

ไฟฟ้าและอุตสาหกรรม ปีที่ 11 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2547

ที่มา : www.technologymedia.com

อิเล็กทรอนิกส์

เครื่องควบคุมมอเตอร์

ผศ.ชลชัย ธรรมวิวัฒน์กูร

การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าจะต้องมีชุดอุปกรณ์สำหรับการสั่งเดินและหยุดมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงานได้ตามต้องการ โดยมากผู้ออกแบบมักจะเลือกใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์(Magnetic Contactor) เป็นอุปกรณ์สั่งงานซึ่งสามารถนำมาติดตั้งในเครื่องห่อหุ้มหรือตู้ควบคุมเพื่อใช้งาน โดยมีลักษณะการควบคุมพื้นฐานอยู่ 2 ลักษณะคือ

- 1.เริ่มใช้งานมอเตอร์ด้วยการต่อไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง (Direct On Line Starter)
- 2.เริ่มเดินเครื่องด้วยวิธีการลดแรงดัน (Reduced Voltage Starter)

แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์จะประกอบไปด้วยชุดขดลวดสำหรับรับไฟฟ้าเข้าและชุดหน้าสัมผัสซึ่งจะมีทั้งชนิดปกติปิด(Normally Close)และปกติเปิด(Normally Open) เมื่อมีการจ่ายไฟเข้าที่ขดลวด แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์จะทำงานโดยการเปลี่ยนตำแหน่งหน้าสัมผัสทำให้กระแสไฟเกิดการไหลผ่านหรือหยุดไหลผ่านหน้าสัมผัส ตามวงจรที่ต่อไว้ ในวงจรหนึ่งๆอาจมีการใช้งานแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์มากกว่า 1 ตัวก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบเอง โดยปกติแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์จะมีหน้าสัมผัสหลัก(Main Contact) ซึ่งสามารถทนกระแสได้สูงใช้ต่อในวงจรกำลัง และหน้าสัมผัสช่วย(Auxiliary Contact) ซึ่งทนกระแสได้น้อยกว่าแต่จะใช้ในวงจรควบคุมแทนดังรูปที่ 1

การเริ่มใช้งานมอเตอร์ด้วยการต่อไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง

เครื่องควบคุมมอเตอร์แบบนี้จะต่อไฟฟ้าที่แรงดันปกติของมอเตอร์เข้าที่ขั้วของมอเตอร์โดยตรง ซึ่งจะทำให้ค่ากระแสเริ่มเดินเครื่อง(Starting Current) มีค่าสูงมาก แต่จะให้ผลดีคือแรงบิดเริ่มต้นของมอเตอร์ก็จะมีค่าสูงด้วย สามารถจุดโหลดหนักๆได้ดี โดยทั่วไปกระแสเริ่มเดินนี้จะมีค่าประมาณ 6 เท่าของค่ากระแสปกติของมอเตอร์ การใช้งานก็นิยมใช้สำหรับมอเตอร์ขนาดเล็กๆไม่เกิน 10 แรงม้า เนื่องจากขณะเริ่มเดินมอเตอร์อาจจะส่งผลให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบได้(ยกเว้นในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งจะมีระบบไฟฟ้าที่ค่อนข้างใหญ่) อาจจะต้องการให้มอเตอร์มีแรงบิดเริ่มเดินสูงจนไม่คำนึงถึงค่าแรงดันตกชั่วขณะ)ปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตเป็นแบบชุดสำเร็จรูปประกอบด้วยแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์และ โอเวอร์ โหลดรีเลย์พร้อมสวิทช์ปุ่มกดควบคุมอยู่ในกล่องควบคุมเดียวกันเพื่อความสะดวกของผู้ใช้ ลักษณะดังรูปที่ 2

การเริ่มเดินเครื่องด้วยวิธีการลดแรงดัน

เมื่อวิธีการเดินเครื่องแบบจ่ายไฟฟ้าเข้าที่มอเตอร์โดยตรงทำให้เกิดกระแสเริ่มเดินสูง จึงได้มีการคิดค้นวิธีการลดกระแสเริ่มเดินนี้ด้วยวิธีเดินเครื่องแบบอื่นๆ วิธีที่นิยมใช้ก็คือการลดแรงดันที่จ่ายเข้าที่ขั้วมอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์เริ่มเดินได้จากนั้นจึงค่อยจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ปกติเข้าที่ขั้วของมอเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมีหลายวิธีเช่น

- 1.การเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลต้า (Star-Delta Starting)
 - 2.การเริ่มเดินเครื่องด้วยหม้อแปลงออโต้ (Autotransformer Starting)
 - 3.การเริ่มเดินเครื่องด้วยความต้านทาน (Resistance Starting)
- วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยวิธีการต่างๆนี้ จะแสดงในหัวข้อ วงจรควบคุมมอเตอร์

พิสัยของเครื่องควบคุมมอเตอร์

ตามมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าของ ว.ส.ท. ฉบับปัจจุบันระบุว่า เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีพิสัยแรงม้าไม่ต่ำกว่าพิสัยแรงม้าของมอเตอร์ โดยมีข้อยกเว้นดังนี้

- 1.มอเตอร์พิสัยไม่เกิน 2 แรงม้า ใช้แรงดันไม่เกิน 416 โวลต์ อนุญาตให้ใช้สวิตช์แบบใช้งานทั่วไปที่มีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 2 เท่าของกระแสใช้งานมอเตอร์แทนเครื่องควบคุมได้
- 2.เครื่องควบคุมสำหรับทอร์กมอเตอร์ (Torque Motor) ต้องมีขนาดกระแสใช้งานต่อเนื่องไม่น้อยกว่าขนาดกระแสที่ระบุไว้ที่มอเตอร์

นอกจากนี้ในการเลือกใช้งานแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ยังต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานมอเตอร์และจำนวนครั้งในการตัด-ต่อ ด้วย ซึ่งจะมีผลต่อหน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ โดยส่วนใหญ่แล้วผู้ออกแบบมักจะเลือกใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ตามมาตรฐานของ IEC 947-4-1 ซึ่งจะแบ่งระดับของการใช้งานแมกเนติกคอนแทคเตอร์เป็นรหัสต่างๆ ดังตารางที่ 1

สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันทั่วไปมากที่สุดจะเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำหรืออินดักชันมอเตอร์ ควรจะเลือกใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ชนิด AC-3

ตารางที่ 1 การแบ่งระดับของกรใช้งานแมกเนติกคอนแทคเตอร์ตามมาตรฐาน IEC 947-4-1

Kind of current	Utilization categories	Typical applications
A.C.	AC-1 AC-2 AC-3 AC-4 AC-5a AC-5b AC-6a AC-6b AC-7a ³⁾ AC-7b ³⁾ AC-8a AC-8b	Non-inductive or slightly inductive loads, resistance furnaces Slip-ring motors: starting, switching off Squirrel-case motors: starting, switching off motors during running ¹⁾ Squirrel-cage motors: starting, plugging, inching Switching of electric discharge lamp controls Switching of incandescent lamps Switching of transformers Switching of capacitor banks Slightly inductive loads in household appliances and similar applications Motor-loads for household applications Hermetic refrigerant compressor motor ²⁾ control with manual resetting of overload releases Hermetic refrigerant compressor motor ²⁾ control with automatic resetting of overload releases
D.C.	DC-1 DC-3 DC-5 DC-6	Non-inductive or slightly inductive loads, resistance furnaces Shunt-motors: starting, plugging, inching Dynamic breaking of d.c. motors Series- motors: starting, plugging, inching Dynamic breaking of d.c. motors Switching of incandescent lamps
<p><i>1) AC-3 category may be used for occasional inching (jogging) or plugging for limited time periods such as machine set-up; during such limited time periods the number of such operators should not exceed five per minute or more than ten in a 10-min period.</i></p> <p><i>2) Hermetic refrigerant compressor motor is a combination consisting of a compressor and a motor, both of which are enclosed in the same housing with no external shaft or shaft seals, the motor operating in the refrigerant.</i></p> <p><i>3.) For AC-7a and AC-7b, see IEC 1095</i></p>		

วงจรควบคุมมอเตอร์

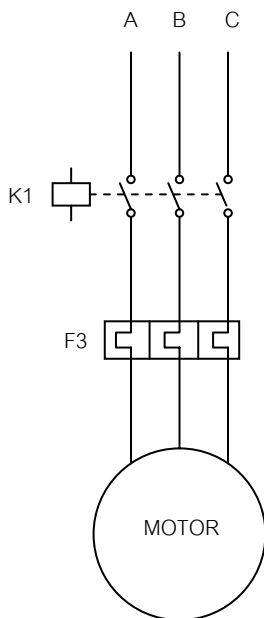
วงจรควบคุมมอเตอร์คือวงจรไฟฟ้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ สามารถควบคุมได้โดยการควบคุมการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อควบคุมให้หน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำงาน (เปิดหรือปิด) ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาจจะมีอุปกรณ์ช่วยอื่นๆ เช่น รีเลย์หน่วงเวลา ประกอบอยู่ในวงจรด้วยก็ได้ โดยทั่วไปในวงจรจะประกอบด้วยวงจรกำลัง (Power Circuit) ซึ่งจะใช้น้ำสัมผัสหลัก (Main Contact) ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์เป็นตัวจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ และวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งจะใช้น้ำสัมผัสช่วย (Auxiliary Contact) ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เป็นตัวจ่ายไฟให้กับชุดขดลวดของแมกเนติกคอนแทคเตอร์หรืออุปกรณ์ช่วยต่างๆ ในวงจรควบคุม

วงจรควบคุมมอเตอร์พื้นฐานจะประกอบด้วย

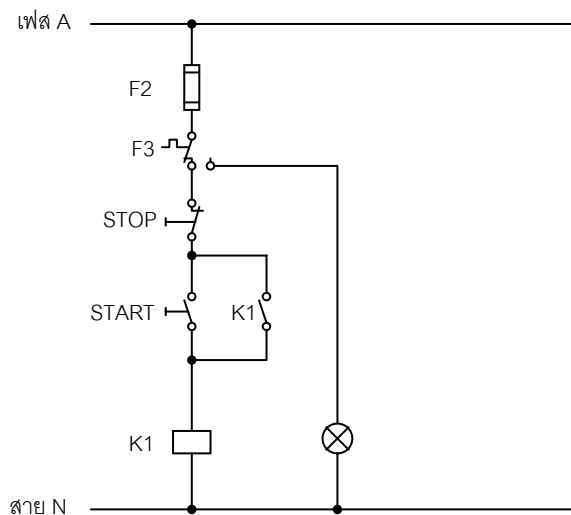
1. วงจรควบคุมมอเตอร์แบบจ่ายไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง (Direct On Line Starting)
2. วงจรควบคุมมอเตอร์แบบจ่ายไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรงแบบกลับทางหมุนได้ (Reverse Control)
3. วงจรการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลต้า (Star-Delta Starting)
4. วงจรการเริ่มเดินเครื่องด้วยหม้อแปลงออโต้ (Autotransformer Starting)
5. วงจรการเริ่มเดินเครื่องด้วยความต้านทาน (Resistance Starting)

1. วงจรควบคุมมอเตอร์แบบจ่ายไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง

ลักษณะวงจรควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 4 นิยมใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กโดยทั่วไปการต่อวงจรทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง ควบคุมการทำงานด้วยสวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)



ก. วงจรกำลัง (Power Circuit)

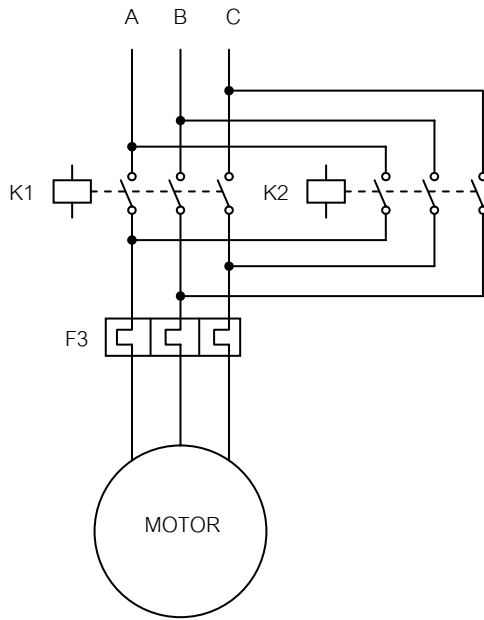


ข. วงจรควบคุม (Control Circuit)

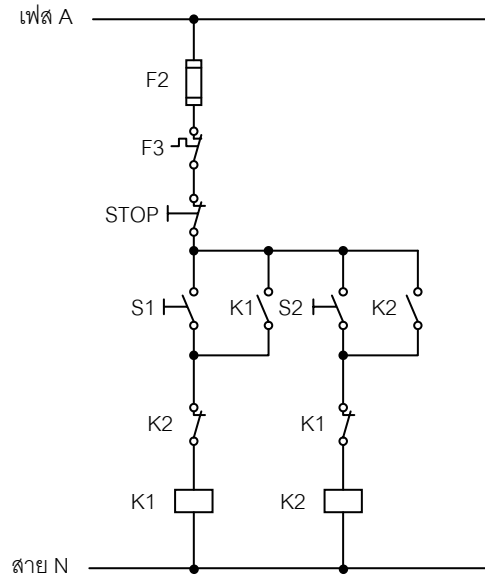
รูปที่ 4 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบจ่ายไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง

2. วงจรควบคุมมอเตอร์แบบจ่ายไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรงแบบกลับทางหมุนได้

ลักษณะวงจรควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 5 การกลับทางหมุนมอเตอร์ทำได้โดยการสลับสายคู่ใดคู่หนึ่งของสายเฟส(วงจรกำลัง) โดยขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนในทิศทางหนึ่งอยู่จะไม่สามารถสั่งงานให้กลับทางหมุนทันทีได้แต่จะต้องกดสวิทช์หยุดเสียก่อนจึงจะสามารถสั่งให้กลับทางหมุนได้



ก.) วงจรกำลัง (Power Circuit)

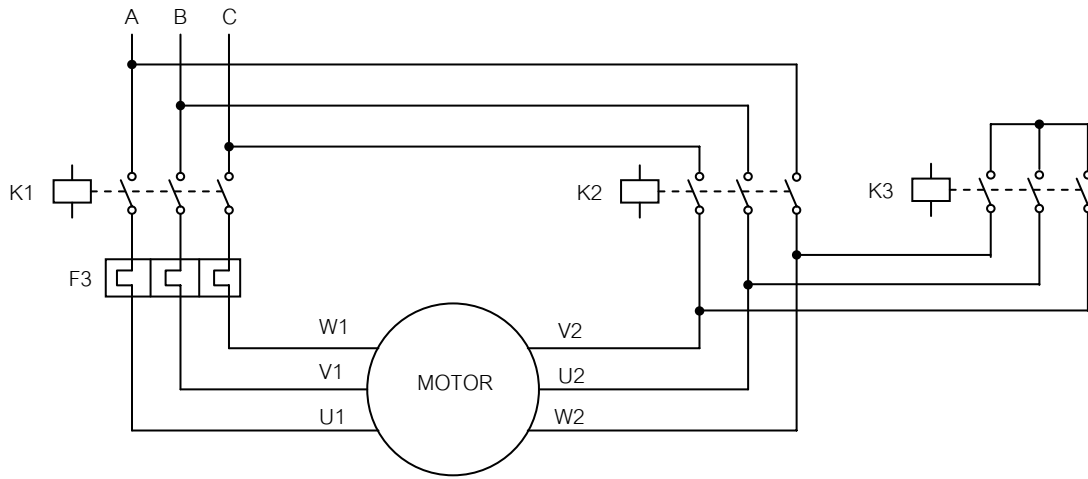


ข.) วงจรควบคุม (Control Circuit)

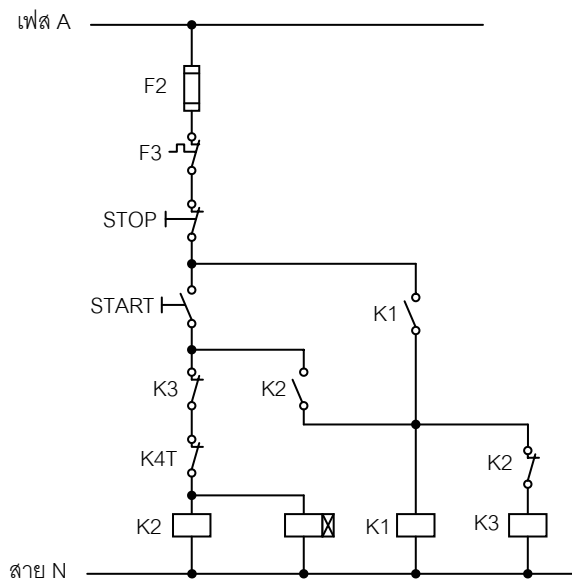
รูปที่ 5 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบจ่ายไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรงแบบกลับทางหมุนได้

3. วงจรการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์ท-เคลด้า

ลักษณะวงจรควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 6 เป็นวงจรควบคุมมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากโดยเฉพาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ วงจรควบคุมพื้นฐานจะประกอบด้วยแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์จำนวน 3 ตัวและรีเลย์หน่วงเวลา (K4T) สำหรับปรับตั้งช่วงเวลาเริ่มเดินแบบสตาร์ทอีก 1 ตัว หลักการทำงานจะเป็นการลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดมอเตอร์ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องโดยใช้แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K1 และ K3 เป็นตัวต่อขดลวดแบบสตาร์ทแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดขณะเริ่มเดินจะเท่ากับแรงดันเฟส ทำให้กระแสที่ไหลในสายจะลดลงเหลือประมาณ $\frac{1}{3}$ ของกระแสไหลเต็มที่เท่านั้น เมื่อมอเตอร์เริ่มเดินได้แล้วก็จะสั่งให้แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K3 ปลดวงจรออกพร้อมทั้งสั่งให้แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K2 ต่อวงจรในแบบเคลด้าแทน ในกรณีนี้กระแสที่ไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์แบบเคลด้าจะมีค่าเพียง $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของกระแสไหลเต็มที่เท่านั้น จะเห็นได้ว่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้งในจังหวะการต่อแบบสตาร์ทและเคลด้า นั้น จะต้องไหลผ่านหน้าสัมผัสของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์เสมอ ซึ่งจะมีค่าไม่ถึงกระแสไหลเต็มที่ของมอเตอร์ ดังนั้นในการติดตั้งจึงไม่จำเป็นต้องใช้แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ขนาดเท่ากับกระแสไหลเต็มที่มาต่อใช้งาน



ก.) วงจรกำลัง (Power Circuit)



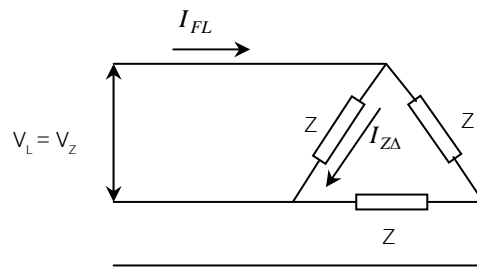
ข.) วงจรควบคุม (Control Circuit)

รูปที่ 6 วงจรการเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลต้า

ตัวอย่างที่ 1 จงพิสูจน์ให้เห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์ในจังหวะการต่อแบบสตาร์ มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{3}$ เท่าของกระแสไหลคเดิมที่ของวงจรควบคุมมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า

วิธีทำ

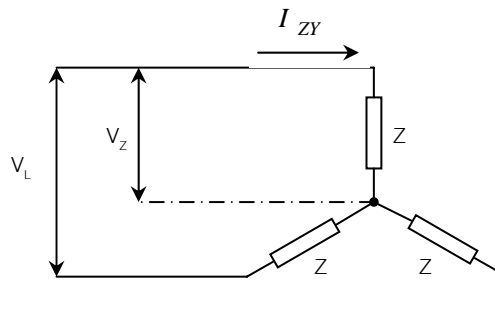
กระแสไหลคเดิมที่ของมอเตอร์(ต่อแบบเดลต้า) = I_{FL} A.
 จังหวะการต่อแบบเดลต้า



รูปที่ 7 ประกอบตัวอย่างที่ 1 ขณะมอเตอร์ต่อแบบเดลต้า

แรงดันตกคร่อมขดลวดขณะต่อแบบเดลต้า	V_Z	=	V_L	V.
กระแสผ่านขดลวดขณะต่อแบบเดลต้า	$I_{Z\Delta}$	=	$\frac{I_{FL}}{\sqrt{3}}$	A.
แต่	$I_{Z\Delta}$	=	$\frac{V_L}{Z}$	A.
ดังนั้น	$\frac{V_L}{Z}$	=	$\frac{I_{FL}}{\sqrt{3}}$	A.
\therefore	Z	=	$\frac{\sqrt{3} \times V_L}{I_{FL}}$	Ω

จังหวะการต่อแบบสตาร์



รูปที่ 8 ประกอบตัวอย่างที่ 1 ขณะมอเตอร์ต่อแบบสตาร์

แรงดันตกคร่อมขดลวดขณะต่อแบบสตาร์	V_Z	$=$	$\frac{V_L}{\sqrt{3}}$	V.
กระแสผ่านขดลวดขณะต่อแบบสตาร์	I_{ZY}	$=$	$\frac{V_Z}{Z}$	A.
ดังนั้น	I_{ZY}	$=$	$\frac{V_L}{\sqrt{3} \times Z}$	A.
แต่	Z	$=$	$\frac{\sqrt{3} \times V_L}{I_{FL}}$	Ω
ดังนั้น	I_{ZY}	$=$	$\frac{V_L \times I_{FL}}{\sqrt{3} \times \sqrt{3} \times V_L}$	A.
\therefore	I_{ZY}	$=$	$\frac{I_{FL}}{3}$	A.

สรุปได้ว่า

กระแสผ่านขดลวดมอเตอร์ขณะต่อแบบเดลต้า	I_{Δ}	$=$	$\frac{I_{FL}}{\sqrt{3}}$	A.
กระแสผ่านขดลวดมอเตอร์ขณะต่อแบบสตาร์	I_{ZY}	$=$	$\frac{I_{FL}}{3}$	A.

ตัวอย่างที่ 2 จงหาขนาดพิกัดของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ของวงจรควบคุมมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า สำหรับใช้ในการควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส 380 โวลต์ 40 กิโลวัตต์ มีค่ากระแสโหลดเต็มที่ 79 แอมแปร์

วิธีทำ

ค่ากระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ขนาด 40 กิโลวัตต์เท่ากับ 79 แอมแปร์

กระแสที่ไหลผ่านแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K1 และ K2 มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ของกระแสโหลดเต็มที่

ขนาดกระแสของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์	$=$	$1.25 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times 79$		
	$=$	57.01	A.	

พิกัดของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์	$=$	$\sqrt{3} \times V_L \times I_L$		
	$=$	$\sqrt{3} \times 380 \times 57.01$		

\therefore ขนาดพิกัดของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K1 และ K2	$=$	37.52		kW.
--	-----	---------	--	-----

กระแสที่ไหลผ่านแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K3 มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{3}$ ของกระแสโหลดเต็มที่

ขนาดกระแสของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์	$=$	$1.25 \times \frac{1}{3} \times 79$		
	$=$	32.92	A.	

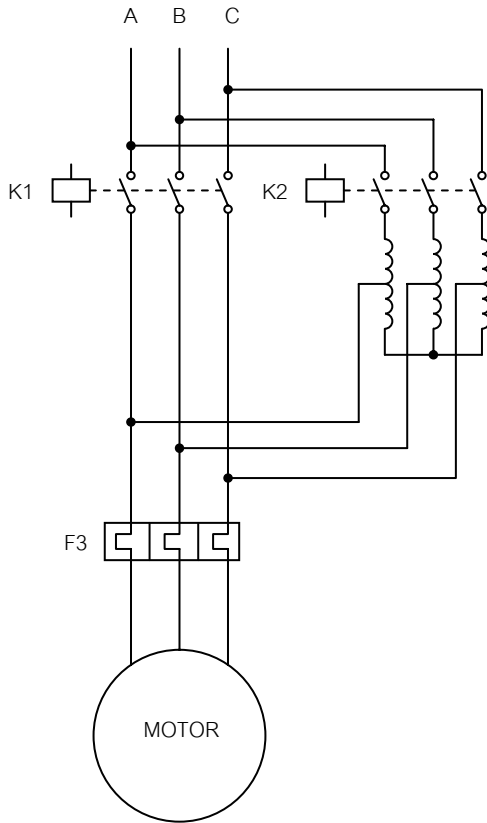
พิกัดของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์	$=$	$\sqrt{3} \times V_L \times I_L$		
	$=$	$\sqrt{3} \times 380 \times 32.92$		

\therefore ขนาดพิกัดของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K3	$=$	21.67		kW.
---	-----	---------	--	-----

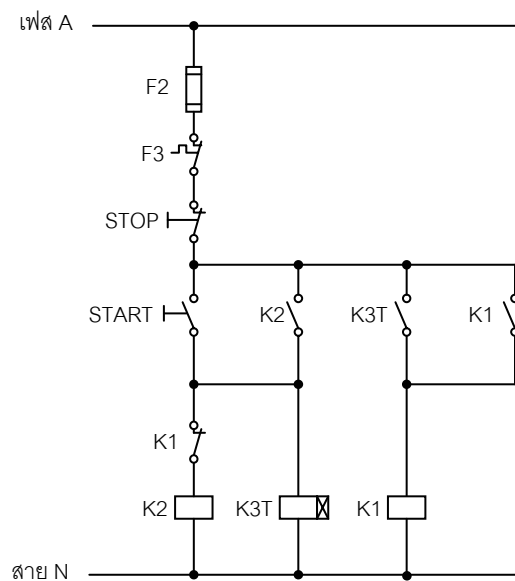
หมายเหตุ ขนาดกระแสที่ไหลผ่านแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ต้องคูณด้วย 1.25 โดยคิดเช่นเดียวกับการหาขนาดพิกัดของสายไฟฟ้าที่ต่อเข้ามอเตอร์

4. วงจรการเริ่มเดินเครื่องด้วยหม้อแปลงออโต้

ลักษณะวงจรควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 9 เป็นการเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านหม้อแปลงออโต้ที่แรงดันต่ำกว่าพิกัด เมื่อมอเตอร์เริ่มเดินได้แล้วก็จะตัดวงจรหม้อแปลงออโต้และจ่ายไฟฟ้าที่แรงดันพิกัดให้กับมอเตอร์แทน นิยมใช้กับมอเตอร์ขนาดใหญ่เช่นเดียวกัน



ก.) วงจรกำลัง (Power Circuit)

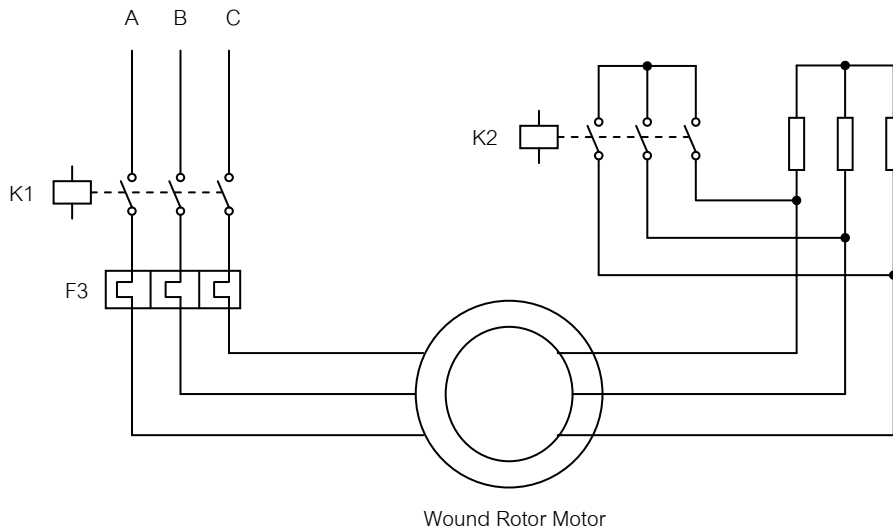


ข.) วงจรควบคุม (Control Circuit)

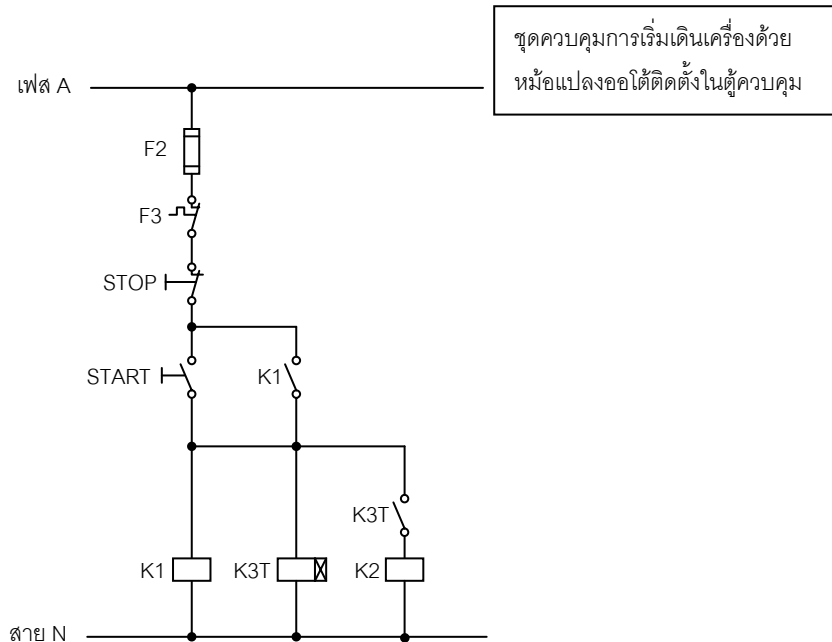
รูปที่ 9 วงจรการเริ่มเดินเครื่องด้วยหม้อแปลงออโต้

5. วงจรการเริ่มเดินเครื่องด้วยความต้านทาน

ลักษณะวงจรควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 10 นิยมใช้กับมอเตอร์ชนิดดาวดีโรเตอร์ โดยการต่อชุดความต้านทานทางด้านโรเตอร์เพื่อให้ตัวต้านทานเป็นตัวจำกัดกระแสขณะเริ่มเดิน เมื่อมอเตอร์เริ่มเดินได้แล้วก็จะปลดชุดความต้านทานออกด้วยการสั่งให้แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ K2 ทำงาน ก็จะเป็นการตัดวงจรทางด้านโรเตอร์โดยสมบูรณ์ ในกรณีที่ค่ากระแสเริ่มเดินสูงมาก ๆ ผู้ออกแบบสามารถเพิ่มชุดความต้านทานและแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ได้มากกว่า 1 ชุดเมื่อมอเตอร์เริ่มเดินได้แล้วก็ค่อยปลดชุดความต้านทานออกทีละชุดเพื่อให้การเริ่มเดินเป็นไปด้วยความนุ่มนวลขึ้นก็ได้



ก.) วงจรกำลัง (Power Circuit)



ข.) วงจรควบคุม (Control Circuit)

รูปที่ 10 วงจรการเริ่มเดินเครื่องด้วยความต้านทาน

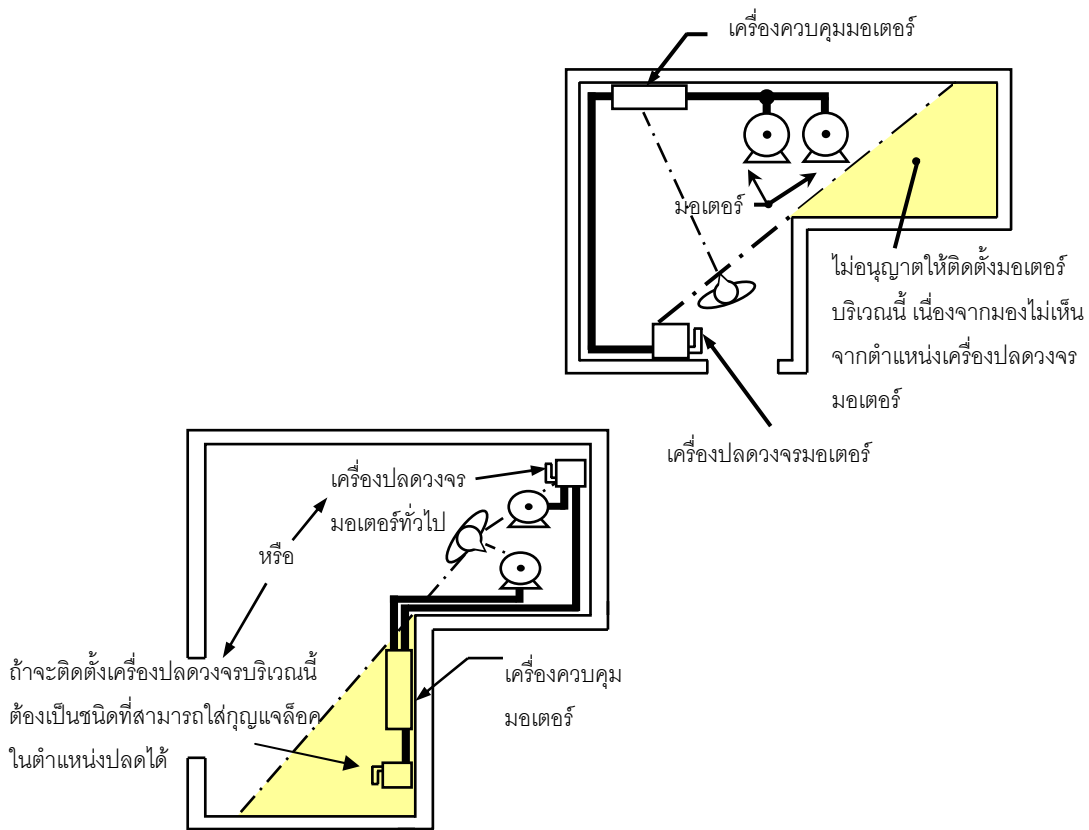
เครื่องปลดวงจรมอเตอร์

เครื่องปลดวงจรมอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าในวงจรมอเตอร์ และใช้สำหรับ ปลดวงจรมอเตอร์ออกในกรณีฉุกเฉินหรือเพื่อซ่อมบำรุงโดยเครื่องปลดวงจรมอเตอร์แรงต่ำจะต้องมีฟักัดกระแส ไม่น้อยกว่าร้อยละ 115 ของฟักัดกระแสโหลดเต็มที่ (FLC) ของมอเตอร์ และจะต้องเป็นสวิตซ์ที่ใช้สำหรับโหลด ประเภทอินดักทีฟ (Inductive) โดยทั่วไปนิยมใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเซฟตี้สวิตซ์เป็นเครื่องปลดวงจรมอเตอร์ แต่มีข้อยกเว้นสำหรับการใช้งานดังนี้

- ข้อยกเว้นที่ 1** มอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 1/8 แรงม้าอนุญาตให้ใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรร้อยเป็นเครื่องปลดวงจรได้
- ข้อยกเว้นที่ 2** สำหรับมอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 2 แรงม้า แรงดันไม่เกิน 416 โวลต์ อนุญาตให้ใช้ สวิตซ์ใช้งานทั่วไปที่มีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพิกัดกระแส โหลดเต็มที่ของมอเตอร์เป็นเครื่องปลดวงจรได้
- ข้อยกเว้นที่ 3** มอเตอร์ขนาด 2-100 แรงม้า เครื่องปลดวงจรสำหรับมอเตอร์ซึ่งใช้เครื่องควบคุมแบบหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer Type Controller) อนุญาตให้ใช้สวิตซ์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีสภาพดังต่อไปนี้ทุกประการ
1. เป็นมอเตอร์ที่หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังทางด้านโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 2. เครื่องควบคุมมอเตอร์สามารถตัดกระแสลอคโรเตอร์ได้ มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังที่มีพิกัดหรือขนาดปรับตั้งไม่เกินร้อยละ 125 ของพิกัดกระแส โหลดเต็มที่ของมอเตอร์และต้องเป็นชนิดที่ปลดวงจรออกเมื่อไม่มีไฟ (No-Voltage Release)
 3. ฟิวส์ที่แยกเป็นส่วนต่างหากหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเวลาผกผันที่มีขนาดหรือการปรับตั้งไม่เกินร้อยละ 150 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เป็นเครื่องป้องกันวงจรร้อยมอเตอร์
- ข้อยกเว้นที่ 4** มอเตอร์กระแสตรงติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 40 แรงม้า หรือมอเตอร์กระแสสลับติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 100 แรงม้า อนุญาตให้ใช้สวิตซ์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีป้ายเตือนว่า “ห้ามสับหรือปลดขณะมีโหลด” และมีอุปกรณ์ป้องกันการปลดสับโดยพลั้งเผลอ เช่น กุญแจ
- ข้อยกเว้นที่ 5** มอเตอร์แบบค่อด้วยสายและเด้าเสียบ อนุญาตให้ใช้เด้าเสียบเป็นเครื่องปลดวงจรได้
- ข้อยกเว้นที่ 6** ทอร์คมอเตอร์ (Torque Motor) อนุญาตให้ใช้สวิตซ์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้

ข้อกำหนดการติดตั้ง

เครื่องปลดวงจรต้องติดตั้งอยู่ในที่ซึ่งมองเห็นได้จากที่ตั้งเครื่องควบคุมมอเตอร์และห่างกันไม่เกิน 15 เมตร จากเครื่องควบคุมมอเตอร์และต้องติดตั้งอยู่ในที่ซึ่งมองเห็นได้จากที่ตั้งมอเตอร์และเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่ด้วย แต่ถ้าเครื่องปลดวงจรติดตั้งในที่ที่ไม่สามารถมองเห็นได้หรือระยะเกิน 15 เมตร จะต้องเป็นชนิดที่สามารถใส่กุญแจลอคเครื่องปลดวงจรในตำแหน่งปลดได้



รูปที่ 11 เครื่องปลดวงจรต้องติดตั้งอยู่ในที่ซึ่งมองเห็นได้จากที่ตั้งเครื่องควบคุมมือเตอร์

การใช้สวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นทั้งเครื่องควบคุมและเครื่องปลดวงจร

อนุญาตให้ใช้สวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาดสอดคล้องกับขนาดของมือเตอร์ทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องควบคุมและเครื่องปลดวงจรได้ถ้าสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นสามารถปลดตัวนำเส้นไฟได้หมดและมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน(อาจเป็นฟิวส์ของวงจรย่อยก็ได้) ที่สามารถปลดตัวนำทุกสายเส้นไฟได้และเป็นสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งดังต่อไปนี้

1. สวิตช์ตัดวงจรชนิดอากาศ(Air-Break Switch) ชนิดปลดสับด้วยมือที่ก้านสวิตช์โดยตรง
2. เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาผกผัน ปลดสับที่ก้านของเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยตรง
3. สวิตช์น้ำมัน ใช้สำหรับวงจรในระบบแรงต่ำและไม่เกิน 100 แอมแปร์ วงจรที่ระบบแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสสูงกว่านี้ จะใช้ได้เมื่อได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ