



เอกสารประกอบการสอน

วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 2104-2009

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

จัดทำโดย

นายมนตรี กันทาสุวรรณ

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

วิทยาลัยเทคนิคน่าน

กระทรวงศึกษาธิการ



เอกสารประกอบการสอน (ใบความรู้ หน่วยที่ 1)

วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 2104-2009
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

จัดทำโดย

นายมนตรี กันทาสุวรรณ

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

วิทยาลัยเทคนิคน่าน

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

เอกสารประกอบการสอน วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัส 2104-2009 เล่มนี้จัดทำขึ้นตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารประกอบการสอน เล่มนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็นภาคทฤษฎี จำนวน 6 หน่วย ดังนี้

หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

หน่วยที่ 2 สายไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันมอเตอร์

หน่วยที่ 3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

หน่วยที่ 5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

หน่วยที่ 6 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสองความเร็ว

และการออกแบบวงจรตามเงื่อนไขการทำงาน

รูปแบบการนำเสนอในแต่ละหน่วย นอกจากจะได้รับความรู้ที่สำคัญแล้วยังมีแบบฝึกหัดเพื่อการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเป็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ผู้จัดทำได้เรียบเรียงเอกสารประกอบการสอน มีการปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาเป็นลำดับ เพื่อให้เอกสารประกอบการสอนมีความสมบูรณ์และถูกต้องที่สุด ซึ่งเกิดประโยชน์แก่นักเรียน นักศึกษา ครูผู้สอน และผู้ที่สนใจทั่วไป

มนตรี กันทาสุวรรณ

ครูวิทยาลัยเทคนิคน่าน

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
บัญชีตาราง	ค
บัญชีภาพ	ง
หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	1
แบบทดสอบก่อนเรียน	3
1.1 สัญลักษณ์	5
1.2 การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	13
1.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	17
1.4 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	18
1.4.1 สวิตช์	18
1.4.2 หลอดสัญญาณ	28
1.4.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์	29
1.4.4 รีเลย์ช่วย	37
1.4.5 รีเลย์หน่วงเวลา	38
1.4.6 รีเลย์โหลดเกิน	39
1.4.7 หม้อแปลงประกอบเครื่องวัด	41
สรุป	42
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 และ เฉลยแบบฝึกหัด	43
แบบทดสอบหลังเรียน และ เฉลย	55
เอกสารอ้างอิง	58

บัญชีตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	6
ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ต่าง ๆ ตาม DIN 40713 และ DIN 40703	9
ตารางที่ 1.3 อักษรเขียนกำกับขั้วมอเตอร์ และสายเมนตามมาตรฐาน DIN 42 401	12
ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างขนาดของคอนแทกเตอร์ ชนิด AC ต่าง ๆ	36

บัญชีภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แบบงานจริง	13
ภาพที่ 1.2 แบบแสดงการทำงาน	14
ภาพที่ 1.3 แบบสายเคเบิล	15
ภาพที่ 1.4 แบบประกอบการจัดตั้ง	16
ภาพที่ 1.5 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ปุ่มกด	18
ภาพที่ 1.6 ลักษณะโครงสร้างภายในของสวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา	19
ภาพที่ 1.7 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์เลือกแบบต่าง ๆ	19
ภาพที่ 1.8 ลักษณะรูปร่าง และการต่อใช้งานของซีเล็กเตอร์โวลต์	20
ภาพที่ 1.9 ลักษณะรูปร่าง และการต่อใช้งานของซีเล็กเตอร์แอมป์	21
ภาพที่ 1.10 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์จำกัดระยะ	22
ภาพที่ 1.11 ลักษณะลูกล่อที่ติดตั้งบนตัวสวิตช์ สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้ 4 ทิศทาง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน	22
ภาพที่ 1.12 ลักษณะโครงสร้าง หลักการทำงาน ของสวิตช์ความดันแบบต่าง ๆ	23
ภาพที่ 1.13 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ความดันแบบต่าง ๆ	23
ภาพที่ 1.14 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์โยกใช้กลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า	24
ภาพที่ 1.15 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์โยกใช้เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา	24
ภาพที่ 1.16 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 2 ขั้ว สับ 1 ทาง	25
ภาพที่ 1.17 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 2 ขั้ว สับ 2 ทาง	25
ภาพที่ 1.18 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 1 ทาง	26
ภาพที่ 1.19 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง	26
ภาพที่ 1.20 ลักษณะรูปร่าง และการต่อใช้งานของสวิตช์ลูกลอย	27
ภาพที่ 1.21 วงจรเดินสายไฟฟ้าควบคุมระดับน้ำในถังเก็บบรรจุน้ำ	28
ภาพที่ 1.22 ลักษณะรูปร่างของหลอดสัญญาณ	29
ภาพที่ 1.23 ลักษณะรูปร่างของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ยี่ห้อต่าง ๆ	30
ภาพที่ 1.24 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	31
ภาพที่ 1.25 วิธีการถอดชิ้นส่วนของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	31

บัญชีภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 1.26 การทำงานของ เซดเดดริงเพื่อลดการสั่นของแกนเหล็ก เนื่องจากความถี่ของไฟสลับ	32
ภาพที่ 1.27 ลักษณะรูปร่างของคอนแทกเตอร์ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น NEMA SIZE 1, SIZE 2 และ SIZE 5	33
ภาพที่ 1.28 ตำแหน่งเครื่องหมายปลายสายและสัญลักษณ์ IEC ของคอนแทกเตอร์รุ่น EH ของ ABB	34
ภาพที่ 1.29 การนำหน้าสัมผัสช่วยมาต่อเพิ่มเติมจากเดิม มี 2 NO และ 2 NC เป็น 3 NO และ 3 NC	34
ภาพที่ 1.30 ลักษณะของรีเลย์ช่วย หรือคอนโทรลรีเลย์ หรือคอนแทกเตอร์รีเลย์	37
ภาพที่ 1.31 สัญลักษณ์มาตรฐาน IEC ของรีเลย์ช่วย หรือคอนโทรลรีเลย์ หรือคอนแทกเตอร์รีเลย์ รุ่น K และ KC ยี่ห้อ ABB รุ่น K6-40E... มี 4 NO รุ่น K6-31Z... มี 3 NO 1 NC และรุ่น K6-22Z... มี 2 NO 2 NC	37
ภาพที่ 1.32 สัญลักษณ์มาตรฐาน JIS ของรีเลย์ช่วย หรือคอนแทกเตอร์รีเลย์ รุ่น K-8 ยี่ห้อ HITACHI	38
ภาพที่ 1.33 ลักษณะของรีเลย์หน่วงเวลาหรือไทมเมอร์แบบต่าง ๆ	38
ภาพที่ 1.34 หลักการทำงาน ลักษณะรูปร่างและลักษณะโครงสร้างภายใน ของรีเลย์โหลดเกิน	40
ภาพที่ 1.35 ลักษณะรูปร่างของหม้อแปลงกระแส	41
ภาพที่ 1.36 ลักษณะรูปร่างของหม้อแปลงแรงดัน	41

คุณลักษณะรายวิชา

รหัสวิชา 2104-2009

ระดับชั้น ปวช.

จำนวน 3 หน่วยกิต

วิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

แผนกวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง

จำนวน 5 ชั่วโมง

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้รู้เข้าใจสัญลักษณ์ที่ใช้ในงานควบคุมตามมาตรฐานต่าง ๆ
2. เพื่อให้เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
3. เพื่อให้มีทักษะเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
4. เพื่อให้มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย

เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ โครงสร้าง และหลักการทำงานของ การควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า
2. เลือกขนาดของสาย อุปกรณ์ป้องกัน คอนแทกเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
3. ต่อดวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส

คำอธิบายราย

ศึกษาและปฏิบัติ เกี่ยวกับงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC, DIN, ANSI การเลือกขนาดของสาย อุปกรณ์ป้องกัน คอนแทกเตอร์ หลักการเริ่มเดินและควบคุมความเร็ว มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส การต่อวงจรควบคุมการ เริ่มเดิน การควบคุมความเร็ว การควบคุมแบบเรียงลำดับ การกลับทิศทางการหมุนด้วยวิธีต่าง ๆ และการลดกระแสขณะเริ่มเดิน

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

รหัสวิชา 2104-2009

วิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จำนวน 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วย	พฤติกรรมที่พึงประสงค์			
		พุทธิพิสัย	ทักษะพิสัย	จิตพิสัย	จำนวน (ชม.)
1	สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า	1	3	1	5
2	สายไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และ ป้องกันมอเตอร์	3	6	1	10
3	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	3	6	1	10
4	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส	3	6	1	10
5	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส	9	27	9	45
6	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สองความเร็วและการออกแบบ วงจรตามเงื่อนไขการทำงาน	1	3	1	5
7	ทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วย	2	3	-	5
รวม					90

ตารางวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้

รหัสวิชา 2104-2009

วิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จำนวน 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์		จำนวน (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
1	หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.1 สัญลักษณ์ 1.2 การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.4 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ปฏิบัติงานการเขียนสัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	2	3	5
2	หน่วยที่ 2 สายไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันมอเตอร์ 2.1 สายไฟฟ้าวางจรมอเตอร์ 2.2 เครื่องปลดวงจร 2.3 เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร ปฏิบัติงานการตรวจสอบสวิตซ์ที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 2.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์ 2.5 เครื่องป้องกันโหลดเกิน 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า ปฏิบัติงานการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	2 2	3 3	10

ตารางวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์		จำนวน (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
3	หน่วยที่ 3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 3.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 3.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 3.4 การกลับทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	 2 2	 3 3	 10
4	หน่วยที่ 4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส 4.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส 4.2 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส ปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	 2 2	 3 3	 10

ตารางวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์		จำนวน (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
5	หน่วยที่ 5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 5.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 5.2 การต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ปฏิบัติงานการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 5.3 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการต่อโดยตรงกับแหล่งจ่าย ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการต่อโดยตรงกับแหล่งจ่าย 5.4 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา ควบคุมด้วยมือ 5.5 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าด้วยหม้อแปลงแบบออโต	2 2 2	3 3 3	

ตารางวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์		จำนวน (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
	5.6 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าด้วยความต้านทาน	2	3	
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตาควบคุมด้วยมือโดยใช้ตู้ควบคุมและรางเดินสาย			
	5.7 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบฟันขดลวด	2	3	
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตาควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ตู้ควบคุมและรางเดินสาย			
	5.8 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์เลือก	2	3	
	5.9 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์ 3 ขั้ว-สลับ 2 ทาง			
	ปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์			
	5.10 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก-คอนแทกเตอร์ แบบใช้สวิตช์เลือกปรับ-ได้ 2 ทาง			

ตารางวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์		จำนวน (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
	5.11 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก-คอนแทกเตอร์ แบบทำงานชั่วขณะ 5.12 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก-คอนแทกเตอร์ แบบกลับทางหมุนทันทีทันใด ปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์แบบกลับทางหมุนทันทีทันใด โดยใช้ตู้ควบคุมและรางเดินสาย 5.13 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก-คอนแทกเตอร์ แบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด 5.14 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก-คอนแทกเตอร์ แบบกลับทางหมุนอัตโนมัติ ปฏิบัติงานการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์	2 2	3 3	

ตารางวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนรู้ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	พฤติกรรมที่พึงประสงค์		จำนวน (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
	5.15 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน เรียงลำดับ ปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานเรียงลำดับ	2	3	45
6	หน่วยที่ 6 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สองความเร็ว และการออกแบบวงจรตาม เงื่อนไขการทำงาน 6.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสองความเร็ว 6.2 การเปลี่ยนระดับความเร็ว 6.3 การออกแบบวงจรตามเงื่อนไขการ ทำงาน ปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สองความเร็ว ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์	2	3	5
7	7.1 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ครบทุกหน่วย ปฏิบัติงานการออกแบบตามเงื่อนไข การทำงาน	2	3	5
รวม		36	54	90

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา

รหัสวิชา 2104-2009

วิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จำนวน 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
1	หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า 1.1 สัญลักษณ์ 1.2 การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้า 1.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.4 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ปฏิบัติงานการเขียนสัญลักษณ์ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในงานควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า	/	-	-	-	/	-	-
		/	/	-	-	/	/	-
		/	/	/	-	/	/	-
		/	/	-	/	/	/	-
		/	/	/	/	/	/	/
2	หน่วยที่ 2 สายไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมและ ป้องกันมอเตอร์ 2.1 สายไฟฟ้าวงจรมอเตอร์ 2.2 เครื่องปลดวงจร 2.3 เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร ปฏิบัติงานการตรวจสอบสวิตซ์ที่ใช้ ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 2.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์ 2.5 เครื่องป้องกันโหลดเกิน 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า ปฏิบัติงานการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	-	/	/	-	/	/	-
		-	/	/	-	/	/	-
		-	/	/	-	/	/	-
		/	/	-	/	-	/	/
		-	/	/	-	/	/	-
		-	/	/	-	/	/	-
		/	-	/	-	/	-	-
		/	-	-	/	-	/	/

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
3	หน่วยที่ 3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง							
	3.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	-	/	-	-	/	/	-
	3.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	-	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	/	/	-	/	/	/	-
	3.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	-	/	/	-	/	/	-
	3.4 การกลับทางการหมุนมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	-	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	/	/	-	/	/	/	-
4	หน่วยที่ 4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส							
	4.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส	-	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	/	/	/	/	/	/	/
	4.2 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส	-	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	/	/	/	/	/	/	/

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
5	หน่วยที่ 5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า							
	กระแสดลัด 3 เฟส							
	5.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสดลัด 3 เฟส	-	/	/	-	/	/	-
	5.2 การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสดลัด 3 เฟส	-	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสดลัด 3 เฟส	/	/	/	/	/	/	/
	5.3 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการต่อโดยตรงกับแหล่งจ่าย	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการต่อโดยตรงกับแหล่งจ่าย	/	/	/	/	/	/	/
	5.4 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอกโดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา	/	/	/	/	/	/	/
	ควบคุมด้วยมือ							

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
	5.5 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ โรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลด แรงดันไฟฟ้าด้วยหม้อแปลงแบบออโต	/	/	/	-	/	/	-
	5.6 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ โรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลด แรงดันไฟฟ้า ด้วยความต้านทาน	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์ เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบ สตาร์-เดลตา ควบคุมด้วยมือโดยใช้ ตู้ควบคุมและรางเดินสาย	/	/	/	/	/	/	/
	5.7 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ โรเตอร์แบบพ่นขดลวด	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการเริ่มเดินมอเตอร์ เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอกโดย การลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา ควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ตู้ควบคุมและ รางเดินสาย	/	/	/	/	/	/	/

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
	5.8 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์เลือก	/	/	/	-	/	/	-
	5.9 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์ 3 ขั้ว- สับ 2 ทาง	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์	/	/	/	/	/	/	/
	5.10 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก- คอนแทกเตอร์ แบบใช้สวิตช์เลือกปรับ ได้ 2 ทาง	/	/	/	-	/	/	-
	5.11 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก- คอนแทกเตอร์ แบบทำงานชั่วคราว	/	/	/	-	/	/	-
	5.12 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก- คอนแทกเตอร์ แบบกลับทางหมุน ทันทีทันใด	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วย แมกเนติกคอนแทกเตอร์แบบกลับทาง หมุนทันทีทันใด โดยใช้ตู้ควบคุมและ รางเดินสาย	/	/	/	/	/	/	/

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
	5.13 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก- คอนแทกเตอร์ แบบกลับทางหมุน หลังจากหยุด	/	/	/	-	/	/	-
	5.14 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติก- คอนแทกเตอร์ แบบกลับทางหมุน อัตโนมัติ	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการกลับทางหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วย แมกเนติกคอนแทกเตอร์	/	/	/	/	/	/	/
	5.15 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน เรียงลำดับ	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้าทำงานเรียงลำดับ	/	/	/	/	/	/	/

ตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์รายวิชาและสมรรถนะรายวิชา (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะ รายวิชา		
		1	2	3	4	1	2	3
6	หน่วยที่ 6 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สองความเร็ว และการออกแบบวงจรตาม เงื่อนไขการทำงาน							
	1. ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสองความเร็ว	/	/	/	-	/	/	-
	2. การเปลี่ยนระดับความเร็ว	/	/	/	-	/	/	-
	3. การออกแบบวงจรตามเงื่อนไข การทำงาน	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการควบคุมมอเตอร์- ไฟฟ้าสองความเร็ว	/	/	/	/	/	/	/
7	1. วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ครบทุกหน่วย	/	/	/	-	/	/	-
	ปฏิบัติงานการออกแบบวงจรตาม เงื่อนไขการทำงาน	/	/	/	/	/	/	/

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ

รหัสวิชา 2104-2009

วิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จำนวน 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	1. บอกสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน DIN, IEC และ ANSI ได้ 2. อธิบายหลักการเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบงานจริง, แบบแสดงการทำงาน, แบบสายเดี่ยว และแบบประกอบติดตั้งได้ 3. อธิบายความหมายการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยวิธีการควบคุมด้วยมือ, การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ และการควบคุมอัตโนมัติได้ 4. อธิบายส่วนประกอบหลักการทำงาน และนำอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ มาใช้งานได้	2	2	1	4	1
						10

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 2 สายไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันมอเตอร์	1. บอกความหมายและกำหนดหาขนาดสายไฟฟ้าของวงจรมอเตอร์สำหรับวงจรย่อยและสายป้อนได้	1		2	1	
	2. บอกความหมายและกำหนดหาขนาดเครื่องปลดวงจรได้	1		1		
	3. บอกชนิด ความหมาย และกำหนดหาขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรสำหรับวงจรย่อย และสายป้อนได้			2		
	4. บอกความหมายและเลือกขนาดเครื่องควบคุมมอเตอร์ได้			2		
	5. อธิบายความหมาย กำหนดหา และเลือกขนาดเครื่องป้องกันโหลดเกินสำหรับมอเตอร์ได้			2	2	
	6. แบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าได้		1			
						15

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	1. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ 2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการเริ่มต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยอุปกรณ์แบบต่าง ๆ ได้ 3. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้ 4. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้		2	2		
			4			
			1		1	
						10
หน่วยที่ 4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	1. บอกวงจรการเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสด้วยอุปกรณ์ควบคุม ชนิดต่าง ๆ ได้ 2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ด้วยอุปกรณ์ควบคุมชนิดต่าง ๆ ได้		1	1		
			2			

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 4 (ต่อ)	3. อธิบายหลักการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้ 4. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ด้วยอุปกรณ์ควบคุมชนิดต่าง ๆ ได้		1 4	 1		10
หน่วยที่ 5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	1. แบ่งชนิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้ 2. อธิบายหลักการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ และ แบบเดลตาได้ 3. แบ่งชนิดการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้	1	 2 1			

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 5 (ต่อ)	4. อธิบายหลักการทำงาน วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบ กรงกระรอกโดยการต่อโดยตรง กับแหล่งจ่าย โดยใช้อุปกรณ์ ควบคุมชนิดต่าง ๆ ได้		2			
	5. อธิบายหลักการทำงาน วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบ กรงกระรอก โดยการต่อ โดยตรงกับแหล่งจ่าย โดยใช้ แมกเนติกคอนแทกเตอร์วงจร ควบคุมแบบใช้สวิตช์ต่อค้าง ตลอดเวลา, แบบทำงานชั่วขณะ และแบบใช้น้ำสัมผัสช่วย เพื่อล็อกตัวเองให้ทำงาน ตลอดเวลาได้		2	1		

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 5 (ต่อ)	6. อธิบายหลักการทำงานของวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตาควบคุมด้วยมือ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมชนิดต่าง ๆ ได้		3			
	7. อธิบายหลักการทำงานของวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตาควบคุมอัตโนมัติ โดยใช้แมกเนติกคอนแทกเตอร์และรีเลย์ห้วงเวลาได้		2			
	8. อธิบายหลักการทำงานของวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้า ด้วยหม้อแปลงแบบออโตได้		2			

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 5 (ต่อ)	9. อธิบายหลักการทำงานของวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบกรงกระรอก โดยการลดแรงดันไฟฟ้า ด้วยความต้านทานได้		1	1		
	10. อธิบายหลักการทำงานของวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำโรเตอร์แบบพันขดลวด ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ได้		1	1		
	11. อธิบายหลักการกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้		1	1	1	
	12. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์โยก และสวิตช์ 3 ขั้ว- สับ 2 ทางได้		2	1		

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 5 (ต่อ)	13. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์แบบใช้สวิตช์เลือกปรับได้ 2 ทาง, แบบทำงานชั่วขณะ และแบบกลับทางหมุนทันทีทันใดได้		2	2		
	14. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์แบบกลับทางหมุนหลังจากหยุด และแบบกลับทางหมุนอัตโนมัติได้		3			
	15. อธิบายหลักการทำงานของวงจรการกลับทางหมุนการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์แบบสตาร์-เดลตา อัตโนมัติได้		2			

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อสร้างแบบทดสอบ (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	รวม
		จำนวนแบบทดสอบ				
หน่วยที่ 5 (ต่อ)	16. อธิบายหลักการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานเรียงลำดับควบคุมด้วยมือ และควบคุมอัตโนมัติได้	1	3	1		40
หน่วยที่ 6 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสองความเร็วและการออกแบบวงจรตามเงื่อนไขการทำงาน	1. แบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสองความเร็วได้ 2. อธิบายการต่อวงจรขดลวดการเปลี่ยนระดับความเร็วแบบอนุกรมเซลล์ตา และแบบขนานสตาร์ได้ 3. บอกวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสองความเร็ว แบบไม่เรียงลำดับความเร็วและแบบเรียงลำดับความเร็ว ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ได้ 4. อธิบายหลักการออกแบบวงจรตามเงื่อนไขการทำงานได้ 5. ออกแบบวงจรตามเงื่อนไขการทำงานได้	2	2 3 1	2 5		15
รวม		8	58	29	5	100

	ใบความรู้	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 2104-2009	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วย สัญลักษณ์และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	เวลา 5 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง สัญลักษณ์และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		เวลา 2 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

สัญลักษณ์ตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่ประเทศไทยนิยมใช้เขียนแบบในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มี 3 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน DIN, มาตรฐาน IEC และมาตรฐาน ANSI การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบงานจริง, แบบแสดงการทำงาน, แบบสายเดี่ยว และแบบประกอบการติดตั้ง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบ่งออกได้ 3 วิธี คือ การควบคุมด้วยมือ, การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ และการควบคุมอัตโนมัติ อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า คือ อุปกรณ์จำเป็นที่ใช้ในการควบคุมและป้องกันวงจร เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่มอเตอร์ไฟฟ้า

หัวข้อเรื่อง

- 1.1 สัญลักษณ์
- 1.2 การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 1.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- 1.4 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ สัญลักษณ์และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
2. เพื่อให้มีทักษะการเขียนสัญลักษณ์และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
3. เพื่อให้มีการพัฒนาพฤติกรรมในด้านคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะที่พึง

ประสงค์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

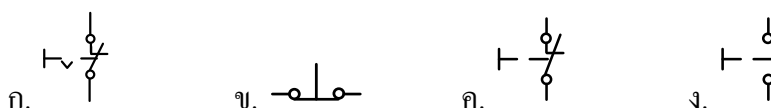
1. บอกสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ตามมาตรฐาน DIN, IEC และ ANSI ได้ถูกต้อง
2. อธิบายหลักการเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบงานจริง, แบบแสดงการทำงาน, แบบสายเคเบิล และแบบประกอบติดตั้งได้ถูกต้อง
3. อธิบายความหมายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยวิธีการควบคุมด้วยมือ, การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ และการควบคุมอัตโนมัติได้ถูกต้อง
4. อธิบายส่วนประกอบ หลักการทำงาน และนำอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ มาใช้งานได้ถูกต้อง

แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

- คำสั่ง**
1. แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ (ข้อละ 1 คะแนน) ให้ทำทุกข้อ
 2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
 3. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

1. สัญลักษณ์ของสวิตช์ปุ่มกดแบบปกติปิด ตามมาตรฐาน DIN คือข้อใด



2. สัญลักษณ์ของสวิตช์ความดันแบบปกติเปิด ตามมาตรฐาน IEC คือข้อใด



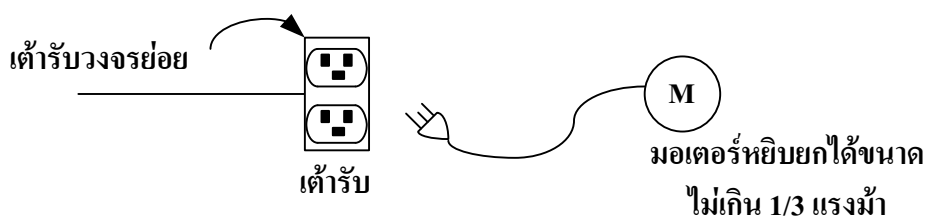
3. หากต้องการติดตั้งและประกอบตู้ควบคุมมอเตอร์ จะใช้แบบใดในการปฏิบัติงาน

- | | |
|-----------------|---------------------|
| ก. แบบงานจริง | ข. แบบแสดงการทำงาน |
| ค. แบบสายเดี่ยว | ง. แบบประกอบติดตั้ง |

4. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบบใดเขียนแยกส่วนของวงจรกำลังและวงจรควบคุมออกจากกัน

- | | |
|-----------------|---------------------|
| ก. แบบงานจริง | ข. แบบแสดงการทำงาน |
| ค. แบบสายเดี่ยว | ง. แบบประกอบติดตั้ง |

5. จากภาพ เป็นการควบคุมแบบใด



- | | |
|-----------------------|--|
| ก. การควบคุมด้วยมือ | ข. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ |
| ค. การควบคุมอัตโนมัติ | ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ |
6. การควบคุมการทำงานระยะไกลที่ใช้งานร่วมกับสวิตช์แม่เหล็ก เป็นการควบคุมแบบใด
(ใช้คำตอบตัวเลือกรายข้อ 5)

7. คุณสมบัติและการใช้งานหน้าสัมผัสหลัก ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ คือข้อใด

- ก. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ
- ข. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้สูง
- ค. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลัง และรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ
- ง. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลัง และรับกระแสไฟฟ้าได้สูง

8. รีเลย์ช่วยแตกต่างจากแมกเนติกคอนแทกเตอร์ อย่างไร

- ก. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสช่วย
- ข. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสหลัก
- ค. รีเลย์ช่วยใช้ในวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าสูง ๆ
- ง. รีเลย์ช่วยมีเครื่องป้องกันแรงดันไฟฟ้าลัดวงจร

9. การควบคุมระยะขอบเขตการทำงานของวงจร (ปิด-เปิดประตู) จะใช้สวิตช์ตามข้อใด และติดตั้งอย่างไร

- ก. สวิตช์ปุ่มกด โดยติดตั้งรวมกันในจุดปิด-เปิด
- ข. สวิตช์ลูกกลอย โดยติดตั้งรวมกันในจุดปิด-เปิด
- ค. สวิตช์จำกัดระยะ โดยติดตั้งแยกปิด-เปิด
- ง. สวิตช์ความดัน โดยติดตั้งแยกปิด-เปิด

10. ในวงจรไฟฟ้าของผู้ยื่นใช้โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบใด

- ก. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานด้วยมือ
- ข. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานอัตโนมัติ
- ค. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่
- ง. แบบธรรมดามีปุ่มตั้งใหม่

เนื้อหาสาระ

ในประเทศไทย สถานประกอบการ และโรงงานอุตสาหกรรม ได้มีการนำเข้าเครื่องจักรเพื่อใช้ในการงานสายงานการผลิต เพื่อลดการใช้กำลังงานและลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเครื่องจักรเหล่านั้นจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องต้นกำลัง ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานบุคลากรของโรงงานจะต้องมีความรู้ และความเข้าใจในการสั่งการหรือควบคุมเครื่องจักรนั้น ๆ ให้ทำงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ฉะนั้นบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานดังกล่าวจะต้องมีความรู้ความเข้าใจด้านอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ตลอดจนสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งผู้ผลิตเครื่องจักรแต่ละประเทศอาจใช้สัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน

1.1 สัญลักษณ์ (Symbol)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนใหญ่จะเป็นการเขียน การออกแบบวงจรควบคุม (Control Circuit) วงจรกำลัง (Power Circuit) เงื่อนไขการทำงาน การเริ่มเดิน การกลับทิศทางหมุน การหยุดของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. Motor) ทั้งชนิดหนึ่งเฟส (Single Phase) และสามเฟส (Three Phase) สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้กันทั่วไป ได้เปรียบเทียบกับ มาตรฐาน DIN, IEC และ ANSI ดังตารางที่ 1.1 ตัวอย่างสัญลักษณ์อุปกรณ์ต่าง ๆ ตาม DIN 40713 และ DIN 40703 ดังตารางที่ 1.2 และอักษรกำกับขั้วมอเตอร์ตามมาตรฐาน DIN 42 401 ดังตารางที่ 1.3 มาตรฐานที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มีดังนี้

1.1.1 DIN = Deutsches Institute Für Normung e.V. หมายถึง มาตรฐานการออกแบบของประเทศเยอรมัน

1.1.2 IEC = International Electrotechnical Commission หมายถึง มาตรฐานสากลทางไฟฟ้านานาชาติ

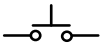
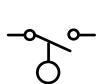
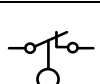
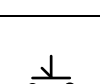
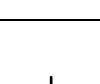
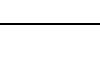
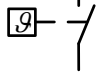
1.1.3 ANSI = American National Standard Institute หมายถึง มาตรฐานการออกแบบของประเทศสหรัฐอเมริกา/แคนาดา

1.1.4 SI (System International of Unit) หมายถึง ระบบของหน่วยมาตรฐานนานาชาติ โดยทั่วไปนิยมเรียกว่าระบบเอสไอ

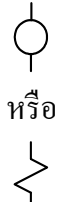
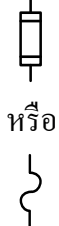
(ไวยกรณ์ ศิริธัญ, 2548 : 2)

สำหรับในเอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 2104-2009 ได้อ้างอิงมาตรฐาน DIN และ IEC เป็นสำคัญในการเขียนวงจร

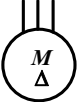
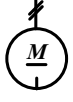
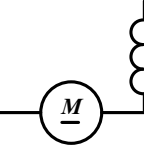
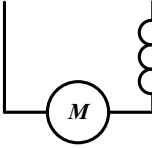
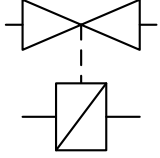
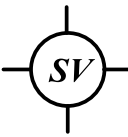
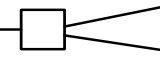
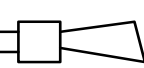
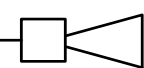
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

DIN	IEC	ANSI	ความหมาย
			สวิตช์ปุ่มกด ปกติเปิด
			สวิตช์ปุ่มกด ปกติปิด
			สวิตช์ปิด-เปิด ธรรมดา
			สวิตช์ถูกปล่อย ปกติเปิด
			สวิตช์ถูกปล่อย ปกติปิด
			สวิตช์ทำงานด้วยเท้า ปกติเปิด
			สวิตช์ทำงานด้วยเท้า ปกติปิด
			สวิตช์ความดัน ปกติเปิด
			สวิตช์ความดัน ปกติปิด
			สวิตช์ทำงานด้วย ความร้อนหรือ สวิตช์อุณหภูมิ ปกติเปิด
			สวิตช์ทำงานด้วย ความร้อนหรือ สวิตช์อุณหภูมิ ปกติปิด

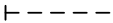
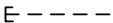
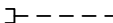
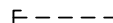
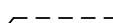
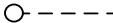
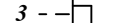
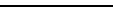
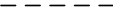
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)

DIN	IEC	ANSI	ความหมาย
			สวิตช์ควบคุมการไหล หรือฟิวส์สวิตช์ ปกติเปิด
			สวิตช์ควบคุมการไหล หรือฟิวส์สวิตช์ ปกติปิด
			สวิตช์จำกัดระยะ ปกติเปิด
			สวิตช์จำกัดระยะ ปกติปิด
		 หรือ 	ขดลวดหรือคอยล์ ของสวิตช์แม่เหล็ก หรือคอยล์รีเลย์
			ปลดหรือทริป ด้วยแม่เหล็ก
 หรือ 	 หรือ 	 หรือ 	โอเวอร์โหลดรีเลย์ ปลดด้วยความร้อน
			หลอดสัญญาณ
		 หรือ 	ฟิวส์

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)

DIN	IEC	ANSI	ความหมาย
			เซอร์กิตเบรกเกอร์
 หรือ 			มอเตอร์เหนี่ยวนำ โรเตอร์แบบ กรงกระรอก 3 เฟส
 หรือ 			สลีปรिंगมอเตอร์ หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำ โรเตอร์แบบ พันทดลวด
 หรือ 			มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง แบบอนุกรม
		 หรือ 	วาล์วแม่เหล็กไฟฟ้า
			หวุดสัญญาณ

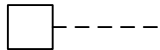
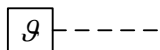
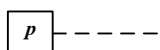
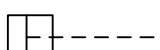
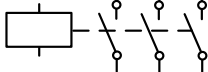
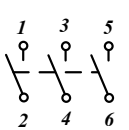
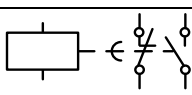
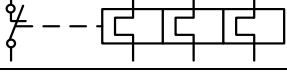
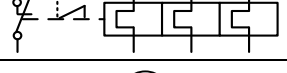
ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ต่าง ๆ ตาม DIN 40713 และ DIN 40703

สัญลักษณ์	ความหมาย
แบบที่ 1  แบบที่ 2 	หน้าสัมผัสปกติเปิด
 	หน้าสัมผัสปกติปิด
 	หน้าสัมผัสปรับได้ 2 ทาง
      	ทำงานด้วยมือ ลักษณะทั่ว ๆ ไป ทำงานด้วยการกดลง ทำงานด้วยการดึงขึ้น ทำงานด้วยการหมุน ทำงานด้วยการผลักหรือกด ทำงานด้วยเท้า สามารถถอดด้ามถือออกได้
	ทำงานด้วยแรงดันหรือกด
  	ทำงานด้วยแรงดันหรือกด ตัวอย่างถูกทำงานด้วย CAM ซึ่งมี 3 ตำแหน่ง
  	ทำงานร่วมแกนเดียวกัน ต่อเนื่องช่วงสั้น ๆ ช่วงเวลาทำงาน เช่น 12 ครั้งต่อนาที
 	หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ต่างๆ ตาม DIN 40713 และ DIN 40703 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	
	สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	
	สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติปิด	
	สวิตช์ปิด-เปิดธรรมดาแบบปกติเปิด	
	สวิตช์ปิด-เปิดธรรมดาแบบปกติปิด	
	แสดงขณะอุปกรณ์กำลังทำงาน	
	ลักษณะของสวิตช์เมื่อทำงานปกติปิด	
	ลักษณะของสวิตช์เมื่อทำงานปกติเปิด	
	สวิตช์ปุ่มกด 1 NC, 1 NO ทำงานพร้อมกัน	
แบบ 1 	แบบ 2 	กระแสไฟฟ้าเกิน
		กระแสไฟฟ้าต่ำ
		กระแสไฟฟ้ารั่ว
		แรงดันไฟฟ้าเกิน
		แรงดันไฟฟ้าต่ำ
		แรงดันไฟฟ้ารั่ว
		ภาระเกินด้วยความร้อน
		สวิตช์มือโยกแบบมีกลไกทำงานโดยความร้อน และกระแสไฟฟ้าเกิน

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ต่าง ๆ ตาม DIN 40713 และ DIN 40703 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ทำงานด้วยแรงกล
	ทำงานด้วยอุณหภูมิ
	ทำงานด้วยความดัน
	ทำงานด้วยลูกสูบ
	คอนแทกเตอร์หรือรีเลย์ ลักษณะทั่ว ๆ ไป
	คอนแทกเตอร์หรือรีเลย์แบบพิเศษ
	อุปกรณ์ทำงานด้วยระบบกลไก
	อุปกรณ์ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า
	คอนแทกเตอร์ชนิด 3 ขั้ว
	หน้าสัมผัสหลัก ใช้ในวงจรกำลัง
	รีเลย์หน่วงเวลา
	โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบธรรมดา
	โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบมีปุ่มกดตั้งใหม่ (Reset)
	โวลต์มิเตอร์
	แอมมิเตอร์

(ที่มา : อานาจ ทองผาสุก และวิทยา ประสงค์พันธุ์, ม.ป.ป. : 7-8)

ตารางที่ 1.3 อักษรเขียนกำกับขั้วมอเตอร์ และสายเมนตามมาตรฐาน DIN 42401

ชนิดมอเตอร์และสายเมน	ตัวอักษรที่ใช้เขียน (เก่า)	ตัวอักษรที่ใช้เขียน (ใหม่)
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง อาร์เมเจอร์ ขดลวดอนุกรม ขดลวดขนาน	A, B E, F C, D	A1, A2 D1, D2 E1, E2
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	U W V Z	U1 Z1 U2 Z2
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	U V W X Y Z	U1 V1 W1 U2 V2 W2
สลีปรिंगมอเตอร์ จุดสตาร์ท	U V W X Y Z MP	K1 L1 M1 K2 L2 M2 Q
ชิงโครนัสมอเตอร์ - ขดลวดสนามแม่เหล็ก ที่โรเตอร์	K - I +	F1 F2
ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สายเฟส สายศูนย์ สายป้องกัน	R S T MP SL	L1 L2 L3 N PE
ระบบไฟฟ้ากระแสตรง สายไฟขั้วบวก สายไฟขั้วลบ สายกลาง	P N MP	L + L - M

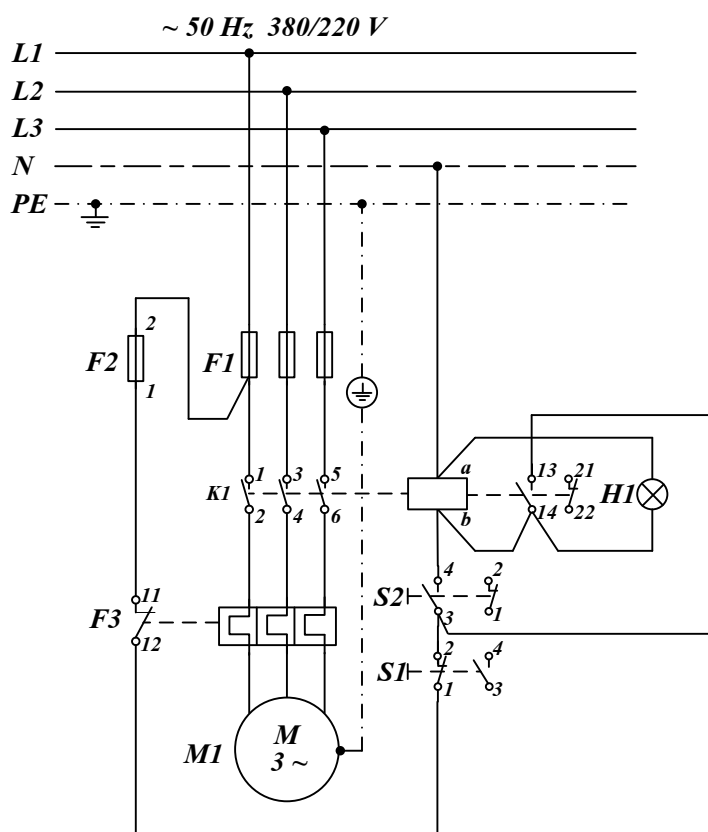
(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุก และวิทยา ประยงค์พันธุ์, ม.ป.ป. : 11)

1.2 การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าจัดเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งการเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

1.2.1 แบบงานจริง (Working Diagram)

การเขียนแบบลักษณะนี้จะแสดงการทำงานทั้งหมดของวงจรกำลัง และวงจรควบคุม โดยการเขียนรวมกันอยู่ในวงจรเดียวกัน โดยสามารถแสดงการทำงานและความสัมพันธ์ระหว่างวงจรทั้งสองได้อย่างชัดเจน หลักในการเขียนจะเขียนส่วนประกอบของอุปกรณ์เป็นชั้นเดียวไม่แยกออกจากกัน และสายต่าง ๆ จะต่อกันที่จุดเข้าสายของอุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งจะเหมือนกับลักษณะของงานจริง ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แบบงานจริง

(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และ วิทยา ประยงค์พันธุ์, ม.ป.ป. : 22)

1.2.2 แบบแสดงการทำงาน (Schematic Diagram)

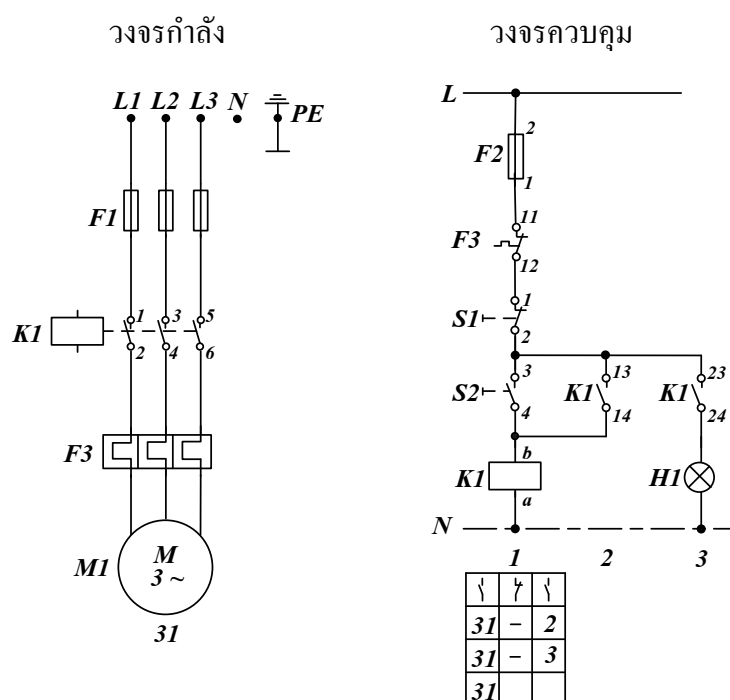
แบบแผนผังออกแบบการทำงานแบ่งตามลักษณะวงจรออกได้เป็น 2 แบบ คือ วงจรกำลัง และวงจรควบคุม ดังนี้

1.2.2.1 แบบแสดงการทำงานของวงจรกำลัง

แบบแสดงการทำงานของวงจรกำลัง เป็นวงจรที่แสดงรายละเอียดอุปกรณ์เฉพาะ ส่วนของวงจรกำลังที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้ามาเขียนเท่านั้น โดยละเว้นการเขียนวงจรควบคุม โดยปกติแล้วจะมีแต่เพียงฟิวส์วงจรกำลัง (F1) คอนแทกเตอร์ (K1) แสดงเฉพาะส่วนของหน้าสัมผัสหลัก (Main Contact) โอเวอร์โวลต์ครีเลย์ (F3) โดยตัดส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contact) ออกไป และมอเตอร์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 1.2

1.2.2.2 แบบแสดงการทำงานของวงจรควบคุม

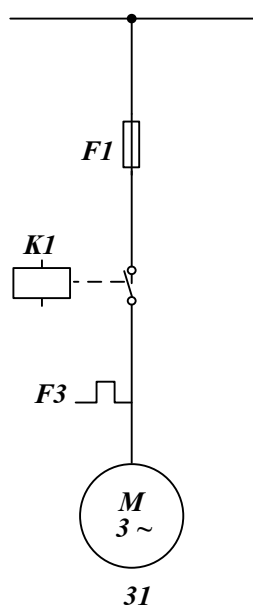
แบบแสดงการทำงานของวงจรควบคุม เป็นวงจรแสดงลำดับการทำงานของ อุปกรณ์ โดยเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ฟิวส์วงจรควบคุม (F2) หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ หน้าสัมผัสของโอเวอร์โวลต์ครีเลย์ สวิตช์ปุ่มกดปกติปิด ซึ่งทำหน้าที่หยุดวงจร สวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด ทำหน้าที่สตาร์ทวงจร และเรียงลงไปถึงขดลวด (Coil) ของคอนแทกเตอร์ และเข้าสู่สายนิวทรัล วงจรทั้งหมดนี้ไล่เรียงลำดับกันตั้งแต่บนสุดจนถึงล่างสุด วงจรแสดงการทำงานนี้มีประโยชน์มาก ในการออกแบบการทำงาน และตรวจสอบการทำงานของวงจร ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 แบบแสดงการทำงาน

1.2.3 แบบสายเดี่ยว (One Line Diagram)

แบบสายเดี่ยว เป็นวงจรแสดงการทำงานของวงจรกำลังอีกแบบหนึ่ง แต่เขียนด้วยสายเส้นเดียว มีจุดประสงค์เพื่อบอกอุปกรณ์หลักที่ใช้ในวงจรกำลัง และบอกจำนวนวงจรกำลัง หรือมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีอยู่ทั้งหมดในวงจร โดยละเว้นการแสดงวงจรควบคุม ผู้ที่จะเข้าใจวงจรนี้ได้ดีต้องเป็นผู้มีความชำนาญเท่านั้น ดังภาพที่ 1.3

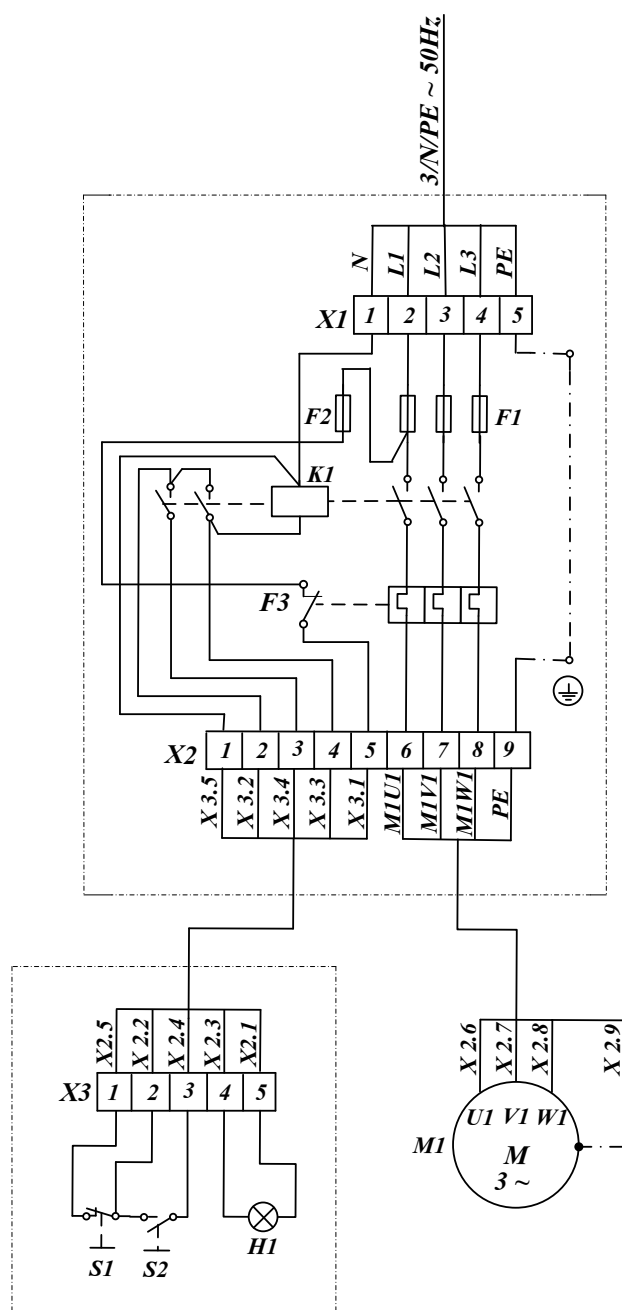


ภาพที่ 1.3 แบบสายเดี่ยว

(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และ วิทยา ประยงค์พันธุ์, ม.ป.ป. : 23)

1.2.4 แบบประกอบการติดตั้ง (Constructional Wiring Diagram)

ในสภาพความเป็นจริงแล้วอุปกรณ์แต่ละชนิดไม่ได้ติดตั้งอยู่ในที่เดียวกัน คือระบบควบคุมติดตั้งไว้ในตู้ที่มีฝาปิด แต่ตัวมอเตอร์จะติดตั้งไว้ภายนอกลักษณะเช่นนี้จึงมีการโยงสายไฟฟ้าเชื่อมต่อเข้าหากันที่แผงต่อสาย เช่น ที่แผงต่อสาย X2 จุดที่ 1 จะต่อกับแผงต่อสาย X3 จุดที่ 5 ซึ่งที่จุดนี้จะมีใ้ค้ตอบอยู่ด้วยว่าสายที่จุดนี้ต่อมาจากจุดต่อที่ 1 ของแผงต่อสาย X2 ดังภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 แบบประกอบารติดตั้ง

(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และ วิทยา ประยงค์พันธุ์, ม.ป.ป. : 23)

1.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หรือการควบคุมมอเตอร์ หมายถึง การทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานตามคำสั่ง เพื่อความปลอดภัยต่อตัวมอเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์เครื่องจักรที่ต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้า และรวมถึงความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประกอบหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการควบคุม ได้ 3 วิธี ดังนี้

1.3.1 การควบคุมด้วยมือ (Manual Control)

การควบคุมด้วยมือ เป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานควบคุมให้กลไกทางกลทำงาน ซึ่งการสั่งงานให้ระบบกลไกทำงานนี้โดยส่วนมากจะใช้คนเป็นผู้สั่งงานแทบทั้งสิ้น ทำหน้าที่ควบคุมโดยตรง เช่น ใช้วิธีการเสียบเข้ากับเต้ารับไฟ ส่วนมากจะใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก หรือประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านทั่วไป

1.3.2 การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatic Control)

การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เป็นการควบคุมที่นำอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) มาช่วยในการควบคุม โดยจะทำให้สามารถควบคุมการทำงานในระยะไกลได้ โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) ที่ใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าจำนวนมาก ๆ ให้กับมอเตอร์ แทนสวิตช์ธรรมดาซึ่งสวิตช์แม่เหล็กนี้อาศัยผลการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้า การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัตินี้ต้องอาศัยคนกดสวิตช์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสวิตช์แม่เหล็ก และสวิตช์แม่เหล็กจะดูดให้หน้าสัมผัส (Contacts) มาต่อกันและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า และถ้าต้องการหยุดมอเตอร์ไฟฟ้าจะต้องอาศัยคนคอยกดสวิตช์อีกเช่นเดิม จึงเรียกรูปแบบนี้ว่า การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

1.3.3 การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)

การควบคุมอัตโนมัติ เป็นการควบคุมที่อาศัยอุปกรณ์ชั้นนำ (Pilot Device) เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ เช่น สวิตช์ลูกลอย ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับน้ำในถังเพื่อควบคุมให้มอเตอร์ปั๊มทำงานเมื่อน้ำในภาชนะบรรจุหมด และควบคุมให้มอเตอร์ปั๊มหยุดทำงานเมื่อน้ำเต็มภาชนะบรรจุ สวิตช์ความดันทำหน้าที่ตรวจวัดความดันลมเพื่อสั่งให้มอเตอร์ปั๊มลมทำงาน เทอร์โมสแตตทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าตามอุณหภูมิสูงหรือต่ำ เป็นต้น วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบนี้เพียงแค่ใช้คนกดสวิตช์เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าในครั้งแรกเท่านั้น ต่อจากนั้นอุปกรณ์ในวงจรจะทำงานเองโดยอัตโนมัติตลอดเวลา (ชนานูวัฒน์ บายคายคม, 2548 : 5-7)

1.4 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จากวิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าทั้ง 3 วิธี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น อุปกรณ์ควบคุมที่จำเป็นต้องใช้ มีดังนี้

1.4.1 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายชนิด แต่ละชนิดใช้งานแตกต่างกันไปตามลักษณะงานที่ใช้ควบคุม โดยแยกได้ดังนี้

1.4.1.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

สวิตช์ปุ่มกด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุม เพื่อทำหน้าที่เริ่มเดิน หรือสตาร์ท (Start) หยุด (Stop) เดินหน้า (Forward) หรือตามเข็มนาฬิกา และถอยหลัง (Reverse) หรือทวนเข็มนาฬิกา เป็นต้น สวิตช์ปุ่มกดมีให้เลือกใช้หลายแบบ โดยแบ่งตามลักษณะโครงสร้างและการนำไปใช้งานมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- 1) สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา ใช้กับงานเริ่มเดินหรือหยุด ดังภาพที่ 1.5
- 2) สวิตช์ปุ่มกดแบบใจแอนด์เฮด (Giant Head Push Button Switch) เป็นสวิตช์ปุ่มกดที่มีปุ่มกดใหญ่กว่าแบบธรรมดา เพื่อให้มีพื้นที่ในการกดหรือสัมผัสมาก ๆ เหมาะกับงานประเภทสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Push Button Switch) ใช้ในกรณีต้องการหยุดวงจรเมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ดังภาพที่ 1.5
- 3) สวิตช์ปุ่มกดแบบมีหลอดสัญญาณ (Illuminated Push Button Switch) เป็นสวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ เมื่อกดสวิตช์ให้ทำงาน หลอดสัญญาณจะสว่าง ดังภาพที่ 1.5
- 4) สวิตช์แบบใช้เท้าเหยียบ (Foot Push Button Switch) เป็นสวิตช์ที่เหมาะสมสำหรับงานประเภทที่ต้องอาศัยเท้าเข้าร่วมในการควบคุม เช่น เครื่องตัดโลหะ เครื่องพับโลหะ เป็นต้น ดังภาพที่ 1.5



1) แบบธรรมดา 2) แบบใจแอนด์เฮด 3) แบบมีหลอดสัญญาณ 4) แบบใช้เท้าเหยียบ

ภาพที่ 1.5 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ปุ่มกด

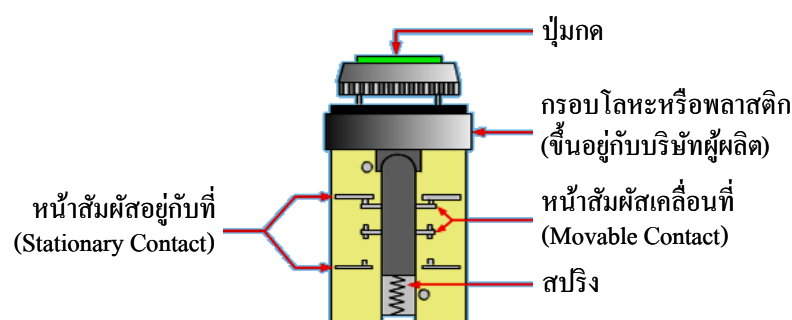
(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html>, 2551)

สีสำหรับสวิตช์ปุ่มกดมาตรฐาน IEC กำหนดไว้ดังนี้

- (1) สีแดง ใช้สำหรับปุ่มกด OFF หรือ หยุด ถ้าเป็นแบบหัวเห็ด สีแดงบนตัวควบคุมจะเป็นปุ่มฉุกเฉิน (Emergency OFF)
- (2) สีเขียวหรือดำ ใช้สำหรับปุ่มกด ON หรือ เริ่มเดิน
- (3) สีเหลือง ใช้สำหรับปุ่มกดเริ่มเดินของระบบที่ไม่เป็นปกติ
- (4) สีขาวหรือสีฟ้า ใช้สำหรับหน้าที่อื่น ๆ ที่ต้องการ

ข้อแนะนำสำหรับสวิตช์ปุ่มกด คือ สวิตช์ปุ่มกด OFF ควรอยู่ทางซ้ายหรือด้านล่าง ถ้าเป็นการกลับทางหมุน สวิตช์ปุ่มกด OFF ควรอยู่ตรงกลาง

โครงสร้างภายในของสวิตช์ปุ่มกด แสดงไว้ในภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ลักษณะโครงสร้างภายในของสวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา

(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html>, 2551)

1.4.1.2 สวิตช์เลือก (Selector Switch)

สวิตช์เลือก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุม เพื่อทำหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าหรือตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามความต้องการ โดยสวิตช์เลือกนั้นมี 2 แบบ ได้แก่ 1) แบบปรับตำแหน่งทางเดียว 2) แบบปรับตำแหน่งสองทาง ดังภาพที่ 1.7



1) แบบปรับตำแหน่งทางเดียว



2) แบบปรับตำแหน่งสองทาง

ภาพที่ 1.7 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์เลือกแบบต่าง ๆ

(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html>, 2551)

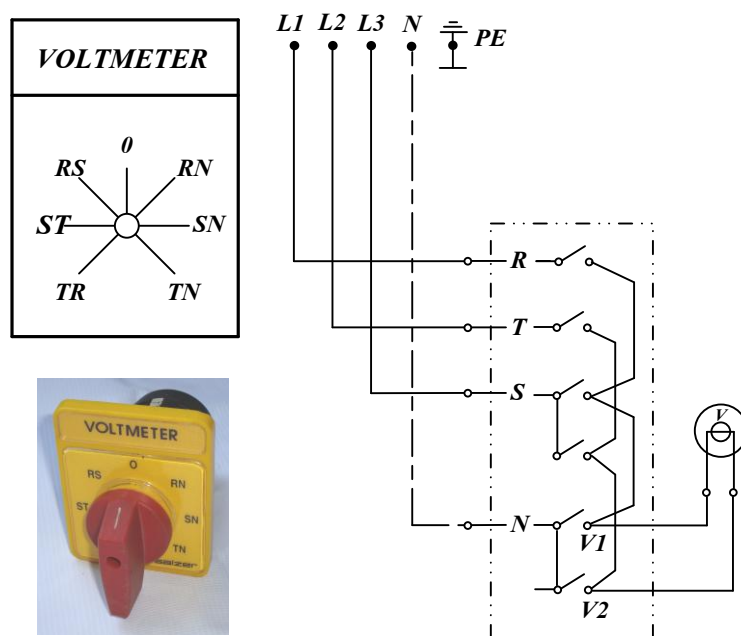
โครงสร้างของสวิตช์เลือก ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1) ส่วนอยู่กับที่ เป็นส่วนที่ยึดกับโครง โดยไม่มีการเคลื่อนที่ และส่วนนี้จะมีหน้าสัมผัสที่เป็นตัวนำเป็นจุดต่อกับวงจรภายนอก และให้หน้าสัมผัสที่อยู่ในส่วนเคลื่อนที่ได้มาสัมผัสเมื่อมีการปรับตำแหน่งของส่วนเคลื่อนที่ด้วยมือเพื่อเปลี่ยนการต่อวงจรใหม่

2) ส่วนที่เคลื่อนที่ เป็นส่วนที่เปลี่ยนตำแหน่งของการต่อวงจรภายในของสวิตช์เลือก เมื่อมีการปรับตำแหน่งของสวิตช์ โดยมีชุดหน้าสัมผัสส่วนที่เคลื่อนที่มาสัมผัสกับหน้าสัมผัสของส่วนที่อยู่กับที่ เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับวงจรภายในของสวิตช์เลือก หรือวงจรควบคุมภายนอกได้ด้วย

1.4.1.3 สวิตช์เลือกแรงดันไฟฟ้า (Selector Volt)

สวิตช์เลือกแรงดันไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกับโวลต์มิเตอร์ เพื่อตรวจสอบความสมดุลของแรงดันไฟฟ้า เพื่ออ่านค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสกับเฟส หรือระหว่างเฟสกับสายนิวทรัล ว่ามีความสมดุลกันหรือไม่ ดังภาพที่ 1.8

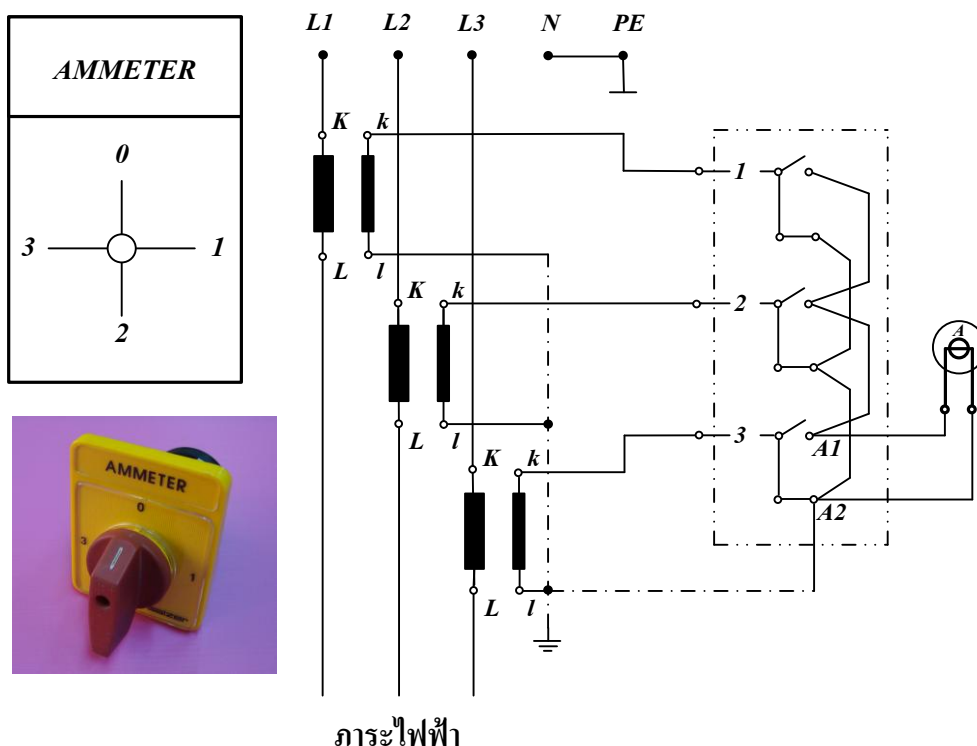


ภาพที่ 1.8 ลักษณะรูปร่าง และการต่อใช้งานของสวิตช์เลือกแรงดัน

หมายเหตุ อักษรเขียนกำกับที่ตัวสวิตช์เลือกแรงดันไฟฟ้าของบริษัทผู้ผลิต เป็นการเขียนผสมระหว่างเก่ากับใหม่ คือ สายเฟสเป็นแบบเก่าแต่สายศูนย์เป็นแบบใหม่ (พิจารณาได้จากตารางที่ 1.3) ส่วนแหล่งจ่ายระบบไฟฟ้าผู้เขียนได้แสดงอักษรเขียนกำกับสายเมนแบบใหม่

1.4.1.4 สวิตช์เลือกกระแสไฟฟ้า (Selector Amp)

สวิตช์เลือกกระแสไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกับหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าและแอมมิเตอร์เพื่อตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส ดังภาพที่ 1.9



ภาระไฟฟ้า

ภาพที่ 1.9 ลักษณะรูปร่าง และการต่อใช้งานของสวิตช์เลือกกระแสไฟฟ้า

1.4.1.5 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

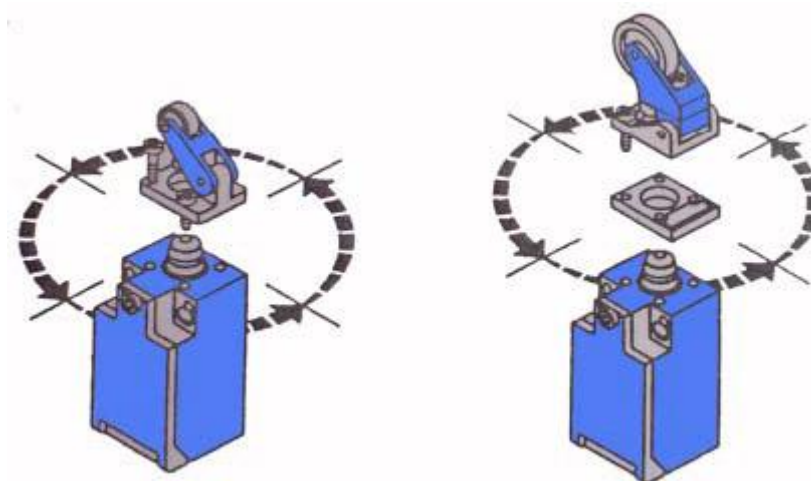
สวิตช์จำกัดระยะ หรือลิมิตสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ซึ่งจะต้องทำงานร่วมกับแมกเนติกคอนแทกเตอร์เสมอ เพื่อควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานโดยอัตโนมัติ เช่น ควบคุมให้เลื่อนไปทางซ้ายและขวา ควบคุมให้เลื่อนขึ้นและลง เป็นต้น

โครงสร้างของสวิตช์จำกัดระยะ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสทั้งหน้าสัมผัสเคลื่อนที่และหน้าสัมผัสอยู่กับที่ หน้าสัมผัสชนิดปกติปิด และหน้าสัมผัสชนิดปกติเปิด หน้าสัมผัสจะทำงานเมื่อมีแรงจากวัตถุมากระทบกับลูกกลิ้งของสวิตช์จำกัดระยะ โดยแสดงไว้ในภาพที่ 1.10 และภาพที่ 1.11



ภาพที่ 1.10 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์จำกัดระยะ

(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html>, 2551)



ภาพที่ 1.11 ลักษณะลูกกลิ้งที่ติดตั้งบนตัวสวิตช์ สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้ 4 ทิศทาง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

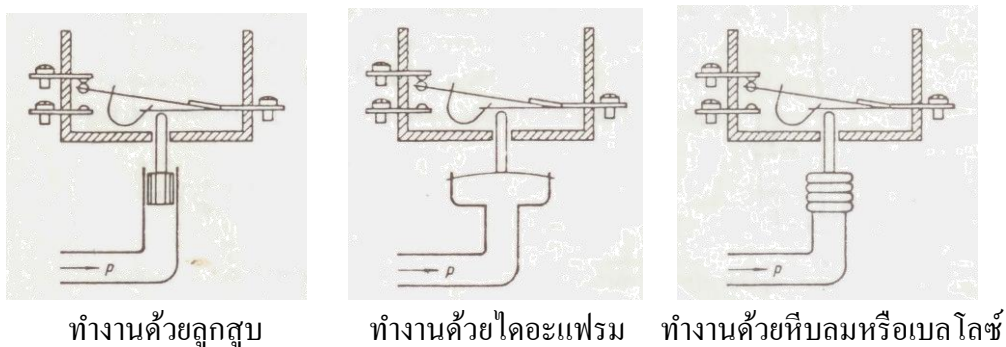
(ที่มา : รัชชัย อัครวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 24)

สวิตช์จำกัดระยะจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีแรงจากวัตถุภายนอกกระทำกับลูกกลิ้งไปดันแกนซึ่งยึดอยู่กับหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ จึงทำให้หน้าสัมผัสภายในสวิตช์เปิดหรือปิดวงจรได้ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ลิฟต์ยกของ ประตูเหล็กแบบม้วน หรืองานที่ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร เป็นต้น

1.4.1.6 สวิตช์ความดัน (Pressure Switch)

ในงานอุตสาหกรรมบางงานมีความจำเป็นต้องใช้สวิตช์ความดัน เนื่องจากสวิตช์ความดันเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ควบคุมความดันให้เป็นตามความต้องการของผู้ใช้ได้ โดยสวิตช์ความดันเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยลมในระบบนิวเมติก (Pneumatic) หรือน้ำมันในระบบไฮดรอลิก (Hydraulic) สวิตช์ความดันสามารถใช้ได้กับเครื่องมือที่จำเป็นต้องควบคุมความดันให้เป็นไปตาม

ความต้องการ เช่น เครื่องมืองานเชื่อม เครื่องมืองานกล ระบบการหล่อลื่นที่ใช้ความดันสูง มอเตอร์ ขับปั้มน้ำหรือปั้มลม เป็นต้น โดยการควบคุมความดันของสวิตซ์ความดันมีหลายวิธี เช่น การทำงานด้วยการใช้หลักการของแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งเป็นสวิตซ์ที่มีความไวสูงแม้ว่าความดันจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยวิธีการดังกล่าวก็สามารถใช้ในการควบคุมความดันได้ วิธีนี้จึงเหมาะกับงานที่มีพิคัดความดันต่ำ หรืออีกวิธีหนึ่ง คือ สวิตซ์ความดันทำงานด้วยหีบลม หรือเบลโลสค์ วิธีการนี้ใช้ควบคุมความดันได้สูงถึง 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยวิธีนี้สวิตซ์ความดันจะทำงานด้วยลูกสูบ ใช้ควบคุมความดันได้สูงถึง 15,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับลักษณะโครงสร้าง หลักการทำงานของสวิตซ์ความดันแต่ละประเภท แสดงไว้ดังภาพที่ 1.12 และลักษณะรูปร่างภายนอกของสวิตซ์ความดันแบบต่าง ๆ ดังภาพที่ 1.13



ภาพที่ 1.12 ลักษณะโครงสร้าง หลักการทำงานของสวิตซ์ความดันแบบต่าง ๆ

(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และวิทยา ประยงค์, ม.ป.ป. : 32)



ภาพที่ 1.13 ลักษณะรูปร่างของสวิตซ์ความดันแบบต่าง ๆ

(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara09.html>, 2551)

1.4.1.7 สวิตช์โยก (Drum Switch)

สวิตช์โยก หรือดรัมสวิตช์มีโครงสร้างภายในประกอบด้วยชุดหน้าสัมผัสที่ติดตั้งบนแกนหมุนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อแกนถูกหมุนจะทำให้ชุดหน้าสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลงตัดต่อวงจร โดยสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) สวิตช์โยกใช้สำหรับกลับทางหมุนมอเตอร์ ซึ่งเป็นสวิตช์ปรับได้ 3 ตำแหน่ง คือ I-0-II หรือ F-0-R (Forward-Stop-Reverse) ดังภาพที่ 1.14



ภาพที่ 1.14 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์โยกใช้กลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า

2) สวิตช์โยกใช้สำหรับเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา ซึ่งเป็นสวิตช์ปรับได้ 3 ตำแหน่ง คือ 0 - Y - Δ ดังภาพที่ 1.15



ภาพที่ 1.15 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์โยกใช้เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา

1.4.1.8 สวิตช์ใบมีด (Knife Switch)

สวิตช์ใบมีด เป็นสวิตช์ตัดตอนอย่างง่ายที่ใช้ในการเริ่มเดิน และควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส โดยแยกเป็นชนิดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์ ได้ดังนี้

1) สวิตช์ 2 ขั้ว สับ 1 ทาง (Double Pole Single Throw Switch) หรือมีชื่อย่อว่า ดีพีเอสที สวิตช์ (DPST Switch) หรือคัตเอาต์ ใช้สำหรับการเริ่มเดิน และหยุดมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ดังภาพที่ 1.16



ภาพที่ 1.16 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 2 ขั้ว สับ 1 ทาง

2) สวิตช์ 2 ขั้ว สับ 2 ทาง (Double Pole Double Throw Switch) หรือมีชื่อย่อว่า ดีพีดีที สวิตช์ (DPDT Switch) ใช้กลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ดังภาพที่ 1.17



ภาพที่ 1.17 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 2 ขั้ว สับ 2 ทาง

3) สวิตช์ 3 ขั้ว สับ 1 ทาง (Triple Pole Single Throw Switch) หรือมีชื่อย่อว่า ทีพีเอสที สวิตช์ (TPST Switch) หรืออีกตัวย่อ 3 เฟส ใช้สำหรับการเริ่มเดินและหยุดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ดังภาพที่ 1.18



ภาพที่ 1.18 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 1 ทาง

4) สวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง (Triple Pole Double Throw Switch) หรือมีชื่อย่อว่า ทีพีดีที สวิตช์ (TPDT Switch) ใช้กลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ดังภาพที่ 1.19

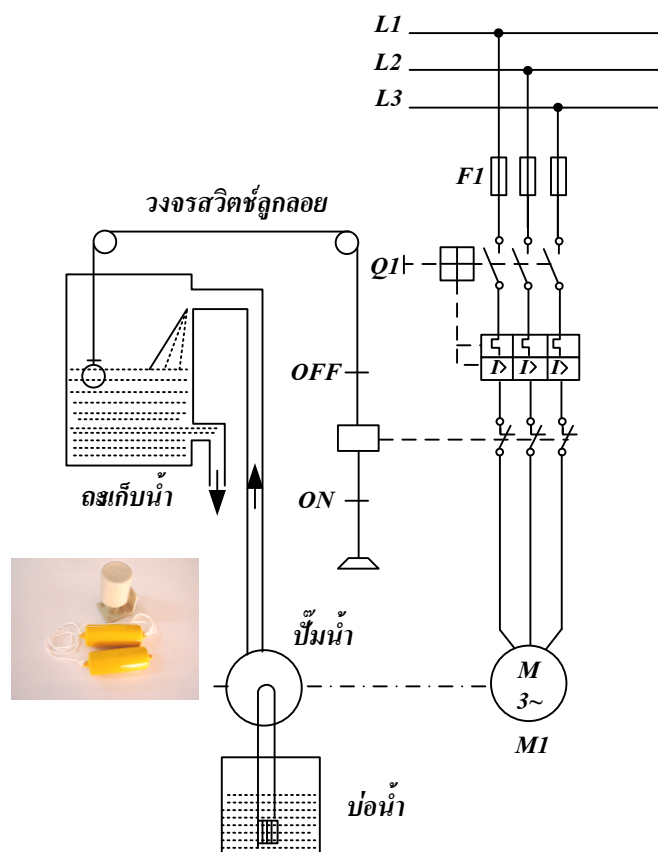


ภาพที่ 1.19 ลักษณะรูปร่างของสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง

1.4.1.9 สวิตช์ลู่กลอย (Float Switch)

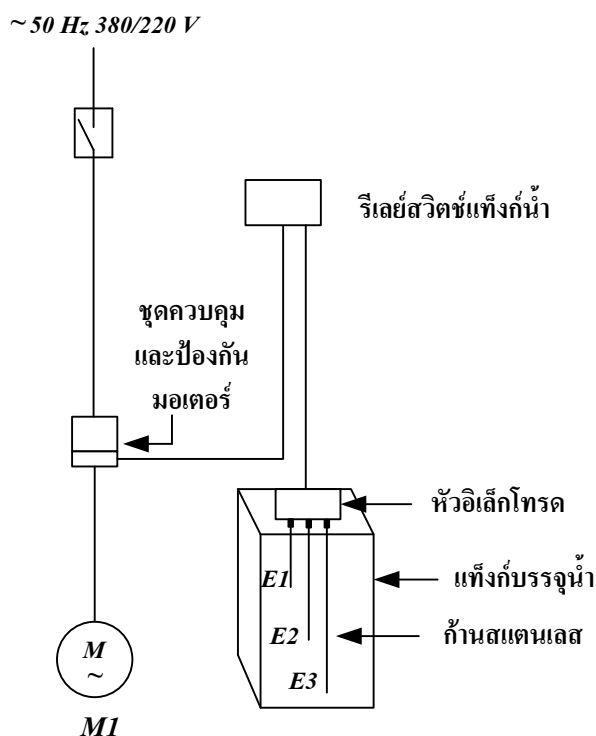
สวิตช์ลู่กลอย เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั้มน้ำ โดยอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยการเพิ่มหรือลดของระดับน้ำในถังเก็บน้ำ กล่าวคือ เมื่อระดับน้ำต่ำมาก จะต้องจระให้มอเตอร์ปั้มน้ำทำงานสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ในถัง แต่ถ้าน้ำเต็มถึงเก็บแล้ว หน้าสัมผัสของสวิตช์ลู่กลอยจะตัดวงจรมอเตอร์ ไม่ให้ทำงาน ดังภาพที่ 1.20 น้ำในบ่อน้ำจะถูกดูดขึ้นไปตามท่อด้วยมอเตอร์ M1 เพื่อนำไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำเมื่อระดับน้ำสูงขึ้นถึงจุดที่ต้องการ ก้านกระเดื่อง

ตำแหน่ง OFF จะเลื่อนลง เป็นการตัดวงจรมอเตอร์ ต่อมาเมื่อมีการเปิดใช้น้ำ จนกระทั่งระดับน้ำในถังมีระดับลดลงถึงจุดที่กำหนด ก้านกระเดื่องตำแหน่ง ON จะเลื่อนขึ้นเป็นการต่อวงจรให้มอเตอร์ทำงาน คูดน้ำขึ้นไปเก็บไว้ วนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป ข้อเสียของวงจรควบคุมนี้คือไม่มีอุปกรณ์ตรวจสอบระดับน้ำในบ่อน้ำ ดังนั้นจึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน Q1 ไว้ด้วย



ภาพที่ 1.20 ลักษณะรูปร่าง และการต่อใช้งานของสวิทช์ลูกลอย

นอกจากนี้ยังนิยมใช้สวิทช์ควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้ลูกลอย เพียงแต่ใช้ก้านอิเล็กทรอนิกส์ จุ่มลงในน้ำ เครื่องจะทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ จะตัดการทำงานของปั้มน้ำทันทีที่น้ำถึงระดับที่ตั้งไว้ต่ำสุด นอกจากนี้ยังป้องกันมอเตอร์ของปั้มน้ำเสียหายด้วยระบบป้องกันปั้มน้ำทำงานตัวเปล่า ปั้มน้ำจะถูกตัดทันทีที่ไม่มีน้ำ ดังภาพที่ 1.21



$E1$ = ระดับน้ำที่ต้องการให้มอเตอร์ปั้มน้ำหยุดปั้มน้ำ

$E2$ = ระดับน้ำที่ต้องการให้มอเตอร์ปั้มน้ำเริ่มสูบน้ำเข้าถังเก็บ

$E3$ = ระดับน้ำที่ต้องการสำรองไว้ เมื่อต้องการซ่อมบำรุงระบบส่ง – จ่ายน้ำ

ภาพที่ 1.21 วงจรเดินสายไฟฟ้าควบคุมระดับน้ำในถังเก็บบรรจุน้ำ

1.4.2 หลอดสัญญาณ (Pilot Lamp or Signal Lamp)

หลอดสัญญาณเป็นหลอดไฟที่ใช้แสดงสถานะในการทำงานมีหลายสีหลายแบบ
สีสำหรับหลอดสัญญาณตามมาตรฐาน IEC กำหนดไว้ดังนี้

1.4.2.1 สีแดง ใช้สำหรับแสดงสถานะไม่ปกติ เช่น เกิดสถานะโหลดเกิน (Overload)
ทำให้การทำงานของเครื่องจักรหยุดลง

1.4.2.2 สีเหลือง ใช้แสดงการเตือนภัย หรือเตือนให้ระวัง เช่น เมื่ออุณหภูมิ หรือ
กระแสไฟฟ้าสูงถึงขีดจำกัด เป็นต้น

1.4.2.3 สีเขียว ใช้สำหรับการทำงานสถานะปกติ นอกจากนี้ยังใช้แสดงการสิ้นสุดของ
วัฏจักรของงาน และเครื่องจักรพร้อมจะเริ่มเดินใหม่ได้อีก

1.4.2.4 สีขาว แสดงว่าวงจรมีแรงดันไฟฟ้าปกติ เครื่องจักรกำลังทำงาน หรือโปรแกรมปกติกำลังทำงานอยู่

1.4.2.5 สีน้ำเงิน ใช้สำหรับการทำงานพิเศษ

1.4.2.6 ไฟกะพริบ ใช้ได้กับงานทุกชนิดด้วยสีที่สอดคล้องกัน

หลอดสัญญาณที่ใช้งานโดยทั่วไปนั้นมี 2 แบบ คือ 1) หลอดสัญญาณแบบไม่มีหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า 2) หลอดสัญญาณแบบมีหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า ดังภาพที่ 1.22



1) แบบไม่มีหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า



2) แบบมีหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

ภาพที่ 1.22 ลักษณะรูปร่างของหลอดสัญญาณ

1.4.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

แมกเนติกคอนแทกเตอร์ หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “คอนแทกเตอร์” เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าซึ่งควบคุมโดยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้ากระตุ้นขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำให้หน้าสัมผัสของคอนแทกเตอร์ต่อถึงกัน ทำให้วงจรไฟฟ้าครบวงจร กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไหลผ่านไปที่ภาระไฟฟ้าหรือโหลด (Load) ได้ เมื่อตัดกระแสไฟฟ้ากระตุ้นออก สนามแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะหมดไป สปริงจะดันให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกัน ทำให้วงจรไฟฟ้าไม่ครบวงจร

ในตัวคอนแทกเตอร์ มีหน้าสัมผัสอยู่หลายชุดติดตั้งอยู่บนแกนเดียวกัน และทำงานพร้อมๆกัน สำหรับหน้าสัมผัสมีทั้งแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) และแบบปกติปิด (Normally Closed หรือ NC) จำนวนหน้าสัมผัสทั้งสองแบบมีจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับการนำคอนแทกเตอร์ไปใช้งานและการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต

คอนแทกเตอร์มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1.4.3.1 ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือมีชื่อเรียกสั้น ๆ ว่า คอยล์ (Coil)

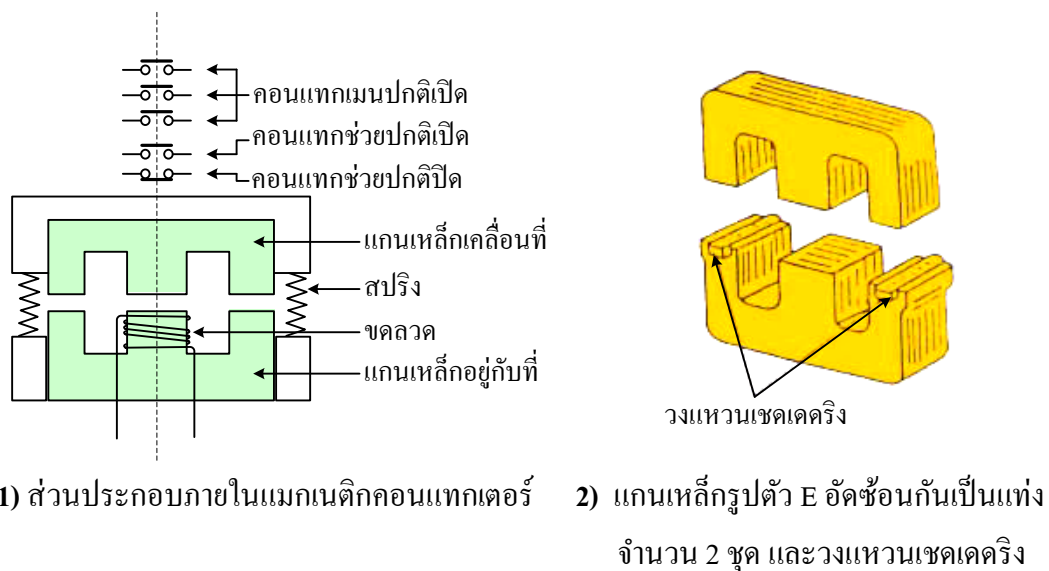
1.4.3.2 หน้าสัมผัสหลัก ใช้เป็นหน้าสัมผัสสำหรับปิด-เปิดวงจรกำลัง เช่น มอเตอร์หรือโหลดอื่นๆ ที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง ทั้งนี้เพราะว่าหน้าสัมผัสหลักมีขนาดใหญ่ สามารถรับกระแสไฟฟ้าสูงๆได้

1.4.3.3 หน้าสัมผัสช่วย ใช้เป็นหน้าสัมผัสสำหรับปิด-เปิดวงจรควบคุม หน้าสัมผัสมีขนาดเล็ก รับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ

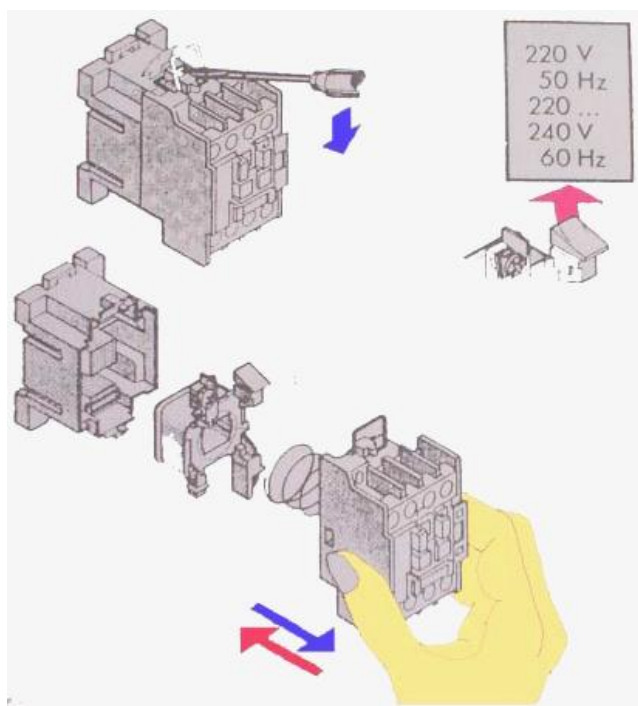
ลักษณะรูปร่างของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ยี่ห้อต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 1.23 สำหรับในส่วน of ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ แสดงดังภาพที่ 1.24 (ประกอบด้วยภาพที่ 1) ส่วนประกอบภายในแมกเนติกคอนแทกเตอร์ 2) แกนเหล็กรูปตัว E อัดซ้อนกันเป็นแท่งจำนวน 2 ชุด และวงแหวนเซดเคดริง) และวิธีการถอดชิ้นส่วนของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ปรากฏตามภาพที่ 1.25



ภาพที่ 1.23 ลักษณะรูปร่างของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ยี่ห้อต่าง ๆ
(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara010.html>, 2551)



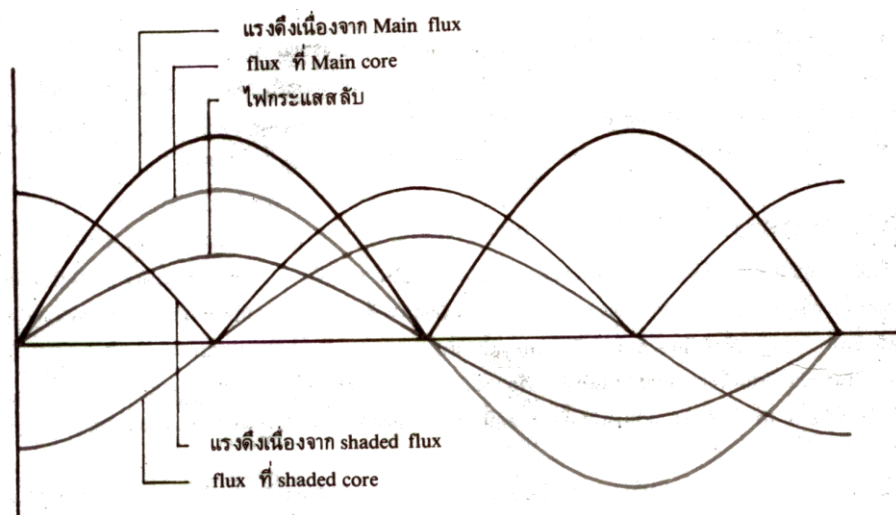
ภาพที่ 1.24 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์
(ที่มา : ธวัชชัย อัดถวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 12)



ภาพที่ 1.25 วิธีการถอดชิ้นส่วนของแมกเนติกคอนแทกเตอร์
(ที่มา : ธวัชชัย อัดถวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 12)

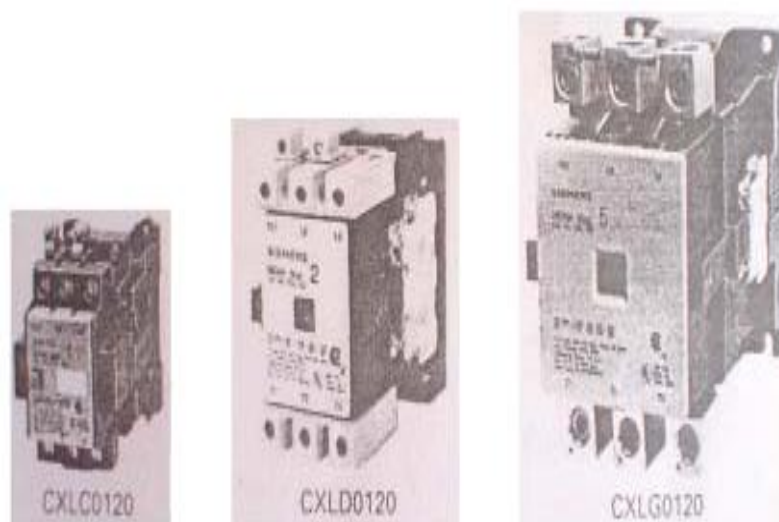
คอนแทกเตอร์จะมีแกนเหล็กรูปตัว E อัดซ้อนกันเป็นแท่งจำนวน 2 ชุด คือ ชุดแกนเหล็กเคลื่อนที่ กับชุดแกนเหล็กอยู่กับที่ โดยแกนเหล็กเคลื่อนที่จะมีหน้าสัมผัสยึดติดอยู่ ส่วนแกนเหล็กอยู่กับที่ ที่ขากลางจะมีขดลวดสวมอยู่ ขดลวดนี้จะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา ที่ขั้ว E สองข้าง จะมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนและต่อลัดวงจรเป็นรูปวงแหวน เรียกวงแหวนนี้ว่า “เซดเคดริง” (Shaded Ring) มีไว้เพื่อช่วยป้องกันการสั่นของแกนอันเนื่องจากใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นตัวกระตุ้นขดลวด ดังภาพที่ 1.26

ในสภาวะปกติ แกนเหล็กทั้งสองชุดจะถูกสปริงดันให้ห่างออกจากกันทำให้หน้าสัมผัสหลักทั้ง 3 อัน และหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด เปิดวงจรไว้ ในขณะที่เดียวกันหน้าสัมผัสช่วยปกติปิด ก็จะปิดวงจร เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่ขดลวดที่ขากลางของแกนเหล็ก โดยจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาดึงดูดแกนเหล็กเคลื่อนที่ ในสภาวะนี้หน้าสัมผัสทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานจากปกติเปิดเป็นปิด และจากปกติปิดเป็นเปิด หน้าสัมผัสทั้งสองชุดนี้จะกลับสู่สภาวะเดิมอีกครั้งเมื่อหยุดการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่ขดลวด



ภาพที่ 1.26 การทำงานของ เซดเคดริงเพื่อลดการสั่นของแกนเหล็ก
เนื่องจากความถี่ของไฟสลับ

(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และวิทยา ประยงค์, ม.ป.ป. : 20)



1) รุ่น NEMA SIZE 1 2) รุ่น NEMA SIZE 2 3) รุ่น NEMA SIZE 5

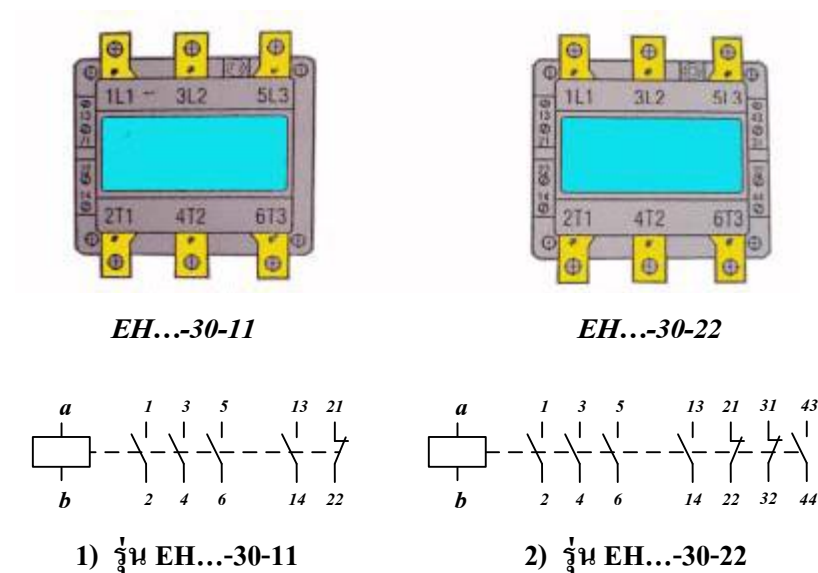
ภาพที่ 1.27 ลักษณะรูปร่างของคอนแทกเตอร์ยี่ห้อ SIEMENS

รุ่น NEMA SIZE 1, SIZE 2 และ SIZE 5

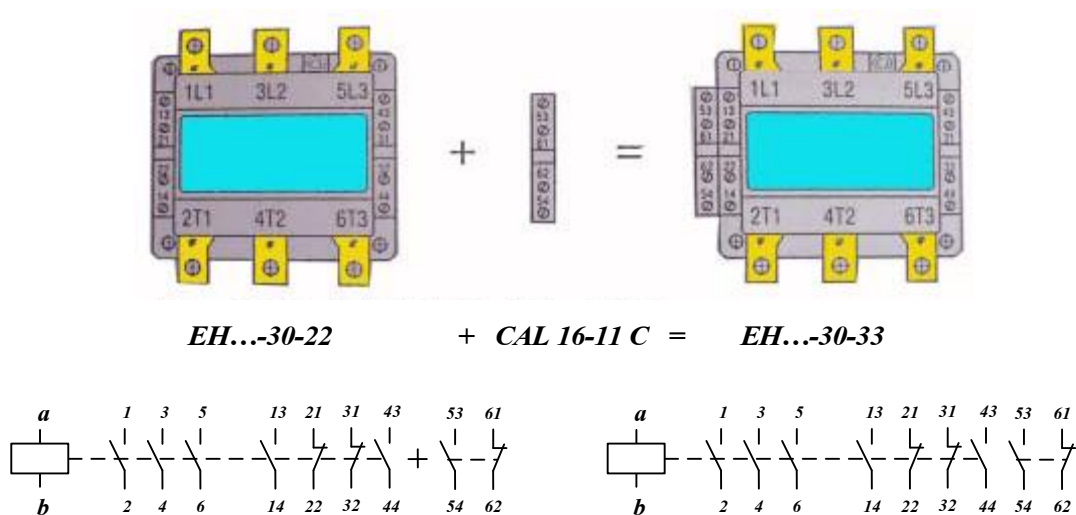
(ที่มา : รัชชัย อรรถวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 13)

สำหรับภาพที่ 1.27 เป็นคอนแทกเตอร์ ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น CXLCO 120 ซึ่งมาตรฐาน NEMA SIZE ที่แตกต่างกันโดยมี 3 ระดับ ได้แก่ 1) มาตรฐาน NEMA SIZE 1 หน้าสัมผัสหลักรับพิกัดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องได้ 27 A 2) มาตรฐาน NEMA SIZE 2 หน้าสัมผัสหลักรับพิกัดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องได้ 45 A และ 3) มาตรฐาน NEMA SIZE 5 หน้าสัมผัสหลักรับพิกัดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องได้ 270 A

ต่อไปสำหรับในภาพที่ 1.28 จะแสดงตำแหน่งเครื่องหมายปลายสายและสัญลักษณ์ IEC หน้าสัมผัสหลักและหน้าสัมผัสช่วยของคอนแทกเตอร์ จำนวน 2 รุ่น ได้แก่ 1) รุ่น EH ยี่ห้อ ABB รุ่น EH ... -30 -11 มีหน้าสัมผัสหลัก 3 อัน และหน้าสัมผัสช่วย 2 อัน ชนิด 1 NO และ 1 NC และ 2) รุ่น EH ... -30 -22 มีหน้าสัมผัสหลัก 3 อัน และหน้าสัมผัสช่วย 4 อัน ชนิด 2 NO และ 2 NC ซึ่งจำนวนหน้าสัมผัสช่วยสามารถเพิ่มเติมได้โดยนำมาต่อขยายเพิ่มเติมตามความต้องการของผู้ใช้ ดังภาพที่ 1.29 ซึ่งแสดงการนำหน้าสัมผัสช่วยมาต่อเพิ่มเติมจากเดิมมี 2 NO และ 2 NC เป็น 3 NO และ 3 NC



ภาพที่ 1.28 ตำแหน่งเครื่องหมายปลายสายและสัญลักษณ์ IEC
ของคอนแทกเตอร์รุ่น EH ของ ABB
(ที่มา : รัชชัย อัครวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 14)



ภาพที่ 1.29 การนำหน้าสัมผัสช่วยมาต่อเพิ่มเติมจากเดิม
มี 2 NO และ 2 NC เป็น 3 NO และ 3 NC
(ที่มา : รัชชัย อัครวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 14)

ข้อดีของคอนแทกเตอร์

1. สามารถตัดต่อวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าสูงได้ ด้วยอุปกรณ์ควบคุมซึ่งกินกระแสไฟฟ้าต่ำ
2. ใช้กับงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง หรืองานซึ่งมีการตัดและต่อวงจรบ่อย ๆ
3. เป็นอุปกรณ์ที่แข็งแรงทนทานและใช้งานได้นาน
4. สามารถปรับให้ใช้กับระบบควบคุมอื่น ๆ ได้ง่าย

ด้วยสาเหตุดังกล่าว คอนแทกเตอร์จึงถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้ากำลังและงานควบคุมมอเตอร์

ชนิดและขนาดของคอนแทกเตอร์

คอนแทกเตอร์ที่ใช้กับไฟกระแสสลับ ในมาตรฐาน IEC แบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะของภาระไฟฟ้า คือ AC 1, AC 2, AC 3 และ AC 4

AC 1 ใช้สำหรับภาระไฟฟ้าประเภทความต้านทาน

AC 2 ใช้สำหรับภาระไฟฟ้าประเภทขดลวด จึงเหมาะที่จะใช้กับมอเตอร์โรเตอร์แบบพันขดลวดซึ่งกินกระแสไฟฟ้าเริ่มเดินประมาณ 2.5 เท่า

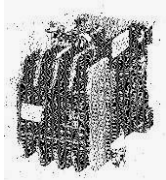
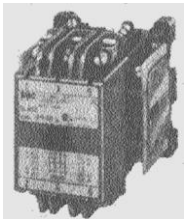
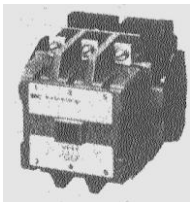
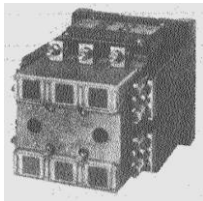
AC 3 ใช้สำหรับมอเตอร์ทั่วไป จึงเหมาะสมที่จะใช้กับมอเตอร์โรเตอร์แบบกรงกระรอก ซึ่งกินกระแสไฟฟ้าเริ่มเดินประมาณ 5-7 เท่า หรือใช้กับมอเตอร์โรเตอร์แบบพันขดลวดก็ได้

AC 4 ใช้สำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานเป็นช่วงสั้น ๆ

สำหรับการพิจารณาเลือกขนาดของคอนแทกเตอร์ให้เหมาะสมกับมอเตอร์จะพิจารณาที่กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของมอเตอร์ กับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของคอนแทกเตอร์ โดยกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของมอเตอร์จะต้องมีค่าต่ำกว่าของคอนแทกเตอร์เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน คอนแทกเตอร์ขนาดหนึ่งอาจใช้ได้กับมอเตอร์ที่มีค่ากำลังไฟฟ้าต่างกันก็ได้ เช่น จากตารางที่ 1.4 คอนแทกเตอร์ ขนาด 0 คอนแทกเตอร์มีค่าพิกัดกระแสไฟฟ้า 9 A ที่ 380 V หรือน้อยกว่า และ 5 A ที่ 500 V จะสามารถใช้ได้กับมอเตอร์ซึ่งมีขนาดถึง 2.2 กิโลวัตต์ (kW) 220 V ซึ่งมีค่าพิกัดกระแสไฟฟ้า ประมาณ 8.5 A หรือใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดถึง 4 กิโลวัตต์ 380 V ซึ่งมีค่าพิกัดกระแสไฟฟ้า ประมาณ 8.5 A และใช้ได้กับมอเตอร์ขนาด 3 กิโลวัตต์ 500 V ซึ่งมีค่าพิกัดกระแสไฟฟ้า ประมาณ 5 A เป็นต้น

ในการพิจารณาเลือกคอนแทกเตอร์ นอกจากลักษณะและขนาดของภาระไฟฟ้าที่ใช้แล้ว ยังจะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นอีก เช่น ถ้าความบ่อยครั้งของการทำงานต่ำมาก คือ เพียง 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้งในหนึ่งวัน เราอาจเลือกใช้คอนแทกเตอร์แบบ AC 3 แทน AC 4 ได้ สำหรับตัวอย่างขนาดของคอนแทกเตอร์ ชนิด AC ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างขนาดของคอนแทกเตอร์ ชนิด AC ต่าง ๆ

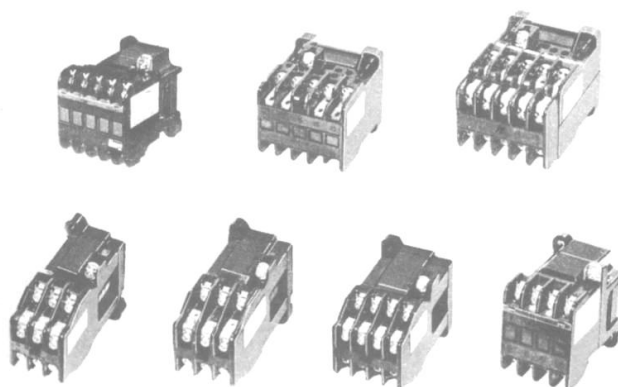
หน้าสัมผัสเบอร์	พิกัดโหลดมอเตอร์		พิกัดกระแสไฟฟ้า		ขนาด คอนแทก เตอร์	จำนวน หน้าสัมผัส ช่วย	
	AC 3/AC 4 (380/415/440 VAC)		AC 1	AC 3 (380/415/440 VAC)		NO	NC
	kW	HP	A	A			
 หน้าสัมผัสเบอร์ 00 หรือ 0	4	5.5	16	8.5	00	-	1
						1	-
						1	1
						2	2
 หน้าสัมผัสเบอร์ 1 หรือ 2	5.5	7.5	16	11.5	0	-	1
						1	-
						1	1
						2	2
 หน้าสัมผัสเบอร์ 3 หรือ 4	7.5	10	20	16	0	1	1
						2	2
	11	15	32	22	1	1	1
						2	2
	18.5	25	40	37	2	2	2
	22	30	60	44	2	2	2
	30	40	90	60	3	2	2
	37	50	100	72	3	2	2
	45	60	120	85	3	2	2
	55	75	150	105	4	2	2
 หน้าสัมผัสเบอร์ 5 หรือ 6	75	100	210	140	4	2	2
	110	150	280	205	5	2	2
	160	220	420	300	6	2	2
	250	340	600	475	6	2	2

เวลาสั่งซื้อโปรดระบุชนิดและขนาดคอนแทกเตอร์ จำนวนหน้าสัมผัสช่วย แรงดันไฟฟ้า ขดลวด และความถี่ด้วย (ธนบูรณ์ ศศิภาณุเดช, 2532 : 343)

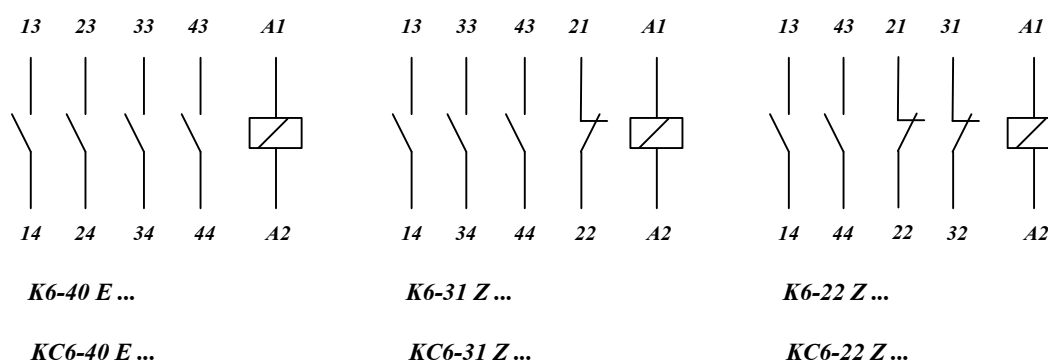
1.4.4 รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay)

รีเลย์ช่วย หมายถึง สวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กช่วยให้เกิดการตัดต่อวงจรควบคุม มีลักษณะการทำงานเหมือนกับคอนแทกเตอร์ แต่ต่างกันที่หน้าสัมผัสของรีเลย์ช่วยทนกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ ดังนั้นจึงไม่สมควรนำไปต่อเข้ากับภาระไฟฟ้า ลักษณะของหน้าสัมผัสมีทั้งแบบปกติเปิด และแบบปกติปิด ดังภาพที่ 1.30 เป็นรีเลย์ช่วยสำหรับติดตั้งกับรางเหล็กในตู้ควบคุม

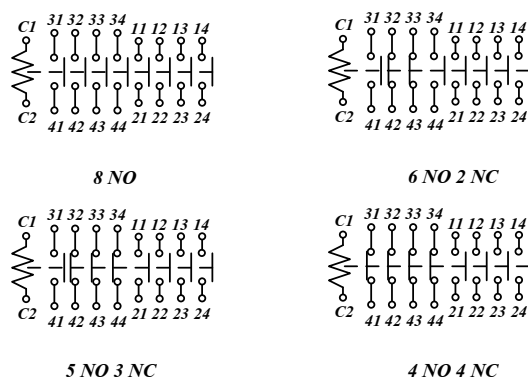
อักษรกำกับอุปกรณ์สำหรับรีเลย์ช่วยสัญลักษณ์ IEC จะมีอักษร A ต่อท้าย ตัวอย่าง เช่น K2A และ K3A เป็นต้น



ภาพที่ 1.30 ลักษณะของรีเลย์ช่วย หรือคอนโทรลรีเลย์ หรือคอนแทกเตอร์รีเลย์
(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และวิทยา ประยงค์, ม.ป.ป. : 15)



ภาพที่ 1.31 สัญลักษณ์มาตรฐาน IEC ของรีเลย์ช่วย หรือคอนโทรลรีเลย์ หรือคอนแทกเตอร์รีเลย์ รุ่น K และ KC ยี่ห้อ ABB
รุ่น K6-40E... มี 4 NO รุ่น K6-31Z... มี 3 NO 1 NC
และรุ่น K6-22Z...มี 2 NO 2 NC



K-8X6, K-8X6W, K-8X6G, K-8X6GW

ภาพที่ 1.32 สัญลักษณ์มาตรฐาน JIS ของรีเลย์ช่วย

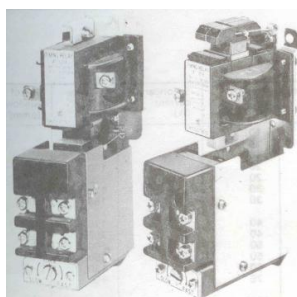
หรือคอนแทกเตอร์รีเลย์ รุ่น K-8 ยี่ห้อ HITACHI

1.4.5 รีเลย์หน่วงเวลา (Time Relay Delay)

รีเลย์หน่วงเวลา หรือ ไทม์เมอร์ เป็นรีเลย์ที่ใช้ในวงจรควบคุมอีกชนิดหนึ่ง แต่สามารถปรับตั้งเวลาทำงานของหน้าสัมผัสได้ หมายความว่า จะให้สัมผัสตัดหรือต่อวงจรภายในเวลาที่กำหนดหลังจากจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ตัวรีเลย์ เรียกว่า ไทม์เมอร์แบบออนดีเลย์ (ON-Delay Type) หรือจะให้หน้าสัมผัสตัดหรือต่อวงจรภายในเวลาที่กำหนดหลังจากหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ตัวรีเลย์ เรียกว่า ไทม์เมอร์แบบออฟดีเลย์ (OFF-Delay Type) รีเลย์หน่วงเวลาแบ่งออกตามลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมได้หลายชนิด เช่น 1) รีเลย์หน่วงเวลาทำงานโดยอาศัยลม เรียกว่า นิวเมติกไทม์เมอร์ 2) รีเลย์ตั้งเวลาทำงานโดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า อิเล็กทรอนิกส์ไทม์เมอร์ และ 3) รีเลย์ตั้งเวลาทำงานโดยอาศัยแรงขับของมอเตอร์ เรียกว่า มอเตอร์ไทม์เมอร์ ดังแสดงในภาพที่ 1.33



1) นิวเมติกไทม์เมอร์



2) อิเล็กทรอนิกส์ไทม์เมอร์



3) มอเตอร์ไทม์เมอร์

ภาพที่ 1.33 ลักษณะของรีเลย์หน่วงเวลาหรือไทม์เมอร์แบบต่าง ๆ

(ที่มา : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara011.html>, 2548 และ

อำนาจ ทองผาสุข และวิทยา ประยงค์, ม.ป.ป. : 17)

ลักษณะการทำงานของหน้าสัมผัสของรีเลย์หนึ่งเวลามี 2 ลักษณะ คือ

1.4.5.1 หนึ่งเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า (On-Delay) เมื่อจ่ายไฟเข้ารีเลย์หนึ่งเวลา หน้าสัมผัสจะอยู่ในสภาพเดิมก่อน เมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้แล้ว หน้าสัมผัสจึงจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสภาวะตรงข้ามและจะค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดการจ่ายไฟเข้ารีเลย์ หน้าสัมผัสจึงกลับสู่สภาพเดิม

1.4.5.2 หนึ่งเวลาหลังจากตัดไฟออก (Off-Delay) เมื่อจ่ายไฟเข้ารีเลย์หนึ่งเวลา หน้าสัมผัสจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสภาวะตรงกันข้ามทันที หลังจากตัดไฟออกจากรีเลย์แล้วจึงเริ่มหนึ่งเวลาเมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาพเดิม

อักษรกำกับอุปกรณ์สำหรับรีเลย์หนึ่งเวลา สัญลักษณ์มาตรฐาน IEC จะมีตัวอักษร T ต่อท้าย เช่น K4T หรือ K5T เป็นต้น สัญลักษณ์ของรีเลย์หนึ่งเวลาตามมาตรฐาน อเมริกา/แคนาดา และมาตรฐานสากล แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

1.4.6 รีเลย์โหลดเกิน (Overload Relay)

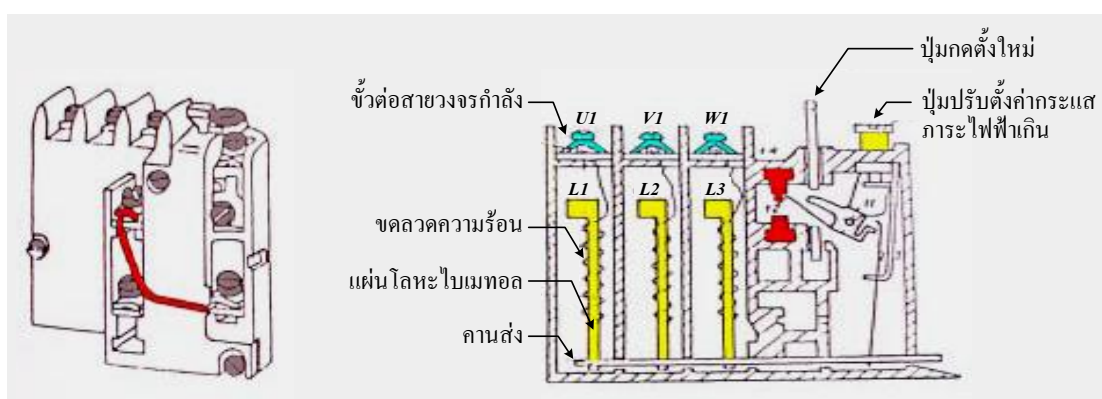
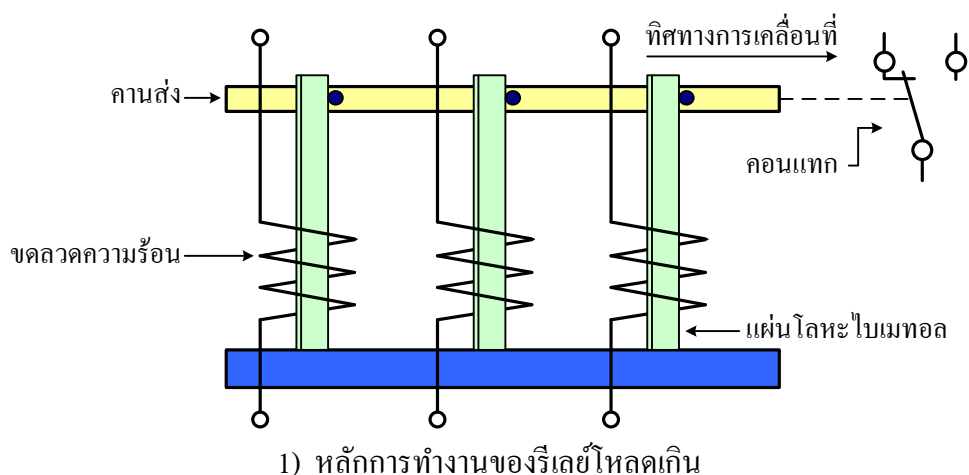
รีเลย์โหลดเกิน หรือ โอเวอร์โหลดรีเลย์ เป็นอุปกรณ์สำหรับป้องกันมิให้มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง หรือป้องกันมิให้มอเตอร์เสียหายเนื่องจากการใช้กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด หากกระแสไฟฟ้าไหลเกินกว่าพิกัดจะทำให้ขดลวดภายในมอเตอร์ร้อนขึ้นเรื่อย ๆ และไหม้ในที่สุด แต่ถ้าภายในวงจรมีรีเลย์โหลดเกินต่อไว้ และปรับตั้งขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าให้ถูกต้องรีเลย์โหลดเกินจะทำหน้าที่ตัดวงจรควบคุมมอเตอร์ออกไปก่อนที่มอเตอร์จะไหม้

โครงสร้างและหลักการทำงานของรีเลย์โหลดเกินที่จะกล่าวต่อไปเป็นรีเลย์โหลดเกินที่ทำงานโดยอาศัยผลของความร้อน จึงเรียกกันทั่วไปว่า เทอร์มอลโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Thermal Overload Relay) โครงสร้างภายในประกอบด้วยขดลวดความร้อน ซึ่งพันรอบแผ่นโลหะไบเมทอล โดยใช้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้าเป็นตัวควบคุม เมื่อแผ่นโลหะไบเมทอลร้อนจะโค้งงอไปดันคันส่ง (ทำด้วยวัสดุทนความร้อนและเป็นฉนวนไฟฟ้า) เคลื่อนที่ไปดันหน้าสัมผัสของรีเลย์โหลดเกินในวงจรควบคุมให้เปิดวงจร

รีเลย์โหลดเกินจะถูกออกแบบไว้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) แบบธรรมดา โดยจะมีหลักการทำงาน ดังนี้ เมื่อแผ่นไบเมทอลร้อนจะโค้งงอไปดันคันส่งทำให้หน้าสัมผัสเปิดวงจร และจะกลับมาอยู่ในสภาพเดิมเมื่อเย็นลง 2) แบบมีปุ่มกดตั้งใหม่ มี 2 รูปแบบ ได้แก่ การตั้งระบบการทำงานได้ด้วยมือและการตั้งระบบการทำงานอัตโนมัติ สำหรับการตั้งระบบทำงานด้วยมือ หลักการทำงานคือ เมื่อตัดวงจรแล้ว หน้าสัมผัสจะถูกล็อกไว้ หากต้องการให้วงจรทำงานใหม่ สามารถทำได้โดยกดปุ่มตั้ง

ใหม่ และสำหรับในส่วนของการตั้งระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ หลักการทำงานคือ เมื่อตัดวงจรแล้ว หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาวะปกติทันที เตรียมพร้อมที่จะเริ่มดำเนินการทำงานใหม่ได้ทันที เป็นต้น

รีเลย์ไหลดเกิน มีหลักการทำงานของรีเลย์ไหลดเกิน ลักษณะรูปร่างของรีเลย์ไหลดเกิน และลักษณะโครงสร้างภายในของรีเลย์ไหลดเกิน แสดงดังภาพที่ 1.34



ภาพที่ 1.34 หลักการทำงาน ลักษณะรูปร่างและลักษณะโครงสร้างภายในของรีเลย์ไหลดเกิน

(ที่มา : รัชชัย อรรถวิบูลย์กุล และคณะ, 2548 : 20)

1.4.7 หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบเครื่องวัด

หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบเครื่องวัดที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

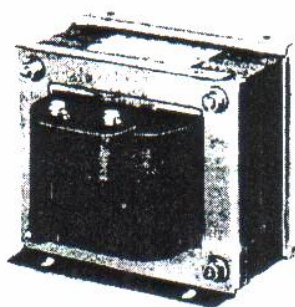
1.4.7.1 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer) หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า หรือนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า ซีที (CT) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูง ๆ วิธีการคือ ต่อขดลวดด้านปฐมภูมิอนุกรมกับภาระไฟฟ้า และขดลวดด้านทุติยภูมิต่อเข้ากับแอมมิเตอร์ โดยต้องเลือกใช้แอมมิเตอร์ และซีทีให้สัมพันธ์กันด้วย เช่น ใช้ซีทีขนาด 100/5 ก็ควรเลือกใช้แอมมิเตอร์ ขนาดเดียวกันด้วย ดังภาพที่ 1.35



ภาพที่ 1.35 ลักษณะรูปร่างของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

(ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=reference&a=show&reference_id=1019.2554)

1.4.7.2 หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (Potential Transformer) หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และเครื่องวัดเพาเวอร์แฟกเตอร์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าของระบบหรือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ภาระไฟฟ้าสูงกว่าย่านวัดของเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า ดังภาพที่ 1.36



ภาพที่ 1.36 ลักษณะรูปร่างของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

(ที่มา : อำนาจ ทองผาสุข และวิทยา ประยงค์, ม.ป.ป. : 18)

สรุป

1) **สัญลักษณ์** สัญลักษณ์ในงานควบคุม หมายถึง เครื่องหมายที่เขียนหรือกำหนดขึ้นใช้แสดงแทนอุปกรณ์การควบคุม

2) **มาตรฐานที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า** ได้แก่

2.1) DIN (Deutsches Institute Für Normung) หมายถึง มาตรฐานการออกแบบของประเทศเยอรมัน

2.2) IEC (International Electrotechnical Commission) หมายถึง มาตรฐานสากลทางไฟฟ้านานาชาติ

2.3) ANSI (American National Standard Institute) หมายถึง มาตรฐานการออกแบบของประเทศสหรัฐอเมริกา/แคนาดา

2.4) SI (System International of Unit) หมายถึง ระบบของหน่วยมาตรฐานนานาชาติ โดยทั่วไปนิยมเรียกว่าระบบเอสไอ

3) **การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า** แบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

3.1) แบบงานจริง (Working Diagram) การเขียนแบบวงจรนี้จะเขียนเหมือนกับลักษณะงานจริง ส่วนประกอบของอุปกรณ์ในวงจรจะเขียนขึ้นเดี่ยวไม่แยกออกจากกัน

3.2) แบบแสดงการทำงาน (Schematic Diagram) แบบแสดงการทำงานแบ่งตามลักษณะวงจรได้เป็น 2 แบบ คือ วงจรกำลัง(Power Circuit) และวงจรควบคุม (Control Circuit)

3.3) แบบสายเดี่ยว (One Line Diagram) แบบสายเดี่ยว เป็นวงจรแสดงการทำงานของวงจรกำลังอีกแบบหนึ่ง แต่เขียนวงจรอย่างง่าย ๆ ด้วยสายเส้นเดียว

4) **การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า** แบ่งออกได้ 3 วิธี คือ

4.1) การควบคุมด้วยมือ เป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานควบคุมให้กลไกทางกลทำงาน โดยส่วนมากจะใช้คนเป็นผู้สั่งงานแทบทั้งสิ้น

4.2) การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ เป็นการควบคุมที่นำอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) มาช่วยในการควบคุม โดยจะทำให้สามารถควบคุมการทำงานในระยะไกลได้ โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch)

4.3) การควบคุมอัตโนมัติ เป็นการควบคุมที่อาศัยอุปกรณ์ชี้นำ (Pilot Device) เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ เช่น สวิตช์ลูกลอย เทอร์โมสแตต เป็นต้น

5) **อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า** คือ อุปกรณ์จำเป็นที่ใช้ในการควบคุมและป้องกันวงจร เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่มอเตอร์ไฟฟ้า

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเขียนมาตรฐานและความหมายของสัญลักษณ์ในตารางข้างล่าง (30 คะแนน)

ลำดับที่	สัญลักษณ์	มาตรฐาน	ความหมาย
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			

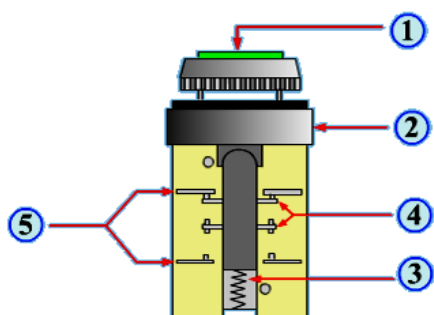
2. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น แบบ คือ (4 คะแนน)

[illegible]

3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น วิธี แต่ละวิธีมีหลักการควบคุมอย่างไร (7 คะแนน)

[illegible]

5. จากรูปส่วนประกอบของสวิตช์ปุ่มกด จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์ (5 คะแนน)



หมายเลข 1 คือ

หมายเลข 2 คือ

หมายเลข 3 คือ

หมายเลข 4 คือ

หมายเลข 5 คือ

6. สวิตช์เลือกแรงดันไฟฟ้ากับสวิตช์เลือกกระแสไฟฟ้า ใช้งานแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. สวิตช์ความดันแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น ชนิด คือ (4 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

8. หลอดสัญญาณที่นิยมใช้ในตู้ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้ามี ชนิด คือ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

9. หน้าสัมผัสหลักกับหน้าสัมผัสช่วย แตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

10. วงแหวน “เซตเคด รีง” มีไว้เพื่อประโยชน์อะไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

11. จงบอกข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มาเป็นข้อ ๆ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

12. แมกเนติกคอนแทกเตอร์กับรีเลย์ช่วยแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

13. การทำงานของรีเลย์หน่วงเวลามี แบบ แต่ละแบบมีหลักการทำงานอย่างไร (5 คะแนน)

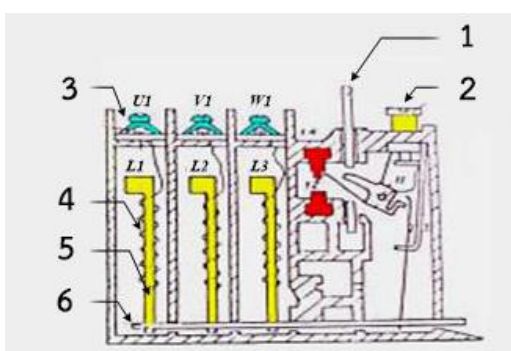
.....

.....

.....

.....

14. จากภาพข้างล่าง ส่วนประกอบของรีเลย์โพลดเกิน จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์ (6 คะแนน)



หมายเลข 1 คือ

หมายเลข 2 คือ

หมายเลข 3 คือ

หมายเลข 4 คือ

หมายเลข 5 คือ

หมายเลข 6 คือ

15. หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าแบ่งเป็น ชนิด แต่ละชนิดใช้งานอย่างไร
(5 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

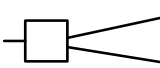
เฉลยแนวคำตอบแบบฝึกหัด

หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเขียนมาตรฐานและความหมายของสัญลักษณ์ในตารางข้างล่าง

ข้อย่อยแต่ละลำดับที่ข้อละ 2 คะแนน

ลำดับที่	สัญลักษณ์	มาตรฐาน	ความหมาย
1.		DIN	สวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด
2.		IEC, ANSI	สวิตช์ลูกกลอยปกติปิด
3.		ANSI	สวิตช์ทำงานด้วยเท้าปกติปิด
4.		IEC	สวิตช์ความดันปกติเปิด
5.		DIN	สวิตช์ลูกกลอยปกติปิด
6.		ANSI	สวิตช์ทำงานด้วยความร้อนหรือ สวิตช์อุณหภูมิปกติเปิด
7.		DIN, IEC	สวิตช์จำกัดระยะปกติเปิด
8.		DIN, IEC	ขดลวดหรือคอยล์ของสวิตช์แม่เหล็ก หรือคอยล์รีเลย์
9.		DIN, IEC	ปลดหรือทริปด้วยแม่เหล็ก
10.	 หรือ 	DIN, IEC	โอเวอร์โหลดรีเลย์ทริปด้วยความร้อน
11.		ANSI	ฟิวส์
12.		IEC	เซอร์กิตเบรกเกอร์
13.		DIN	หลอดสัญญาณ

ลำดับที่	สัญลักษณ์	มาตรฐาน	ความหมาย
14.		DIN	หลอดสัญญาณ
15.		ANSI	สวิตช์ควบคุมการไหลหรือ โพลสวิตช์ ปกติปิด

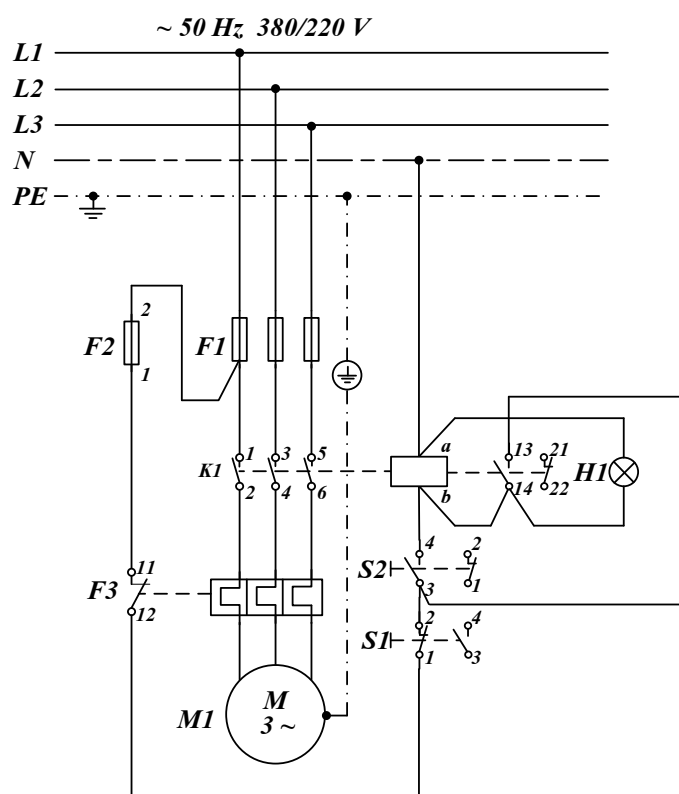
2. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 4 (1 คะแนน) แบบ คือ (4 คะแนน)

1. แบบงานจริง
2. แบบแสดงการทำงาน
3. แบบสายเดี่ยว
4. แบบประกอบการติดตั้ง

3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 (1 คะแนน) วิธี แต่ละวิธีมีหลักการควบคุมอย่างไร (6 คะแนน)

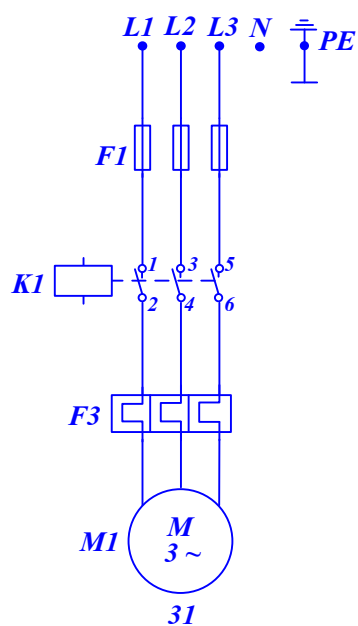
1. การควบคุมด้วยมือ มีหลักการควบคุม คือจะใช้คนเป็นผู้สั่งงานการทำงานทั้งสิ้น ทำหน้าที่ควบคุมโดยตรง
2. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ มีหลักการควบคุม คือจะใช้คนควบคุมร่วมกับสวิตช์และควบคุมได้ทั้งระยะใกล้และระยะไกล
3. การควบคุมอัตโนมัติ มีหลักการควบคุม คือใช้คนกดปุ่มเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าในครั้งแรกเท่านั้น ต่อจากนั้นวงจรจะทำงานตามเงื่อนไขโดยอัตโนมัติทุกขั้นตอน

4. จากวงจรข้างล่างให้เขียนแบบแสดงการทำงาน (Schematic Diagram)

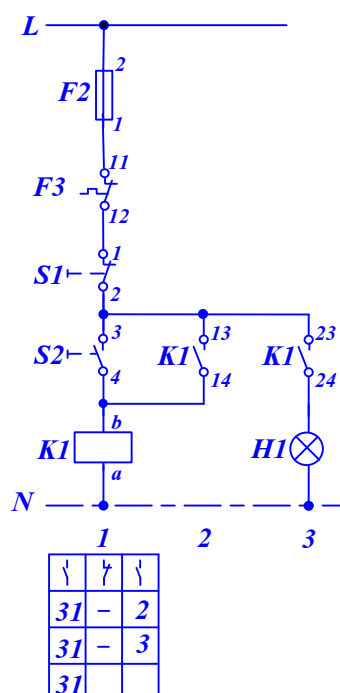


เขียนแบบแสดงการทำงาน

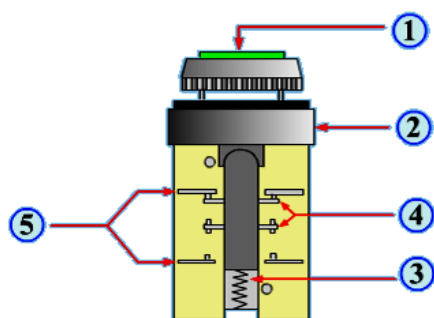
วงจรกำลัง (5 คะแนน)



วงจรควบคุม (5 คะแนน)



5. จากรูปส่วนประกอบของสวิตช์ปุ่มกด จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์ (5 คะแนน)



หมายเลข 1 คือ ปุ่มกด

หมายเลข 2 คือ กรอบโลหะหรือ
พลาสติก

หมายเลข 3 คือ สปริง

หมายเลข 4 คือ หน้าสัมผัสเคลื่อนที่

หมายเลข 5 คือ หน้าสัมผัสอยู่กับที่

6. ซีล็กเตอร์โวลต์กับซีล็กเตอร์แอมป์ ใช้งานแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

ซีล็กเตอร์โวลต์จะใช้ร่วมกับโวลต์มิเตอร์ เพื่อวัดขนาดแรงดันไฟฟ้าในระบบทั้งชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส ส่วนซีล็กเตอร์แอมป์จะใช้ร่วมกับหม้อแปลงกระแสและแอมมิเตอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรของแต่ละเฟส

7. สวิตช์ความดันแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น 3 (1 คะแนน) ชนิด คือ (3 คะแนน)

1. แบบทำงานด้วยลูกสูบ
2. แบบทำงานด้วยไดอะแฟรม
3. แบบทำงานด้วยหีบลมหรือเบลโลซ์

8. หลอดสัญญาณที่นิยมใช้ในตู้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 (1 คะแนน) ชนิด คือ (2 คะแนน)

1. ชนิดแบบมีหม้อแปลงไฟฟ้าในตัว
2. ชนิดแบบไม่มีหม้อแปลงไฟฟ้าในตัว

9. หน้าสัมผัสหลักกับหน้าสัมผัสช่วย แตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

หน้าสัมผัสหลักเป็นหน้าสัมผัสที่รับขนาดกระแสได้สูง และจะใช้ในวงจรกำลัง ส่วนหน้าสัมผัสช่วยรับกระแสได้ต่ำจะใช้ในวงจรควบคุม

10. วงแหวน “เซตเคดริง” มีไว้เพื่อประโยชน์อะไร (2 คะแนน)

วงแหวน “เซตเคดริง” มีไว้เพื่อช่วยป้องกันการสั้นของแกนเหล็กอันเนื่องจากใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นตัวกระตุ้นขดลวด

11. จงบอกข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มาเป็นข้อ ๆ (2 คะแนน)

1. สามารถตัดต่อวงจรที่มีกระแสสูงได้ ด้วยอุปกรณ์ควบคุมซึ่งกินกระแสต่ำ
2. ใช้กับงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง หรืองานซึ่งมีการตัดและต่อวงจรบ่อย ๆ
3. เป็นอุปกรณ์ที่แข็งแรงทนทานและใช้งานได้นาน
4. สามารถปรับให้ใช้กับระบบควบคุมอื่น ๆ ได้ง่าย

12. แมกเนติกคอนแทกเตอร์กับรีเลย์ช่วยแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

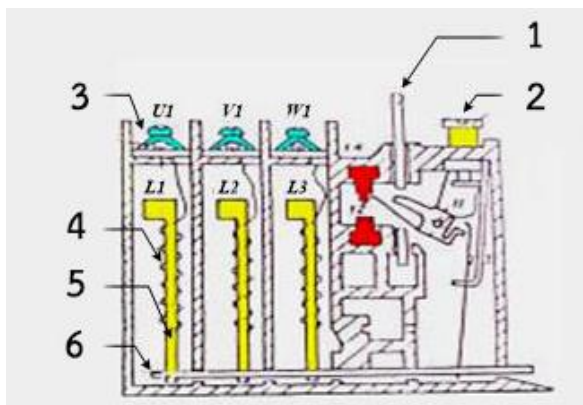
แมกเนติกคอนแทกเตอร์จะมีหน้าสัมผัสหลักโดยมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ส่วนรีเลย์ช่วยมีลักษณะเหมือนคอนแทกเตอร์ทุกประการ แต่ไม่มีหน้าสัมผัสหลัก

13. การทำงานของรีเลย์หน่วงเวลามี 2 (1 คะแนน) แบบ แต่ละแบบมีหลักการทำงานอย่างไร (4 คะแนน)

1. หน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า มีหลักการทำงานคือเมื่อจ่ายไฟเข้ารีเลย์หน่วงเวลาหน้าสัมผัสจะอยู่ในสภาพเดิมก่อน เมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้แล้ว หน้าสัมผัสจึงจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสถานะตรงข้ามและจะค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดการจ่ายไฟเข้ารีเลย์ หน้าสัมผัสจึงกลับสู่สภาพเดิม

2. หน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก มีหลักการทำงาน คือเมื่อจ่ายไฟเข้ารีเลย์หน่วงเวลาหน้าสัมผัสจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสถานะตรงกันข้ามทันที หลังจากตัดไฟออกจากรีเลย์แล้วจึงเริ่มหน่วงเวลาเมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาพเดิม

14. จากรูปส่วนประกอบของรีเลย์โหลดเกิน จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์
(6 คะแนน)



หมายเลข 1 คือ ปุ่มกดตั้งใหม่

หมายเลข 2 คือ ปุ่มปรับตั้งค่ากระแส
โหลดเกิน

หมายเลข 3 คือ ขั้วต่อสายวงจรกำลัง

หมายเลข 4 คือ ขดลวดความร้อน

หมายเลข 5 คือ แผ่นโลหะไบเมทอล

หมายเลข 6 คือ กานส้ง

15. หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 (1 คะแนน) ชนิด แต่ละชนิดใช้งานอย่างไร (4 คะแนน)

1. หม้อแปลงกระแสเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงมากๆ วิธีการ คือ ต่อขดลวดปฐมภูมิอนุกรมกับโหลด และด้านทุติยภูมิต่อเข้ากับแอมมิเตอร์ โดยต้องเลือกใช้แอมมิเตอร์ และซีทีให้สัมพันธ์กันด้วย

2. หม้อแปลงแรงดัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และเครื่องวัดเพาเวอร์แฟกเตอร์ เมื่อแรงดันของระบบหรือแรงดันตกคร่อมที่โหลดสูงกว่าย่านการวัดของเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า

แบบทดสอบหลังเรียน
หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

- คำสั่ง**
1. แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ (ข้อละ 1 คะแนน) ให้ทำทุกข้อ
 2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
 3. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 10 นาที

1. สัญลักษณ์ของสวิตช์ความดันแบบปกติเปิด ตามมาตรฐาน IEC คือข้อใด



2. สัญลักษณ์ของสวิตช์ปุ่มกดแบบปกติปิด ตามมาตรฐาน DIN คือข้อใด



3. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบบใดเขียนแยกส่วนของวงจรกำลังและวงจรควบคุมออกจากกัน

- ก. แบบประกอบารติดตั้ง ข. แบบสายเดี่ยว
 ค. แบบแสดงการทำงาน ง. แบบงานจริง

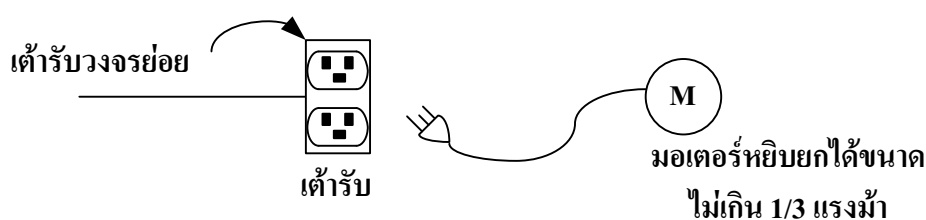
4. หากต้องการติดตั้งและประกอบตู้ควบคุมมอเตอร์ จะใช้แบบใดในการปฏิบัติงาน

- ก. แบบประกอบารติดตั้ง ข. แบบสายเดี่ยว
 ค. แบบแสดงการทำงาน ง. แบบงานจริง

5. การควบคุมการทำงานระยะไกลที่ใช้งานร่วมกับสวิตช์แม่เหล็ก เป็นการควบคุมแบบใด

- ก. การควบคุมด้วยมือ ข. การควบคุมอัตโนมัติ
 ค. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

6. จากภาพ เป็นการควบคุมแบบใด



- ก. การควบคุมด้วยมือ ข. การควบคุมอัตโนมัติ
 ค. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

7. รีเลย์ช่วยแตกต่างจากแมกเนติกคอนแทกเตอร์ คือข้อใด
- ก. รีเลย์ช่วยใช้ในวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าสูง ๆ ข. รีเลย์ช่วยมีเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร
- ค. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสหลัก ง. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสช่วย
8. คุณสมบัติและการใช้งานหน้าสัมผัสหลัก ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ คือข้อใด
- ก. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลัง และรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ
- ข. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลัง และรับกระแสไฟฟ้าได้สูง
- ค. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ
- ง. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้สูง
9. ในวงจรไฟฟ้าของตู้เย็นใช้โอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบใด
- ก. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานด้วยมือ
- ข. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานอัตโนมัติ
- ค. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่
- ง. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่
10. การควบคุมระยะขอบเขตการทำงานของวงจร (ปิด-เปิดประตู) จะใช้สวิตช์ตามข้อใด และติดตั้งอย่างไร
- ก. สวิตช์จำกัดระยะ โดยติดตั้งแยกปิด-เปิด
- ข. สวิตช์ลูกกลอย โดยติดตั้งรวมกันในจุดปิด-เปิด
- ค. สวิตช์ปุ่มกด โดยติดตั้งรวมกันในจุดปิด-เปิด
- ง. สวิตช์ความดัน โดยติดตั้งแยกปิด-เปิด

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน**หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า**

- | | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1. ง | 2. ก | 3. ง | 4. ข | 5. ก | 6. ข | 7. ง | 8. ก |
| 9. ค | 10. ค | | | | | | |

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน**หน่วยที่ 1 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า**

- | | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1. ง | 2. ข | 3. ค | 4. ก | 5. ก | 6. ค | 7. ง | 8. ข |
| 9. ง | 10. ก | | | | | | |

เอกสารอ้างอิง

เทคโนโลยีทอล์ค. (2554). หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า. สืบค้น 19 กุมภาพันธ์ 2558 จาก

http://www.9engineer.com/index.php?m=reference&a=show&reference_id=1019.%

202554

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. (2532). การออกแบบระบบไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: หจก.เอช-เอน การพิมพ์.

ชนานัฐวัฒน์ บายคายคม. (2548). การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาวิชาการ

(2535) จำกัด.

รัชชัยย์ อัดถวิบูลย์กุล และคณะ. (2548). การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริม

อาชีพ.

วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค). (2551). การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า. สืบค้น 19 กุมภาพันธ์

2558 จาก <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara010.html>

ไวยพจน์ ศรีชัย. (2548). การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: วังอักษร.

อำนาจ ทองผาสุข และวิทยา ประสงค์พันธ์. (ม.ป.ป.). การควบคุมมอเตอร์. กรุงเทพมหานคร:

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.