



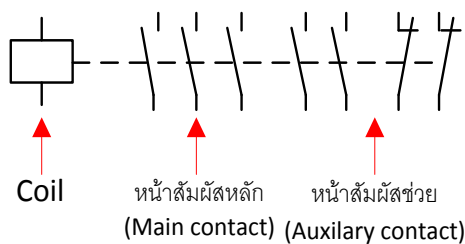
เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาช่างควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 1104 - 4301

หลักสูตรวิชาชีพพระยะสัน พ.ศ. 2540

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้พื้นฐานสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ



	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Power								
เวลาที่ตั้งไว้								
NC								
NO								
หลอดสีส้ม								
หลอดสีเขียว								

ใบความรู้ที่ 1.2 โครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม

นายเลอพงษ์ สุวรรณันท์

วิทยาลัยสารพัดช่างสี่พระยา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ใบความรู้ที่ 1.2		
รหัสวิชา 1104-4301	วิชา การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า 3 หน่วยกิต	สอนครั้งที่ 4-6
ชื่อหน่วย	ความรู้พื้นฐานสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	เวลา 33 ชั่วโมง
เรื่อง	โครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม	เวลา 9 ชั่วโมง
สมรรถนะประจำหน่วย อธิบายโครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม		
จุดประสงค์ทั่วไป 1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม 2. เพื่อให้มีทักษะในการตรวจเช็คและใช้งานอุปกรณ์ควบคุมแบบต่าง ๆ 3. เพื่อให้มีทัศนคติในการปฏิบัติงานที่ดี และมีเจตคติในการจัดระบบการทำงานที่ปลอดภัย จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. ตรวจเช็คอุปกรณ์ควบคุมแบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 3. ตรวจสอบ และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมได้ถูกต้อง 4. มีความละเอียดรอบคอบ และปลอดภัย 5. การรักษาความสะอาดขณะปฏิบัติงาน และหลังปฏิบัติงาน 6. การเก็บวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ หลังจากการปฏิบัติงาน		กระบวนการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียม 1.1 นักศึกษาศึกษาใบความรู้ที่ 1.2 สอบถามปัญหา ครูผู้สอนอธิบายเพิ่มเติม 1.2 เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ สำหรับฝึกและสาธิต ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตหรือยกตัวอย่าง 2.1 ครูผู้สอนทำการอธิบาย สาธิตประกอบตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติหรือฝึกหัด 3.1 นักศึกษาทำแบบฝึกหัด 3.2 นักศึกษาฝึกปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานตามลำดับขั้นการปฏิบัติงานที่ 1 ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจผลการฝึกหัด 4.1 ตรวจผลการฝึกปฏิบัติงาน ขั้นที่ 5 ขั้นฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง 5.1 นักศึกษาฝึกปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานตามลำดับขั้นการปฏิบัติงานจนเสร็จสิ้น 5.2 ตรวจผลการฝึกปฏิบัติงาน ขั้นที่ 6 ขั้นสรุปและประเมินผล 6.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน และตอบคำถามหลังการปฏิบัติงาน 6.2 ชักถาม สังเกต

เนื้อหาสาระการเรียนรู้

1.2 โครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม

- 1.2.1 คอนแทกเตอร์และรีเลย์
- 1.2.2 สวิตช์ควบคุม
- 1.2.3 รีเลย์ประวิงเวลา
- 1.2.4 รีเลย์ป้องกันวงจร
- 1.2.5 อุปกรณ์ตัดตอนทางไฟฟ้า
- 1.2.6 อุปกรณ์แสดงสัญญาณและแจ้งเหตุ
- 1.2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า
- 1.2.8 หม้อแปลงไฟฟ้า

1.2 โครงสร้าง หลักการทำงาน และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม

การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ การต่อวงจรควบคุม การต่อวงจรกำลัง ตลอดจนการตรวจสอบบำรุงรักษา จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจโครงสร้าง หลักการทำงาน สัญลักษณ์ และการใช้งานอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งสามารถแบ่งตามหน้าที่การทำงานได้ ดังนี้

- 1.2.1 คอนแทกเตอร์และรีเลย์
- 1.2.2 สวิตช์ควบคุม
- 1.2.3 รีเลย์ประวิงเวลา
- 1.2.4 รีเลย์ป้องกันวงจร
- 1.2.5 อุปกรณ์ตัดตอนทางไฟฟ้า
- 1.2.6 อุปกรณ์แสดงสัญญาณและแจ้งเหตุ
- 1.2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า
- 1.2.8 หม้อแปลงไฟฟ้า

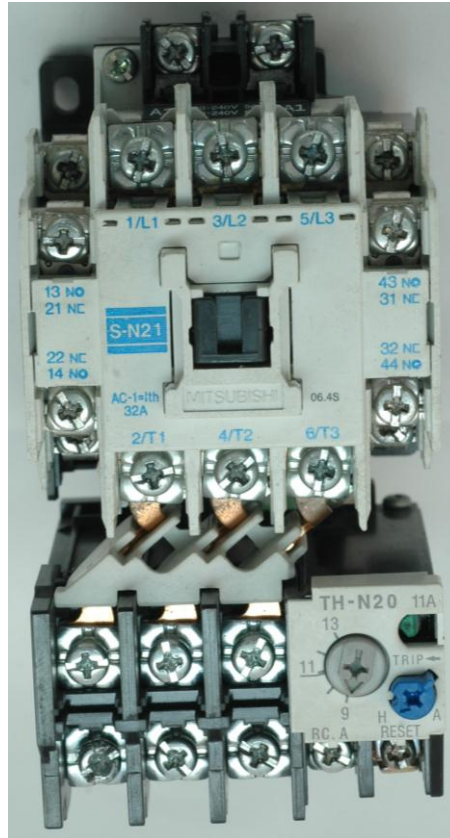
1.2.1 คอนแทกเตอร์และรีเลย์ (Contactor and Relay)

อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ที่จะให้การทำงานของมอเตอร์ได้ตรงตามเงื่อนไขการทำงานที่ต้องการนั้น ประกอบด้วยอุปกรณ์หลากหลายชนิด ได้แก่

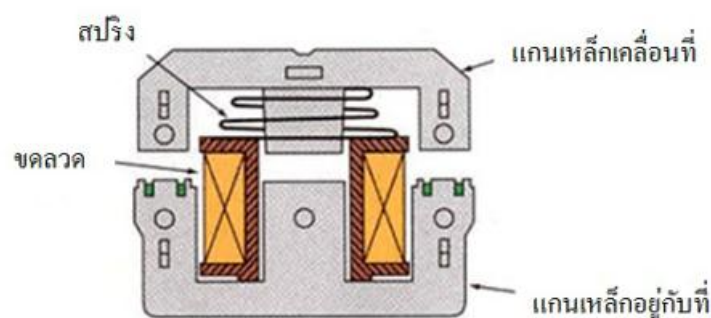
1. คอนแทกเตอร์

คอนแทกเตอร์หรือตัวสับแบบแม่เหล็กเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อวงจร เช่นเดียวกับสวิตช์ธรรมดาทั่วไป แตกต่างกันที่คอนแทกเตอร์ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวตัดต่อหน้าสัมผัสของสวิตช์ ซึ่งเป็นการควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมากโดยใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยในการควบคุม สำหรับในส่วนของวงจรควบคุมที่จะทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานนั้นเป็น

สายไฟฟ้าขนาดเล็กที่ต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของคอนแทกเตอร์ แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์ อาจจะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหรือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ โดยขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจร ควบคุมและทำให้สามารถควบคุมได้หลายรูปแบบ เช่น การควบคุมด้วยมือ การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ และการควบคุมแบบอัตโนมัติ เป็นต้น ลักษณะของคอนแทกเตอร์ โครงสร้าง ส่วนประกอบ การทำงาน ดังภาพที่ 1.2.1 - ภาพที่ 1.2.4



ภาพที่ 1.2.1 คอนแทกเตอร์และโอเวอร์โหลดรีเลย์



ภาพที่ 1.2.2 โครงสร้างของคอนแทกเตอร์

ที่มา : <http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/MagneticContactor.php> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10

ส่วนประกอบของคอนแทกเตอร์

(1) แกนเหล็ก (Armature)

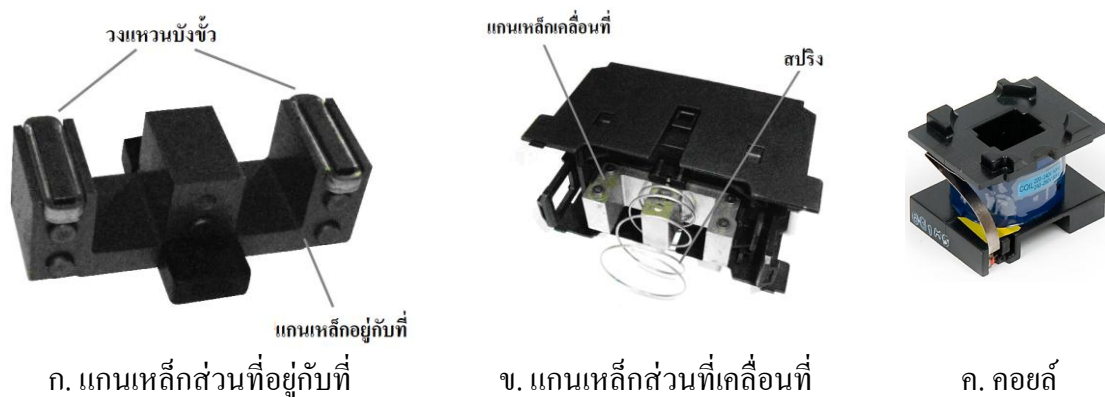
แกนเหล็กประกอบขึ้นด้วยแผ่นเหล็กบางซ้อนอัด เพื่อป้องกันกระแสไหลวนในแกนเหล็ก อันเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็ก การสูญเสียพลังงาน แกนเหล็กเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor) ดังภาพที่ 1.2.3 ก. และภาพที่ 1.2.3 ข.

แกนเหล็กส่วนที่อยู่กับที่ เป็นแกนเหล็กรูปตัว E ที่ขาสองข้างของแกนเหล็กรูปตัว E มีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่เป็นรูปวงแหวนฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกน เพื่อลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็ก อันเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน จากไฟฟ้ากระแสสลับ

แกนเหล็กเคลื่อนที่ ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเช่นเดียวกับแกนเหล็กส่วนที่อยู่กับที่ และมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่

(2) ขดลวด หรือ ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า คอยล์ (Coil)

ขดลวดทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบบ๊อบบิน (Bobbin) สวมอยู่ตรงกลางของขาตัว E ที่อยู่กับที่ ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กให้กับคอนแทกเตอร์ ดังภาพที่ 1.2.3 ค.



ภาพที่ 1.2.3 ส่วนประกอบของคอนแทกเตอร์

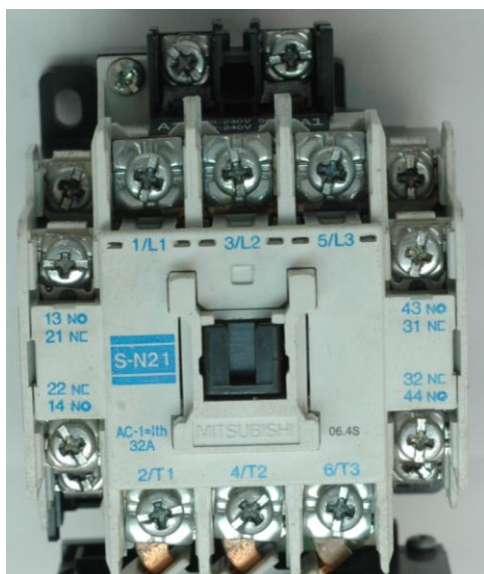
ภาพที่ 1.2.3 ก. และ ข. ที่มา : <http://www.engineerfriend.com/wp-content/uploads/2012/10/42-43-01-2.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.3 ค. ที่มา : <http://www.numsinonline.com/Productdetail.aspx?Productid=2688> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

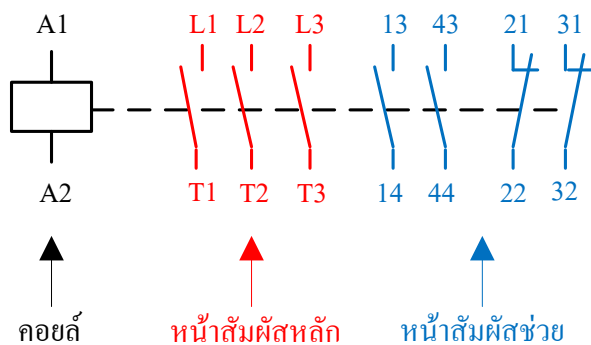
(3) หน้าสัมผัส (Contact)

หน้าสัมผัสของคอนแทกเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ หน้าสัมผัสส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่ หน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะ

ของการนำไปควบคุมการทำงาน คือ หน้าสัมผัสหลัก (Main contact) และหน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary contact) ดังภาพที่ 1.2.4



ก. ลักษณะของคอนแทกเตอร์



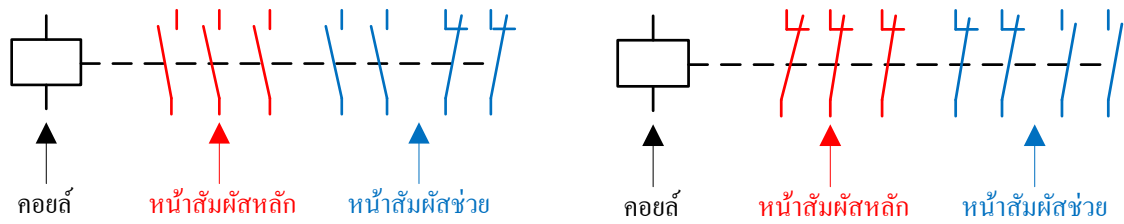
ข. สัญลักษณ์ของคอนแทกเตอร์

ภาพที่ 1.2.4 คอนแทกเตอร์และสัญลักษณ์

โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 ชุด สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (หรือแรงดัน 1 เฟส ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน) หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์ทนกระแสได้สูงกว่าหน้าสัมผัสช่วย หน้าสัมผัสหลักเป็นแบบปกติเปิด อักษรกำกับหน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังภาพที่ 1.2.4 ส่วนที่เป็นสีแดง

หน้าสัมผัสช่วยเป็นหน้าสัมผัสที่มีขนาดเล็กและทนกระแสได้ต่ำกว่าหน้าสัมผัสหลัก ทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจรควบคุม เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า “holding” อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย ด้านซ้ายของคอนแทกเตอร์จะเป็น NO มี 2 ชุด คือ 13 - 14, 21 - 22 และด้านขวาของคอนแทกเตอร์จะเป็น NC มี 2 ชุด คือ 31 - 32, 43 - 44 ดังภาพที่ 1.2.4 ส่วนที่เป็นสีน้ำเงิน

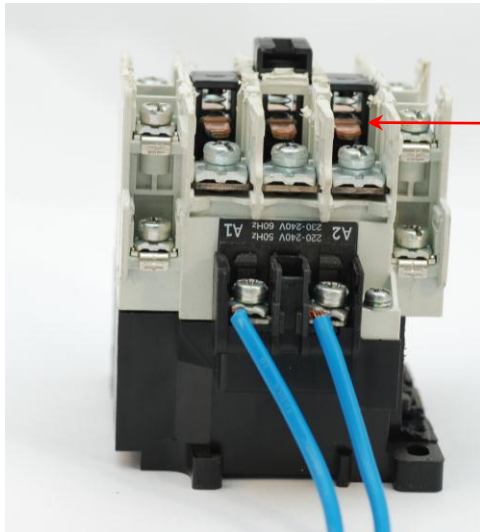
ลักษณะการทำงานของคอนแทกเตอร์มีลักษณะดังภาพที่ 1.2.5 ในสภาวะปกติที่ไม่ได้จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าคอยล์ จะมีลักษณะดังภาพที่ 1.2.5 ก. และเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าคอยล์ จะมีลักษณะดังภาพที่ 1.2.5 ข. นั่นคือ หน้าสัมผัสแบบ NO จะต่อถึงกัน และหน้าสัมผัสแบบ NC จะจากกัน และเมื่อตัดแรงดันไฟฟ้าออกจากคอยล์ หน้าสัมผัสแบบ NO และหน้าสัมผัสแบบ NC จะกลับสู่สภาพปกติ



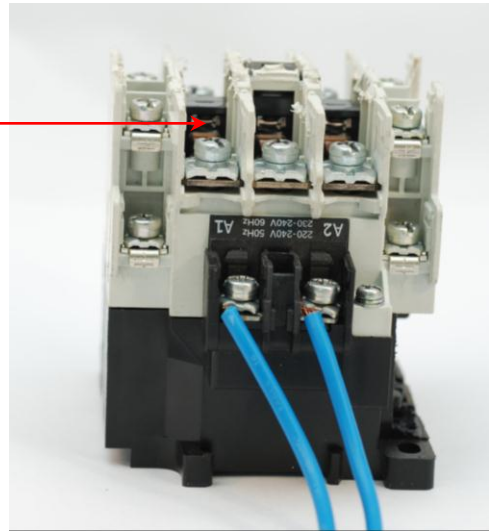
ก. สภาพหน้าสัมผัสขณะปกติ ยังไม่จ่ายไฟเข้าคอยล์

ข. สภาพหน้าสัมผัสขณะจ่ายไฟเข้าคอยล์

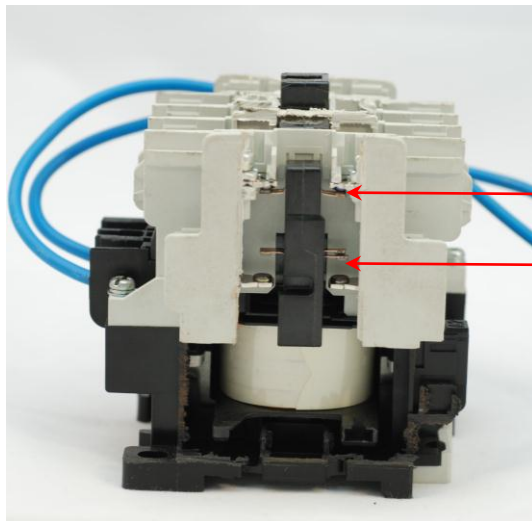
ภาพที่ 1.2.5 คอนแทกเตอร์ในสภาวะปกติ และสภาวะจ่ายไฟเข้าคอยล์



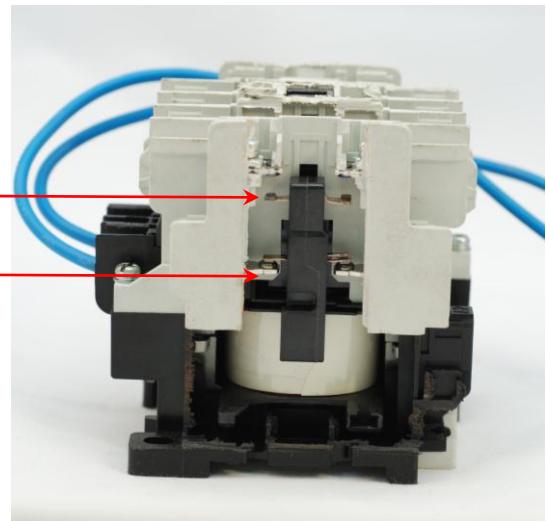
ก. หน้าสัมผัสหลักในสภาวะปกติ



ข. หน้าสัมผัสหลักในสภาวะจ่ายไฟเข้าคอยล์



ก. หน้าสัมผัสช่วยในสภาวะปกติ



ง. หน้าสัมผัสช่วยในสภาวะจ่ายไฟเข้าคอยล์

ภาพที่ 1.2.6 หน้าสัมผัสหลักและหน้าสัมผัสช่วยในสภาวะปกติ และสภาวะจ่ายไฟเข้าคอยล์

จากภาพที่ 1.2.6 หมายเลข 1 คือ หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์ หมายเลข 2 คือ หน้าสัมผัสช่วยแบบ NC และหมายเลข 3 คือหน้าสัมผัสช่วยแบบ NO ซึ่งหน้าสัมผัสหลักจะใช้ในวงจรกำลัง ส่วนหน้าสัมผัสช่วยจะใช้ในวงจรควบคุม ซึ่งมีลักษณะการทำงาน ดังภาพที่ 1.2.6 ก. ในสภาพ

ปกติขณะที่ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าหน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์จะไม่ต่อถึงกัน และเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าในขดลวดก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่าสปริง ทำให้เกิดแรงดึงดูดแกนเหล็กตัว E ส่วนที่เคลื่อนที่ลงมาแนบสนิทกับแกนเหล็กตัว E ส่วนที่อยู่กับที่ ทำให้น้ำสัมผัสหลักต่อถึงกัน ดังภาพที่ 1.2.6 ข. และเมื่อหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าขดลวด สปริงก็จะดันแกนเหล็กตัว E ให้เคลื่อนที่กลับสู่สภาวะปกติเดิม

น้ำสัมผัสช่วยแบบ NO และแบบ NC มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับน้ำสัมผัสหลัก กล่าวคือ ในสภาพปกติขณะที่ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้า น้ำสัมผัสแบบ NO จะไม่ต่อถึงกัน ส่วนน้ำสัมผัสแบบ NC จะต่อถึงกัน ดังภาพที่ 1.2.6 ค. เมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าในขดลวดก็จะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่าสปริง ทำให้เกิดแรงดึงดูดแกนเหล็กตัว E ส่วนที่เคลื่อนที่ลงมาแนบสนิทกับแกนเหล็กตัว E ส่วนที่อยู่กับที่ ทำให้น้ำสัมผัสแบบ NO ต่อถึงกัน และน้ำสัมผัสแบบ NC ที่สัมผัสกันอยู่แยกออกจากกัน ดังภาพที่ 1.2.6 ง. และเมื่อหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าขดลวด สปริงก็จะดันแกนเหล็กตัว E ให้เคลื่อนที่กลับสู่สภาวะปกติเดิม

(4) สปริง (Spring)

สปริงมี 2 ชุดคือ สปริงดันแกนเหล็กและสปริงดันน้ำสัมผัส สำหรับสปริงดันแกนเหล็กจะดันชุดแกนเหล็กให้แยกออกจากกัน เป็นผลให้น้ำสัมผัสแยกออกจากกัน ส่วนสปริงดันน้ำสัมผัส ทำหน้าที่ดันน้ำสัมผัสส่วนเคลื่อนที่และน้ำสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่สัมผัสกันอย่างแน่นสนิท ทั้งยังเป็นตัวซึมซับแรงกระแทก (Shock absorber) ระหว่างน้ำสัมผัสเพื่อมิให้เกิดความเสียหายต่อน้ำสัมผัสอีกด้วย

(5) โครงยึดอุปกรณ์ (Mounting)

โครงยึดอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการยึดอุปกรณ์ทุกส่วนของคอนแทกเตอร์หรือรีเลย์ ให้ประกอบเข้าด้วยกัน โครงยึดอุปกรณ์จะต้องเป็นฉนวนทนแรงดันได้สูง

การเลือกใช้อุปกรณ์จะต้องพิจารณาถึงประเภทของแรงดันไฟฟ้า ขนาด พิกัดแรงดันไฟฟ้า พิกัดกำลังไฟฟ้า ลักษณะสมบัติของโหลด รวมทั้งลักษณะการใช้งาน ในส่วนของขดลวด จะต้องเลือกขนาดและพิกัดแรงดันให้ถูกต้องด้วย เช่น ประเภทของแรงดันไฟฟ้า สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง พิกัดแรงดันไฟฟ้า น้ำสัมผัสของคอนแทกเตอร์

การพิจารณาเลือกคอนแทกเตอร์ใช้งานจะต้องพิจารณาเลือกโดยใช้ตารางแสดงการใช้ประโยชน์ของน้ำสัมผัสไฟฟ้าของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ดังตารางที่ 1.2.1

ตารางที่ 1.2.1 ประเภทของคอนแทกเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับและการประยุกต์ใช้งาน

ประเภท	ชนิดของการประยุกต์ใช้งาน
AC-1	ใช้กับโหลดที่เป็นความต้านทาน หรือโหลดที่มีค่าความต้านทานของขดลวดน้อย (Non-inductive or Slightly Inductive Loads, Resistance Furnaces)
AC-2	ใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น พิจารณาตอนเริ่มทำงานและหยุดทำงานของมอเตอร์ (Slip-ring Motor : Starting, Switching off)
AC-3	ใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์แบบกรงกระรอกพิจารณาตอนเริ่มทำงานและหยุดทำงานของมอเตอร์ (Squirrel-cage Motor : Starting, Switching off)
AC-4	ใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์แบบกรงกระรอก พิจารณาตอนเริ่มทำงานและหยุดทำงานของมอเตอร์ หรือการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ (2) หรือมีการทำงานของมอเตอร์เป็นแบบช่วงสั้น ๆ (Squirrel-cage Motor : Starting, Switching off)
AC-5a	ใช้สำหรับควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของหลอดปล่อยประจุความเข้มสูง (Switching of Electronic Discharge Lamps Control)
AC-5b	ใช้สำหรับหลอดชนิดไส้ (Switching of Incandescent lamps)
AC-6a	ใช้สำหรับหม้อแปลง (Switching of Transformers)
AC-6b	ใช้สำหรับส่วนที่เป็นตัวเก็บประจุ (Switching of Capacitor Banks)
AC-7a	ใช้สำหรับภาระที่มีค่าความต้านทานของขดลวดน้อย ๆ ในบ้านพักอาศัย และประยุกต์ใช้กับงานที่มีภาระคล้ายกัน (Slightly Inductive Loads in Household appliance and similar appliances)
AC-7b	ใช้สำหรับภาระที่เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับบ้านพักอาศัย (Motor Loads of Household appliances)
AC-8a	ใช้สำหรับภาระที่เป็นมอเตอร์ของเครื่องทำความเย็น ตู้เย็นแบบปิดจนไม่มีอากาศเข้าไปได้ และควบคุมด้วยมือ โดยในวงจรจะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการใช้งานเกินกำลังเป็นตัวตัดวงจร (Hermetic Refrigerant Compressor motor control with Manual Resetting of Overload release)
AC-8b	ใช้สำหรับภาระที่เป็นมอเตอร์ของเครื่องทำความเย็น ตู้เย็นแบบปิดจนไม่มีอากาศเข้าไปได้ และควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยในวงจรจะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการใช้งานเกินกำลังเป็นตัวตัดวงจร (Hermetic Refrigerant Compressor motor control with Automatic Resetting of Overload release)

ตารางที่ 1.2.1 ประเภทของคอนแทกเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการประยุกต์ใช้งาน (ต่อ)

ประเภท	ชนิดของการประยุกต์ใช้งาน
DC-1	ใช้กับโหลดที่เป็นความต้านทาน หรือโหลดที่มีค่าความต้านทานของขดลวดน้อย (Non-inductive or Slightly Inductive Loads, Resistance Furnaces)
DC-3	ใช้สำหรับภาระที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดขดลวดต่อแบบขนาน พิจารณาตอนเริ่มทำงานหยุดทำงาน หรือกลับทางหมุนมอเตอร์ (3) การหยุดหมุนด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงแรงพลักดันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Shunt motor : Starting, Plugging, Inching, Dynamic Breaking of DC-motor)
DC-5	ใช้สำหรับภาระที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดขดลวดต่อแบบอนุกรม พิจารณาตอนเริ่มทำงานหยุดทำงาน หรือกลับทางหมุนมอเตอร์ (3) การหยุดหมุนด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงแรงพลักดันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Series motor : Starting, Plugging, Inching, Dynamic Breaking of DC-motor)
DC-6	ใช้สำหรับหลอดชนิดไส้ (Switching of Incandescent lamps)

หมายเหตุ

1. AC หมายถึงไฟฟ้ากระแสสลับ DC หมายถึงไฟฟ้ากระแสตรง
2. ประเภท AC-3 อาจจะใช้งานกับมอเตอร์ที่มีการเดินและหยุด สลับกันเป็นครั้งคราว แต่การสลับจะต้องไม่เกิน 5 ครั้งต่อนาที และต้องไม่เกิน 10 ครั้งใน 10 นาที
3. แบบปลั๊กกิ้ง (Plugging) คือ การหยุดหรือสลับเฟสอย่างรวดเร็วในระหว่างที่มอเตอร์กำลังเดินอยู่
4. การหมุนช้า (Inching) หรือ การจ็อก (Jogging) คือ การจ่ายไฟเข้ามอเตอร์ช้า ๆ กันในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อต้องการให้ มอเตอร์หรือเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับอยู่เคลื่อนตัวเล็กน้อย

2. รีเลย์ (Relay)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกับคอนแทกเตอร์ การนำไปใช้งานนั้นมีส่วนที่แตกต่างกันอยู่ กล่าวคือ รีเลย์ถูกออกแบบมาใช้ในวงจรควบคุม แต่มีรีเลย์บางประเภทที่สามารถใช้ในการควบคุมกระแสให้กับโหลดได้ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่ารีเลย์กำลัง (Power relay)

รีเลย์มีหลายรูปแบบ แบบที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและแบบที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง รีเลย์มีขนาดพิกัดแรงดันให้เลือกอย่างหลากหลาย ทั้งยังมีลักษณะที่แตกต่างกันไป เช่น แบบที่มีโครงสร้างแบบใส่และใช้ร่วมกับเด้ารับ (Socket) แบบที่บ๊ทที่ใช้ยึดติดแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed circuit board : PCB) และแบบที่บ๊ทที่ใช้ยึดติดกับราง ดังภาพที่ 1.2.7



ก. รีเลย์แบบใส



ข. รีเลย์แบบทึบที่ใช้ชนิดแผ่นวงจรพิมพ์



ค. รีเลย์แบบทึบที่ใช้ชนิดโครง

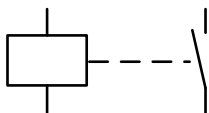
ภาพที่ 1.2.7 รีเลย์แบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.7 ก. ที่มา : <http://industrial-electrical-products.blogspot.com/p/omron.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

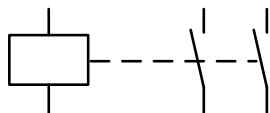
ภาพที่ 1.2.7 ข. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/2f0j00CBNTQJitnhcv/Power-Relay-JQC3FF-012-1HS-.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.7 ค. ที่มา : <http://media.digikey.com/Photos/Phoenix%20Photos/2946560.JPG> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

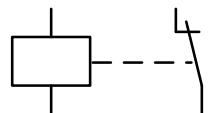
ลักษณะหน้าสัมผัสของรีเลย์มีหลายรูปแบบให้เลือกใช้งาน และจำนวนของชุดหน้าสัมผัสก็ขึ้นอยู่กับรุ่นและยี่ห้อของผู้ผลิต สามารถเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ควบคุมได้ ลักษณะหน้าสัมผัสของรีเลย์ ดังภาพที่ 1.2.8



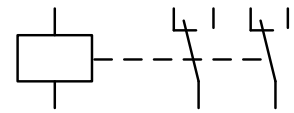
ก. แบบ SPST



ข. แบบ DPST



ค. แบบ SPDT



ง. แบบ DPDT

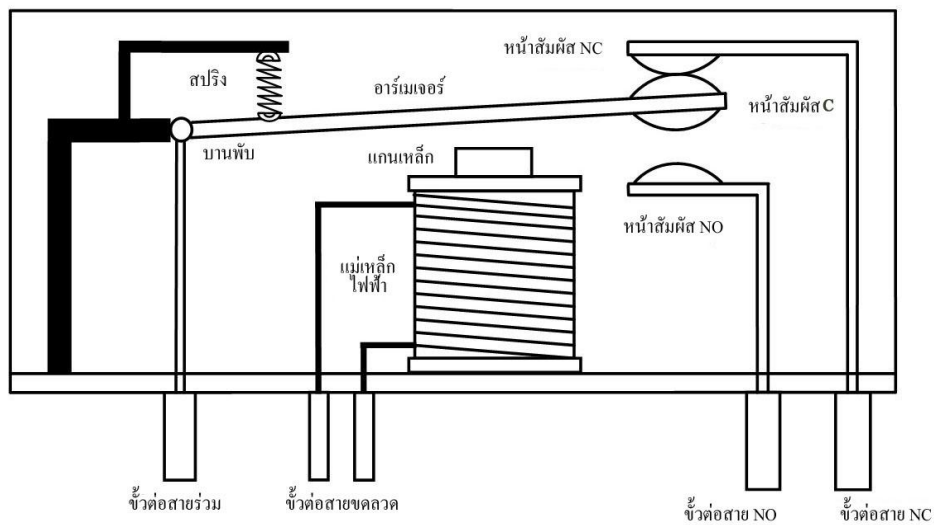
ภาพที่ 1.2.8 ชนิดหน้าสัมผัสของรีเลย์

หมายเหตุ **SPST** = Single Pole Single Throw **SPDT** = Single Pole Double Throw

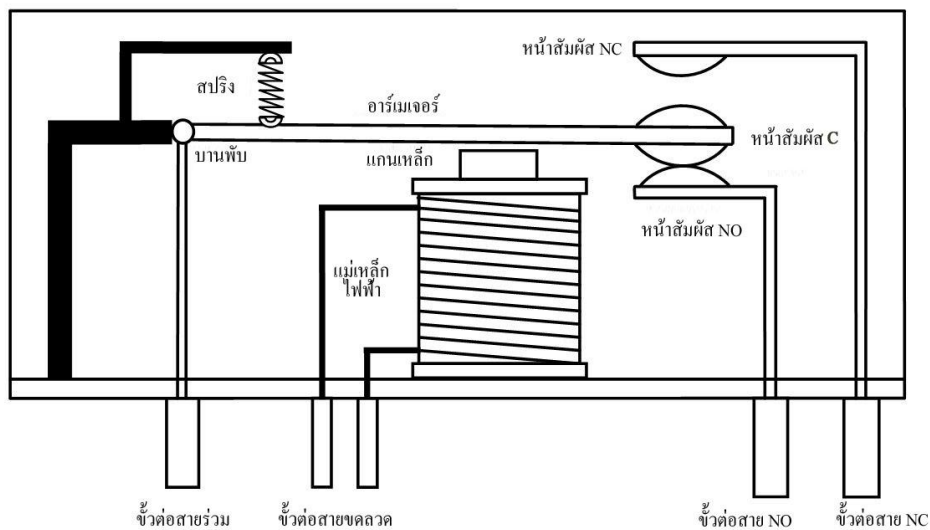
DPST = Double Pole Single Throw **DPDT** = Double Pole Double Throw

ลักษณะการทำงานของรีเลย์ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะรีเลย์ที่มีรูปแบบของหน้าสัมผัสแบบ SPDT ซึ่งลักษณะรูปแบบอื่นก็มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน กล่าวคือ ขณะที่ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวด สปริงจะดึงหน้าสัมผัสแบบ NC ให้ต่ออยู่กับขั้ว C ดังภาพที่ 1.2.9 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดของรีเลย์ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดของรีเลย์ จะดึงแกนเหล็กมายังแกนเหล็กที่อยู่กับที่ ทำให้หน้าสัมผัสแบบ NC จากออกจากกัน และหน้าสัมผัสแบบ NO จะต่อถึงกัน

ดั่งภาพที่ 1.2.9 ข. เมื่อทำการหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าขดลวด สปริงจะดึงแกนเหล็กกลับสู่ที่เดิม ทำให้หน้าสัมผัสแบบ NC และ NO กลับสู่สภาวะปกติ ดั่งภาพที่ 1.2.9 ก.



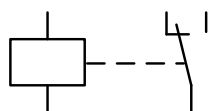
ก. ขณะปกติ (ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้า)



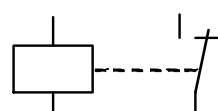
ข. ขณะจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าขดลวด

ภาพที่ 1.2.9 ลักษณะการทำงานของรีเลย์แบบ SPDT

ที่มา : <http://www.gloab.com/Relays/Relays.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555



ก. ขณะปกติ (ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้า)



ข. ขณะจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าขดลวด

ภาพที่ 1.2.10 ลักษณะการทำงานของรีเลย์แบบ SPDT (อธิบายโดยใช้สัญลักษณ์)

3. รีเลย์แบบสลักกล (Latching relay)

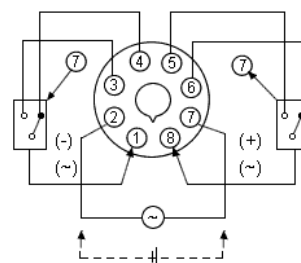
รีเลย์แบบสลักกลเป็นรีเลย์ที่นำไปควบคุมให้มอเตอร์ 2 ตัวสลับกันทำงาน เช่น ในวงจรควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำที่มีมอเตอร์ 2 ตัว รีเลย์แบบสลักกลมีลักษณะโครงสร้าง ไดอะแกรมการต่อใช้งาน ดังภาพที่ 1.2.11



ก. รีเลย์แบบสลักกล



ข. ตัวรับ



ค. ไดอะแกรมการต่อใช้งาน

ภาพที่ 1.2.11 รีเลย์แบบสลักกล และไดอะแกรมการต่อใช้งาน

ภาพที่ 1.2.11 ก. ที่มา : http://www.omron-ap.co.th/product_info/G4Q/Relay_g4q_pic01_01oct2000.jpg
เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.11 ข. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/2f0j00kjZEIsKhbtCT/Relay-Socket-Relay-Base-PF083A-.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.11 ค. ที่มา : <http://www.meba.cn/Products/Relay/H3CR-A8-Timer-Relay.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

4. รีเลย์แบบโซลิดสเตต (Solid state relay)



ก. แบบยึดติดผนัง



ข. แบบยึดติดราง



ค. แบบยึดติดแผ่นวงจรพิมพ์

ภาพที่ 1.2.12 รีเลย์แบบโซลิดสเตตแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.12 ก. ที่มา : http://adjditec.com/productos/image/cache/productos/693_388-640x480.jpg
เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.12 ข. ที่มา : http://www.omron.com.au/product_info/G3J/g3j_Relay.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.12 ค. ที่มา : <http://www.meba.cn/Products/Relay/Solid-State-Relay.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

จากภาพที่ 1.2.12 เป็นรีเลย์แบบโซลิดสเตตแบบต่าง ๆ ภาพที่ 1.2.12 ก. เป็นแบบยึดติดผนัง ภาพที่ 1.2.12 ข. เป็นแบบยึดติดราง และภาพที่ 1.2.12 ค. เป็นแบบยึดติดแผ่นวงจรพิมพ์ รีเลย์ชนิดนี้เป็นรีเลย์ที่ใช้หลักการทำงานของวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Opto isolator) ใช้ได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน

ข้อดีของรีเลย์แบบโซลิดสเตต คือ ไม่มีหน้าสัมผัส ไม่เกิดประกายไฟ จึงสามารถใช้กับการควบคุมที่อยู่ในสถานที่ที่มีก๊าซไวไฟได้ และอายุการใช้งานนานขึ้น เนื่องจากไม่มีหน้าสัมผัสหรือส่วนเคลื่อนที่ใด ๆ การทำงานโดยการจ่ายแรงดันเข้าทางอินพุต ส่วนด้านเอาต์พุตนั้นเปรียบเสมือนสวิตช์ตัวหนึ่งนำไปต่อกับอนุกรมโหลดที่จะควบคุม

รีเลย์แบบโซลิดสเตตมีอุปกรณ์ระบายความร้อน โดยใช้วัสดุที่เป็นอะลูมิเนียมระบายความร้อน หากเป็นรุ่นที่ทนกระแสสูงมากก็จะใช้พัดลมช่วยระบายด้วย

1.2.2 สวิตช์ (Control switch)

1. สวิตช์ปุ่มกด (Push button switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุม เพื่อทำหน้าที่เริ่มเดินหยุด หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา สวิตช์ปุ่มกดมีให้เลือกมากมายหลายแบบ มีลักษณะและสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 1.2.13



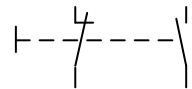
ก. สวิตช์ปุ่มกด



ข. หน้ากาก



ค. ป้ายชื่อ



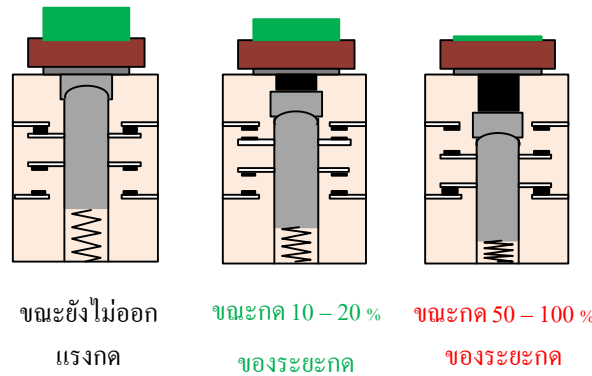
ง. สัญลักษณ์

ภาพที่ 1.2.13 สวิตช์ปุ่มกด

ภาพที่ 1.2.13 ก. ที่มา : http://www.namsaeonline.com/shop/n/namsae/img-lib/spd_2005032295039_b.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.13 ข. และ ค. ที่มา : <http://www.numsinonline.com/Productdetail.aspx?Productid=2732> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

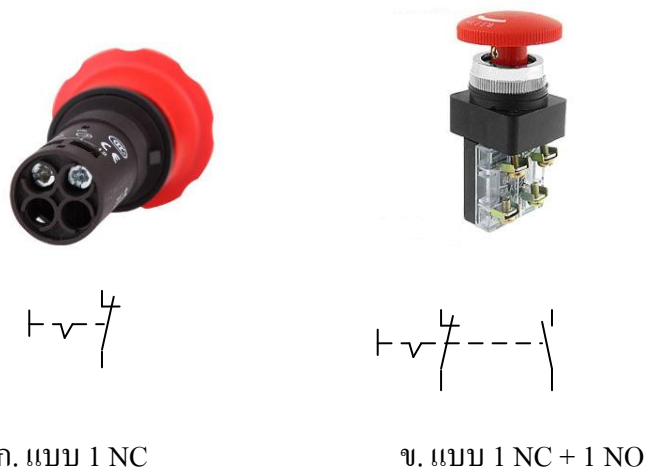
ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของสวิตช์ปุ่มกด ดังภาพที่ 1.2.14 จากภาพประกอบด้วยปุ่มกด หน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ หน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ สปริงและโครงสร้าง



ภาพที่ 1.2.14 ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

จากภาพที่ 1.2.14 ในสภาพปกติที่ยังไม่ออกแรงกดจะเห็นว่าสปริงจะดันให้น้ำสัมผัสที่เคลื่อนที่ไว้ ทำให้ NC และ NO ของสวิตช์อยู่ในสภาพปกติ และเมื่อออกแรงกดน้ำสัมผัส NC จะจากออกจากกันทันที และเมื่อกดประมาณ 50 -100 % ของระยะกด น้ำสัมผัส NO จะต่อถึงกันและเมื่อปล่อยมือจากการกด สปริงจะดันน้ำสัมผัสส่วนที่เคลื่อนที่กลับสู่สภาพเดิม

2. สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency push button switch) เป็นสวิตช์ปุ่มกดที่มีปุ่มกดใหญ่กว่าสวิตช์ปุ่มกดแบบปกติทั่วไป เพื่อให้มีพื้นที่ในการกดหรือสัมผัสมาก ๆ เหมาะใช้งานเป็นสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินเพื่อกดหยุดวงจรกรณีเมื่อมีเหตุอันไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น มีลักษณะและสัญลักษณ์ดังภาพที่ 1.2.15



ภาพที่ 1.2.15 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน

ภาพที่ 1.2.15 ก. ที่มา : <http://www.aliexpress.com/item-img/pushbutton-Switch-ABB-Twist-release-type-emergency-stop-button-1NC-CE4T-10R-01-emergency-push-button/614065236.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.15 ข. ที่มา : http://m2.sourcingmap.com/smap/images/item/n/12b/ux_a12042700ux0269_ux_n.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

3. สวิตช์ปุ่มกดแบบมีหลอดสัญญาณ (Illuminate push button switch) เป็นสวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ภายในตัวสวิตช์ แสดงผลการทำงานของวงจรขณะกดสวิตช์ ซึ่งทำให้ผู้ควบคุมมีความสวยงาม และสังเกตการทำงานของวงจรควบคุมได้ง่าย มีลักษณะดังภาพที่ 1.2.16



ก. แบบธรรมดา



ข. แบบมีซีลกันน้ำ

ภาพที่ 1.2.16 สวิตช์ปุ่มกดแบบมีหลอดสัญญาณ

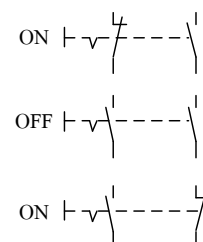
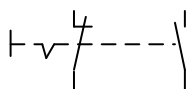
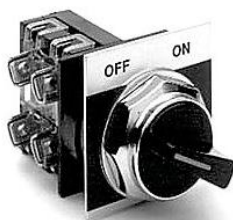
ภาพที่ 1.2.16 ก. ที่มา : <http://www.machsources.com/productimages/6131/push-button-Switch.jpg>

เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.16 ข. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/4f0j00vCNTHUtmnLoS/Illuminated-Pushbutton-Switch-Made-by-Stainless-Steel-L25-25mm-.jpg>

เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

4. สวิตช์เลือก (Selector switch) เป็นสวิตช์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายสวิตช์ปุ่มกด แต่แตกต่างกันตรงที่การบิดเลือกตำแหน่งการตัดหรือต่อวงจรแทนการกด และเมื่อเลือกตำแหน่งให้สวิตช์ทำงานแล้วก็จะคงอยู่ในตำแหน่งนั้น จนกว่าจะมีการปรับเลือกตำแหน่งใหม่ มีลักษณะ และสัญลักษณ์ดังภาพที่ 1.2.17



ก. สวิตช์เลือกแบบ ON-OFF (1 NO + 1 NC)

ข. สวิตช์เลือกแบบ ON-OFF-ON

ภาพที่ 1.2.17 สวิตช์เลือกแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.17 ก. ที่มา : [http://imageserver.grainger.com/is/image/Grainger/6CKH0_AS01?\\$productdetail\\$](http://imageserver.grainger.com/is/image/Grainger/6CKH0_AS01?$productdetail$)

เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.17 ข. ที่มา : <http://store.controlcomponentsinc.com/assets/images/asw210.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่

10 พฤศจิกายน 2555

5. **สวิตช์กุญแจ (Key switch)** เป็นสวิตช์ที่ใช้กุญแจในการเปิดปิดวงจร เหมาะสำหรับงานที่ต้องการผู้ควบคุมการทำงานโดยเฉพาะเจาะจง หรือมอบหมายให้ผู้ที่ถือกุญแจเท่านั้นจึงจะควบคุมการเปิด-ปิด ของวงจรควบคุม มีลักษณะดังภาพที่ 1.2.18



ก. แบบ 1 NO และมีฝาปิดช่องเสียบกุญแจ

ข. แบบ 1 NO + 1 NC

ภาพที่ 1.2.18 สวิตช์กุญแจแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.18 ก. ที่มา : [http://www.conrad-](http://www.conrad-uk.com/medias/global/ce/7000_7999/7000/7010/7011/701169_LB_00_FB.EPS_1000.jpg)

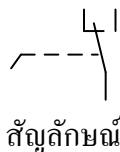
[uk.com/medias/global/ce/7000_7999/7000/7010/7011/701169_LB_00_FB.EPS_1000.jpg](http://www.conrad-uk.com/medias/global/ce/7000_7999/7000/7010/7011/701169_LB_00_FB.EPS_1000.jpg) เข้าถึงเมื่อ

วันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

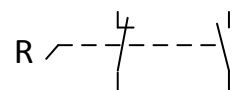
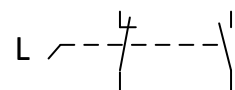
ภาพที่ 1.2.18 ข. ที่มา : <http://www.newark.com/productimages/nio/standard/4438358.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่

10 พฤศจิกายน 2555

6. **สวิตช์ปุ่มกดแบบใช้เท้า (Foot push button switch)** เป็นสวิตช์ปุ่มกดที่ออกแบบมาเพื่อใช้เท้าในการกดปุ่มควบคุมการทำงาน เช่น เครื่องตัดโลหะ เป็นต้น เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานจะใช้มือทั้งสองจับโลหะ การควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน และหยุดทำงานจึงต้องใช้เท้าในการควบคุม ลักษณะสวิตช์ปุ่มกดแบบใช้เท้า ดังภาพที่ 1.2.19



สัญลักษณ์



สัญลักษณ์

ก.แบบ SPDT

ข.แบบ 2 NC + 2 NO

ภาพที่ 1.2.19 สวิตช์แบบใช้เท้าเหยียบ

ภาพที่ 1.2.19 ก. ที่มา : [http://image.made-in-china.com/2f0j00ijsQAHmyrTka/FS-5-Series-Heavy-](http://image.made-in-china.com/2f0j00ijsQAHmyrTka/FS-5-Series-Heavy-Duty-Foot-Switch-with-Shield-Model-LFS-502.jpg)

[Duty-Foot-Switch-with-Shield-Model-LFS-502.jpg](http://image.made-in-china.com/2f0j00ijsQAHmyrTka/FS-5-Series-Heavy-Duty-Foot-Switch-with-Shield-Model-LFS-502.jpg) เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.19 ข. ที่มา : [http://www.mro.hk/electrical/Switches/foot-Switches/xurui-duty-heavy-xf-](http://www.mro.hk/electrical/Switches/foot-Switches/xurui-duty-heavy-xf-86.html#UaH4ptiXCd0)

[86.html#UaH4ptiXCd0](http://www.mro.hk/electrical/Switches/foot-Switches/xurui-duty-heavy-xf-86.html#UaH4ptiXCd0) เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

7. สวิตช์ควบคุมรอกและเครนไฟฟ้า เป็นสวิตช์ปุ่มกดออกแบบมาเพื่อการควบคุมรอกและเครนไฟฟ้า ดังภาพที่ 1.2.20 ก. และลักษณะของสวิตช์แบบนี้ มีหลายแบบ ดังภาพที่ 1.2.20 ข.



ก. รอกและเครนไฟฟ้า



ข. สวิตช์ควบคุม

ภาพที่ 1.2.20 รอก เครนไฟฟ้าและสวิตช์ควบคุม

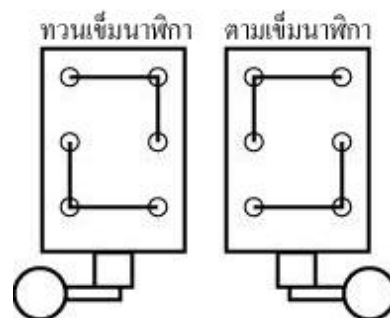
ภาพที่ 1.2.20 ก. ที่มา : <http://www.numsinonline.com/Productdetail.aspx?Productid=5000> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.20 ข. ที่มา : <http://b2bthaistorage.blob.core.windows.net/upload/Product/145/1299/HOIST-PUSH-BUTTON-SWITCHES-RAINPROOF-0-1-2-3.gif> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

8. **ดรัมสวิตช์ (Drum switch)** ประกอบด้วยชุดหน้าสัมผัสติดตั้งบนแกนหมุนที่สามารถปรับหมุนได้ เมื่อหมุนรอบแกนจะทำให้ชุดหน้าสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลง มีให้เลือกหลากหลายตามจุดประสงค์การใช้งาน เช่น ดรัมสวิตช์ควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ ดรัมสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา เป็นต้น ลักษณะของดรัมสวิตช์ดังภาพที่ 1.2.21



ก. ดรัมสวิตช์



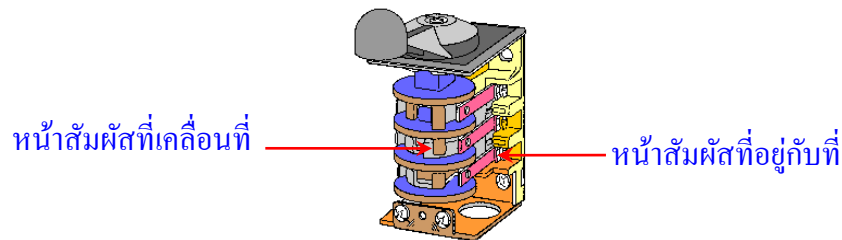
ข. ตำแหน่งการควบคุม

ภาพที่ 1.2.21 ดรัมสวิตช์ชนิดควบคุมการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์

ภาพที่ 1.2.21 ก. ที่มา : <http://www.ustudy.in/sites/default/files/drum%20Switches.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.21 ข. ที่มา : <http://www.lepton.com/lathe/Switch.gif> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

โครงสร้างของครัมสวิทช์ประกอบด้วยหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ ยึดติดกับโครงสร้าง โดยไม่มีการเคลื่อนที่ และเป็นหน้าสัมผัสที่มีขั้วต่อสายไปยังวงจรไฟฟ้าภายนอกและหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งเป็นหน้าสัมผัสที่เปลี่ยนตำแหน่งการต่อ โดยจะสัมผัสกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของการบิดหรือโยก ดังภาพที่ 1.2.22

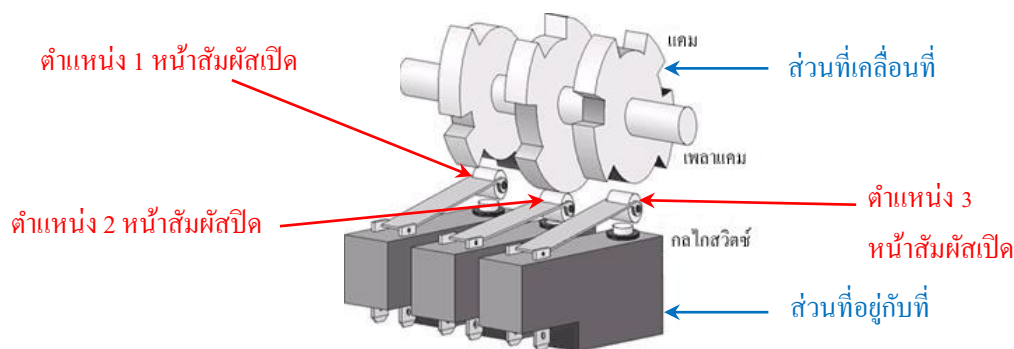


ภาพที่ 1.2.22 โครงสร้างการทำงานของครัมสวิทช์

ที่มา : <http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol/module1/manual.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 1

ธันวาคม 2555

9. แคมสวิทช์ (Cam switch) เป็นสวิทช์ที่มีลักษณะ โครงสร้างและการทำงานคล้ายกับครัมสวิทช์ แตกต่างกันที่แคมสวิทช์ใช้ลูกเบี้ยวเป็นส่วนในการเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่าง ๆ เมื่อทำการปรับลูกเบี้ยวตรงตำแหน่งต่าง ๆ ก็จะทำให้สวิทช์อยู่ในสถานะเปิดและอยู่ในสถานะปิด โดยลักษณะการเปิด-ปิดของสวิทช์จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของแคมสวิทช์แต่ละแบบ ซึ่งมีหลายแบบ เช่น การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง การกลับทางหมุนของมอเตอร์ การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า เป็นต้น โดยลักษณะการทำงานของแคมสวิทช์มีลักษณะดังภาพที่ 1.2.23



ภาพที่ 1.2.23 ลักษณะการทำงานของแคมสวิทช์

ที่มา : <http://amci.com/tutorials/images/mechanical-limit-Switch.gif> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

จากภาพที่ 1.2.23 เป็นการจำลองการทำงานของแคมสวิทช์ ซึ่งประกอบด้วยลูกเบี้ยวที่ติดอยู่กับแกนหมุน ลูกเบี้ยวแต่ละลูกจะมีลักษณะแตกต่างกัน จากรูปจะเห็นว่า ตำแหน่งที่ 1 หน้าสัมผัสอยู่ในสถานะเปิด ตำแหน่งที่ 2 หน้าสัมผัสอยู่ในสถานะปิด และในตำแหน่งที่ 3 หน้าสัมผัสอยู่ในสถานะเปิด จะเห็นว่าการเปิด-ปิดของหน้าสัมผัสของแคมสวิทช์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของลูกเบี้ยว แคมสวิทช์มีหลากหลายแบบ ดังภาพที่ 1.2.24



ก. แบบออน-ออฟ (ON-OFF)



ข. แบบใช้กับเครื่องวัดทางไฟฟ้า



ค. แบบควบคุมสตาร์ทมอเตอร์สตาร์ท-เคลตา ง. แบบควบคุมการกลับทิศทางหมุนมอเตอร์



ภาพที่ 1.2.24 แคมสวิตช์แบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.24 ก. ที่มา : <http://2.imimg.com/data2/DN/NP/MY-2198312/cam-Switch-250x250.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่

10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.24 ข. ค. และ ง. ที่มา : [http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/voltmeter-cam-Switch-8719-](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/voltmeter-cam-Switch-8719-3631753.jpg)

3631753.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

10. ลิมิตสวิตช์หรือสวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch) เป็นสวิตช์ที่เปิดปิดวงจรโดยอาศัยแรงจากวัตถุภายนอกมากระทำกับลูกกลิ้งไปดันแกนที่ยึดติดอยู่กับหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ ตัวอย่างการนำไปใช้งาน เช่น ลิฟต์ ประตูเหล็กแบบม้วน รอกและเครน เป็นต้น ลักษณะของลิมิตสวิตช์มีหลากหลายรูปแบบ ดังภาพที่ 1.2.25



ก. แบบฮินจ์เลิฟเวอร์ (Hinge Lever)



ข. แบบอะดจัสเตเบิลโรลเลอร์อาร์ม (Adjustable Roller Arm)



ค. แบบโรลเลอร์พลันเจอร์ (Roller Plunger)



ง. แบบบริจิดชอทโรลเลอร์เลิฟเวอร์ (Rigid Short Roller Lever)

ภาพที่ 1.2.25 ลิมิตสวิตช์

ภาพที่ 1.2.25 ก. ข. และ ง. ที่มา : [http://www.numsinonline.com/Product_list.aspx?](http://www.numsinonline.com/Product_list.aspx?64646C5F63617465676F727931=36&64646C5F63617465676F7279316964=35&64646C5F63617465676F727932=30&64646C5F63617465676F7279326964=30&737461747573=736561726368)

64646C5F63617465676F727931=36&64646C5F63617465676F7279316964=35&64646C5F63617465676F727932=30&64646C5F63617465676F7279326964=30&737461747573=736561726368

เข้าถึง

เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.25 ค. ที่มา : <http://www.minnesotaelevator.com/images/limitSwitch.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 10

พฤศจิกายน 2555

ลักษณะการทำงานของลิมิตสวิตช์ ดังภาพที่ 1.2.26 เมื่อมีวัตถุเข้ามาชนทำให้หน้าสัมผัสทั้งสองเปลี่ยนสภาพไป นั่นคือ หน้าสัมผัสแบบ NC จะจากออกจากกัน และหน้าสัมผัสแบบ NO จะต่อถึงกัน ดังภาพที่ 1.2.26 ข.



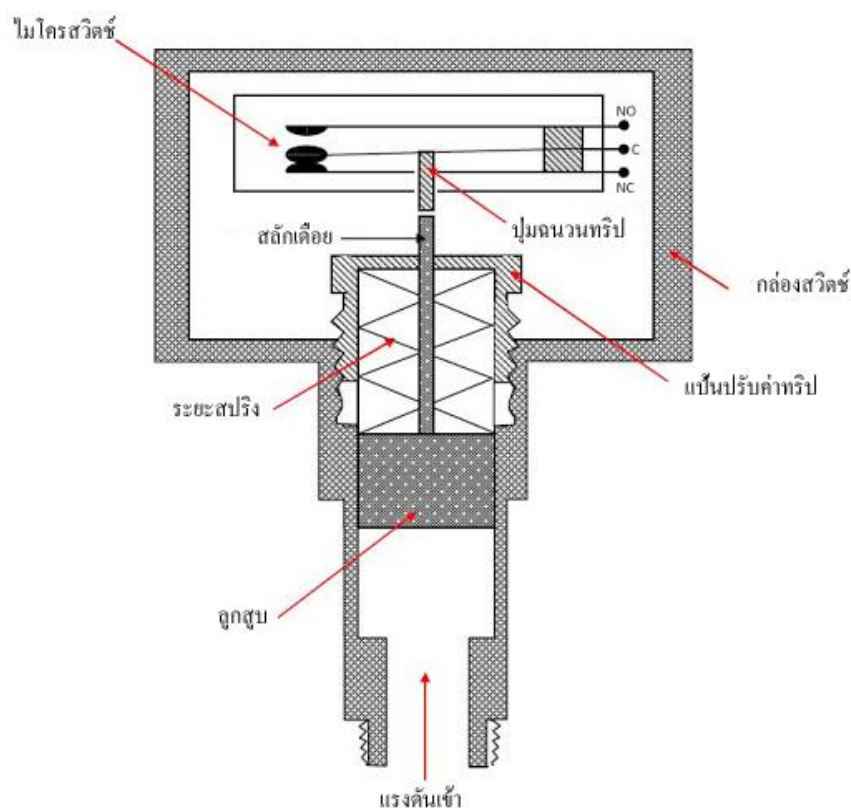
ก. ลิมิตสวิตช์ในสภาวะปกติ

ข. ลิมิตสวิตช์ในสภาวะวัตถุเข้ามาชน

ภาพที่ 1.2.26 การทำงานของลิมิตสวิตช์

ที่มา : http://eecsafety.com/bernstein_safetylimit/SafetyLimitApDrw.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555

11. สวิตช์แรงดัน (Pressure switch) เป็นสวิตช์ที่อาศัยแรงดันจากอากาศหรือของเหลวไปดันให้น้ำสัมผัสเปิดหรือปิดวงจร ลักษณะการทำงานดังภาพที่ 1.2.27 จะเห็นว่าหากมีแรงดันเข้าจะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไปตัดหน้าสัมผัสแบบ NC ให้แยกออกจากกัน และหน้าสัมผัสแบบ NO ต่อถึงกัน



ภาพที่ 1.2.27 โครงสร้างของสวิตช์แรงดัน

ที่มา : <http://instrumenttoolbox.blogspot.com/2011/06/how-pressure-Switch-works.html> เข้าถึงเมื่อ 10

พฤศจิกายน 2555

12. สวิตช์ลูกลอย (Float switch) เป็นสวิตช์ที่ใช้ระดับของของเหลวควบคุมการทำงานของวงจรควบคุม ซึ่งมีหลายแบบให้เลือกใช้งาน ได้แก่

(1) **สวิตช์ลูกลอยแบบใช้ลูกลอยจำนวน 2 ก้อน** เป็นสวิตช์ลูกลอยที่ใช้ลูกลอยจำนวน 2 ก้อน เป็นตัวควบคุมระดับของเหลว ข้อดีคือมีราคาถูก แต่ข้อเสียคือไม่เหมาะกับการใช้งานที่ของเหลวเกิดการหมุนวนหรือกระเพื่อมแรง เพราะลูกลอยทั้งสองจะเกิดการพันกันหรือทำให้เชือกขาด ลักษณะดังภาพที่ 1.2.28



ภาพที่ 1.2.28 สวิตช์ลูกลอยแบบใช้ลูกลอย 2 ก้อน

ที่มา : <http://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=78422.0> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

(2) **สวิตช์ลูกลอยแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic float switch)** ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับแกนเหล็กตั้งแต่ 3 แกนขึ้นไป จุ่มลงไปในของเหลวเพื่อวัดระดับของเหลว เหมาะกับงานควบคุมระดับของของเหลวที่เป็นสื่อไฟฟ้าได้ สวิตช์ลูกลอยแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะดังภาพที่ 1.2.29 ซึ่งประกอบด้วยชุดควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับระดับของเหลว



ก. ชุดควบคุม

ข. อิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับระดับของเหลว

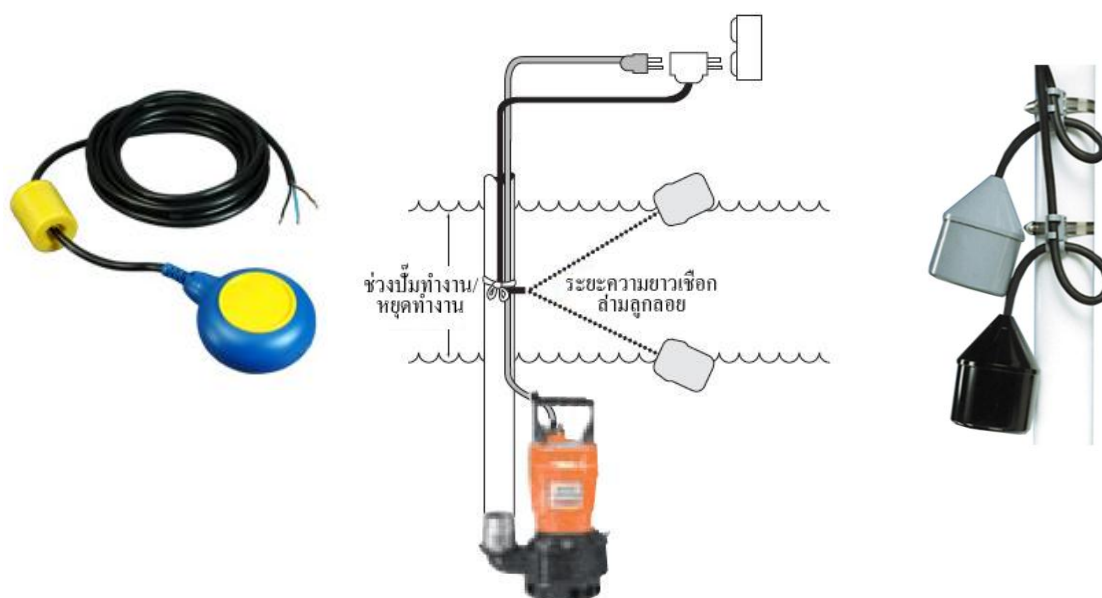
ภาพที่ 1.2.29 สวิตช์ลูกลอยแบบอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 1.2.29 ก. ที่มา : http://www.electricfactory.co.th/OMRON/Float%20Level%20Controlloer/61F_G2.jpg
เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.29 ข. ที่มา : <http://Circuits.datasheetdir.com/9/PS-3S-pinout.jpg>
เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

สวิทช์ลูกลอยแบบอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยชุดควบคุม (Control unit) และชุดอิเล็กทรอนิกส์ตรวจสอบระดับของเหลว โดยแท่งอิเล็กทรอนิกส์จะทำการตรวจสอบระดับของเหลวแล้วส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมให้สั่งต่อวงจรหรือตัดวงจร

(3) สวิทช์ลูกลอยแบบเคเบิล (Float cable switch) ตัวสวิทช์จะบรรจุอยู่ในลูกลอย หน้าสัมผัสจะตัดต่อเมื่อลูกลอยอยู่ในตำแหน่งคว่ำและหงาย เหมาะกับงานควบคุมระดับของเหลวทั่วไป โดยมีลักษณะดังภาพที่ 1.2.30 และการทำงานของสวิทช์ลูกลอยแบบเคเบิลดังภาพที่ 1.2.31 จากภาพจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับโลหะกลมหายในที่เคลื่อนที่ไปตามระดับของเหลว การเคลื่อนที่จะทำให้โลหะกลมไปดันแกนที่ควบคุมหน้าสัมผัสให้ NC แยกออกจากกัน และ NO ต่อดึงกัน หรือให้กลับสู่สภาวะปกติของหน้าสัมผัสที่เป็นอยู่



ก. สวิทช์ลูกลอยแบบเคเบิล

ข. การนำไปควบคุมมอเตอร์

ค. การจัดวางระดับ

ภาพที่ 1.2.30 สวิทช์ลูกลอยแบบเคเบิลและการนำไปใช้งาน

ภาพที่ 1.2.30 ก. ที่มา : http://1.imimg.com/data/R/K/MY-566203/Cable-Float-Switch_250x250.jpg

เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.30 ข. ที่มา : [http://www.godwinpumps.com/images/uploads/companion-](http://www.godwinpumps.com/images/uploads/companion-images/gstsubprime-float-Switch.gif)

[images/gstsubprime-float-Switch.gif](http://www.godwinpumps.com/images/uploads/companion-images/gstsubprime-float-Switch.gif) เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.30 ค. ที่มา : <http://www.polylok.com/sites/default/files/%28MAIN%29%20Floats.jpg>

เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555



ก. ขณะ ON

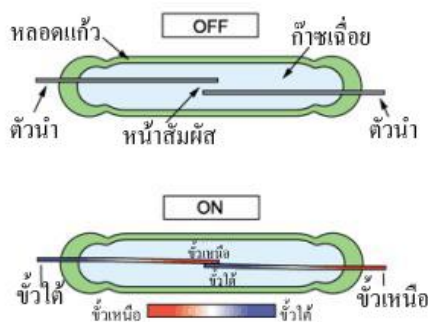


ข. ขณะ OFF

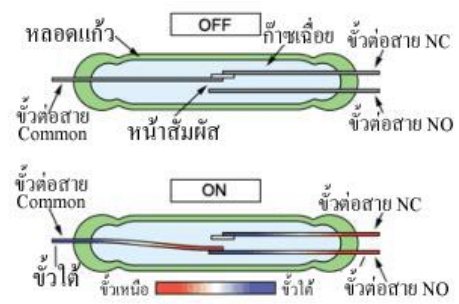
ภาพที่ 1.2.31 โครงสร้างภายใน และการต่อหน้าสัมผัสสวิตช์ลูกลอยแบบเคเบิล

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Float_switch เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

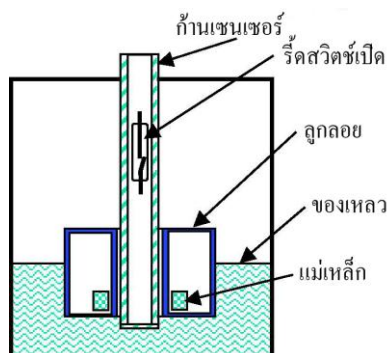
(4) สวิตช์ลูกลอยแบบอาศัยรีดสวิตช์ (Reed switch) รีดสวิตช์จะใช้ร่วมกับลูกลอย ตั้งแต่หนึ่งลูกขึ้นไป โดยลูกลอยจะอยู่ในแกนที่ภายในประกอบด้วยรีดสวิตช์ เมื่อของเหลวดันลูกลอย มาถึงตำแหน่งที่รีดสวิตช์ติดตั้งอยู่ ทำให้เกิดการตัดต่อหน้าสัมผัส ดังภาพที่ 1.2.32



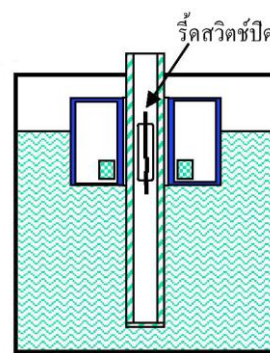
ก. แบบ 1 NO



ข. แบบ 1 NO + 1 NC



ค. ขณะแม่เหล็กยังไม่เคลื่อนที่



ง. ขณะแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสวิตช์

ภาพที่ 1.2.32 ลักษณะการทำงานของรีดสวิตช์

ภาพที่ 1.2.32 ก. และ ข. ที่มา : <http://www.hyl688.com.tw/SWITCH/REED%20SWITCH/003/3/59.gif>

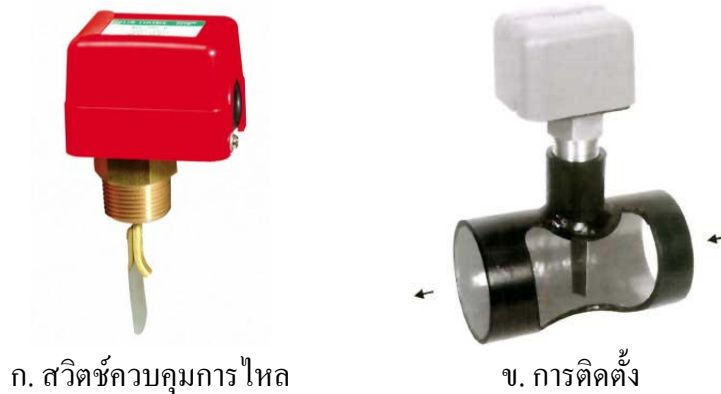
เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.32 ค. และ ง. ที่มา : http://www.emeraldinsight.com/content_images/fig/0870270304005.png

เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ลักษณะการทำงานของรีดสวิตช์แบบ 1 NO จากภาพที่ 1.2.32 ก. จะเห็นว่าหน้าสัมผัสสวิตช์จะต่อถึงกันเมื่อมีแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้ามาในตำแหน่งของสวิตช์ เช่นเดียวกับรีดสวิตช์แบบ 1 NO และ 1 NC ดังภาพที่ 1.2.32 ข. จากภาพจะเห็นว่าในสภาพปกติหน้าสัมผัส NC จะต่อถึงกันและหน้าสัมผัส NO จะแยกจากกัน เมื่อมีแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้ามาในตำแหน่งของสวิตช์หน้าสัมผัส NC จะแยกออกจากกัน และหน้าสัมผัส NO จะต่อถึงกัน เมื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นสวิตช์ถูกลอย แม่เหล็กจะถูกติดตั้งไว้ที่ถูกลอย และรีดสวิตช์จะถูกติดตั้งไว้ในก้านเซนเซอร์ ซึ่งขณะแม่เหล็กยังไม่เคลื่อนที่หน้าสัมผัสสวิตช์จะปิด ดังภาพที่ 1.2.32 ค. เมื่อแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสวิตช์ หน้าสัมผัสสวิตช์จะเปิด ดังภาพที่ 1.2.32 ง.

13. สวิตช์ควบคุมการไหล (Flow switch) สวิตช์ที่ควบคุมอัตราการไหลของก๊าซหรือของเหลวภายในท่อส่ง การไหลของของเหลวจะทำให้เกิดแรงผลักดันใบพายของสวิตช์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางหน้าสัมผัสของสวิตช์ โดยหน้าสัมผัส NC จะแยกออกจากกันและหน้าสัมผัสแบบ NO จะต่อถึงกัน ลักษณะของสวิตช์ควบคุมการไหล ดังภาพที่ 1.2.33



ก. สวิตช์ควบคุมการไหล

ข. การติดตั้ง

ภาพที่ 1.2.33 สวิตช์ควบคุมการไหล

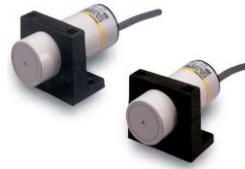
ภาพที่ 1.2.33 ก. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/2f0j00GBOTyVzKLFkh/Liquid-Flow-Switch.jpg> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.33 ข. ที่มา : http://www.rotameters.co.in/images/flow_Switch.jpg เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

14. สวิตช์ตรวจจับระยะใกล้หรือสวิตช์แบบใกล้ชิด (Proximity switch) เป็นสวิตช์ที่ทำงานตรวจจับวัตถุที่เข้ามาใกล้หรือเคลื่อนที่ผ่าน สวิตช์แบบใกล้ชิดสามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับตำแหน่ง ระดับ ขนาด ตลอดจนรูปร่าง ซึ่งโดยปกติจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ เนื่องจากทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ อาศัยหน้าสัมผัสทางกล สวิตช์ตรวจจับระยะใกล้มีลักษณะดังภาพที่ 1.2.34



ก. แบบเหนี่ยวนำ



ข. แบบตัวเก็บประจุ

ภาพที่ 1.2.34 สวิตช์แบบใกล้ชิด

ภาพที่ 1.2.34 ก. ที่มา : http://www.nskelectronics.in/images/proximity_sensor_ibest.jpg เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.34 ข. ที่มา : http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/capacitive-proximity-sensor-with-long-sensing-distance-15954-2913413.jpg เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

ประเภทของสวิตช์แบบใกล้ชิด

(1) แบบเหนี่ยวนำ (Inductive) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น ซึ่งโลหะแต่ละชนิดก็ให้ระยะการตรวจจับที่แตกต่างกัน ลักษณะเด่นคือมีความทนทานและสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง สามารถทำงานในสภาวะที่มีการรบกวนทางแสงและเสียง ใช้ตรวจจับตำแหน่งต่าง ๆ แทนลิมิตสวิตช์ ใช้วัดความเร็วรอบ (RPM) หรือใช้ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เป็นโลหะ เป็นต้น

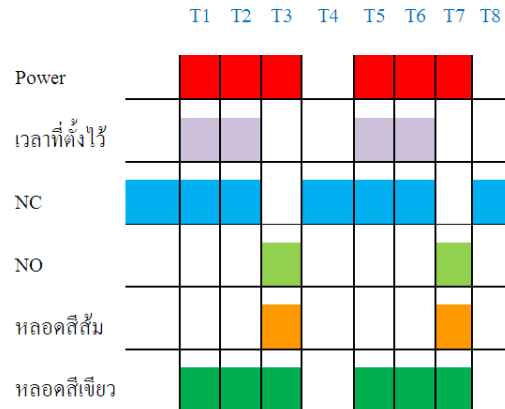
(2) แบบเก็บประจุ (Capacitive) โครงสร้างทั้งภายนอกและภายในคล้ายกับแบบเหนี่ยวนำ แต่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงของความจุ ซึ่งเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งที่เข้ามาใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์เซินเซอร์ ซึ่งเซินเซอร์ชนิดนี้สามารถตรวจจับอุปกรณ์ที่ไม่ได้เป็นโลหะและเป็นโลหะได้ เช่น ไม้ เม็ดพลาสติก ระดับน้ำ น้ำมัน แก้ว น้ำยาพารา และยังสามารถปรับระยะการตรวจจับได้อีกด้วย

1.2.3 รีเลย์ประวิงเวลา (Time delay relay)

รีเลย์ประวิงเวลา อุปกรณ์ที่สามารถปรับตั้งเวลาการทำงานเพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ปิดหรือเปิดได้ตามการปรับตั้งเวลาที่ต้องการ มีอยู่หลายชนิด หลายรูปแบบการทำงาน แต่ที่ใช้งานกันมากในปัจจุบันเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือแบบหน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า และแบบหน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก

1. รีเลย์ประวิงเวลาแบบหน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า (Time on delay relay)

รีเลย์ประวิงเวลาแบบนี้เป็นการหน่วงเวลาเปิด จากแผนภาพเวลา (Timing diagram) เมื่อจ่ายไฟเข้าคอยล์ หน้าสัมผัส NC และ NO จะยังไม่เปลี่ยนสภาพ เมื่อถึงเวลาที่ปรับตั้งไว้ ($T_1 + T_2$) หน้าสัมผัส NC แยกออกจากกัน ส่วนหน้าสัมผัส NO ต่อถึงกัน และจะเป็นลักษณะเช่นนี้จนกระทั่งตัดไฟออกจากคอยล์ มีลักษณะและการทำงานดังภาพที่ 1.2.35 การประยุกต์ใช้งาน เช่น วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตา แบบอัตโนมัติ เป็นต้น



ก. รีเลย์ประวิงเวลาแบบหน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า

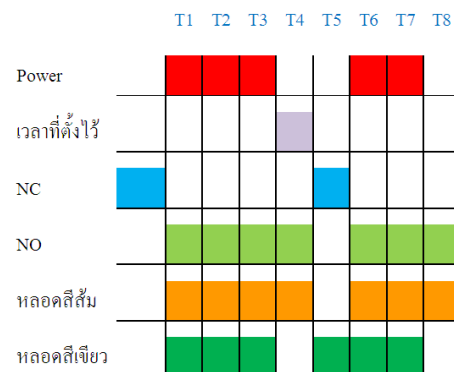
ข. สภาวะการทำงาน

ภาพที่ 1.2.35 รีเลย์ประวิงเวลาแบบหน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า

ภาพที่ 1.2.37 ก. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/2f0j00dCStjwPskEoz/Time-Relay-H3CR-H3BA-.jpg> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

2. รีเลย์ประวิงเวลาแบบหน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก (Time off delay relay)

รีเลย์ประวิงเวลาแบบนี้เป็นการหน่วงเวลาปิด จากแผนภาพเวลา เมื่อจ่ายไฟเข้าคอยล์หน้าสัมผัส NC แยกจากกัน ส่วนหน้าสัมผัส NO ต่อถึงกัน จะเป็นลักษณะเช่นนี้จนกระทั่งตัดไฟออกจากคอยล์ รีเลย์ก็จะเริ่มนับเวลา เมื่อถึงเวลาที่ปรับตั้งไว้ (T4) หน้าสัมผัสทั้งสองจะกลับสู่ตำแหน่งเดิม โดยมีลักษณะและการทำงานดังภาพที่ 1.2.36 การประยุกต์ใช้งาน เช่น การควบคุมการจ่ายไฟฟ้าในห้องพักโรงแรม โดยผ่านคีย์การ์ด เป็นต้น



ก. รีเลย์ประวิงเวลาแบบหน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก

ข. สภาวะการทำงาน

ภาพที่ 1.2.36 รีเลย์ประวิงเวลาแบบหน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก

ภาพที่ 1.2.36 ก. ที่มา : http://images.drillspot.com/pimages/23956/2395656_300.jpg เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555

รีเลย์ประวิงเวลามีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แบบที่ใช้คู่กับตัวรับ แบบติดรางและแบบติดฝาตู้ มีให้เลือกใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

1.2.4 รีเลย์ป้องกัน (Protective relay)

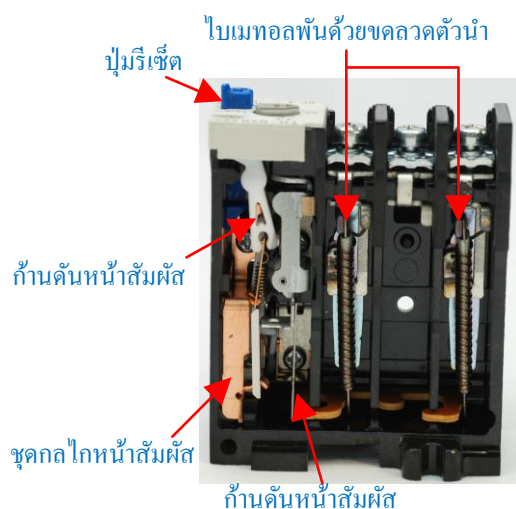
ภาวะโหลดเกินในวงจรการควบคุมมอเตอร์หรือโอเวอร์โหลดนั้นเกิดขึ้นจากสาเหตุ มอเตอร์รับภาระเกินพิกัดกำลัง (แรงม้า : HP) ทำให้กระแสไหลเข้ามอเตอร์สูงกว่าปกติ จนเกิดความร้อนขึ้นในตัวมอเตอร์ หากเกิดภาวะเช่นนี้นานไปก็จะทำให้มอเตอร์เสียหายได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมียุปกรณ์ป้องกันโหลดเกินต่ออยู่ในวงจรมอเตอร์ โอเวอร์โหลดรีเลย์ มีอยู่ 2 แบบคือ แบบทำงานโดยอาศัยความร้อนและแบบอิเล็กทรอนิกส์

1. โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบทำงานโดยอาศัยความร้อน (Thermal overload relay)

ส่วนประกอบภายในประกอบด้วยขดลวดพันอยู่บนแผ่นเหล็กไบเมทัล (Bimetal) ขดลวดจะเป็นทางผ่านของกระแสที่ไหลผ่านหน้าสัมผัสของคอนแทกเตอร์ไปยังมอเตอร์ เมื่อเกิดภาวะโหลดเกิน กระแสที่ไหลมายังมอเตอร์สูงกว่าพิกัด เกิดความร้อนขึ้นในขดลวดความร้อน ทำให้แผ่นเหล็กไบเมทัลเกิดการโก่งงอ ดันคันเลื่อนไปดันหน้าสัมผัสปกติปิดของ โอเวอร์โหลดรีเลย์ ที่ต่ออนุกรมอยู่กับวงจรควบคุมเปิดวงจร ตัดกระแสไฟฟ้าออกจากขดลวดสนามแม่เหล็กของคอนแทกเตอร์ ทำให้วงจรควบคุมหยุดทำงาน

ส่วนประกอบและโครงสร้างของโอเวอร์โหลดรีเลย์ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่

1.2.37 - ภาพที่ 1.2.39

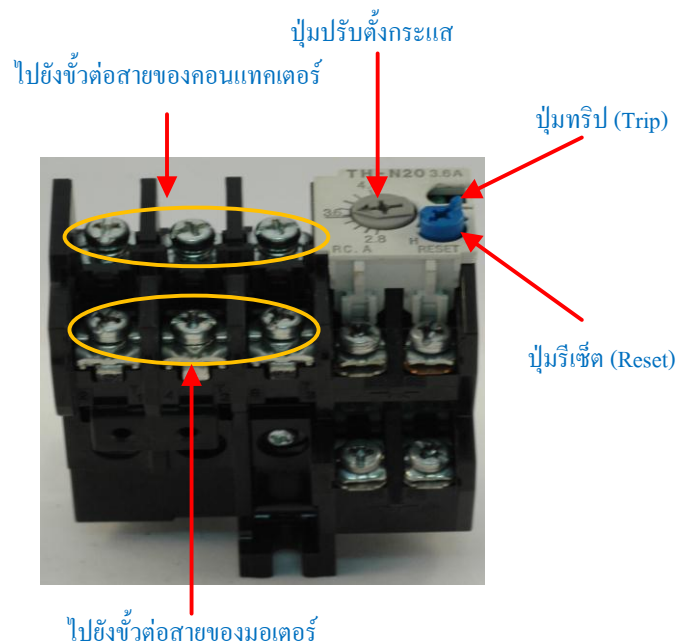


ภาพที่ 1.2.37 โครงสร้างภายในของโอเวอร์โหลดรีเลย์

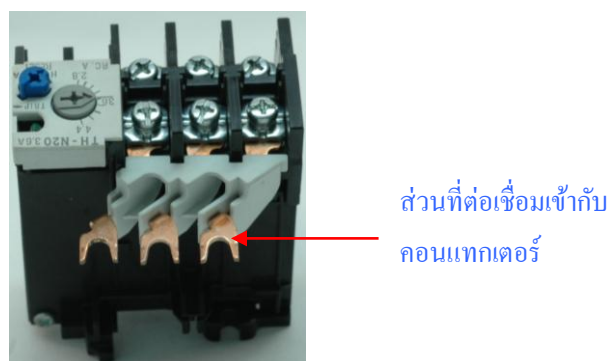
จากภาพที่ 1.2.37 แสดงโครงสร้างภายในของโอเวอร์โหลดรีเลย์ ประกอบด้วยขดลวดตัวนำพันรอบโลหะไบเมทัล ปุ่มรีเซ็ตสำหรับควบคุมคันดันหน้าสัมผัส ไปควบคุมชุดกลไกหน้าสัมผัส ทำให้หน้าสัมผัส NO และหน้าสัมผัส NC เปลี่ยนสภาพเมื่อเกิดสภาวะโหลดเกิน

ลักษณะภายนอก และข้อต่อสายของโอเวอร์โหลดรีเลย์ ซึ่งประกอบด้วยปุ่มปรับตั้งกระแสสำหรับปรับตั้งพิกัดกระแสให้เหมาะสมกับมอเตอร์ ปุ่มทริปแสดงสภาวะโหลดเกินและใช้สำหรับทดสอบให้เกิดสภาวะโหลดเกิน ปุ่มรีเซ็ตหรือปรับตั้งใหม่สำหรับปรับให้สภาวะโหลดเกิน

กลับสู่สภาวะปกติ และเชื่อมต่อสายที่ต่อมาจากคอนแทกเตอร์ กับข้อต่อสายที่ต่อไปยังมอเตอร์ โดยข้อต่อสายนี้ต่อมาจากขดลวดตัวนำที่พันอยู่รอบโลหะไบเมทัลลอล ซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 1.2.38 และภาพที่ 1.2.39



ภาพที่ 1.2.38 ลักษณะภายนอกของโอเวอร์โหลดรีเลย์

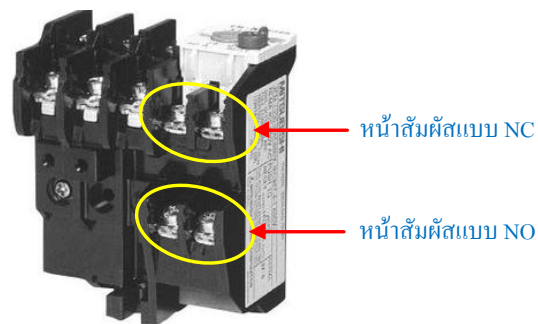


ภาพที่ 1.2.39 โครงสร้างภายนอกของโอเวอร์โหลดรีเลย์

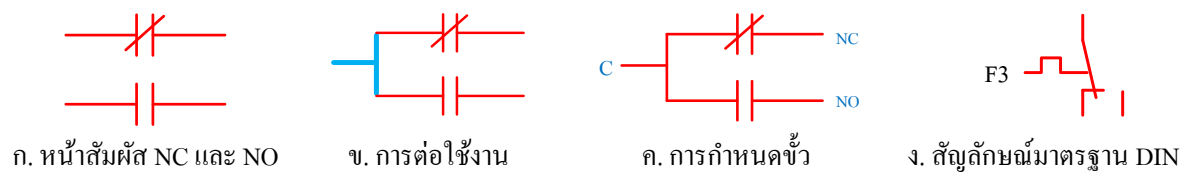
ส่วนของหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โหลดรีเลย์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปต่อในวงจรควบคุมนั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 หน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO จัดวางอยู่ในแนวนอน ดังภาพที่ 1.2.40 และแบบที่ 2 หน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO จัดวางอยู่ในแนวตั้ง ดังภาพที่ 1.2.42 ซึ่งจากภาพจะเห็นว่าจะมีสัญลักษณ์หน้าสัมผัสทั้งสองอยู่บริเวณข้อต่อสาย และเขียนโดยใช้สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน ANSI

การต่อหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โหลดรีเลย์ แบบที่ 1 นั้นแสดงดังภาพที่ 1.2.41 ซึ่งมีวิธีการคือ ต่อปลายสายด้านซ้ายของหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO เข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 1.2.41 ข. จากนั้นกำหนดขั้วที่ต่อรวมกันนี้เป็นขั้ว C และปลายสายของขั้ว NC เป็นขั้ว NC ส่วนปลายสายของขั้ว NO

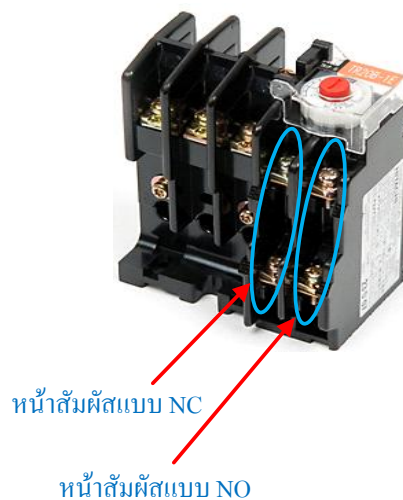
เป็นขั้ว NO ดังภาพที่ 1.2.41 ก. และเมื่อเขียนแบบโดยใช้สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน DIN จะได้ดังภาพที่ 1.2.41 ง.



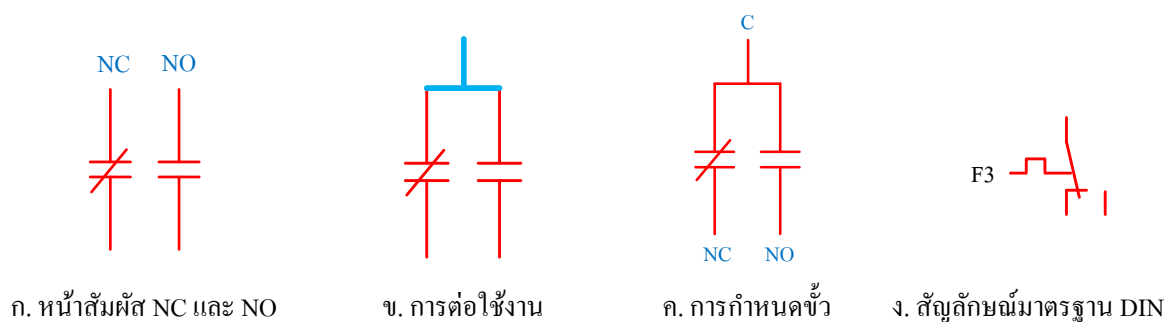
ภาพที่ 1.2.40 หน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ แบบที่ 1



ภาพที่ 1.2.41 การต่อหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ แบบที่ 1



ภาพที่ 1.2.42 หน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ แบบที่ 2



ภาพที่ 1.2.43 การต่อหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ แบบที่ 2

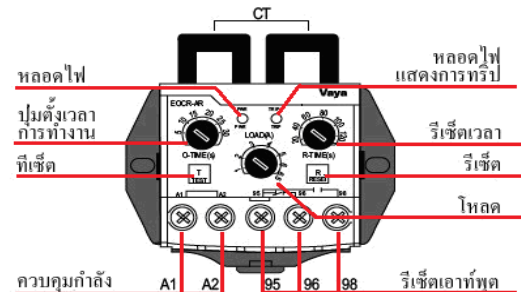
ส่วนการต่อหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO ของโอเวอร์โหลดรีเลย์ แบบที่ 2 นั้น แสดงดังภาพที่ 1.2.42 ซึ่งมีวิธีการคือ ต่อปลายสายด้านบนของหน้าสัมผัสแบบ NC และแบบ NO เข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 1.2.43 ข. จากนั้นกำหนดขั้วที่ต่อรวมกันนี้เป็นขั้ว C และปลายสายของขั้ว NC เป็นขั้ว NC ส่วนปลายสายของขั้ว NO เป็นขั้ว NO ดังภาพที่ 1.2.43 ค. เมื่อเขียนแบบโดยใช้สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน DIN จะได้ดังภาพที่ 1.2.43 ง.

2. โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic overload relay) เป็นโอเวอร์โหลดรีเลย์ ที่อาศัยหลักการทำงานโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจจับกระแสเกินที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก ที่เกิดขึ้น กล่าวคือหากเกิดสภาวะกระแสเกินพิกัด สนามแม่เหล็กก็จะมากขึ้นตามขนาดของกระแส ทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวโอเวอร์โหลดรีเลย์ สั่งตัดวงจรควบคุมให้เปิดวงจร ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบช่องร้อยสาย 2 ช่อง และแบบช่องร้อยสาย 3 ช่อง ดังภาพที่ 1.2.44 - ภาพที่ 1.2.45

จากภาพที่ 1.2.44 เป็นการต่อใช้โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบอิเล็กทรอนิกส์แบบช่อง ร้อยสาย 2 ช่อง กับวงจรควบคุมมอเตอร์ จะเห็นว่าสายของมอเตอร์ไม่ได้ต่อเข้ากับตัวโอเวอร์โหลดรีเลย์ โดยตรงเหมือนกับโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบเทอร์มอล แต่จะลอดผ่านช่องร้อยสายของ CT ซึ่งมีทั้งแบบ 2 ช่อง และแบบ 3 ช่อง โดย CT ที่ติดอยู่กับโอเวอร์โหลดรีเลย์จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับกระแสจากสายที่ต่อไปยัง มอเตอร์ ลักษณะโอเวอร์โหลดรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์แบบช่องร้อยสาย 2 ช่อง ดังภาพที่ 1.2.44



ก. ลักษณะภายนอก



ข. โครงสร้างและส่วนประกอบ

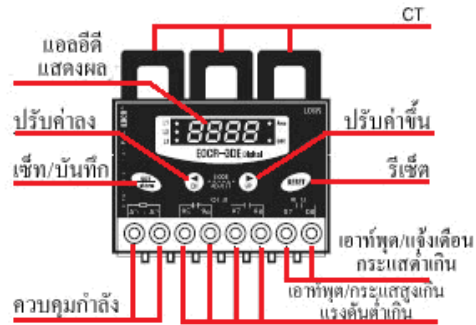
ภาพที่ 1.2.44 โอเวอร์โหลดรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์แบบช่องร้อยสาย 2 ช่อง

ภาพที่ 1.2.44 ก. ที่มา : <http://www.advanced-a.com/electronic-ac-current-overload-protection-Relay-0-5-6a-24-vac-vdc-eocr-ss05nbp.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.44 ข. ที่มา : <http://www.greegoo.cn/UploadFiles/other/eocr-ar-spe1.jpg>

เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบอิเล็กทรอนิกส์แบบช่องร้อยสาย 3 ช่อง กับวงจรควบคุม มอเตอร์ ก็เช่นเดียวกัน สายของมอเตอร์ลอดผ่านช่องร้อยสายของ CT ทั้ง 3 ช่อง ลักษณะการต่อใช้งานโอ เวอร์โหลดรีเลย์แบบอิเล็กทรอนิกส์แบบช่องร้อยสาย 3 ช่อง โดยการนำสายที่ต่อไปยังมอเตอร์ลอดผ่าน ช่องร้อยสายทั้ง 3 ช่อง ลักษณะโอเวอร์โหลดรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์แบบช่องร้อยสาย 3 ช่อง ดังภาพที่ 1.2.45



ก. ลักษณะภายนอก

ข. โครงสร้างและส่วนประกอบ

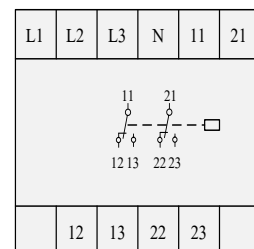
ภาพที่ 1.2.45 โอเวอร์โหลดรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์แบบช่องร้อยสาย 3 ช่อง

ภาพที่ 1.2.45 ก. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/2f0j00CMNEmqdJDAoS/Digital-Overload-Relays-EOCR-3EZ-HDER-3EZ-.jpg> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.45 ข. ที่มา : <http://www.greegoo.cn/UploadFilesOther/EOCR-3DE-3EZ-spe-1.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

3. รีเลย์ป้องกันเฟส (Phase protection relay)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส จะทำงานได้ดีเต็มประสิทธิภาพได้นั้น จะต้องได้รับพิกัดแรงดันเต็มตามพิกัดที่กำหนดไว้ในแผ่นป้ายชื่อของมอเตอร์ การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มอเตอร์เสียหาย ในการควบคุมสำหรับระบบไฟฟ้าที่ไม่เสถียร กล่าวคือสภาวะแรงดันตก หรือแรงดันเกินพิกัดของมอเตอร์บ่อย ๆ จำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ตรวจสอบแรงดันกระแสลับในระบบ 3 เฟส 4 สาย และ 3 เฟส 3 สาย ที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูงในการทำงาน โดยมีคุณสมบัติในการตรวจสอบสภาวะ แรงดัน ไฟฟ้าไม่สมดุล และไฟขาดเฟส จะตรวจเช็คความผิดปกติของระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิน (Under Voltage) แรงดันไฟฟ้าสูงเกิน (Over Voltage) และแรงดันทั้ง 3 เฟส ไม่สมดุล (Unbalance Voltage) ลักษณะรีเลย์ป้องกันเฟส และไดอะแกรมการต่อสาย ดังภาพที่ 1.2.46



ก. แบบมีจอแสดงผลเป็นตัวเลข

ข. แบบมีจอแสดงผลเป็นหลอดไฟ

ค. ไดอะแกรมการต่อสาย

ภาพที่ 1.2.46 รีเลย์ป้องกันเฟส และ ไดอะแกรมการต่อสาย

ภาพที่ 1.2.46 ก. ที่มา : <http://www.s2kenterprise.com/PICTURE-SPECT/Electrical/Phase-protection/W-OP4.jpg> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.46 ข. ที่มา : <http://en.ginri.com/imageRepository/e988f9b4-1381-413b-a9a5-cd04ac25cf13.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

การทำงานของรีเลย์ป้องกันเฟส เมื่อแรงดันเกิดสถานะผิดปกติ เกินกว่าเปอร์เซ็นต์ที่ตั้งไว้ จะเริ่มหน่วงเวลาเปิด เมื่อครบตามที่ตั้งไว้ รีเลย์ป้องกันเฟส จะตัดวงจรควบคุมมอเตอร์ออก และเมื่อแรงดันไฟฟ้ากลับมาสู่สภาวะปกติ รีเลย์ป้องกันเฟส จะต่อวงจรควบคุมมอเตอร์โดยอัตโนมัติ สำหรับรายละเอียดการประยุกต์ใช้งานจะอยู่ในชุดการเรียนรู้ที่ 4

1.2.5 อุปกรณ์ตัดตอนทางไฟฟ้า ประเภทของอุปกรณ์ตัดตอนทางไฟฟ้า สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วย

1. ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและลัดวงจร ทำด้วยโลหะผสมที่มีจุดหลอมละลายต่ำ เมื่อกระแสเกินพิกัดก็จะเกิดการหลอมละลาย ตัดวงจรไฟฟ้า เปิดวงจรไม่ให้เกิดไฟฟ้าไหลไปยังโหลด เป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจร และอุปกรณ์ควบคุม ฟิวส์มีหลายแบบให้เลือกใช้ ลักษณะฟิวส์แบบต่าง ๆ ดังภาพที่ 1.2.47



ก. ฟิวส์หลอดแก้วและฐานฟิวส์

ข. ฟิวส์หลอดกระเบื้องและฐานฟิวส์

ค. คัตเอาต์

ภาพที่ 1.2.47 ฟิวส์แบบต่าง ๆ และอุปกรณ์

ภาพที่ 1.2.47 ก. ที่มา : <http://www.numsinonline.com/Productdetail.aspx?Productid=2758> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.47 ข. ที่มา : <http://www.divineaudio.co.uk/kemp-elektroniks-cylindric-fuse-cartridge-with-spare-fuse> เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.47 ค. ที่มา : http://www.numsinonline.com/uploadpics/Product_images/180_-2043494961.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

2. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้มากกว่าฟิวส์ เนื่องจากเมื่อกระแสเกินพิกัดสามารถตัดวงจรออกได้โดยไม่ทำให้อุปกรณ์ภายในเสียหาย และสามารถรีเซ็ตให้ใช้งานจ่ายกระแสให้กับวงจรได้โดยง่าย

เซอร์กิตเบรกเกอร์มีหลายแบบ เช่น แบบที่ใช้สำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส จะมี 2 แบบ คือ แบบ 1 โพล ดังภาพที่ 1.2.48 ก. และ แบบ 2 โพล ดังภาพที่ 1.2.48 ข. และแบบที่ใช้สำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จะมี 2 แบบ คือ แบบ 3 โพล ดังภาพที่ 1.2.48 ค. และแบบ 4 โพล ดังภาพที่ 1.2.48 ง.



ก. แบบ 1 โพล



ข. แบบ 2 โพล



ค. แบบ 3 โพล



ง. แบบ 4 โพล

ภาพที่ 1.2.48 เซอร์คิตเบรกเกอร์แบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.48 ก. ที่มา : <http://www.numsinonline.com/Productdetail.aspx?Productid=2407> เข้าถึงเมื่อ

10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.48 ข. ที่มา : [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Jtecul.jpg/220px-](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Jtecul.jpg/220px-Jtecul.jpg)

Jtecul.jpg เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.48 ค. ที่มา : [http://www.miniphysics.com/wp-content/uploads/2012/07/DZ47-63-3P-](http://www.miniphysics.com/wp-content/uploads/2012/07/DZ47-63-3P-Miniature-Circuit-Breaker.jpg)

Miniature-Circuit-Breaker.jpg เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 255

ภาพที่ 1.2.48 ง. ที่มา : [http://www.machsources.com/productimages/3286/earth-leakage-Circuit-](http://www.machsources.com/productimages/3286/earth-leakage-Circuit-breakers.jpg)

breakers.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

พิกัดกระแสของเซอร์คิตเบรกเกอร์ ที่ควรรู้จักมี 3 ตัวคือ

แอมแปร์ทริป (Ampere trip : AT) หมายถึง พิกัดกระแสของเซอร์คิตเบรกเกอร์ส่วนใหญ่จะแสดงไว้ที่แผ่นป้ายของเซอร์คิตเบรกเกอร์ หรือด้ามคันโยก ถ้าหากเป็นชนิดปรับค่าไม่ได้จะปั๊มตัวนูนไว้ที่ด้ามคันโยก การกำหนดค่า AT ของเซอร์คิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐานของ NEC กำหนดพิกัดเป็นพิกัดกระแส ซึ่งบอกให้รู้ว่าสามารถทนกระแสใช้งานในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด ซึ่งมาตรฐานของ NEC กำหนดไว้ดังนี้ 15 , 60 , 70 , 80 , 90 , 100 , 110 , 125 , 150 , 175 , 200 , 225 , 250 , 300 , 350 , 400 , 450 , 600 , 700 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 3000 , 4000 , 5000 , 6000 A.

แอมแปร์เฟรม (Ampere frame : AF) พิกัดกระแสโครง หมายถึง พิกัดการทนกระแสสูงสุดของเซอร์คิตเบรกเกอร์ในรุ่นนั้นๆ พิกัดกระแสโครงมีประโยชน์คือ สามารถเปลี่ยนพิกัดแอมแปร์ทริปได้โดยที่ขนาดของเซอร์คิตเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม ค่า AF ตามมาตรฐาน NEMA มีดังนี้ 50 , 100 , 225 , 250 , 400 , 600 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 4000 , 5000 AF

Interrupting Capacity (IC) เป็นพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของเซอร์คิตเบรกเกอร์ โดยปกติกำหนดค่าการทนกระแสเป็น kA ค่า IC จะบอกให้รู้ว่าเซอร์คิตเบรกเกอร์ที่ใช้นั้นมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด การเลือกค่ากระแส IC จะต้องรู้ค่ากระแสลัดวงจรที่จุดนั้น ๆ เสียก่อน

1.2.6 อุปกรณ์แสดงสัญญาณและแจ้งเหตุ (Signal and alarm device)

1. หลอดไฟฟ้้าขึ้นนำหรือหลอดไฟฟ้้าแสดงสภาวะ (Pilot lamp)

หลอดไฟฟ้้าแสดงสภาวะเป็นอุปกรณ์แสดงผลการทํางานที่สำคัญในวงจรควบคุมมอเตอร์ ใช้แสดงผลการทํางานของวงจรควบคุม เช่น แสดงผลการทํางานของคอนแทกเตอร์หรือการหมุนของมอเตอร์ แสดงผลการเกิดสภาวะโหลดเกิน แสดงผลการทํางานของวงจรแบบการควบคุมอัตโนมัติหรือการควบคุมด้วยมือ เป็นต้น หลอดไฟฟ้้าแสดงสภาวะมีหลายสีหลายรูปแบบ ดังภาพที่

1.2.49



ก. แบบมีหม้อแปลง

ข. แบบใช้หลอด LED

ค. แบบทาว์นเวอร์

ง. แบบหมุน

ภาพที่ 1.2.49 หลอดไฟฟ้้าแสดงสภาวะแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.49 ก. ที่มา : http://www.chairitwong.com/images/catalog_images/1254758028.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่

12 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.49 ข. ที่มา : http://hellamining.com/files/8613/4730/1546/LED_Pilot_Lamp_Red_350x350.jpg

เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.49 ค. ที่มา : http://www.sensource.biz/files/prod_images/mt_lg.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 12

พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.49 ง. ที่มา : <http://www.worldofstock.com/slides/PCO1767.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน

2555

2. อุปกรณ์แสดงสัญญาณด้วยเสียง

ระบบควบคุมบางระบบจำเป็นต้องมีการแจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียง และเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในวงจรควบคุม จะทำให้ช่างผู้ควบคุมสามารถเข้ามาแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบนั้น ๆ เช่น กรณีเกิดน้ำล้นถึงในระบบควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำ สัญญาณเสียงที่ดังขึ้น จะทำให้ช่างผู้ควบคุมเข้ามาแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ไม่ให้น้ำล้นทิ้งไปโดยสูญเปล่า หรือน้ำล้นจนไปก่อความเสียหายในพื้นที่นั้น ๆ อุปกรณ์แสดงสัญญาณด้วยเสียงมีหลายแบบ เช่น กระดิ่ง ออก และไซเรน ดังภาพที่ 1.2.50



ก. กระดิ่ง



ข. ออด



ค. ไชเรน

ภาพที่ 1.2.50 อุปกรณ์แสดงสัญญาณด้วยเสียงแบบต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2.50 ก. ที่มา : <http://www.dalycity.org/Assets/Departments/Police/images/Alarm+Bell.jpg>

เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.50 ข. ที่มา : http://www.bksolar.com/shop/solar2029/img-lib/spd_20090519170400_b.jpg

เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

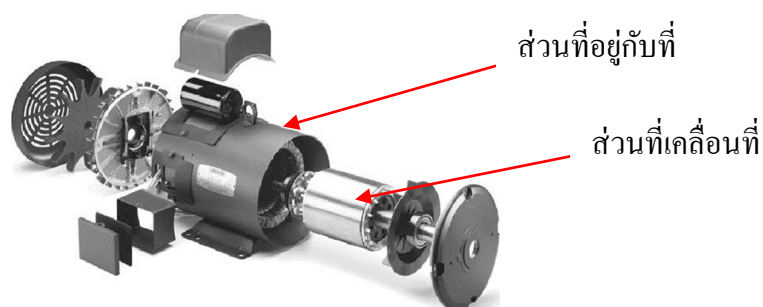
ภาพที่ 1.2.50 ค. ที่มา : <http://image.made-in-china.com/2f0j00jerTdAaRESgZ/Buzzer-Buzzer-With-Lamp-LED-Buzzer-Indicator-Polit-Lamp.jpg>

เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

1.2.7 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์เป็นเครื่องจักรกลทางไฟฟ้าที่เป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับเครื่องจักรกลต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งแบบที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชานี้ เนื้อหาจะเฉพาะเจาะจงในเรื่องการควบคุมมอเตอร์กระแสสลับ ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำทั้งแบบ 1 เฟส และแบบ 3 เฟสเท่านั้น

มอเตอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่เคลื่อนที่ ส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วยโครงของมอเตอร์ ขดลวด ฝาครอบ ขั้วต่อสาย เป็นต้น และส่วนที่เคลื่อนที่ประกอบด้วยโรเตอร์ ดังภาพที่ 1.2.51

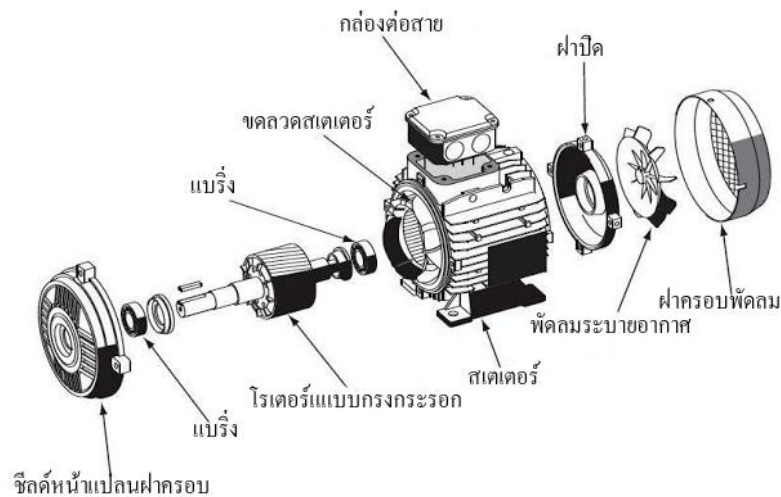


ภาพที่ 1.2.51 ส่วนประกอบของมอเตอร์

ที่มา : http://www.globalspec.com/RefArticleImages/2E7925ABC41B09A0B5EEC3EC31C13BF3_9_1_1_9_1_1-IMGS-1.jpg

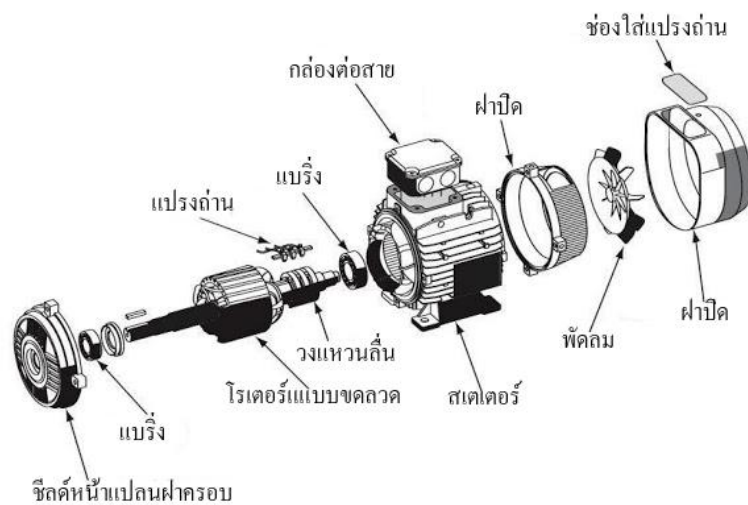
เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งตามลักษณะของโรเตอร์ได้ 2 แบบ คือ โรเตอร์แบบกรงกระรอก ซึ่งส่วนประกอบของมอเตอร์แบบโรเตอร์กรงกระรอก ดังภาพที่ 1.2.52 และโรเตอร์แบบขดลวด ส่วนประกอบของมอเตอร์แบบโรเตอร์ขดลวด ดังภาพที่ 1.2.53



ภาพที่ 1.2.52 ส่วนประกอบของมอเตอร์แบบโรเตอร์กรงกระรอก

ที่มา : <http://www.electrical-knowhow.com/2012/05/classification-of-electric-motors-part.html> เข้าถึง
เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555



ภาพที่ 1.2.53 ส่วนประกอบของมอเตอร์แบบโรเตอร์ขดลวด

ที่มา : <http://www.electrical-knowhow.com/2012/05/classification-of-electric-motors-part.html> เข้าถึง
เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

จากภาพที่ 1.2.52 และภาพที่ 1.2.53 เป็นส่วนประกอบของมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก และแบบขดลวด ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่เหมือนกัน คือ ชีลด์หน้าแปลนฝาครอบ (Shield end flange) แบริ่ง (Bearing) ส่วนที่อยู่กับที่ ขดลวดสเตเตอร์ (Stator winding) กล่องต่อสาย (Connecting box) หน้าแปลนท้ายพัดลม (Fan end flange) พัดลมระบายอากาศ (Fan) ฝาครอบพัดลม (Fan cover) และส่วนประกอบที่แตกต่างกัน คือ มอเตอร์แบบโรเตอร์ขดลวด จะมีขดลวดพันอยู่ที่ตัวของโรเตอร์

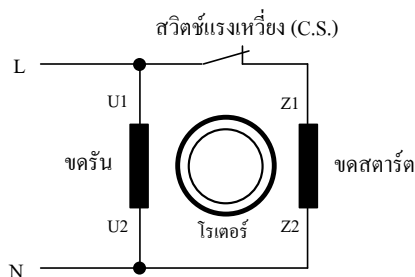
1. มอเตอร์ 1 เฟส

(1) สปลิตเฟสมอเตอร์แบบ (Split phase motor)

สปลิตเฟสมอเตอร์จะมีลักษณะโครงสร้างและวงจรการต่อขดลวดของมอเตอร์ ดังภาพที่ 1.2.54 ก. ซึ่งมีขดลวด 2 ชุดคือ ขดลวดชุดรัน (Run winding) และขดลวดชุดสตาร์ท (Start winding) โดยในสภาวะปกติมอเตอร์ยังไม่หมุนนั้น ขดลวดชุดสตาร์ทจะต่ออนุกรมกับหน้าสัมผัสปกติปิดของสวิตช์แรงเหวี่ยง (Centrifugal switch หรือ C.S.) แล้วต่อขนานกับขดรัน ดังภาพที่ 1.2.54 ข.



ก. ลักษณะของมอเตอร์



ข. วงจรไฟฟ้าของมอเตอร์

ภาพที่ 1.2.54 สปลิตเฟสมอเตอร์

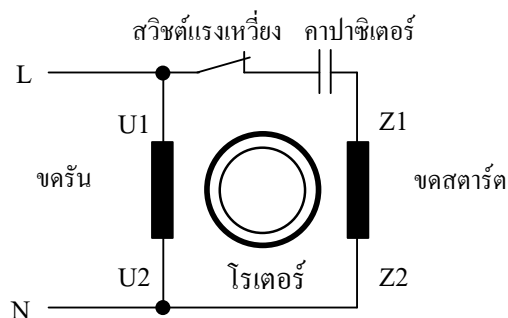
ภาพที่ 1.2.54 ก. ที่มา : http://www.arndtco.com/media/05/a207918138c588cc594963_m.JPG เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

(2) คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor start motor)

คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์มีลักษณะเหมือนกับสปลิตเฟสมอเตอร์ แต่มีคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมเข้าไปในขดลวดชุดสตาร์ทเพื่อเพิ่มแรงบิดขณะสตาร์ท สำหรับขับโหลดที่ต้องใช้แรงบิดขณะสตาร์ทสูง มีลักษณะและวงจร ดังภาพที่ 1.2.55



ก. ลักษณะของมอเตอร์



ข. วงจรไฟฟ้าของมอเตอร์

ภาพที่ 1.2.55 คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

ภาพที่ 1.2.55 ที่มา : <http://azuradisc.com/Capacitor-Start-Motor.html> เข้าถึงเมื่อวันที่

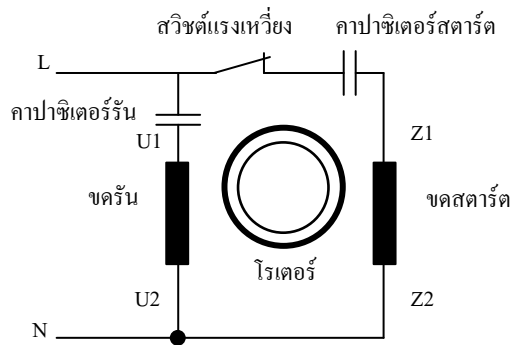
3 พฤศจิกายน 2558

(3) คาปาซิเตอร์สตาร์ทแอนดรันมอเตอร์ (Capacitor start and run motor)

คาปาซิเตอร์สตาร์ทแอนดรันมอเตอร์มีลักษณะเหมือนกับมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท แต่มีคาปาซิเตอร์ 2 ตัว คือ คาปาซิเตอร์รันและคาปาซิเตอร์สตาร์ท เพื่อเพิ่มแรงบิดขณะสตาร์ท ขณะมอเตอร์กำลังทำงาน สำหรับขับโหลดที่ต้องใช้แรงบิดขณะสตาร์ท และแรงบิดขณะทำงานสูง มีลักษณะและวงจรดังภาพที่ 1.2.56



ก. ลักษณะของมอเตอร์



ข. วงจรไฟฟ้าของมอเตอร์

ภาพที่ 1.2.56 คาปาซิเตอร์สตาร์ทแอนดรันมอเตอร์

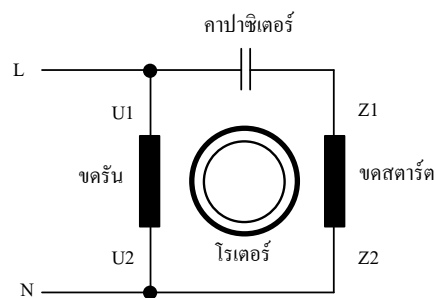
ภาพที่ 1.2.56 ก. ที่มา : <http://i21.geccdn.net/site/images/n-picgroup/78891.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

(4) คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run motor)

คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์หรือคาปาซิเตอร์มอเตอร์จะมีลักษณะเหมือนกับคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ แต่ใช้คาปาซิเตอร์ 1 ตัว คือ คาปาซิเตอร์รัน ต่ออนุกรมกับขดลวดชุดสตาร์ท โดยที่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง และคาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ตลอดเวลาที่มอเตอร์หมุน ดังภาพที่ 1.2.57



ก. ลักษณะของมอเตอร์



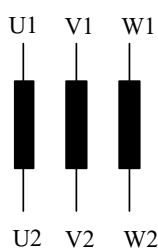
ข. วงจรไฟฟ้าของมอเตอร์

ภาพที่ 1.2.57 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ หรือคาปาซิเตอร์มอเตอร์

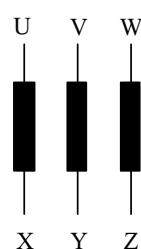
ภาพที่ 1.2.57 ก. ที่มา : http://www.emgelettromeccanica.it/images/motori/standard_1_monofase_singola_velocita/ms1.jpg เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟส

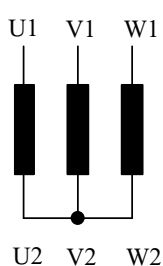
มอเตอร์แบบ 3 เฟส จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่ที่โครงของมอเตอร์จำนวน 3 ชุด แต่ละชุดจะมีอักษรกำกับขั้วทั้งด้านต้น และปลายของขดลวด ดังภาพที่ 1.2.58 ซึ่งในการระบุอักษรประจำขั้วของมอเตอร์จะมี 2 แบบ คือ แบบใหม่ ด้านต้นจะประกอบด้วยอักษร U1, V1 และ W1 ส่วนด้านปลายจะประกอบด้วยอักษร U2, V2 และ W2 และแบบเก่าด้านต้นจะประกอบด้วยอักษร U, V และ W ส่วนด้านปลายจะประกอบด้วยอักษร X, Y และ Z การต่อวงจรขดลวดทำได้ 2 แบบ คือ การต่อขดลวดแบบวายหรือแบบสตาร์ และการต่อขดลวดแบบเดลตา ดังภาพที่ 1.2.58 ค. และ ง.



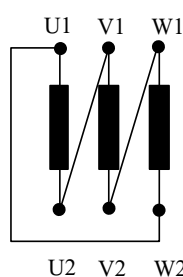
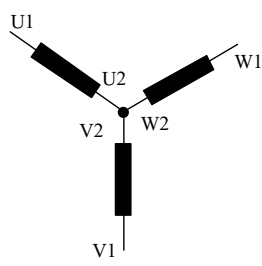
ก. อักษรระบุขั้วของมอเตอร์แบบใหม่



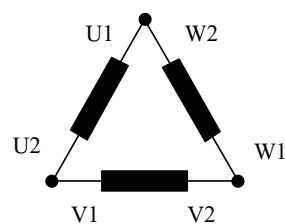
ข. อักษรระบุขั้วของมอเตอร์แบบเก่า



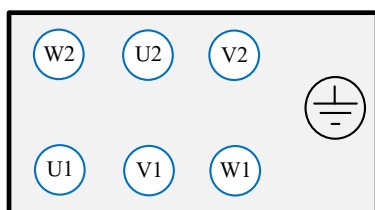
ค. การต่อขดลวดแบบวาย หรือแบบสตาร์



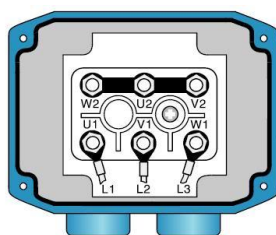
ง. การต่อขดลวดแบบเดลตา



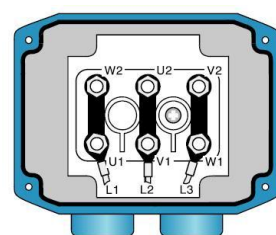
ภาพที่ 1.2.58 ขั้วของขดลวดภายในกล่องต่อสายและรูปแบบการต่อขดลวดของมอเตอร์ 3 เฟส



ก. ขั้วต่อสายมอเตอร์



ข. การต่อแบบสตาร์



ค. การต่อแบบเดลตา

ภาพที่ 1.2.59 ขั้วต่อสายในกล่องต่อสายของมอเตอร์แบบ 3 เฟส

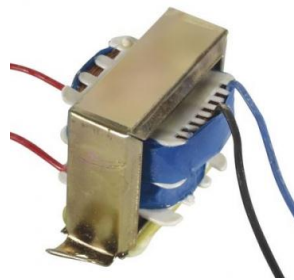
ภาพที่ 1.2.59 ข. ที่มา : <http://www.electriciansforums.co.uk/commercial-industrial-electrical/22967-3-phase-stuff.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

ภาพที่ 1.2.59 ค. ที่มา : <http://www.diynot.com/forums/electrics/understanding-motor-name-plates.317415/> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2555

จากภาพที่ 1.2.59 เป็นขั้วของขดลวดภายในกล่องต่อสายและรูปแบบการต่อขดลวดของมอเตอร์แบบ 3 เฟส จากภาพจะเห็นว่าขั้วต่อสายของมอเตอร์ไม่ได้เรียงตามลำดับของขดลวดดังภาพที่ 1.2.58 ก. แต่เรียงลำดับขั้วต้นสายเป็น U1, V1 และ W1 และเรียงลำดับขั้วปลายสายเป็น W2, U2 และ V2 แทนที่จะเป็น U2, V2 และ W2 ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเลือกต่อใช้งานด้วยแผ่นโลหะต่อเชื่อมขั้วต่อสายนั่นเอง ซึ่งหากต่อแบบสตาร์ก็ใช้แผ่นโลหะต่อเชื่อมขั้วต่อสายต่อที่ขั้ว W2, U2 และ V2 และหากต้องการต่อแบบเดลตาก็ใช้แผ่นโลหะต่อเชื่อมขั้วต่อสายต่อเชื่อมขั้ว U1 กับ ขั้ว W2, ขั้ว V2 กับขั้ว U2 และขั้ว W1 กับขั้ว

1.2.8 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่สามารถถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่ง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ แต่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันและกระแสไฟฟ้า โดยหม้อแปลงไฟฟ้าจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในวงจร แม่เหล็กเดียวกัน หม้อแปลงไฟฟ้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นกว่าแรงดันด้านปฐมภูมิเรียกว่าหม้อแปลงเพิ่มแรงดัน (step up transformer) และหม้อแปลงไฟฟ้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงกว่าแรงดันด้านปฐมภูมิ เรียกว่าหม้อแปลงลดแรงดัน (step down transformer) ลักษณะและวงจรขดลวดของหม้อแปลงดังภาพที่ 1.2.60



ภาพที่ 1.2.60 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.ec.in.th/image/cache/data/Transformer/x-0-500x500.jpg> เข้าถึงเมื่อวันที่

12 พฤศจิกายน 2555