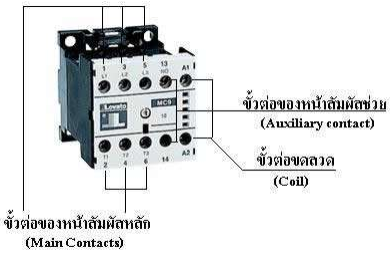
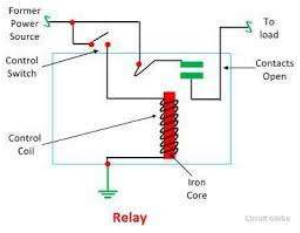
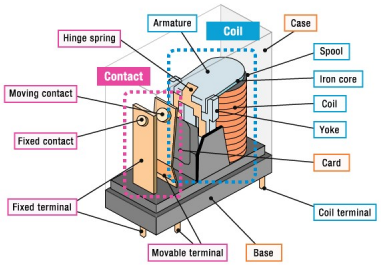
รีเลย์ (Relay)และคอนแทกเตอร์

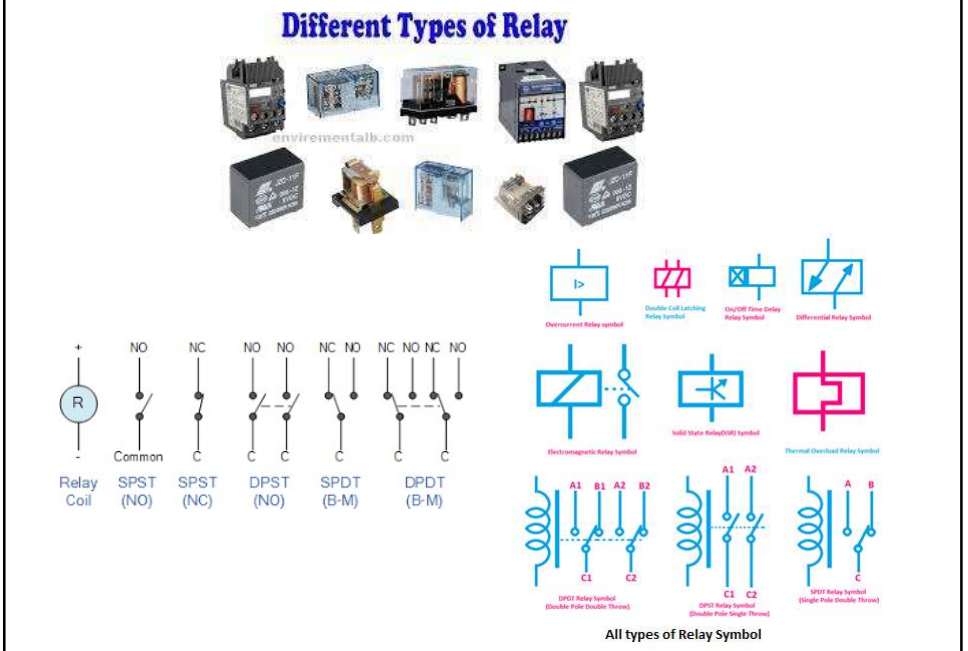


รีเลย์ (Relay)

- เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า







รีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่า
   คอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor)
   ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

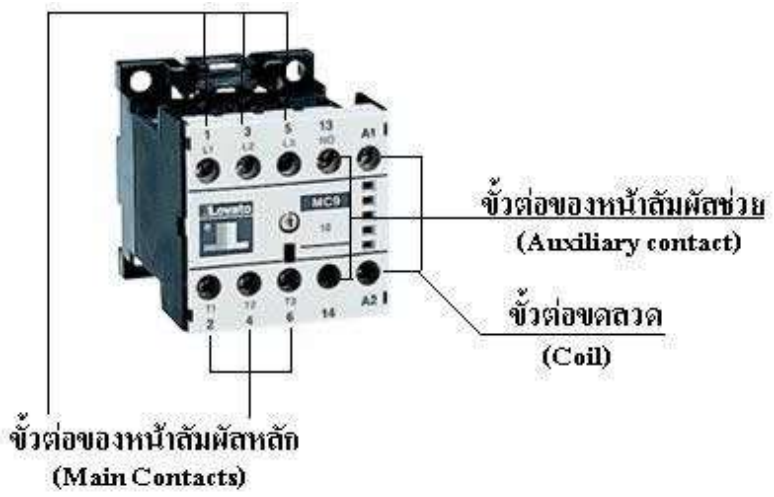
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์

- คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอล์ยของของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอล์ยอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ การใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

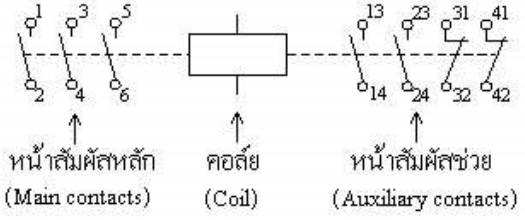
คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

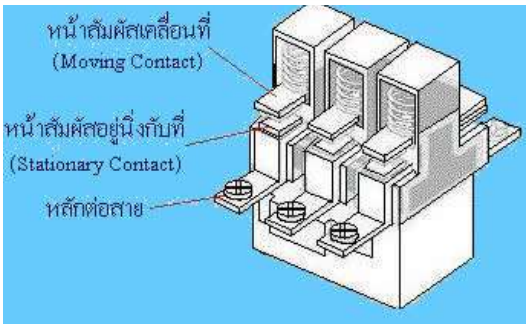
1. หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open;N.O. contact)
อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังรูป



รูปแสดงหน้าสัมผัสของคอนแทกเตอร์

- 2. หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2 จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42





ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่รีเลย์ดังต่อไปนี้

1. **รีเลย์กระแส (Current relay)** คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแส มีทั้งชนิดกระแสขาด (Under- voltage) และกระแสเกิน (Over current)
2. **รีเลย์แรงดัน (Voltage relay)** คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดัน มีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)
3. **รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay)** คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้

4. รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

5. รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

- รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

- รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

- รีเลย์แบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

- รีเลย์แบบอินเวอสดิฟฟินิตมินิมั่มไทม์แล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และแบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

6. รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

7. รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

8. รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

- รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)
- อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)
- โมห์รีเลย์ (Mho relay)

- โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)
- โพลาไรซ์โมห์รีเลย์ (Polaized mho relay)
- ออฟเซทโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)

9. รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

10. รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

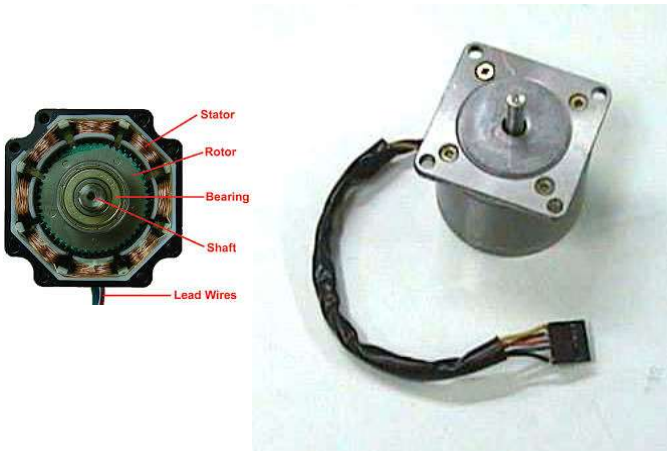
11. บูคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz 's relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิด ฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

สเต็ปมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)

- สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเครื่องด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1,1.5,1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่ นำมอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER)ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTER เป็นต้น

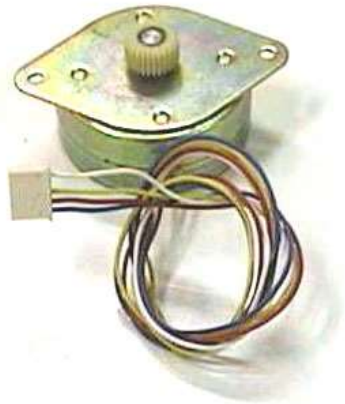
ชนิดและโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์มีลักษณะดังรูป

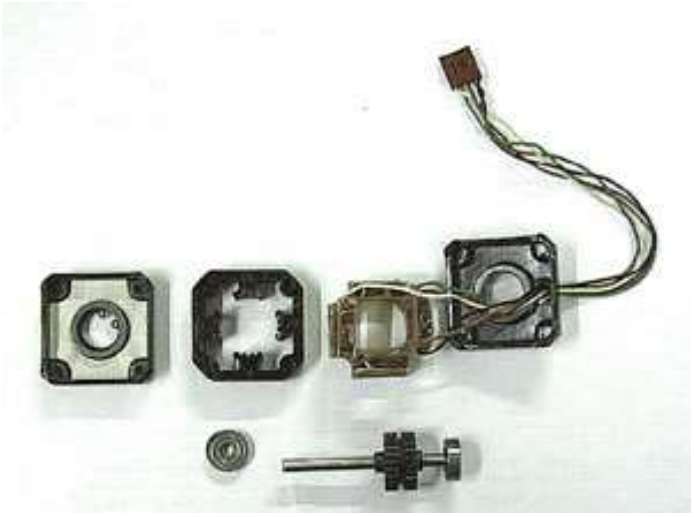


รูป 1สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น

รูป 2 มอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น

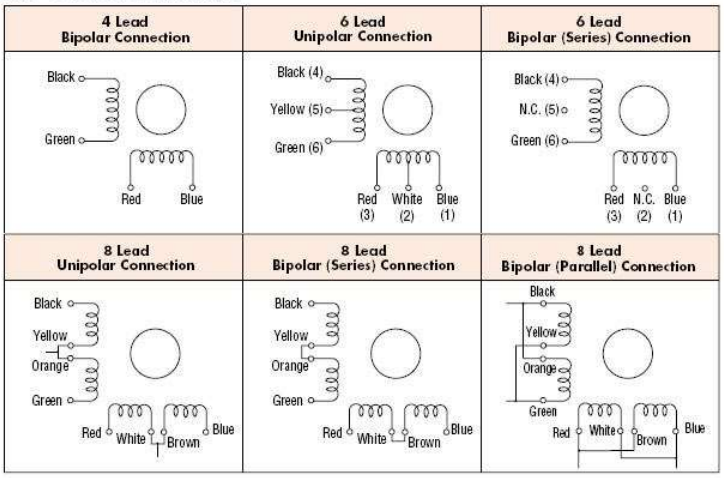


รูป 3สเต็ปมอเตอร์หลายแบบไบโพลาร์



รูป4แสดงภาพถ่ายโครงสร้างสเต็ปมอเตอร์

● Wire Connection Diagrams



- The numbers inside the parentheses indicate the connector pin No. of the high torque type motor.
- N.C.: No Connection

สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

1. แบบแม่เหล็กถาวร(PERMANENT MAGNET_PM)

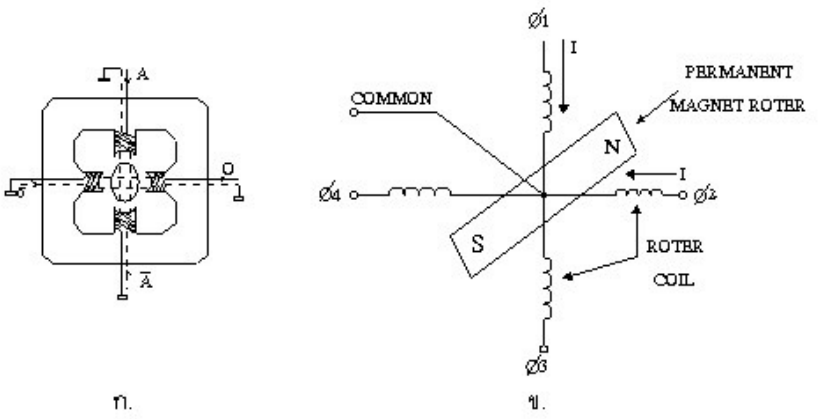
สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (STATOR) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมีโรเตอร์ (ROTOR) เป็นรูปทรงกระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

2. แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VARIABLE RELUCTANCE- VR)

สเต็ปมอเตอร์แบบVR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก กำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนท์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุด ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างขดกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กันโรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

3. แบบผสม(HYBRID-H)

สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้ม ปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกระทัดรัด และให้แรงฉุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ



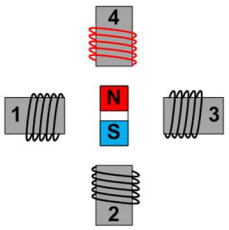
รูป 5. แสดง

(ก) โครงสร้าง

(ข) (ข) วงจรเทียบเท่า (equivalentcircuit) ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด

แสดงมุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแก่เฟสต่าง ๆ ตำแหน่ง

เฟสที่จ่ายกระแสไฟฟ้า	$\phi 1$	$\phi 1\phi 2$	$\phi 2$	$\phi 2\phi 3$	$\phi 3$	$\phi 3\phi 4$	$\phi 4$	$\phi 4\phi 1$
ตำแหน่งโรเตอร์	↑	↗	→	↘	↓	↙	←	↖



จากลักษณะของมุมโรเตอร์หมุนกับกระแสไฟที่ป้อนแก่เฟสต่างๆจะสามารถสั่งงานให้ STEPPING MOTOR หมุนได้ 3 อย่าง คือ

1.แบบจ่ายกระแสไฟให้เฟสเดียววนเวียนกันไป เรียก ONE-EXCITATION หรือ HALF DRIVE คือ f1 , f2, f3, f4 การ OUT EXCITATION แบบนี้แรงบิดจะน้อย

2. แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันทีเดียว 2 f เรียก TWO-EXCTATION หรือ FULL STEP คือ f1f2 , f2f3 , f3f4 , f4f1 หมุนเวียนกันไปแบบนี้แรงบิดจะมาก

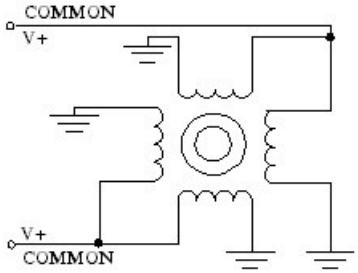
3. แบบจ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส เรียก ONE-TWO EXCITATION หรือ HALF STEP เหมือนรูปแสดงของมุมโรเตอร์ แต่แบบนี้จำนวน STEP ทวนเข็มจะเป็นตรงกันข้าม

เฟส	$\phi 4$	$\phi 3$	$\phi 2$	$\phi 1$
$\phi 1$	1	0	0	1
$\phi 2$	0	0	1	0
$\phi 3$	0	1	0	0
$\phi 4$	1	0	0	0

การตรวจสอบหาสาย COMMON และสาย GROUND ของ STEPPING แบบPM (แบบแกนโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร)

โดยทั่วไป SP MOTOR แบบ PM จะมีอยู่ 2 ชนิด

1. ชนิดที่เป็น COMMON ภายนอก SP MOTOR แบบนี้มีสายอยู่ 6 เส้น คือ



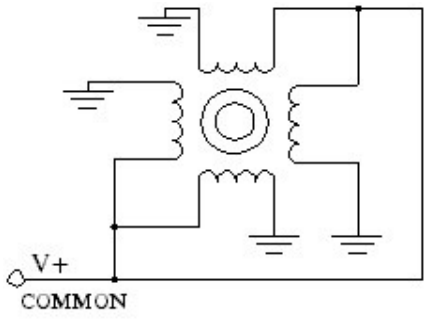
รูป 6 สเต็ปมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น

สายที่เป็น COMMON 2 เส้น

สายที่เป็น GROUND 4 เส้น

- สาย COMMON 1 เส้น จะ DRIVE GROUND 2 เส้น ในการเช็คให้ใช้มิเตอร์วัดหาสายที่เป็น COMMON ก่อนโดยการตั้ง RANGE ของมิเตอร์ที่ R*1 จับที่สายทีละคู่ ถ้าหากวัดสาย COMMON เทียบกับสาย GROUND ได้ถูกต้องค่าความต้านทานที่อ่านได้จะน้อย แต่ถ้าวัดผิดสาย คือวัดสาย GROUND เทียบกับ GROUNDค่าความ ต้านทานที่อ่านได้จะสูงกว่าแต่ถ้าวัดสาย COMMON เทียบกับสาย GROUND ที่ไม่ใช่คู่กันแล้ว เข็มมิเตอร์ก็จะไม่ กระดิก ให้ทดลองวัดเปรียบเทียบกันทีละคู่ ก็จะทราบว่าสายใดเป็นสาย COMMON สายใดเป็นสาย GROUND

2. ชนิดที่เป็น COMMON ภายใน SP MOTOR แบบนี้มีสายอยู่ 5 เส้น คือ



รูป 7 สเต็ปมอเตอร์ชนิดมีสาย 5 เส้น

สายที่เป็น COMMON 1 เส้น
สายที่เป็น GROUND 4 เส้น

- ในการวัดให้ทำแบบเดียวกับการวัด SP MOTOR ชนิด COMMON ภายนอกแตกต่างกัน เพียงแบบ COMMON ภายในสาย COMMON 1 เส้นDRIVE สาย GROUND 4 เส้น ดังนั้น หากสายเส้นใดเมื่อวัดเทียบกับสายเส้นอื่น แล้วมีค่าความต้านทานน้อยที่สุดสายเส้นนั้นเป็นสาย COMMON และที่เหลืออีก4 เส้นจะเป็นสาย GROUND

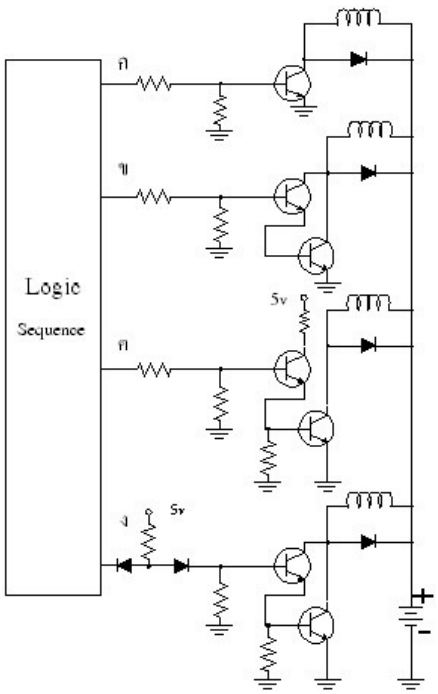
การเรียงเฟสของ STEPPING MOTOR แบบ PM

เมื่อเราทราบว่าสายเส้นใดเป็นสาย COMMON แล้วแต่เรายังไม่ทราบว่าสาย GROUND เส้นใดเป็นเฟสที่1 เฟสที่ 2 เฟสที่ 3 และเฟสที่ 4 ในการเรียงเฟสนั้นให้ใช้มิเตอร์วัดโดยนำ V+ เขาที่สาย COMMON วัดเทียบกับสาย GROUNDเส้นใดก็ได้ 1 เส้น จะทำให้แกนโรเตอร์เคลื่อนไปข้างหน้า 1 STEP เมื่อเปลี่ยนสาย GROUND เส้นแรกเป็นเส้นที่ 2 ลาก MOTOR ไม่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าแสดงว่าการเรียงเฟสไม่ถูกต้องก้ให้วัดเทียบกับสาย GROUNDเส้นใหม่ต่อไป หาก MOTOR เคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามก้น วัดที่สาย GROUND เส้นต่อไปเรื่อย ๆ ก็จะทำให้ทราบว่าสายเส้นใดเป็นเฟสแรก สายเส้นใดเป็นเฟสที่ 2 เฟสที่ 3 และเฟสท ี่ 4 การเรียงเฟสของ SP MOTOR แบบ PM ทั้งชนิดที่เป็น COMMON ภายนอกและชนิดที่เป็น COMMON ภายใน ใช้หลักการเดียวกัน

วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

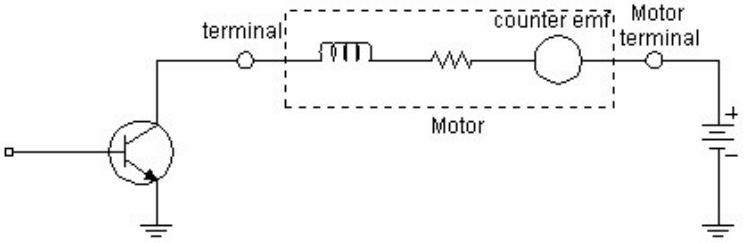
วงจรขับ (DRIVE)

เมื่อเรารู้ซีเควนซ์ของมันแล้วต่อไปเราก็ต้องมีวงจร DRIVE ให้แก่ STEPPING MOTOR วิธีที่ง่ายที่สุดในการ ต่อวงจรซีเควนส์เข้ากับวงจรขับ คือ การต่อโดยตรง ดังเอาท์พุท ก และ ข แต่ถ้ากระแสเอาท์พุท ของวงจรซีเควนส์ไม่ เพียงพอก็ต้องต่อ บัฟเฟอร์ (BUFFER) เพื่อขยายกระแสดังรูป เอาท์พุท ค และง



รูป 8 แสดงวิธีขับเอาท์พุทขอสเต็ปมอเตอร์

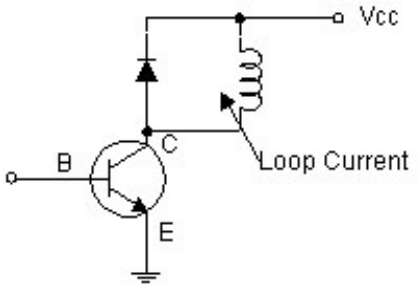
- **ปัญหาเกี่ยวกับวงจรขับ** ขดลวดของสเต็ปมอเตอร์เป็น โหลดชนิดตัวเหนี่ยวนำ และมีค่าเปรียบเสมือนผลรวมของความเหนี่ยวนำ (Inductance)อนุกรมกับความต้านทานดังรูป 9



รูป 9 วงจรสมมูล (equivalentcircuit) ของสเต็ปมอเตอร์

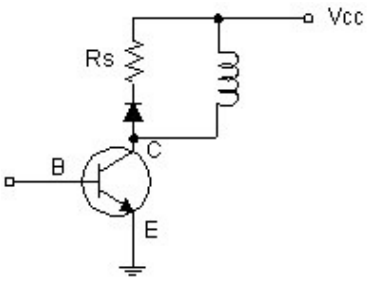
ซัพเพรสเซอร์ (SUPRESSOR) เมื่อ ทรานซิสเตอร์รูป A หยุดนำกระแส จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าสูงจำนวนหนึ่งเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสในตัวเหนี่ยวนำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้จะเป็นอันตรายต่อทรานซิสเตอร์ได้วิธีป้องกันได้ด้วยวิธีการต่อไปนี้

1. ใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์



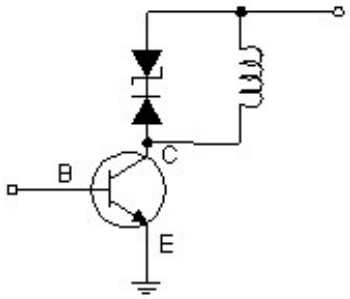
กระแสหมุนเวียน CIRCULATING CURRENT จะเริ่มไหลหลังจากทรานซิสเตอร์ หยุดนำกระแสและศักดาบนคอลเลคเตอร์ จะเท่ากับศักดาของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ข้อเสียคือ กระแสจะหมุนเวียนอยู่นานและจะทำให้เกิดแรงบิดห้ามล้อ (BREAKING TORQUE) พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียเป็นความร้อนในความต้านทานของขดลวด

2. ใช้ไดโอดและตัวต้านทานซัพเพรสเซอร์



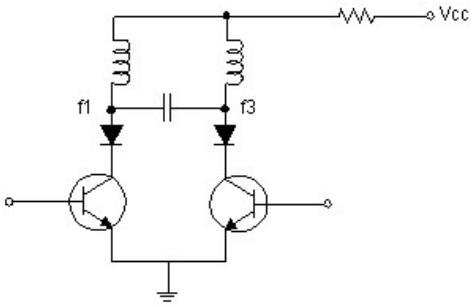
ถ้าค่าตัวต้านทาน RS ยิ่งมากกระแสหมุนเวียนก็จะลดลงเร็ว ขึ้นแต่ศักดาของ คอลเลคเตอร์ในขณะกระแสไหลย้อนกลับ จะมีค่าสูงขึ้นพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียในตัวต้านทาน RS

3. ใช้ซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์



- เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส กระแสจะลดลงได้เร็วกว่า 2แบบแรก และศักดาที่คอลเลคเตอร์ขณะกระแสไหลย้อน กลับจะเท่ากับศักดาของซีเนอร์บวกกับศักดาของแหล่งจ่าย ซึ่งเป็นอิสระต่อกระแสพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียในซีเนอร์ไดโอด

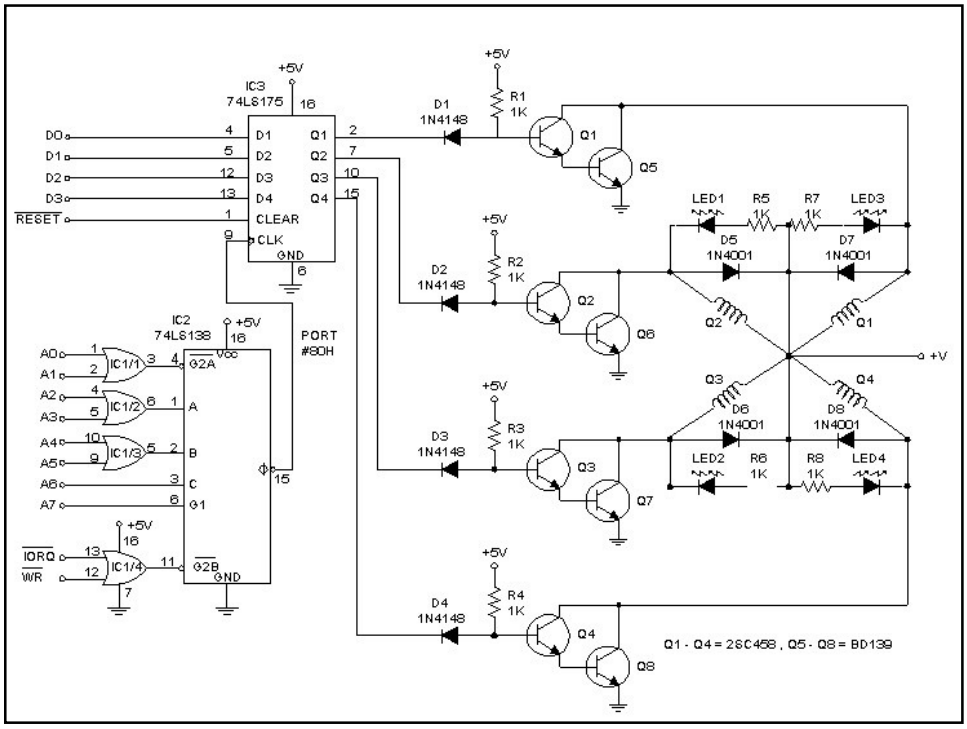
4. ใช้ตัวเก็บประจุซัพเพรสเซอร์



- จะใส่ตัวเก็บประจุให้ f1 กับ f3 และ f2 กับ f4 เมื่อทรานซิสเตอร์ หยุดนำกระแสตัวเก็บประจุ C จะต่อกับทรานซิสเตอร์ โดยผ่านไดโอด และจะดูดกลืนกระแสที่ค่อยๆ ลดลงจากขดลวดของมอเตอร์ เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสีย และยังช่วยแดมป์ไฟ คือช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวดสเตเตอร์เนื่องจากการแกว่งของโรเตอร์

- **วงจรขับ**

  Q1-Q4 เป็นตัวขับร่วมกับ Q5-Q8 โดยการต่อแบบดาร์ลิงตัน วงจรนี้สามารถใช้กับมอเตอร์ที่ดึงกระแสมากๆแต่ไม่ ควรเกิน 2A เพราะ Q5-Q8 อาจจะร้อนซึ่งวงจรที่ให้มานี้ออกแบบไว้สำหรับรุ่นที่ให้กระแสไม่เกิน 600 mA ถ้าจะใช้ กับรุ่นที่ดึงกระแสมากก็เพียงแต่เปลี่ยน Q5-Q8 เป็นเบอร์ที่สามารถทนกระแสได้มากขึ้น D5-D8 เป็นตัวป้องกัน ความเสียหาย ทรานซิสเตอร์อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันย้อนกลับ LED1-LED5 ทำหน้าที่บอกสภาวะเอาท์พุท (สว่างคือ "1" ดับคือ "0") R5-R8 ทำหน้าที่จำกัดกระแส โดย LED ซึ่งแรงดันย้อนกลับสามารถทำให้ LED ติดสว่างได้เช่นกัน แรงดัน +V นั้นควรเลือกให้เหมาะสมกับสเต็ปมอเตอร์ที่จะใช้ด้วยคือประมาณV+2.5 โดย V คือค่าแรงดันที่กำกับไว้ที่ข้างตัวมอเตอร์ เช่น 12 V ก็จะใช้แรงดันเท่ากับ 12+2.5 = 14.5 โวลต์ เป็นต้น


IC3
74LS175
+5V
D0
D1
D2
D3
RESET
CLEAR
CLK
GND
D1 1N4148
D2 1N4148
D3 1N4148
D4 1N4148
R1 1K
R2 1K
R3 1K
R4 1K
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
Q6
Q7
Q8
LED1
LED2
LED3
LED4
R5 1K
R6 1K
R7 1K
R8 1K
D5 1N4001
D6 1N4001
D7 1N4001
D8 1N4001
+V
IC2
74LS138
PORT
#80H
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
IC1/1
IC1/2
IC1/3
IC1/4
IORQ
WR
Q1 - Q4 = 2SC458 , Q5 - Q8 = BD139