



การศึกษาการเริ่มต้นเครื่องมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาโดยใช้พีแอลซี

A STUDY OF PLC-BASED STAR-DELTA START



นางสาวกัญญาภัค สมพันธ์	รหัส 51363036
นางสาวกมลวรรณ วิเศษจุมพล	รหัส 51364217
นางสาวจิตติมา ศิริวัฒนากุล	รหัส 51364262

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
 วันที่รับ..... 12, พ.ย. 2555
 เลขทะเบียน..... 1604478๑
 เลขเรียกหนังสือ..... ปร.
 มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ๑384

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2554

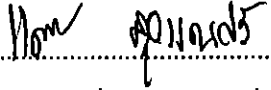



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาโดยใช้พีแอลซี
ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวกัญญาภัค สมพันธ์ รหัส 51363036
นางสาวกมลวรรณ วิเศษจุมพล รหัส 51364217
นางสาวจิตติมา ศิริวัฒนากุล รหัส 51364262
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)


.....กรรมการ
(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)


.....กรรมการ
(ดร. สุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาโดยใช้พีแอลซี
ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวกัญญาภัค สมพันธ์ รหัส 51363036
นางสาวกมลวรรณ วิเศษจุมพล รหัส 51364217
นางสาวจิตติมา ศิริวัฒนากุล รหัส 51364262
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงการที่นำพีแอลซีมาใช้ควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส การเริ่มเครื่องแบบสตาร์-เดลตาเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่ในงานอุตสาหกรรมเนื่องจากสามารถลดปริมาณกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดินเครื่องเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับตัวมอเตอร์และระบบไฟฟ้ากำลัง ขดลวดสามเฟสของมอเตอร์ถูกเชื่อมต่อแบบสตาร์ก่อน เพื่อรับไฟจากระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันระหว่างสาย 380 V ส่งผลให้แรงดันที่ขดลวดแต่ละเฟสได้รับมีค่า 220 V หลังจากทีกระแสเริ่มลดลง ขดลวดของมอเตอร์ถูกเปลี่ยนการเชื่อมต่อเป็นแบบเดลตา ทำให้ขดลวดแต่ละเฟสได้รับแรงดันไฟฟ้า 380 V โดยตรงจากระบบไฟฟ้าเพื่อสร้างแรงบิดที่ใช้เพิ่มความเร็วของมอเตอร์ ในโครงการนี้ได้สร้างวงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้พีแอลซีควบคุมการเปิดและปิดหน้าสัมผัสของแทกเตอร์และรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์เพื่อตัดต่อวงจรกำลังและวงจรควบคุมตามลำดับ และทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสขณะเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาแบบต่อโดยตรงกับระบบไฟฟ้า

Project title A Study of PLC-Based Star-Delta Start

Name Ms. Kanyaphak Sompan ID. 51363036

 Ms. Kamonwan Wisesjumpon ID. 51364217

 Ms. Jittima Sriwattanakul ID. 51364262

Project advisor Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2011

Abstract

This thesis presents a project in which a star-delta start of a three-phase motor was controlled by a PLC. The star-delta starting technique has been widely applied to industrial motors due to the capability of starting-current reduction, and therefore the damage to the motors and the power system caused by high starting current values could be avoided. The three-phase windings of the motor are connected in star before being connected to three-phase supply of 380V line-to-line voltage and each winding therefore obtains a phase voltage of 220 V. As the motor current starts to drop, the winding connection is switched to delta in order to get the 380V line voltage across each phase so that the more torque is developed to speed up the motor. In this project, a PLC-based star-delta start was implemented with an induction motor. The PLC controlled magnetic contactors and relays, which served as switches in a power circuit and a control circuit respectively. The testing results of the star-delta start showed advantages over the typical direct start.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินงานและขอขอบคุณนายกฤษฎา สมจิตชอบ ที่ให้คำปรึกษาและดูแลในช่วงของการทดลองนอกจากนี้ยังขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดมาใช้งาน จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) และทุนการศึกษาของมูลนิธิชูชูตรีเพชร จำกัดที่ได้มอบทุนทรัพย์เพื่อนำไปซื้ออุปกรณ์ในการทำโครงการนี้จนสำเร็จลุล่วง

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวกัญญาภัค สมพันธ์

นางสาวกมลวรรณ วิเศษจุมพล

นางสาวจิตติมา ศิริวัฒนากุล

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	3
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส.....	4
2.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส.....	4
2.1.2 คุณลักษณะมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	5
2.1.3 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	6
2.2 พีแอลซี.....	11
2.2.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี.....	12
2.2.2 การทำงานของภาคอินพุตและเอาต์พุต.....	14
2.2.3 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี.....	15
2.3 การทดสอบมอเตอร์.....	17
2.3.1 การทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์.....	17
2.3.2 การทดสอบขณะไม่มีโหลด.....	17
2.3.3 การทดสอบการขีดโรเตอร์.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาโดยใช้พีแอลซี.....	21
3.1 การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรง.....	23
3.2 การเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา.....	26
3.3 การวิเคราะห์การเริ่มเดินเครื่องด้วยโปรแกรม PSIM.....	29
3.4 การควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาด้วยพีแอลซี.....	34
3.4.1 การเขียนคำสั่งในพีแอลซีเพื่อควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา....	36
3.4.2 การทดสอบการทำงานของพีแอลซี.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	40
4.1 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	40
4.1.1 การทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์.....	41
4.1.2 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกในขณะไม่มีโหลด.....	42
4.1.3 การทดสอบการยึด โรเตอร์.....	43
4.1.4 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	44
4.2 กระแสเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	47
4.2.1 การวัดค่ากระแสเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	47
4.2.2 การเปรียบเทียบค่าจำลองผลกับค่าทดลองของมอเตอร์ขณะเริ่มเดินเครื่อง โดยตรง.....	50
4.2.3 การเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา และแบบ โดยตรง... 58	
4.2.4 การเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องกับกระแสทำงานปกติมอเตอร์ทำงาน ปกติต่อแบบเดลตา.....	59
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	60
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	60
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก โปรแกรมการเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตาในพีแอลซี	63
ภาคผนวก ข รายละเอียดของรีเลย์ 24 VDC 10 A 277 VAC/24 VDC	65
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	67



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตำแหน่งอินพุตและเอาต์พุตของพีแอลซี	36
3.2 การทำงานของพีแอลซี.....	39
4.1 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบปิดวงจร	43
4.2 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบลัดวงจร.....	44
4.3 การเปรียบเทียบค่าจากการจำลองผลกับค่าการทดลองมอเตอร์ต่อแบบโดยตรง.....	53
4.4 การเปรียบเทียบค่าจากการจำลองผลกับค่าการทดลองต่อแบบสตาร์-เดลตา.....	57
4.5 การเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา และแบบโดยตรง	58
4.6 การเปรียบเทียบค่ากระแสเริ่มเดินเครื่องกับกระแสทำงานมอเตอร์ทำงานปกติต่อแบบเดลตา. 59	



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	4
2.2 โรเตอร์แบบกรงกระรอก.....	5
2.3 วาวด์โรเตอร์.....	5
2.4 คุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	6
2.5 ขณะมอเตอร์ต่อแบบเคลตา.....	8
2.6 ขณะมอเตอร์ต่อแบบสตาร์.....	9
2.7 รูปร่างลักษณะของรีเลย์แบบต่างๆ.....	10
2.8 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี.....	12
2.9 การทำงานภาคอินพุต.....	14
2.10 การทำงานภาคเอาต์พุต.....	14
2.11 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี.....	16
2.12 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	19
3.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	22
3.2 แผนภาพของการเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรง.....	23
3.3 การต่อขดลวดแบบสตาร์.....	24
3.4 กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์.....	24
3.5 การต่อขดลวดแบบเคลตา.....	25
3.6 กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องแบบเคลตา.....	25
3.7 วงจรกำลังสำหรับการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เคลตา.....	26
3.8 วงจรควบคุมสำหรับการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เคลตา.....	27
3.9 การต่อแบบสตาร์-เคลตา.....	28
3.10 วงจรการวิเคราะห์ห้มอเตอร์เมื่อขดลวดต่อแบบสตาร์.....	29
3.11 การตั้งค่าช่วงเวลาจำลองผล.....	30
3.12 การตั้งค่าแหล่งจ่ายไฟสามเฟส.....	30
3.13 การตั้งค่ากระแสเฟส.....	31
3.14 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	32
3.15 การตั้งค่าแรงดันโพรบ.....	32
3.16 หน้าต่างของโปรแกรมของสัญญาณที่จำลองผล.....	33
3.17 กระแสเฟส A ของมอเตอร์ต่อแบบสตาร์.....	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 วงจรการวิเคราะห์หม้อเตอร์เมื่อขลวดต่อแบบเดลตา.....	34
3.19 ผังงานควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา.....	35
3.20 แผนภาพแลคเคอร์การทำงานของระบบควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา.....	36
3.21 การเชื่อมต่ออินพุตของวงจรทดสอบพีแอลซี.....	38
3.22 การเชื่อมต่อเอาต์พุตของวงจรทดสอบพีแอลซี.....	38
3.23 วงจรทดสอบพีแอลซี.....	39
4.1 วงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาโดยใช้พีแอลซี.....	40
4.2 การหาค่าความต้านทานที่ขลวดคัสเตเตอร์.....	41
4.3 การต่อวงจรหม้อเตอร์แบบบีควงจรการทดสอบ.....	42
4.4 การต่อวงจรหม้อเตอร์แบบลัดวงจร.....	43
4.5 วงจรสมมูลจากการทดสอบของหม้อเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก.....	46
4.6 การต่อตัวต้านทาน $10\ \Omega$ $10\ W$	48
4.7 สัญญาณกระแสเฟส A กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบ โดยตรง.....	50
4.8 สัญญาณกระแสเฟส B กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบ โดยตรง.....	51
4.9 สัญญาณกระแสเฟส C กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบ โดยตรง.....	52
4.10 สัญญาณกระแสเฟส A กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา.....	54
4.11 สัญญาณกระแสเฟส B กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา.....	55
4.12 สัญญาณกระแสเฟส C กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา.....	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากในปัจจุบัน มอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเพราะมอเตอร์ชนิดนี้มีราคาไม่แพงมากนักต้องการการดูแลรักษาน้อยและมีความเร็วรอบเกือบทุกที่ เนื่องจากเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟส การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์นั้น จำเป็นจะต้องใช้กระแสจำนวนมากเพื่อเอาชนะแรงเฉื่อยขณะหยุดนิ่งได้ ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์มีกระแสในขณะเริ่มเดินเครื่องสูงและแรงบิดสูงมาก วิธีการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบนี้เป็นที่นิยมกันมากใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมอเตอร์จะถูกต่อผ่านอุปกรณ์เริ่มเดินเครื่องและต่อเข้ากับสายไฟกำลังโดยตรงทำให้มอเตอร์เริ่มเดินเครื่องด้วยแรงดันพิกัดสายจ่ายแรงดันทันทีซึ่งส่งผลให้กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องสูง 4-8 เท่าของกระแสที่จ่ายเป็นผลให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์หรือวงจรไฟฟ้าที่ต่อร่วมด้วย

ในปัจจุบันการเริ่มเดินเครื่องเพื่อลดกระแสขณะเริ่มเดินเครื่อง และลดแรงบิดกระชากอันเป็นสาเหตุของการเสียหายของรอกลิ้น หรืออุปกรณ์เครื่องจักรที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์ จึงต้องมีการลดแรงดันในขณะเริ่มเดินเครื่องเป็นผลให้กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องลดลง การเริ่มเดินเครื่องด้วยวิธีนี้คือการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากออกแบบง่ายเหมาะสมสำหรับเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำซึ่งตอนแรกจะต่อแบบสตาร์ และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่งก็จะทำการต่อแบบเดลตา

ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำโครงการจึงทำการคิดที่จะนำการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา มาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้พีแอลซี (Programmable logic controller: PLC) ในการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งพีแอลซีเป็นระบบควบคุมที่มีขนาดเล็กใช้โปรแกรมแทนการเดินสาย เปลี่ยนแปลงลักษณะการควบคุมและขยายระบบได้ง่าย ลดเวลาในการออกแบบและการติดตั้ง มีหน่วยอินพุตและเอาต์พุตหลายแบบและสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ และยังสามารถออกแบบมาให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอก อีกทั้งยังถูกพัฒนาให้มีการตัดสินใจและตรวจสอบการทำงานที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นระบบนี้สามารถควบคุมสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามในโครงการนี้จะเน้นถึงเฉพาะการควบคุมการเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำเท่านั้น ซึ่งการใช้พีแอลซีนั้นเราจะใช้แรงดันในการควบคุมการเปิดปิดหน้าสัมผัสน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้สวิตช์ และเป็นการลดกระแสกระชากขณะเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์จึงทำให้โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดความเสียหายต่อมอเตอร์และอุปกรณ์ที่ต่อร่วมนั้นน้อยลงไปด้วย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

วงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.37 kW ที่สร้างขึ้นในโครงการนี้จะช่วยในการลดปัญหากระแสกระชากขณะเริ่มเดินเครื่อง ซึ่งมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดความเสียหายต่อมอเตอร์และอุปกรณ์ที่ต่อร่วม อีกทั้งประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ ในภาคอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยลดเวลาในการออกแบบและการติดตั้ง ทำให้สามารถขยายระบบควบคุมได้ง่าย

1.6 งบประมาณ

1) ค่าอุปกรณ์ในการสร้างวงจรควบคุม	1,200 บาท
2) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริยญาณิพนธ์	1,000 บาท
3) ค่าวัสดุสำนักงาน	800 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันบาทถ้วน)	<u>3,000 บาท</u>
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

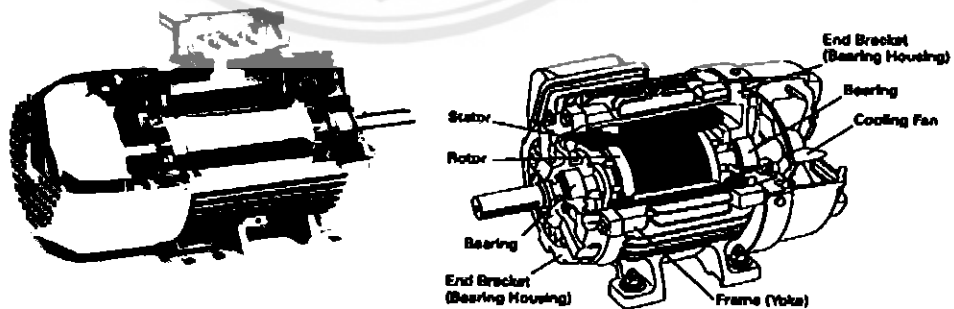
มอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเพราะมอเตอร์ชนิดนี้มีราคาไม่แพงมากนัก ต้องการการดูแลรักษาน้อยและมีความเร็วรอบเกือบคงที่ อีกทั้งยังสามารถต่อใช้งานกับระบบไฟฟ้าของไทยได้โดยตรงเนื่องจากเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส (Three phase induction motor) นิยมใช้แพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำมีความแข็งแรงทนทาน ราคาถูก ความเร็วค่อนข้างคงที่ สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะ โครงสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน ด้วยข้อดีเหล่านี้จึงนิยมใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำขับเคลื่อนทางกลมากกว่ามอเตอร์ซิงโครนัส อย่างไรก็ตามมีข้อเสียตรงที่ค่าตัวประกอบกำลังต่ำและล่าช้า โรงงานอุตสาหกรรมที่มีมอเตอร์เป็นจำนวนมากจึงควรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังเพื่อไม่ให้ค่ากำลังจินตภาพมากเกินไป ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส

2.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และส่วนที่หมุน (Rotor) โดยสเตเตอร์มีหน้าที่ยึดขดลวดอาร์เมเจอร์ที่บรรจุอยู่ในร่องสล็อต (Slot) ทำด้วยแผ่นลามิเนต (Laminate) บางๆอัดเป็นรูปทรงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์เหนี่ยวนำ [1]

โรเตอร์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

ก. แบบกรงกระรอก

โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage) มีแท่งตัวนำ (Rotor bar) คล้ายกรงกระรอกฝังอยู่ภายในโรเตอร์ที่ปลายทั้งสองด้านของแท่งตัวนำถูกฉลวงจรด้วยตัวนำรูปวงแหวน (End ring) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โรเตอร์แบบกรงกระรอก

ข. แบบวาวด์โรเตอร์

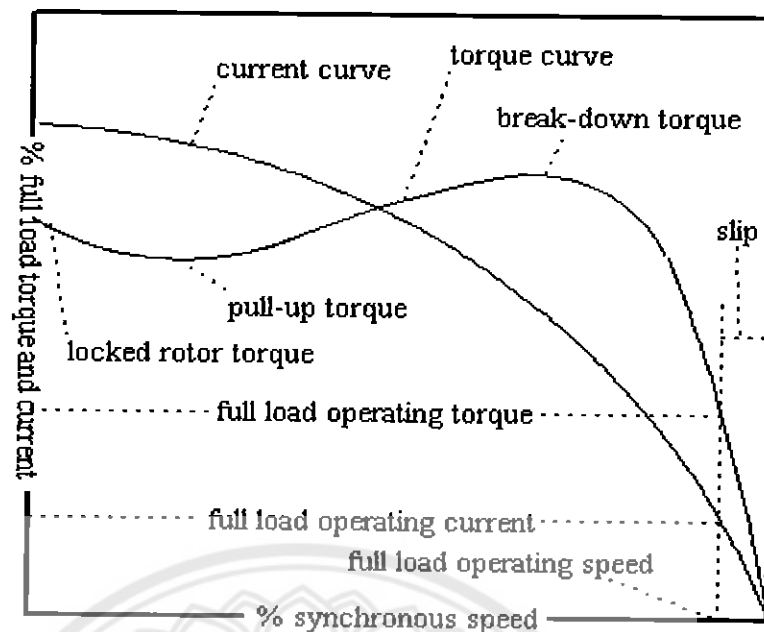
โรเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ (Wound rotor) นี้แตกต่างกับแบบกรงกระรอกคือ มีขดลวดทองแดงพันรอบตัวโรเตอร์ ส่วนปลายของขดลวดนี้จะต่อกับสลีปริงซึ่งมีแปรงถ่านติดตั้งอยู่ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วาวด์โรเตอร์ [9]

2.1.2 คุณสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบวาวด์โรเตอร์ที่ปรับความเร็วได้จะใช้ความต้านทานที่ปรับค่าได้จากภายนอกได้โดยต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดโรเตอร์เพื่อปรับความเร็วหรือเพิ่มแรงบิดตอนเริ่มต้นหมุนของมอเตอร์ลักษณะแบบนี้นำไปใช้กับโหลดที่ต้องการเริ่มต้นหมุนบ่อยๆ เช่น ปั่นจั่น ซึ่งคุณสมบัติในสภาวะต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 คุณลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ส่วนงานที่ต้องการกำลังทางกลค่อนข้างคงที่แล้วเริ่มต้นหมุนไม่บ่อยนัก เช่น มอเตอร์ที่ใช้ขับปั๊มเครื่องเป่าอากาศ พัดลมจะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก

2.1.3 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำมีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิที่หมุนถูกตัดวงจร ดังนั้นถ้าแรงดันไฟฟ้าปกติถูกจ่ายให้กับมอเตอร์ที่อยู่กับที่ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งกินกระแสไฟฟ้าสูงที่ขดปฐมภูมิในช่วงสั้นๆ เป็นอย่างน้อย ถ้ามอเตอร์ถูกต่อคร่อมกับแหล่งจ่ายไฟจะไม่มีแรงดันไฟฟ้าด้านกลับมาต้านกระแสไฟฟ้ากระชากในช่วงเริ่มต้น ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องจึงทำให้ในช่วงเริ่มเดินเครื่องมีค่ากระแสสูง สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อสวิตช์ถูกปิดมันจะกินกระแสไฟฟ้า 5-7 เท่าของค่ากระแสไฟฟ้าเต็มพิกัด ต่อมาจะกินกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-3 เท่าของค่ากระแสเต็มพิกัด กระแสที่มีค่าเกินพิกัดในช่วงเริ่มต้นนี้จะยอมรับไม่ได้เพราะว่ามันจะผลิตแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมแหล่งจ่ายไฟที่มีค่าสูงมากที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าตัวเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้เริ่มเดินเครื่องมอเตอร์โดยตรงถ้ามอเตอร์มีขนาดมากกว่า 25 kW ถึง 40 kW แรงบิดขณะเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มความต้านทานของวงจรโรเตอร์ ซึ่งวิธีนี้จะทำได้ง่ายกับสลลิ่งปรังมอเตอร์ แต่จะทำได้ยากกับอินดักชันมอเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามกระแสไฟฟ้ากระชากในช่วงเริ่มต้นจะถูกควบคุมโดยการลดขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ในช่วงเริ่มเดินเครื่องและจะใช้แรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดเมื่อมอเตอร์หมุนถึงความเร็วรอบที่ใช้งาน [3, 5]

ก. การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อตรง

การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรงจะมีกระแสขณะเริ่มเดินเครื่องสูงถึง 4-8 เท่าของกระแสปกติ ส่วนแรงบิดจะมีค่า 0.5-1.5 เท่าของแรงบิดปกติขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านแรงบิดของแต่ละตัว การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบต่อโดยตรงหากใช้กับเครื่องจักรที่มีโหลดน้อยๆจะทำให้อัตราเร่งของโรเตอร์สูงเกินไป เนื่องจากมอเตอร์มีแรงบิดขณะเริ่มเดินเครื่องสูงทำให้เกิดการกระชากเกิดการแกว่ง (Oscillations) ของแรงบิดที่เพลลา ซึ่งจะนำไปสู่การสึกหรอของเครื่องส่งกำลังชุดเกียร์ และชุดขับเคลื่อน หากใช้กับเครื่องจักรที่มีโหลดหนักจะทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ ได้เหมือนกันเช่น อาจส่งผลให้สายพานและมูเลย์เกิดการเลื่อน ไดร ทำให้เกิดการชำรุดและสึกหรออย่างรวดเร็ว หากใช้กับปั๊ม มักจะทำให้ปั๊มเกิดการโคลนตัว เกิดการกระแทกของท่อในขณะที่มอเตอร์ทำงานและหยุดทำงานการเริ่มเดินเครื่องแบบนี้โดยทั่วไปได้รับความนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นวงจรที่ทำได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายต่ำ ความผิดพลาดในการเริ่มเดินเครื่องก็มีน้อยทำให้ผู้ใช้ลืมนึกถึงค่าใช้จ่ายแฝงที่จะส่งผลกระทบต่อในระยะยาว ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้น อายุการใช้งานอุปกรณ์ส่งกำลังและอื่นลดลง นอกจากนี้ยังอาจเกิดความเสี่ยงต่อความเสียหายของมอเตอร์ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะการใช้งานและหยุดเดินบ่อยๆ

การเริ่มเดินเครื่องด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือ อุปกรณ์ไม่สลับซับซ้อน ง่ายแก่การติดตั้ง ง่ายแก่การบำรุงรักษา ต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่ำ เพราะมีเพียงสวิตช์ตัดตอนทางไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามกระแสไฟฟ้าเริ่มหมุนสูงประมาณ 4-6.5 เท่าของกระแสไฟฟ้าปกติแรงดันไฟฟ้าตกขณะสับสวิตช์เริ่มหมุนทั้งนี้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสลัดวงจร [3, 5]

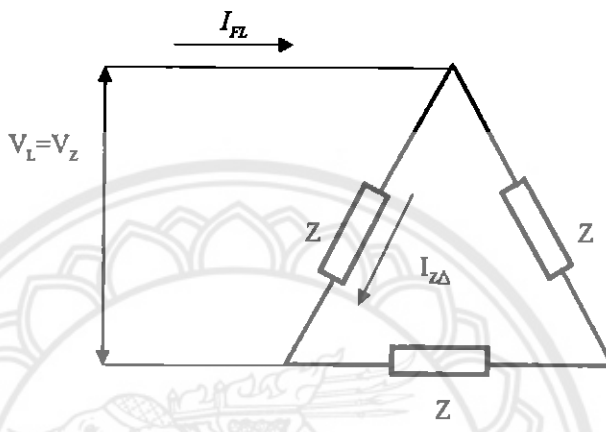
ข. การเริ่มเดินเครื่องแบบลดระดับแรงดัน

การเริ่มเดินเครื่องวิธีนี้เมื่อเริ่มเดินเครื่องขดลวดของมอเตอร์จะถูกต่อวงจรให้เป็นแบบสตาร์ โดยคอนแทกเตอร์หลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่ม 80% ขดลวดก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแบบเดลตาโดยใช้ตัวตั้งเวลาเป็นตัวตั้งเวลา ผลของการเริ่มเดินเครื่องโดยใช้วิธีนี้จะทำให้แรงบิดของมอเตอร์ลดลงเหลือประมาณ 34% ขณะแรงบิดถูกล็อก โรเตอร์ ซึ่งก็ทำให้กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องและอัตราเร่งเครื่องลดลงด้วย แต่อย่างไรก็ตามในช่วงที่มีการปลดวงจรเพื่อเปลี่ยนจากสตาร์ไปเป็นเดลตาอย่างรวดเร็ว จะมีสนามแม่เหล็กตกค้างและมีกระแสไหลใน โรเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันในขดลวดสเตเตอร์ [3, 5]

พิสูจน์ให้เห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์ในจังหวะการต่อแบบสตาร์มีค่าเท่ากับ 1 ใน 3 ของกระแสไหลคเต็มทีของวงจรควบคุมมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา
กระแสไหลคเต็มทีของมอเตอร์ต่อแบบเดลตา

$$= I_{FL} \quad A \quad (2.1)$$

ในขณะที่ต่อแบบเดลตา



รูปที่ 2.5 ขณะมอเตอร์ต่อแบบเดลตา [1]

แรงดันตกคร่อมขดลวดขณะต่อแบบเดลตา

$$V_Z = V_L \quad V \quad (2.2)$$

กระแสผ่านขดลวดขณะต่อแบบเดลตา

$$I_Z = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad A \quad (2.3)$$

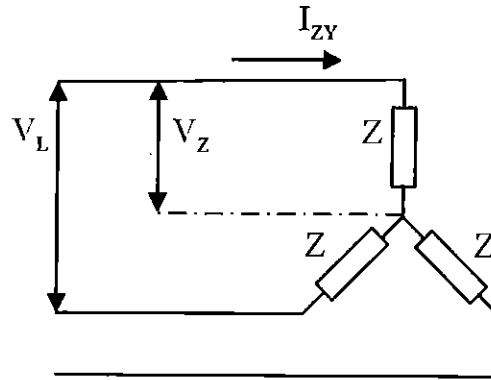
$$I_Z = \frac{V}{Z} \quad A \quad (2.4)$$

ดังนั้น

$$\frac{V}{Z} = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad A$$

$$Z = \frac{\sqrt{3} \times V}{I} \quad \Omega \quad (2.5)$$

ในขณะที่ต่อแบบสตาร์



รูปที่ 2.6 ขณะมอเตอร์ต่อแบบสตาร์ [1]

แรงดันตกคร่อมขดลวดขณะต่อแบบสตาร์

$$V_Z = \frac{V}{\sqrt{3}} \tag{2.6}$$

กระแสผ่านขดลวดขณะต่อแบบสตาร์

$$I_{ZY} = \frac{V}{\sqrt{3}} \tag{2.7}$$

ดังนั้น

$$I_{ZY} = \frac{V}{\sqrt{3} \times Z} \tag{2.8}$$

$$Z = \frac{\sqrt{3} \times V}{I} \quad \Omega$$

ดังนั้น

$$I_Y = \frac{\sqrt{3} \times I}{\sqrt{3} \times \sqrt{3} \times Z} \quad A$$

$$I_{ZY} = \frac{I}{3} \quad A$$

สรุปได้ว่า

กระแสผ่านขดลวดขณะต่อแบบเดลตา

$$I_{Z\Delta} = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad A$$

กระแสผ่านขดลวดขณะต่อแบบสตาร์

$$I_{zy} = \frac{I}{3} \quad A$$

ค. การใช้รีเลย์ในการเริ่มเดินเครื่อง

จากวงจรของการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตานั้นจำเป็นต้องใช้รีเลย์เพื่อควบคุมการสับเปลี่ยนวงจรซึ่งรีเลย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรคล้ายกับสวิตช์โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนดเพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้ มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจากแหล่งจ่ายไฟของเครื่องเรา ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่องก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ โซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในวงจรควบคุมไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2) รีเลย์ควบคุม (Control relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำใช้ในวงจรควบคุมต่างๆ ไม่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนักหรือเพื่อการควบคุมรีเลย์ขนาดใหญ่ [1]

รีเลย์ที่ใช้งานทั่วไปจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันตามลักษณะการทำงานซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 รูปร่างลักษณะของรีเลย์แบบต่างๆ

2.2 พีแอลซี

พีแอลซี (Programmable logic controller: PLC) เป็นอุปกรณ์ชนิดโพลีคอสเตตที่ทำงานแบบลอจิก ซึ่งในการออกแบบการทำงานของพีแอลซีจะคล้ายกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานพีแอลซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ส่วนตรรกะเชิงตัวเลขแบบ โพลีคอสเตต (Solid-state digital logic elements) เพื่อให้การทำงานและการตัดสินใจเป็นแบบลอจิก

การใช้พีแอลซีในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นจะมีข้อได้เปรียบกว่าระบบควบคุมแบบรีเลย์ ซึ่งมักจำเป็นจะต้องเดินสายไฟ ดังนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่จะต้องเดินสายไฟใหม่ ซึ่งเสียเวลาเสียค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพีแอลซีแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมเท่านั้น นอกจากนี้พีแอลซีในปัจจุบันได้หันมาใช้ระบบโพลีคอสเตตซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิมมีการกินกระแสน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

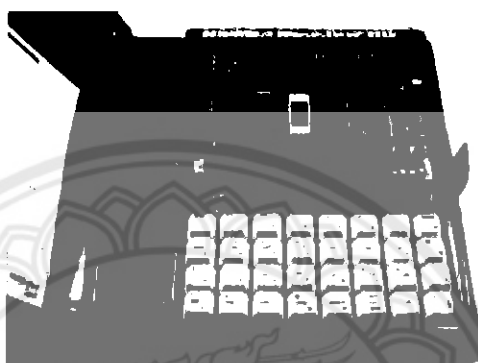
พีแอลซียังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องอ่านรหัสแถบ (Barcode reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนอกจากพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยวแล้วยังสามารถต่อกับพีแอลซีหลายๆตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซีมีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า ดังนั้นปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงมีการเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น

พีแอลซีสามารถจำแนกตามโครงสร้างภายนอกได้เป็น 2 ชนิด คือพีแอลซีชนิดบล็อก (Block type PLCs) พีแอลซีชนิดนี้จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีอยู่ในบล็อกเดียวกันทั้งประมวลผล หน่วยความจำ ภาคอินพุต ภาคเอาต์พุต แหล่งจ่ายไฟ และพีแอลซีชนิดโมดูล (Modular type PLCs) หรือแร็ค (Rack type PLCs) พีแอลซีชนิดนี้ ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modular) เช่นภาคอินพุต ภาคเอาต์พุตจะอยู่ในส่วนของโมดูล ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับรุ่นของพีแอลซี

ในโครงการนี้เราใช้พีแอลซีชนิดบล็อก (Block type PLCs) ET-BOARD V5.0 ซึ่งพีแอลซีนี้จะสั่งงานโดยวิธีการแบบลอจิกหรือคำสั่งต่างๆที่ใช้จะมองในลักษณะไอซีเกตต่างๆที่มีอินพุตเข้าและเอาต์พุตในลักษณะ 0 หรือ 1 เท่านั้น ทำให้ความซับซ้อนของการนำคำสั่งมาใช้งานน้อยกว่าแต่จะยากในการวางลำดับของหน้าสัมผัสที่จะมาทำเงื่อนไขในการทำงาน ซึ่งกันและกัน [2]

2.2.1 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ของคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม พีแอลซีประกอบด้วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆได้โดย ET-BOARD V 5.0 นี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะ โครงสร้างของพีแอลซี [7]

ก. ภาคอินพุต

ภาคอินพุตทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังซีพียูเพื่อประมวลผล สัญญาณอินพุตจะเป็นสัญญาณแบบรีเลย์พัลส์ แรงดันไฟฟ้า (V_{DC}) หรือกระแสไฟฟ้า (mA) สัญญาณเหล่านี้จะถูกส่งมาจากอุปกรณ์อินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆซึ่งแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้องไม่ว่าจะเป็นกระแสสลับหรือกระแสตรงเพื่อส่งให้ซีพียู ดังนั้นสัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว ซีพียูจะเสียหายสัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. สัญญาณเข้าจะต้องได้รับระดับที่เหมาะสมกับพีแอลซี
2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับซีพียูกระทำด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อต้องการแยกสัญญาณทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน ป้องกันไม่ให้ซีพียูเสียหายเมื่อเกิดอินพุตเกิดลัดวงจร
3. หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั้นสะท้อน อุปกรณ์อินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะเปิดปิดหรือ 0.1 จะสามารถใช้ได้กับพีแอลซีที่รับสัญญาณอินพุตเป็นแบบดิจิตอลเท่านั้น
4. ส่วนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกมาตรฐานต่างๆ เช่น 10 V หรือ 24 V จะต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของพีแอลซีที่สามารถรับสัญญาณแอนะล็อกเท่านั้น

ข. หน่วยประมวลผล

หน่วยประมวลผลมีหน้าที่นำโปรแกรมผู้ใช้ (User program) มาปฏิบัติควบคุมการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต และหน่วยความจำ

หน่วยความจำจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- หน่วยความจำระบบ
- หน่วยความจำผู้ใช้

หน่วยความจำระบบเป็นส่วนที่ใช้เก็บ โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องพีแอลซีในการติดต่อกับผู้ใช้การแปลคำสั่งบูลีนที่ผู้ใช้เขียนขึ้นให้อยู่ในรูปแบบที่หน่วยประมวลผลเข้าใจ โดยหน่วยความจำในส่วนนี้จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้จึงอยู่ในรูปของ ROM หรือ EEPROM และยังมีส่วนของหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บสถานะหรือผลการทำงานที่เกิดจากการปฏิบัติการของโปรแกรมบริหารระบบ (Operating system) การปฏิบัติงานจากโปรแกรมผู้ใช้ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำ RAM เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

หน่วยความจำผู้ใช้เป็นส่วนที่ใช้เก็บ โปรแกรมบูลีนที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเพื่อนำไปปฏิบัติงานตามเงื่อนไขต่างๆที่กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นหน่วยความจำแบบ RAM หรือ ROM ก็ได้ [2]

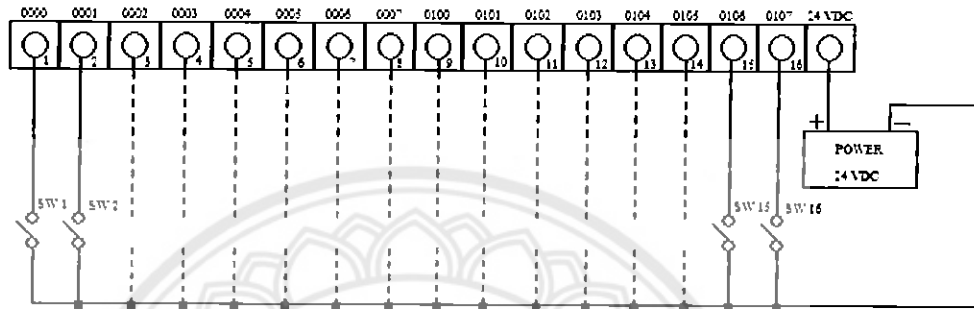
ค. ภาคเอาต์พุต

ภาคเอาต์พุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาต์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ ส่วนของเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสถานะที่ได้จากการประมวลผลของซีพียูแล้วนำค่าไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หรือหลอดไฟฟ้าเป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central processing unit: CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต สัญญาณที่ออกจากภาคเอาต์พุตของพีแอลซีไม่ว่าจะเป็นเอาต์พุตแบบรีเลย์ หรือทรานซิสเตอร์ก่อนที่สัญญาณจะถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์เอาต์พุตได้ต้องผ่านบัฟเฟอร์รีเลย์ (Buffer relay) หรือต้องต่อผ่านวงจรจับเคลื่อนก่อนจึงสามารถต่อโหลดได้ เช่น ถ้าต้องการสัญญาณเอาต์พุต ไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงานต้องผ่านวงจรจับเคลื่อนก่อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากพีแอลซีมีค่าน้อยเกินกว่ากระแสที่มอเตอร์จะนำไปใช้ได้เป็นต้น [4]

2.2.2 การทำงานของภาคอินพุตและเอาต์พุต

1. การทำงานของภาคอินพุต

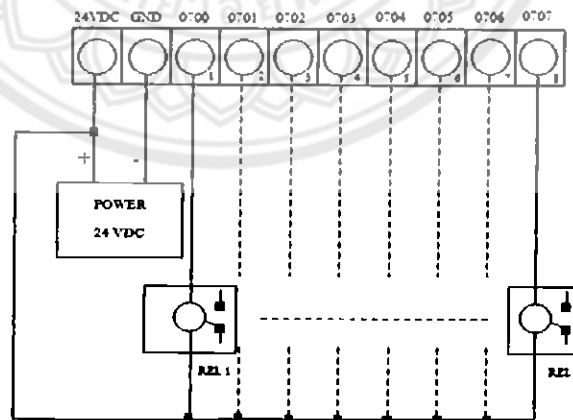
จะเห็นว่าการทำงานของภาคอินพุต ถ้ามีสัญญาณไฟฟ้าเข้ามาที่ภาคอินพุตจะทำให้ข้อมูลของพื้นที่ของอินพุต (Input area) ที่บิตเป็น “1” แต่ถ้าไม่มีสัญญาณไฟฟ้าจ่ายเข้ามาที่ภาคอินพุตจะทำให้ข้อมูลที่ของพื้นที่ของอินพุตที่บิตนั้นเป็น “0” ซึ่งแสดงการต่อภาคอินพุตดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การทำงานภาคอินพุต [4]

2. การทำงานของภาคเอาต์พุต

จะเห็นว่าสถานะข้อมูลของพื้นที่ของเอาต์พุต (Output area) จะเป็น “1” หรือ “0” ขึ้นอยู่กับโปรแกรมภายในพีแอลซี โดยจะใช้ผลของโปรแกรมหลังสุดเป็นหลัก ซึ่งสามารถแสดงการต่อภาคเอาต์พุตดังรูปที่ 2.10



รูป 2.10 การทำงานภาคเอาต์พุต [4]

2.2.3 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี

1. กำหนดขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร
2. กำหนดอินพุตและเอาต์พุตซึ่งเป็นการกำหนดแอดเดรสของสวิตช์ปุ่มกด (Push-button switch) หรือคอนแทกเตอร์ (Magnetic contactor) ว่าอยู่ในแอดเดรสที่เท่าใด เช่น สวิตช์ปุ่มกดจะต่อเข้ากับขั้วต่อสาย (Terminal) 1 ก็คือบิต 00 ขึ้นไป
3. เดินสายไฟจากอินพุตมาเข้าที่ขั้วต่อสายด้านอินพุต (Input terminal) และจากขั้วต่อสายด้านเอาต์พุต (Output terminal) เข้าที่โหลด (Load) หรือรีเลย์ (Buffer)
4. เขียนโปรแกรมลงในพีแอลซีโดยเขียนตามขั้นตอนการทำงานของเครื่องอาจจะเป็นในรูปของนิมอนิก (Nemonic) หรือแลคเตอร์ก็ได้
5. การใช้พีแอลซีทำงานตามโปรแกรมหลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วสั่งรัน (Run) คือให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่เขียนไว้ใน โปรแกรมตามต้องการและดูสถานะการทำงานที่หน้าจอมอนิเตอร์



แผนผังขั้นตอนการใช้งานพีแอลซีสามารถเขียนได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการใช้งานพีแอลซี

2.3 การทดสอบมอเตอร์

การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ไปจำลองผลการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก มีวิธีการทดสอบ 3 วิธี คือ

2.3.1 การทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์

การทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ (DC Test) นี้ สามารถทดสอบได้ด้วยการต่อขดลวดแบบสตาร์ แล้ววัดค่าความต้านทานระหว่างเฟส ค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ระหว่างเฟส เนื่องจากการทดสอบนี้ต้องการทราบค่าความต้านขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส ซึ่งสามารถหาได้โดยการนำค่าความต้านทานขดลวดระหว่างเฟสมาหารด้วย 2 จะได้สมการที่ (2.9)

$$R_s = \frac{R_Y}{2} \quad \Omega \quad (2.9)$$

โดยที่ R_s คือ ความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส

R_Y คือ ความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ระหว่างเฟส

2.3.2 การทดสอบขณะไม่มีโหลด

การทดสอบขณะไม่มีโหลด (No-load test) นี้ต้องจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดให้กับขดลวดที่สเตเตอร์ซึ่งขดลวดต่อแบบสตาร์ขณะที่ไม่มีโหลดต่อที่แกนของมอเตอร์ การทดสอบนี้สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าได้คือ

V_{nl} = แรงดันไฟฟ้าที่สายของสเตเตอร์ (อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์: V)

I_{nl} = กระแสไฟฟ้าที่สาย (อ่านได้จากแอมมิเตอร์: A)

ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองเป็นแรงดันสาย เราสามารถนำมาหาแรงดันเฟสได้จากสมการที่ 2.10

$$V_{\phi, nl} = \frac{V_{nl}}{\sqrt{3}} \quad V \quad (2.10)$$

ขณะไม่มีโหลดมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าตัวประกอบกำลังค่าแสดงว่าองค์ประกอบของวงจรสมมูลส่วนใหญ่เป็นรีแอกแตนซ์ ซึ่งย่อหมายถึงรีแอกแตนซ์ที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก (X_m) ถ้าเป็นมอเตอร์แบบดั้งเดิม (Conventional motor) ค่า ($X_m \gg X_s$) ดังนั้นกระแสไฟฟ้า I_{nl} จะต้องล้าหลังแรงดันไฟฟ้า V_{nl} แต่สำหรับค่าอิมพีแดนซ์สามารถหาได้จากสมการที่ 2.11

$$|Z_m| = \frac{V_{\phi,nl}}{I_{nl}} \Omega \quad (2.11)$$

โดยที่ $V_{\phi,nl}$ คือ แรงดันเฟสขณะไม่มีโหลด

I_{nl} คือ กระแสเฟสขณะไม่มีโหลด

2.3.3 การทดสอบการยึดโรเตอร์

การทดสอบการยึดโรเตอร์ (Locked-rotor test) นี้ จะต้องปรับแรงดันไฟฟ้าจนได้กระแสไฟฟ้าที่พิกัดของสเตเตอร์ (เช่นเดียวกับกรณีทดสอบลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้า) สมมติแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้การทดสอบมีค่า 10–20% ของแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ช่องว่างอากาศมีค่าน้อย การทดสอบนี้สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์ขณะลัดวงจรได้ดังนี้

V_r = แรงดันไฟฟ้าที่สายขณะยึดโรเตอร์

I_r = กระแสไฟฟ้าที่สายขณะยึดโรเตอร์

P_r = กำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์ทั้งสามเฟสขณะยึดโรเตอร์

เมื่อทราบค่าดังกล่าวเราสามารถหาค่าอิมพีแดนซ์ขณะยึดโรเตอร์โดยอาศัยความสัมพันธ์จากกฎของโอมที่จะได้

$$|Z_r| = \frac{V_r}{I_r} = \frac{V_r}{\sqrt{3} \times I_r} \Omega \quad (2.12)$$

และสามารถหาค่าตัวประกอบกำลังขณะยึดโรเตอร์ได้จากกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ดังนี้

$$P_r = \sqrt{3} V_r I_r \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{P_r}{\sqrt{3} V_r I_r} \quad (2.13)$$

เมื่อทราบค่าตัวประกอบกำลังสามารถนำมาหาค่าความต้านทานโรเตอร์และรีแอกแตนซ์โรเตอร์ได้จาก

$$R_r = |Z_r| \cos \theta \quad (2.14)$$

เมื่อความต้านทานขดลวดขณะยึดโรเตอร์เป็นผลรวมของความต้านทานสเตเตอร์ (R_1) และความต้านทานโรเตอร์ (R_2) ดังนั้นเราสามารถหาค่าความต้านทานโรเตอร์ได้จากความสัมพันธ์

$$R_r = R_1 + R_2 \quad (2.15)$$

ส่วนค่ารีแอกแตนซ์ของโรเตอร์หาได้จาก

$$X_r = |Z_r| \sin \theta \quad (2.16)$$

จากค่ารีแอกแตนซ์ขณะยึดโรเตอร์สามารถนำมาหาค่ารีแอกแตนซ์ของขดลวดสเตเตอร์ และรีแอกแตนซ์ของโรเตอร์ เนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกที่ใช้ทดสอบในโครงการนี้เป็นมอเตอร์ Class C ดังนั้นการหาค่ารีแอกแตนซ์ของวงจรมอเตอร์เหนี่ยวนำหาได้ดังนี้

$$X_1 = 0.3X_r \quad (2.17)$$

$$X_2 = 0.7X_r \quad (2.18)$$

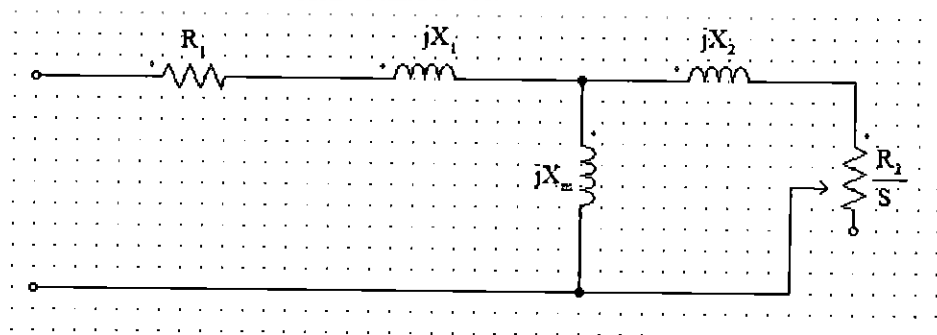
และ
$$X_m = |Z_m| - X_1 \quad (2.19)$$

โดย X_1 คือ รีแอกแตนซ์ของขดลวดสเตเตอร์

X_2 คือ รีแอกแตนซ์ของโรเตอร์

X_m คือ รีแอกแตนซ์ที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

เมื่อทราบค่าพารามิเตอร์ข้างต้น สามารถนำมาเขียนวงจรมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรมอเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

จากวงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก สามารถนำมาหาค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก ของขดลวดสเตเตอร์ และของโรเตอร์ได้จากความสัมพันธ์ของ

$$X_L = j\omega L \quad (2.20)$$

ดังนั้น จะได้ขนาดของค่าความเหนี่ยวนำของวงจรสมมูลมอเตอร์ดังนี้

$$L_1 = \frac{X_1}{2\pi f} \quad (2.21)$$

$$L_2 = \frac{X_2}{2\pi f} \quad (2.22)$$

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f} \quad (2.23)$$

โดย L_1 คือ ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดสเตเตอร์
 L_2 คือ ค่าความเหนี่ยวนำของโรเตอร์
 L_m คือ ค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก



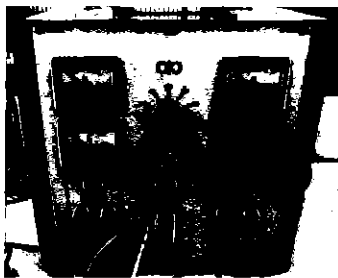
บทที่ 3

การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาโดยใช้พีแอลซี

การออกแบบการทดลองการควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกโดยใช้พีแอลซี จำเป็นต้องมีการต่อวงจรการเริ่มเดินเครื่องในแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของแต่ละวงจร เพื่อนำไปสู่การใช้พีแอลซีควบคุมการเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา

ในการเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกที่ทดลองในโครงการนี้จะใช้สองแบบคือ การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรงและการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา ในการต่อวงจรจริงจะมีอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง จะประกอบด้วย

1. แหล่งจ่ายกระแสไฟสลับ (AC power supply)
2. แหล่งจ่ายกระแสไฟตรง (DC power supply)
3. ชุดสายไฟ
4. มอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.37 kW พิกัดกระแส 1.1 A พิกัดแรงดัน 380 V
5. สวิตช์ปุ่มกดชนิดปกติปิดสีแดง (NC)
6. สวิตช์ปุ่มกดชนิดปกติเปิดสีเขียว (NO)
7. คอนแทกเตอร์
8. รีเลย์หน่วงเวลา
9. ตัวต้านทาน 10 W 10 Ω
10. ออสซิลโลสโคป
11. แคลมป์มิเตอร์
12. รีเลย์ไหลคเกิน
13. เครื่องวัดความเร็วรอบ



(ก) แหล่งจ่ายกระแส



(ข) ออสซิลโลสโคป



(ค) มอเตอร์เหนี่ยวนำ



(ง) คอนแทกเตอร์



(จ) รีเลย์ โหลดเกิน



(ฉ) แคลมป์มิเตอร์



(ช) เครื่องวัดความเร็วรอบ



(ซ) รีเลย์หน่วงเวลา



(ด) ตัวต้านทาน 10 W 10 Ω

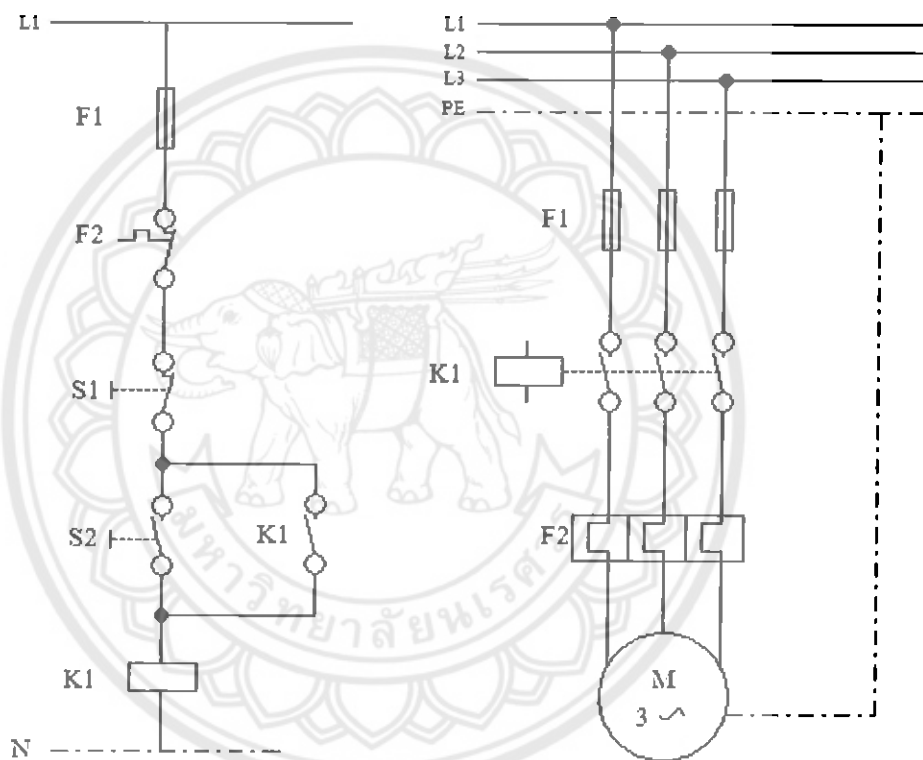


(ญ) สวิตช์ปุ่มกด

รูปที่ 3.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรง

การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรงโดยทั่วไปวิธีนี้ การต่อใช้งานขดลวดมอเตอร์จะได้รับแรงดันเต็มพิกัด ทำให้ขณะเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์จะมีกระแสสูง 4-8 เท่าของกระแสพิกัด ส่วนแรงบิดจะมีค่า 0.5-1.5 เท่าของของแรงบิดพิกัดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว การต่อแบบโดยตรงจะต่อได้ 2 แบบ คือ แบบสตาร์ และแบบเดลตา ซึ่งรูปแบบการต่อจะเป็นดังรูปที่ 3.2



(ก) วงจรกำลัง

(ข) วงจรควบคุม

รูปที่ 3.2 แผนภาพของการเริ่มเดินเครื่องแบบต่อโดยตรง [1]

การทำงานของารเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์มีขั้นตอนดังนี้

1. กดสวิตช์ S2 คอนแทกเตอร์ K1 ทำงาน เมื่อปล่อยสวิตช์ S2 คอนแทกเตอร์ยังทำงานอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด K1 ในแฉวที่สองทำงาน หน้าสัมผัสจะปิด กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวดของคอนแทกเตอร์ตลอดเวลา
2. เมื่อเกิดสภาวะโหลดเกิน (Overload) หน้าสัมผัสปกติปิดของรีเลย์ (F2) จะตัดวงจรไม่มีกระแสไหลเข้าขดลวดคอนแทกเตอร์ K1 จะหยุดทำงาน
3. ในการหยุดทำงานของวงจรให้กดสวิตช์ S1
4. ถ้าฟิวส์ F1 ขาดวงจรจะหยุดทำงาน
5. เมื่อเกิดสภาวะโหลดเกินให้วงจรทำงานใหม่ให้กดปุ่มรีเซต (Reset) หน้าสัมผัสของรีเลย์ให้กลับสู่สภาพเดิมแล้วทำการกด S2 อีกครั้งมอเตอร์จะกลับมาทำงานตามเดิม

เมื่อพิจารณาวงจรการต่อแบบสตาร์ที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การต่อขดลวดแบบสตาร์

จากนั้นทำการวัดกระแสของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด ทำให้ทราบว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำต่อแบบสตาร์มีกระแสขณะไม่มีโหลดเท่ากับ 0.19 A ดังรูปที่ 3.4



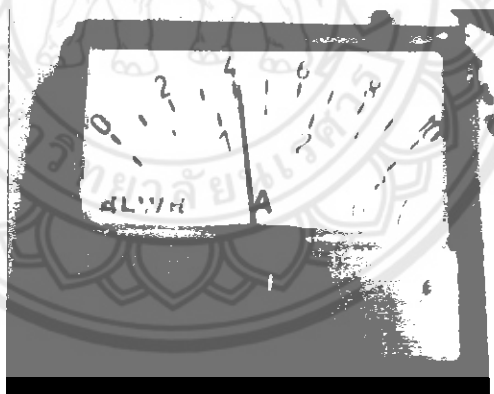
รูปที่ 3.4 กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์

เมื่อพิจารณาวงจรการต่อแบบเดลตาที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การต่อขดลวดแบบเดลตา

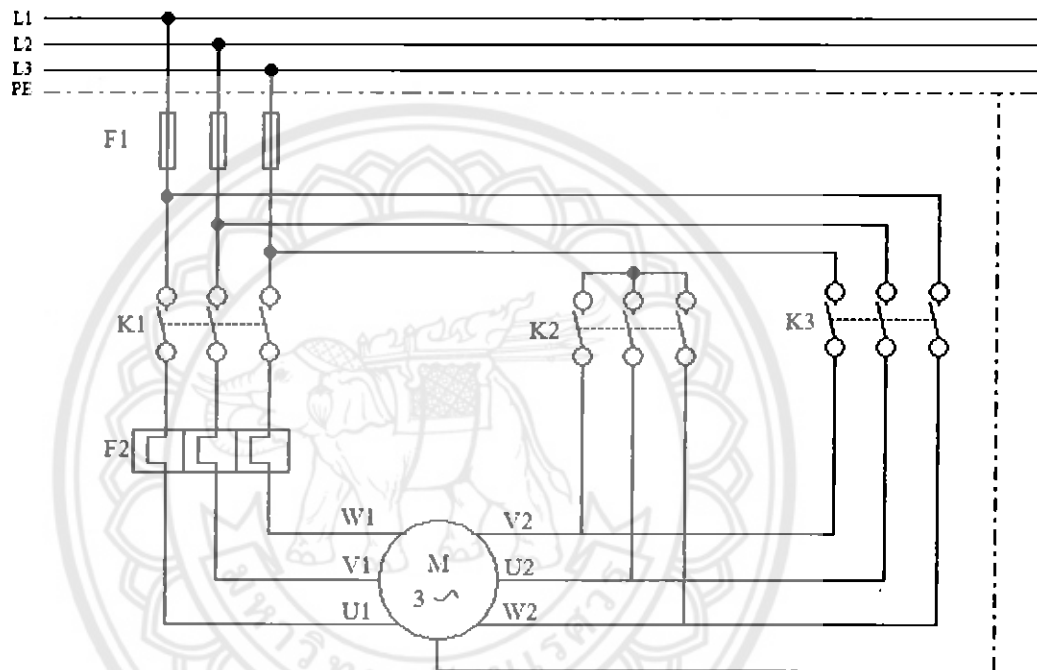
จากนั้นทำการวัดกระแสของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด ทำให้ทราบว่ามอเตอร์หนึ่งขานำต่อแบบเดลตามีกระแสขณะไม่มีโหลด 0.41 A ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 กระแสขณะเริ่มเดินเครื่องแบบเดลตา

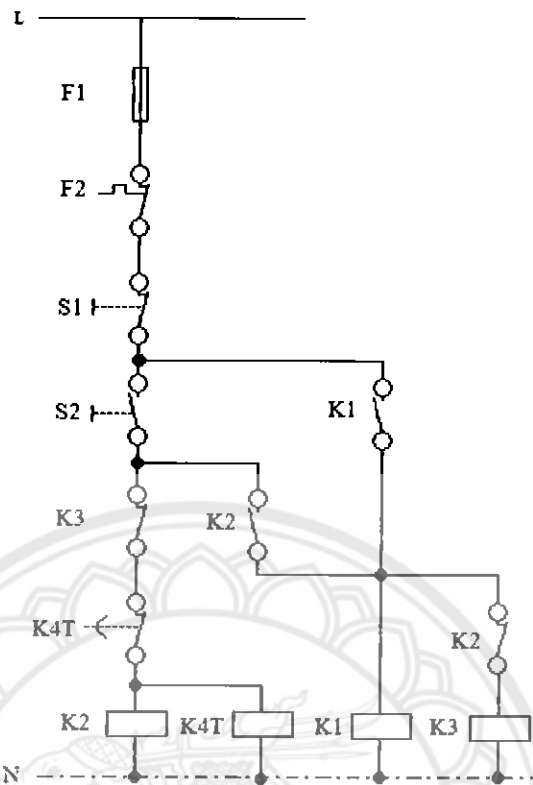
3.2 การเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา ซึ่งนิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม ลักษณะการทำงานของวงจรการเริ่มเดินเครื่องแบบนี้เมื่อเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์จะถูกต่อให้เป็นสตาร์โดยคอนแทกเตอร์ หลังจากนั้น เมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้นถึง 80% ขดลวดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นเดลตาโดยใช้ตัวตั้งเวลา (Timer) เพื่อจับเวลาทำงาน ซึ่งรูปแบบการต่อวงจรกำลังและวงจรควบคุมจะแสดงค่ารูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 ตามลำดับ



รูปที่ 3.7 วงจรกำลังสำหรับการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา [1]

วงจรกำลังของการเริ่มเดินเครื่องจะต้องเรียงกันไปจากสตาร์ไปเดลตาและคอนแทกเตอร์สตาร์กับคอนแทกเตอร์เดลตาจะต้องมีอินเตอร์ล๊อค (Interlock) ซึ่งกันและกัน การควบคุมมีสองอย่างคือการเปลี่ยนจากสตาร์ไปเดลตาโดยการกดสวิตช์ปุ่มกดและการเปลี่ยนโดยอัตโนมัติด้วยการใช้รีเลย์ตั้งเวลา

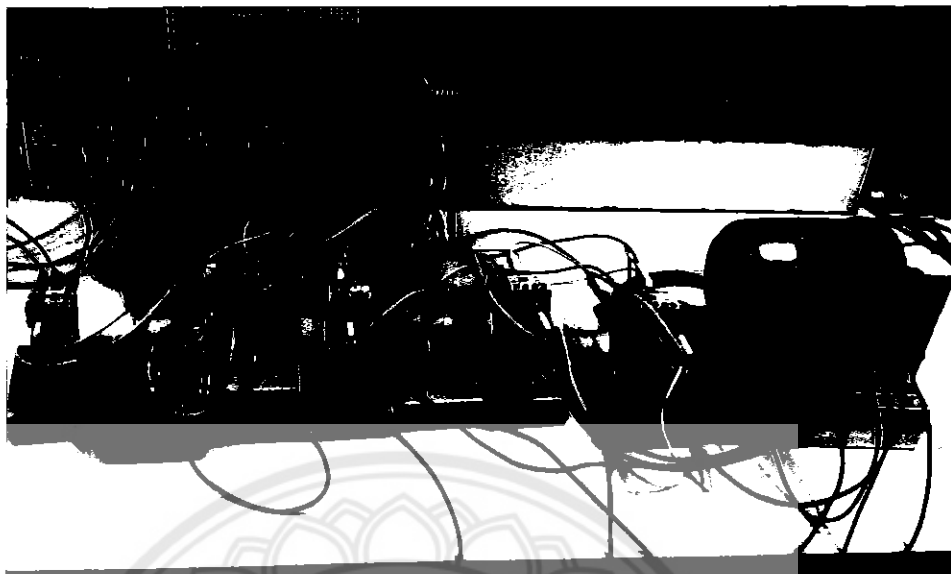


รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมสำหรับการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา [1]

จากวงจรควบคุมสามารถลำดับขั้นตอนการทำงาน ได้ดังนี้

1. กดสวิทช์ S2 (Start) ทำให้คอนแทก K2 ทำงานต่อแบบสตาร์และรีเลย์ตั้งเวลา K4T ทำงาน คอนแทกเตอร์ปกติปิดของ K2 ในแถวที่ 4 ตัดวงจร K3 และคอนแทกเตอร์ปกติปิดในแถวที่ 2 ต่่วงจรให้คอนแทกเตอร์หลัก K1
2. หลังจากที K1 ทำงานและปล่อยสวิทช์ S2 ไปแล้วหน้าสัมผัสปกติเปิด (NO) ของ K1 ในแถวที่ 3 ต่่วงจรที่คอนแทกเตอร์ K2 และตัวตั้งเวลา K4T จะทำงานตลอดเวลา ขณะนี้มอเตอร์จะหมุน โดยขดลวดต่อแบบสตาร์
3. รีเลย์ตั้งเวลา K4T ทำงานหลังจากเวลาที่ตั้งไว้ คอนแทกเตอร์ K2 จะถูกตัดออกจากวงจรด้วยหน้าสัมผัสปกติปิด (NC) ของรีเลย์ตั้งเวลา K4T ในแถวที่ 1 และหน้าสัมผัสปกติปิด (NC) ของ K2 ในแถวที่ 4 กลับสู่สภาวะเดิมต่่วงจรให้กับคอนแทกเตอร์ K3 ทำงานและหน้าสัมผัสปกติปิด (NC) ของ K3 ในแถวที่ 1 จะตัดคอนแทกเตอร์ K2 และรีเลย์ตั้งเวลา K4T ออกจากวงจรจะคงเหลือคอนแทกเตอร์ K1 และ K3 ทำงานร่วมกัน มอเตอร์หมุนแบบเดลตา
4. เมื่อต้องการหยุดการทำงานของมอเตอร์กดสวิทช์ S1 (Stop)

วงจรการต่อแบบสตาร์-เดลตาที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การต่อแบบสตาร์-เดลตา

จากนั้นทำการวัดกระแสของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดทำให้ทราบว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ
กรงกระรอกต่อแบบสตาร์-เดลตามีกระแสขณะไม่มีโหลด 0.19 A ในช่วงการต่อแบบสตาร์และมี
กระแส 0.41 A ในช่วงการต่อแบบเดลตา

3.3 การวิเคราะห์การเริ่มเดินเครื่องด้วยโปรแกรม PSIM

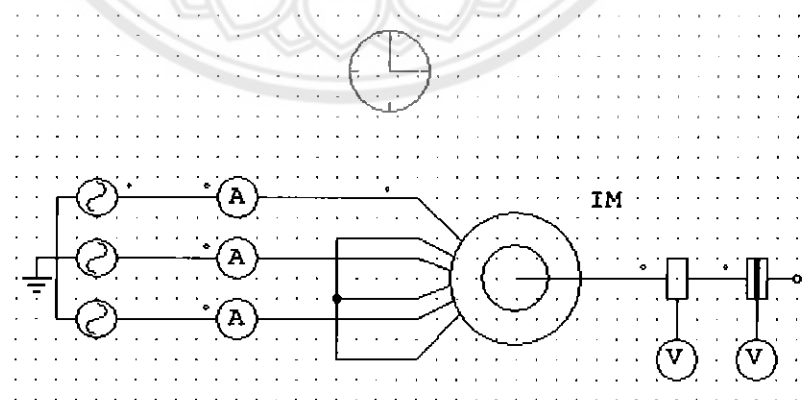
การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSIM จะช่วยในการออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรและยังสามารถควบคุมปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆของวงจรได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัด สะดวก ปลอดภัยและช่วยลดการเสียหายของอุปกรณ์ได้อีกด้วย กระบวนการจำลองเหตุการณ์ของโปรแกรม PSIM ประกอบด้วยโปรแกรมหลักๆ 2 โปรแกรม คือโปรแกรม Schematics ทำหน้าที่เป็นส่วนแสดงกราฟฟิกของวงจรไฟฟ้าที่ต้องการจะวิเคราะห์และโปรแกรม Sim view ทำหน้าที่วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่เขียนจากโปรแกรม Schematics และทำหน้าที่แสดงผลการวิเคราะห์วงจรในรูปแบบกราฟ

การใช้โปรแกรม PSIM เพื่อวิเคราะห์ห้วงจรจะใช้โปรแกรม PSIM Schematics ในการเขียนวงจรและใช้โปรแกรม SimView ในการดูรูปคลื่นสัญญาณกระแสและนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลที่ทดลอง

การทำงานจะใช้โปรแกรม PSIM เพื่อวิเคราะห์มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกที่ 1.1 A พิกัดแรงดัน 380 V 4 ขั้ว พิกัดกำลัง 0.37 kW และที่ความถี่ 50 Hz โดยทำการเขียนวงจรมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก เมื่อขดลวดต่อแบบสตาร์และขดลวดต่อแบบเดลตาเพื่อทำการหากระแสในช่วงสถานะช่วงครู่ โดยผลที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกในบทที่ 4 โดยมีขั้นตอนการจำลองผลการวิเคราะห์มอเตอร์ต่อแบบสตาร์ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างวงจรด้วย Schematic

1. เปิดโปรแกรม PSIM Schematics คลิกที่ไอคอน  และเขียนวงจรตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรการวิเคราะห์มอเตอร์เมื่อขดลวดต่อแบบสตาร์

และเขียนวงจร โดยเลือกอุปกรณ์ต่างๆดังนี้ โดยเลือกเมนู

1.1 Elements/Sources/Voltage/3.Ph Sine

1.2 Elements/Other/Probes/Current Probe

1.3 Elements/Power/Motor Drive Module/Squirrel.cage Ind.Machine(linear)


1.4 Elements/Power/ Motor Drive Module/Speed Sensor

1.5 Elements Power/ Motor Drive Module/Torque Sensor

1.6 Elements/Other/Probes/Voltage Probe

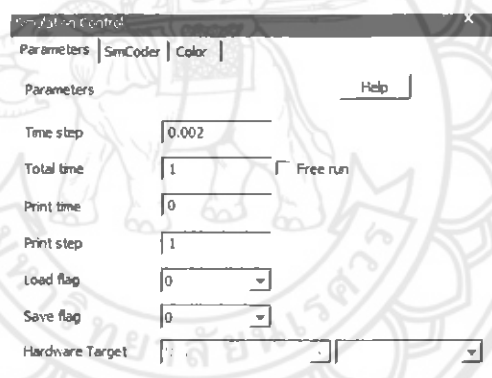
1.7 Elements/Other/Ground

1.8 Simulate/Simulation control

2. ลากจุดเชื่อมต่อโดยการเชื่อมต่อโดยการคลิกที่ไอคอน 

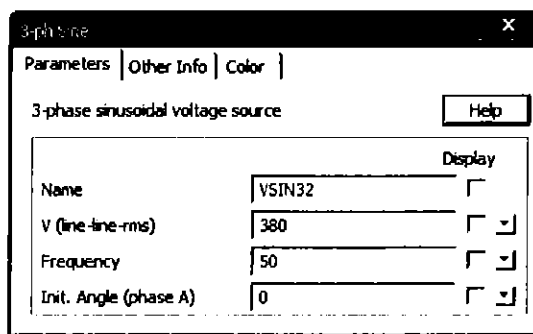
ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดค่าของอุปกรณ์ต่างๆ

1. ดับเบิลคลิกที่รูป Simulation Control แล้วใส่ค่า Time step, Print time และ Total time เพื่อเป็นการกำหนดช่วงเวลาเริ่มต้น (Time step) ที่ต้องการให้แสดงสัญญาณกระแสจนถึงช่วงเวลาที่เราสนใจ (Print time) ดังรูปที่ 3.11



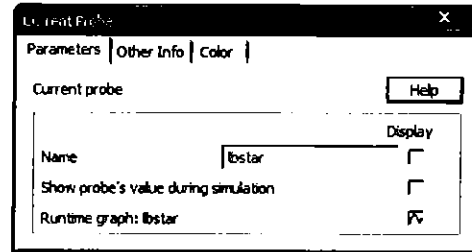
รูปที่ 3.11 การตั้งค่าช่วงเวลาจำลองผล

2. ดับเบิลคลิกที่รูป 3Ph Sine แล้วใส่ค่าแรงดันสายและความถี่เพื่อกำหนดพิกัดของแรงดันของมอเตอร์ที่ต้องการนำไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม PSIM ดังรูปที่ 3.12

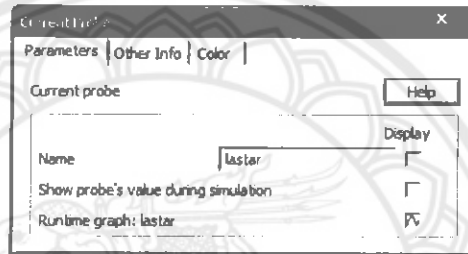


รูปที่ 3.12 การตั้งค่าแหล่งจ่ายไฟสามเฟส

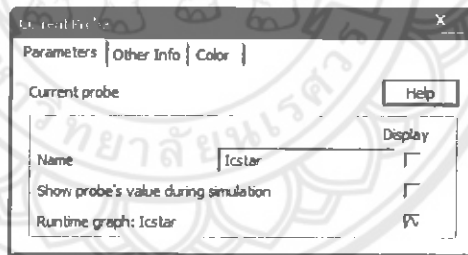
3. ดับเบิลคลิกที่รูป Current Probe ด้านบน กลาง และด้านล่าง และกำหนดชื่อรูป สัญญาณในช่อง Name เพื่อบ่งบอกเฟสของกระแส A, B และ C ตามลำดับดังรูปที่ 3.13



(ก) กระแสเริ่มต้นเครื่องเฟส A



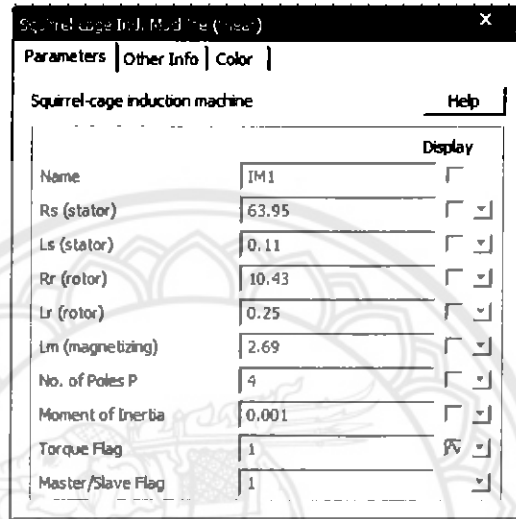
(ข) กระแสเริ่มต้นเครื่องเฟส B



(ค) กระแสเริ่มต้นเครื่องเฟส C

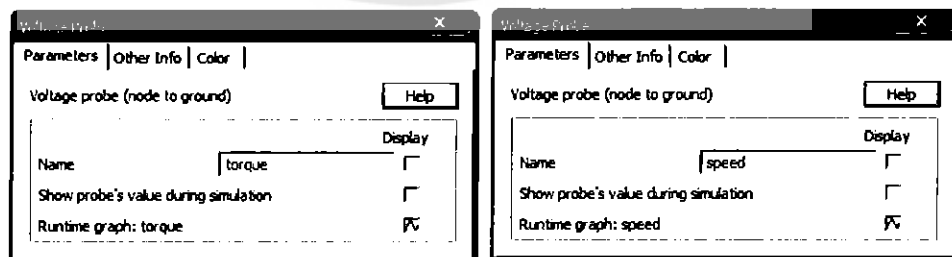
รูปที่ 3.13 การตั้งค่ากระแสเฟส

4. ดับเบิลคลิกที่รูป Squirrel-cage Ind. Machine (linear) แล้วกำหนดชื่อให้มอเตอร์ ใส่ค่าความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ ค่าความเหนี่ยวนำสเตเตอร์ ค่าความต้านทานขดลวดโรเตอร์ ค่าความเหนี่ยวนำขดลวดโรเตอร์ และจำนวนขั้วของมอเตอร์เพื่อกำหนดพิกัดของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกในการจำลองผลของโปรแกรม PSIM ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งค่าที่ได้กล่าวมา หาได้จาก การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกซึ่งจะอธิบายในบทที่ 4 ต่อไป



รูปที่ 3.14 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

ในกรณีที่ต้องการให้แสดงสัญญาณแรงบิดหรือความเร็วรอบสามารถทำได้โดยดับเบิลคลิกที่รูปแรงดัน โพรบแล้วใส่ค่าแรงบิดและความเร็วรอบเพื่อกำหนดชื่อสัญญาณแรงบิดและสัญญาณความเร็วรอบดังรูปที่ 3.15




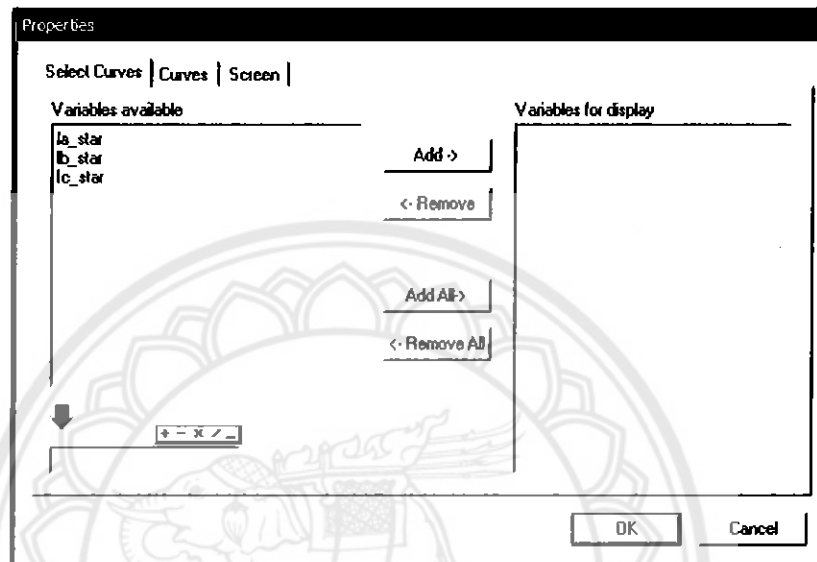
(ก) สัญญาณแรงบิด

(ข) สัญญาณความเร็วรอบ

รูปที่ 3.15 การตั้งค่าแรงดันโพรบ

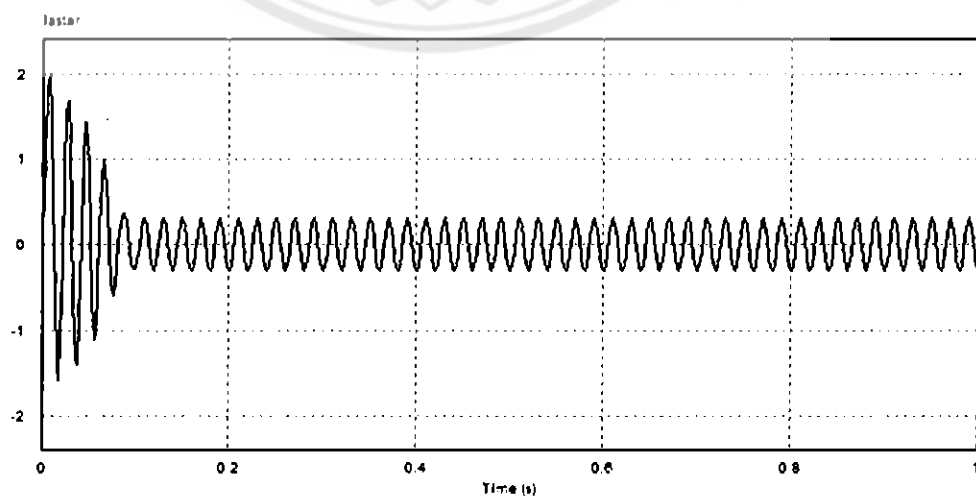
ขั้นตอนที่ 3 การจำลองผลและหาค่าต่างกระแสขณะเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์

1. คลิกที่ไอคอน  เพื่อทำการจำลองผล
2. เมื่อโปรแกรมจำลองผลเรียบร้อยแล้วจะปรากฏหน้าต่างโปรแกรม SimView ดังรูปที่ 3.16



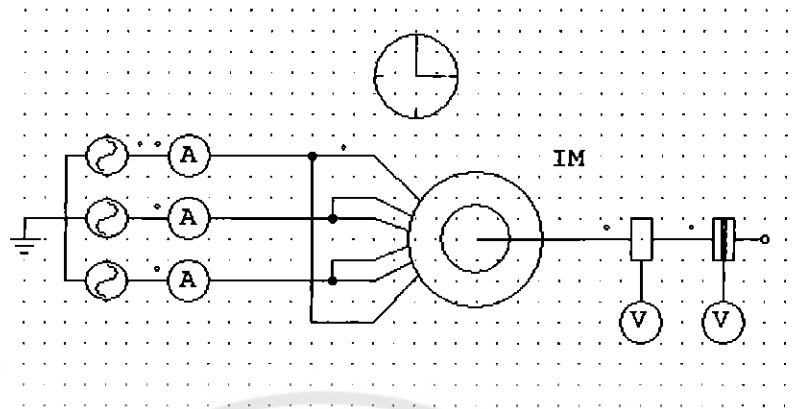
รูปที่ 3.16 หน้าต่างของโปรแกรมของสัญญาณที่จำลองผล

เมื่อต้องการทราบค่ากระแสขณะเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ในช่วงสถานะชั่วคราวให้คลิกส่วนที่ต้องการแสดงค่าสัญญาณกระแสแต่ละเฟสดังรูปที่ 3.16 แล้วคลิกตกลงจะปรากฏสัญญาณกระแสแสดงรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 กระแสเฟส A ของมอเตอร์ต่อแบบสตาร์

ส่วนการใช้โปรแกรม PSIM เพื่อวิเคราะห์วงจรการเชื่อมต่อมอเตอร์เมื่อขดลวดต่อแบบ
 เดลตากับแหล่งจ่ายไฟสามเฟสที่เขียนในโปรแกรม PSIM แสดงดังรูปที่ 3.18

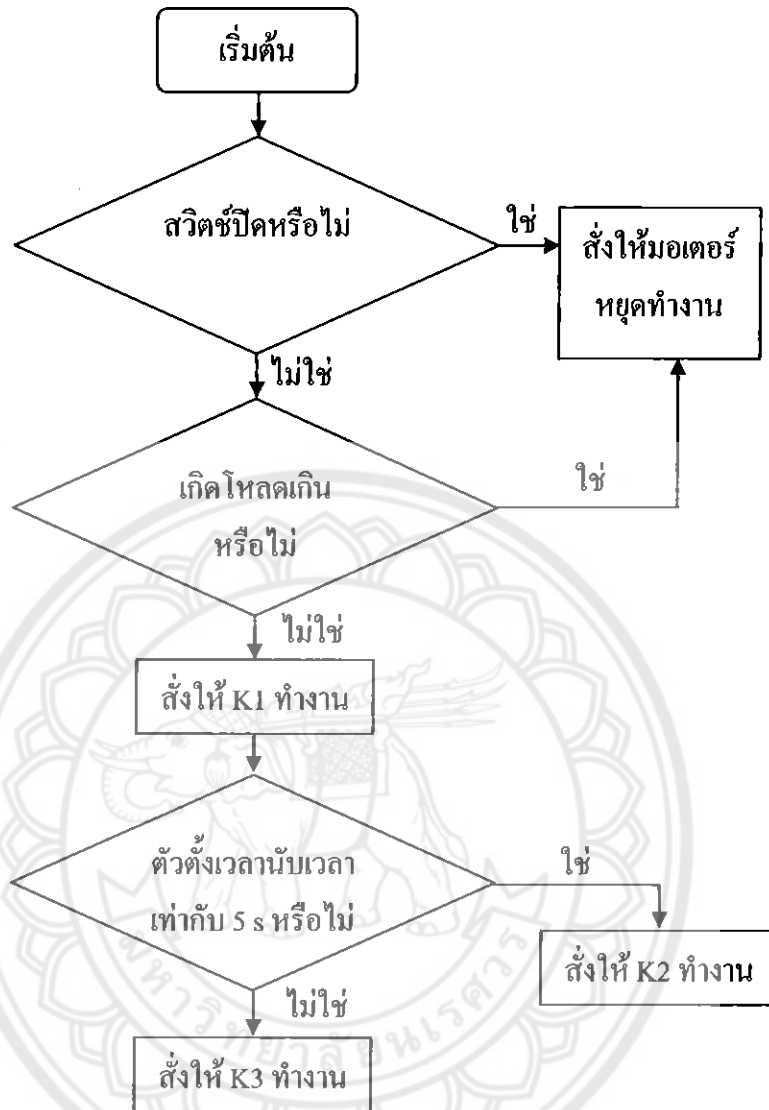


รูปที่ 3.18 วงจรการวิเคราะห์หม้อเตอร์เมื่อขดลวดต่อแบบเดลตา

จากรูปที่ 3.18 การตั้งค่าพิกัดของมอเตอร์ การจำลองผล และการหาค่ากระแสขณะเริ่ม
 เดินเครื่องจะเหมือนกับการต่อมอเตอร์ เมื่อขดลวดมอเตอร์ต่อแบบสตาร์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว
 ข้างต้น

3.4 การควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาด้วยพีแอลซี

วงจรจะเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาทำงานเมื่อมีการกดสวิทช์เปิด โดยพีแอลซีจะ
 ควบคุมการทำงานของคอนแทกเตอร์ในรูปที่ 3.8 โดยคอนแทกเตอร์ K1 และ K2 จะทำงานพร้อม
 กัน เพื่อให้มอเตอร์ทำการต่อขดลวดแบบสตาร์ ในขณะเดียวกันตัวตั้งเวลาจะเริ่มนับเวลา เมื่อตัวตั้ง
 เวลาทำงานครบ 5 วินาที พีแอลซีจะสั่งให้คอนแทกเตอร์ K1 และ K3 ทำงาน ส่วนคอนแทกเตอร์
 K2 จะถูกสั่งให้หยุดทำงาน เพื่อให้มอเตอร์ต่อขดลวดแบบเดลตา ถ้าในขณะที่มอเตอร์ทำงานเกิด
 โหลดเกินหรือมีการกดสวิทช์ปิด แล้วพีแอลซีจะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน ซึ่งการทำงานสามารถ
 แสดงด้วยแผนผังดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ผังงานควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา

เมื่อเข้าใจวงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา และผังงานควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาแล้ว จากนั้นจะกล่าวถึงการเขียนคำสั่งในพีแอลซีเพื่อใช้ควบคุมมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตาแทนคอนแทกเตอร์

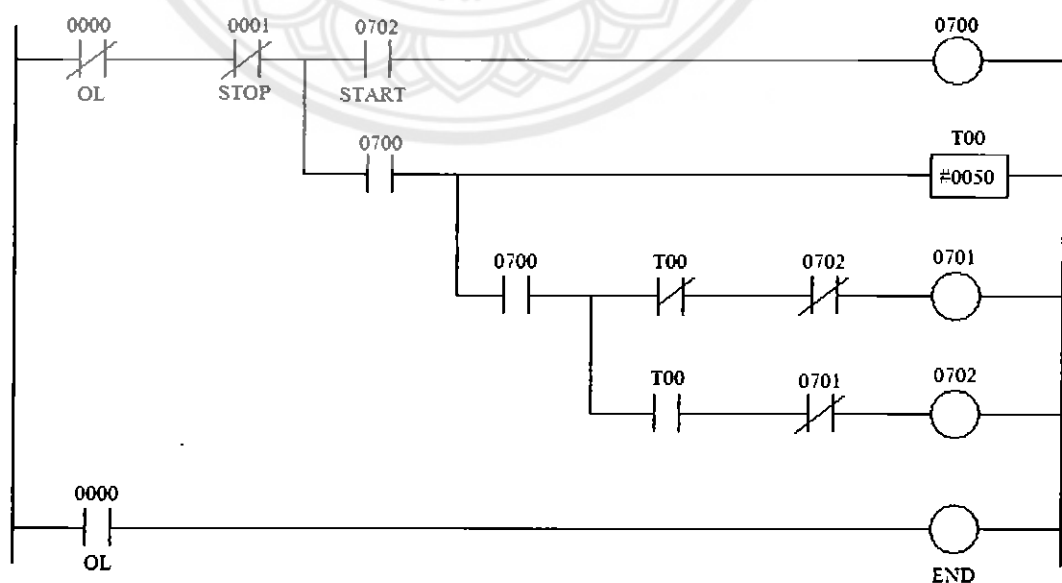
3.4.1 การเขียนคำสั่งในพีแอลซีเพื่อควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา

การเขียนคำสั่งสำหรับพีแอลซีนั้นใช้ภาษาแลดเดอร์ลอจิกในการเขียนคำสั่งทำการเขียนโปรแกรม Software GX Developer โดยที่ต้องทำการกำหนดอินพุต เอาท์พุต และตัวตั้งเวลาของตัวแบบจำลองก่อนตำแหน่งอินพุตและเอาท์พุตแสดง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซี

ตำแหน่ง	สัญลักษณ์และความหมาย
อินพุต 0001	S1 = สวิตช์ปิด (Stop)
อินพุต 0002	S2 = สวิตช์เปิด (Start)
อินพุต 0003	F2= รีเลย์โหลดเกิน (Overload)
เอาท์พุต 0700	K1= มอเตอร์ตัวที่ 1 (Main Contactor)
เอาท์พุต 0701	K2= สตาร์ (Contactor ที่ต่อแบบสตาร์)
เอาท์พุต 0702	K3= เดลตา (Contactor ที่ต่อแบบเดลตา)
ตัวตั้งเวลา T01	T1= ตัวตั้งเวลา

อินพุตจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากสวิตช์ และส่งสัญญาณไปให้พีแอลซี เมื่อพีแอลซีได้รับสัญญาณอินพุต จะทำการประมวลผล ว่าสัญญาณที่ได้รับนั้นมาจากอินพุตใดเมื่อประมวลผลแล้วส่งสัญญาณไปที่เอาท์พุตตามการทำงานของระบบควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แผนภาพแลดเดอร์การทำงานของระบบควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา

จากแผนภาพแลคเตอร์สามารถลำดับขั้นตอนการทำงานของพีแอลซีได้ดังนี้

วงจรที่ 1 เมื่อกดสวิทช์เปิดทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงาน

วงจรที่ 2 เมื่อคอนแทกเตอร์ K1 ทำงานจะทำให้ตัวตั้งเวลาเริ่มนับเวลา

วงจรที่ 3 ในขณะที่คอนแทกเตอร์ K1 และตัวตั้งเวลานับเวลา คอนแทกเตอร์ K2 จะทำงานไปพร้อมกัน

วงจรที่ 4 เมื่อตัวตั้งเวลานับเวลาครบ 5 วินาทีหน้าสัมผัสคอนแทกเตอร์ K3 จะปิด เมื่อหน้าสัมผัสคอนแทกเตอร์ K3 ปิดจะทำให้คอนแทกเตอร์ K2 ไม่ทำงานในวงจรที่ 3

วงจรที่ 5 จบการทำงาน

เมื่อเกิดสภาวะโหลดเกินหรือกดสวิทช์ปิดจะทำให้มอเตอร์หยุดทำงานในวงจรที่ 1

เมื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เคลตาเรียบร้อยแล้ว จึงนำคำสั่งของโปรแกรมพีแอลซีไปทดสอบกับวงจรการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เคลตา โดยใช้หลอดแอลอีดีแทน ในหัวข้อที่ 3.4.2 ก่อนที่จะนำไปทดสอบการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เคลตา เพื่อเป็นการลดความผิดพลาดของโปรแกรมก่อนที่จะนำไปทดลองกับมอเตอร์ ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 4

3.4.2 การทดสอบการทำงานของพีแอลซี

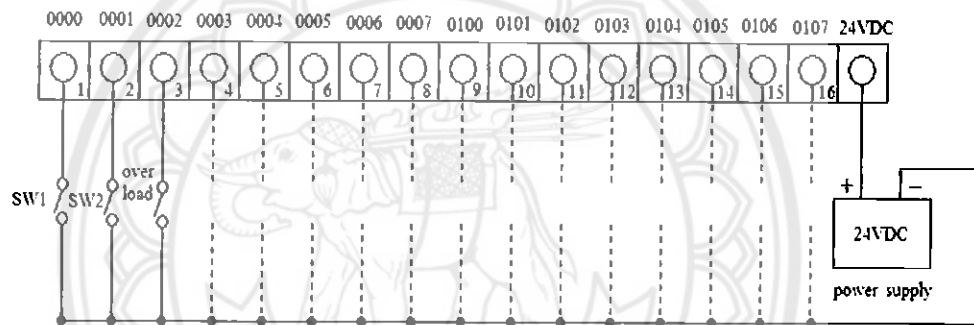
นำโปรแกรมที่เขียนขึ้นไปทดสอบกับวงจรแอลอีดี ซึ่งประกอบด้วยแอลอีดี 3 ดวง โดยที่หลอดแอลอีดี ดวงที่ 1, 2 และ 3 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1, K2 และ K3 ตามลำดับ

แอลอีดีดวงที่ 1 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1

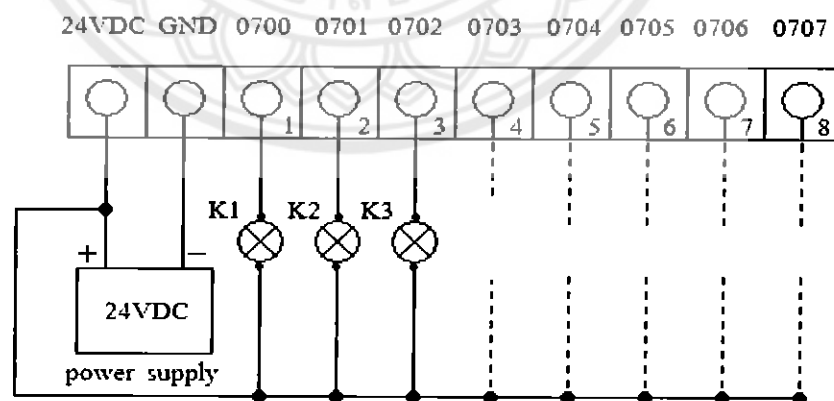
แอลอีดีดวงที่ 2 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2

แอลอีดีดวงที่ 3 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K3

โดยทำการเชื่อมพีแอลซีกับแบบจำลองระบบควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา โดยการต่อภาคอินพุตและเอาต์พุต ในการทดสอบการทำงานของพีแอลซีสามารถแสดงการทำงานได้ดังรูปที่ 3.21 และ 3.22 ตามลำดับ



รูปที่ 3.21 การเชื่อมต่ออินพุตของวงจรทดสอบพีแอลซี



รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อเอาต์พุตของวงจรทดสอบพีแอลซี

วงจรที่ได้จากการทดสอบพีแอลซีแสดงดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วงจรทดสอบพีแอลซี

จากการทดสอบการทำงานของพีแอลซีกับวงจรแอลดีดี พบว่าพีแอลซีนั้นสามารถทำงานได้ตามต้องการ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การทำงานของพีแอลซี

เงื่อนไข	ไฟดวงที่ 1	ไฟดวงที่ 2	ไฟดวงที่ 3
สวิทช์เปิด	ไฟติดสว่าง	ไฟติดสว่าง	ไฟดับ
5 วินาทีผ่านไป	ไฟติดสว่าง	ไฟดับ	ไฟติดสว่าง
สวิทช์ปิด	ไฟดับ	ไฟดับ	ไฟดับ
สถานะโหลดเกิน	ไฟดับ	ไฟดับ	ไฟดับ

จากตารางเมื่อเริ่มจ่ายไฟเข้ามอเตอร์หลอดไฟดวงที่ 1 จะติด เนื่องจากไฟดวงที่ 1 แทนคอนแทกเตอร์ K1 ซึ่งคอนแทกเตอร์ K1 เป็นคอนแทกเตอร์หลักที่จะต่อไฟเข้าให้กับมอเตอร์และหลอดไฟดวงที่ 2 ก็ติดพร้อมด้วย เพราะเป็นการต่อวงจรแบบสตาร์ ส่วนหลอดไฟดวงที่ 3 จะยังคงดับอยู่เพราะหลอดไฟดวงที่ 3 แทนการต่อแบบเดลตา ในขณะที่มอเตอร์ถูกต่อแบบสตาร์

เมื่อตัวตั้งเวลานับเวลาครบ 5 วินาที หลอดไฟดวงที่ 1 ยังคงติดอยู่ในขณะที่หลอดไฟดวงที่ 2 จะดับ ส่วนหลอดไฟดวงที่ 3 จะติด ขณะนี้เป็นการต่อแบบเดลตา

เมื่อเกิดสถานะโหลดเกินหรือหยุดจ่ายไฟ หลอดไฟดวงที่ 1, 2 และ 3 จะดับทั้งหมด ซึ่งหมายความว่ามอเตอร์หยุดทำงาน

เมื่อได้ทดลองการสั่งงานจากพีแอลซี ของวงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาแล้ว แสดงให้เห็นว่า การทำงานของโปรแกรมได้ผลตามที่ต้องการ ซึ่งในบทที่ 4 จะได้นำโปรแกรมพีแอลซีไปทดลองกับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากการออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เคลตาโดยใช้พีแอลซี ซึ่งในบทนี้จะได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของพีแอลซีและระบบควบคุมการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 4.1 วงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เคลตาโดยใช้พีแอลซี

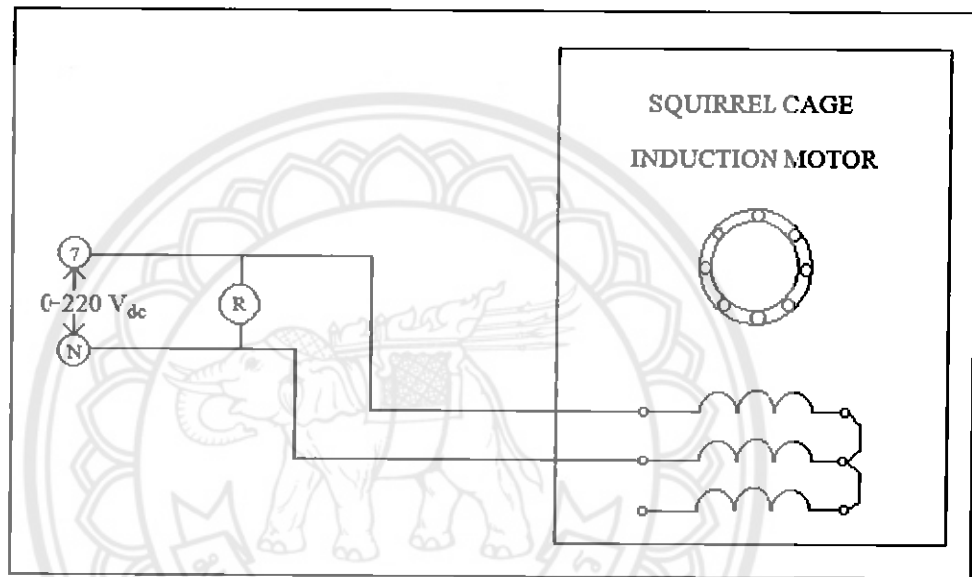
มอเตอร์แบบกรงกระรอกที่ได้ทดสอบการทำงานของพีแอลซีในรูปที่ 4.1 มีพิกัดกำลัง 0.37 kW พิกัดกระแส 1.1 A พิกัดแรงดัน 380 V ความเร็วรอบ 1390 rpm มี 4 ขั้ว ที่ความถี่ 50 Hz

4.1 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

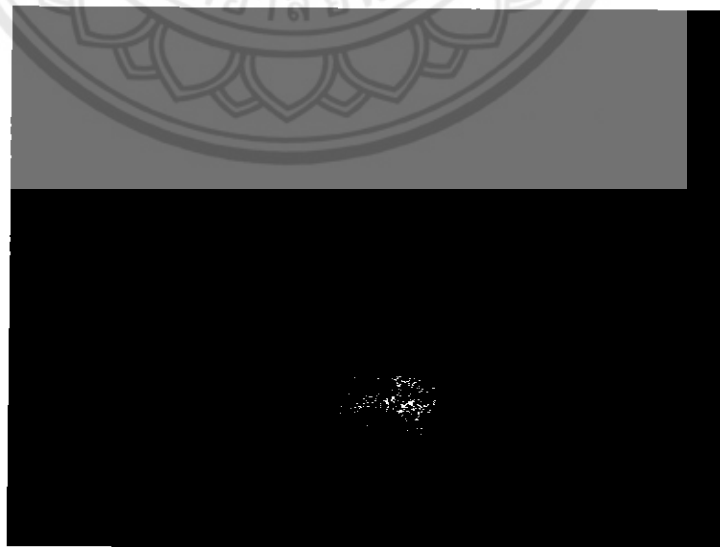
ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PSIM จำเป็นที่จะต้องหาจรรยาสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกขนาด 0.37 kW ที่ทำการทดลองเนื่องจากต้องนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปใส่ในอุปกรณ์ของโปรแกรม PSIM พารามิเตอร์ในวงจรรยาสมมูลมอเตอร์ที่ต้องการหามีดังนี้คือ ค่าความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ ค่าความเหนี่ยวนำขดลวดสเตเตอร์ ค่าความต้านทานขดลวดโรเตอร์ ค่าความเหนี่ยวนำขดลวดโรเตอร์ และจำนวนขั้วของมอเตอร์

4.1.1 การทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์

การทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ (DC Test) ซึ่งสามารถต่อวงจรและวัดค่าความต้านทานดังรูปที่ 4.2 (ก) และ (ข) ตามลำดับ ซึ่งเป็นการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบต่อแบบสตาร์เพื่อหาค่าความต้านทานที่ขดลวดสเตเตอร์ โดยใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ซึ่งต่อแบบสตาร์ค่าที่วัดได้ 127.9 Ω ค่าความต้านทานขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟสจะมีค่าเท่ากับค่าที่วัดได้หารสอง เนื่องจากขดลวดสเตเตอร์ต่อแบบสตาร์



(ก) วงจรทดสอบ

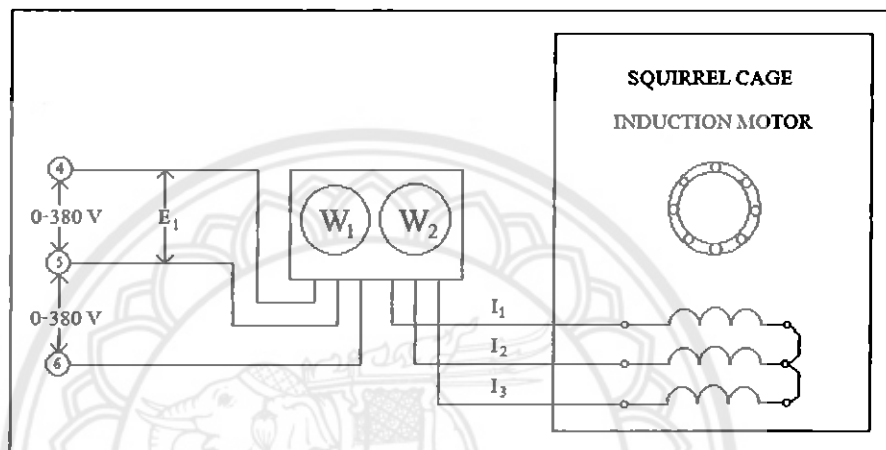


(ข) การต่อวงจร

รูปที่ 4.2 การหาค่าความต้านทานที่ขดลวดสเตเตอร์

4.1.2 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกในขณะไม่มีโหลด

การต่อวงจรมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกเพื่อทดสอบขณะไม่มีโหลด เราทำการต่อมอเตอร์แบบเปิดวงจรเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่สายของสเตเตอร์อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ กระแสไฟฟ้าที่สายอ่านได้จากแอมป์มิเตอร์ และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ขณะไม่มีโหลดทั้งสามเฟสอ่านได้จากผลรวมของวัตต์มิเตอร์ทั้ง 2 ตัว (W_1+W_2) ซึ่งแสดงวงจรการต่อมอเตอร์แบบเปิดวงจรและการวัดค่าดังรูปที่ 4.3 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก) วงจรการทดสอบ



(ข) การต่อวงจร

รูปที่ 4.3 การต่อวงจรมอเตอร์แบบเปิดวงจรการทดสอบ

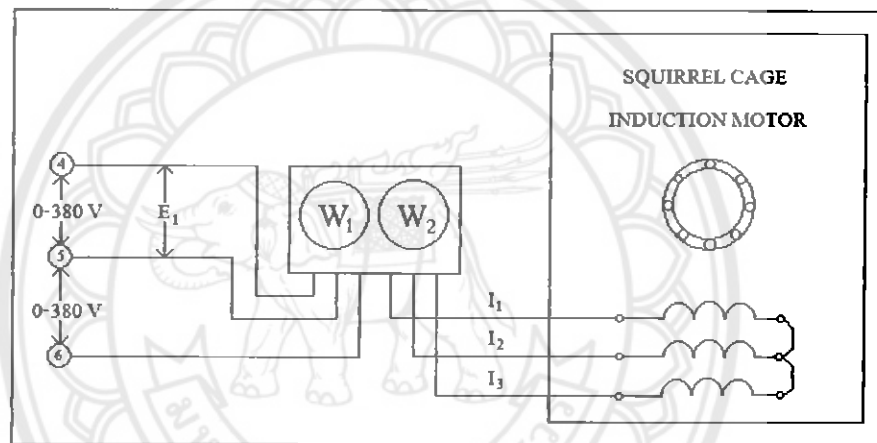
ค่าที่วัดได้จากรูปที่ 4.3 (ข) สามารถนำค่ามาแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 ค่ากระแสในแต่ละเฟส ค่ากระแสของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกในขณะที่ไม่ไม่มีโหลดในแต่ละเฟสมีค่าเท่ากัน กำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอรมีค่าเท่ากับ 20 W

ตารางที่ 4.1 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบปัดวงจร

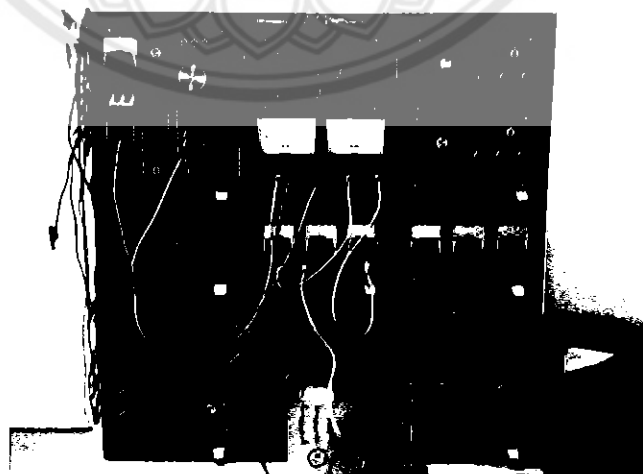
V (V)	I_A (A)	I_B (A)	I_C (A)	W_1 (W)	W_2 (W)	f (Hz)
380	0.25	0.25	0.25	-30	50	50

4.1.3 การทดสอบการยึดโรเตอร์

การต่อวงจรมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกเพื่อทดสอบการยึดโรเตอร์ เราทำการต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกแบบปัดวงจรเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่สายขั้วยึดโรเตอร์ และกำลังไฟฟ้าทั้งสามเฟสแสดงวงจรการต่อมอเตอร์แบบปัดวงจรและการวัดค่าตามที่กล่าวมาข้างต้น ดังรูปที่ 4.4 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก) วงจรการทดสอบ



(ข) การต่อวงจร

รูปที่ 4.4 การต่อวงจรมอเตอร์แบบปัดวงจร

ค่าที่วัดได้จากรูปที่ 4.4 (ข) สามารถนำมาแสดงได้ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งค่ากระแสในแต่ละเฟสมีค่าเท่ากับค่าพิกัดกระแสของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกที่ 1.1 A

ตารางที่ 4.2 การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบลัดวงจร

V (V)	I _A (A)	I _B (A)	I _C (A)	W ₁ (W)	W ₂ (W)	f (Hz)
260	1.1	1.1	1.1	40	230	50

จากการทดสอบมอเตอร์ เมื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการแล้ว จะนำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพื่อใช้ในการจำลองผลด้วยโปรแกรม PSIM ซึ่งจะแสดงการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในหัวข้อที่ 4.1.4

4.1.4 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

นำค่าที่ได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.1.1, 4.1.2 และ 4.1.3 มาคำนวณหาวงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกดังนี้

1. ผลการทดลองจากการทดสอบกระแสตรงของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกเมื่อต่อแบบสตาร์

วัดค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ต่อแบบสตาร์ได้ $R_{YAB} = 127.9 \Omega$

เนื่องจากมอเตอร์ต่อแบบสตาร์การหาค่า $R_{(stator)}$ ต่อเฟส จึงนำค่าที่ได้จากการวัดนั้นมาหารด้วยสอง ดังสมการที่ (2.9)

$$R_{As} = \frac{R_{YAB}}{2} = \frac{129.5}{2} = 63.95 \quad \Omega$$

โดยที่ R_{YAB} คือ ค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์เฟส AB

R_{As} คือ ค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์เฟส A

2. ผลการทดลองจากการทดสอบมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด

จะได้แรงดันเฟสดังสมการที่ (2.10)

$$V_{\phi,m} = \frac{V_T}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \quad \text{V}$$

จากนั้นนำมาหาค่าขนาดอิมพีแดนซ์ขณะไม่มีโหลด ดังสมการที่ (2.11) จะได้

$$|Z_{nl}| = \frac{V_{\phi, nl}}{I_{nl}} = \frac{220}{0.25} = 880 \Omega = X_l + X_m$$

3. ผลการทดสอบขั้วโรเตอร์

เพื่อหาอิมพีแดนซ์ และมุมเฟสของอิมพีแดนซ์ขณะขั้วโรเตอร์ (Locked-rotor impedance)

จากสมการที่ (2.12)

$$\text{จะได้ } |Z_{lr}| = \frac{V_{\phi}}{I_{lr}} = \frac{V_{lr}}{\sqrt{3} \times I_{lr}} = \frac{260}{\sqrt{3} \times 1.1} = 126.46 \Omega$$

และจากสมการที่ (2.13) นำสมการมาขยายข้างเพื่อหาค่ามุมเฟสของอิมพีแดนซ์ขณะขั้วโรเตอร์ (Impedance angle, θ) จะได้

$$\theta = \cos^{-1} \times \frac{P_{lr}}{\sqrt{3} \times V_{lr} \times I_{lr}} = \cos^{-1} \times \frac{270}{\sqrt{3} \times 260 \times 1.1} = 56.97^\circ$$

เมื่อทราบค่าอิมพีแดนซ์ และมุมเฟสของอิมพีแดนซ์แล้ว จากนั้นนำมาหาค่าความต้านทานและรีแอกแตนซ์ของขดลวดโรเตอร์ได้ดังสมการที่ (2.14)

$$R_{lr} = |Z_{lr}| \cos \theta = 126.46 \cos 56.97 = 69.38 \Omega = R_1 + R_2$$

เมื่อทราบค่าอิมพีแดนซ์ และมุมเฟสของอิมพีแดนซ์แล้ว จากนั้นนำมาหาค่าความต้านทานและรีแอกแตนซ์ของขดลวดโรเตอร์ได้ดังสมการที่ (2.16)

$$R_1 = 63.95 \Omega$$

$$R_2 = 74.38 - 63.95 = 10.43 \Omega$$

ดังนั้น

$$X_{lr} = |Z_{lr}| \sin \theta = 126.46 \sin 56.97 = 114.41 \Omega$$

4. หาค่ารีแอกแตนซ์ของวงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

จากมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบเป็นมอเตอร์ Class C การหาค่ารีแอกแตนซ์ของวงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกหาได้จากสมการที่ (2.17), (2.18) และ (2.19) ตามลำดับ ดังนี้

จะได้ ค่ารีแอกแตนซ์ของขดลวดสเตเตอร์

$$X_1 = 0.3X_{LR} = 0.3 \times 114.41 = 34.323 \ \Omega$$

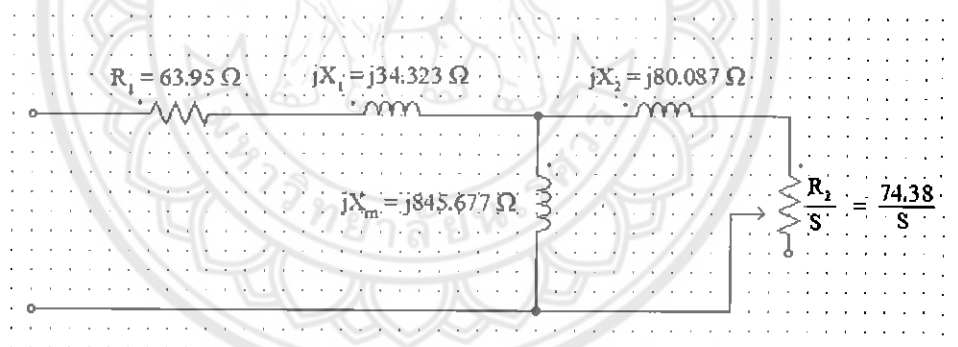
จะได้ ค่ารีแอกแตนซ์ของโรเตอร์

$$X_2 = 0.7X_{LR} = 0.7 \times 114.41 = 80.087 \ \Omega$$

จะได้ ค่ารีแอกแตนซ์ที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

$$X_m = |Z_{nl}| - X_1 = 880 - 34.323 = 845.677 \ \Omega$$

จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ข้างต้นสามารถนำมาเขียนวงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 วงจรสมมูลจากการทดสอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

5. หาค่าความเหนี่ยวนำของวงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก เมื่อทราบค่ารีแอกแตนซ์ของวงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกในข้างต้นแล้ว สามารถนำมาหาค่าความเหนี่ยวนำของวงจรสมมูลมอเตอร์ได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.21)

$$\text{จะได้} \quad L_1 = \frac{X_1}{2\pi f} = \frac{34.323}{2 \times \pi \times 50} = 0.11 \text{ H}$$

จากสมการที่ (2.22)

$$\text{จะได้} \quad L_2 = \frac{X_2}{2\pi f} = \frac{80.087}{2 \times \pi \times 50} = 0.25 \text{ H}$$

จากสมการที่ (2.23)

$$\text{จะได้} \quad L_m = \frac{X_m}{2\pi f} = \frac{845.677}{2 \times \pi \times 50} = 0.29 \text{ H}$$

4.2 กระแสเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

4.2.1 การวัดค่ากระแสเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก

การวัดกระแสขณะเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกด้วยออสซิลโลสโคป ใช้วิธีวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน โดยการต่อตัวต้านทานอนุกรมกับวงจรส่วนที่ต้องการวัดกระแส จากนั้นวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตามวิธีการวัดแรงดัน รูปคลื่นที่ปรากฏบนจอภาพออสซิลโลสโคปจะเป็นรูปคลื่นของกระแส และสามารถคำนวณขนาดกระแสขณะเริ่มเดินเครื่องได้จากกฎของโอห์ม

$$I = \frac{V}{R}$$

การออกแบบหาค่าความต้านทานหาได้ดังนี้

1. จากป้ายชื่อ (Nameplate) มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก มีอัตราส่วนเคลตาค่อสตาร์ 1.05/0.61 A แสดงว่าโหลดเต็มพิกัดต่อแบบเคลตา มอเตอร์มีพิกัดกระแส 1.05 A เช่นเดียวกับการต่อแบบสตาร์ มอเตอร์พิกัดกระแส 0.61 A ที่โหลดเต็มพิกัด

จากสมการ $P = I^2 R$ โดยที่ P = กำลังไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานและ
 I = กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

2. ถ้าเลือกค่า $R = 10 \Omega$

$$P = 1.52 \times 10 = 11.25 \text{ W}$$

ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้ $R = 10 \Omega$ 10 W ซึ่งนำมาต่ออนุกรมเข้ากับวงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เคลตาที่ต้องการทดลองดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การต่อตัวต้านทาน 10Ω 10 W

3. การหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน 10Ω

จากสมการ $V_{p-p} =$ ระยะห่างจากเส้นอ้างอิง(ช่อง) \times อัตราขยายแกนตั้ง (Volts/Div) \times อัตราลดลงโพรบ

$$V_p = \frac{V_{p-p}}{2}$$

$$V_{rms} = 0.707 \times V_p \quad (4.2)$$

จากออสซิลโลสโคปคำนวณหาค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสมีแต่เนื่องมาจากปรับอัตราคของโพรบเป็น $\times 10$ ทำให้ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสมีค่าเท่ากับ

$$V_{rms} = 0.255 \times 10 = 2.55 \text{ v}$$

4. การหาค่ากระแสโดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดคร่อมตัวต้านทาน จากกฎของโอห์มจะได้ดังนี้

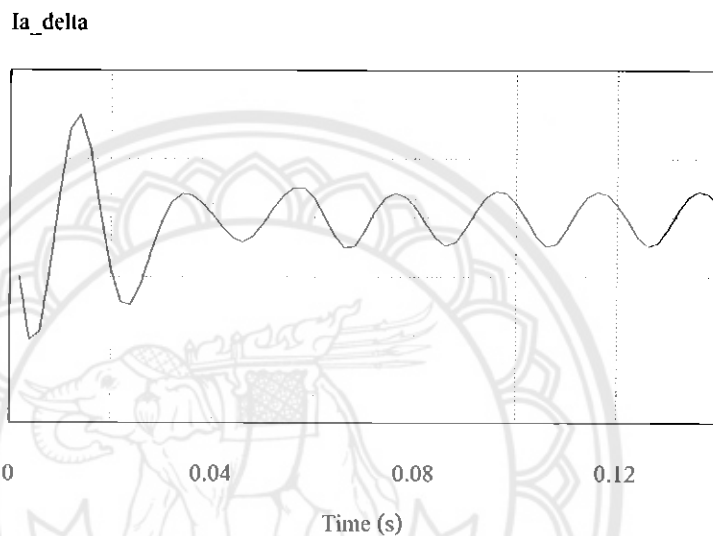
$$I = \frac{V}{R} = \frac{0.255 \times 10}{10} = 0.255 \text{ A}$$

จะเห็นว่าค่ากระแสขณะเริ่มเดินเครื่องที่วัดจากแอมป์มิเตอร์กับค่ากระแสขณะเริ่มเดินเครื่องที่คำนวณจากการวัดโดยใช้ออสซิลโลสโคปมีค่าใกล้เคียงกัน

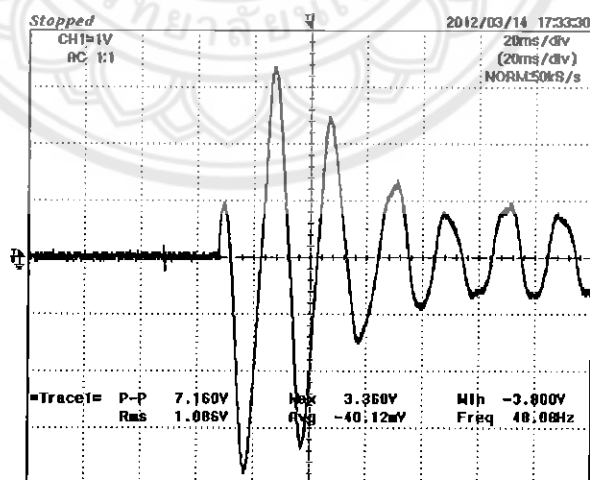
สรุปได้ว่าค่าแรงดันที่วัดได้จากออสซิลโลสโคปนั้นก็คือ ค่ากระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์ เนื่องจากการปรับอัตราคของโพรบ $\times 10$ ทำให้ค่าตัวต้านทาน 10Ω กับค่าอัตราคของโพรบ $\times 10$ ตัดกันพอดี ทำให้ค่ากระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์มีค่าเท่ากับค่าที่ออสซิลโลสโคปวัดได้

4.2.2 การเปรียบเทียบค่าจำลองผลกับค่าทดลองของมอเตอร์ขณะเริ่มเดินเครื่องโดยตรง

ในการเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องโดยตรงของเฟส A พิจารณาสัญญาณกระแสเฟส A จาก PSIM กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบโดยตรงจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 3.42 A ที่เวลา 0.008 s และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.74 A ที่เวลา 0.072 s ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (ก) และสัญญาณกระแสเฟส A จากการทดลองกรณีเริ่มเดินเครื่องแบบโดยตรงจะพบว่าค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 3.36 A และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.7 A ที่เวลา 0.072 s ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (ข)



(ก) สัญญาณกระแสจาก PSIM

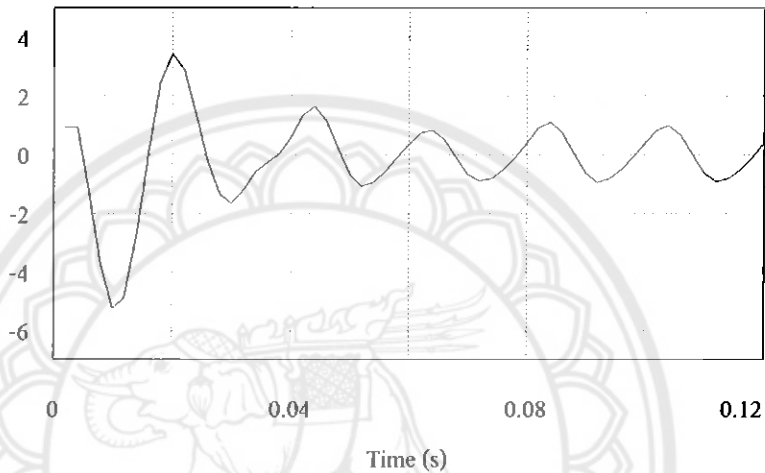


(ข) สัญญาณกระแสจากการทดลอง

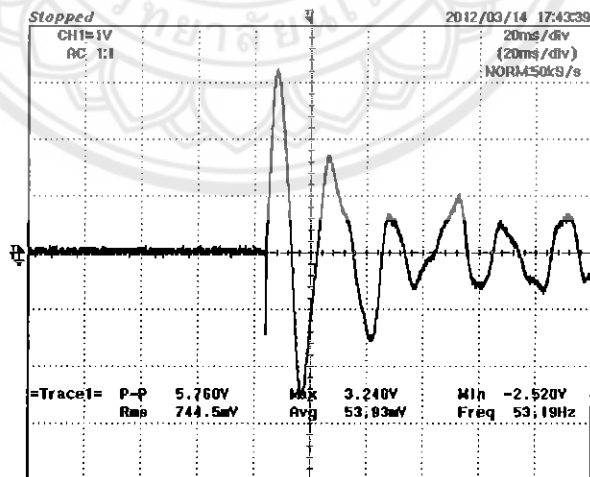
รูปที่ 4.7 สัญญาณกระแสเฟส A กรณีเริ่มเดินเครื่อง

ในการเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องโดยตรงของเฟส B พิจารณาสัญญาณกระแสเฟส B จาก PSIM กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบโดยตรงจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 3.4 A ที่เวลา 0.02 s และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.8 A ที่เวลา 0.074 s ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ก) และสัญญาณกระแสเฟส B จากการทดลองกรณีเริ่มเดินเครื่องแบบโดยตรงจะพบว่าค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 3.24 A และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.6 A ที่เวลา 0.07 s ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ข)

Ib_delta



(ก) สัญญาณกระแสจาก PSIM

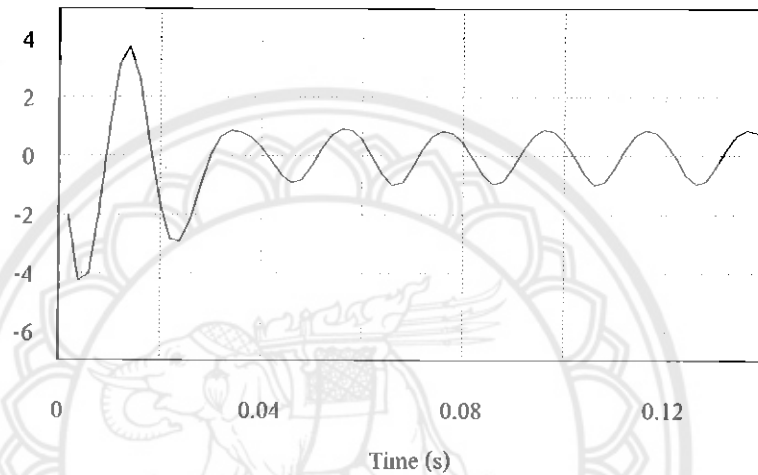


(ข) สัญญาณกระแสจากการทดลอง

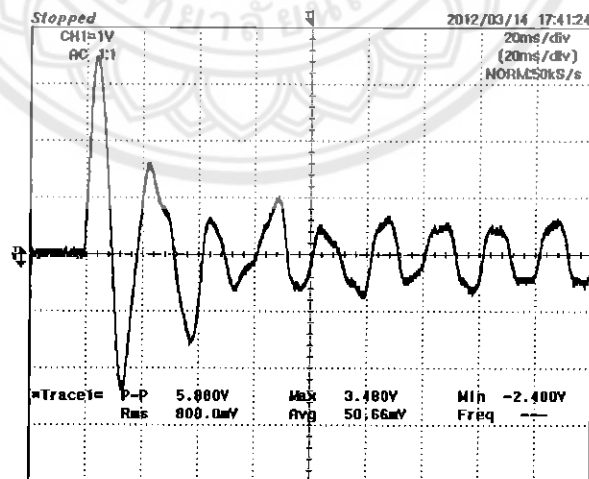
รูปที่ 4.8 สัญญาณกระแสเฟส B กรณีเริ่มเดินเครื่อง

ในการเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องโดยตรงของเฟส C พิจารณาสัญญาณกระแสเฟส C จาก PSIM กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบโดยตรงจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 3.42 A ที่เวลา 0.02 s และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.74 A ที่เวลา 0.07 s ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ก) และสัญญาณกระแสเฟส C จากการทดลองจริงกรณีเริ่มเดินเครื่องแบบโดยตรงจะพบว่าค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 3.48 A และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.7 A ที่เวลา 0.07s ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ข)

Ic_delta



(ก) สัญญาณกระแสจาก PSIM



(ข) สัญญาณกระแสจากการทดลอง

รูปที่ 4.9 สัญญาณกระแสเฟส C กรณีเริ่มเดินเครื่อง

ผลการเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกซึ่งขดลวดแบบต่อ โดยตรงทั้งสามเฟสระหว่างผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM กับผลการทดลอง สามารถหาค่า ร้อยละความผิดพลาดได้จาก

$$\text{ร้อยละความผิดพลาด} = \frac{\text{ค่าจากการจำลองผล} - \text{ค่าจากการทดลอง}}{\text{ค่าจากการจำลองผล}} \times 100$$

ซึ่งแสดงค่าที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 4.3

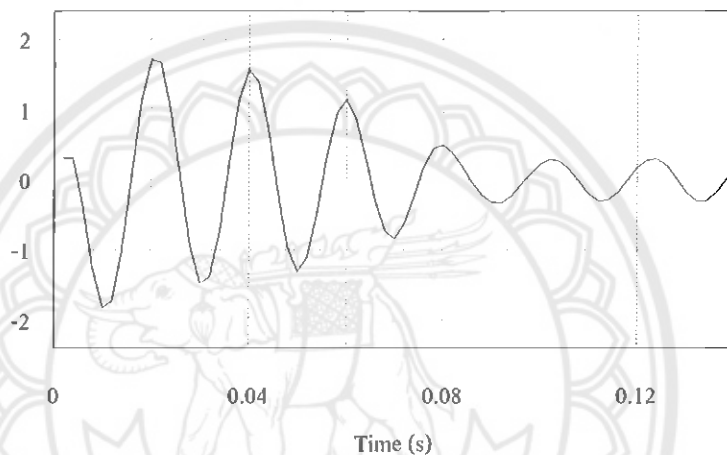
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าจากการจำลองผลกับค่าการทดลองมอเตอร์ต่อแบบโดยตรง

รายละเอียดการทดลอง		ผลจากการจำลอง ด้วย PSIM	ผลจาก การทดลอง	ร้อยละความ ผิดพลาด
กระแสสูงสุด (A)	เฟส A	3.42	3.36	1.80
	เฟส B	3.4	3.24	4.70
	เฟส C	3.42	3.48	1.80
กระแสทำงานปกติ (A)	เฟส A	0.74	0.7	5.40
	เฟส B	0.8	0.7	12.50
	เฟส C	0.74	0.7	5.40
อัตราส่วนของกระแส สูงสุดต่อกระแส ทำงานปกติ(A)	เฟส A	4.62	4.8	3.89
	เฟส B	4.25	4.62	8.00
	เฟส C	4.62	4.97	7.04
เวลาเข้าสู่สถานะอยู่ตัว (s)	เฟส A	0.072	0.072	0
	เฟส B	0.074	0.07	5.40
	เฟส C	0.07	0.07	0

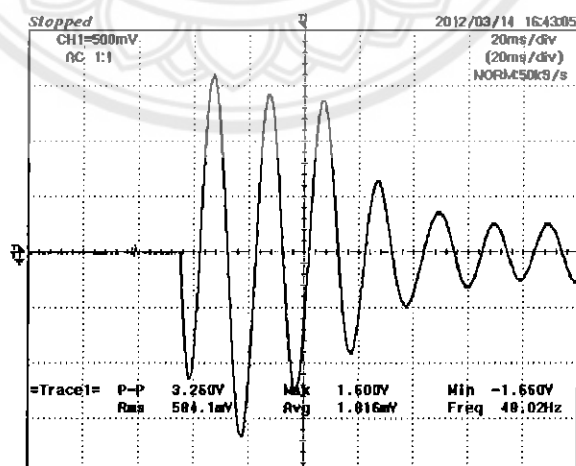
จากตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าจากการจำลองผลกับค่าจากการทดลองมอเตอร์ที่ต่อแบบโดยตรงค่ากระแสสูงสุดและค่ากระแสทำงานปกติที่ได้จากการจำลองผลมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองจริง โดยร้อยละความผิดพลาดของผลจากการจำลองกับการทดลองมีค่าส่วนใหญ่น้อยกว่า 10% แต่มีเพียงหนึ่งค่าที่มีร้อยละความผิดพลาดเกิน 10% แต่มีค่าเกินไม่มากนักจึงถือว่ายอมรับได้

ในการเปรียบเทียบค่าจากผลการจำลองผลกับผลการทดลองของมอเตอร์ขณะเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา สำหรับการเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องต่อแบบสตาร์-เดลตาของเฟส A พิจารณาสัญญาณกระแสเฟส A จาก PSIM กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 1.65 A ที่เวลา 0.02 s และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.28 A ที่เวลา 0.09 s ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (ก) และสัญญาณกระแสเฟส A จากการทดลองเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 1.6 A และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.25 A ที่เวลา 0.08 s ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (ข)

Ia_star



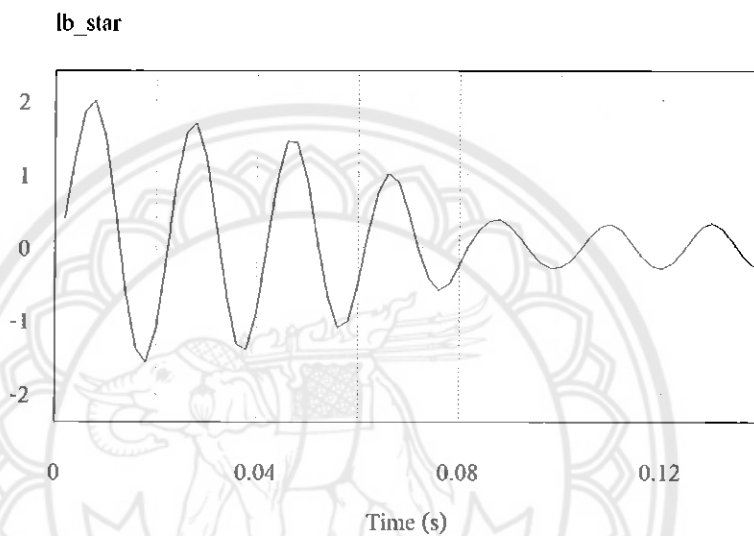
(ก) สัญญาณกระแสจาก PSIM



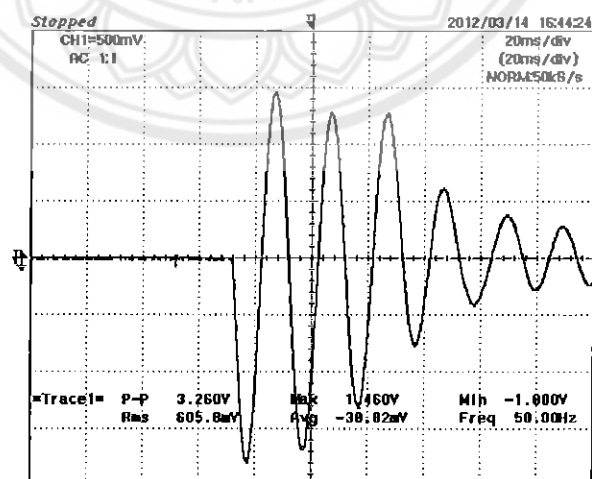
(ข) สัญญาณกระแสจากการทดลอง

รูปที่ 4.10 สัญญาณกระแสเฟส A กรณีเริ่มเดินเครื่อง

ในการเปรียบเทียบกระแสเริ่มต้นเครื่องต่อแบบสตาร์-เดลตาของเฟส B พิจารณาสัญญาณกระแสเฟส B จาก PSIM กรณีเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 1.61 A ที่เวลา 0.014 s และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.27 A ที่เวลา 0.09 s ดังแสดงในรูปที่ 4.11 (ก) และสัญญาณกระแสเฟส B จากการทดลองกรณีเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจะพบว่าค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 1.6 A และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.25 A ที่เวลา 0.08 s ดังแสดงในรูปที่ 4.11 (ข)



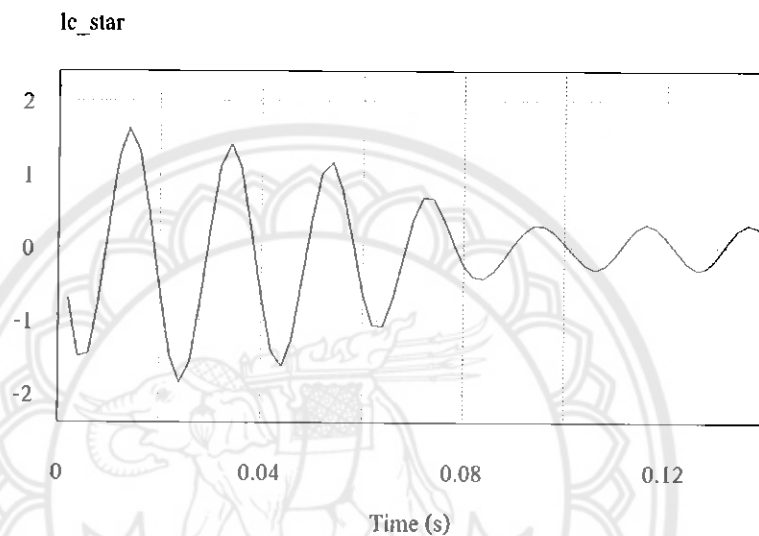
(ก) สัญญาณกระแสจาก PSIM



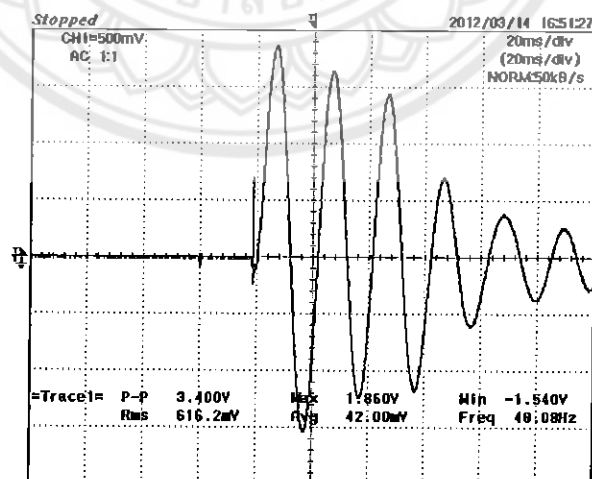
(ข) สัญญาณกระแสจากการทดลอง

รูปที่ 4.11 สัญญาณกระแสเฟส B กรณีเริ่มต้นเครื่อง

ในการเปรียบเทียบกระแสเริ่มต้นเครื่องต่อแบบสตาร์-เดลตาของเฟส C พิจารณาสัญญาณกระแสเฟส C จาก PSIM กรณีเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจะพบค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 1.65 A ที่เวลา 0.017 s และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.25 A ที่เวลา 0.08 s ดังแสดงในรูปที่ 4.12 (ก) และสัญญาณกระแสเฟส C จากการทดลองกรณีเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจะพบว่าค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 1.86 A และค่ากระแสสถานะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ 0.25 A ที่เวลา 0.08 s ดังแสดงในรูปที่ 4.12 (ข)



(ก) สัญญาณกระแสจาก PSIM



(ข) สัญญาณกระแสจากการทดลอง

รูปที่ 4.12 สัญญาณกระแสเฟส C กรณีเริ่มเดินเครื่อง

ผลการเปรียบเทียบกระแสเริ่มเดินเครื่องเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกซึ่งขดลวดต่อโดยตรง ทั้งสามเฟสระหว่างผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM กับผลการทดลองสามารถหาค่าร้อยละ ความผิดพลาดได้โดยแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าจากการจำลองผลกับค่าการทดลองต่อแบบสตาร์-เดลตา

รายละเอียดการทดลอง		ผลจากการ จำลองด้วย PSIM	ผลจากการ ทดลอง	ร้อยละความ ผิดพลาด
กระแสสูงสุด (A)	เฟส A	1.65	1.60	3.03
	เฟส B	1.61	1.60	0.62
	เฟส C	1.86	1.86	11.29
กระแสทำงานปกติ (A)	เฟส A	0.28	0.25	10.71
	เฟส B	0.27	0.25	7.40
	เฟส C	0.25	0.25	0
อัตราส่วนของกระแส สูงสุดต่อกระแสทำงาน ปกติ (A)	เฟส A	5.89	6.44	8.54
	เฟส B	5.96	6.40	6.88
	เฟส C	6.60	7.44	6.87
เวลาเข้าสู่สถานะอยู่ตัว (s)	เฟส A	0.09	0.08	11.00
	เฟส B	0.09	0.08	11.00
	เฟส C	0.08	0.08	0

จากตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าจากการจำลองผลกับค่าจากการทดลองมอเตอร์ที่ต่อแบบสตาร์-เดลตา ค่ากระแสสูงสุดและค่ากระแสทำงานปกติที่ได้จากการจำลองผลมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองโดยร้อยละความผิดพลาดของผลจากการจำลองกับการทดลองมีค่าส่วนใหญ่ น้อยกว่า 10% และบางค่าที่มีร้อยละความผิดพลาดเกิน 10% แต่มีค่าเกินไม่มากนัก จึงถือว่ายอมรับได้

4.2.3 การเปรียบเทียบกระแสเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตา และแบบโดยตรง

จากการทดลองนำค่ากระแสเริ่มต้นเครื่องของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบสตาร์-เดลตา มาเปรียบเทียบกับกระแสเริ่มต้นเครื่องแบบ โดยตรงจะได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบกระแสเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตา และแบบโดยตรง

วิธีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟสามเฟส		โดยตรง	สตาร์-เดลตา
กระแสสูงสุด (A)	เฟส A	3.36	1.13
	เฟส B	3.24	1.13
	เฟส C	3.48	1.33
เวลาเข้าสู่สภาวะปกติ (s)	เฟส A	0.072	0.41
	เฟส B	0.07	0.41
	เฟส C	0.07	0.41
อัตราส่วนของกระแสสูงสุดต่อแบบ โดยตรงกับกระแสสูงสุดต่อแบบสตาร์-เดลตา	เฟส A	2.10	
	เฟส B	2.03	
	เฟส C	1.87	

จากตารางที่ 4.5 เห็นว่าการเริ่มต้นเครื่อง โดยตรงจะมีค่ากระแสสูงสุด (I_{peak}) ที่สูงกว่าการเริ่มต้นเครื่องมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา และอัตราส่วนระหว่างกระแสสูงสุดต่อแบบ โดยตรงกับกระแสสูงสุดต่อแบบสตาร์-เดลตา จะมีค่าการลดลงของกระแสเท่ากับ 2.10, 2.03 และ 1.87 เท่า ตามลำดับเฟส A, B และ C ซึ่งจากทฤษฎีอัตราส่วนการลดลงระหว่างกระแสสูงสุดต่อแบบ โดยตรงกับกระแสสูงสุดต่อแบบสตาร์-เดลตามีค่าระหว่าง 1-3 เท่า พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าตรงตามทฤษฎีในบทที่ 2

4.2.4 การเปรียบเทียบกระแสเริ่มต้นเครื่องกับกระแสทำงานปกติมอเตอร์ทำงานปกติต่อแบบเดลตา

จากการทดลองนำค่ากระแส (I_{ms}) เริ่มต้นเครื่องของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบสตาร์-เดลตา และแบบต่อ โดยตรงมาเปรียบเทียบกับกระแสทำงาน (I_{ms}) ปกติของมอเตอร์เมื่อมอเตอร์ทำงานปกติแบบเดลตา ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่ากระแสเริ่มต้นเครื่องกับกระแสทำงานมอเตอร์ทำงานปกติต่อแบบเดลตา

วิธีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟสามเฟส		โดยตรง	สตาร์-เดลตา
กระแส (I_{ms}) เริ่มต้นเครื่อง (A)	เฟส A	2.37	1.13
	เฟส B	2.29	1.13
	เฟส C	2.46	1.33
กระแส (I_{ms}) ทำงานปกติ (A)	เฟส A	0.41	0.41
	เฟส B	0.41	0.41
	เฟส C	0.41	0.41
อัตราส่วนของกระแสเริ่มต้นเครื่องต่อกระแสทำงานปกติ	เฟส A	5.78	2.75
	เฟส B	5.58	2.75
	เฟส C	2.75	3.24

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการเริ่มต้นเครื่องโดยตรงจะมีค่ากระแส (I_{ms}) เริ่มต้นเครื่องที่สูงกว่าการเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตา ซึ่งอัตราส่วนระหว่างกระแสเริ่มต้นเครื่องกับกระแสทำงานปกติมอเตอร์ต่อแบบเดลตา และอัตราส่วนระหว่างกระแสสูงสุดกับกระแสทำงานปกติมอเตอร์ต่อแบบสตาร์-เดลตามีค่าเท่ากับ 5.786 และ 2.91 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตามีค่าอัตราส่วนของกระแสกระชากน้อยกว่าการเริ่มต้นเครื่องแบบเดลตาซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ดังนั้นในปัจจุบันการเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตาจึงเป็นที่นิยมเพราะสามารถลดกระแสกระชาก และลดความเสียหายของอุปกรณ์ที่ต่อร่วมด้วย

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองและศึกษาการเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสต่อแบบ โดยตรงและต่อแบบสตาร์-เดลตา ในสภาวะไม่มีโหลด จากผลการทดลองพบว่า การเริ่มเดินเครื่อง มอเตอร์แบบ โดยตรงจะมีอัตราส่วนระหว่างกระแสขณะเริ่มเดินเครื่องกับกระแสทำงานปกติที่สูง กว่า การเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา ส่งผลทำให้มีผลข้างเคียงต่อระบบไฟฟ้า เช่น ระดับ แรงดัน ไฟฟ้าตก และการตัดอัตโนมัติของอุปกรณ์ป้องกัน หากเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบนี้จะ สามารถลดค่ากระแสขณะเริ่มเดินเครื่อง ได้ ทำให้มีผลข้างเคียงต่อระบบไฟฟ้าน้อยลง

ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างผลการทดลองกับ โปรแกรม PSIM เนื่องจากการทดลองการ เริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีแรงดันไม่คงที่ ที่ 380 V ทั้งสามเฟส ซึ่งต่างจาก โปรแกรม PSIM จะมีค่าคงที่ 380 V ทั้งสามเฟส และความผิดพลาด อาจเกิดจากความผิดของมอเตอร์เอง หรือเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือวัด ส่งผลให้เกิด ความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจากการทดลองกับค่าจากการจำลองผลจาก โปรแกรม PSIM

จากการทดลองโปรแกรมพีแอลซีเพื่อใช้ควบคุมการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ สตาร์-เดลตา พบว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้ควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา เมื่อนำ เอาท์พุทของพีแอลซีไปควบคุมคอนแทกเตอร์โดยตรงวงจรไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากแรงดันที่ ใช้ควบคุมเป็นกระแสตรง 24 V แต่คอนแทกเตอร์ที่ใช้ในวงจรควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์- เดลตา เป็นแบบกระแสสลับ 24 V ดังนั้นการทดลองจึงนำรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์มาต่อเพื่อรับ สัญญาณเอาท์พุทของพีแอลซีเพื่อเป็นสวิตช์ปิดและเปิดให้คอนแทกเตอร์ทำงาน ส่งผลทำให้คอน แทกเตอร์สามารถทำงานได้ตามต้องการ

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการทดลองพบว่ามีความร้อนเกิดขึ้นกับมอเตอร์ อันเนื่องมาจากสาเหตุความบอบใน การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ เวลาที่ใช้ในการเริ่มเดินเครื่องจนมอเตอร์ถึงความเร็วสูงสุด อุณหภูมิ แวดล้อมความสามารถในการระบายความร้อนช่วงเวลาในการทำงาน

ดังนั้นแนวทางแก้ไขจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะต้องทำการติดตั้งรีเลย์โหลดเกินที่มีขนาดเหมาะสมในอุปกรณ์เริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ เพื่อทำการป้องกันมอเตอร์จากการเกิดโหลดเกินหรือความร้อนเกินพิกัด ซึ่งจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของมอเตอร์ได้

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ผลที่ได้จากการศึกษาและทดลองในโครงงานนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมด้านเทคนิคการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ซึ่งการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เดลตานั้น เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนจากสตาร์ทเป็นเดลตา จะขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ และโหลดขณะเริ่มเดินเครื่อง ถ้าต้องการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ หรือเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์หลายตัวพร้อมกัน ควรมีระบบไฟฟ้าที่ดีเพื่อป้องกันไฟตก

การประยุกต์ใช้พีแอลซีเพื่อควบคุมการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เดลตา นั้นในปัจจุบันสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากพีแอลซีเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก สามารถโปรแกรมได้ แก้ไข โปรแกรมได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว และยังลดต้นทุนในการติดตั้งระบบ จึงเหมาะแก่อุตสาหกรรมที่จะขยายตัวในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชลชัย ธรรมวิวัฒน์นุกูร, “การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า”, กรุงเทพฯ: บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด, 2546.
- [2] วีรศิลป์ ทุมวิภาต และสุภาพร จำปาทอง, “เรียนรู้ PLC ชั้นกลางด้วยตนเอง”, กรุงเทพฯ: หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์, 2545.
- [3] ลือชัย โพธิ์วิชัย, “การควบคุมมอเตอร์”, <http://www.lpc.rmutl.ac.th>.
- [4] บริษัท อีทีที จำกัด, “ET-BOARD V 5.0 PLC&BACIT 180 USER'MANUAL”, กรุงเทพฯ.
- [5] M. S. Sarma, “Electric Machine”, 2nd Ed., New York: West Publishing, 1994.
- [6] Eastern Asia University, “ELECTRO MECHANICAL ENERGY CONVERSION II”, <http://course.eau.ac.th>, 2551. สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2554.
- [7] บริษัท อีเลคทรอนิกส์ ซอร์ซ จำกัด, <http://www.es.co.th>, สืบค้นเมื่อ 11 ตุลาคม 2554.
- [8] Aizura, July 7, 2011, Retrieved October 11, 2011, จาก <http://etpmm.wordpress.com>.
- [9] รศ.ประภาส อุคคกิมพันธ์ุ, “เซนเซอร์ในระบบอัตโนมัติ”, <http://www.kmitl.ac.th>.





โปรแกรมการเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์-เดลตาในพีแอลซี

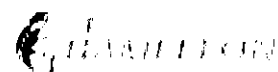
Step	Instruction	Operand	Comment
0	LDNOT	0000	OL
1	ANDNOT	0001	STOP
2	OR	0700	START
3	LD	0702	K1M
4	ANDLD		
5	OUT	0700	K1M
6	TIM	00	TIMER
7	AND	0700	K1M
8	OUT		TRO
9	ANDNOT	T00	TIMER
10	ANDNOT	0703	K1D
11	OUT	0701	K1Y
12	LD	TR0	
13	AND	T00	TIMER
14	ANDNOT	0701	K1T
15	OUT	0702	K1D
16	LD	0000	OL
17	OUT	END	OL_LAMP



ภาคผนวก ข

รายละเอียดของรีเลย์ 24 VDC 10 A 277 VAC/24 VDC

FRS15 RELAY

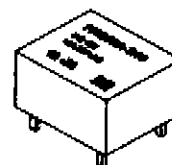


FEATURES

Low profile subminiature relay
 Flat type 10.2mm high
 Switching capacity up to 10A 277VAC
 Class B insulation system
 Dust cover or sealed type

Recognized File No. : E139468

Recognized File No. : R2034463



SPECIFICATIONS

COIL RATING

RATED VOLTAGE (V DC)	COIL RESISTANCE $\Omega \pm 10\%$	RATED CURRENT (mA)	MUST OPERATE VOLTAGE	MUST DROPOUT VOLTAGE	MAXIMUM VOLTAGE	POWER CONSUMPTION (W)
			% OF RATED VOLTAGE (AT +20°C)			
3	20	150	75 Max.	5 Min.	200 Max.	0.45W Approx.
5	55	100				
6	80	75				
9	180	50				
12	320	37.5				
18	720	25				
24	1280	18.7				

CHARACTERISTICS

Contact Arrangement	SPST (1 Form A)
Contact Material	Silver Alloy
Contact Resistance	100m Ω Max. (Measured at 1A 24VDC)
Contact Rating (Resistive Load)	10A 277VAC/ 30V DC 12A 125VAC/ 30V DC 1/4HP 125VAC/ 250VAC TV-5
Switching Voltage	TUV approved rating : 10A 250VAC/24VDC DC 110V Max. AC 380V Max.
Operate Time (Initial)	8ms Max. (Typical)
Release Time (Initial)	5ms Max. (Typical)
Insulation Resistance	100M Ω Min. (500V DC)
Dielectric Strength	1000VAC (50Hz/min.) between open contacts 2500VAC (50Hz/min.) between coil and contact
Shock Resistance	10g Operating 100g Damage
Vibration Resistance	1.5mm Double amplitude, 10-50Hz
Ambient Temperature	Operation : -40°C to 80°C (At nominal coil voltage) Storage : -40°C to 130°C
Operation Life	Mechanical : 10 ⁷ Electrical : 10 ⁵ (At rated load)
Weight	6g Approx.

[Specifications are subject to change without notices.]