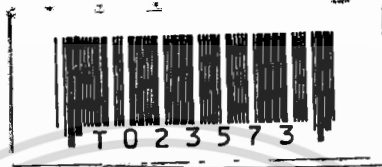


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเพื่อใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟส
THREE PHASE INDUCTION MOTOR OPERATING WITH SINGLE
PHASE SUPPLY BY SPLIT PHASE CONNECTION



นาย อนันต์วัฒน์ คุณากร

MR. ANANTAWAT KUNAKORN

วิทยานิพนธ์
ห้ามนำออกนอกห้องสมุด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2538

ISBN 974-621-303-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้า

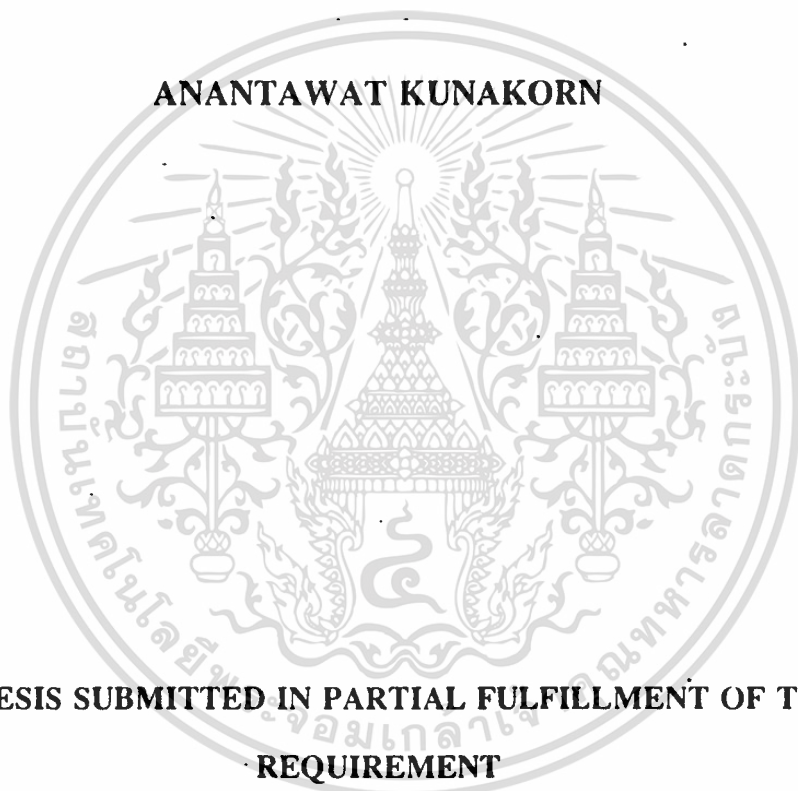
เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 23573

วัน, เดือน, ปี 6 ก.ค. 2538

**THREE PHASE INDUCTION MOTOR OPERATING WITH SINGLE
PHASE SUPPLY BY SPLIT PHASE CONNECTION**

ANANTAWAT KUNAKORN



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT**

FOR THE DEGREE

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

GRADUATE SCHOOL

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1995

ISBN 974-621-303-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเพื่อใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการ ต่อแบบแยกเฟส
โดย	นาย อานันท์วัฒน์ คุณากร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ศุภี บรรจงจิตร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อ. พิเชิด ฉ่ำยอง
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาถึงการนำมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟส ซึ่งจะนำขดลวดหนึ่งของขดลวด 3 เฟสมาต่อกับขดที่สองในลักษณะกลับเฟสกัน ส่วนขดลวดสเตเตอร์อีกขดที่เหลือจะถูกนำไปต่อเข้ากับตัวเก็บประจุชนิดสตาร์ทและรันอย่างอนุกรม การต่อในลักษณะเช่นนี้จะทำให้ผลรวมของแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (mmf) ที่เกิดจากขดลวดทั้งสองขุดนั้นทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกันในลักษณะเดียวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน

ตัวเก็บประจุที่ต่ออนุกรมซึ่งใช้ในการปรับขนาดของแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (mmf) ของขดลวดเฟสที่ 3 นั้นจะมีค่าเท่ากับขนาดของแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (mmf) รวมซึ่งได้จากขดลวดขุดที่ 1 และขุดที่ 2 เสมอ เพื่อทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่าสลิปใดๆ

นอกจากนี้ยังสามารถนำเอาสมการซึ่งใช้ในการคำนวณของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟส มาใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ใช้กับไฟเฟสเดียว โดยการต่อแบบแยกเฟสได้ และยังได้เปรียบเทียบลักษณะการทำงานของมอเตอร์ดังกล่าว กับมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้กับไฟ 3 เฟสชนิดใช้งานทั่วไปด้วย

THESIS **THREE PHASE INDUCTION MOTOR OPERATING WITH SIGLE PHASE SUPPLY BY SPLIT PHASE CONNECTION**

STUDENT **ANANTAWAT KUNAKORN**

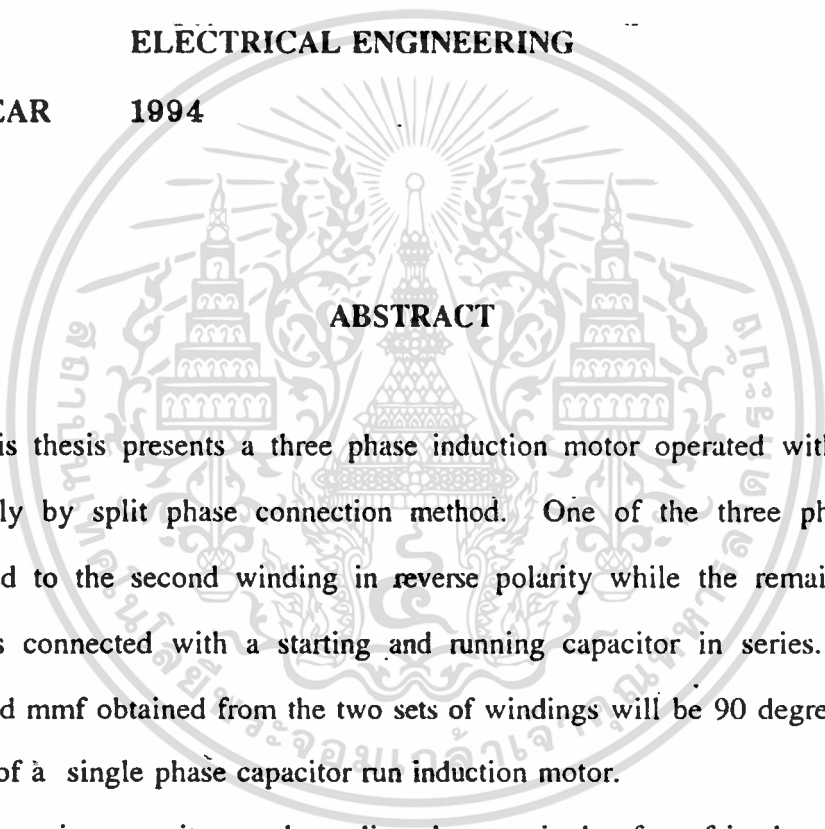
ADVISOR **ASSOCIATE PROFESSOR SULEE BANJONGJIT**

CO-ADVISOR **PICHIT LUMYONG**

LEVEL **MATER DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING**

DEPARTMENT **ELECTRICAL ENGINEERING**

ACADEMIC YEAR **1994**



ABSTRACT

This thesis presents a three phase induction motor operated with a single phase A.C. supply by split phase connection method. One of the three phase stator windings is added to the second winding in reverse polarity while the remaining third phase winding is connected with a starting and running capacitor in series. By this connection method mmf obtained from the two sets of windings will be 90 degrees to each other as in case of a single phase capacitor run induction motor.

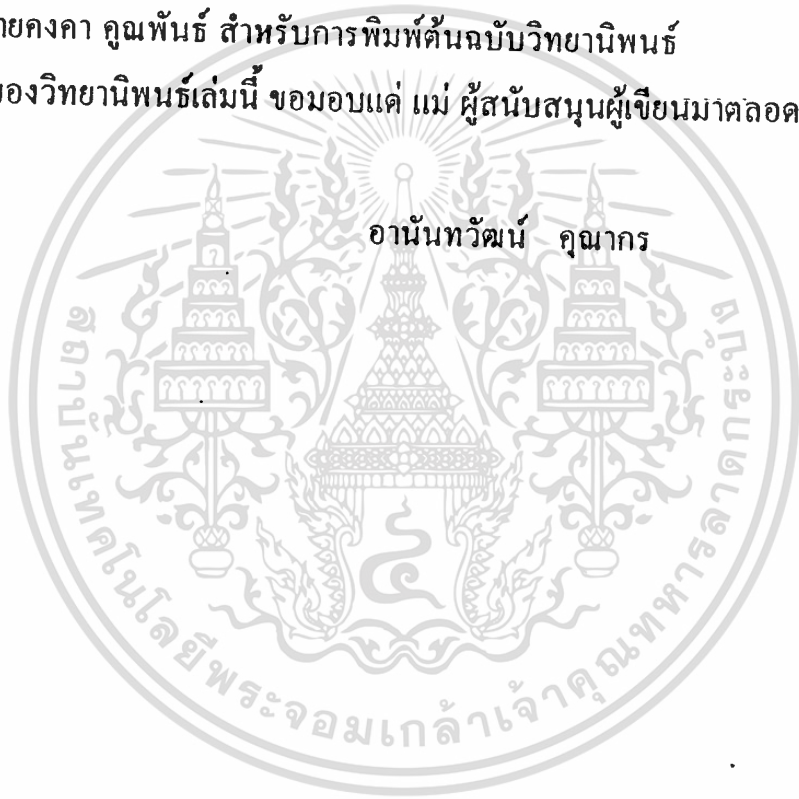
The series capacitor used to adjust the magnitude of mmf in the third phase winding always equals the resultant magnitude of mmf obtained from the first and second phase windings in order to obtain the highest efficiency at any slip.

In the analysis, the performance equations of the single phase induction motor can be fully applied to this new connection type motor. Finally, the performance of the proposed motor is compared to that of the conventional three phase induction motor experimentally, and the results appear to be satisfactory.

กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ศุภี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา
ร่วม อ.พิชิต ลำยอง,ผศ.ประภาส ไพรสุวรรณ,ผศ.ศิริวัฒน์ โภธิเวชกุล ที่ได้ให้คำปรึกษา
และแนะนำต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณอาจารย์
และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ผู้เขียน
และขอบคุณ นายคงคา คุณพันธ์ สำหรับการพิมพ์ต้นฉบับวิทยานิพนธ์

ความดีของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ แม่ ผู้สนับสนุนผู้เขียนมาตลอดเวลา



สารบัญ

	เรื่อง	หน้า
	บทคัดย่อ	I
	Abstract	II
	กิตติกรรมประกาศ	III
	สารบัญเรื่อง	IV
	สารบัญรูป	VIII
	สารบัญตาราง	XI
	บทที่	
1	บทนำ	1
	บทที่	
2	การทดสอบหาข้อของหม้อแปลง	3
	2.1 บทนำ	3
	2.2 ข้อของหม้อแปลงไฟฟ้า	4
	2.3 ข้อของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	5
	2.4 บทสรุป	7
	บทที่	
3	สนามแม่เหล็กหมุนในเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ	8
	3.1 บทนำ	8
	3.2 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 3 เฟสที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	8
	3.3 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 2 เฟสที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 2 เฟส	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3.4	สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 1 เฟสที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	12
	3.5	สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 1 เฟสที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	13
	3.6	สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 1 เฟสที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่ มีการต่อขดลวด 2 ขดกลับทิศกัน	14
	3.7	บทสรุป	16
บทที่			
4		การต่อตัวเก็บประจุเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุนจากการป้อน ไฟกระแสสลับ 1 เฟสเข้าไปยังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีการ ต่อแบบหักล้างฟลักซ์	17
	4.1	บทนำ	17
	4.2	การสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นมาจากตัวเก็บประจุ	17
	4.3	สนามแม่เหล็กเมื่อตัดตัวเก็บประจุออกจากวงจร	20
	4.4	บทสรุป	23
บทที่			
5		การนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียว	24
	5.1	บทนำ	24
	5.2	ลักษณะ MMF ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟเฟส เดียว	26
	5.3	การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ต่อแบบ DELTA เมื่อ ใช้กับไฟเฟสเดียว	28
	5.4	การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ต่อแบบ STAR เมื่อใช้ กับไฟเฟสเดียว	32
	5.5	การคำนวณแรงบิด OUTPUT ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้กับเฟสเดียวโดยอาศัยหลักของ SYMMETRICAL
COMPONENT

5.6 บทสรุป

36

บทที่

6

การวิเคราะห์วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่
ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศทางเมื่อได้รับไฟ
กระแสสลับเฟสเดียว

38

6.1 บทนำ

38

6.2 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ ARMATURE
WINDING ต่อแบบกลับทิศทางเมื่อได้รับไฟกระแสสลับเฟสเดียวและ
ขดที่ทำหน้าที่เป็นขด AUXILIARY เปิดวงจรหลังจากมอเตอร์เริ่มเดิน

39

6.3 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ ARMATURE
WINDING ต่อแบบกลับทิศทางเมื่อได้รับไฟกระแสสลับเฟสเดียวและ
ขดที่ทำหน้าที่เป็นขด AUXILIARY ต่อวงจรอยู่หลังจากมอเตอร์เริ่ม
เดิน

41

6.4 การเลือกค่าตัวเก็บประจุเพื่อใช้ในการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3
เฟสที่ ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศทางมาใช้กับไฟเฟส
เดียว

47

6.5 บทสรุป

52

บทที่

7

ผลการทดลองการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับไฟ
เฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟส

53

7.1 บทนำ

53

7.2 การทดลองเพื่อทดสอบหาวงจรสมมูลของขด MAIN
WINDING

53

7.3 การทดลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟ

57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฟสเดียว โดยที่ขด AUXILIARY เปิดวงจรขณะมอเตอร์ทำงาน	
	7.4 การทดลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟ	63
	เฟสเดียว โดยที่ขด AUXILIARY ค่อยงจรอยู่ขณะมอเตอร์ทำงาน	
	7.5 การพิจารณาถึงการเลือกค่าตัวเก็บประจุเพื่อให้มอเตอร์มีประ	70
	สิทธิภาพสูงที่สุดขณะที่ทำงาน	
	7.6 การเลือกค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมในการใช้งานตลอดย่านการ	
	ทำงานของมอเตอร์	
	7.7 บทสรุป	
บทที่		
8	สรุปและวิจารณ์	77
	8.1 การเปรียบเทียบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟ	77
	เฟสเดียวที่ใช้การต่อแบบแยกเฟสกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้กับ	
	ไฟ 3 เฟส	
	8.2 บทสรุปและวิจารณ์	81
เอกสารอ้างอิง		XIII
ภาคผนวก	พิกัดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้ในการทดลอง	XIV
ประวัติผู้เขียน		XV

สารบัญรูปลูกภาพ

รูป	คำอธิบายรูป	หน้า
รูป 2.1	แสดงวิธีการต่อขดลวด 2 ชุดอนุกรมเข้าด้วยกัน	3
รูป 2.2	แสดงขั้วของขดลวดทั้ง 2 ของหม้อแปลง	4
รูป 2.3	แสดงขดลวด ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	5
รูป 2.4	แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบที่ 1	6
รูป 2.5 ก,ข	แสดงขั้วของมอเตอร์จากผลการทดสอบแบบที่ 1	6
รูป 2.6	แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบที่ 2	7
รูป 2.7 ก,ข	แสดงขั้วของมอเตอร์จากผลการทดสอบแบบที่ 2	7
รูป 3.1	แสดง ARMATURE WINDING จำนวน 3 เฟส	9
รูป 3.2	แสดง ARMATURE WINDING จำนวน 2 เฟส	11
รูป 3.3	แสดง MMF เนื่องจากไฟ 1 เฟส	12
รูป 3.4	แสดงการวางตัวของ ARMATURE WINDING 3 เฟส	13
รูป 3.5	แสดงการต่อแบบกลับทิศกันของขดลวด ARMATURE 2ชุด	14
รูป 4.1	แสดงการต่อตัวเก็บประจุ ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีการต่อแบบกลับทิศกัน	17
รูป 4.2	แสดงสนามแม่เหล็กในลักษณะต่างๆ ก. สนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะวงกลม ข. สนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะวงรี ค. สนามแม่เหล็กในลักษณะ PULSATING FIELD	20
รูป 4.3 ก,ข	แสดงวงจรของมอเตอร์เมื่อเปิดวงจรของตัวเก็บประจุ	21
รูป 4.4 ก,ข	แสดงการวางตัวของสนามแม่เหล็ก	22
รูป 5.1	แสดงวงจรการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับไฟเฟสเดียว	24

รูป 5.2 ก,ข	แสดงวงจรการทำงานใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวแบบใหม่	25
รูป 5.3 ก,ข	แสดงการวางตัวของ MMF ในเครื่องจักรไฟฟ้า	25
รูป 5.4	วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเฟส	26
รูป 5.5	วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อได้รับไฟเฟสเดียว	27
รูป 5.6	แสดงวงจรสมมูลย์เนื่องจาก POSITIVE SEQUENCE และ NEGATIVE SEQUENCE	27
รูป 5.7	แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบ DELTA กับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุขนานกับ WINDING ของเฟส C	28
รูป 5.8	แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบ DELTA กับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุขนานกับ WINDING ของเฟส B	30
รูป 5.9	แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบ STAR กับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุระหว่าง WINDING ของเฟส A และ C	32
รูป 5.10	แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบ STAR กับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุระหว่าง WINDING ของเฟส B และ C	34
รูป 6.1	แสดงวงจรของมอเตอร์ 3 เฟส เมื่อใช้ไฟเฟสเดียวโดยทำการเปิดวงจรของเฟส A ที่ทำหน้าที่เป็น AUXILIARY WINDING ออก ก. เป็นการต่อที่ให้เฟส B เป็นลบ เฟส C เป็นบวก ข. เป็นการต่อที่ให้เฟส B เป็นบวก เฟส C เป็นลบ	39
รูป 6.2	รูปวงจรสมมูลย์ของ MAIN WINDING เมื่อได้รับไฟ 1 เฟส	39
รูป 6.3	แสดงการต่อวงจรของมอเตอร์ 3 เฟส เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียวโดย ก. เป็นการต่อที่ให้เฟส B เป็นลบ เฟส C เป็นบวก ข. เป็นการต่อที่ให้เฟส B เป็นบวก เฟส C เป็นลบ	41
รูป 6.4	ก. แสดงวงจรสมมูลย์พื้นฐานของ MAIN WINDING ข. แสดงวงจรสมมูลย์พื้นฐานของ AUXILIARY WINDING	41
รูป 6.5 ก,ข	แสดงวงจรสมมูลย์ของ MAIN และ AUXILIARY WINDING	45
รูป 6.6	แสดงทางเดินของกระแสที่ไหลในขดลวด MAIN และ AUXILIARY	47

รูป 6.7	แสดงแผนภาพเฟสเซอร์เพื่อใช้คำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดขณะทำงาน	51
รูป 7.1	วงจรสมมูลย์โดยประมาณขณะที่มอเตอร์ NO LOAD	54
รูป 7.2	วงจรสมมูลย์โดยประมาณขณะที่มอเตอร์ถูก BLOCK ROTOR	54
รูป 7.3	แสดงผลของ V-I METHOD	55
รูป 7.4	แสดงวงจรการทดลอง	57
รูป 7.5	แสดงวงจรขณะที่มอเตอร์ทำงานโดยไม่มีขด AUXILIARY	58
รูป 7.6	แสดงการหาแรงบิดและกำลัง OUTPUT ที่เพลลาของมอเตอร์	58
รูป 7.7	กราฟแสดงกำลัง OUTPUT จากการทดลองและการคำนวณขณะที่ขด AUXILIARY เปิดวงจร	62
รูป 7.8	แสดง MMF ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขณะต่อ ARMATURE WINDING กลับทิศกัน	64
รูป 7.9	กราฟแสดงกำลัง OUTPUT จากการทดลองและการคำนวณขณะที่ขด AUXILIARY ต่อกับ C 7.74 μF	69
รูป 7.10	กราฟแสดงกำลัง OUTPUT จากการทดลองและการคำนวณขณะที่ขด AUXILIARY ต่อกับ C 15.58 μF	69
รูป 7.11	กราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ย่านค่า Slip ต่างๆ เมื่อ C = 7.74 μF	71
รูป 7.12	กราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ย่านค่า Slip ต่างๆ เมื่อ C = 13.1 μF	72
รูป 7.13	กราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ย่านค่า Slip ต่างๆ เมื่อ C = 15.58 μF	74

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
7.1	แสดงผลของ V-I METHOD	55
7.2	แสดงผลการทดลองการใช้งานมอเตอร์ขณะที่เปิดวงจรขด AUXILIARY	59
7.3	แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลอง ขณะที่เปิดวงจรขด AUXILIARY	60
7.4	แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลอง ขณะที่เปิดวงจรขด AUXILIARY	61
7.5	แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองเทียบกับการ คำนวณ ขณะที่เปิดวงจรขด AUXILIARY	62
7.6	แสดงผลการทดลองการใช้งานมอเตอร์ขณะที่ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 7.74 μF	63
7.7	แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลอง ขณะที่ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 7.74 μF	64
7.8	แสดงกำลัง OUTPUT ของมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณโดยที่ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 7.74 μF	66
7.9	แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองเทียบกับการ คำนวณ ขณะที่ค่า C = 7.74 μF	66
7.10	แสดงผลการทดลองการใช้งานมอเตอร์ ขณะที่ขด Auxiliary ต่ออยู่กับ C 15.88 μF	67
7.11	แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลอง ขณะที่ขด Auxiliary ต่ออยู่กับ C 15.88 μF	67
7.12	แสดงกำลัง OUTPUT ของมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณโดยที่ขด Auxiliary ต่ออยู่กับ C 15.88 μF	68

7.13	แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองเทียบกับกร คำนวณขณะที่ค่า $C = 15.88 \mu\text{F}$	68
7.14	แสดงผลการทดลองระหว่างค่า Slip และค่าประสิทธิภาพขณะที่ $C = 7.74 \mu\text{F}$	70
7.15	แสดงผลการทดลองระหว่างค่า Slip และค่าประสิทธิภาพขณะที่ $C = 13.1 \mu\text{F}$	72
7.16	แสดงผลการทดลองระหว่างค่า Slip และค่าประสิทธิภาพขณะที่ $C = 15.88 \mu\text{F}$	73
7.17	แสดงย่านของตัวเก็บประจุที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในย่าน Slip ที่ กำหนด	75
8.1	แสดงผลการทดลองการขับLOADของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อใช้กับไฟ3เฟส	77
8.2	แสดงการเปรียบเทียบกำลังOUTPUTที่เพลาระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำ3เฟส กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ3เฟสที่ใช้กับเฟส โดยการต่อแบบแยกเฟสที่ค่าตัว เก็บประจุต่างๆ	78
8.3	แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดOUTPUTที่เพลาระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ3เฟสที่ใช้กับเฟส โดยการต่อแบบแยกเฟสที่ค่า ตัวเก็บประจุต่างๆ	79
8.4	แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำ3เฟสกับ มอเตอร์เหนี่ยวนำ3เฟสที่ใช้กับเฟส โดยการต่อแบบแยกเฟสที่ค่าตัวเก็บ ประจุต่างๆ	80

บทที่ 1

บทนำ

ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ไปนั้นนิยมใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมากกว่าที่จะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส เนื่องจากเหตุผลหลายประการดังนี้

1. ผลจาก BACKWARD FIELD จะทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสมี COPPER LOSS มากกว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อพิจารณาต่อขดลวด
2. ที่ขนาดเฟรมอันเดียวกัน ถ้าพัน ARMATURE WINDING ของมอเตอร์ 3 เฟสกับมอเตอร์ 1 เฟสลงไป พบว่ามอเตอร์ 3 เฟสจะให้กำลัง OUTPUT ออกมามากกว่ามอเตอร์ 1 เฟส
3. ที่ขนาดกำลังแรงม้าเดียวกันมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสจะมีราคาถูกกว่ามอเตอร์ 1 เฟส
4. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสขนาดใหญ่ จะไม่มีการผลิตมาใช้งานเนื่องจากไม่คุ้มทุน แต่ในบางพื้นที่ซึ่งจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนทางอุตสาหกรรมโดยที่พื้นที่เหล่านั้นไม่มีไฟ 3 เฟสในการใช้งาน หรือในบางพื้นที่ซึ่งปั่นไฟใช้เองนั้นส่วนมากจะเป็นไฟเฟสเดียวทั้งสิ้น ดังนั้นการประยุกต์ใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวจึงได้มีการศึกษาและนำมาใช้เป็นเวลานานแล้ว

โดยการที่จะนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับไฟเฟสเดียวนั้นจำเป็นที่จะต้องต่อตัวเก็บประจุเข้าไปกับ ARMATURE WINDING ของมอเตอร์ 3 เฟส เพื่อทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กหมุนให้เกิดขึ้น ซึ่งตัวเก็บประจุนี้ทุกๆ ไปจะต่อในลักษณะขนาน แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะศึกษาถึงการต่อตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมเข้าไปกับ ARMATURE WINDING ซึ่งคล้ายกับขด AUXILIARY WINDING ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็ยังนำเสนอการต่อ ARMATURE WINDING จำนวน 2 เฟส ในลักษณะกลับทิศกัน เพื่อที่สร้างสนามแม่เหล็กให้ทำมุม 90° กับอีก 1 เฟสที่เหลือซึ่งจะคล้ายคลึงกับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสแบบ SPLIT PHASE หรือแบบ CAPACITOR RUN ดังนั้น เราจึงสามารถที่จะใช้วงจรสมมูลย์และสมการของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส มาใช้ในการศึกษาถึงการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เนื่องจากไฟเฟสเดียวได้โดยง่าย แทนที่จะต้องไปคำนวณด้วยหลักการของ SYMMETRICAL COMPONENT อย่างที่ใช้กันมา

การต่อแบบแยกเฟสนั้นจะหมายถึง เราจะใช้ชุด ARMATURE WINDING 2 ชุดของมอเตอร์ 3 เฟสที่ต่อกลับทิศกันอยู่ เป็นเสมือนชุด MAIN WINDING ในมอเตอร์ 1 เฟสและใช้อีกชุดหนึ่งที่เหลือเปรียบเสมือนชุด AUXILIARY WINDING ของมอเตอร์ 1 เฟส

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็น 8 บทดังสรุปได้ย่อๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 เป็นการศึกษาถึงการทดสอบหาข้อของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งเป็นพื้นฐานในการต่อปลายขดลวด ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในลักษณะกลับทิศกัน

บทที่ 3 จะอธิบายถึงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในตัวเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับแบบต่างๆ

บทที่ 4 อธิบายถึงการใช้ตัวเก็บประจุในการสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นเมื่อใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถใช้กับไฟเฟสเดียวได้

บทที่ 5 อธิบายถึงการคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในการต่อเข้ากับ ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว โดยใช้วิธีการต่อ ARMATURE WINDING เป็นแบบ STAR และ DELTA

บทที่ 6 อธิบายถึงการหาจรรยาสมมูลย์และสมการในการคำนวณแรงบิด OUTPUT ที่เพลลาของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียวโดยต่อ ARMATURE WINDING ในลักษณะกลับทิศกัน

บทที่ 7 เป็นการสรุปผลการทดลองในการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวโดยวิธีการต่อแบบแยกเฟส โดยจะเปรียบเทียบผลของกำลัง OUTPUT ที่เพลลาจากการทดลอง กับการคำนวณสมการในบทที่ 6

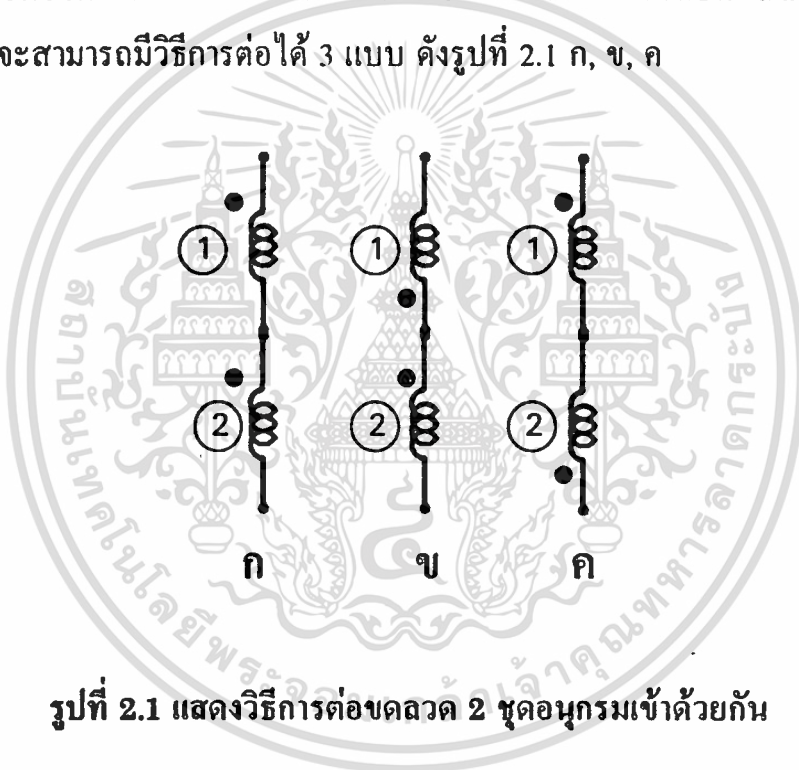
บทที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบสภาวะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวโดยวิธีการแยกเฟสกับการทำงานด้วยไฟ 3 เฟส และจะเป็นการสรุปผลและข้อเสนอแนะในการพัฒนาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต่อไป

บทที่ 2

การทดสอบหาขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

2.1 บทนำ

ขดลวดในทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้านั้นจะต้องมีการกำหนดชื่อปลายทั้ง 2 ของขดลวดขึ้น ปลายข้างหนึ่งจะถูกกำหนดให้เรียกว่า DOT ในขณะที่ปลายอีกข้างที่เหลือจะถูกเรียกว่า BLANK การที่ต้องกำหนด DOT หรือ BLANK ของที่ขดลวดนี้มีความสำคัญมากเนื่องจาก การต่อขดลวดหลายชุดเข้าด้วยกันนั้นจำเป็นจะต้องพิจารณาถึงฟลักซ์แม่เหล็กที่สร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต่อขดลวด 2 ชุดอนุกรมเข้าด้วยกันจะสามารถมีวิธีการต่อได้ 3 แบบ ดังรูปที่ 2.1 ก, ข, ค



รูปที่ 2.1 แสดงวิธีการต่อขดลวด 2 ชุดอนุกรมเข้าด้วยกัน

สัญลักษณ์ • ในรูป 2.1 นั้นจะแสดงถึงปลายของขดลวดที่เป็น DOT ดังนั้นอีกปลายที่ไม่มีสัญลักษณ์ก็คือ ปลายข้างที่เป็น BLANK ของขดลวด

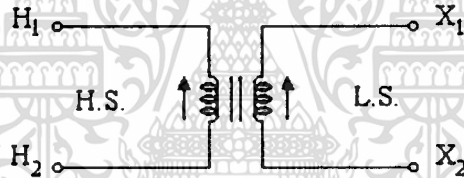
การต่อรูปใน 2.1 ก นั้นเป็นการนำเอาปลายข้างที่ BLANK ของขดลวดที่ 1 มาต่ออนุกรมเข้ากับปลายที่เป็น DOT ของขดลวดที่ 2 การต่อในลักษณะนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดจากทั้ง 2 ขด มีทิศเสริมกัน

การต่อในรูป 2.1 ข เป็นการนำเอาปลายที่เป็น DOT ของทั้ง 2 ขด มาต่ออนุกรมเข้าด้วยกันใน ขณะที่รูปที่ 2.1 ค นั้นจะเป็นการนำเอาปลายที่เป็น BLANK ของทั้ง 2 ต่อเข้าอนุกรมกัน การต่อทั้ง 2 แบบนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กจากขดลวดที่ 1 กับขดลวดที่ 2 นั้นมีทิศทางหักล้างกัน

-- จุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็คือ จะอาศัยหลักการต่อกันในแบบที่เอา DOT ต่อกับ DOT หรือ BLANK ต่อกับ BLANK ของขดลวดจำนวน 2 เฟส จาก 3 เฟส บน ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กให้ทำมุม 90 องศา กับสนามแม่เหล็กที่เหลืออีก 1 เฟส ซึ่งการจะทำเช่นนี้ได้ นั้นเราจำเป็นที่จะต้องรู้ว่าขดลวดทั้ง 3 บน ARMATURE WINDING นั้นมีปลายข้างใดเป็น DOT และปลายข้างใดเป็น BLANK

2.2 ขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้านั้นโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยขดลวด 2 ขด คือ ขด PRIMARY และขด SECONDARY



รูปที่ 2.2 แสดงขั้วของขดลวดทั้ง 2 ของหม้อแปลง

วิธีการหาขั้วของหม้อแปลงสามารถทำได้ดังนี้

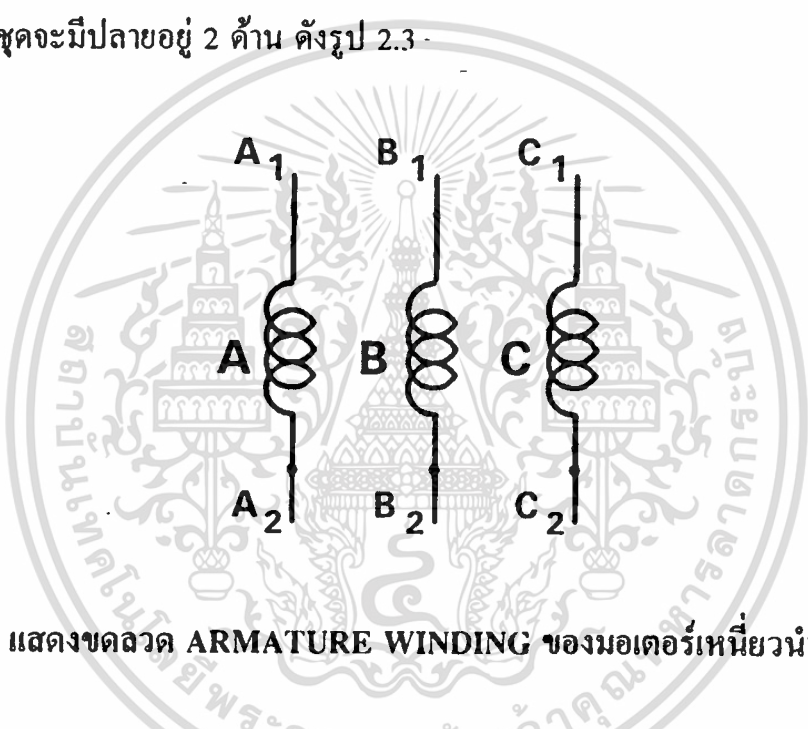
1. ป้อนแรงดันขนาด V_1 เข้าไประหว่างขั้ว H_1 และ H_2 จะเกิดแรงดันขึ้นระหว่าง X_1 และ X_2 ตามหลักการเหนี่ยวนำ โดยมีค่าเป็น V_2
2. ทำการต่อขั้ว H_1 หรือ H_2 เข้ากับ X_1 หรือ X_2
3. ป้อนแรงดันขนาด V_1 เท่าเดิมเข้าไประหว่างขั้ว H_1 กับ H_2
4. วัดแรงดันระหว่าง 2 ขั้วที่เราไม่ได้ต่อกันตามข้อ 2
5. ถ้าแรงดันที่เราวัดได้มีค่าเป็น $V_1 + V_2$ แสดงว่าตอนนี้เรากำลังนำเอา DOT ของขดลวดอันหนึ่งมาต่อกับ BLANK ของอีกขดลวดหนึ่ง

6. ถ้าแรงดันที่วัดได้มีค่าน้อยแสดงว่าเรากำลังต่อ DOT ของทั้ง 2 ขดเข้าด้วยกันหรือกำลังต่อ BLANK ของขดลวดทั้ง 2 เข้าด้วยกัน

จากวิธีการข้างต้นนี้เราจะสามารถหาได้ว่าปลายของขดลวดทั้ง 2 ในหม้อแปลงนั้นปลายข้างใดเป็น DOT ปลายข้างใดเป็น BLANK ซึ่งเราสามารถอาศัยหลักการเดียวกันนี้เพื่อนำมาหาขั้วของขดลวดทั้ง 3 เฟส ภายในตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำได้

2.3 ขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส นั้นจะมี ARMATURE WINDING อยู่ 3 ชุดบน STATOR ซึ่ง WINDING แต่ละชุดจะมีปลายอยู่ 2 ด้าน ดังรูป 2.3 -



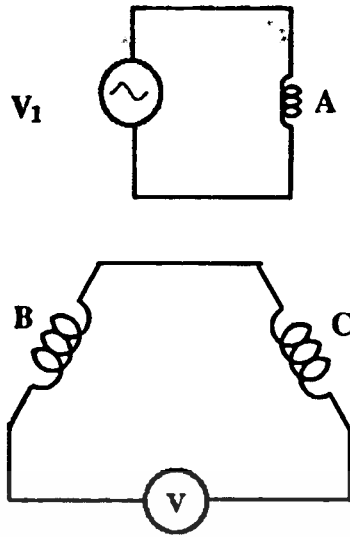
รูป 2.3 แสดงขดลวด ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

การแยกว่าปลายใดเป็นด้าน A_1, B_1, C_1 หรือเป็นด้าน A_2, B_2, C_2 นั้นก็เหมือนกับการแยกขั้วของหม้อแปลงที่เป็น DOT กับ BLANK นั่นเอง โดยกลุ่มของ A_1, B_1, C_1 เปรียบเหมือน DOT ขณะที่กลุ่มของ A_2, B_2, C_2 เปรียบเหมือน BLANK ซึ่งสามารถทำได้ 2 แบบ

2.3.1 การหาขั้วมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบที่ 1 มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. ต่อขดลวดของ เฟส B กับ C เข้าด้วยกัน ในขณะที่ปล่อยขดเฟส A เอาไว้ต่างหาก
2. ป้อนไฟกระแสสลับขนาด V_1 เข้าที่ขดของเฟส A แล้ววัดแรงดันระหว่าง ขดเฟส B กับ

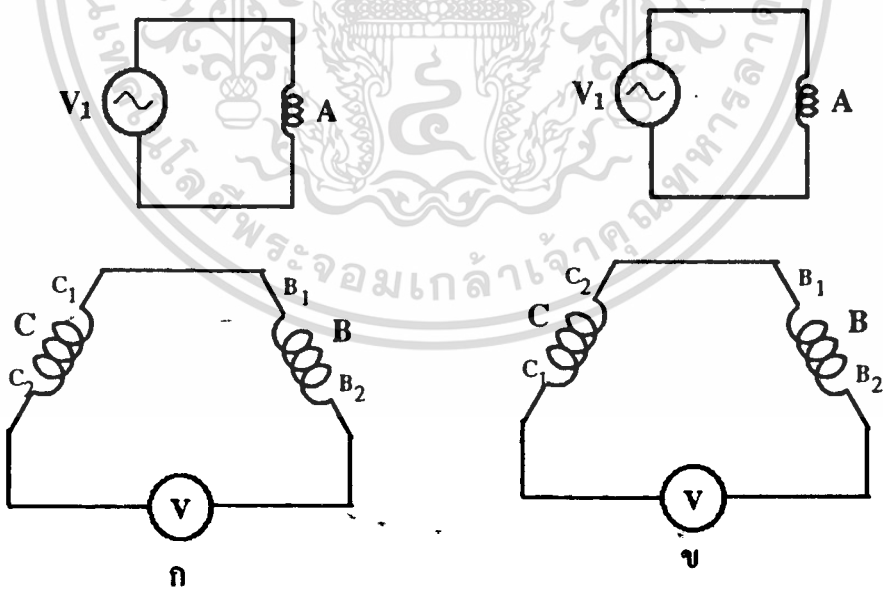
เฟส C ที่ต่ออนุกรมกันอยู่ ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบที่ 1

จากค่า VOLTMETER จะอ่านได้ 2 กรณี

1. ถ้าอ่านได้ประมาณ 0 VOLT แสดงว่าการต่อของเราเป็นดังรูป 2.5 ก
2. ถ้าอ่านได้มากกว่า 0 VOLT แสดงว่าการต่อของเราเป็นดังรูป 2.5 ข

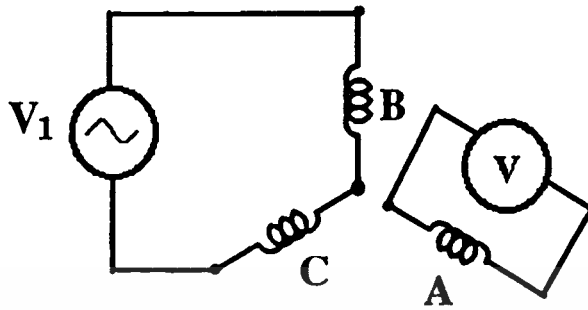


รูปที่ 2.5 ก, ข แสดงขั้วของมอเตอร์จากผลการทดสอบแบบที่ 1

2.3.2 การหาขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบที่ 2 มีขั้นตอนคือ

1. ต่อขดลวดเฟส B กับ C อนุกรมกัน ในขณะที่ปล่อยขดลวดของเฟส A เอาไว้ต่างหาก
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนเว็บไซต์อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนไฟกระแสสลับขนาด V_1 เข้าที่ขดของเฟส B กับ C ซึ่งต่ออนุกรมกันอยู่แล้ววัดแรงดันคร่อมขดของเฟส A ดังรูป 2.6



รูป 2.6 แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาข้อของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบที่ 2

ค่าจาก VOLTMETER จะอ่านได้ 2 กรณี

1. ถ้าอ่านได้ประมาณ 0 VOLT แสดงว่าการต่อของเราเป็นดังรูป 2.7 ก
2. ถ้าอ่านได้มากกว่า 0 VOLT แสดงว่าการต่อของเราเป็นดังรูป 2.7 ข



รูปที่ 2.7 ก, ข แสดงข้อของมอเตอร์จากผลการทดสอบแบบที่ 2

2.4 บทสรุป

การแยกปลายของขดลวดให้ออกมาเป็น DOT กับ BLANK นั้นจะทำให้เราทราบถึงการต่อขดเพื่อสร้าง FLUX แม่เหล็กได้ กล่าวคือ ถ้าเราต้องการให้ FLUX แม่เหล็กเสริมกันนั้นเราต้องทำให้กระแสมีทิศทางเข้าสู่ DOT ทั้งหมด หรือทำให้กระแสมีทิศทางเข้าสู่ BLANK ทั้งหมดทุกขดเช่นเดียวกัน แต่ถ้าต้องการให้ FLUX แม่เหล็กหักล้างกัน กระแสที่ไหลเข้าสู่ขดลวดต้องมีทิศตรงข้ามกัน เช่น มีขดลวด 2 ขด ต่ออนุกรมกัน ถ้าเราต้องการให้ FLUX แม่เหล็กของทั้ง 2 ขด หักล้างกัน ก็ต้องทำให้กระแสไหลเข้าสู่ DOT ของขดหนึ่งในขณะที่อีกขดนั้นกระแสจะต้องไหลเข้าสู่ BLANK

บทที่ 3

สนามแม่เหล็กหมุนในเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ

3.1 บทนำ

เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น การทำงานขึ้นอยู่กับลักษณะของสนามแม่เหล็กหมุนในตัวของมัน ซึ่งสนามแม่เหล็กหมุนนี้ หมายถึง MMF จากขดลวด ซึ่งมีการหมุนไปรอบๆ เราสามารถสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นได้โดยการจ่ายไฟกระแสสลับเข้าไปยัง ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้า ซึ่งรูปแบบและขนาดของสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการก็คือ

1. ลักษณะของไฟกระแสสลับที่ป้อนว่าเป็นไฟกี่เฟส
2. ลักษณะการวางตัวของ ARMATURE WINDING

ตัวอย่างเช่น ถ้าเราป้อนกระแสสลับ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING ลักษณะ 2 เฟส คือ ขดลวด 2 ชุด วางห่างกัน 90° จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นในลักษณะของ FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD โดยที่สนามแม่เหล็กหมุนทั้ง 2 ชุดมีขนาดเท่ากัน เป็นผลให้สนามแม่เหล็กลัพธ์เป็น 0 ดังนั้นเครื่องจักรไฟฟ้าที่มี ARMATURE WINDING ในลักษณะ 2 เฟส เมื่อป้อนไฟกระแสสลับลักษณะ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING จะเป็นผลให้ไม่สามารถหมุนได้ เนื่องจากไม่มีสนามแม่เหล็กหมุนนั่นเอง

ดังนั้นการที่นำมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียวนั้น เพื่อให้มอเตอร์เหนี่ยวนำดังกล่าวสามารถทำงานได้จึงต้องทำการสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นจากไฟเฟสเดียว ซึ่งป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING จำนวน 3 เฟส ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งถ้าสามารถสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นมาได้ก็จะทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถนำมาใช้กับไฟเฟสเดียวได้

3.2 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 3 เฟส ที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 3 เฟส

เมื่อทำการจ่ายไฟกระแสสลับ 3 เฟส คือ

$$i_a = I_m \cos \omega t \quad (3.1)$$

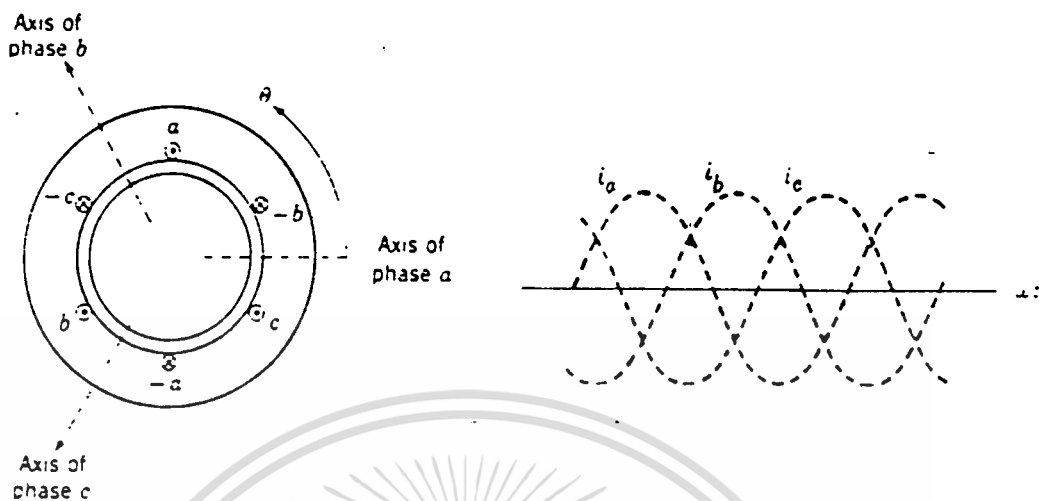
$$i_b = I_m \cos(\omega t - 120^\circ) \quad (3.2)$$

$$i_c = I_m \cos(\omega t + 120^\circ) \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปยัง ARMATURE WINDING ซึ่งประกอบไปด้วยขดลวดจำนวน 3 ชุด แต่ละชุดห่างกัน 120 องศา ทางไฟฟ้าดังรูปที่ 3.1



รูป 3.1 แสดง ARMATURE WINDING จำนวน 3 เฟส

จะทำให้เกิด MMF ในแต่ละเฟสเป็น

$$F_A = F_m \cos \omega t \cos \theta \tag{3.4}$$

$$F_B = F_m \cos(\omega t - 120^\circ) \cos(\theta - 120^\circ) \tag{3.5}$$

$$F_C = F_m \cos(\omega t + 120^\circ) \cos(\theta + 120^\circ) \tag{3.6}$$

จาก $\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)$ จะได้

$$F_A = \frac{F_m}{2} (\cos(\theta - \omega t) + \cos(\theta + \omega t)) \tag{3.7}$$

เรียก $\frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t)$ ว่าเป็น FORWARD FIELD ใช้สัญลักษณ์ F_A^+ แทนในขณะที่

จะเรียก $\frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t)$ ว่าเป็น BACKWARD FIELD ใช้สัญลักษณ์ F_A^- แทน ทั้ง FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD นี้จะเป็นสนามแม่เหล็กหมุน 2 ชุด มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงข้ามกัน โดยที่ AMPLITUDE หรือขนาดเท่ากันเป็น $\frac{F_m}{2}$

$$F_A = F_A^+ + F_A^- \tag{3.8}$$

ซึ่งถ้าเราพิจารณาขดลวดของเฟส B และเฟส C ในทำนองเดียวกันกับขดลวด เฟส A จะได้สมการของ MMF ของเฟส B และเฟส C เป็น

$$F_B = F_B^+ + F_B^- \tag{3.9}$$

$$\text{เมื่อ } F_B^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) \quad (3.10)$$

$$F_B^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t + 120^\circ) \quad (3.11)$$

$$\text{และ } F_C = F_C^+ + F_C^- \quad (3.12)$$

$$\text{เมื่อ } F_C^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) \quad (3.13)$$

$$F_C^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t - 120^\circ) \quad (3.14)$$

ผลรวมของ FORWARD FIELD ก็คือ

$$F^+ = F_A^+ + F_B^+ + F_C^+ \quad (3.15)$$

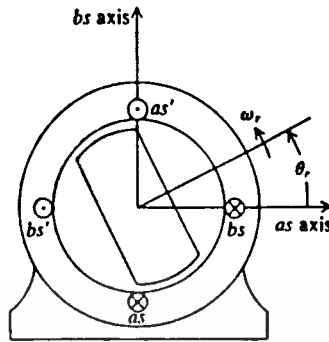
$$= \frac{3}{2} F_m \cos(\theta - \omega t) \quad (3.16)$$

ผลรวมของ BACKWARD FIELD ก็คือ

$$\begin{aligned} F^- &= F_A^- + F_B^- + F_C^- \\ &= \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t + 120^\circ) + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t - 120^\circ) \\ &= \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \cos 120^\circ - \frac{F_m}{2} \sin(\theta + \omega t) \sin(120^\circ) \\ &\quad + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \cos(-120^\circ) - \frac{F_m}{2} \sin(\theta + \omega t) \sin(-120^\circ) \\ &= \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \cos 120^\circ \\ &= 0 \end{aligned}$$

นั่นหมายความว่าผลรวมของ BACKWARD FIELD ของ MMF ทั้ง 3 เฟส รวมกันจะมีค่าเป็น 0 ทำให้เหลือแต่ FORWARD FIELD เท่านั้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กหมุนในเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสเข้าไปยัง ARMATURE WINDING 3 เฟส นั้นจะมีอยู่ในทิศทางเดียวโดยมีขนาดเป็น $\frac{3}{2}$ เท่าของค่าสนามแม่เหล็กในแต่ละเฟส

3.3 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 2 เฟส ที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 2 เฟส



$$I_a = I_m \cos \omega t \quad I_b = I_m \cos(\omega t - 90^\circ)$$

รูป 3.2 แสดง ARMATURE WINDING จำนวน 2 เฟส

$$F_A = F_m \cos \theta \cos \omega t \tag{3.18}$$

$$F_B = F_m \cos(\theta - 90^\circ) \cos(\omega t - 90^\circ) \tag{3.19}$$

จาก $\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)$

$$F_A = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \tag{3.20}$$

เรียก $\frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t)$ ว่าเป็น FORWARD FIELD ใช้สัญลักษณ์ F_A^+

เรียก $\frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t)$ ว่าเป็น BACKWARD FIELD ใช้สัญลักษณ์ F_A^-

ดังนั้น $F_A = F_A^+ + F_A^- \tag{3.21}$

พิจารณาในทำนองเดียวกันกับขดของเฟส A จะได้ MMF ที่ขดของเฟส B เป็น

$$F_B = F_B^+ + F_B^- \tag{3.22}$$

เมื่อ

$$F_B^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) \tag{3.23}$$

$$F_B^- = \frac{F_m}{2} \cos(180^\circ - (\theta + \omega t)) \tag{3.24}$$

เมื่อทำการรวม FORWARD FIELD เข้าด้วยกันจะได้

$$F^+ = F_A^+ + F_B^+ \tag{3.25}$$

$$= F_m \cos(\theta - \omega t) \tag{3.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำการรวม BACKWARD FIELD เข้าด้วยกันจะได้

$$\begin{aligned} F^- &= F_A^- + F_B^- \\ &= \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) + \frac{F_m}{2} \cos(180^\circ - (\theta + \omega t)) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (3.27)$$

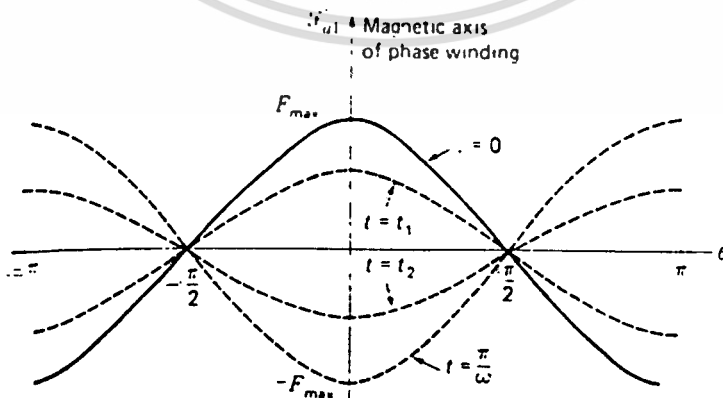
นั่นคือผลรวมของ BACKWARD FIELD จะมีค่าเป็น 0 เหมือนกับการป้อนไฟ 3 เฟสเข้ายังเครื่องจักรไฟฟ้าที่มี ARMATURE WINDING 3 เฟส นั่นหมายความว่า เมื่อเราป้อนไฟ 2 เฟส เข้าสู่เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับที่มี ARMATURE WINDING 2 เฟส นั้นจะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางเดียว โดยมีขนาดของสนามแม่เหล็กหมุนเท่ากับสนามแม่เหล็กในแต่ละเฟส

3.4 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 1 เฟส ที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 1 เฟส

$$F = F_m \cos\theta \cos\omega t \quad (3.28)$$

$$F = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) + \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \quad (3.29)$$

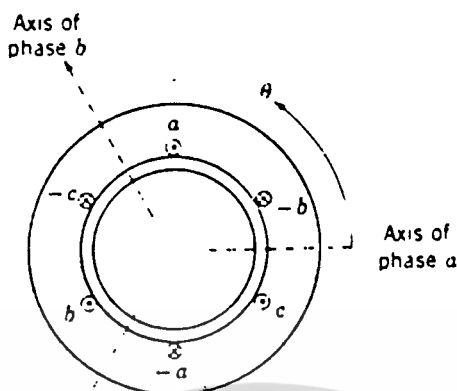
จะเห็นได้ว่า MMF ที่เกิดขึ้นจะมีทั้ง FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD ซึ่งมีขนาดเท่ากัน จึงทำให้ไม่เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น เมื่อเราป้อนไฟ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING 1 เฟส แต่จะเกิดสนามแม่เหล็กในลักษณะขึ้นๆ ลงๆ ที่เราเรียกว่า PULSATING FIELD แทน



รูป 3.3 แสดง MMF เนื่องจากไฟ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 1 เฟส ที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสลัดจำนวน 3 เฟส



$$I_a = I_b = I_c = I_m \cos \omega t$$

รูป 3.4 แสดงการวางตัวของ ARMATURE WINDING 3 เฟส

$$F_A = F_m \cos \theta \cos \omega t \tag{3.30}$$

$$F_B = F_m \cos(\theta - 120^\circ) \cos \omega t \tag{3.31}$$

$$F_C = F_m \cos(\theta + 120^\circ) \cos \omega t \tag{3.32}$$

$$F_A^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) \tag{3.33}$$

$$F_A^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \tag{3.34}$$

$$F_B^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t - 120^\circ) \tag{3.35}$$

$$F_B^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t - 120^\circ) \tag{3.36}$$

$$F_C^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t + 120^\circ) \tag{3.37}$$

$$F_C^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t + 120^\circ) \tag{3.38}$$

$$F_A^+ + F_B^+ + F_C^+ = \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta - \omega t) + \cos(\theta - \omega t - 120^\circ) + \cos(\theta - \omega t + 120^\circ) \} \tag{3.39}$$

$$= \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta - \omega t) + \cos(\theta - \omega t) \cos 120^\circ + \sin(\theta - \omega t) \sin 120^\circ$$

$$+ \cos(\theta - \omega t) \cos 120^\circ - \sin(\theta - \omega t) \sin 120^\circ$$

$$= \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta - \omega t) + 2 \cos(\theta - \omega t) \cos 120^\circ \}$$

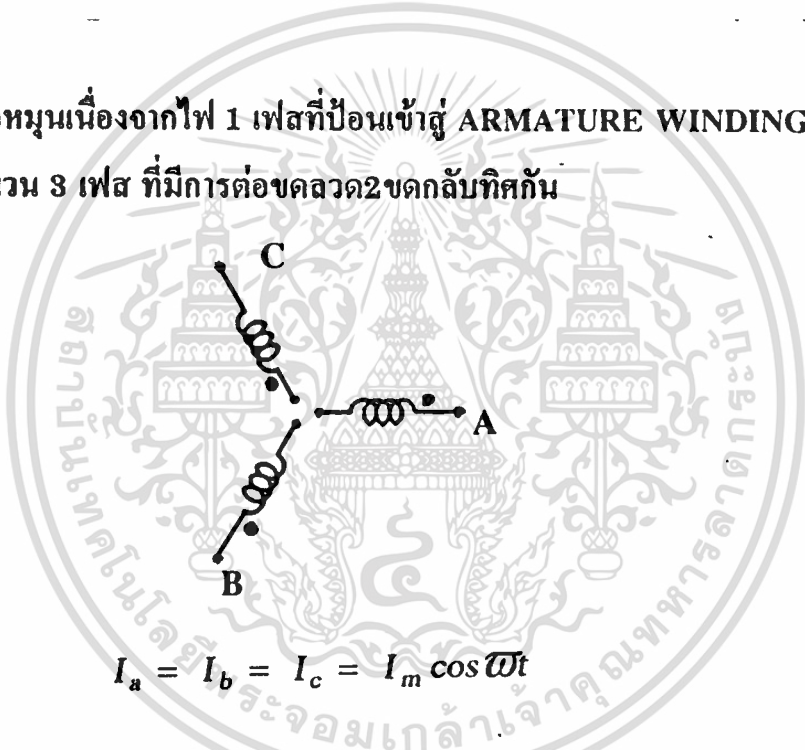
$$= 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C &= \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta + \omega t) + \cos(\theta + \omega t - 120^\circ) + \cos(\theta + \omega t + 120^\circ) \} \quad (3.40) \\
 &= \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta + \omega t) + \cos(\theta + \omega t) \cos 120^\circ + \sin(\theta + \omega t) \sin 120^\circ \\
 &\quad + \cos(\theta + \omega t) \cos 120^\circ - \sin(\theta + \omega t) \sin 120^\circ \} \\
 &= \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta + \omega t) + 2 \cos(\theta + \omega t) \cos 120^\circ \} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่าผลรวมของทั้ง FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD มีค่าเป็น 0 ทั้งคู่ นั้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อป้อนไฟ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING 3 เฟสนั้นจะไม่ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเลย

3.6 สนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 1 เฟสที่ป้อนเข้าสู่ ARMATURE WINDING ของ เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 3 เฟส ที่มีการต่อขดลวด 2 ขดกลับทิศกัน



รูป 3.5 แสดงการต่อแบบกลับทิศกันของขดลวด ARMATURE 2 ขด

$$F_A = F_m \cos \theta \cos \omega t$$

$$F_B = F_m \cos(\theta - 120^\circ) \cos \omega t$$

$$F_C = F_m \cos(\theta + 120^\circ) \cos \omega t$$

ให้ $F_1 = F_A$ (3.41)

$$F_2 = F_B - F_C \quad (3.42)$$

$$F_1^+ = F_A^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) \quad (3.43)$$

$$F_1^- = F_A^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) \quad (3.44)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_2^+ = F_B^+ - F_C^+ = \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t - 120^\circ) - \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t + 120^\circ) \quad (3.45)$$

$$F_2^- = F_B^- - F_C^- = \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t - 120^\circ) - \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t + 120^\circ) \quad (3.46)$$

จาก

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \sin\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)$$

$$F_2^+ = \frac{F_m}{2} \left\{ -2 \sin\left(\frac{\theta - \omega t - 120^\circ + \theta - \omega t + 120^\circ}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta - \omega t - 120^\circ - \theta + \omega t - 120^\circ}{2}\right) \right\} \quad (3.47)$$

$$= \frac{F_m}{2} \{ -2 \sin(\theta - \omega t) \sin(-120^\circ) \}$$

$$= \frac{F_m}{2} \{ 2 \sin(\theta - \omega t) \sin(120^\circ) \}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \sin(\theta - \omega t) \quad (3.48)$$

$$F_2^- = \frac{F_m}{2} \left\{ -2 \sin\left(\frac{\theta + \omega t - 120^\circ + \theta + \omega t + 120^\circ}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta + \omega t - 120^\circ - \theta - \omega t - 120^\circ}{2}\right) \right\} \quad (3.49)$$

$$= \frac{F_m}{2} \{ -2 \sin(\theta + \omega t) \sin(-120^\circ) \}$$

$$= \frac{F_m}{2} \{ 2 \sin(\theta + \omega t) \sin 120^\circ \}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \sin(\theta + \omega t) \quad (3.50)$$

ดังนั้นจะได้ผลรวมของ FORWARD FIELD เป็น

$$F^+ = F_1^+ + F_2^+ \quad (3.51)$$

$$= \frac{F_m}{2} \cos(\theta - \omega t) + \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \sin(\theta - \omega t) \quad (3.52)$$

และผลรวมของ BACKWARD FIELD เป็น

$$F^- = F_1^- + F_2^- \quad (3.53)$$

$$= \frac{F_m}{2} \cos(\theta + \omega t) + \frac{\sqrt{3}}{2} F_m \sin(\theta + \omega t) \quad (3.54)$$

จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการป้อนไฟ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING 3 เฟส จะเกิด MMF ทั้ง FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD ขึ้นโดยมีขนาดเท่ากันเป็นผลให้ไม่เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นแต่จะเกิด PULSATING FIELD เหมือนกับการป้อนไฟ 1 เฟสเข้ายัง ARMATURE WINDING แบบ 1 เฟส

3.7 บทสรุป

การที่เครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับจะสามารถหมุนได้นั้นจะต้องเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นก่อน จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการป้อนไฟกระแสสลับ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING 3 เฟส จะไม่เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเลย แต่ในขณะที่เดียวกันถ้าเราเปลี่ยนการต่อของ ARMATURE WINDING 3 เฟส เสียใหม่เป็นในลักษณะการต่อแบบกลับทิศกัน 2 จุด แล้วป้อนไฟกระแสสลับ 1 เฟส เข้าไป จะก่อให้เกิด PULSATING FIELD ขึ้น เราสามารถทำให้ PULSATING FIELD นี้กลายเป็นสนามแม่เหล็กหมุนได้ โดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าไปกับ ARMATURE WINDING โดยตัวเก็บประจุนี้จะไปทำให้กระแสที่ไหลใน ARMATURE WINDING ในแต่ละเฟสเกิด PHASE SHIFT ขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้สนามแม่เหล็กเปลี่ยนจาก PULSATING FIELD กลายเป็นสนามแม่เหล็กหมุน ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้เราก็จะสามารถนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟกระแสสลับเฟสเดียวได้

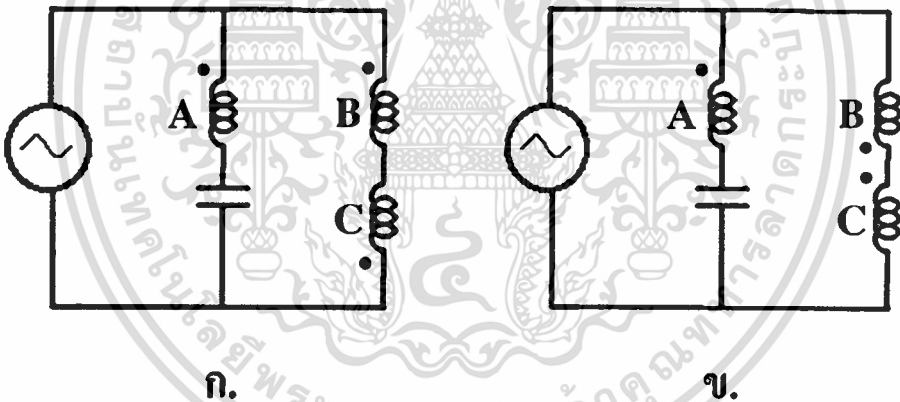


บทที่ 4

การต่อตัวเก็บประจุเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุนจากการป้อนไฟกระแสสลับ 1 เฟสเข้าไปยังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

4.1 บทนำ

จากบทที่ 3 เราจะเห็นว่าเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับนั้นจะสามารถหมุนได้ก็ต่อเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น แต่พบว่าเมื่อเราต่อ ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในลักษณะแบบกลับทิศกัน แล้วทำการจ่ายไฟกระแสสลับเข้าไปจะเกิดสนามแม่เหล็กในลักษณะ PULSATING FIELD ทำให้มอเตอร์ยังไม่สามารถเริ่มหมุนได้เพราะยังไม่เกิดสนามแม่เหล็กหมุน เราสามารถเปลี่ยนลักษณะของสนามแม่เหล็กของเครื่องจักรไฟฟ้าจาก PULSATING FIELD ให้กลายเป็นสนามแม่เหล็กหมุนได้ โดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าไปที่ ARMATURE WINDING ดังรูป



รูป 4.1 แสดงการต่อตัวเก็บประจุเข้ากับ ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีการต่อแบบกลับทิศกัน

4.2 การสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นจากตัวเก็บประจุ

จากรูป 4.1 จะเห็นได้ว่ากระแสที่ไหลในขดลวดเฟส A กับ เฟส B ที่อนุกรมรวมกับ C จะมี PHASE SHIFT ต่างกันอยู่ ทำให้สนามแม่เหล็กในแต่ละเฟสมีค่าเป็น

$$F_A = F_1 \cos \theta \cos(\omega t + \phi) \quad (4.1)$$

$$F_B = F_2 \cos(\theta - 120^\circ) \cos \omega t \quad (4.2)$$

$$F_C = F_2 \cos(\theta + 120^\circ) \cos \omega t \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า AMPLITUDE ของสนามแม่เหล็กในแต่ละเฟสจะมีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากกระแสที่ไหลเข้าขดลวดในแต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ผลรวมของสนามแม่เหล็กที่เป็น FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD นั้นมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น โดยสนามแม่เหล็กหมุนนี้จะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอเหมือนกับสนามแม่เหล็กหมุนในเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสปกติทั่วไป กล่าวคือ สนามแม่เหล็กหมุนที่สร้างขึ้นจากการอาศัยการต่อตัวเก็บประจุเพื่อให้เกิด PHASE SHIFT ในขดลวดแต่ละเฟสนั้นจะมีลักษณะการหมุนเป็นวงรีแทนที่จะเป็นวงกลม

สนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะวงรีนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD มีค่าไม่เท่ากัน แต่ถ้า FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD มีค่าเท่ากัน สนามแม่เหล็กจะเป็นในลักษณะ PULATING FIELD แต่ถ้าสนามแม่เหล็กหมุนมีแต่เพียง FORWARD FIELD หรือ BACKWARD FIELD อย่างใดอย่างหนึ่ง สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะมีลักษณะเป็นวงกลม

จากสมการ (4.1), (4.2) , (4.3) จะได้ FORWARD FIELD เป็น

$$F_A^+ = \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t - \phi) \quad (4.4)$$

$$F_B^+ = \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ - \omega t) \quad (4.5)$$

$$F_C^+ = \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ - \omega t) \quad (4.6)$$

$$F^+ = F_A^+ + F_B^+ - F_C^+ \quad (4.7)$$

และ BACKWARD FIELD เป็น

$$F_A^- = \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \phi) \quad (4.8)$$

$$F_B^- = \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ + \omega t) \quad (4.9)$$

$$F_C^- = \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ + \omega t) \quad (4.10)$$

$$F^- = F_A^- + F_B^- - F_C^- \quad (4.11)$$

จากสมการ 4.7 เราจะได้ผลรวมของ FORWARD FIELD เป็น

$$F^+ = \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t - \phi) + \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ - \omega t) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ - \omega t)$$

$$\text{จาก } \cos A - \cos B = -2 \sin\left(\frac{A+B}{2}\right) \sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$F^+ = \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t - \phi) + \frac{F_2}{2} (-2 \sin(\theta - \omega t) \sin(-120^\circ))$$

$$F^+ = \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t - \phi) + \frac{F_2}{2} (2 \sin(\theta - \omega t) \sin 120^\circ)$$

$$F^+ = \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t - \phi) + \frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta - \omega t)$$

$$F^+ = \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t) \cos \phi + \frac{F_1}{2} \sin(\theta - \omega t) \sin \phi + \frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta - \omega t) \quad (4.12)$$

และจากสมการ 4.11 เราจะได้ผลรวมของ BACKWARD FIELD เป็น

$$F^- = \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \phi) + \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ + \omega t) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ + \omega t)$$

$$F^- = \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \phi) + \frac{F_2}{2} (-2 \sin(\theta + \omega t) \sin(-120^\circ))$$

$$F^- = \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \phi) + \frac{F_2}{2} (2 \sin(\theta + \omega t) \sin 120^\circ)$$

$$F^- = \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \phi) + \frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta + \omega t)$$

$$F^- = \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t) \cos \phi - \frac{F_1}{2} \sin(\theta + \omega t) \sin \phi + \frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta + \omega t) \quad (4.13)$$

จะเห็นได้ว่า เทอมที่ 2 ของสมการที่ 4.12 กับ เทอมที่ 2 ของสมการที่ 4.13 นั้นมีค่า AMPLITUDE ไม่เท่ากัน เป็นผลให้ค่าของ FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD จะมีค่าไม่เท่ากัน เป็นผลให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นได้ เมื่อทำการป้อนไฟกระแสลับ 1 เฟส เข้าไปยัง ARMATURE WINDING ที่มีการต่อแบบกลับทิศกัน และต่อตัวเก็บประจุ ทำให้มอเตอร์ 3 เฟส สามารถหมุนได้ด้วยไฟ 1 เฟส

เมื่อเปลี่ยนการต่อจากรูป 4.1 ก. เป็น 4.1 ข. จะทำให้สมการ MMF ที่เป็น FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD ของ ARMATURE WINDING เปลี่ยนไปเป็น

$$F^+ = F_A^+ - F_B^+ + F_C^+$$

$$= \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t + \phi) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ - \omega t) + \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ - \omega t)$$

$$= \frac{F_1}{2} \cos(\theta - \omega t - \phi) - \frac{\sqrt{3}F_2}{2} \sin(\theta - \omega t)$$

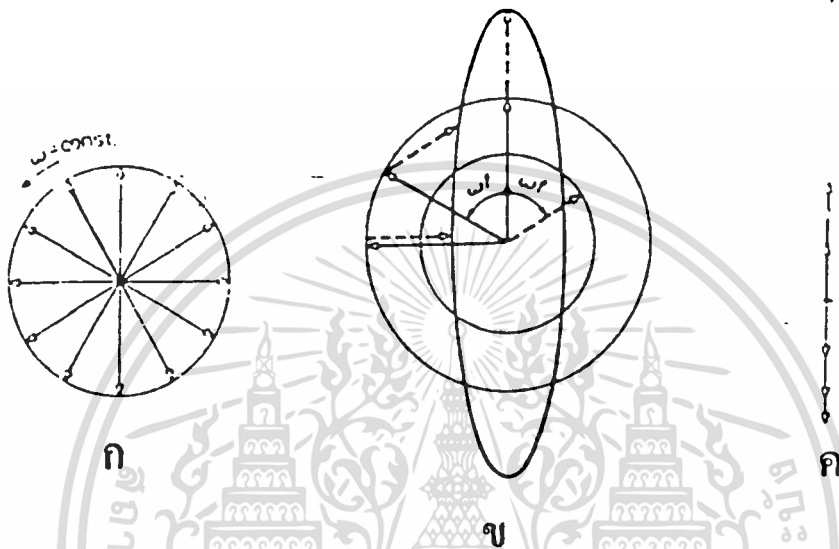
(4.14)

$$F^- = F_A^- - F_B^- + F_C^-$$

$$= \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \phi) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ + \omega t) + \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ - \omega t)$$

$$= \frac{F_1}{2} \cos(\theta + \omega t + \varphi) - \frac{\sqrt{3}F_2}{2} \sin(\theta + \omega t) \tag{4.15}$$

จะเห็นได้ว่าลักษณะของ MMF จะเป็นไปตามลักษณะเดียวกันกับรูป 4.1 ก. กล่าวคือค่าของ FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD มีค่าไม่เท่ากันจึงก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น เครื่องจักรไฟฟ้าได้เช่นกัน



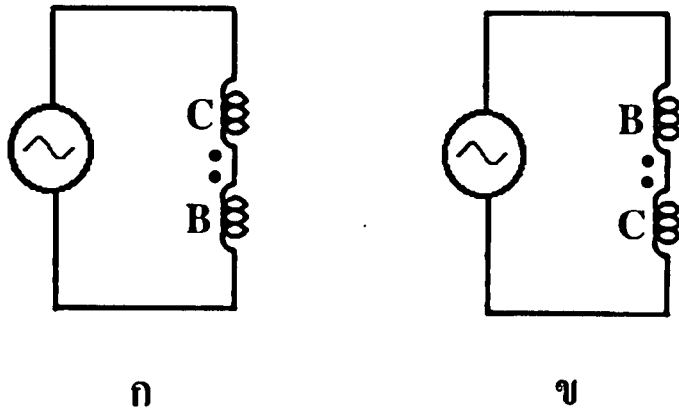
รูป 4.2 แสดงสนามแม่เหล็กในลักษณะต่างๆ

- 4.2 ก. สนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะวงกลม
- 4.2 ข. สนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะวงรี
- 4.2 ค. สนามแม่เหล็กในลักษณะ PULSATING FIELD

4.8 สนามแม่เหล็กเมื่อตัดตัวเก็บประจุออกจากวงจร

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนแล้วถึงแม้ว่าเราจะเปิดวงจรของตัวเก็บประจุ เมื่อตัดตัวเก็บประจุออกไปจากวงจร มอเตอร์ก็จะยังสามารถหมุนต่อไปได้ และสามารถนำเอาไปใช้ในการขับ LOAD ได้เช่นเดียวกัน

ถ้าเราตัดตัวเก็บประจุออกไปจะทำให้วงจรของเรากลายเป็น



รูป 4.3 ก. ,ข. แสดงวงจรของมอเตอร์เมื่อเปิดวงจรของตัวเก็บประจุ

จะเป็นได้ว่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดเฟส B และ C จะมีค่าเท่ากัน สนามแม่เหล็กของแต่ละเฟสจะเป็น

$$F_B = F_2 \cos(\theta - 120^\circ) \cos(\omega t) \tag{4.16}$$

$$F_C = F_2 \cos(\theta + 120^\circ) \cos(\omega t) \tag{4.17}$$

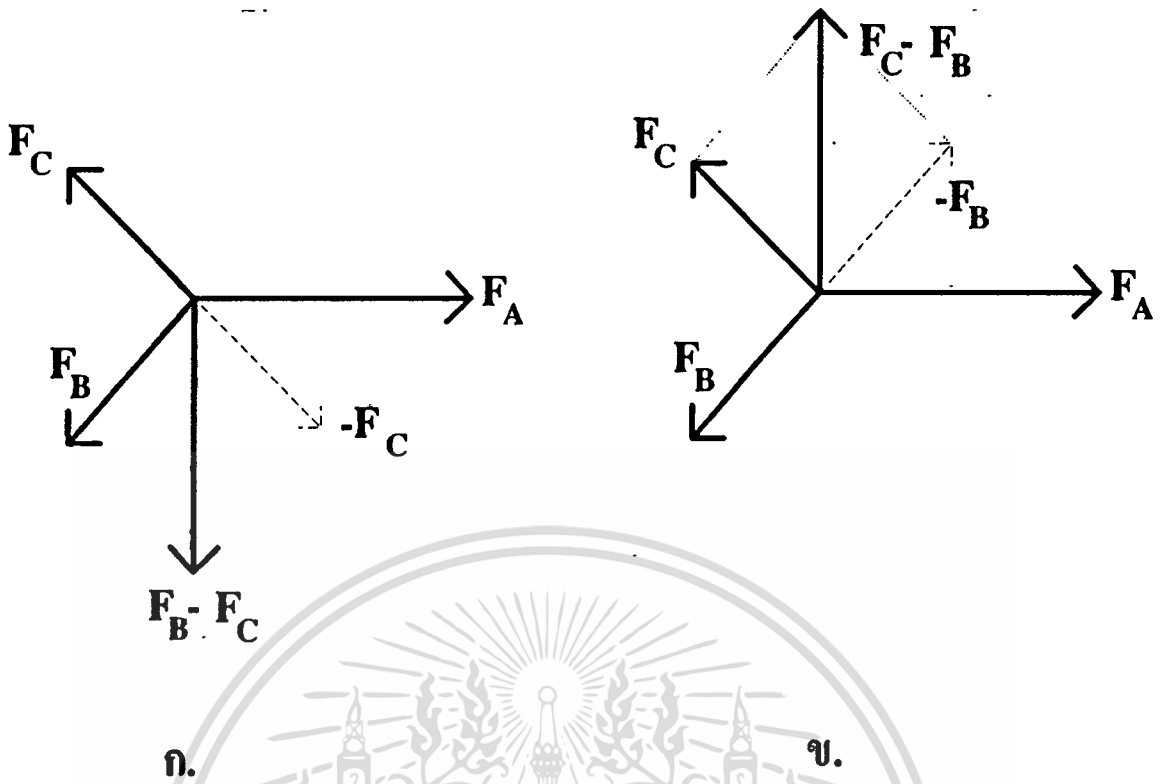
เมื่อกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเฟส B และ C มีค่าเท่ากันก็เป็นผลให้ AMPLITUDE ของสนามแม่เหล็กของขด B และ C มีค่าเท่ากัน

จากวงจร ถ้าเราให้กระแสที่ไหลเข้าสู่ DOT สร้าง MMF ในทิศบวก ดังนั้นการวางตัวของ MMF ของวงจรรูป 4.3 จะแสดงได้ดังรูป 4.4

จากสมการที่ (4.14), (4.15), (4.16) และรูปการต่อดังรูป 4.3 ก.

$$\begin{aligned} F^+ &= F_B^+ - F_C^+ \\ &= \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ - \omega t) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ - \omega t) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta - \omega t) \end{aligned} \tag{4.18}$$

$$\begin{aligned} F^- &= F_B^- - F_C^- \\ &= \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ + \omega t) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ + \omega t) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta + \omega t) \end{aligned} \tag{4.19}$$



รูป 4.4 ก., ข. แสดงการวางตัวของสนามแม่เหล็ก

ถ้าเป็นการต่อแบบรูป 4.3 ข. จะได้

$$\begin{aligned}
 F^+ &= F_C^+ - F_B^+ \\
 &= \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ - \omega t) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ - \omega t) \\
 &= -\frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta - \omega t)
 \end{aligned}
 \tag{4.20}$$

$$\begin{aligned}
 F^- &= F_C^- - F_B^- \\
 &= \frac{F_2}{2} \cos(\theta - 120^\circ + \omega t) - \frac{F_2}{2} \cos(\theta + 120^\circ + \omega t) \\
 &= -\frac{\sqrt{3}}{2} F_2 \sin(\theta + \omega t)
 \end{aligned}
 \tag{4.21}$$

จะเห็นได้ว่า FORWARD FIELD มีค่าเท่ากับ BACKWARD FIELD นั่นคือ เมื่อเราตัดวงจ
ของตัวประจออกไปสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะเปลี่ยนจาก สนามแม่เหล็กหมุนกลับมาเป็น
PULSATING FIELD แต่มอเตอร์ยังสามารถหมุนต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 บทสรุป

เราสามารถสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นได้โดยอาศัยการต่อตัวเก็บประจุเพื่อทำให้กระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้ง 3 เฟสของ ARMATURE WINDING เกิด PHASE SHIFT ขึ้น โดยสนามแม่เหล็กหมุนที่เกิดขึ้นนี้จะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากยังมี FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD อยู่ เพียงแต่สนามทั้ง 2 มีขนาดไม่เท่ากันทำให้การกวาดตัวของสนามแม่เหล็กหมุนเป็นไปในลักษณะวงรี แทนที่จะเป็นวงกลม แบบสนามแม่เหล็กหมุนที่สม่ำเสมอปกติทั่วไป

เมื่อมอเตอร์หมุนได้แล้วเราก็จะทำการเปิดวงจรตัดตัวเก็บประจุออกไปทำให้สนามแม่เหล็กเปลี่ยนจากสนามแม่เหล็กหมุนมาเป็น PULSATING FIELD อีก แต่มอเตอร์ก็ยังสามารถหมุนต่อไปได้ และสามารถนำไปใช้ขับ LOAD ได้ โดยไม่ต้องต่อตัวเก็บประจุเข้าไปอีก



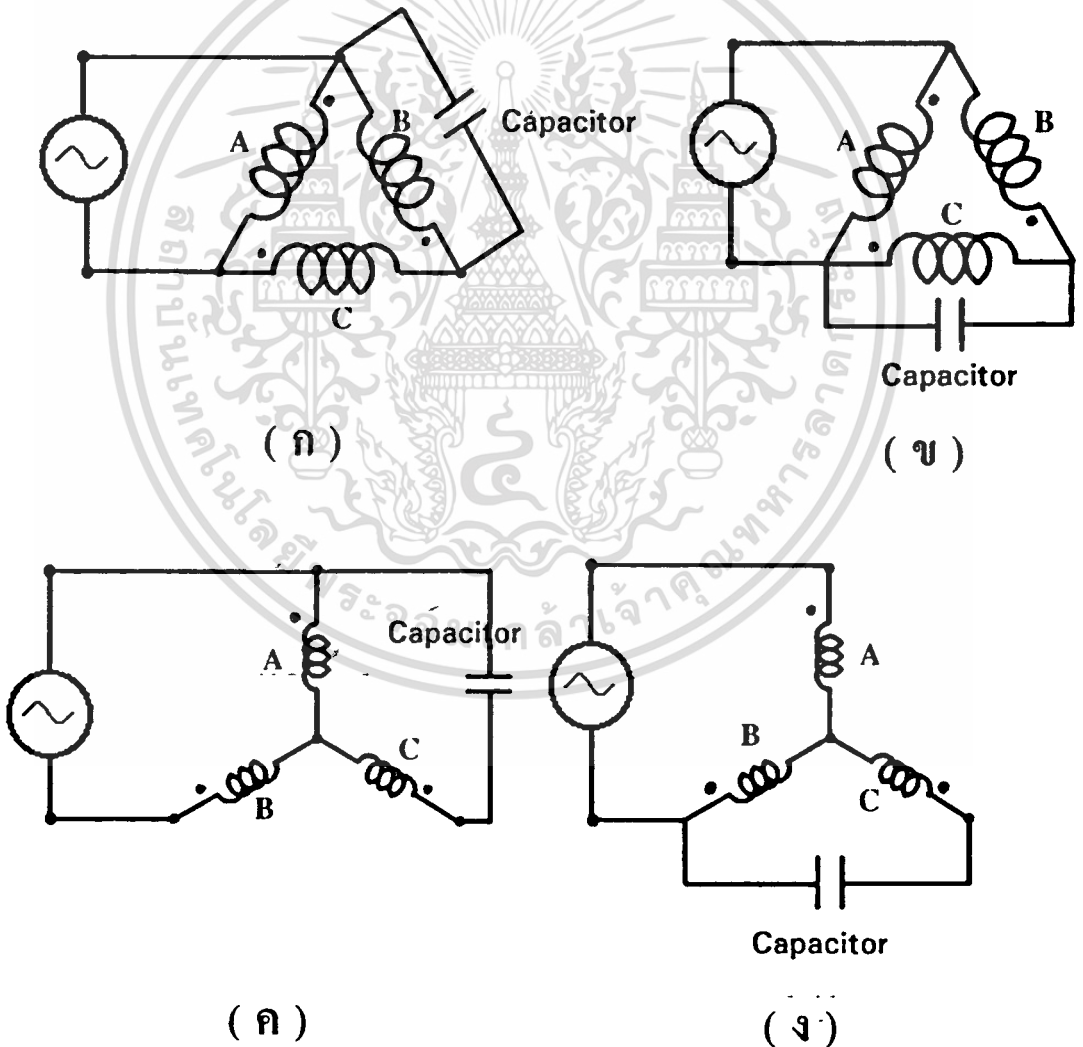
บทที่ 5

การนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้งานกับไฟเฟสเดียว

5.1 บทนำ

การนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียวนั้นได้มีการศึกษากันมาเป็นเวลานานแล้วดังแสดงในรายการเอกสารอ้างอิงหมายเลข 2

ซึ่งวงจรในการใช้งานจะเป็นดังรูป 5.1 ก, ข, ค, ง

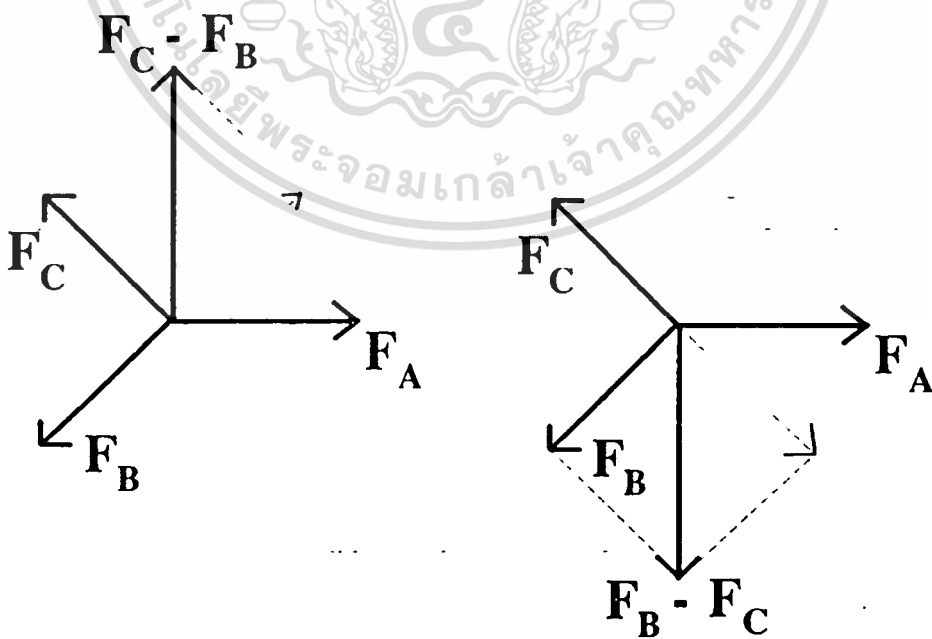


รูป 5.1 ก, ข, ค, ง แสดงการวางจรรยาการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียว

ซึ่งการวิเคราะห์วงจรดังกล่าวนี้ต้องอาศัยหลักการของ UNSYMMETRICAL COMPONENT ในการวิเคราะห์โดยจะแยกพิจารณาถึงผลของ POSITIVE SEQUENCE และ NEGATIVE SEQUENCE แล้วจึงค่อยนำมารวมกัน เพื่อใช้เป็นสมการ ในการอธิบายสถานะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อทำงานกับไฟเฟสเดียวซึ่งการใช้ SYMMETRICAL COMPONENT ในการวิเคราะห์นี้จะทำให้สมการที่ได้มีความยุ่งยาก ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอวงจรของการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส กับไฟเฟสเดียวในลักษณะใหม่ดังรูป 5.2 ก, ข



รูป 5.2 ก, ข แสดงวงจรการใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวแบบใหม่ จากวงจรจะพบว่าเราสามารถเขียนเวกเตอร์ของ MMF ที่เกิดขึ้นในเครื่องจักรไฟฟ้าได้ดัง



รูป 5.3 ก,ข แสดงการวางตัวของ MMF ในเครื่องจักรไฟฟ้า

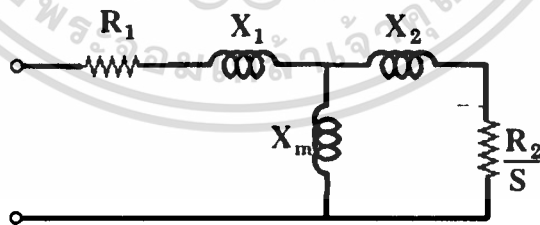
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าจะเกิด MMF ลัพธ์ 2 ชุด ทำมุมกันอยู่ 90 องศา ซึ่งก็เปรียบเสมือนกับ MMF ที่เกิดขึ้นในมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวแบบ SPLIT PHASE, CAPACITOR START, CAPACITOR RUN

ดังนั้นข้อดีของวงจรการใ้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวแบบใหม่ที่น่ามาเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ก็คือ เราสามารถนำเอาวงจรสมมูลย์และสมการของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสมาใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ทำงานด้วยไฟเฟสเดียวได้

5.2 ลักษณะ MMF ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสนั้นโดยทั่วไปที่ ARMATURE WINDING จะประกอบไปด้วยขดลวดทั้ง 3 ชุด คือ ขดเฟส A , เฟส B , เฟส C ในสภาวะการทำงานปกติ คือขดลวดทั้ง 3 รับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากัน ดังนั้นขดลวดทั้ง 3 จะสร้าง MMF ขึ้นโดย MMF นี้จะมีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน แต่ละขดวางตัวห่างกันอยู่ขดละ 120 องศาทางไฟฟ้า ซึ่งสมการของ MMF ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 คือสมการที่ (3.4) , (3.5) , (3.6) เมื่อเราใช้หลักการทางคณิตศาสตร์รวม MMF ทั้ง 3 ชุดเข้าด้วยกันพบว่า MMF ลัพธ์จะมีลักษณะเป็น MMF ที่หมุนไปในทิศ FORWARD FIELD โดยมีขนาดของ MMF ลัพธ์นี้เป็น 3/2 เท่าของ MMF ในแต่ละเฟส ดังสมการ (3.16) จากผลของ MMF ที่เป็น FORWARD FIELD นั้นเป็นผลให้เราสามารถเขียนวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ต่อเฟส ได้ดังรูป 5.4

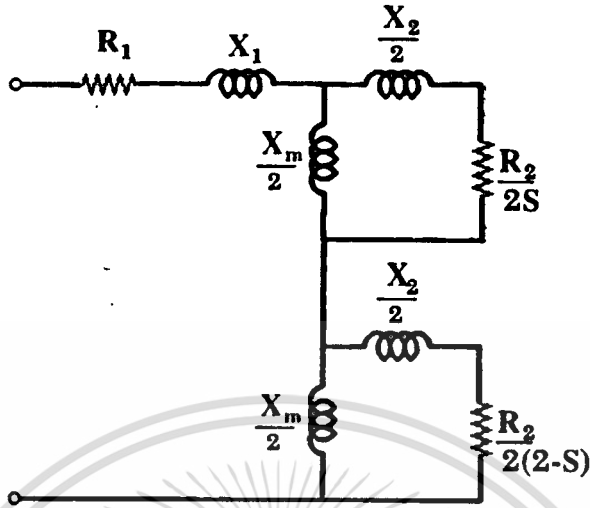


รูป 5.4 วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำต่อเฟส

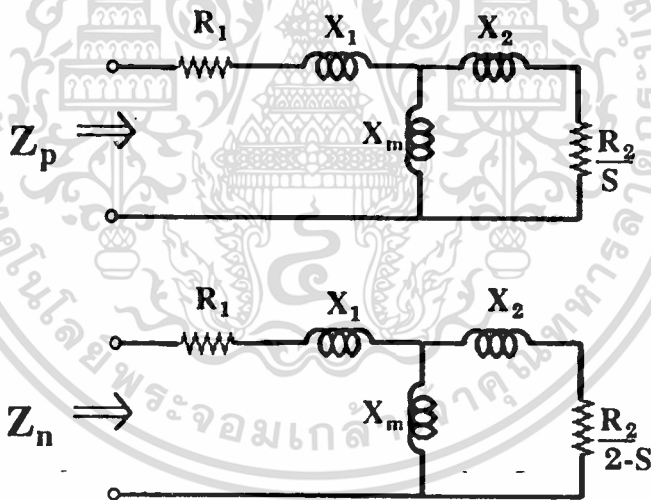
แต่เมื่อเราทำการจ่ายไฟ 1 เฟสเข้าไปยังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แล้วจะเป็นผลให้ MMF ลัพธ์ ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสตัวนั้นมีลักษณะเปลี่ยนไป กล่าวคือ แทนที่จะมี MMF ในลักษณะของ FORWARD FIELD ทิศทางเดียว แต่จะมี MMF ที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BACKWARD FIELD ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับ FORWARD FIELD เพิ่มขึ้นมาเป็นผลให้วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เปลี่ยนไปเป็นรูป 5.5



รูป 5.5 วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำมือได้รับไฟเฟสเดียว



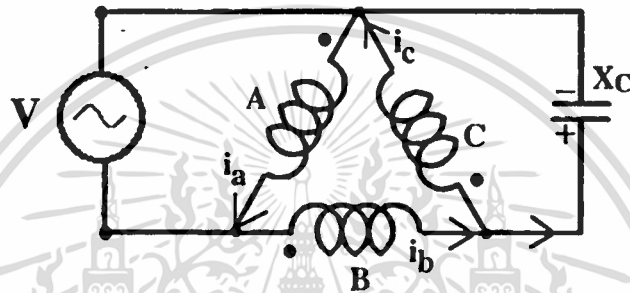
รูป 5.6 แสดงวงจรสมมูลย์เนื่องจาก POSITIVE SEQUENCE และ NEGATIVE SEQUENCE

เมื่อเราใช้หลักการของ SYMMETRICAL COMPONENT จะพบว่ากระแสส่วนที่เป็น POSITIVE SEQUENCE นั้นจะเป็นตัวสร้าง MMF ที่เป็น FORWARD FIELD และกระแสส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE จะเป็นตัวสร้าง MMF ที่เป็น BACKWARD FIELD ดังนั้นในการวิเคราะห์การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เนื่องจากไฟเฟสเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดี่ยวนั้น ซึ่งต้องทำการแยกวงจรมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำออกเป็น 2 ชุด คือ วงจรมูลย์ที่เป็น POSITIVE SEQUENCE กับ วงจรมูลย์ที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE ดังรูป 5.6 ก, ข

ซึ่งเมื่อเราทำการแยกวงจรมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำออกเป็น POSITIVE และ NEGATIVE SEQUENCE แล้วก็ทำการวิเคราะห์ถึงการทำงานของการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เนื่องจากไฟเฟสเดียวในวงจรต่างๆ ต่อไป

5.8 การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ต่อแบบ DELTA เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว



รูป 5.7 แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบdeltaกับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุขนานกับ winding ของเฟส C

จากวงจรจะได้

$$V - V_a = 0 \tag{5.1}$$

$$V_c + jX_c(i_b - i_c) = 0$$

$$V_c - jX_c(i_c - i_b) = 0 \tag{5.2}$$

ใช้สมการของการแปลง SYMMETRICAL COMPONENT

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_p \\ V_n \end{bmatrix}$$

จากวงจร $V_a + V_b + V_c = 0$ เป็นผลให้แรงดัน Zero Sequence V_0 มีค่า = 0

$$V_0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) = 0 \tag{5.3}$$

$$V = V_a = V_p + V_n \tag{5.4}$$

$$V_c = aV_p + a^2V_n \tag{5.5}$$

เมื่อแรงดัน V_0 มีค่าเป็น 0 กระแส i_0 ก็จะเป็น 0 ด้วย

$$i_c = ai_p + a^2i_n \quad (5.6)$$

$$i_b = a^2i_p + ai_n \quad (5.7)$$

$$i_c - i_b = ai_p + a^2i_n - a^2i_p - ai_n \quad (5.8)$$

จากกฎของโอห์ม

$$V_p = i_p Z_p \Rightarrow i_p = V_p Y_p \quad \text{เมื่อ} \quad Y_p = \frac{1}{Z_p}$$

$$V_n = i_n Z_n \Rightarrow i_n = V_n Y_n \quad \text{เมื่อ} \quad Y_n = \frac{1}{Z_n}$$

สมการ 5.8 จะกลายเป็น

$$i_c - i_b = aV_p Y_p + a^2 V_n Y_n - a^2 V_p Y_p - a V_n Y_n = 0 \quad (5.9)$$

นำสมการ (5.5) และ (5.9) แทนลงใน สมการ (5.2) จะได้

$$aV_p + a^2 V_n - jX_c(aV_p Y_p + a^2 V_n Y_n - a^2 V_p Y_p - a V_n Y_n) = 0 \quad (5.10)$$

แก้สมการ (5.4) และ (5.10) จะได้

$$V_p = \frac{V(a^2 - \sqrt{3}X_c Y_n)}{-\sqrt{3}j - \sqrt{3}X_c(Y_p + Y_n)} \quad (5.11)$$

$$V_n = \frac{V(a + \sqrt{3}X_c Y_p)}{-\sqrt{3}j - \sqrt{3}X_c(Y_p + Y_n)} \quad (5.12)$$

แรงดัน V_p ก็คือแรงดันส่วนที่เป็น POSITIVE SEQUENCE ทำหน้าที่สร้าง MMF ส่วนที่เป็น FORWARD FIELD ในขณะที่ V_n คือ แรงดันส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE ทำหน้าที่สร้าง MMF ส่วนที่เป็น BACKWARD FIELD ดังนั้นถ้า V_n / V_p มีค่าน้อยที่สุดนั่นคือ จุด BACKWARD FIELD มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ FORWARD FIELD ซึ่งถือว่าเป็นจุดที่มีการ UNBALANCE น้อยที่สุดดังนั้น

จุดนี้จะเป็นจุดที่มอเตอร์อยู่ในสภาวะการทำงานที่ดีที่สุด

$$\text{กำหนดให้} \quad u = \frac{V_n}{V_p}$$

$$u = \frac{V_n}{V_p} = \frac{a + \sqrt{3}X_c Y_p}{a^2 - \sqrt{3}X_c Y_n} \quad (5.13)$$

จะเห็นว่า u เป็นฟังก์ชันของ X_c ดังนั้นเราสามารถคำนวณค่าที่ทำให้ u มีค่าน้อยที่สุดได้จาก

$$\frac{du}{dX_c} = 0 \tag{5.14}$$

นั่นคือเราจะนำเอาสมการ (5.13) มา DIFFERENTIATE เทียบกับ X_c ซึ่งผลจากการ DIFFERENTIATE จะอยู่ในรูปสมการกำลัง 2 คือ

$$A_1 X_c^2 + A_2 X_c + A_3 = 0 \tag{5.15}$$

$$A_1 = 3Y_p Y_n (K_2 Y_p + K_1 Y_n) \tag{5.16}$$

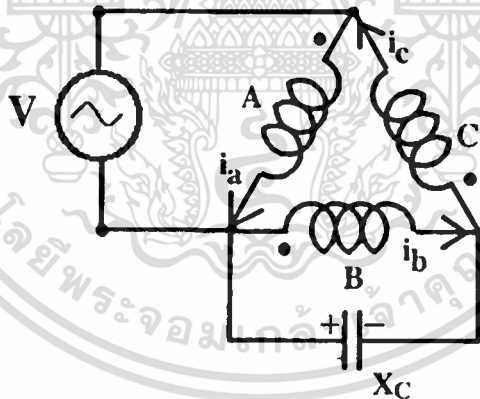
$$A_2 = 6(Y_p^2 - Y_n^2) \tag{5.17}$$

$$A_3 = -(K_1 Y_p + K_2 Y_n) \tag{5.18}$$

$$K_1 = \sqrt{3} \cos \phi_p \tag{5.19}$$

$$K_2 = \sqrt{3} \cos \phi_n + 3 \sin \phi_n \tag{5.20}$$

ซึ่งจากสมการ (5.15) นี้สามารถที่จะหาค่า X_c ที่ทำให้มอเตอร์อยู่ในสมการ UNBALANCE น้อยที่สุดได้



รูป 5.8 แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบ delta กับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุขนานกับ winding ของเฟส B

จากวงจรจะได้ $V - V_a = 0 \tag{5.21}$

$$V_b + jX_c(i_c - i_b) = 0$$

$$V_b - jX_c(i_b - i_c) = 0 \tag{5.22}$$

จาก
$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_p \\ V_n \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $V_0 = 0$ และ $i_0 = 0$

$$V = V_a = V_p + V_n$$

$$V_b = a^2 V_p + a V_n$$

$$i_b - i_c = a^2 i_p + a i_n - a i_p - a^2 i_n$$

สมการ 5.21 จะกลายเป็น

$$a^2 V_p + a V_n - j X_c (a^2 V_p Y_p + a V_n Y_n - a V_p Y_p - a^2 V_n Y_n) = 0 \quad (5.23)$$

แก้สมการ (5.20) กับ (5.23) จะได้

$$V_p = \frac{V(a + \sqrt{3} X_c Y_n)}{\sqrt{3} j - \sqrt{3} X_c (Y_p + Y_n)} \quad (5.24)$$

$$V_n = \frac{V(\sqrt{3} X_c Y_p - a^2)}{\sqrt{3} j + \sqrt{3} X_c (Y_p + Y_n)} \quad (5.25)$$

$$u = \frac{V_n}{V_p} = \frac{\sqrt{3} X_c Y_p - a^2}{a + \sqrt{3} X_c Y_n} \quad (5.26)$$

จาก $\frac{du}{dX_c} = 0$

จะได้ $A_1 X_c^2 + A_2 X_c + A_3 = 0 \quad (5.27)$

$$A_1 = 3 Y_p Y_n (K_2 Y_p + K_1 Y_n) \quad (5.28)$$

$$A_2 = 6(Y_p^2 - Y_n^2) \quad (5.29)$$

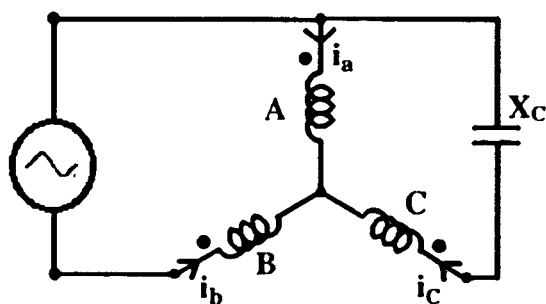
$$A_3 = K_1 Y_p - K_2 Y_n \quad (5.30)$$

$$K_1 = \sqrt{3} \cos \phi_p + 3 \sin \phi_p \quad (5.31)$$

$$K_2 = -\sqrt{3} \cos \phi_n + 3 \sin \phi_n \quad (5.32)$$

ซึ่งสามารถหาค่า X_c ที่ทำให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะ Unbalance น้อยที่สุดได้จากสมการ (5.27)

5.4 การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ต่อแบบ STAR เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว



รูป 5.9 แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบstarกับไฟเฟสเดียวโดยต่อตัวเก็บประจุระหว่าง winding ของเฟสAและC

จากวงจรจะได้

$$V_a - V_b = V \tag{5.33}$$

$$V_a - V_c + jX_c i_c = 0 \tag{5.34}$$

และ

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_p \\ V_n \end{bmatrix}$$

จะได้

$$V_a = V_0 + V_p + V_n$$

$$V_b = V_0 + a^2 V_p + a V_n$$

$$V_c = V_0 + a V_p + a^2 V_n$$

สมการ (5.33) จะกลายเป็น

$$V = V_p + V_n - a^2 V_p - a V_n \tag{5.35}$$

และสมการ (5.34) จะกลายเป็น

$$V_p + V_n - a V_p - a^2 V_n + jX_c i_c = 0 \tag{5.36}$$

เมื่อใช้หลักการของ SYMMETRICAL COMPONENT กับกระแสจะได้

$$i_c = i_0 + a i_p + a^2 i_n$$

จากวงจรจะเห็นว่า $i_a + i_b + i_c = 0$

$$i_0 = \frac{1}{3}(i_a + i_b + i_c)$$

ดังนั้น $i_c = a i_p + a^2 i_n$

โดย

$$i_p = V_p Y_p \quad \text{และ} \quad i_n = V_n Y_n$$

แทนในสมการ (5.36) จะได้

$$V_p + V_n - aV_p - a^2V_n + jX_c(ai_p + a^2i_n) = 0 \quad (5.37)$$

แก้สมการ (5.35) กับ (5.37) จะได้

$$V_p = \frac{V(\sqrt{3}e^{-j30^\circ} + X_c Y_n e^{-j30^\circ})}{3\sqrt{3}j + \sqrt{3}X_c(Y_p + Y_n)} \quad (5.38)$$

$$V_n = \frac{V(-\sqrt{3}e^{-j30^\circ} + X_c Y_p e^{j30^\circ})}{3\sqrt{3}j + \sqrt{3}X_c(Y_p + Y_n)} \quad (5.39)$$

$$u = \frac{V_n}{V_p} = \frac{-\sqrt{3}e^{-j30^\circ} + X_c Y_p e^{j30^\circ}}{\sqrt{3}e^{j30^\circ} + X_c Y_n e^{-j30^\circ}} \quad (5.40)$$

จาก $\frac{du}{dX_c} = 0$

จะได้ $A_1 X_c^2 + A_2 X_c + A_3 = 0 \quad (5.41)$

$$A_1 = Y_p Y_n (K_2 Y_p + K_1 Y_n) \quad (5.42)$$

$$A_2 = b(Y_p^2 - Y_n^2) \quad (5.43)$$

$$A_3 = 3(K_1 Y_p - K_2 Y_n) \quad (5.44)$$

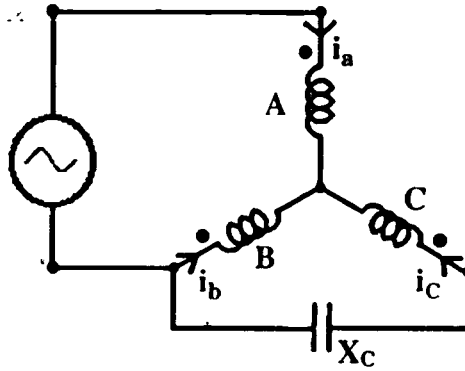
เมื่อ

$$K_1 = -3 \sin \phi_p - \sqrt{3} \cos \phi_p \quad (5.45)$$

$$K_2 = -3 \sin \phi_n + \sqrt{3} \cos \phi_n \quad (5.46)$$

ซึ่งสามารถหาค่า X_c ที่ทำให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะ UNBALANCE น้อยที่สุดได้

จากสมการ (5.41)



รูป 5.10 แสดงการใช้มอเตอร์ที่ต่อแบบstarกับไฟเฟสเดียวโดยการต่อตัวเก็บประจุระหว่าง winding ของเฟส B และ C

จากวงจรจะได้

$$V_a - V_b = V \tag{5.47}$$

$$V_b - V_c + jX_c i_c = 0 \tag{5.48}$$

อาศัยความสัมพันธ์ของ SYMMETRICAL COMPONENT

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_p \\ V_n \end{bmatrix}$$

สมการ (5.47) จะกลายเป็น

$$V = V_p + V_n - a^2 V_p - a V_n \tag{5.49}$$

สมการ (5.48) จะกลายเป็น

$$a^2 V_p + a V_n - a V_p - a^2 V_n + jX_c i_c = 0 \tag{5.50}$$

เนื่องจาก $i_0 = 0$ ดังนั้น $i_c = a i_p + a^2 i_n$

แทนลงในสมการ 5.50 จะได้

$$a^2 V_p + a V_n - a V_p - a^2 V_n + jX_c (a i_p + a^2 i_n) = 0 \tag{5.51}$$

แก้สมการ (5.51) และ (5.49) จะได้

$$V_p = \frac{V(\sqrt{3}j + X_c Y_n e^{-j30^\circ})}{3\sqrt{3}j + \sqrt{3}X_c(Y_p + Y_n)} \tag{5.52}$$

$$V_n = \frac{V(\sqrt{3}j - X_c Y_p e^{-j30^\circ})}{3\sqrt{3}j + \sqrt{3}X_c(Y_p + Y_n)} \tag{5.53}$$

$$u = \frac{V_n}{V_p} = \frac{\sqrt{3}j - X_c Y_p e^{-j30^\circ}}{\sqrt{3}j + X_c Y_n e^{-j30^\circ}} \tag{5.54}$$

$$\text{จาก } \frac{du}{dX_c} = 0$$

$$\text{จะได้ } A_1 X_c^2 + A_2 X_c + A_3 = 0 \quad (5.55)$$

$$A_1 = Y_p Y_n (K_2 Y_p + K_1 Y_n) \quad (5.56)$$

$$A_2 = 6(Y_p^2 - Y_n^2) \quad (5.57)$$

$$A_3 = 3(K_1 Y_p - K_2 Y_n) \quad (5.58)$$

$$K_1 = \sqrt{3} \cos \phi_p + 3 \sin \phi_p \quad (5.59)$$

$$K_2 = -\sqrt{3} \cos \phi_n + 3 \sin \phi_n \quad (5.60)$$

ซึ่งสามารถหาค่า X_c ที่ทำให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะที่ UNBALANCE น้อยที่สุดได้จากสมการ (5.55)

5.5 การคำนวณแรงบิด OUTPUT ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว โดยอาศัยหลักของ SYMMETRICAL COMPONENT

ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ทำงานในสภาวะสมดุลย์นั้นเราสามารถคำนวณกำลังที่เพลของมอเตอร์โดยอาศัยสมการ

$$P_{out} = (1 - s) P_g \quad (5.61)$$

เมื่อ P_g คือ กำลังงานที่ถูกถ่ายผ่าน AIRGAP ของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดย $P_g = \frac{I_R^2 R_2}{s}$ และค่า P_{out} จากสมการนี้จะไม่คิดผลของ LOSS เนื่องจากการหมุนและ CORE LOSS ของมอเตอร์

อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกำลัง เราจะสามารถคำนวณแรงบิดที่เพลของมอเตอร์ได้จาก

$$T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{I_R^2 R_2 (1 - s)}{s \omega} \quad (5.62)$$

ω คือ ความเร็วเชิงมุมหาได้จาก $\frac{2\pi N_r}{60}$ เมื่อ N_r คือ ความเร็วโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

แต่เนื่องจาก $N_r = (1 - s) N_s$ เมื่อ N_s คือ ความเร็ว SYNCHRONOUS ดังนั้น

$$\omega = (1 - s) \omega_s$$

$$T_{out} = \frac{I_R^2 R_2 (1-s)}{s(1-s)\omega_s} = \frac{I_R^2 R_2}{s\omega_s} \quad (5.63)$$

เนื่องจากเป็นมอเตอร์ 3 เฟส ดังนั้นแรงบิด OUTPUT ที่เกิดจากขดลวดทั้ง 3 เฟส จึงมีค่าดังนี้

$$T_{out} = \frac{3I_R^2 R_2}{s\omega_s} \quad (5.64)$$

แต่เมื่อเราทำการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้กับไฟเฟสเดียว ลักษณะของการทำงานของมอเตอร์จะเปลี่ยนไป โดยจะมีผลของ BACKWARD FIELD ขึ้นมา BACKWARD FIELD ตัวนี้จะทำการสร้างแรงบิดต้านการหมุนของตัวมอเตอร์ขึ้นมา เนื่องจาก BACKWARD FIELD นี้เกิดขึ้นมาจากกระแสส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE ดังนั้นเราจะคิดว่าแรงบิดที่ต้านการหมุนนี้เป็นผลมาจากกระแส I_r ส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE

จากเหตุผลดังกล่าว ค่าแรงบิดที่เกิดขึ้นจากขดลวดแต่ละเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งทำงานด้วยไฟเฟสเดียวนั้นจะแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. แรงบิดในทิศทางการหมุน เกิดจากกระแสส่วนที่เป็น POSITIVE SEQUENCE

$$T_{e1} = \frac{I_{R1}^2 R_2}{s\omega_s} \quad (5.65)$$

2. แรงบิดในทิศต้านการหมุน เกิดจากกระแสส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE

$$T_{e2} = \frac{I_{R2}^2 R_2}{(2-s)\omega_s} \quad (5.66)$$

แรงบิดลัพธ์ที่เกิดขึ้นในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเนื่องจากการทำงานด้วยไฟเฟสเดียวจะมีค่าเป็น

$$T_{out} = \frac{3I_{R1}^2 R_2}{s\omega_s} - \frac{3I_{R2}^2 R_2}{(2-s)\omega_s} \quad (5.67)$$

5.6 บทสรุป

ในวิทยานิพนธ์บทนี้ได้กล่าวถึงการนำเอามอเตอร์ 3 เฟส มาใช้งานกับไฟเฟสเดียว โดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าไปเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุนการคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าไปนี้จะสามารถคำนวณโดยอาศัยหลักการของ SYMMETRICAL COMPONENT และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพบว่าเมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ทำงานภายใต้ไฟเฟสเดียวจะเกิดสนามแม่เหล็กหมุน ทั้งที่เป็น FORWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแส POSITIVE SEQUENCE และ BACKWARD FIELD ซึ่งเกิดมาจากกระแสส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE เป็นผล ให้แรงบิดที่เกิดขึ้นในตัวมอเตอร์มีค่าน้อยลงกว่าตอนที่ใช้งานกับไฟ 3 เฟส เนื่องจาก กระแสส่วนที่เป็น NEGATIVE SEQUENCE จะสร้างแรงบิดในทิศตรงกันข้ามกับการหมุน ของมอเตอร์ ซึ่งค่าแรงบิดดังกล่าวก็สามารถคำนวณได้จากหลักการ SYMMETRICAL COMPONENT ได้เช่นเดียวกัน



บทที่ 6

การวิเคราะห์วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศกัน เมื่อได้รับไฟ กระแสลับเฟสเดียว

6.1 บทนำ

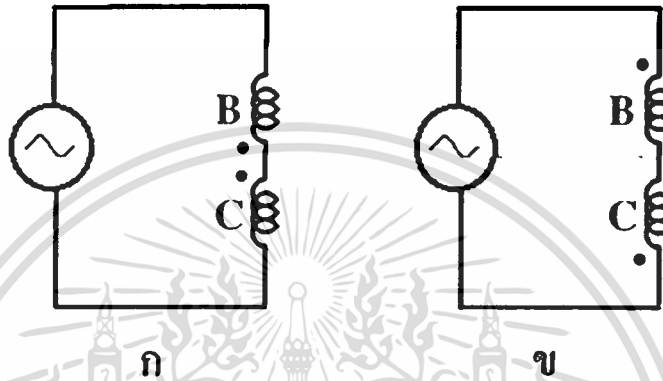
สภาวะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศเมื่อได้รับกระแสลับเฟสเดียวนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ เหมือนกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส CAPACITOR RUN ก็คือ

1. การทำงานเมื่อขดที่ทำหน้าที่เป็นขด AUXILIARY เปิดวงจรหลังจากมอเตอร์เริ่มเดิน
2. การทำงานเมื่อขดที่ทำหน้าที่เป็นขด AUXILIARY ต่ออยู่กับขด MAIN ตลอดเวลาของการทำงาน

การวิเคราะห์วงจรสมมูลย์ของลักษณะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ต่อแบบหักล้างฟลักซ์เมื่อได้รับไฟกระแสลับเฟสเดียวทั้ง 2 แบบ นั้นจะมีการคำนวณแตกต่างกัน ซึ่งจะได้แยกการพิจารณาต่อไป

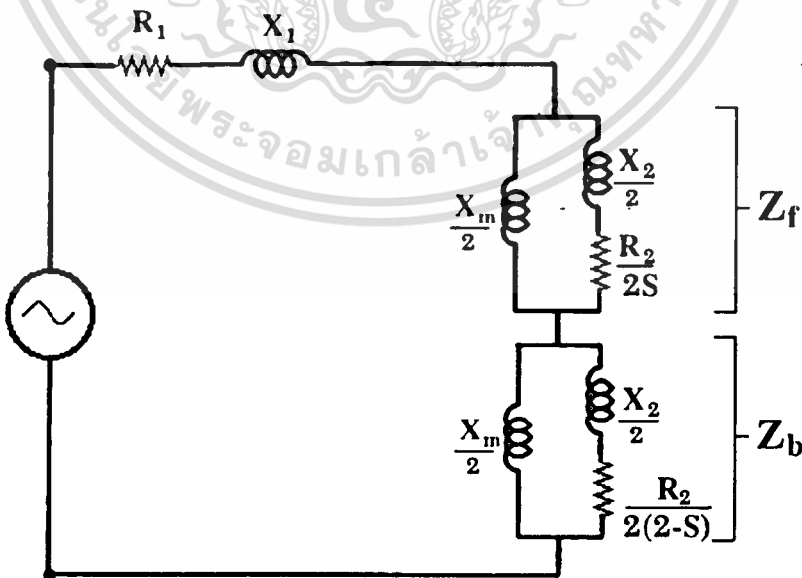
6.2 วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศกัน เมื่อได้รับกระแสลับเฟสเดียว และขดที่ทำหน้าที่เป็นขด AUXILIARY เปิดวงจรหลังจากมอเตอร์เริ่มเดิน

เมื่อเราทำการ OPEN ขด AUXILIARY ออกหลังจากที่มอเตอร์เริ่มเดิน วงจรเราจะเหลือเพียงแต่ขด MAIN WINDING ต่ออยู่กับไฟเฟสเดียวดังรูป 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงวงจรของมอเตอร์ 3 เฟส เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียวโดยทำการเปิดวงจรของเฟส A ที่ทำหน้าที่เป็น AUXILIARY WINDING ออก

- รูป ก. เป็นการต่อที่ให้ เฟส B เป็นลบ เฟส C เป็นบวก
- รูป ข. เป็นการต่อที่ให้ เฟส B เป็นบวก เฟส C เป็นลบ



รูปที่ 6.2 รูปวงจรสมมูลย์ของ MAIN WINDING เมื่อได้รับไฟ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะมองว่าขดลวดของเฟส B และ เฟส C ที่อนุกรมกันอยู่นี้เสมือนว่าเป็นขดลวดเพียงขดเดียว และเนื่องจากมันทำงานภายใต้กระแสลับเฟสเดียว ดังนั้นขดลวด MAIN WINDING อันนี้ก็จะให้ผลของ ROTATING FIELD ทั้งที่เป็น FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD ทำให้วงจรสมมูลย์ของขด MAIN WINDING อันนี้เป็นไปในรูป 6.2

$$\begin{aligned} Z_f &= j \frac{X_m}{2} // \left(\frac{R_2}{2s} + j \frac{X_2}{2} \right) \\ &= R_f + jX_f \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\begin{aligned} Z_b &= j \frac{X_m}{2} // \left(\frac{R_2}{2(2-s)} + j \frac{X_2}{2} \right) \\ &= R_b + jX_b \end{aligned} \quad (6.2)$$

Z_f นี้จะแทนผลเนื่องจาก FORWARD FIELD ในขณะที่ Z_b แทนผลเนื่องมาจาก BACKWARD FIELD ดังนั้น

$$\text{จาก } P_{out} = (1-s)P_g \quad (6.3)$$

แต่กำลังงาน P_g ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เนื่องจากไฟเฟสเดียวนั้นจะมีผลทั้งจาก FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD ทำให้

$$P_g = I_m^2 R_f - I_m^2 R_b \quad (6.4)$$

กำลังงาน OUTPUT ที่เพลลาของมอเตอร์จะเป็น

$$P_{out} = (1-s)(I_m^2 R_f - I_m^2 R_b) - loss \quad (6.5)$$

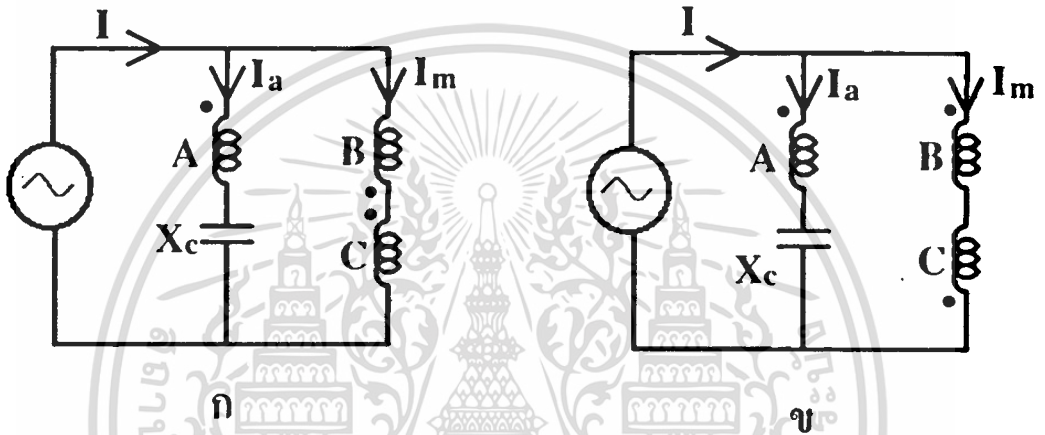
เมื่อ LOSS คือกำลังสูญเสียอันเนื่องมาจาก CORELOSS และ ROTATIONAL LOSS และแรงบิดที่เกิดขึ้นที่เพลลาจะมีค่าเป็น

$$T = \frac{P_{out}}{\omega} \quad (6.6)$$

ω เมื่อ คือความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์

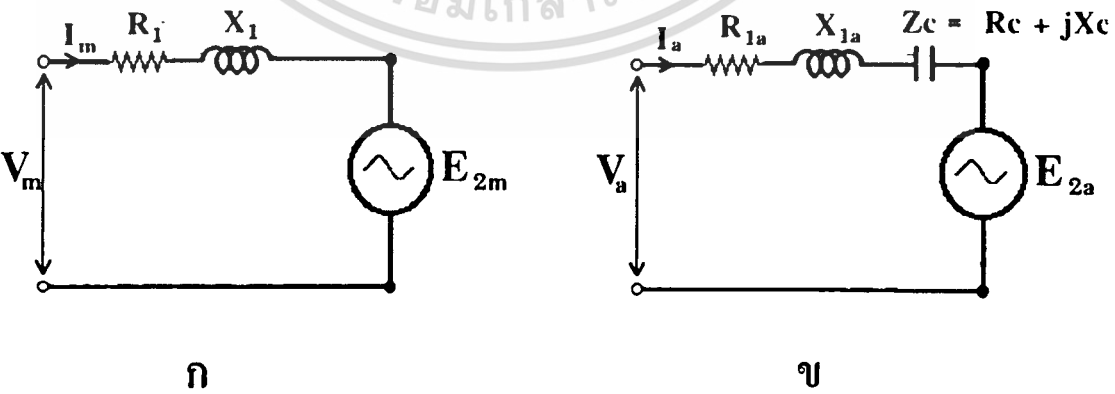
6.3 วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศทาง เมื่อได้รับไฟกระแสสลับเฟสเดียว และขดที่ทำหน้าที่เป็นขด AUXILIARY ต่อวงจรอยู่หลังจากมอเตอร์เริ่มเดิน

เมื่อขด AUXILIARY ต่ออยู่ขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นจะเป็นผลให้ MAIN WINDING มีวงจรสมมูลย์เปลี่ยนไป ถ้าเราได้ขดเฟส A เป็น AUXILIARY WINDING ในขณะที่ขดเฟส B ที่อนุกรมอยู่กับขดเฟส C ทำหน้าที่เป็น MAIN WINDING ดังรูป 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงการต่อวงจรของมอเตอร์ 3 เฟส เมื่อใช้กับไฟเฟสเดียวโดย

รูป ก. เป็นการต่อที่ให้เฟส B เป็นลบ เฟส C เป็นบวก ในขณะที่
รูป ข. เป็นการต่อที่ให้เฟส B เป็นบวก เฟส C เป็นลบ



รูป 6.4 ก. แสดงวงจรสมมูลย์พื้นฐานของ MAIN WINDING ในขณะที่
6.4 ข. แสดงวงจรสมมูลย์ของ AUNILIARY WINDING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และวงจรสมมูลพื้นฐานของ MAIN WINDING และ AUXILIARY WINDING จะเป็นดังรูป 6.4

จากรูป 6.4 จะเขียนสมการของ MAIN WINDING และ AUXILIARY WINDING ได้ดังนี้

$$V_m = (R_1 + jX_1)I_m + E_{2m} \quad (6.7)$$

$$V_a = (R_{1a} + jX_{1a} + R_c + jX_c)I_a + E_{2a} \quad (6.8)$$

E_{2m} คือ แรงดันที่เกิดที่ขดลวด MAIN WINDING อันเนื่องมาจาก ROTATING FIELD ในช่องอากาศ

E_{2a} คือ แรงดันที่เกิดที่ขดลวด AUXILIARY WINDING อันเนื่องมาจาก ROTATING FIELD ในช่องอากาศ

เนื่องจาก MMF ของ AUXILIARY WINDING จะนำหน้า MMF ของ MAIN WINDING อยู่ 90° ในขณะที่ BACKWARD FIELD ของ AUXILIARY WINDING จะตามหลัง BACKWARD FIELD ของ MAIN WINDING อยู่ 90° เช่นกัน ดังนั้น

$$E_{2m} = E_{fm} + E_{bm} + E'_{fa} + E_{ba} \quad (6.9)$$

E_{fm} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ MAIN WINDING โดย FORWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน MAIN WINDING

E_{bm} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ MAIN WINDING โดย BACKWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน MAIN WINDING

E'_{fa} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ MAIN WINDING โดย FORWARD FIELD ซึ่งเกิดจากการกระแสที่ไหลใน AUXILIARY WINDING

E_{ba} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ MAIN WINDING โดย BACKWARD FIELD ซึ่งเกิดจากการกระแสที่ไหลใน AUXILIARY WINDING

ถ้าให้ a คืออัตราส่วนของจำนวนรอบของขดลวด AUXILIARY ต่อจำนวนรอบของขดลวด MAIN เรียกว่า TURN RATIO

$$a = \frac{N_a}{N_m} \quad (6.10)$$

TURN RATIO นี้ใช้ในการแปลงค่าแรงดันที่ AUXILIARY WINDING กับ MAIN WINDING โดยอาศัยความสัมพันธ์

$$a = \frac{N_a}{N_m} = \frac{E_a}{E_m} = \frac{E_{fa}}{E'_{fa}} = \frac{E_{ba}}{E'_{ba}} \quad (6.11)$$

เมื่อ E_{fa} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่ AUXILIARY WINDING อันเนื่องมาจาก FORWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน AUXILIARY WINDING และ E_{ba} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่ AUXILIARY WINDING อันเนื่องมาจาก BACKWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน AUXILIARY WINDING และเนื่องจาก FORWARD FIELD ของ MAIN WINDING ตามหลัง FORWARD FIELD ของ AUXILIARY WINDING อยู่ 90 องศา และ BACKWARD FIELD ของ MAIN WINDING นำหน้า BACKWARD FIELD ของ AUXILIARY WINDING อยู่ 90 องศา ดังนั้น

$$E'_{fa} = -j \frac{E_{fa}}{a} \quad (6.12)$$

$$E'_{ba} = j \frac{E_{ba}}{a} \quad (6.13)$$

แทนลงในสมการ 6.9 จะได้

$$E_{2m} = E_{fm} + E_{bm} - j \frac{E_{fa}}{a} + j \frac{E_{ba}}{a} \quad (6.14)$$

พิจารณาที่ AUXILIARY WINDING ในทำนองเดียวกันจะได้

$$E_{2a} = E_{fa} + E_{ba} + jaE_{fm} - jaE_{bm}$$

เมื่อ E_{fa} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่ AUXILIARY WINDING โดย FORWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน AUXILIARY WINDING

E_{ba} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่ AUXILIARY WINDING โดย BACKWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน AUXILIARY WINDING

jaE_{fm} คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่ AUXILIARY WINDING โดย FORWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน MAIN WINDING

$-jaE_{bm}$ คือ แรงดันเหนี่ยวนำที่ AUXILIARY WINDING โดย BACKWARD FIELD ซึ่งเกิดจากกระแสที่ไหลใน MAIN WINDING

แทนสมการ 6.14 และ 6.15 ลงในสมการ 6.7 และ 6.8 จะได้

$$V_m = (R_1 + jX_1)I_m + E_{fm} - j\frac{E_{fa}}{a} + E_{bm} + j\frac{E_{ba}}{a} \quad (6.16)$$

$$V_a = (R_{1a} + jX_{1a} + R_c + jX_c)I_a + E_{fa} + E_{ba} + jaE_{fm} - jaE_{bm} \quad (6.17)$$

จากสมการ (6.16), (6.17) นี้เราสามารถเขียนวงจรสมมูลย์ของ MAIN WINDING และ AUXILIARY WINDING ได้ใหม่เป็นดังรูป 6.5

$$Z_f = j\frac{X_m}{2} // \left(\frac{R_2}{2s} + j\frac{X_2}{2} \right)$$

$$= R_f + jX_f$$

$$Z_b = j\frac{X_m}{2} // \left(\frac{R_2}{2(2-s)} + j\frac{X_2}{2} \right)$$

$$= R_b + jX_b$$

$$Z_{fa} = j\frac{X_{ma}}{2} // \left(\frac{R_{2a}}{2s} + j\frac{X_{2a}}{2} \right)$$

$$= R_{fa} + jX_{fa}$$

$$Z_{ba} = j\frac{X_{ma}}{2} // \left(\frac{R_{2a}}{2(2-s)} + j\frac{X_{2a}}{2} \right)$$

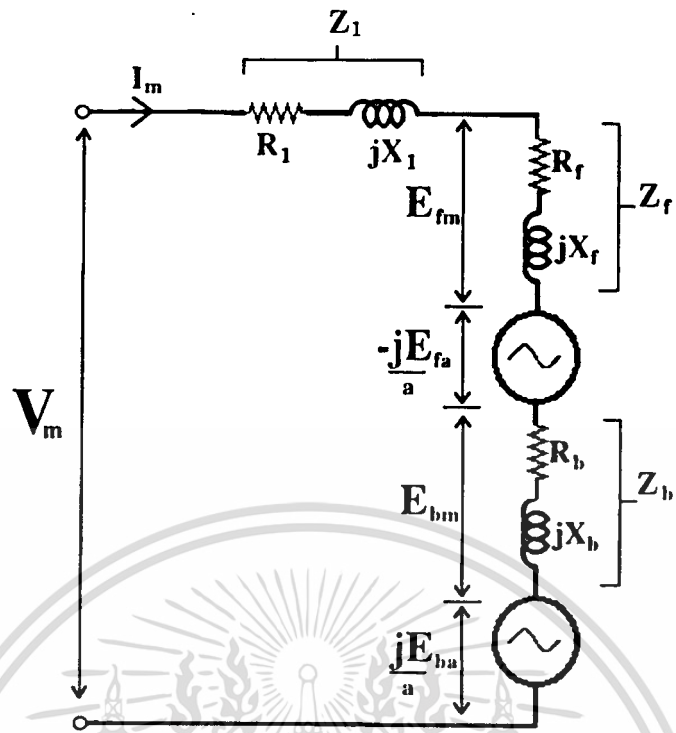
$$= R_{ba} + jX_{ba}$$

กำหนดให้ $E_f = E_{fm} - j\frac{E_{fa}}{a}$ (6.18)

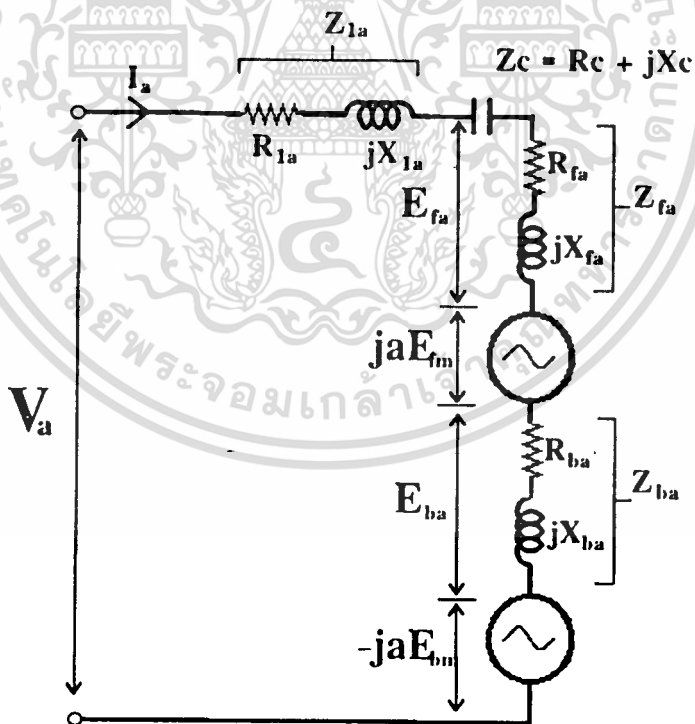
$$E_b = E_{bm} + j\frac{E_{ba}}{a} \quad (6.19)$$

(6.18) x ja $jaE_f = E_{fa} + jaE_{fm}$ (6.20)

(6.19) x -ja $-jaE_b = E_{ba} - jaE_{bm}$ (6.21)



ก. Main winding



ข. Auxiliary winding

รูป 6.5 ก, ข แสดงวงจรสมมูลของ MAIN และ AUXILIARY WINDING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 6.5 เราสามารถเขียนสมการ 6.16 และ 6.17 ใหม่ได้เป็น

$$V_m = (Z_1 + Z_f + Z_b)I_m - ja(Z_f - Z_b)I_a \quad (6.22)$$

$$V_a = ja(Z_f - Z_b)I_m + [Z_c + Z_{1a} + a^2(Z_f + Z_b)]I_a \quad (6.23)$$

โดย $V_m = V_a =$ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 1 เฟส

เนื่องจากขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นจะมี ROTATING FIELD ทั้งที่เป็น FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD ดังนั้น

$$P_g = P_{gf} - P_{gb} = R_e \left[(E_f - E_b)I_m^* + j(E_f - E_b)al_a^* \right] \quad (6.24)$$

$$P_g = (R_f - R_b)(I_m^2 + (al_a)^2) + R_e \left(-j \frac{E_{fa}}{a} - j \frac{E_{ba}}{a} \right) I_m^* + R_e (jaI_{fm} + jaI_{bm}) I_a^* \quad (6.25)$$

เนื่องจาก
$$\frac{-j}{a}(E_{fa} + E_{ba})I_m^* = -ja[R_f + R_b + j(X_f + X_b)]I_a I_m^* = [(X_f + X_b) - j(R_f + R_b)]al_a I_m^* \quad (6.26)$$

และ
$$ja(E_{fm} + E_{bm})I_a^* = ja[R_f + R_b + j(X_f + X_b)]I_a^* I_m = -[(X_f + X_b) - j(R_f + R_b)]al_a^* I_m \quad (6.27)$$

เอาสมการ 6.26 บวกสมการ 6.27 จะได้

$$\frac{-j}{a}(E_{fa} + E_{ba})I_m^* + ja(E_{fm} + E_{bm})I_a^* = [(X_f + X_b) - j(R_f + R_b)]a(I_a I_m^* - I_a^* I_m)$$

$I_a = I_a e^{j\theta_a}$ และ $I_m = I_m e^{j\theta_m}$
 เพราะฉะนั้น
$$I_a I_m^* - I_a^* I_m = I_a I_m (e^{j(\theta_a - \theta_m)} - e^{-j(\theta_a - \theta_m)})$$

$$= j2I_a I_m \sin(\theta_a - \theta_m)$$

ดังนั้น $R_e \left(-j \frac{E_{fa}}{a} - j \frac{E_{ba}}{a} \right) I_m^* + R_e (jaE_{fm} + jaE_{bm}) I_a^*$ จะมีค่าเท่ากับ $2al_a I_m (R_f + R_b) \sin(\theta_a - \theta_m)$ นำไปแทนในสมการ 6.25 จะได้

$$P_g = P_{gf} - P_{gb} = [I_m^2 + (al_a)^2](R_f - R_b) + 2al_a I_m (R_f + R_b) \sin(\theta_a - \theta_m) \quad (6.28)$$

ดังนั้นกำลังที่เพลลาของมอเตอร์จะมีค่าเป็น

$$P_{out} = (1 - s)(P_{gf} - P_{gb}) - loss \quad (6.29)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $P_{gf} - P_{gb}$ มีค่าคงสมการ 6.28

และ Loss ก็กำลังสูญเสียเนื่องมาจาก core loss และ rotational loss
แรงบิดที่เพลของมอเตอร์ก็จะสามารถหาได้โดยอาศัยสูตรพื้นฐานคือ

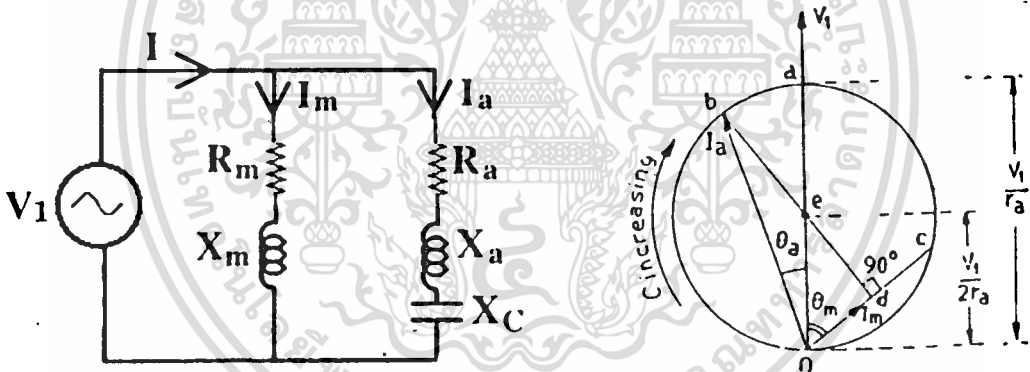
$$T = \frac{P_{out}}{\omega}$$

6.4 การเลือกค่าตัวเก็บประจุเพื่อใช้ในการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ต่อแบบหักล้าง ล้างฟลักซ์มาใช้กับไฟเฟสเดียว

ค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ต่อแบบหักล้างล้างฟลักซ์มาใช้กับไฟเฟสเดียวนั้นสามารถพิจารณาได้ในหลายสภาวะดังนี้

6.4.1 ค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้มอเตอร์มีแรงบิดขณะ START สูงสุด

จากวงจรของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เราสามารถเขียนทิศทางการเดินของกระแสได้ในรูป 6.6



รูป 6.6 แสดงทางการเดินของกระแสที่ไหลในขดลวด m-in และ auxiliary

ถ้า $C = 0$ X_c จะมีค่า ∞ I_a จะเท่ากับ 0

ถ้า $C = \infty$ X_c จะมีค่า 0 I_a จะเท่ากับ $\frac{V_1}{Z_a}$

ถ้า C เป็นค่าที่ทำให้ $X_c = X_a$ I_a จะเท่ากับ $\frac{V_1}{r_a}$ โดยจะ In phase กันกับ

เฟสเซอร์ V_1 นั่นคือระยะ oa ในรูป 6.6

ค่าแรงบิด (T) สูงสุด จะแปรผันตรงกับผลคูณของ $I_a I_m \sin \beta$

เมื่อ β คือมุมระหว่างเฟสเซอร์ I_a กับ I_m ซึ่งก็คือ $\theta_a + \theta_m$

จากรูป 6.6 พบว่า $I_a \sin(\theta_a + \theta_m)$ จะมีค่ามากที่สุดเมื่อมีค่าเท่ากับระยะ bd นั่นคือ I_a ที่ทำให้ได้แรงบิดสูงสุดจะมีค่าเท่ากับระยะ b_o

แต่เนื่องจากระยะ $oe = eb$

$$\therefore \text{มุม } eob = ebo = \theta_a$$

$$\text{มุม } dob + \text{มุม } obd = 90$$

$$\text{มุม } dob = \theta_a + \theta_m$$

$$\text{มุม } obd \text{ ก็คือมุม } ebo = \theta_a$$

$$(\theta_a + \theta_m) + \theta_a = 90^\circ$$

$$\theta_a = \frac{90^\circ - \theta_m}{2}$$

$$\tan \theta_a = \frac{\sin \theta_a}{\cos \theta_a}$$

$$\sin^2 \theta_a = \frac{1 - \cos 2\theta_a}{2}, \quad \cos^2 \theta_a = \frac{1 + \cos 2\theta_a}{2}$$

แทน θ_a ด้วย $\frac{90^\circ - \theta_m}{2}$ จะได้

$$\tan \theta_a = \sqrt{\frac{1 - \cos(90^\circ - \theta_m)}{1 + \cos(90^\circ - \theta_m)}}$$

$$\tan \theta_a = \sqrt{\frac{1 - \sin(\theta_m)}{1 + \sin(\theta_m)}}$$

$$\tan \theta_a = \frac{x_c - x_a}{R_a}, \quad \sin \theta_m = \frac{x_m}{Z_m}$$

$$\frac{x_c - x_a}{R_a} = \left[\frac{1 - \frac{x_m}{Z_m}}{1 + \frac{x_m}{Z_m}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{x_c - x_a}{R_a} = \left[\frac{Z_m - x_m}{Z_m + x_m} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{x_c - x_a}{R_a} = \left[\frac{(Z_m - x_m)(Z_m + x_m)}{(Z_m + x_m)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{x_c - x_a}{R_a} = \frac{[Z_m^2 - x_m^2]^{\frac{1}{2}}}{(Z_m + x_m)}$$

$$Z_m^2 = R_m^2 + X_m^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_m^2 = Z_m^2 - X_m^2$$

$$\frac{x_c - x_a}{R_a} = \frac{R_m}{Z_m + x_m}$$

$$x_c = x_a + \frac{R_m R_a}{Z_m + x_m}$$

$$C = \left[2\pi f \left[x_a + \frac{R_m R_a}{Z_m + x_m} \right] \right]^{-1}$$

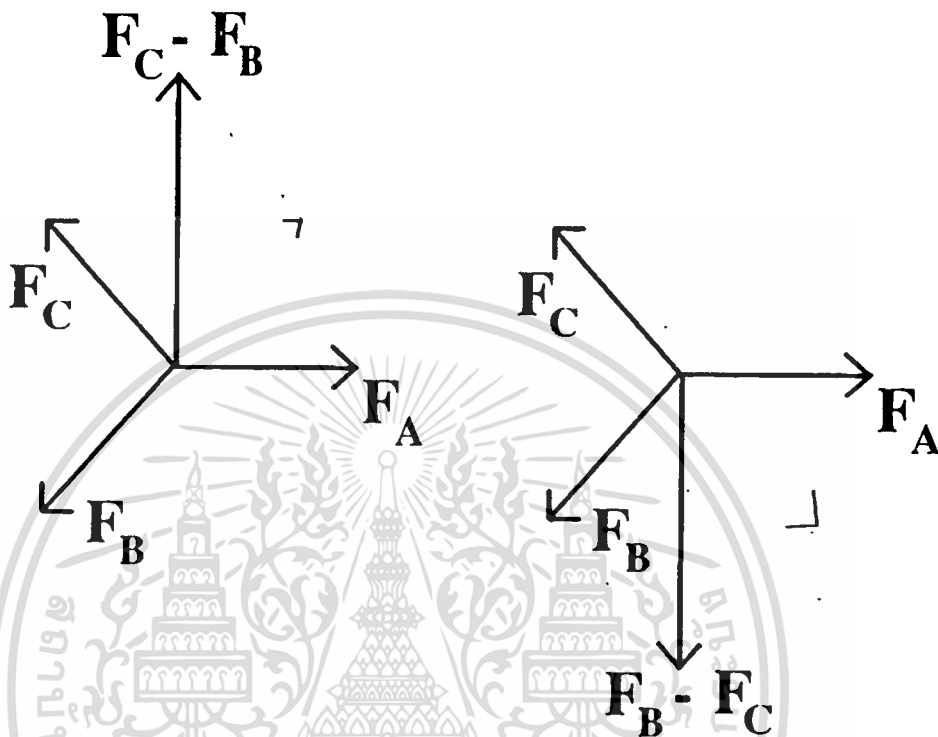
ค่า C นี้ก็คือ ค่า C ที่ทำให้มอเตอร์มีแรงบิดตอนเริ่ม START สูงสุด

6.4.2 ค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดขณะทำงาน

เมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ ARMATURE WINDING ต่อแบบกลับทิศกันทำงานภายใต้ไฟกระแสสลับเฟสเดียวนั้น จะเกิดทั้ง FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD การทำให้ BACKWARD FIELD หายไปจะทำให้มอเตอร์ทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากไม่มีผลของ BACKWARD FIELD ที่ตรงกันข้ามทิศการหมุน การกำจัด BACKWARD FIELD ให้เป็นศูนย์ นั้นทำได้โดยต่อค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมเข้าไปโดยค่าตัวเก็บประจุนี้จะมีค่าเปลี่ยนไปเมื่อค่า SLIP ของมอเตอร์เปลี่ยนไป เมื่อเราต่อตัวเก็บประจุที่เหมาะสมเข้าไปแล้วจะทำให้มอเตอร์เปรียบเสมือนกับเป็นมอเตอร์ 2 เฟส ซึ่งจะไม่มีผลของ BACKWARD FIELD ดังที่อธิบายมาแล้วถึงสนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากไฟ 2 เฟส ในบทที่ 3

คุณสมบัติของตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าไปก็คือ

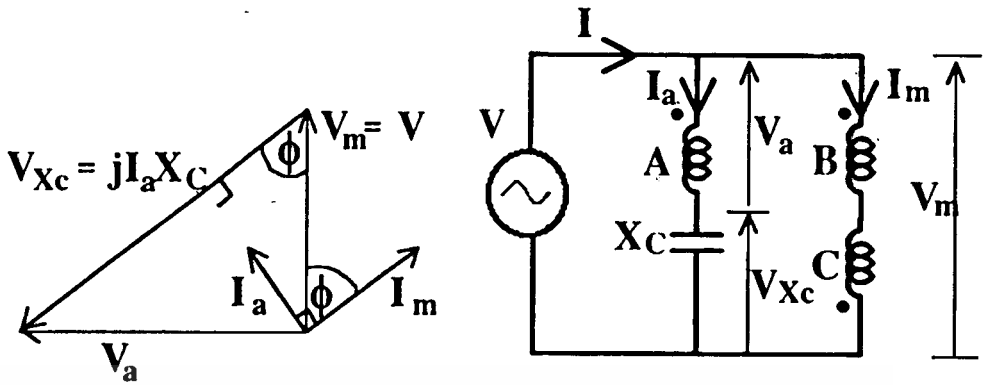
1. ต้องทำให้ MMF จากขด MAIN และ ขด AUXILIARY มีขนาดเท่ากันซึ่งพิจารณาได้จากรูป



จะเห็นได้ว่าถ้าเราให้กระแสไหลเข้าที่ ARMATURE WINDING เฟส A,B,C เท่ากันทั้งหมดจะทำให้ $F_A = F_B = F_C = F$ และ $F_C - F_B = F_B - F_C = \sqrt{3}F$ ในการใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดี่ยวนั้น เราใช้ขด B ต่ออนุกรมกับ C เป็นขด MAIN ขด A เป็นขด AUXILIARY. ดังนั้นถ้าเราให้กระแสไหลผ่านขด MAIN และ AUXILIARY เท่ากัน ก็จะทำให้ MMF ของขด MAIN มีค่าเป็น $\sqrt{3}$ เท่าของขด AUXILIARY เพราะฉะนั้นถ้าเราต้องการให้ MMF ของขดทั้ง 2 มีค่าเท่ากันก็ต้องทำให้กระแสที่ไหลในขด AUXILIARY มากกว่าขด MAIN อยู่ $\sqrt{3}$ เท่า

2. ต้องทำให้กระแสที่ไหลในขด AUXILIARY นำหน้าขด MAIN อยู่ 90° เพื่อเป็นลักษณะของไฟ 2 เฟส

การหาค่าตัวเก็บประจุดังกล่าวนี้จะพิจารณาจากเฟสเซอร์ดังรูป



รูป 6.7 แสดงแผนภาพเฟสเซอร์เพื่อใช้คำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดขณะทำงาน

V_m คือแรงดันตกคร่อมขดเฟส B ซึ่งต่ออนุกรมกับขดเฟส C ขดนี้จะทำหน้าที่เสมือน MAIN WINDING

V_a คือ แรงดันตกคร่อมขดเฟส A ขดนี้จะทำหน้าที่เสมือน AUXILIARY WINDING

V_{xc} คือ แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ V_m กับ I_m

ϕ คือ มุมระหว่างเฟสเซอร์ V_m กับ I_m

$$V = V_m = V_a + V_{xc}$$

เนื่องจาก $V_{xc} = -jI_a X_c$ ดังนั้นเฟสเซอร์ของ V_{xc} จะตั้งฉากกับ I_a ซึ่งจะมีทิศไปในทางขนานกับ I_m

จากรูปเฟสเซอร์จะได้

$$V = V_{xc} \cos \phi$$

$$V = I_a X_c \cos \phi$$

แต่เนื่องจากเราต้องการให้ $I_a = \sqrt{3}I_m$

$$X_c = \frac{V}{\sqrt{3}I_m \cos \phi}$$

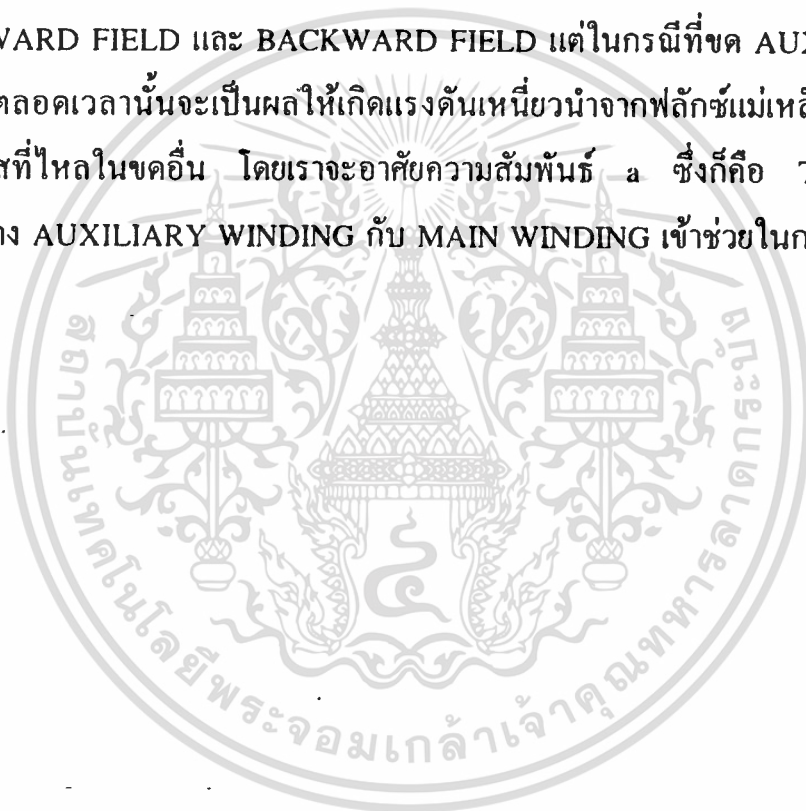
ค่า X_c นี้คือค่า REACTANCE ของตัวเก็บประจุที่เมื่อต่อเข้าไปแล้วจะทำให้มอเตอร์เหนียวน่า 3 เฟสที่ต่อแบบหัดล้างปลั๊กซ์ทำงานภายใต้ไฟเฟสเดียวในสภาวะสมดุลคือ ไม่มีผลเนื่องจาก BACKWARD FIELD

6.5 บทสรุป

เราสามารถแยกพิจารณาการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ต่อ ARMATURE WINDING แบบกลับทิศทางกับไฟเฟสเดียวได้ 2 กรณีคือ

1. สภาวะที่ขด AUXILIARY เปิดวงจรขณะทำงาน
2. สภาวะที่ขด AUXILIARY ต่อวงจรขณะมอเตอร์ทำงาน

ทั้งสองกรณีนี้เราจะอาศัยหลักการพื้นฐานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวที่ว่า กำลัง OUTPUT ที่เพลาเป็นผลลัพธ์เนื่องจาก ROTATING FIELD ทั้งที่เป็น FORWARD FIELD และ BACKWARD FIELD แต่ในกรณีที่ขด AUXILIARY ต่อวงจรอยู่ตลอดเวลา นั้นจะเป็นผลให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำจากฟลักซ์แม่เหล็กส่วนที่เกิดจากกระแสที่ไหลในขดอื่น โดยเราจะอาศัยความสัมพันธ์ a ซึ่งก็คือ TURN RATIO ระหว่าง AUXILIARY WINDING กับ MAIN WINDING เข้าช่วยในการคำนวณ



บทที่ 7

ผลการทดลองการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้ กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟส

7.1 บทนำ

การทดลองการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมาใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟสนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 การทดลองด้วยกันได้แก่

1. การทดลองเพื่อทดสอบวงจรสมมูลย์ของขด MAIN WINDING
2. การทดลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว โดยที่ขดของ AUXILIARY เปิดวงจรขณะมอเตอร์ทำงาน
3. การทดลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว โดยที่ขด AUXILIARY ต่่วงจรอยู่ขณะมอเตอร์ทำงาน
4. การพิจารณาถึงการเลือกค่าตัวเก็บประจุเพื่อให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดขณะทำงานที่ค่า SLIP หนึ่งๆ

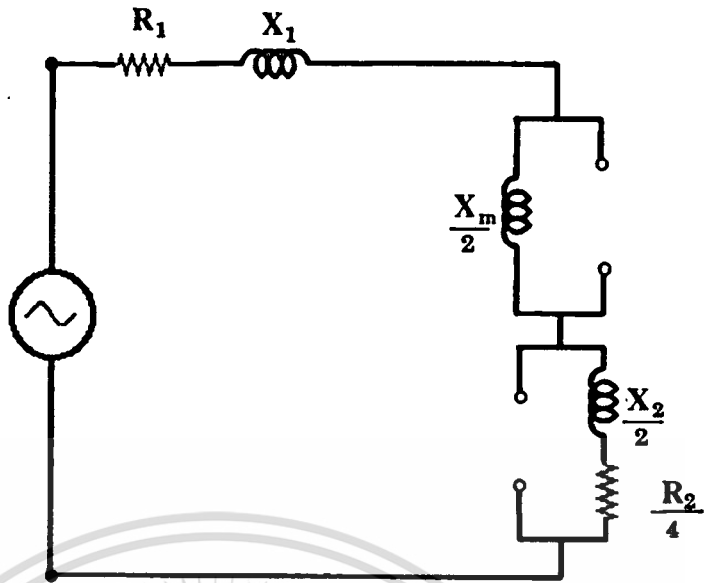
7.2 การทดลองเพื่อทดสอบหาวงจรมูลย์ของขด MAIN WINDING

จากวงจรมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ทำงานภายใต้ไฟเฟสเดียวเราสามารถทดสอบหาค่า PARAMETER ต่างๆ ในวงจรได้โดยอาศัยการทดสอบ 3 ชนิดคือ

1. NO LOAD TEST

ขณะที่มอเตอร์ NO LOAD นั้น ค่าความเร็วของโรเตอร์จะมีค่าสูงจนเกือบเท่ากับความเร็ว SYNCHRONOUS ดังนั้นค่า SLIP ของมอเตอร์จะมีค่าประมาณเข้าใกล้ศูนย์ ทำให้ได้วงจรมูลย์ขณะมอเตอร์ NO LOAD เป็นดังรูป 7.1

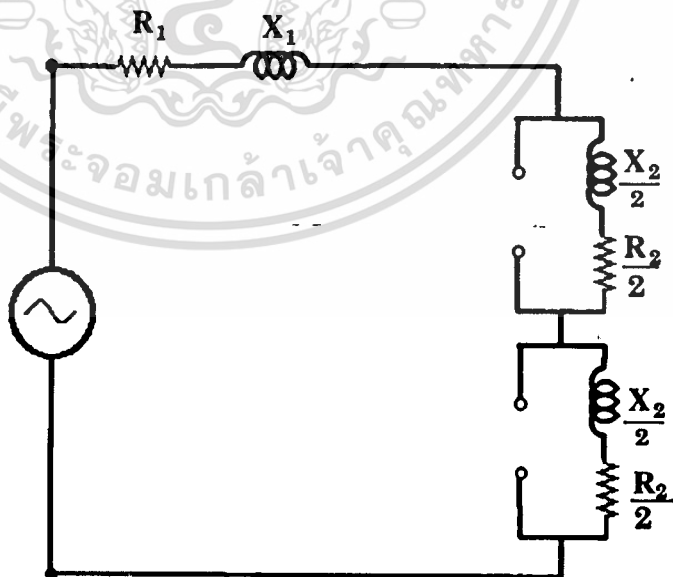
จาก NO LOAD TEST เราจะได้ค่า X_m ของมอเตอร์และค่า CORE LOSS ของมอเตอร์



รูป 7.1 วงจรสมมูลโดยประมาณขณะที่มอเตอร์ NO LOAD

2. BLOCK ROTOR TEST

เราจะทำการจับโรเตอร์ของมอเตอร์เอาไว้ไม่ให้หมุนและป้อนแรงดันจนกว่ากระแสจะไหลเข้าขด MAIN WINDING เท่ากับพิกัดกระแสที่มันจะทนได้นั้นหมายความว่า ขณะที่เราทำการ BLOCK ROTOR TEST นั้นความเร็วของโรเตอร์จะเป็นศูนย์ ทำให้ค่า SLIP ของมอเตอร์จะมีค่าประมาณเข้าใกล้ 1 ทำให้ได้วงจรสมมูลของมอเตอร์ขณะ BLOCK ROTOR TEST เป็นดังรูป 7.2



รูป 7.2 วงจรสมมูลโดยประมาณขณะที่มอเตอร์ถูก BLOCK ROTOR

จาก BLOCK ROTOR TEST เราจะได้ค่า R_{eq} ซึ่งเป็นผลรวมของ R_1 และ R_2 และ X_{eq} ของตัวมอเตอร์

8. V-I METHOD

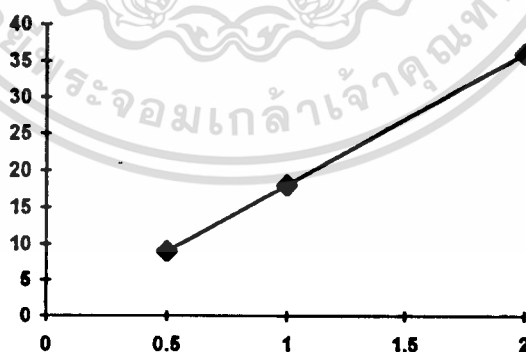
เป็นการจ่ายไฟกระแสตรงเข้าที่ขด MAIN WINDING เพื่อทำการหาค่า R_1 ของ MAIN WINDING ซึ่งจากค่านี้ทำให้เราสามารถแยกค่า R_{eq} ที่ได้จาก BLOCK ROTOR TEST ให้เป็นค่า R_1 และ R_2 ได้

ผลการทดลอง V-I method

V	I
9	0.5
18	1
36	2

ตาราง 7.1 แสดงผลของ V-I METHOD

นำมาพล็อตกราฟและหาค่าความชันได้เท่ากับ 18



รูป 7.3 กราฟแสดงผลการทดลองจาก V-I METHOD

ค่า SLOPE นี้ก็คือค่า R_1 ของ MAIN WINDING

ผลการทดลอง BLOCK ROTOR TEST

$$P = 130 \text{ Watts}$$

$$I = 2 \text{ Amp.}$$

$$V = 100 \text{ Volts}$$

คำนวณ

$$R_{eq} = \frac{P}{I^2} = \frac{130}{2^2} = 32.5 \ \Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \text{ แต่ } R_1 \text{ จาก V-I METHOD เท่ากับ } 18$$

$$R_2 = 32.5 - 18 = 14.5 \ \Omega$$

$$Z_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{100}{2} = 50 \ \Omega$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z^2 - R_{eq}^2} = \sqrt{50^2 - 14.5^2} = 38$$

จาก IEEE TEST CODE มอเตอร์ CLASS A $X_1 = X_2 = \frac{X_{eq}}{2}$

$$\text{จะได้ } X_1 = X_2 = \frac{X_{eq}}{2} = \frac{38}{2} = 19$$

ผลการทดลอง NO LOAD TEST

$$P = 50 \text{ Watt}$$

$$I = 0.84 \text{ Amp.}$$

$$V = 220 \text{ Volt}$$

คำนวณ

$$\phi_0 = \cos^{-1} \frac{P}{VI} = \cos^{-1} \frac{50}{220 \times 0.84} = 0.27$$

$$\phi_0 = 74.3^\circ$$

$$Z_0 = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.84} = 262 \ \Omega$$

$$X_0 = Z_0 \sin \phi_0 = 262 \sin 74.3^\circ = 252.22$$

$$Z_0 = \left(R_1 + \frac{R_2}{4} \right) + j \left(X_1 + \frac{1}{2} (X_2 + X_m) \right)$$

$$\text{ดังนั้น } X_0 = X_1 + \frac{1}{2} (X_2 + X_m)$$

$$X_m = 2X_0 - 2X_1 - X_2$$

แทน X_1 และ X_2 จากผลการ BLOCK ROTOR TEST จะได้

$$X_m = 2 \times 252.225 - 2 \times 19 - 19 = 447.45 \Omega$$

ดังนั้นในวงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

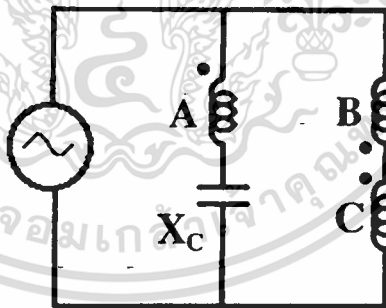
$$R_1 = 18 \Omega \quad R_2 = 14.5 \Omega$$

$$X_1 = 19 \Omega \quad X_2 = 19 \Omega$$

$$X_m = 447.45 \Omega$$

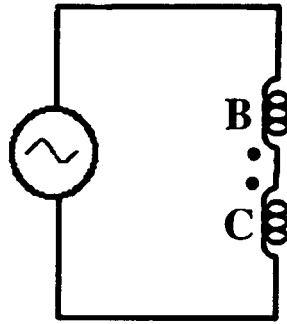
7.8 การทดลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว โดยที่ขด AUXILIARY เปิดวงจรขณะมอเตอร์ทำงาน

ในวงจรเราจะใช้ขดเฟส A เป็น AUXILIARY WINDING และขดเฟส B ที่อนุกรมอยู่กับเฟส C เป็นขด MAIN โดยขดเฟส B ต่อในทิศทางที่สร้างฟลักซ์เป็นลบ ดังรูป 7.4



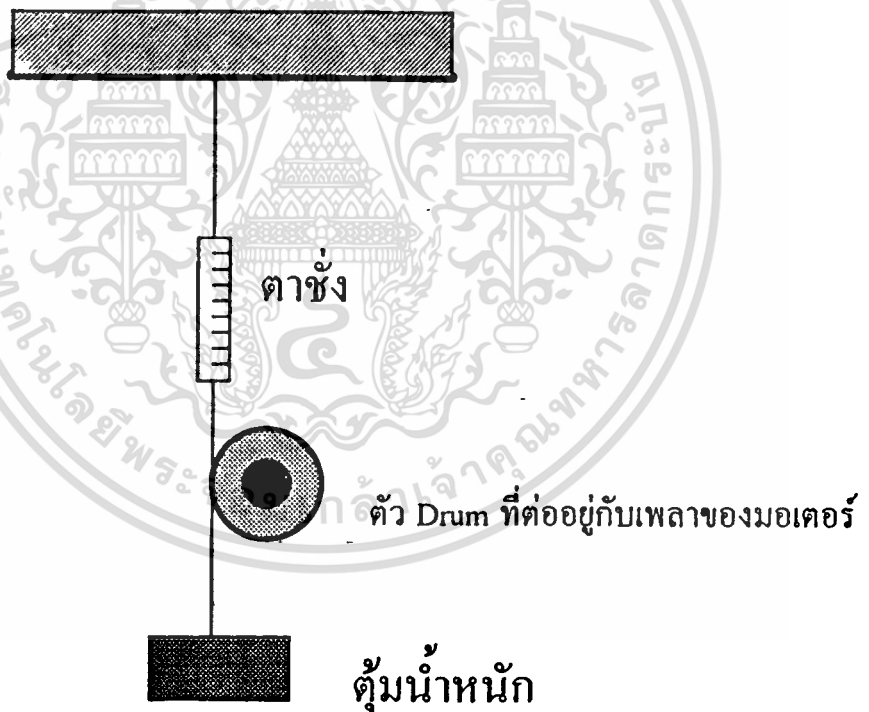
รูป 7.4 แสดงวงจรการทดลอง

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนเราก็จะทำการตัดวงจรของขด AUXILIARY ออกเสียโดยให้เหลือเพียงแต่ขด MAIN ที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายดังรูป 7.5



รูป 7.5 แสดงวงจรขณะที่มอเตอร์ทำงานโดยไม่มีขดAUXILIARY

และในการทดลองนั้นเราจะใช้ LOAD เป็นตุ้มน้ำหนัก เพื่อทดสอบแรงบิดและกำลังที่เพลของมอเตอร์ โดยพิจารณาจากผลต่างของน้ำหนัก LOAD กับค่าที่อ่านได้จากตาชั่ง ดังรูป 7.6



รูป 7.6 แสดงการหาแรงบิดและกำลัง OUTPUT ที่เพลของมอเตอร์

จากรูปสามารถคำนวณค่าแรงบิดที่เพลของมอเตอร์ได้จากสูตร

$$T = F \times r \quad (7.2)$$

F คือ แรงที่กระทำจากมอเตอร์ หน่วยเป็นนิวตันหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$F = (\text{น้ำหนัก LOAD} + \text{น้ำหนักเชือกและฐานรอง} - \text{ค่าที่อ่านได้จากตาชั่ง}) \times 9.8$

r เป็นรัศมีของตัว DRUM ที่ต่ออยู่กับเพลลาของมอเตอร์หน่วยเป็นเมตรและสามารถคำนวณกำลัง OUTPUT ที่เพลลาของมอเตอร์ได้จาก

$$P_{out} = T\omega$$

$$P_{out} = \frac{2\pi N_r}{60} \times F \times r \quad (7.3)$$

เมื่อ N_r คือความเร็วรอบของโรเตอร์มอเตอร์

ในการทดลองนี้ คำน้ำหนักเชือกและฐานรอง LOAD = 0.5 กิโลกรัม

ค่ารัศมีของ DRUM ที่ต่ออยู่กับเพลลา = 7.95 cm = 0.0795 m

ผลการทดลอง การใช้มอเตอร์เหนี่ยวนางเฟสกับไฟเฟสเดียวโดยขดของ AUXILIARY เปิดวงจรขณะที่มอเตอร์ทำงาน

load (kg)	I_m (A)	Pin (Watt)	Wตาชั่ง (kg)	N_r (RPM)
0.5	1.08	140	0.25	1460
0.75	1.2	175	0.3	1456
1	1.3	210	0.4	1442
1.25	1.44	240	0.45	1433
1.5	1.6	280	0.5	1420
1.75	1.74	310	0.6	1407
2	1.92	350	0.65	1388

ตาราง 7.2 แสดงผลการทดลองการใช้งานมอเตอร์ขณะที่เปิดวงจรขด
AUXILIARY

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่เพลจากสมการ 7.2 และค่าประสิทธิภาพที่ค่า LOAD ต่างๆ ได้ดังนี้

load	Pout	ประสิทธิภาพ
(kg)	(Watt)	(%)
0.5	90.8	63.78
0.75	110.27	64.48
1	129.63	61.16
1.25	157.25	63.33
1.5	184	62.06
1.75	199.8	61.1
2	212.27	59.85

ตาราง 7.8 แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลองขณะเปิดวงจรขด AUXILIARY

การคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่เพลโดยอาศัยสมการการคำนวณจากบทที่ 6

$$P_{out} = (1 - s)(I_m^2 R_f - I_m^2 R_b) - loss$$

$$loss = P_{noload} - copper\ loss \text{ ที่ขด MAIN ขณะ NO LOAD}$$

ขณะ NO LOAD วัดกำลังไฟฟ้า INPUT ได้ 50 วัตต์ และกระแสที่ไหลเข้าขด MAIN มีค่าเท่ากับ 0.84 แอมแปร์

$$\begin{aligned} \text{COPPER LOSS ที่ขด MAIN} &= I_m^2 (R_1 + \frac{R_2}{4}) \\ &= (0.84)^2 (18 + \frac{14.5}{4}) \\ &= 15.3 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LOSS} &= P_{noload} - \text{COPPER LOSS ที่ขด MAIN ขณะ NO LOAD} \\ &= 50 - 15.3 \\ &= 34.7 \text{ Watt} \end{aligned}$$

ค่า S คือค่าสลิปของมอเตอร์หาได้จาก $\frac{N_s - N_r}{N_s}$ เมื่อ N_s คือความเร็ว SYNCHRONOUS มีค่าเท่ากับ $\frac{120f}{p}$

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

มอเตอร์ใช้งานกับไฟ 50 Hz และมีจำนวนขั้วแม่เหล็ก = 4

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ RPM}$$

N_r คือค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ขณะที่ทำการขับ LOAD ค่าต่างๆ

R_f คือส่วนจริงของ Z_f เมื่อ Z_f คือ $j \frac{X_m}{2} // (\frac{R_2}{2s} + j \frac{X_2}{2})$

R_b คือส่วนจริงของ Z_b เมื่อ Z_b คือ $j \frac{X_m}{2} // (\frac{R_2}{2(2-s)} + j \frac{X_2}{2})$

ซึ่งสามารถคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่เพลของมอเตอร์ออกมาได้ดังนี้

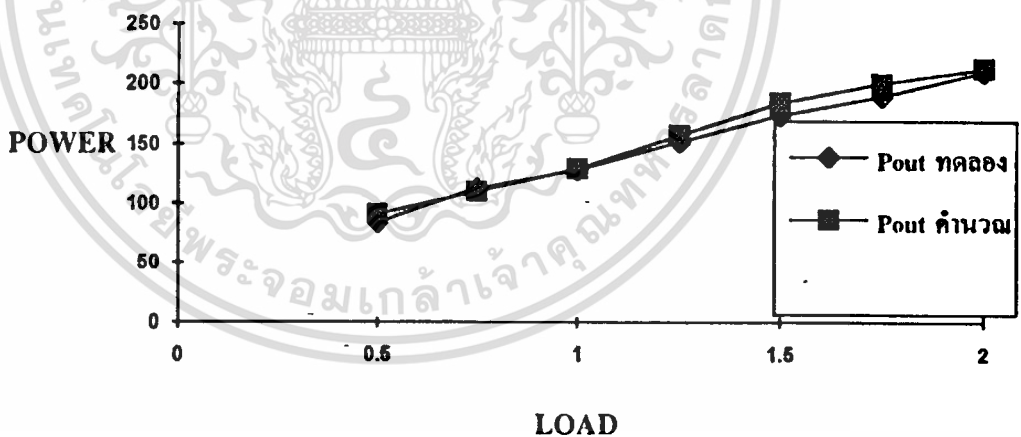
load (kg)	N_r (RPM)	S	R_f (Ω)	R_b (Ω)	Pout คำนวณ (Watt)
0.5	1460	0.027	114.05	3.4	90.81
0.75	1456	0.029	107.05	3.4	110.27
1.0	1442	0.039	104.6	3.4	129.63
1.25	1433	0.045	100.35	3.41	157.25
1.5	1420	0.053	93.65	3.425	184
1.75	1407	0.062	86	3.44	199.8
2	1388	0.075	75.9	3.46	212.27

ตาราง 7.4 แสดงกำลัง OUTPUT ของมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณโดยที่
เปิดวงจรชุด AUXILIARY

ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองได้เป็น

load	Pout ทดลอง	Pout จำนวน
0.5	84.3	90.8
0.75	112.85	110.27
1	128.43	129.63
1.25	152	157.25
1.5	173.78	184
1.75	189.4	199.8
2	209.5	212.27

ตาราง 7.5 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองเทียบกับค่าจำนวน ขณะเปิดวงจรขด AUXILIARY



รูป 7.7 กราฟแสดงกำลัง OUTPUT จากการทดลองและการคำนวณขณะที่ขด AUXILIARY เปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 การทดลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อใช้กับไฟเฟสเดียว โดยที่ขด AUXILIARY ต้องจอร์อยู่ขณะมอเตอร์ทำงาน

ในการทดลองเราจะใช้ขดเฟส A เป็น AUXILIARY WINDING และขดเฟส B ที่อนุกรมอยู่กับเฟส C เป็นของ MAIN และใช้ LOAD ตุ่มน้ำหนักเพื่อทดสอบค่าแรงบิดและกำลังที่เพลาของมอเตอร์

ผลการทดลองการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส กับไฟเฟสเดียวโดยขด Auxiliary ต้องจอร์อยู่ขณะมอเตอร์ทำงาน

เมื่อต่อตัวเก็บประจุขนาด 7.74 μF

load	I_m	มุม I_m	I_a	มุม I_a	P_{in}	Wต่าซ่ง	Nr
(kg)	(A)	(องศา)	(A)	(องศา)	(watt)	(kg)	(RPM)
1	0.95	-63	0.64	81	180	0.35	1450
1.5	1.16	-54	0.62	81	240	0.5	1438
2	1.46	-40.5	0.6	81	310	0.55	1410
2.5	4.83	-45	0.58	81	380	0.7	1373

ตาราง 7.6 แสดงผลการทดลองการใช้งานมอเตอร์ขะที่ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 7.74 μF

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่ได้จากสมการ 7.2 และค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่า LOAD ต่างๆ ได้ดังนี้

load (kg)	Pout (watt)	ประสิทธิภาพ (%)
1	136	75.55
1.5	176	73.33
2	224.3	72.35
2.5	257.6	67.78

ตาราง 7.7 แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลองขณะที่ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 7.74 μF

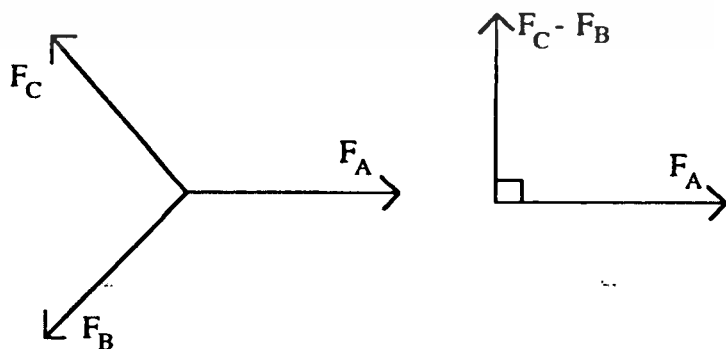
การคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่เพลาดโดยอาศัยสมการการคำนวณจากบทที่ 8

$$P_{out} = (1 - s)P_g - loss$$

$$P_g = [I_m^2 + (aI_a)^2](R_f - R_b) + 2aI_a I_m (R_f + R_b) \sin(\theta_a - \theta_m)$$

a คืออัตราส่วนของจำนวนรอบของขด AUXILIARY ต่อ MAIN ซึ่งเราสามารถหาได้ดังนี้

จาก ARMATURE WINDING ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เมื่อเราทำการต่อแบบหักล้างฟลักซ์จะทำให้เกิดลักษณะของ MMF เป็นดังรูป



รูป 7.6 แสดง MMF ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขณะต่อ ARMATURE

WINDING กลับทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราป้อนกระแสที่ขนาดเท่ากันเข้าสู่ ARMATURE WINDING ทั้งเฟส A,B,C จะทำให้ $F_C - F_B$

เมื่อรวมกันทางเวกเตอร์แล้ว $F_C - F_B$ จะมีขนาดเป็น $\sqrt{3}$ เท่าของ F_A แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลสู่ขดเฟส A, B, C มีค่าเท่ากัน

$$(F_C - F_B) = \sqrt{3}F_A$$

$$N_{C-B} = \sqrt{3}N_A I$$

นั่นหมายความว่าจำนวนรอบของขดลวด MAIN ซึ่งเกิดจากเฟส B กับ เฟส C ต่อกันจะมีค่าเป็น เท่าของจำนวนรอบของขดลวด AUXILIARY ซึ่งเกิดจากเฟส A ดังนั้น

$$a = \frac{N_a}{N_m} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58$$

LOSS = P_{load} - COPPER LOSS ที่ขด MAIN และ AUXILIARY ขณะ NO LOAD

ขณะ NO LOAD วัดค่ากำลังไฟฟ้า INPUT ได้ 65 W กระแสที่ไหลในขด MAIN = 0.72 A และกระแสที่ไหลในขด AUXILIARY = 0.72 A ด้วย

$$\text{COPPER LOSS ที่ ขด MAIN} = I_m^2 \left(R_1 + \frac{R_2}{4} \right)$$

$$\text{COPPER LOSS ที่ ขด AUXILIARY} = I_a^2 \left(R_{1a} + \frac{R_{2a}}{4} \right)$$

$$\text{loss} = 65 - (0.72)^2 \left(18 + \frac{14.5}{4} \right) - (0.72)^2 \left(9 + \frac{7.25}{4} \right)$$

$$= 48.2 \text{ W.}$$

โดยค่า R_{1a} และ R_{2a} ได้มาจาก BLOCK ROTOR TEST และ V-I METHOD จากเฟส A ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

ซึ่งเราจะสามารถคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่เพลของมอเตอร์ออกมาได้ดังนี้
คือ

load (kg)	Nr (RPM)	S	Rf (Ω)	Rb (Ω)	Pout จำนวน (Watt)
1	1450	0.033	107.2	3.4	100.8
1.5	1438	0.041	103.3	3.4	153.5
2	1410	0.06	87.6	3.45	196.2
2.5	1373	0.085	69.2	3.5	231.15

ตาราง 7.8 แสดงกำลัง OUTPUT ของมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณโดยที่
ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 7.74 μ F

ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองได้เป็น

load	Pout ทดลอง	Pout จำนวน
1	136	100.8
1.5	176	153.5
2	224.3	196.2
2.5	257.6	231.15

ตาราง 7.9 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองเทียบ
กับการคำนวณ ขณะที่ค่า C = 7.74 μ F

เมื่อต่อตัวเก็บประจุขนาด 15.88 μF

load	I_m	มุม I_m	I_a	มุม I_a	P_{in}	Wต่าซ้ง	N_r
(kg)	(A)	(องศา)	(A)	(องศา)	(watt)	(kg)	(RPM)
1	0.64	-67.5	1.4	54	220	0.2	1456.
1.5	0.85	-54	1.34	54	27.5	0.25	1438
2	1.14	-49.5	1.3	54	330	0.35	1410
2.5	1.54	-45	1.26	54	410	0.425	1373
2.75	1.78	-40.5	1.24	58.5	460	0.5	1349

ตาราง 7.10 แสดงผลการทดลองการใช้งานมอเตอร์ ขณะที่ขด AUXILIARY
ต่ออยู่กับ C 15.88 μF

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณค่ากำลัง OUTPUT ที่ได้จากสมการ
7.2 และค่าประสิทธิภาพที่ค่า LOAD ต่างๆ ได้ดังนี้

load	P_{out}	ประสิทธิภาพ
(kg)	(watt)	(%)
1	154.43	70.19
1.5	205.3	74.65
2	247.3	74.9
2.5	288.45	70.35
2.75	302.7	65.8

ตาราง 7.11 แสดงค่ากำลัง OUTPUT และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จาก
การทดลองขณะที่ขดAUXILIARY ต่ออยู่กับ C 15.88 μF

ตอน NO LOAD วัดค่ากำลัง INPUT ได้เป็น 92.5 W กระแสที่ไหลเข้าขด MAIN = 0.72 A และกระแสที่ไหลเข้าขด AUXILIARY = 1.62 A

$$\begin{aligned} loss &= P_{no\ load} - I_m^2(R_1 + \frac{R_2}{4}) - I_a^2(R_{1a} + \frac{R_{2a}}{4}) \\ &= 92.5 - (0.72)^2(18 + \frac{145}{4}) - (1.62)^2(9 + \frac{725}{4}) \\ &= 53 \end{aligned}$$

นำมาคำนวณกำลัง OUTPUT ที่เพลลาโดยอาศัยสมการ

$$P_{out} = (1 - s)P_g - loss$$

$$P_g = [I_m^2 + (aI_a)^2](R_f - R_b) + 2aI_aI_m(R_f + R_b)\sin(\theta_a - \theta_m)$$

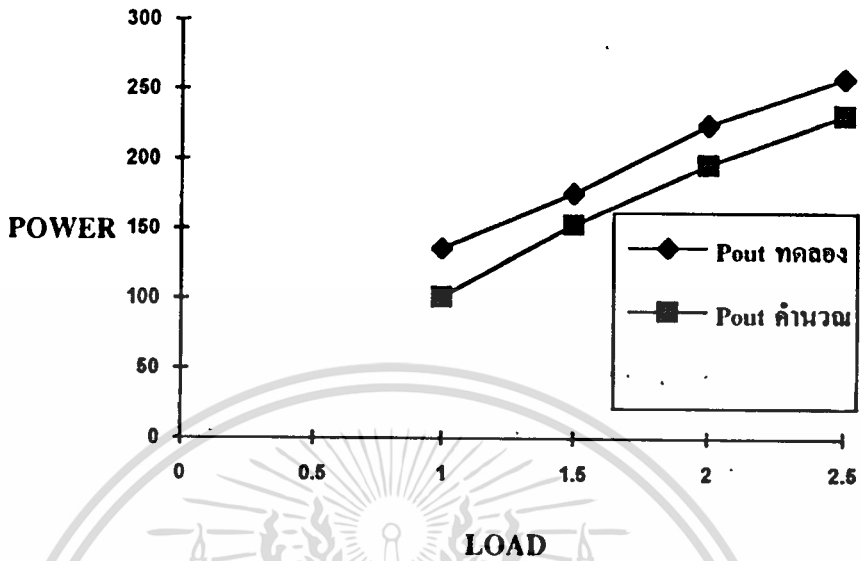
load (kg)	Nr (RPM)	S	Rf (Ω)	Rb (Ω)	Pout จำนวน (Watt)
1	1456	0.029	107.05	3.385	149.6
1.5	1438	0.041	103.3	3.405	202.7
2	1410	0.06	87.65	3.43	238.03
2.5	1373	0.085	69.25	3.485	269.8
2.75	1349	0.1	60.85	3.51	283.7

ตาราง 7.12 แสดงกำลัง OUTPUT ของมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณโดยที่ขด AUXILIARY ต่ออยู่กับ C 15.88 μF

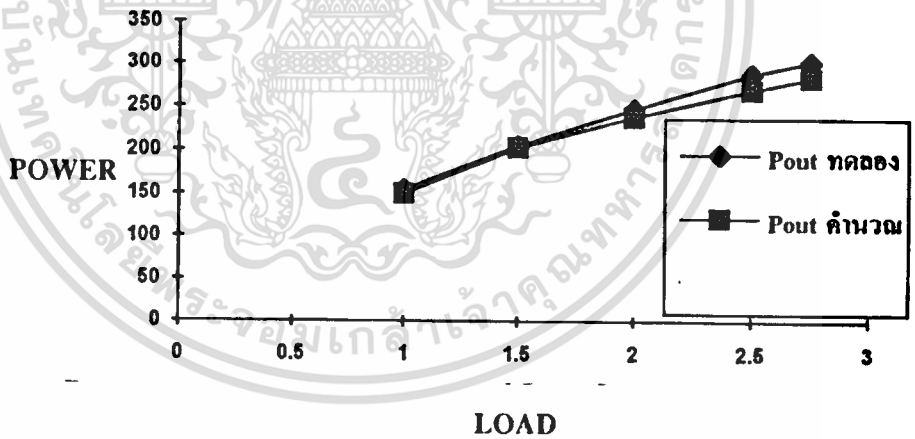
ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองได้เป็น

load	Pout ทดลอง	Pout จำนวน
1	154.43	149.6
1.5	205.3	202.7
2	247.3	238.03
2.5	288.45	269.8
2.75	302.7	283.7

ตาราง 7.18 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลัง OUTPUT จากการทดลองเทียบกับ การคำนวณขณะที่ค่า C = 15.88 μF



รูป 7.8 กราฟ แสดงกำลัง OUTPUT จากการทดลองและการคำนวณขณะที่
ขด AUXILIARY ต่อกับ C 7.74 μF



รูป 7.9 กราฟแสดงกำลัง OUTPUT จากการทดลองและการคำนวณขณะที่ขด
AUXILIARY ต่อกับ C 15.88 μF

7.5 การพิจารณาถึงการเลือกค่าตัวเก็บประจุเพื่อให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงที่สุดขณะที่ทำงาน

จากบทที่ 6 เราทราบว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ต่อแบบแยกเฟสนั้นเมื่อนำมาใช้กับไฟเฟสเดียวมันจะมีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ค่าแต่ละ SLIP ก็ต่อเมื่อตัวเก็บประจุที่เราต่อเข้าไปนั้นทำให้มอเตอร์อยู่ในลักษณะสมดุลคือ เปรียบเสมือนกับจ่ายไฟ 2 เฟสเข้าไปที่ MAIN WINDING และ AUXILIARY WINDING ซึ่งค่า REACTANCE ของตัวเก็บประจุดังกล่าวสามารถหาได้จาก

$$X_c = \frac{V}{\sqrt{3}I_m \cos \phi}$$

และสามารถหาค่าตัวเก็บประจุได้จาก

$$C = \frac{1}{\omega X_c}$$

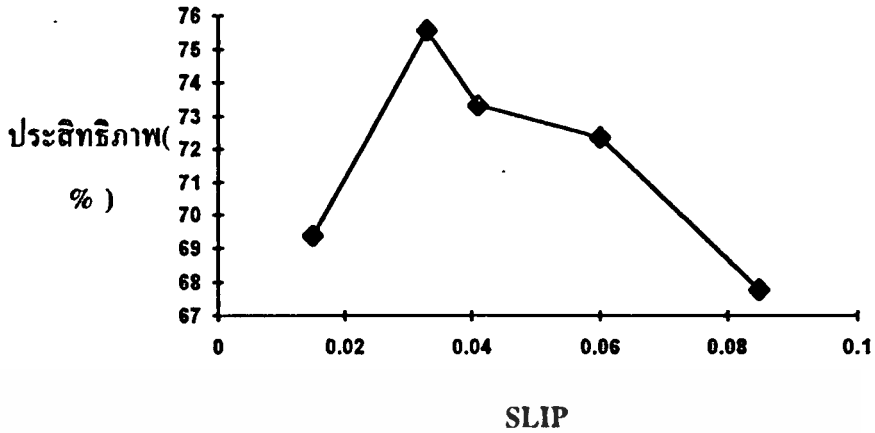
ในการทดลองนั้น เราจะทำการนำมอเตอร์ไปขับ LOAD โดยจะยึดค่า C ให้คงที่ตลอดย่านการทำงาน จากนั้นจะนำข้อมูลการทดลองมาทำการหาประสิทธิภาพที่ค่า SLIP ต่าง ๆ เพื่อหาค่า C ดังกล่าวให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ SLIP ค่าใด หลังจากนั้นเราจะนำ ข้อมูลที่ SLIP ดังกล่าว แทนลงในสมการ เพื่อเปรียบเทียบค่า C ที่ได้จากการคำนวณกับค่า C ที่ได้จากการทดลอง

C = 7.74 μF

LOAD (kg)	Im (A)	มุม Im	Pin (W)	Pout (W)	ประสิทธิ ภาพ (%)	Slip
0.5	0.78	-67.5	130	90.4	69.38	0.015
1.0	0.95	-63.0	180	136	75.55	0.033
1.5	1.16	-54.0	240	176	73.33	0.041
2.0	1.46	-49.5	310	224.3	72.35	0.060
2.5	1.83	-45.0	380	257.6	67.78	0.085

ตาราง 7.14 แสดงผลการทดลองระหว่างค่า SLIP และค่าประสิทธิภาพขณะที่ C= 7.74

μF



รูป 7.10 กราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ย่านค่า SLIP ต่างๆ เมื่อ $C = 7.74 \mu F$

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพจะมีค่าสูงสุดในย่านค่า SLIP ระหว่าง 0.015 ถึง 0.041

ที่ $SLIP = 0.015$ $I = 0.78$ มุม $\phi = 67.5^\circ$

$$X_C = \frac{220}{(\sqrt{3})(0.78)(\cos 67.5^\circ)} = 425.5 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 7.48 \mu F$$

ที่ $SLIP = 0.041$, $I_m = 1.16$ มุม $\phi = 63^\circ$

$$X_C = \frac{220}{(\sqrt{3})(1.16)(\cos 63^\circ)} = 241.2 \Omega$$

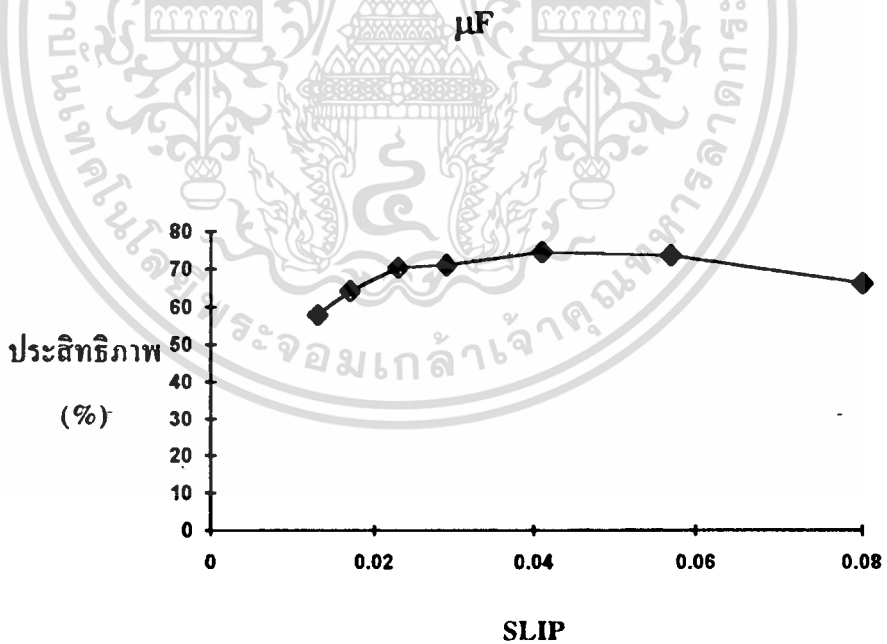
$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 13.2 \mu F$$

นั่นหมายความว่าค่า C ที่จะทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดระหว่างค่า SLIP เป็น 0.015 ถึง ค่า SLIP เป็น 0.041 จะมีค่าอยู่ระหว่าง $7.48 \mu F$ ถึง $13.2 \mu F$ ซึ่งจากการทดลองเราใช้ C เท่ากับ $7.74 \mu F$ ซึ่งอยู่ในย่านดังกล่าว

C = 13.1 μ F

LOAD (kg)	Im (A)	มุม Im	Pin (W)	Pout (W)	ประสิทธิภาพ (%)	Slip
0.25	0.6	-85.5	125	72.45	57.96	0.013
0.5	0.62	-81.0	150	96.20	64.13	0.017
0.75	0.68	-72.0	170	119.6	70.35	0.023
1.0	0.77	-67.5	205	145.6	71.02	0.029
1.5	1.0	-54.0	260	193.6	74.46	0.041
2.0	1.3	-49.5	325	239.4	73.66	0.057
2.5	1.74	-45.0	415	274.8	66.22	0.080

ตาราง 7.15 แสดงผลการทดลองระหว่างค่า SLIP และค่าประสิทธิภาพขณะที่ C = 13.1



รูป 7.11 กราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ย่านค่า SLIP ต่างๆ เมื่อ C = 13.1 μ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพจะมีค่าสูงสุดในย่านค่า SLIP ระหว่าง 0.029 ถึง 0.057

ที่ SLIP = 0.029 I = 0.77 มุม $\phi = 67.5^\circ$

$$X_C = \frac{220}{(\sqrt{3})(0.77)(\cos 67.5^\circ)} = 431 \quad \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 7.38 \quad \mu F$$

ที่ SLIP = 0.057 , I_m = 1.3 มุม $\phi = 49.5^\circ$

$$X_C = \frac{220}{(\sqrt{3})(1.3)(\cos 49.5^\circ)} = 150.4 \quad \Omega$$

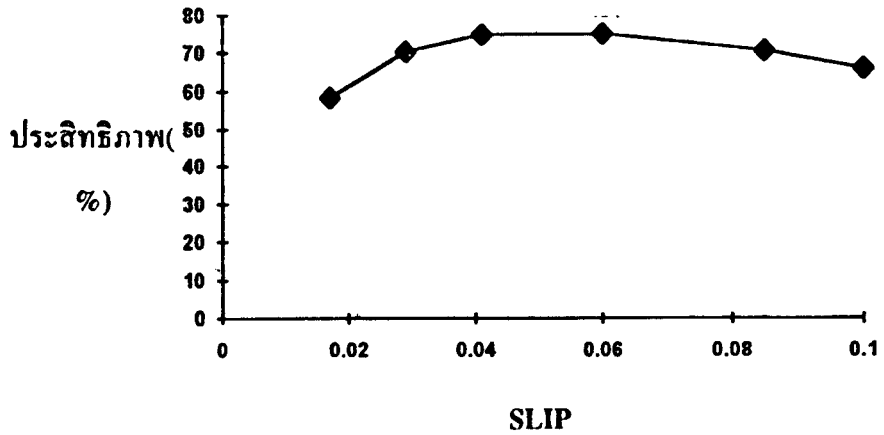
$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 21.2 \quad \mu F$$

นั่นหมายความว่าค่า C ที่จะทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดระหว่างค่า SLIP เป็น 0.029 ถึง ค่า SLIP เป็น 0.041 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 7.38 μF ถึง 21.2 μF ซึ่งจากการทดลองเราใช้ C เท่ากับ 13.1 μF ซึ่งอยู่ในย่านดังกล่าว

C = 15.88 μF

LOAD (kg)	I _m (A)	มุม I _m	P _{in} (W)	P _{out} (W)	ประสิทธิภาพ ภาพ (%)	Slip
0.5	0.52	-85.5	170	99.2	58.35	0.017
1.0	0.64	-67.5	220	154.43	70.19	0.029
1.5	0.85	-54	275	205.3	74.65	0.041
2.0	1.14	-49.5	330	247.3	74.90	0.06
2.5	1.54	-45	410	288.45	70.35	0.085
2.75	1.78	-40.5	460	302.7	65.80	0.10

ตาราง 7.16 แสดงผลการทดลองระหว่างค่า SLIP และค่าประสิทธิภาพขณะที่ C = 15.88 μF



รูป 7.12 กราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ย่านค่า SLIP ต่างๆ เมื่อ $C = 15.88 \mu F$

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพจะมีค่าสูงสุดในย่านค่า SLIP ระหว่าง 0.041 ถึง 0.085

ที่ $SLIP = 0.041$ $I = 0.85$ มุม $\phi = 54^\circ$

$$X_C = \frac{220}{(\sqrt{3})(0.85)(\cos 54^\circ)} = 254.23 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 12.5 \mu F$$

ที่ $SLIP = 0.085$, $I_m = 1.54$ มุม $\phi = 45^\circ$

$$X_C = \frac{220}{(\sqrt{3})(1.54)(\cos 45^\circ)} = 116.64 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 27.3 \mu F$$

นั่นหมายความว่าค่า C ที่จะทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดระหว่างค่า SLIP เป็น 0.041 ถึง ค่า SLIP เป็น 0.085 จะมีค่าอยู่ระหว่าง $12.5 \mu F$ ถึง $27.3 \mu F$ ซึ่งจากการทดลองเราใช้ C เท่ากับ $13.1 \mu F$ ซึ่งอยู่ในย่านดังกล่าว

จากการทดลองกับค่า C ทั้ง 3 สามารถสรุปได้ดังตาราง 7.17

ขนาด C ที่ใช้	ย่านของ Slip ที่จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด	ย่านของ C ที่ได้จากการคำนวณ
7.74 μF	0.015 ถึง 0.041	7.48 μF ถึง 13.2 μF
13.1 μF	0.029 ถึง 0.057	7.38 μF ถึง 21.2 μF
15.88 μF	0.041 ถึง 0.085	12.5 μF ถึง 27.3 μF

ตาราง 7.17 แสดงย่านของตัวเก็บประจุที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในย่าน SLIP ที่กำหนด

จะเห็นได้ว่าค่า C ที่ใช้การทดลอง เพื่อให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ SLIP หนึ่งๆ นั้นจะอยู่ในย่านเดียวกันกับค่า C ที่ได้จากการคำนวณ นั้นหมายความว่าเราสามารถหาค่า C ที่จะทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ SLIP หนึ่งๆ ได้จาก

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c}$$

เมื่อ $X_c = \frac{V}{\sqrt{3} I_m \cos \phi}$

7.6 การเลือกค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมในการใช้งานตลอดย่านการทำงานของมอเตอร์

จากหัวข้อ 7.5 ค่าตัวเก็บประจุที่เราเลือกจากสูตร

$$X_c = \frac{V}{\sqrt{3} I_m \cos \phi}$$

ค่าที่ได้นี้จะเป็ค่าตัวเก็บประจุที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ณ.ค่า SLIP หนึ่งๆ ซึ่งตัวเก็บประจุค่านี้เมื่อต่อเข้าไปกับมอเตอร์คอนเริ่ม START อาจจะทำให้มอเตอร์ไม่สามารถเริ่มหมุนก็เป็นได้

ดังนั้นถ้าเราต้องการเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่สามารถใช้งานได้ตลอดช่วงการใช้งานของมอเตอร์นั้นจะมีเงื่อนไขในการพิจารณาดังนี้คือ

1. ตัวเก็บประจุดังกล่าวเมื่อต่อเข้าตอนที่มอเตอร์หยุดนิ่งแล้วสามารถทำให้มอเตอร์เริ่มหมุนได้ด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวเก็บประจุค่าดังกล่าวเมื่อต่อเข้าไปแล้วมอเตอร์ต้องสามารถหมุนในขณะที่ NO LOAD ได้โดยกระแสที่ไหลในขด AUXILIARY มีค่าไม่เกินพิกัดที่มันจะทนได้

ย่านของตัวเก็บประจุที่จะใช้งานกับมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสที่ใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟสนั้น สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองดังนี้

$C = 5.3 \mu F$ มอเตอร์ไม่สามารถเริ่มหมุนเองได้

$C = 7.74 \mu F$ มอเตอร์สามารถหมุนเองได้และขณะ NO LOAD กระแสที่ขด AUXILIARY ไม่เกินพิกัดโดยมีค่า = 0.72 A.

$C = 15.88 \mu F$ มอเตอร์สามารถหมุนเองได้และขณะ NO LOAD กระแสที่ขด AUXILIARY ไม่เกินพิกัด โดยมีค่า = 1.62 A.

$C = 20 \mu F$ มอเตอร์สามารถหมุนเองได้และขณะ NO LOAD กระแสที่ขด AUXILIARY มีค่าเกือบเท่าพิกัดกระแสที่ทนได้โดยมีค่า = 1.93 A.

C มีค่ามากกว่า $20 \mu F$ มอเตอร์สามารถหมุนเองได้ แต่กระแสขณะ NO LOAD ของขด AUXILIARY จะมีค่าเกินพิกัดที่ทนได้

ดังนั้นค่าตัวเก็บประจุที่สามารถใช้ได้ตลอดย่านการทำงานของมอเตอร์ตัวนี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง $7.74 \mu F$ ถึง $20 \mu F$

7.7 บทสรุป

ในบทที่ 7 นี้จะเป็นการศึกษาถึงการนำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสมาใช้กับไฟเฟสเดียวโดยใช้การต่อแบบแยกเฟส มาใช้งานโดยจะพิจารณาถึงการหาจรรยาบรรณ, การหาสมการมาอธิบายถึงการขับ LOAD และการเลือกค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งตัวเก็บประจุที่เหมาะสมนี้จะแยกพิจารณาได้หลายกรณี เช่นตัวเก็บประจุที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดขณะทำงานที่ SLIP หนึ่งๆ ค่าตัวเก็บประจุดังกล่าวจะเหมาะสมกับกรณีหนึ่งๆแต่ในการใช้งานนั้น การเลือกค่าตัวเก็บประจุจำเป็นต้องพิจารณาถึงการใช้งานตลอดย่านการทำงานของมอเตอร์ด้วย กล่าวคือตัวเก็บประจุต้องมีขนาดสูงพอที่จะทำให้มอเตอร์เริ่มหมุนได้ แต่ต้องไม่มีค่าสูงมากเกินไปเพราะจะทำให้กระแสในขด AUXILIARY มีขนาดสูงเกินพิกัดของขดลวดขณะที่ยังมอเตอร์ NO LOAD

บทที่ 8

สรุปและวิจารณ์

8.1 การเปรียบเทียบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวที่ใช้การต่อแบบแยกเฟสกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้กับไฟ 3 เฟส

เมื่อเรานำเอามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสตัวนี้มาทำการทดลองขับ LOAD โดยใช้กับไฟ 3 เฟส จะได้ผลการทดลองดังนี้

LOAD	I	Pinput	N_R	SLIP	Poutput	ประสิทธิภาพ
(kg)	(A)	(watt)	(RPM)		(watt)	%
0.5	1.22	150	1490	0.007	57.42	38.3
1	1.22	240	1485	0.01	114.46	47.7
1.5	1.23	260	1478	0.015	159.49	61.3
2	1.24	350	1475	0.017	221.69	63.3
2.5	1.3	390	1470	0.02	269.67	69.15
3	1.38	450	1464	0.024	321.60	71.5
3.5	1.4	500	1459	0.027	374.48	74.9
4	1.4	560	1452	0.032	414.1	73.95
4.5	1.42	600	1448	0.035	446.44	74.4
5	1.5	680	1440	0.04	508.34	74.76
5.5	1.58	750	1434	0.044	558.18	74.42
6	1.6	800	1428	0.048	599.87	74.98
6.5	1.7	870	1421	0.053	646.22	74.28
7	1.8	980	1413	0.056	720.35	73.5

ตาราง 8.1 แสดงผลการทดลองการขับ LOAD ของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อใช้กับไฟ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองนี้เราจะนำมาเปรียบเทียบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้กับไฟเฟสเดียวโดยอาศัยการต่อแบบแยกเฟส โดยเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุต่างๆกัน 3 ค่า คือ $C=7.74 \mu F$ $C=13.1 \mu F$, และ $C=20 \mu F$ ซึ่งตัวเก็บประจุทั้ง 3 ค่านี้เป็นค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ตลอดช่วงการใช้งานกล่าวคือสามารถทำให้มอเตอร์เริ่มหมุนได้และสามารถทำงานที่สภาวะ NO LOAD โดยกระแสไม่ไหลเกินค่ากระแสพิคคที่ขดลวดทนได้

เมื่อใช้กับไฟ 3 เฟส			เมื่อใช้กับไฟ 1 เฟส					
			$C=7.74 \mu F$		$C=13.1 \mu F$		$C=20 \mu F$	
LOAD	SLIP	Poutput	SLIP	Poutput	SLIP	Poutput	SLIP	Poutput
(kg)		(watt)		(watt)		(watt)		(watt)
1	0.01	114.46	0.033	136	0.029	145.6	0.018	126.1
1.5	0.015	159.49	0.041	176	0.041	193.6	0.027	160.8
2	0.017	221.69	0.06	224.3	0.057	239.4	0.035	200.7
2.5	0.02	269.67	0.085	257.6	0.083	274.8	0.045	233.8
3	0.024	321.6						265.5
3.5	0.027	374.48						294.6
4	0.032	414.1						330.4
4.5	0.035	446.44						
5	0.04	508.34						
5.5	0.044	558.18						
6	0.048	599.87						
6.5	0.053	646.22						
7	0.056	720.35						

ตาราง 8.2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังOUTPUT ที่เฟลระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้กับไฟ 1 เฟส โดยการต่อแบบแยกเฟสที่ค่าตัวเก็บประจุต่างๆ

เมื่อใช้กับไฟ 3 เฟส			เมื่อใช้กับไฟ 1 เฟส					
			C=7.74 μ F		C=13.1 μ F		C=20 μ F	
LOAD	SLIP	T	SLIP	T	SLIP	T	SLIP	T
(kg)		N-m		N-m		N-m		N-m
1	0.01	0.73	0.033	0.89	0.029	0.95	0.018	0.82
1.5	0.015	1.03	0.041	1.17	0.041	1.28	0.027	1.05
2	0.017	1.43	0.06	1.51	0.057	1.61	0.035	1.32
2.5	0.02	1.75	0.085	1.79	0.083	1.9	0.045	1.56
3	0.024	2.09					0.057	1.79
3.5	0.027	2.45					0.074	2.03
4	0.032	2.72					0.1	2.34
4.5	0.035	2.94						
5	0.04	3.37						
5.5	0.044	3.72						
6	0.048	4.01						
6.5	0.053	4.34						
7	0.056	4.86						

ตาราง 8.8 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิด OUTPUT ที่เพลาระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟส

เมื่อใช้กับไฟ 3 เฟส			เมื่อใช้กับไฟ 1 เฟส					
			C=7.74 μ F		C=13.1 μ F		C=20 μ F	
LOAD	SLIP	ประสิทธิภาพ	SLIP	ประสิทธิภาพ	SLIP	ประสิทธิภาพ	SLIP	ประสิทธิภาพ
(kg)		%		%		%		%
1	0.01	47.7	0.033	75.55	0.029	71.03	0.018	57.3
1.5	0.015	61.3	0.041	73.33	0.041	74.46	0.027	64.3
2	0.017	63.3	0.06	72.35	0.057	73.66	0.035	71.7
2.5	0.02	69.15	0.085	67.78	0.083	66.22	0.045	73.06
3	0.024	71.5					0.057	71.76
3.5	0.027	74.9					0.074	71.85
4	0.032	73.95					0.1	67.4
4.5	0.035	74.4						
5	0.04	74.76						
5.5	0.044	74.42						
6	0.048	74.98						
6.5	0.053	74.28						
7	0.056	73.5						

ตาราง 8.4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่ใช้กับไฟ 1 เฟส โดยการต่อแบบแยกเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 บทสรุปและวิจารณ์

การใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟสนั้น หมายถึง การที่เราพยายามทำให้ MMF ของมอเตอร์มีลักษณะคล้ายกับ MMF ในมอเตอร์ 1 เฟส คือ เป็นสนามแม่เหล็ก 2 ชุด ที่ทำมุมกัน 90 องศา การทำเช่นนี้จะมีผลดีก็คือสมการที่ใช้ในการคำนวณจะสะดวกขึ้น กล่าวคือแต่เดิมนั้นการวิเคราะห์สภาวะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสกับไฟเฟสเดียวนั้นจำเป็นต้องอาศัยสมการของ SYMMETRICAL COMPONENT ซึ่งค่อนข้างจะยุ่งยากไม่สะดวกในการใช้งาน แต่ถ้าเรานำการต่อแบบแยกเฟส ก็จะสามารถนำเอาสมการของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเดียวมาใช้ในการคำนวณสภาวะการทำงานของมอเตอร์ 3 เฟสด้วยไฟเฟสเดียวได้เลย

สำหรับตัวเก็บประจุที่ใส่ต่อเข้าไปนั้นจะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ ค่าตัวเก็บประจุที่ให้แรงบิดขณะ START สูงสุดกับค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดขณะใช้งานที่ SLIP หนึ่ง ค่าตัวเก็บประจุที่ได้นี้อาจเป็นค่าที่ต่อเข้าไปแล้วมอเตอร์ไม่สามารถทำงานตลอดช่วงการใช้งานก็เป็นได้ ย่านการใช้งานของมอเตอร์นั้นหมายถึงมอเตอร์ตัวนั้นสามารถ START เองได้ และที่ความเร็วขณะ NO LOAD กระแสต้องไม่เกินกว่ากระแสพิคที่ขีด AUXILIARY จะทนได้ ดังนั้นค่าตัวเก็บประจุที่เราเลือกใช้จึงสามารถมีได้หลายค่าตามแต่ผู้ใช้งานจะมองถึงจุดไหนในการใช้งานมอเตอร์

เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่ใช้กับไฟ 3 เฟส เป็นที่แน่นอนว่าความสามารถในการจับ LOAD ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้กับไฟ 1 เฟส โดยการต่อแบบแยกเฟสนั้นย่อมจะมีค่าน้อยกว่า การที่มอเตอร์จะสามารถจับ LOAD ได้เท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับค่าตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าไปด้วย จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มค่าตัวเก็บประจุ มอเตอร์จะสามารถจับ LOAD ได้มากขึ้น แต่ถ้าค่าตัวเก็บประจุสูงเกินไปจะทำให้กระแสในขด AUXILIARY ไหลเกินพิคคขณะที่มอเตอร์ NO LOAD และถ้าค่าตัวเก็บประจุต่ำเกินไปจะทำให้มอเตอร์ไม่สามารถเริ่มหมุนด้วยตัวเองได้ ในการจับ LOAD นั้นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้กับไฟเฟสเดียว โดยการต่อแยกเฟสจะมีย่านของ SLIP ในการทำงานค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับมอเตอร์ตัวเดียวกันที่ใช้กับไฟ 3 เฟส ดังจะเห็นได้จากผลการทดลอง โดยที่ LOAD ค่าเดียวกันมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้กับไฟ 1 เฟสจะมี SLIP สูงกว่ามอเตอร์ 3 เฟส ซึ่งถือว่าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดด้อยจุดหนึ่งในการใช้งาน ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือประสิทธิภาพขณะใช้งานนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าตัวเก็บประจุค่าเดียวที่ต่อเข้าไปแล้วทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่า SLIP นั้นๆ

สำหรับการพัฒนามอเตอร์เหนี่ยวนำ3 เฟสที่ใช้กับไฟเฟสเดียวโดยการต่อแบบแยกเฟสต่อไปสำหรับผู้สนใจนั้นก็คือการหาค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานค่าที่เหมาะสมที่สุดก็คือตัวเก็บประจุนี้จะต้องทำให้มอเตอร์สามารถขับ LOAD ได้มากที่สุด โดยที่สามารถเริ่มSTARTได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งประสิทธิภาพขณะใช้งานโดยเฉลี่ยจะต้องมีค่าสูง และมอเตอร์สามารถทำงานที่ NO LOAD โดยกระแสไม่เกินพิกัด นอกจากนี้ค่าตัวเก็บประจูดังกล่าวจะต้องเป็นค่าที่ต่อไปแล้วทำให้ POWER FACTOR ของมอเตอร์ยังคงเป็นลักษณะ LAGGING อยู่และต้องไม่เกิดการ RESONANT ขึ้นตลอดย่านการทำงาน



เอกสารอ้างอิง

1.A.E. FITZGERALD,CHARLES KINGSLEY JR, STEPHEN D. UMANS
“ELECTRIC MACHINERY” 4th edition McGraw-Hill 1986

2.A.L. MOHAMADEIN, A. AL-OHALY, A. AL-BAHRANI “ON THE CHOICE
OF PHASE-BALANCER CAPACITANCE FOR INDUCTION MOTOR FED FROM
SINGLE PHASE SUPPLY” IEEE transaction on Energy Conversion Vol 2 No 3
September 1987

3. นาย ประยูร อภิศักดิ์ศิริกุล ,นาย สมชัย จิรรุ่งโรจน์กุล , และ นาย อนุชา นันทนุ
ศยชาติ ”การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด 3 เฟสเมื่อต่อกับระบบไฟเฟส” ปรินญา
นิพนธ์ ปี 2536 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.G.S. BROSAN, J.T. HAYDEN “ADVANCE ELECTRICAL POWER AND
MACHINES” Pitman 1966

5.LEANDER W. MATSCH “ELECTROMAGNETIC AND ELECTROMECHA-
NICAL MACHINE” Harper and Row 1986

ภาคผนวก

ข้อมูลมอเตอร์ที่ทำการทดสอบ

มอเตอร์มีตชุนิบิชิ 1 hp 4 pole 50 Hz 220/380 v 3.5/2 A

DELTA/STAR 1410 rpm

ผลการทดสอบ V-I method ได้ค่า R ที่stator 9 โอห์ม

no load test 220 v, 1.12 A, 50 w

block rotor test 45 v, 2 A, 65 w



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

อานันท์วัฒน์ คุณากร เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2514 จบการศึกษาปริญญาตรี
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ.2535 ปัจจุบันรับราชการ เป็นอาจารย์ประจำภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

