 37 กิโลวัตต์ขึ้นไปจะมีโรเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่โรเตอร์เคลื่อนที่จะหมุนไปในลักษณะช้ากว่าความเร็วซิงโครนัส ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ผลต่างของความเร็วซิงโครนัสกับความเร็วโรเตอร์ เรียกว่า ความเร็วสลิป (s) มีหน่วยเป็นรอบ/นาที (rpm) นั่นคือ

$$s = Ns - Nr$$

$$Ns = \frac{120f}{p}$$

เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์จะได้ว่า

$$s = \frac{Ns - Nr}{Ns}$$

$$s\% = Ns - Nr \times 100$$

เมื่อ Ns = ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

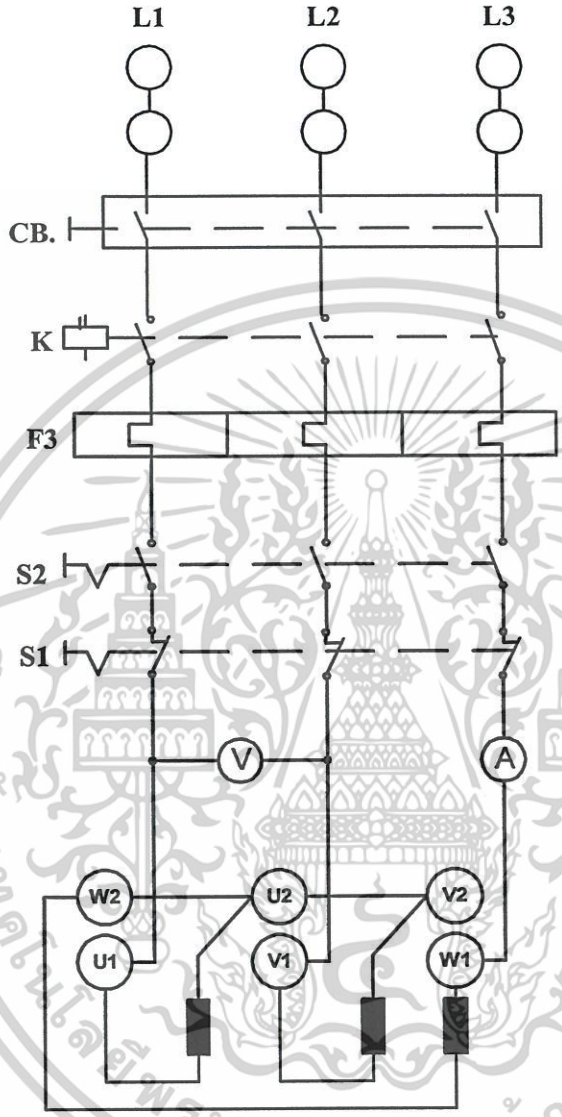
Nr = ความเร็วโรเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่าย ไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาค์วโรเตอร์ แบบสตาร์

3. ทำการเปิดสวิตช์ จากนั้นกดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตุมอเตอร์ ; กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าพร้อมบันทึก กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

มอเตอร์ : ไม่หมุน

กระแสที่ L1 : 0 A.

แรงเคลื่อนระหว่าง L2 และL3 : 380 V.

4. ต่อสายเชื่อมระหว่างขั้ว K, L, M เข้าด้วยกัน กดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ พร้อมบันทึกค่า

กระแสสตาร์ท : 4.2 A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสรัน : 0.2 A.

แรงเคลื่อนระหว่าง L2 และL3 : 380 V.

5. จากนั้นทำการวัดความเร็วรอบโดยใช้ Techometer แบบโฟโต้/คอนแทค บันทึกค่ากดสวิตช์ กดสวิทช์ Stop มอเตอร์

Nr : 1390 rpm.

สรุปผลการทดลอง

ถ้าโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วซิงโครนัส จะไม่เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น คือ ไม่เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ ไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำและความถี่ ถ้ามอเตอร์อยู่กับที่จะมีแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและเกิดความถี่ขึ้นที่โรเตอร์ และมีค่าเท่ากับความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ณ จุดนี้ มอเตอร์จะมีสลิป = 1 ซึ่งค่าความถี่ป้อนให้กับมอเตอร์ ความถี่โรเตอร์ จะขึ้นอยู่กับผลต่างของความเร็วซิงโครนัสและความเร็วโรเตอร์ และเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วใดๆ ก็ตาม แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่โรเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามสลิปนั้น

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากข้อ 5 ค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วซิงโครนัสกับความเร็วโรเตอร์เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์มีค่าเท่าไร เมื่อมอเตอร์เป็นแบบ 4 โพล ใช้ความถี่ 50 H_z ?

- จาก $Ns = \frac{120f}{P}$

$= \frac{120(50)}{4}$

$= 1500 \quad rpm$

$Nr = 1390 \quad rpm$

$s\% = \frac{Ns - Nr}{Ns} \times 100$

$= \frac{1500 - 1390}{1500} \times 100$

$= 7.33\%$ ตอบ

2. ความถี่วงจรโรเตอร์ (fr) มีค่าเท่าไร ?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความถี่ของโรเตอร์ (fr) = ค่าสลิป × ความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนกับมอเตอร์

$$fr = s \times f$$
$$= 0.0733 \times 50$$
$$= 3.665$$ ไซเกิล ตอบ

3. หากความเร็วโรเตอร์มีค่าเท่ากับความเร็วซิงโครนัสจะเกิดอะรขึ้น ?

- โดยปกติโรเตอร์ของมอเตอร์จะหยุดหมุนด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส ถ้าโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วซิงโครนัส จะไม่เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าที่โรเตอร์ จะไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำและไม่เกิดแรงบิด คือ โรเตอร์จะไม่หมุนนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การต่อวงจรมอเตอร์แบบ สเควเรลเกจ แบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. นักศึกษาสามรถอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ 3 เฟส
2. นักศึกษาสามรถอธิบายลักษณะสมบัติของการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบเดลต้า

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. เครื่องมือวัดความเร็วแบบ โฟโต้/คอนแทค	1 เครื่อง
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

มอเตอร์แบบนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าตัวนำที่สเตเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน ที่หมุนด้วยความเร็วซิงโครงนัส สนามแม่เหล็กนี้จะไปตัดกับตัวนำที่ โรเตอร์และเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำ แต่เนื่องจากตัวนำของโรเตอร์เป็นรูปวงจรปิด เป็นผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำ ทิศทางของกระแสจะเป็นไปตามกฎของเลนซ์ โดยพยายามสร้าง สนามแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำนี้ อันเป็นผลำให้เกิดแรงบิดขึ้น และโรเตอร์สามารถหมุนไปได้ ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะไปทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็ก และพยายามหมุนให้ทันกับสนามแม่เหล็กหมุน

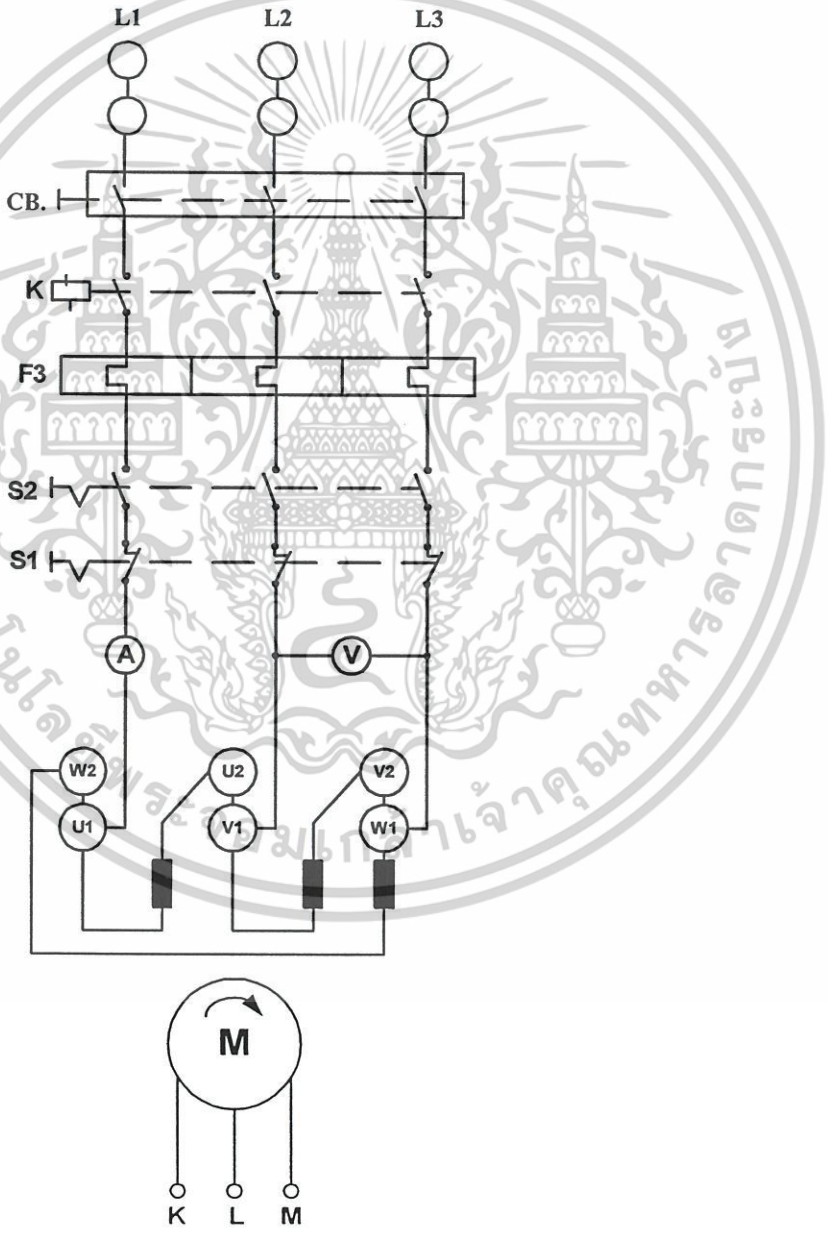
ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กของตัวอยู่กับที่ และความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การต่อวงจรมอเตอร์แบบ สเควเรลเกจ แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเปิดสวิตช์ จากนั้นกดสวิตช์ สตาร์ทมอเตอร์ และวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1 →L2 และ วัดกระแสที่ L3 บันทึกผลการทดลอง และกดสวิตช์ stop มอเตอร์ ให้เขียนทิศทางการหมุน และ วงจรมอเตอร์

กระแสสตาร์ท : 6 A.

กระแสรัน : 0.2 A.

แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง L1และ L2 : 380 V.

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ : ทวนเข็มนาฬิกา

วงจรของมอเตอร์ : ต่อแบบเดลต้า

4. นำโวลท์มิเตอร์มาต่อเข้าที่ขั้วเฟส U1→ U2 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ จากนั้นทำการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์โดยใช้ Techometer บันทึกผลการทดลอง กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

แรงเคลื่อนระหว่างเฟส U1 และ U2 : 380 V.

ความเร็วรอบ/นาที : 1380 rpm.

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง เราจะทราบว่าในการต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบเดลต้านั้น กระแสไฟฟ้าขณะ สตาร์ทจะมีค่าสูงกว่ากระแสรัน ประมาณ 3-5 เท่า เช่นเดียวกับการต่อแบบสตาร์ แรงเคลื่อนที่ไลน์ $(\bar{E}_L)$ จะเท่ากับแรงเคลื่อนที่เฟส $(\bar{E}_L)$ ส่วนกระแสที่ไลน์ $(\bar{I}_L) = \sqrt{3}\ .(\bar{I}_P)$

ถ้ามอเตอร์สตาร์ทด้วยการต่อแบบเดลต้า จะกินกระแสมากกว่าการสตาร์ทโดยการต่อแบบสตาร์ ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็ก และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับมอเตอร์

คำถามท้ายการทดลอง

1. ต้องการต่อมอเตอร์ 3 เฟส ให้เป็นแบบเดลต้า จะต้องต่อขั้วของมอเตอร์อย่าง และขั้วใดของมอเตอร์ที่ต้องการต่อร่วมกัน?

- ต่อ L1 เข้ากับเฟส U1 , L2 ต่อเข้ากับเฟส V1 , L3 ต่อเข้ากับเฟส W1 และต่อขั้ว W2 →U2 ,U2 →V1 , V2 →W1

2. สัดส่วนของแรงเคลื่อนที่ไลน์ต่อแรงเคลื่อนทีเฟส สำหรับวงจรเดลต้าเป็นเช่นใด ?

- การต่อมอเตอร์ แบบเดลต้า จะได้แรงเคลื่อนที่ไลน์ $(\bar{E}_L)$ จะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนที่เฟส

3. แบบเดลต้าเข้ากับระบบไฟฟ้า 220/380 V. ได้ ?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพราะระบบไฟฟ้า 3 เฟส ไม่ได้ใช้แรงเคลื่อน 220 V. แต่เราใช้ที่แรงเคลื่อน 380 V.ถ้าหากนำมิเตอร์ 3 เฟสมาต่อเข้ากับแรงเคลื่อน 220 V. แบบเดลต้าจะทำให้มอเตอร์ไหม้เนื่องจากการสตาร์ท มอเตอร์แบบเดลต้าจะทำให้แรงบิดเริ่มต้นสูง กระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทสูงด้วย จึงอาจเกิดความเสียหายกับมอเตอร์ได้

4. จงเปรียบเทียบความเร็วมอเตอร์ระหว่างความเร็วของโรเตอร์ (Ns) (จากค่าที่วัดได้) กับความเร็วซิงโครนัส (Ns) ?

- เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าที่สเตเตอร์ ซึ่งมีขดลวดตัวนำพันอยู่ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ สนามแม่เหล็กนี้จะหมุนไปด้วยความเร็วซิงโครนัส (Ns) โดยจะขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กและความถี่ที่ป้อนให้ ซึ่งความเร็วซิงโครนัสมีค่าเท่ากับ $\frac{120f}{P}$ เมื่อ f เป็นความถี่ (f) และ (P) เป็นจำนวนขัวแม่เหล็ก

ความเร็วของโรเตอร์ (Nr) จะมีค่าหนึ่งแต่ไม่เท่ากับความเร็วซิงโครนัส ในทางปฏิบัติโรเตอร์ ไม่เคยหมุนได้เร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน ที่หมุนที่สเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะสมบัติของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาด์วโรเตอร์
2. บอกความแตกต่างของกระแสและแรงดันของโรเตอร์และสเตเตอร์
3. บอกลักษณะสมบัติของการต่อวงจรมอเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

การสร้างสนามแม่เหล็กที่ใช้ในระบบกำลัง 3 เฟส จะคล้ายกับหลักการของมอเตอร์สปลิตเฟส เมื่อขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟส ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส กระแสจะไหลผ่านขดลวด สเตเตอร์ ทั้ง 3 ชุด เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก

แรงดันตกคร่อมขดลวดของโรเตอร์ในขณะที่เปิดวงจรจะเปลี่ยนแปลงตามค่าสลิป ถ้าขดลวด โรเตอร์ถูกลัดวงจร แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดกระแสไหลวนในขดลวด เมื่อจ่ายกระแสที่โรเตอร์จะทำให้กระแสที่สเตเตอร์เพิ่มขึ้นมากกว่าระดับกระแสที่ป้อนปกติ

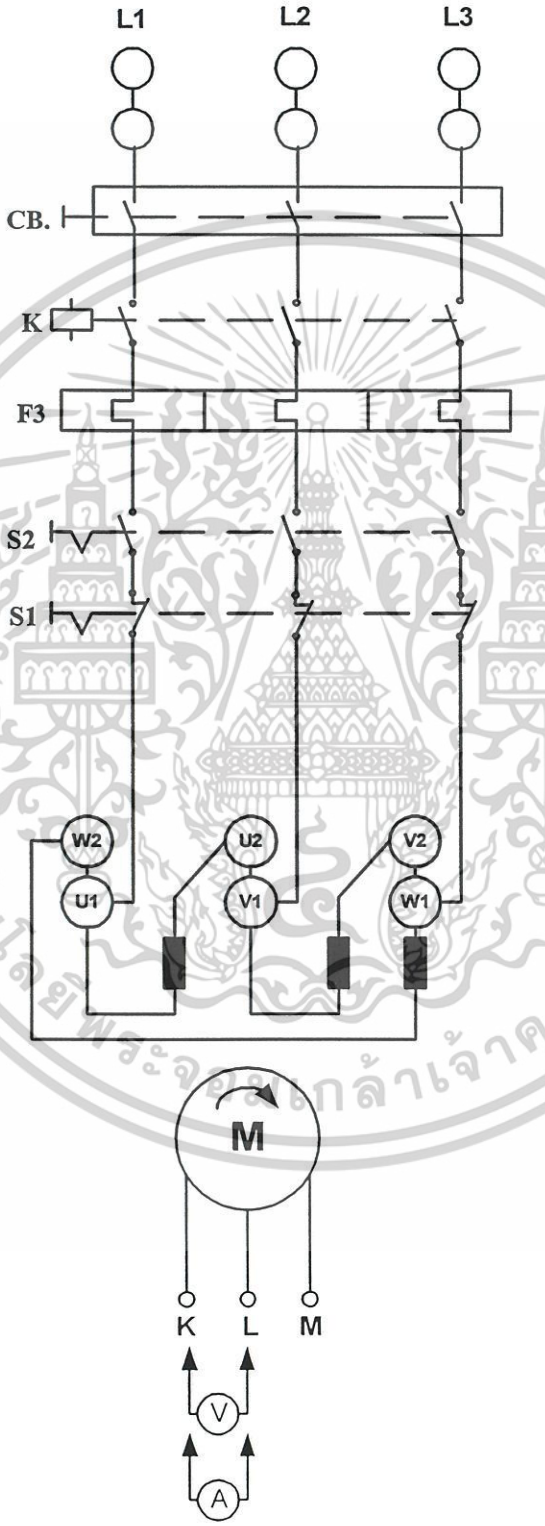
ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)

2. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ ON เบรกเกอร์ จากนั้นกดสวิตช์มอเตอร์ และวัดแรงเคลื่อนของโรเตอร์ (Er) บันทึกผลการทดลอง และกดสวิตช์ Stop มอเตอร์

Er : 180 V.

4. นำแอมป์มิเตอร์มาต่อในวงจรโรเตอร์แทนตำแหน่งของโวลท์มิเตอร์ พร้อมต่อสายเชื่อมระหว่างขั้ว L และ M ของโรเตอร์ กดสตาร์ทมอเตอร์ บันทึกค่าที่วัดได้ และกดสวิตช์ Stop มอเตอร์

Ir : 9.5 A.

5. นำโวลท์มิเตอร์ต่อเข้าที่ L2 → L3 และนำแอมป์มิเตอร์ต่อเข้าที่ L1 และลัดวงจรโรเตอร์เข้าด้วยกัน กดสตาร์ทมอเตอร์ บันทึกค่าที่วัดได้ พร้อมเขียนทิศทางการหมุนและวงจรมอเตอร์ กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างขั้ว L2 และ L3 : 380 V.

กระแสสตาร์ท : 9.5 A.

กระแสรัน : 0.4 A.

ทิศทางการหมุน : ทวนเข็ม

วงจรของมอเตอร์ : เดลต้า

สรุปผลการทดลอง

กระแสไฟฟ้าในสาย ในระบบการต่อแบบเดลต้านั้นจะมีค่ามากกว่าการต่อแบบสตาร์อยู่ประมาณ 1.7 เท่าวาวด์โรเตอร์มอเตอร์ขณะสตาร์ทจะกินกระแสสูงกว่า สเตวเรลเกจมอเตอร์ประมาณ 3-5 เท่า

เมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ขณะที่โรเตอร์อยู่กับที่ สนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์จะตัดกับโรเตอร์ด้วยอัตราสูงสุด จะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำสูงสุดขึ้นที่โรเตอร์ ซึ่งขนาดของแรงเคลื่อนนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบขดลวดสเตเตอร์ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนกับสเตเตอร์ จำนวนรอบของขดลวดโรเตอร์ด้วย ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อเฟสที่โรเตอร์จะมีค่าเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับสเตเตอร์ต่อเฟส คูณด้วยอัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบขดลวดโรเตอร์ต่อจำนวนรอบขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. ต้องการต่อมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาด์วโรเตอร์มอเตอร์ ให้เป็นแบบเดลต้า จะต้องต่อขั้วของมอเตอร์ให้รวมกันอย่างไร และขั้วใดของมอเตอร์ที่ต้องต่อรวมกัน ?

- การต่อมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดวาวด์โรเตอร์ให้เป็นแบบเดลต้าสามารถทำได้เช่นเดียวกับสเควเรลเกจมอเตอร์ คือ L1 ต่อเข้าขั้ว U1, L2→V1,L3→W1 และต่อเฟส W2→U1 , U2→V1 , V2→W1

2. ท่านเข้าใจแรงดันของโรเตอร์ ขณะหยุดนิ่งอย่างไร ?

- เมื่อแรงดันไฟฟ้าเข้าตัวนำที่สเตเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน สนามแม่เหล็มนี้จะไปตัดกับตัวนำของโรเตอร์ และเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำในโรเตอร์ เนื่องจากตัวนำของโรเตอร์เป็นรูปวงจรปิด

3. วิธีการวัดแรงเคลื่อนของโรเตอร์ ขณะหยุดนิ่งทำได้อย่างไร ?

- นำโวล์ทมิเตอร์มาต่อเข้าที่ขั้ว K→L หรือ L→M ของวงจรโรเตอร์

4. เพราะเหตุใดจึงสามรถวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของโรเตอร์ขณะที่โรเตอร์ไม่หมุนและวงจรเปิดอยู่ ?

- ดังที่เคยกล่าวมาแล้วว่าโรเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วสเตเตอร์ หรือความเร็วซิงโครนัส เมื่อใดก็ตามถ้าโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วซิงโครนัสแล้ว จะไม่เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่โรเตอร์ ดังนั้นเมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ขณะที่โรเตอร์อยู่กับที่ จะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่โรเตอร์

5. จงอธิบายที่มาของกระแสไฟฟ้าในโรเตอร์?

- เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าตัวนำที่สเตเตอร์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน ที่หมุนด้วยความเร็ว ซิงโครนัส สนามแม่เหล็กนี้จะนำไปติดกับตัวนำตัวนำของโรเตอร์และเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนี้ เนื่องจากตัวนำของโรเตอร์เป็นรูปวงจรปิด เป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำ ทิศทางกระแสจะเป็นไปตามกฎของเลนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์มอเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ลักษณะพิเศษของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส คือ มีความเร็ว (Speed) คงที่ บางตัวมีแรงบิดสตาร์ทสูง (Hign Stavting Torque) บางตัวเป็นแรงบิดสตาร์ทต่ำ (Low Stavting Torque) บางตัวกินกระแสไม่มากนักในตอนสตาร์ทเพราะเป็นขนาดเล็ก บางตัวกินกระแสมากในตอนสตาร์ทเพราะเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ แต่แรงดันและความถี่จะสร้างให้มีค่าอยู่ในมาตรฐานสากลทั่วไป และสามารถต่อใช้กับแรงดันได้ 2 ขนาด เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ในงานกลึง เจาะโลหะ ปั๊มขนาดใหญ่ต่างๆ เช่น ลิฟ พัดลมขนาดใหญ่ ปั่นจั่นยกของ (Crane) เครื่องเป่าลม (Blower) และในงานอุตสาหกรรมอีกมากมาย

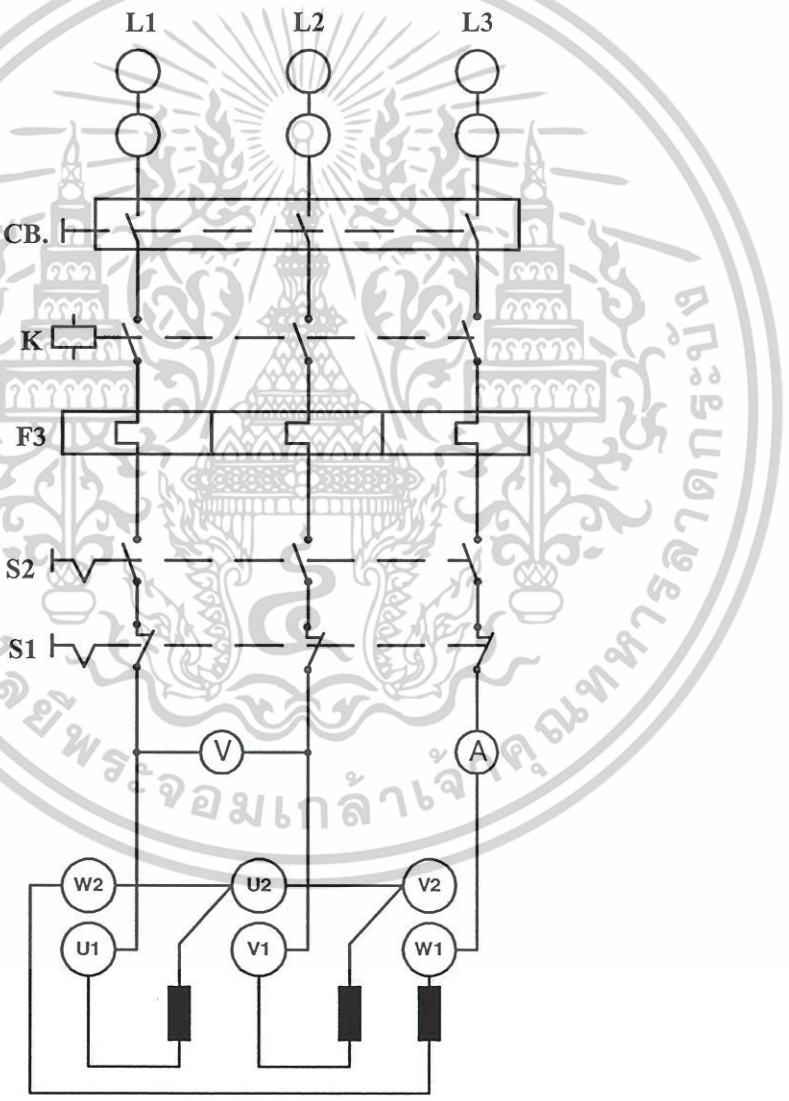
เมื่อต่อมอเตอร์ 3 เฟสใช้งาน ปรากฏว่าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปอีกทางหนึ่ง แต่เราต้องการหมุนไปอีกทาง สามารถใช้หลักการกลับทางหมุนโดยวิธีกลับทางหมุนของสนามแม่เหล็กฟหมุนโดยสลับสายไลน์คู่ใดคู่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.1 (โดยใช้สเควเรลเกจมอเตอร์)



รูปที่ 5.1 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ ON เบรกเกอร์ จากนั้นกดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ แล้วสังเกตทศทางการหมุนของมอเตอร์กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ : ตามเข็มนาฬิกา

4. ให้ต่อวงจรมอเตอร์ที่ขั้วต่อใหม่ดังนี้

L1→V1 , L2→W1 , L3→W1 กดสวิตช์มอเตอร์ สังเกตุทิศทางการหมุนของมอเตอร์ กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ : ทวนเข็มนาฬิกา

5. จากวงจรในข้อ 2 ให้เปลี่ยนจาก สเตวเรลเกจ เป็น วาด์วโรเตอร์มอเตอร์กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ : ทวนเข็มนาฬิกา

6. ให้ต่อวงจรมอเตอร์ที่ขั้วใหม่ ดังนี้

L1→W1 , L2→V1 , L3→U1 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์กดสวิตช์ Stop มอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ : ตามเข็มนาฬิกา

สรุปผลการทดลอง

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทั้ง 2 ชนิดสามารถใช้หลักการกลับทางหมุนของมอเตอร์ โดยใช้วิธีเดียวกัน คือ การกลับทางหมุนของสนามแม่เหล็กหมุน โดยกลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้าคู่ใดคู่หนึ่งเท่านั้น

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อมอเตอร์หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่เราต้องการให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยการกลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้ง 3 ขั้ว จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางใด ?

- มอเตอร์จะยังคงหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเหมือนเดิม

2. จากสรุปผลการทดลองหากเราจะกลับทางหมุนของมอเตอร์ โดยไม่ต้องกลับขั้วของแหล่งจ่าย ไฟฟ้า เราจะมีวิธีการอย่างไร?

- มอเตอร์จะยังคงหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การสร้างเงื่อนไขโดยใช้ท๊อกเกิลสวิตช์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. แก้ไขปัญหาเมื่อมอเตอร์เกิดข้อบกพร่องได้
2. ทำการต่อมอเตอร์แบบสเควเรลเกจ 3 เฟสได้
3. ทำการต่อมอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์ได้

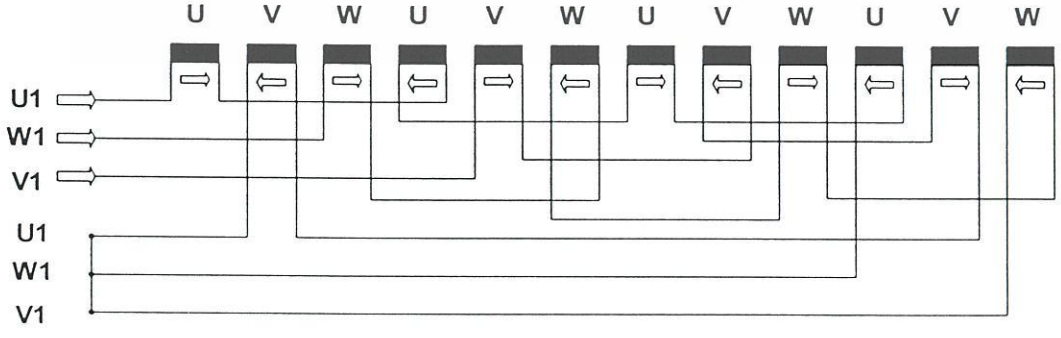
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบสเควเรลเกจ	1 เครื่อง
3. โอห์มมิเตอร์ หรือมัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
5. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎี

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการต่อมอเตอร์ 3 เฟส มีอยู่ 2 แบบ คือ การต่อแบบสตาร์ และการต่อแบบเดลต้า ในที่นี้จะพูดถึงการต่อขดลวดภายในตัวมอเตอร์

การต่อแบบสตาร์ ขั้นแรกเราต้องต่อคอล์ยให้เป็นกลุ่ม (Group) แต่ละกลุ่มมี 3 คอล์ยต่ออนุกรมกัน เมื่อต่อเสร็จให้เปรียบเสมือนทุกคอล์ยพันวนไปทางเดียวกัน ขั้นนี้ควรแยกกลุ่ม U, V, W



รูปที่ 6.1 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์

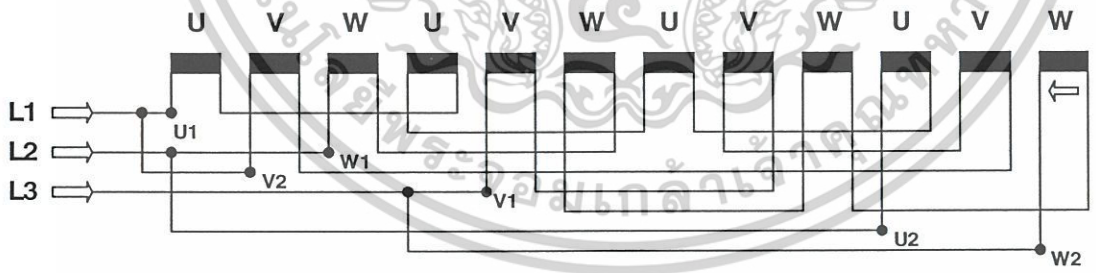
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ตามที่สมมุติเป็นมอเตอร์ 4 โพล แต่ละเฟสมี 4 กลุ่ม โดยให้ต่อเฟส U ทั้ง 4 กลุ่มก่อน คือเอาปลายของกรัปที่ 1 ต่อเข้ากับปลายของกลุ่มที่ 2 เอาต้นของกลุ่มที่ 2 ต่อเข้ากับต้นของกลุ่มที่ 3 เอาปลายของกลุ่มที่ 3 ต่อเข้าปลายของกลุ่มที่ 4 ของฟส U คือต้นต่อเข้ากับต้น ปลายต่อเข้ากับปลายเฟส U จะมีลวดเหลืออยู่เพียง 2 เส้น คือ ต้นของกลุ่มที่ 1 และต้นของกลุ่มที่ 4

คอล์ยกลุ่มถัดจากกลุ่มที่ 1 ของเฟส U คือคอล์ยกลุ่มของเฟส V และถัดไปก็เป็นคอลย์กลุ่มของเฟส W ในทางปฏิบัติให้ต่อเฟส W ก่อนเฟส V (วิธีการต่อก็ต่อเหมือนเฟส U จนครบ 4 กลุ่ม) และถัดจากกลุ่มที่ 1 ของเฟส W ก็จะเป็นคอล์ยกลุ่มของเฟส U ถัดจากกลุ่มของฟส U ไปอีก ก็เป็นคอล์ยกลุ่มของเฟส V กลุ่มนี้ของเฟส V ถือว่าเป็นกลุ่มที่ 1 ของเฟส V และการต่อของเฟส V ก็เหมือนกับเฟส U และ W ทุกประการ

เมื่อต่อเฟส U, V และ W เสร็จแล้ว ให้เอาปลายของทุกเฟสต่อร่วมกันเป็นจุดต่อของสตาร์ เอาต้นของ 3 เฟส มาต่อเข้ากับไฟ 3 เฟส เฟสละสาย หรือจะนำต้นของทุกเฟสมาต่อรวมกัน แล้วนำปลายของแต่ละเฟสต่อเข้ากับแหล่งจ่ายก็ได้

การต่อแบบเดลต้า การต่อแบบวิธีนี้การต่อคอล์ยให้เป็นกลุ่มและการต่อเชื่อมระหว่างกลุ่มของแต่ละเฟสก็เหมือนกับการต่อแบบสตาร์ทุกประการ เว้นแต่หลังจากการต่อแต่ละเฟสเสร็จแล้ว ให้เอาปลายของเฟส U ต่อเข้ากับต้นของเฟส W เอาปลายของเฟส W ต่อเข้ากับต้นของเฟส V เอาปลายของเฟส V ต่อเข้ากับต้นของเฟส U ณ จุดต่อทั้งสามแห่งต่อเข้ากับสายเมนทั้ง 3 เส้น เข้าตรงจุดเหล่านั้น จุดละเส้น ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 การต่อมอเตอร์ 3 เฟส แบบเดลต้า

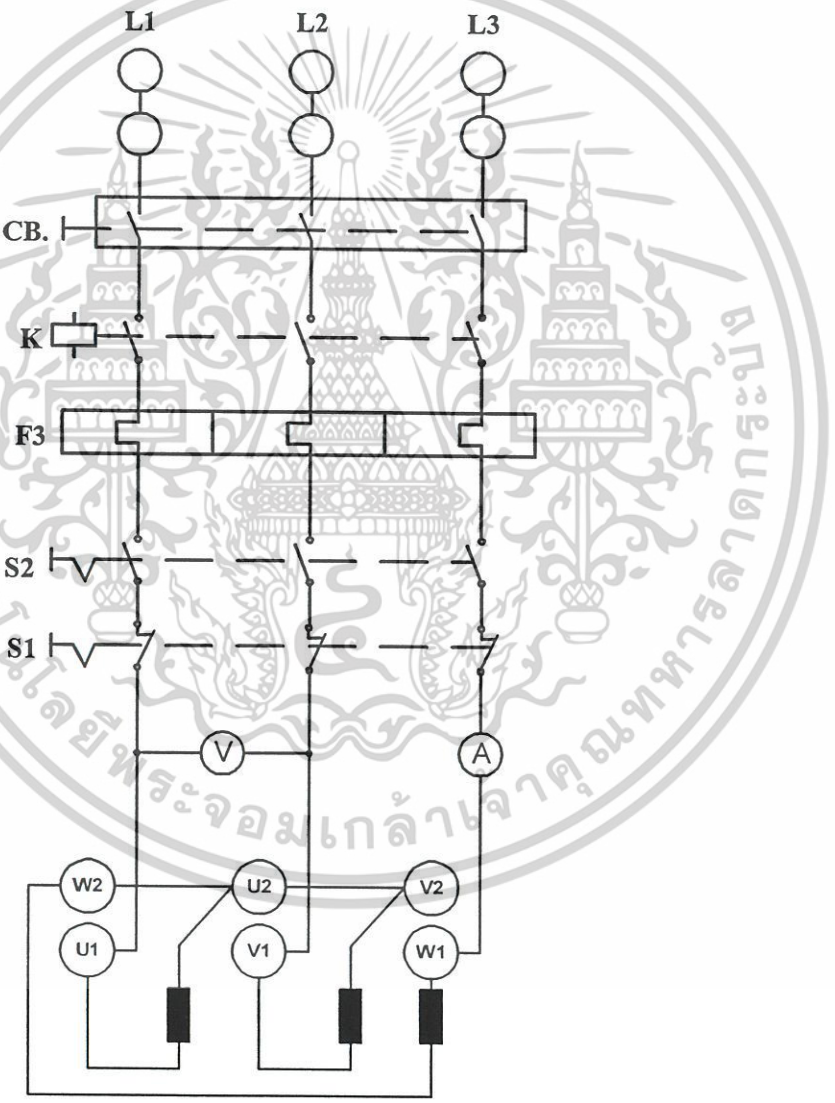
<u>หมายเหตุ</u> มอเตอร์ที่มีจำนวนกลุ่มของแต่ละเฟสเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนโพล เช่น มอเตอร์ 4 โพล แต่ละเฟสมี 2 กลุ่ม เป็นต้น การต่อเชื่อมระหว่างกลุ่มให้นำปลายต่อต้น ต้นต่อปลาย เหมือนกับการต่อมอเตอร์สปลิทเฟสทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 6.3 (โดยใช้สเควเรลเกจมอเตอร์)



รูปที่ 6.3 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ชนิดสเควเรลเกจและวาด์วโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้ทำการเปิดฝาชั้นที่ 2 ของชุดทดลอง จะเห็นท๊อกเกิลสวิตช์อยู่ 6 ตัว ให้โยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ 1 ไปที่ตำแหน่ง OFF ปิดฝาชั้นที่ 2 กดสวิตช์สตาร์ท สังเกตุดูมอเตอร์ กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้า กดสวิตช์สต๊อป บันทึกผลการทดลอง

มอเตอร์ : ไม่หมุน

กระแส : 0 A

แรงเคลื่อนไฟฟ้า : 380 V

4. เปลี่ยนการต่อวงแบบสตาร์เป็นแบบเดลต้า แล้วโยกสวิตช์ตัวที่ 1 ไปที่ตำแหน่ง OFF กดสวิตช์สตาร์ท สังเกตุดูมอเตอร์ กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้า กดสวิตช์สต๊อป

มอเตอร์ : ไม่หมุน

กระแส : 0 A

แรงเคลื่อนไฟฟ้า : 380 V

5.ให้โยกท๊อกเกิลสวิตช์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ไปยังตำแหน่ง OFF กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์ สังเกตุดูมอเตอร์ กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้า กดสวิตช์สต๊อป บันทึกผลการทดลอง

มอเตอร์ : ไม่หมุน

กระแส : 0 A

แรงเคลื่อนไฟฟ้า : 0 V

6. จากข้อที่ 5 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์จากนั้นเอามือไปช่วยหมุนที่เพลาของโรเตอร์ สังเกตุดูมอเตอร์ บันทึกผลการทดลอง

มอเตอร์ : หมุน

7. ปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกจากวงจรชุดทดลอง นำโอห์มมิเตอร์หรือมัลติมิเตอร์ มาทำการตรวจเช็ควงจรของชุดทดลองและขดลวดทั้ง 6 เส้น จนกว่าจะพบสาเหตุข้อบกพร่องของวงจร

สรุปผลการทดลอง

การเกิดข้อบกพร่องในมอเตอร์นั้นมาจากหลายสาตุด้วยกัน แต่อย่างไรก็ตามข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นก็มีลักษณะคล้าย ๆ กัน และจะต้องมีการตรวจสอบหาสาเหตุที่เกิดขึ้น ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถตรวจสอบหาได้โดยการทดสอบหรือตรวจสอบ ขั้นตอนในการตรวจหาข้อบกพร่องเราสามารถที่จะตรวจหาสาเหตุง่าย ๆ ก่อน เช่น ถ้ามอเตอร์สตาร์ทไม่ได้ ขั้นแรกให้ดูที่ขั้วต่อสายไฟฟ้าก่อน ซึ่งจะเห็นว่าเป็นสิ่งที่เราสามารถตรวจหาได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในมอเตอร์ 3 เฟสการที่มอเตอร์ไม่สามารถสตาร์ทได้มีสาเหตุมาจากข้อบกพร่องใด?

- อาจเกิดจากสายไฟฟ้าขาด หรือ ขดลวดในมอเตอร์เปิดวงจร หรืออาจเกิดจากขดลวด 1 ขด หรือมากว่าเปิดวงจร

2. มอเตอร์ไม่สามารถสตาร์ทได้ แม้ว่าจะไม่มีโหลดแต่สามารถหมุนด้วยมือได้ เกิดจากสาเหตุใด้?

- เกิดจากขดลวด 1 ขด หรือมากกว่าเปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ แบบวาด์วโรเตอร์ โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ด้วยการใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
2. มอเตอร์ 3 เฟส แบบวาด์วโรเตอร์	1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	1 ชุด
4. ชุดรีโอสตาต	1ชุด
5. เครื่องมือวัดความเร็วแบบ โฟโต้/คอนแทค	1 เครื่อง
6. สายต่อวงจร	1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ที่ปลายทั้ง 3 ของขดลวดโรเตอร์ของวาด์วโรเตอร์ จะต่อผ่านออกมาที่วงแหวนลื่น (Slipring) ทั้ง 3 โดยสายจะติดกับแกนเพลาของโรเตอร์ แปลงถ่านจะเลื่อนอยู่บนวงแหวนลื่น ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการให้ความแน่นอน ในการใช้งานสูงสุดจากวาด์วโรเตอร์มอเตอร์ โดยการต่อแปลงถ่านผ่านรีโอสตาต (Rheoststt) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าทำให้แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก ควรปรับความต้านทานของรีโอสตาตที่ค่าสูงสุดเพื่อรักษาวงจรโรเตอร์

ขณะที่มอเตอร์ทำงานโดยปกติแล้ว ค่อยๆปรับรีโอสตาตให้ลดลงจนกระทั้งหยุดในตำแหน่งที่ความเร็วสูงสุด ถึงแม้ว่าแรงบิดขณะเริ่มเดินของวาด์วโรเตอร์มอเตอร์จะสูงกว่า ไม่ได้หมายความว่าจะให้ประสิทธิภาพดี เท่ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอกที่ตำแหน่งความเร็วสูงสุด เพราะว่าความ ต้านทานของขดลวดโรเตอร์ก็ยังคงมากกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอก

คุณลักษณะเด่นเฉพาะของวาด์วโรเตอร์มอเตอร์ คือ ความสามรถในการปรับความเร็วได้โดยการปรับค่าความต้านทานรีโอสตาต ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าสลิป (Slip) การ

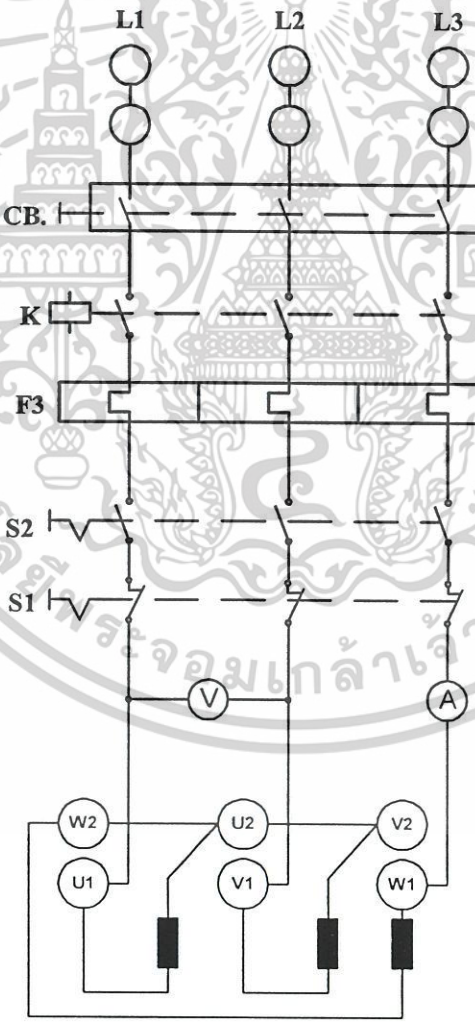
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำเช่นนี้อาจทำให้การทำงานที่ต่ำกว่าความเร็วสูงสุด ซึ่งหมายถึงมอเตอร์จะสามรถทำงานในขณะที่ประสิทธิภาพและกำลังทางกลลดลงด้วย เนื่องจากความต้านทานของโรเตอร์มีค่าสูงนี้เอง

ลำดับขั้นการทดลอง

ข้อควรระวัง ในการทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิด (ON) สวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และต้องตรวจสอบวงจรให้ถูกต้องก่อนเปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อทดลองเสร็จให้ปิด (OFF) สวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเสมอ

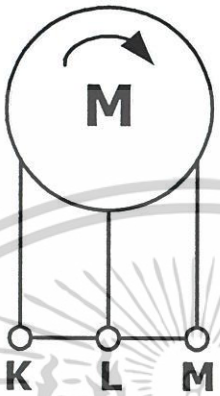
1. ต่อสายไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับชุดทดลอง (ขณะนี้ยังไม่ ON เบรคเกอร์)
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ แบบวาด์วโรเตอร์
โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้ทำการลัดวงจรมอเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วทำการสตาร์ทมอเตอร์และวัดกระแสขณะสตาร์ท และกระแสรัน กดสวิตช์ให้มอเตอร์หยุดหมุน

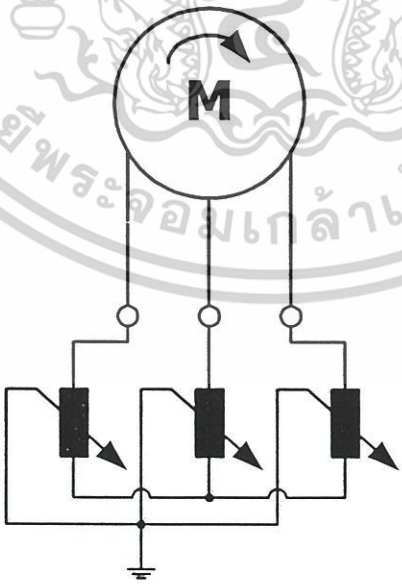


รูปที่ 7.2 การลัดวงจรมอเตอร์เข้าด้วยกัน

กระแสสตาร์ท : 6.5 A.

กระแสรัน : 0.4 A.

4. จากวงจรเดิมให้ต่อความต้านทานรีโอสตาตเข้าไปในวงจรโรเตอร์



รูปที่ 7.3 การต่อความต้านทานรีโอสตาต

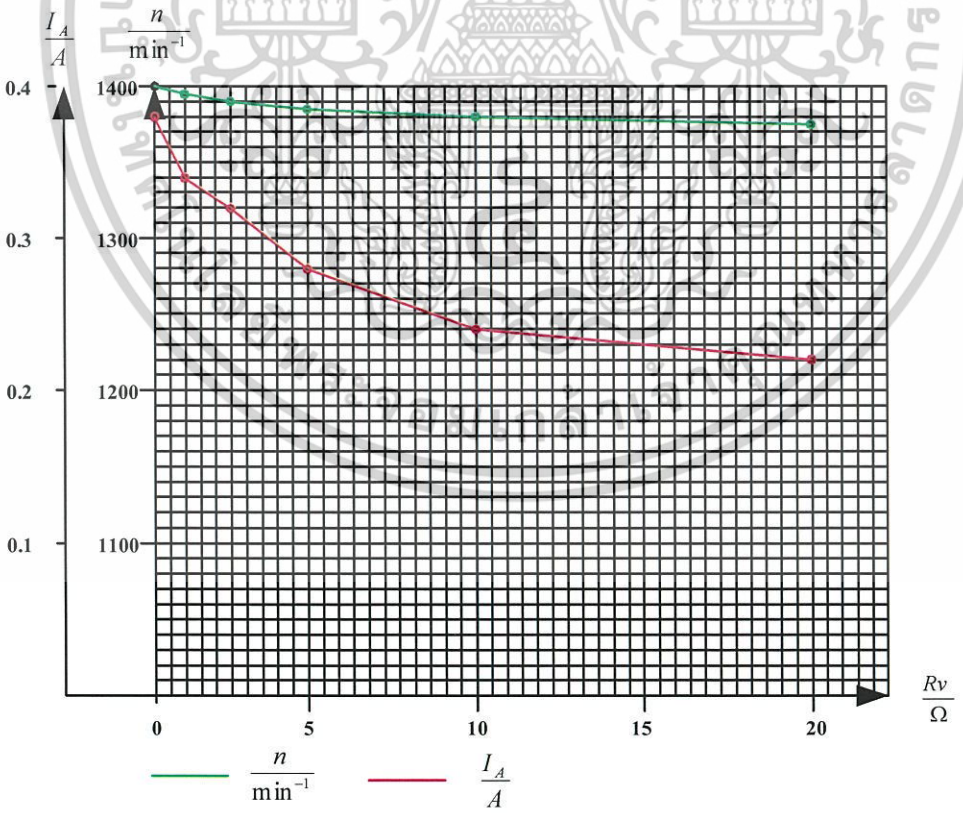
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปรับ Starting Resistance ที่โรเตอร์ ให้มีค่าความต้านทานสูงสุด (ตำแหน่งที่ 1) ทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนให้ปรับอุปกรณ์ควบคุมให้ได้ M = ตามตาราง วัดกระแสขณะสตาร์ท จดค่าที่วัดได้ลงในตารางแล้วบิดไล่ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงตำแหน่งที่ 6

ตารางที่ 7.1 บันทึกผลการวัดเมื่อลดค่าความต้านทาน

	ตำแหน่ง	1	2	3	4	5	6
ค่าที่ปรับ	$\frac{R_V}{\Omega}$	20	10	5.5	2.5	1	0
ค่าที่วัด	$\frac{n}{\text{min}^{-1}}$	1375	1380	1385	1390	1395	1400
ค่าที่วัด	$\frac{I_A}{A}$	0.22	0.24	0.28	0.32	0.34	0.38

5. จงเขียนความสัมพันธ์ของความเร็วรอบ ต่อความต้านทาน R_V ของ Siarting Resistance



รูปที่ 7.4 กราฟความสัมพันธ์ของความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

การต่อความต้านทานภายนอกที่ปรับค่าได้เข้าไปในวงจรของโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์มีกระแสขณะเริ่มหมุนต่ำ การปรับแต่งความเร็ว ของวาด์วโรเตอร์ ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายนอกของโรเตอร์ จะทำให้มอเตอร์มีกระแสขณะเริ่มหมุนลดลงและมีอัตราเร่งเรียบ (Smooth Acceleration)

คำถามท้ายการทดลอง

1. ค่าความต้านทาน Siarting Resistance มีผลอย่างไรต่อกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ท ?

- มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์ มักจะสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด กระแสไฟฟ้าตอนสตาร์ทจะถูกปรับให้ลดลง โดยการต่อความต้านทานที่ปรับค่าได้เข้ากับวงจรโรเตอร์ ขณะสตาร์ทจะปรับความต้านทานให้มีค่าสูง ๆ แต่ความเร็วสูงขึ้นจะค่อย ๆ ลดความต้านทานลง แต่จะทำให้แรงบิดสตาร์ทสูงขึ้น

2. ความเร็วรอบของ 3 เฟส วาด์วโรเตอร์ ควบคุมได้อย่างไร ?

- การต่อความต้านทานภายนอกที่ปรับค่าได้ 3 ชุด แต่ละชุดสำหรับแต่ละเฟสของคอล์ยดรเตอร์ และสวิตช์สำหรับเลือกหาความต้านทานควบคุมมอเตอร์ ให้ค่อย ๆ เริ่มหมุนจนหมุนเร็วสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

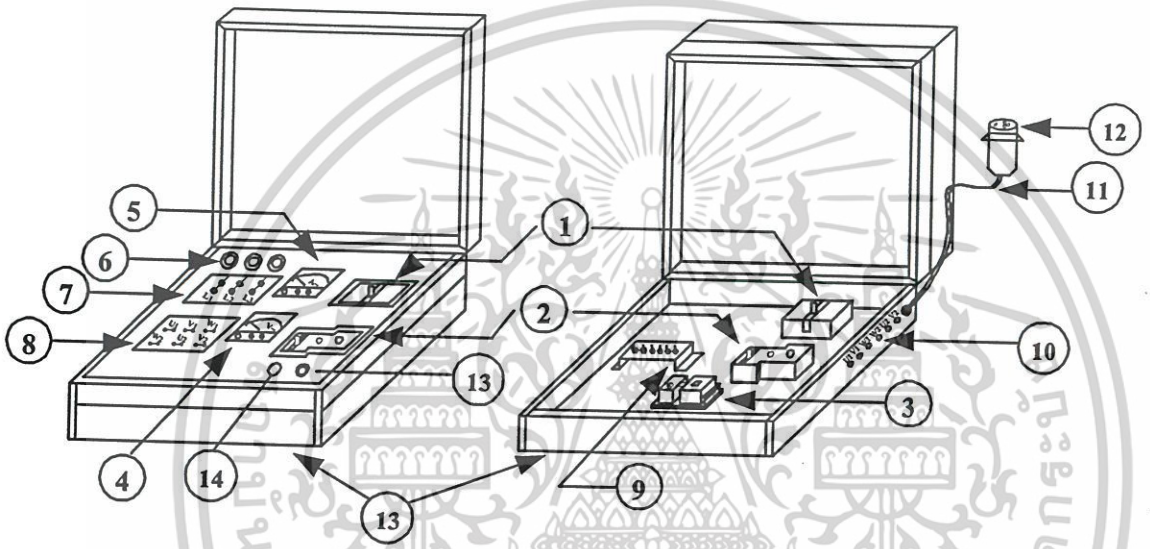
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้งานชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อผลการวัดค่าที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ฉ.1 ส่วนประกอบและสวิตช์ควบคุมของชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียด

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ 3 เฟส
2. อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วลงโครง
3. แมกเนติกคอนแทคเตอร์
4. โวลท์มิเตอร์
5. แอมมิเตอร์
6. หลอดแสดงผล
7. จุดต่อใช้งานไฟฟ้า 3 เฟส
8. หลักต่อสายในการต่อสตาร์-เดลต้า
9. ท๊อกเกิ้ลสวิตช์
10. จุดต่อมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(11) สายต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส
(12) ปลั๊กต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส
(13) โครงกล่องไม้
(14) สวิตช์ ON
(15) สวิตช์ OFF

3. การติดตั้งและการใช้งาน

1. ต่อวงจรที่จุดต่อภายในชุดทดลองตามใบงานที่ต้องการทดลอง

2. นำสายต่อวงจร ต่อเข้าที่กล่องต่อสายของมอเตอร์ โดยต่อขั้ว U1, V1, W1, V2, U2, W2 ปลายสายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับขั้ว U1, V1, W1, V2, U2, W2 ซึ่งอยู่ด้านข้างของชุดทดลอง โดยต้องต่อขั้วให้ตรงกัน

3. ตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้อง

4. ON Circuit Breaker ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส

5. ON Circuit Breaker ที่ชุดทดลอง

6. ON Earth Leakage Breaker

7. กด Push Button "ON"

8. เมื่อทดลองเสร็จแล้วให้ทำการ กด Push Button "OFF"

4. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ ฉ.1 สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
มอเตอร์ไม่สตาร์ท	ตรวจสอบขั้วต่อสายว่าต่อถูกหรือไม่ ต่อขั้วสายแน่นหรือเปล่า และตรวจอบว่า ON เบรกเกอร์ครบทุกตัวหรือเปล่า
มอเตอร์ไม่ตาร์ท แต่ถ้าใช้มือช่วยหมุนแทนเพลา มอเตอร์จึงจะสตาร์ทได้	ตรวจสอบดูท็อกเกิ้ลสวิตช์ว่า ON ครบทุกตัวหรือไม่
Pilot Light ไม่ติด	ตรวจสอบดูจุดบัดกรี ว่าแน่นดีหรือเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

1) หลังจากทดลองเสร็จแล้วปิดฝาชุดทดลอง และล็อคฝาให้เรียบร้อย

2) พยายามอย่าให้อุปกรณ์ในชุดทดลองถูกความชื้น เช่น น้ำ ไอน้ำ

3) ควรเก็บชุดทดลองไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อควรระวัง

1) การทดลองเป็นการทำงานกับแรงดันไฟฟ้าสูง ดังนั้นไม่ควรต่อวงจรใดๆ ในขณะที่เปิดสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

2) ต้องตรวจสอบการต่อวงจรให้ถูกต้องก่อนทุกครั้ง ก่อนทำการปรับสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

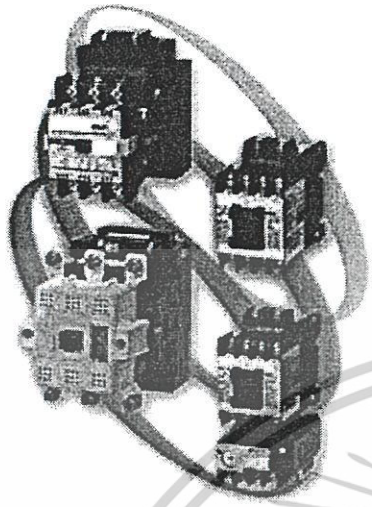
6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
มอเตอร์	มอเตอร์แบบสเควเรลเกจ 1/3 Hp , 1.4 A.,1,400 rpm มอเตอร์แบบวาด์วโรเตอร์ 1/3 Hp, 1.6 A., 1,400 rpm
ย่านวัด	โวลท์มิเตอร์วัดแรงดัน 0-500 V. แอมมิเตอร์วัดกระแส 0-15 A.
ส่วนแสดงผล	Pilot lamp แสดงการจ่ายไฟฟ้าได้ครบเฟส
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลท์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์
ระบบป้องกัน	Earth Leakage Breaker AC110-220 V., 50/60 Hz, 30 A. โอเวอร์โหลดรีเลย์ กระแสปรับตั้ง 1.6 A…2.4 A. เซอร์กิตเบรกเกอร์ 10 A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Magnetic Contactors and Starters
General information

Fuji low-voltage contactors and starters are available in a broad choice of types, from high-performance to economy, for all consumer and industrial needs. For standard applications, we offer the high-performance SC series. We offer the economical F series for light industrial use, the SB series dedicated to DC circuits, the SJ series for direct driving by transistors, and the SS series with long service-life noise-free solid-state contactors.

Features

- **SC and SW series**
  Standard type magnetic contactors and starters
  The SC series is a range of long service-life and high-performance contactors. SC-03 to SC-5-1 small-frame contactors provide snap-on fitting of numerous optional units, such as auxiliary contact blocks, coil surge suppressors, and operation counters. Field modifications are quick and easy to make. Type SC-4N and above contactors come with an IC-controlled SUPER MAGNET coil, which operates from both AC and DC sources, to eliminate burnt coils and contact chattering caused by voltage fluctuation.

- **SJ series**
  High sensitivity contactors and starters
  The SJ series is a range of compact and lightweight DC-operated AC contactors employing a special polarized electromagnet. With greatly reduced power consumption, the SJ series contactors can be directly operated by transistor output, such as from a programmable controlled or photoelectric sensor. The auxiliary contact is bifurcated for added contact reliability, so it can even be used in 5V DC, 3mA circuits. Despite their compact geometry, the SJ series contactors can also be used in 440V AC circuits.

- **FMC and FMS series**
  Definite purpose contactors and starters
  The FMC series contactors are compact and economical contactors designed for use in consumer appliances with relatively low switching frequencies. Typical applications include air conditioners, industrial washing machines, heaters, compressors, driers, and fans. Contactor pickup voltage is 75% of the rated voltage. FMC-0 is available with tab and printed board terminals, as well as with self-lifting screw terminals.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NEW ORANGE LINE, OPEN TYPE, THREE PHASE MAGNETIC MOTOR STARTER, WITH THREE ELEMENT OVERLOAD RELAY, "SW" SERIES

Type	MAX.HP(MAX.KW)		OVERLOAD RANGE (AMP)	COIL VOLTAGE (AC)		
	220 VAC.	380 VAC.		100 V.	220 V.	380 V.
SW-03	3.5 (2.5)	5.5(4)	0.48-0.72/0.64-0.96 0.95-1.45/1.7-2.6 2.8-4.2/4-6/5-8/ 6-9/7-11	X	X	X
SW-0	4.5(3.5)	7.5(5.5)	"----DITTO----"	X	X	X
SW-05	4.5(3.5)	7.5(5.5)	"----DITTO----"	X	X	X
SW-5-1	7.5(5.5)	15(11)	2.8-4.2/4-6/5-8/6-9 9- 13/12-18/16-22	X	X	X
SW-1N	10(7.5)	20(15)	12-18/18-26/24-36	X	X	X
SW-2N	25(11)	25(18.5)	"----DITTO----"	X	X	X
SW-2SN	20(15)	30(22)	18-26/24-36 34-50/45-67	X	X	X
SW-3N	25(18.5)	40(30)	"----DITTO----"	X	X	X
SW-4N	30(22)	55(40)	45-67/54-80	O	O	X
SW-5N	40(30)	75(55)	54-80/65-95/85-125	O	O	X
SW-6N	50(37)	80(60)	"----DITTO----"	O	O	X
SW-7N	60(45)	100(75)	54-80/65-95/85-125 110-160	O	O	X
SW-8N	75 (55)	120 (90)	110-160/125-185	O	O	X
SW-10N	90 (65)	150 (110)	125-185/160-240	O	O	X
SW-11N	125 (90)	180 (132)	125-185/160-240 200-300		O	X
SW-12N	160 (120)	300 (220)	200-300/240-360 300-450	O	O	X
SW-14N	240(180)	420(315)	300-450/400-600	O	O	X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NEW ORANGE LINE, OPEN TYPE, THREE PHASE MAGNETIC CONTACTOR "SC" SERIES

Type	RATED OPERATIONAL CURRENT (AMP)		MAX.HP(MAX.KW)		AUX CONTACT		COIL VOLTAGE		
	220 VAC.	380 VAC.	220 VAC.	380 VAC.	NO	NC	120 V.	240 V.	400 V.
SC-03	11	9	3.5 (2.5)	4 (3)	1	-	X	X	X
SC-0	13	12	4.5 (3.5)	5.5 (4)	1	-	X	X	X
SC-05	13	12	4.5 (3.5)	5.5 (4)	1	1	X	X	X
SC-5-1	20	22	7.5 (5.5)	10 (7.5)	1	1	X	X	X
SC-1N	27	30	10 (7.5)	20 (15)	2	2	X	X	X
SC-2N	39	37	15 (11)	25 (18.5)	2	2	X	X	X
SC-2SN	52	48	20 (15)	30 (22)	2	2	X	X	X
SC-3N	65	65	25 (18.5)	40 (30)	2	2	X	X	X
SC-4N	80	80	30 (22)	55 (40)	2	2	O	O	X
SC-5N	105	105	40 (30)	75 (55)	2	2	O	O	X
SC-6N	126	120	50 (37)	80 (60)	2	2	O	O	X
SC-7N	150	150	60 (45)	100 (75)	2	2	O	O	X
SC-8N	180	180	75 (55)	120 (90)	2	2	O	O	X
SC-10N	220	220	90 (65)	150 (110)	2	2	O	O	X
SC-11N	300	265	125 (90)	180 (132)	2	2	O	O	X
SC-12N	408	408	160 (120)	300 (220)	2	2	O	O	X
SC-14N	600	600	240 (180)	420 (315)	2	2	O	O	X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THREE ELEMENT THERMAL OVERLOAD RELAY

CONTACTOR	Type	SETTING RANGE (AMP)
SC-03,-0,-05	TR-ON/3	0.48-0.72/0.64-0.96/0.95-1.45 1.7-2.6/2.8-4.2/4-6/5-8/6-9/7-11/9-13
SC-5-1	TR-5-1N/3	2.8-4.2/4-6/5-8/6-9/9-13/12-18/16-22
SC-1N,-2N	TR-2N/3	12-18/18-26/24-36
SC-2SN,-3N	TR-3N/3	12-18/18-26/24-36/34-50/45-67
SC-4N	TR-4N/3	45-67/54-80
SC-5N,-6N,-7N	TR-6N/3	54-80/65-95/85-125/110-160
SC-8N	TR-8N/3	110-160/125-185
SC-10N	TR-10N/3	125-185/160-240
SC-11N	TR-11N/3	125-185/160-240/200-300
SC-12N	TR-12N/3	200-300/240-360/300-450
SC-14N	TR-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ – สกุล	นางสาวกฤตยฉัตร บุปผารักษ์
วัน เดือน ปี เกิด	14 กันยายน 2515
ภูมิลำเนา	29 หมู่ 17 ตำบลจุมพล อำเภอโพนพิสัย
	จังหวัดหนองคาย 43120

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนจุมพลโพนพิสัย
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนหนองคาย
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนหนองคาย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	กล้าหาญที่จะแตกต่าง ไม่ขี้ขลาดที่จะเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ – สกุล	นายฉัตรชัย พาบุดดา
วัน เดือน ปี เกิด	5 พฤษภาคม 2525
ภูมิลำเนา	241 หมู่ 10 บ้านหันใหญ่แม่เอีย ตำบลเมืองพล
	อำเภอพล จังหวัดขอนแก่น 40120
	โทรศัพท์ 0-9571-8518, 0-9160-2774
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหันใหญ่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านหันใหญ่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนเทคโนโลยีพลพณิชย์การ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ขยัน ซื่อสัตย์ มัธยัสถ์ อดทน นี่แหละคือ มนต์
	แห่งความสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ – สกุล	นายนพพงษ์ ศรีดวงคำ
วัน เดือน ปี เกิด	16 กุมภาพันธ์ 2525
ภูมิลำเนา	25/2 หมู่ 4 บ้านต้นมื่น ตำบลวังพร้าว
	อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130
	โทรศัพท์ 0-1585-2528, 0-5432-7584
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลเกาะคา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเกาะคาวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ความจริงใจเป็นสิ่งที่คู่กับคนดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้