เอกสารแนวทางการสอบเลื่อนระดับ

ใบอนุญาตเป็นสามัญวิศวกร สาขา

วิศวกรรมไฟฟ้า

เรื่อง

มอเตอร์ และสตาร์ทเตอร์

สารบัญ

มอเตอร์ และสตาร์ทเตอร์

Motor Starter 1

การต่อใช้งานของ Soft starter แบบ Delta terminal 8

การใช้ฟังก์ชั่นของ Soft starter เพื่อหยุดหมุนของมอเตอร์ 9

การต่อใช้งาน Soft starter แบบคาสเคด 10

ตารางการเปรียบเทียบชุดสตาร์ทเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า การติดตั้งและการซ่อมบำรุง 11

มอเตอร์ไฟฟ้า 12

การติดตั้งมอเตอร์ 14

การบำรุงรักษามอเตอร์ 15

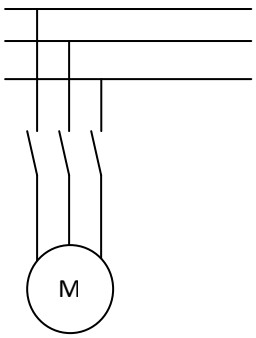
มอเตอร์ และสตาร์ทเตอร์

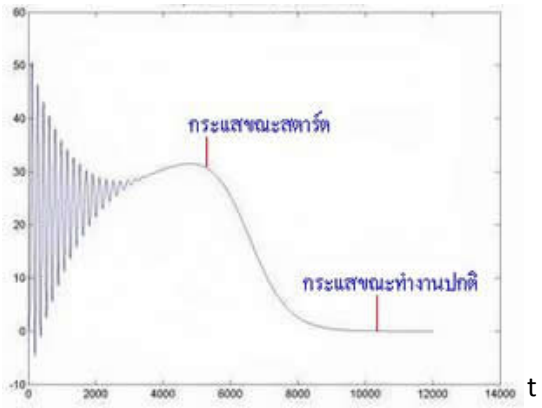
Motor Starter

ชุดการเริ่มเดิน หรือชุดสตาร์ทเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส จากจุดหยุดนิ่ง จำเป็นต้องใช้กระแสจำนวนมากระดับหนึ่งในการเอาชนะแรงเฉื่อย หรือน้ำหนักของโรเตอร์ให้เริ่มขยับหมุน ในขณะที่มีการจ่ายกระแสสูง จะเกิดแรงบิด หรือแรงฉุดกระชากสูงมาก เพื่อให้โรเตอร์หรือส่วนหมุนขยับตัวและค่อยๆ เพิ่มความเร็วรอบ จนกระทั่งเข้าสู่ความเร็วรอบตามพิกัดของมอเตอร์นั้นๆ จากการที่มีแรงบิดสูงกระชากช่วงสตาร์ทนั้น จะมีผลทำให้อุปกรณ์ทางกลต่างๆ เช่น ลูกปืน เพลา บูท รวมถึงโหลดที่ต่ออยู่เกิดความเสียหายเร็วขึ้น ดังนั้นจึงมีหลายวิธีในการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อลดความเสียหายต่อตัวมอเตอร์ โหลดต่างๆ ที่ต่ออยู่ในระบบ อุปกรณ์ทางกลต่างๆ การลดกระแสช่วงสตาร์ท แรงดันตก ไฟกระพริบ รวมถึงประสิทธิผลในการสตาร์ทมอเตอร์นั้นๆ ได้ จึงมีการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้าตามความเหมาะสมในหลากหลายประเภทการใช้งานดังต่อไปนี้

1. การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง (Direct on line starting)

การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง คือ การสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมในการสตาร์ทมอเตอร์ เพราะสะดวก มีราคาถูก จะใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก โดยมอเตอร์จะถูกต่อตรงกับแหล่งจ่ายที่มีแรงดันตามพิกัด กระแสขณะสตาร์ทจะสูงถึงประมาณ 4 - 7 เท่า ของแรงดันพิกัด จึงทำให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์, โหลด, อุปกรณ์ทางกลที่เกี่ยวข้อง และระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง เกิดผลกระทบอย่างต่อเนื่องจากการสตาร์ทมอเตอร์โดยตรงแบบนี้



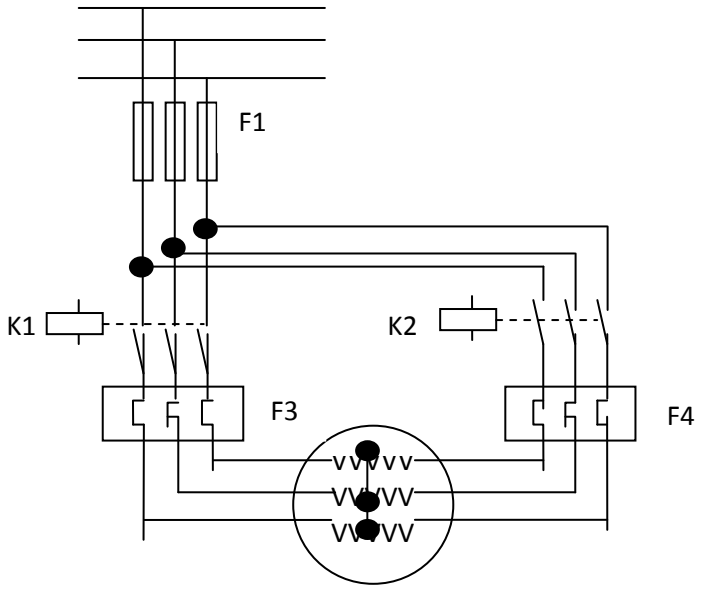


ภาพการสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง และกราฟการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ขณะสตาร์ทโดยวิธีสตาร์ทตรง

หมายเหตุ การสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ หรือการสตาร์ทขนาดมีโหลด ด้วยวิธีแบบตรงก็ยังเป็นวิธีหนึ่งที่จะนำมาเลือกใช้ เพราะกังวลว่าการสตาร์ทแบบ Y-D หรือ วิธีอื่นๆ อาจสตาร์ทไม่ผ่าน หรือสิ้นเปลืองเงินลงทุน แต่ที่จริงแล้วการสตาร์ทได้นั้น ก็จะมีผลเรื่องของกระแสกระชาก แรงบิดเริ่มต้นที่สูง มีผลกับอุปกรณ์ทางกลที่เกี่ยวเนื่องกัน ระบบไฟฟ้าอาจเกิดการกระพริบ ได้ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

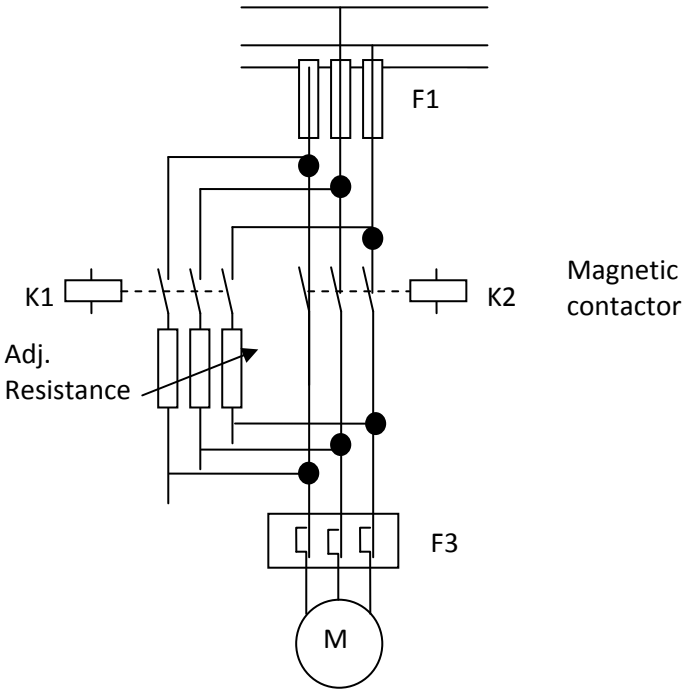
2. การสตาร์ทมอเตอร์ โดยการลดแรงดัน การลดแรงดัน จะมีผลให้มีการลดกระแสในขณะสตาร์ทของมอเตอร์ไม่ให้สูงมากเกิน จนเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์หรือส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีหลายวิธีในการลดแรงดันขณะสตาร์ทมอเตอร์ ดังต่อไปนี้

2.1 การสตาร์ท โดยการใช้ชุดขดลวดสตาร์ท (Part-windings) เป็นขดลวดชุดที่ต่อภายในสเตเตอร์ของมอเตอร์ ซึ่งวิธีนี้สามารถลดกระแสขณะสตาร์ทได้ประมาณ 20% -35% ของกระแสเต็มพิกัด วิธีนี้สะดวก จึงไม่เป็นที่นิยมเพราะต้องมาทำการเปลี่ยนแปลงวงจรภายในมอเตอร์ หรือเป็นมอเตอร์ชนิดที่สั่งทำจากโรงงานโดยตรง

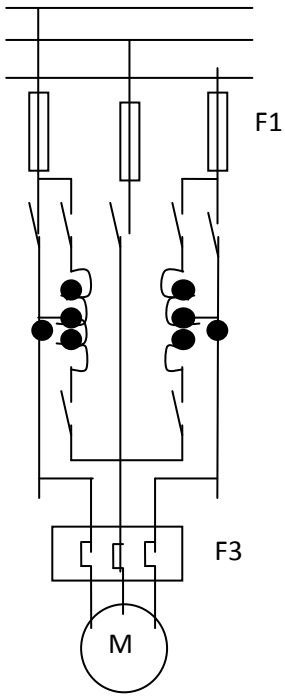


2.2 การสตาร์ท โดยการใช้ความต้านทาน หรือ เรียกว่าการใช้ความต้านทานปฐมภูมิ เป็นการใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดแต่ละเฟสของมอเตอร์ จึงทำให้แรงดันขณะสตาร์ทไปตกคร่อมความต้านทานที่ต่อเพิ่ม (Voltage divider method) ขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ที่ทำการสตาร์ทนั้นจะรับแรงดันจากแหล่งจ่ายประมาณ 70% - 80% และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่ง จึงตัดชุดความต้านทานที่ต่ออนุกรมนั้นออก และค่อยให้มอเตอร์นั้นรับแรงดันปกติ วิธีนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยม ไม่ค่อยสะดวกในทางปฏิบัติ เพราะต้องใช้ค่าความต้านทานขนาดใหญ่ หรือ

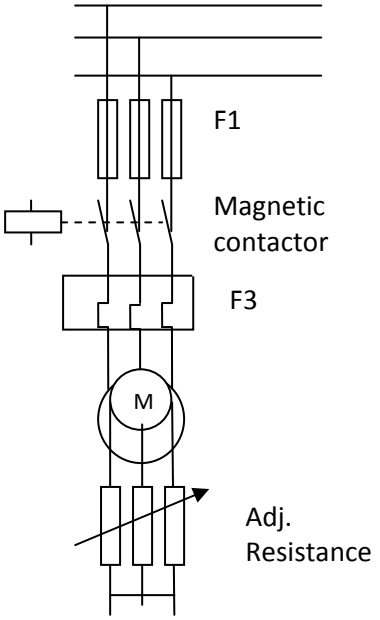
อาจใช้ขดลวดต่อแทนความต้านทานนั้นได้ ก็จะสามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนได้ ดังนั้นตรงบริเวณจุดต่อของขดลวดอาจเกิดความเครียดจากการเปลี่ยนระดับแรงดันและกระแส การสตาร์ทแบบนี้ยังถือว่ามีการกระชากของกระแสและแรงบิดสูง เนื่องจากการเริ่มต้นแรงดันอยู่ที่ระดับ 70% ซึ่งถือว่าเป็นช่วงระดับของแรงดัน กระแส และแรงบิดที่สูง อาจไม่เหมาะสมกับอีกหลายประเภทของมอเตอร์และโหลดที่เกี่ยวเนื่อง และหากมีพิกัดแรงดัน กระแส และแรงบิดที่สูง ก็อาจมีผลเกี่ยวเนื่องกับอายุของอุปกรณ์ทางกล และการกระพริบของระบบไฟฟ้าได้



2.3 การสตาร์ท โดยการใช้หม้อแปลงออโต้ เป็นการใช้หม้อแปลงออโต้ที่มีขดลวดหลายชุดที่สามารถเปลี่ยนแทปแรงดันได้หลายระดับ เช่น 50%, 60% หรือ 80% ของแรงดันพิกัด ส่วนใหญ่นิยมใช้กับเครื่องจักรที่มาจากต่างประเทศ เช่น สหรัฐ หรือญี่ปุ่น



2.4 การสตาร์ท โดยสลิปริงมอเตอร์ เป็นการพันขดลวดเพิ่มที่โรเตอร์ และมีวงแหวนลื่น (Slip ring) เพื่อต่อความต้านทานภายนอกเข้าไปที่ขดลวดของโรเตอร์ เพื่อช่วยลดกระแสในการเริ่มสตาร์ท การสตาร์ทที่มีการต่อชุดความต้านทาน ถ้าเลือกแบบปรับค่าได้ ก็จะสะดวกในการควบคุมระดับแรงดัน กระแส และแรงบิด ในการเปลี่ยนระดับแรงดันที่หลายจังหวะ ก็จะทำให้อายุของอุปกรณ์ทางกลที่เกี่ยวเนื่องมีอายุยาวนานขึ้น โดยสามารถต่อวงจรที่เป็นการตั้งเวลาในการสตาร์ทมอเตอร์ในแต่ละระดับความเร็วได้ เพื่อการสตาร์ทที่นุ่มนวลขึ้น ดังนั้นก็จะค่อนข้างเฉพาะแบบเฉพาะตัวของมอเตอร์หรือโหลดนั้นๆ ด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติก็จะไม่ค่อยสะดวกมากนักในการต่อวงจรความต้านทานเพิ่มเติมที่โรเตอร์



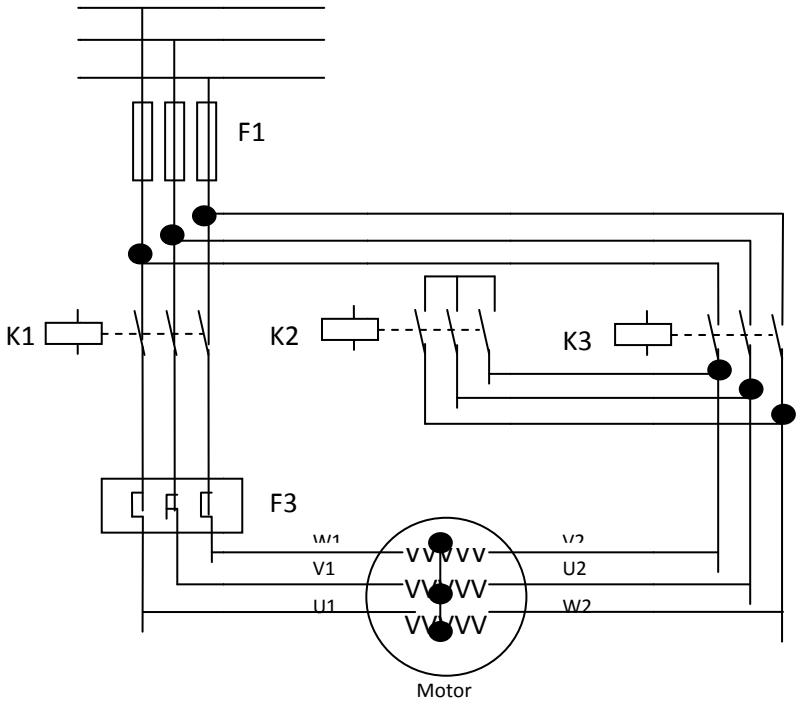
ข้อดี

- ออกแบบมาสำเร็จ โดยการคำนวณให้เหมาะสมกับการสตาร์ทมอเตอร์นั้นๆ
- ซ่อมและบำรุงรักษาได้ง่าย สามารถทำได้เอง หากมีช่างที่มีความรู้ความชำนาญ

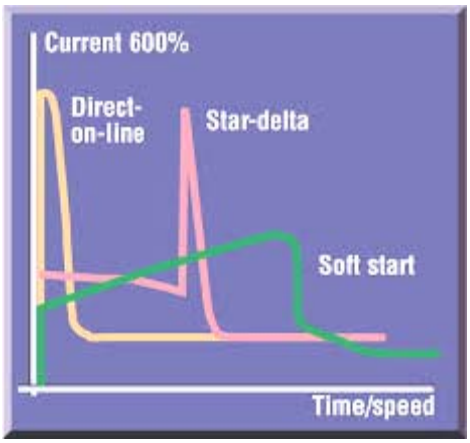
ข้อเสีย

- อาจมีการไหม้ที่จุดการเปลี่ยนแทป (Tap changer)
- ขนาดใหญ่
- ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแทปได้อย่างละเอียด หรือเปลี่ยนค่าได้ตามต้องการ

2.5 การสตาร์ทมอเตอร์ โดยวิธีสตาร์ - เดลตา (Y -D Starter) เป็นวิธีที่นิยมมากในการสตาร์ทมอเตอร์ ช่วงแรกเป็นการสตาร์ทจะใช้การต่อแบบสตาร์ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนไปได้สักระยะมอเตอร์จะทำการต่อแบบเดลตาเพื่อใช้กับแรงดันพิกัดปกติ

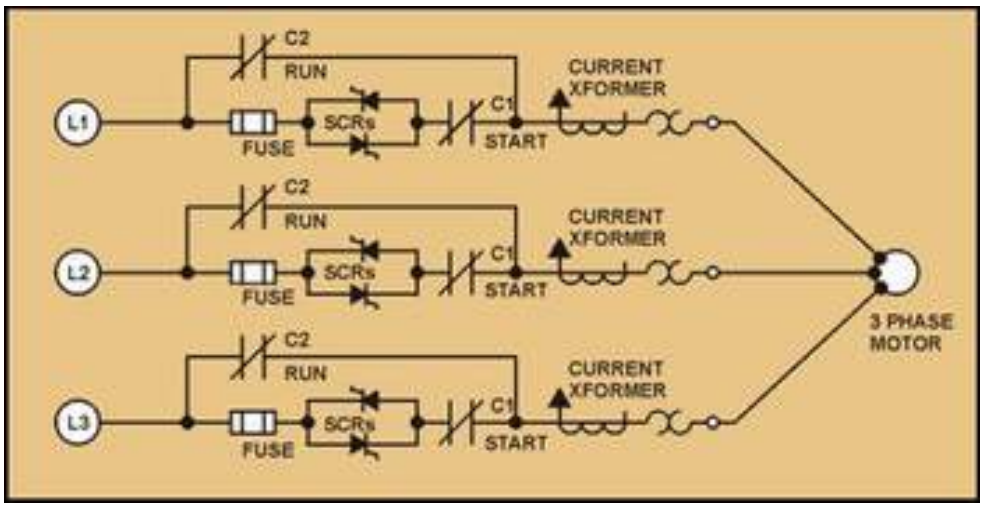


2.6 การสตาร์ท โดยการใช้อุปกรณ์โซลิดสเตท เป็นวิธีที่นำอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ประเภทโซลิดสเตท เช่น Sicon Control Rectifier : SCR หรือ Thyristors เป็นต้น จากแหล่งจ่ายจะจ่ายแรงดันหรือในส่วนของกระแสจะจ่ายปริมาณน้อยสุด แค่เพียงให้มอเตอร์เริ่มหมุน และเมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนได้สักระยะหนึ่ง SCR ก็จะจ่ายแรงดันตามพิกัดเพื่อการสตาร์ทอย่างนิ่มนวล ไม่เกิดการกระชากในการสตาร์ทนั้นๆ ซึ่งวิธีนี้ค่อนข้างเริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากใช้งานได้สะดวกและมีการลดกระแสได้อย่างเหมาะสมกับมอเตอร์รวมถึงโหลดที่เกี่ยวเนื่องกัน



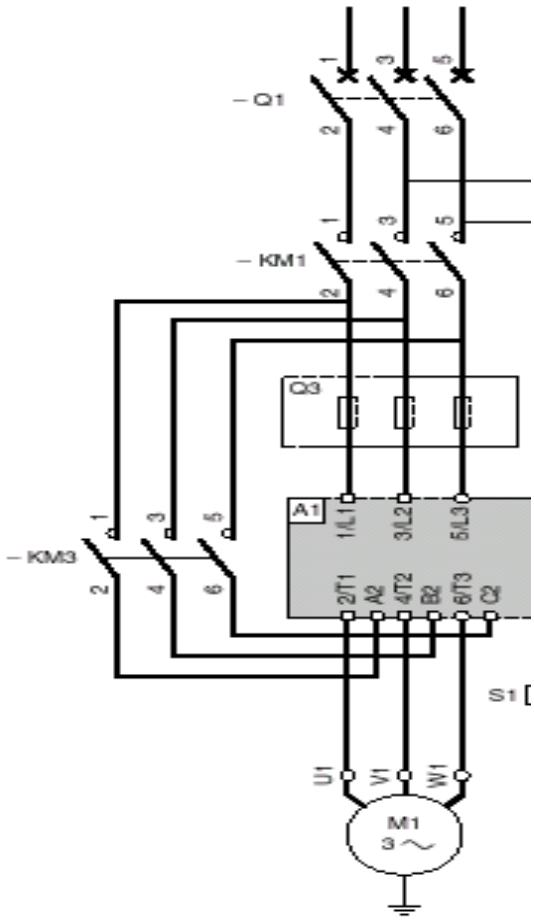
ภาพการเปรียบเทียบของกระแส เวลาและความเร็วในการสตาร์ทแบบ DOL, Y – D และ Soft start

การสตาร์ท โดยการใช้อุปกรณ์โซลิดสเตท หรือที่นิยมเรียกกันว่า soft starter (การสตาร์ทแบบนุ่มนวล) ซึ่งมีหลักการโดยใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ SCR ในการทริกมุมกระแส หรือตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังขดลวดมอเตอร์ด้วยกัน การควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับมุมทริกที่ SCR ว่าอยู่ใกล้ที่มุม 0 องศา แรงดันเฉลี่ยด้านขาออกจะสูง และหากมุมทริกที่ SCR อยู่ใกล้ที่มุม 180 องศา แรงดันเฉลี่ยขาออกก็จะต่ำ

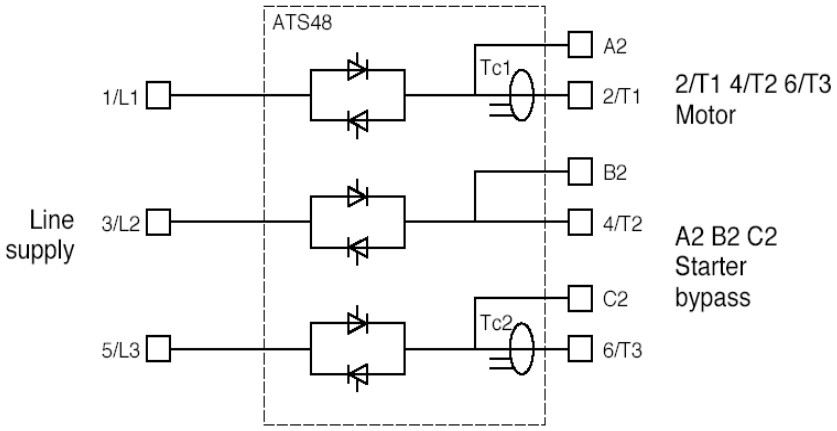


ภาพประกอบของการต่อวงจรไฟฟ้าภายในของ Soft starter ที่ต่อใช้ควบคุมมอเตอร์

ทั้งนี้ยังเป็นการควบคุมพลังงานที่จ่ายไปยังมอเตอร์ด้วย โดยแรงดันที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นตาม Ramp up (ทางลาดขาขึ้น) จะทำให้การออกตัวเป็นไปอย่างนุ่มนวล และการหยุดแบบนุ่มนวลก็ใช้วิธีการให้แรงดันที่ค่อยๆ ลดลงตาม Ramp down (ทางลาดขาลง) การจำกัดกระแสช่วงสตาร์ท สามารถตั้งค่าหรือควบคุมกระแสไม่ให้เกินค่าที่ปรับตั้งไว้ได้ (2 - 5 เท่าของกระแสพิกัด) เพื่อให้เหมาะสมกับมอเตอร์และโหลดแต่ละงานแต่ละประเภทที่ต่อหรือใช้ด้วยกัน ซึ่งอาจมีแรงบิดต่ำ - สูงๆ ได้ เช่น สายพานลำเลียง ปั๊ม พัดลม HVAC เป็นต้น

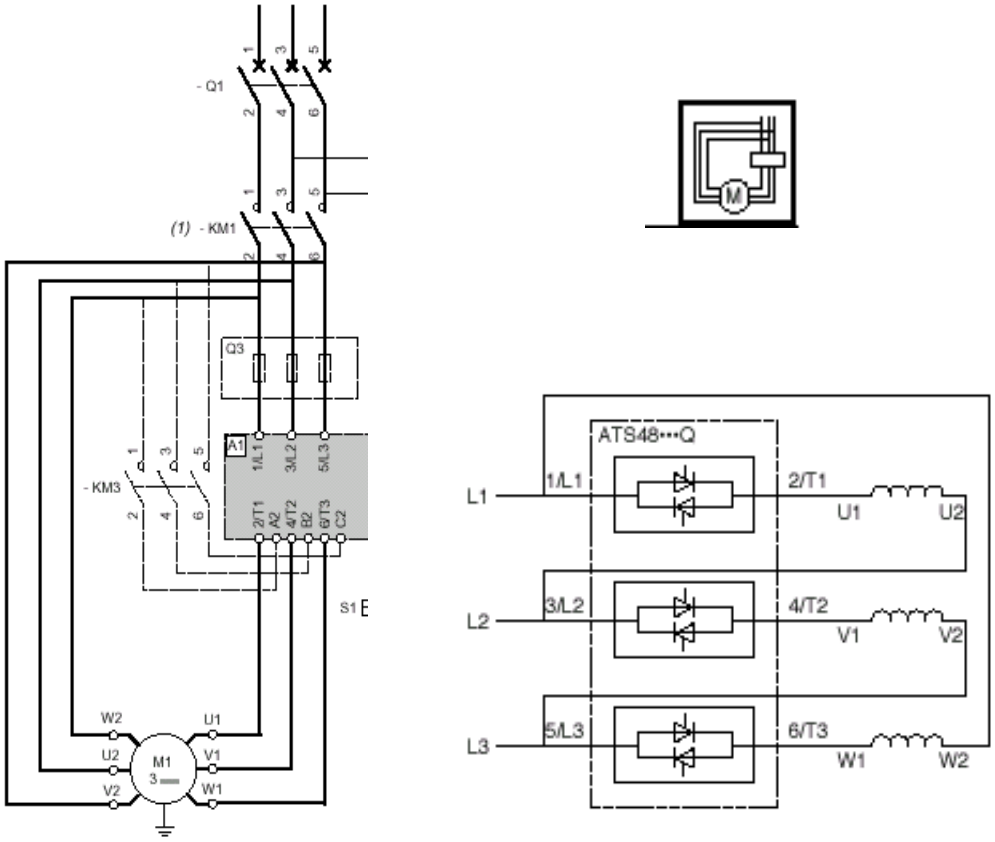


ภาพประกอบวงจรของ Soft starter ที่ต่อใช้ควบคุมการเริ่มหมุนของมอเตอร์

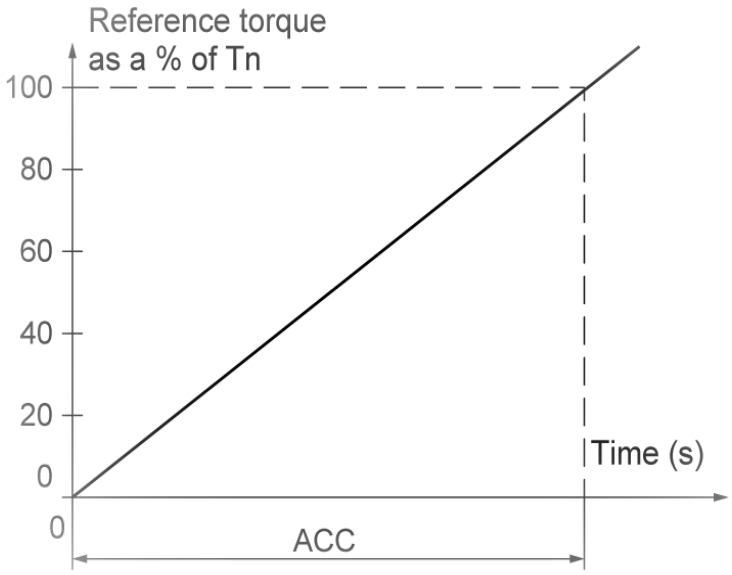


ภาพประกอบการต่อเทอร์มินอลของ Soft starter เพื่อต่อใช้ควบคุมมอเตอร์

การต่อใช้งานของ Soft Starter แบบ Delta terminal ที่สามารถลดขนาดการใช้งานของ Soft starter ลงได้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาเรื่องต้นทุนและความสะดวกของการเลือกใช้สายไฟฟ้าในการต่อมอเตอร์แบบ Delta

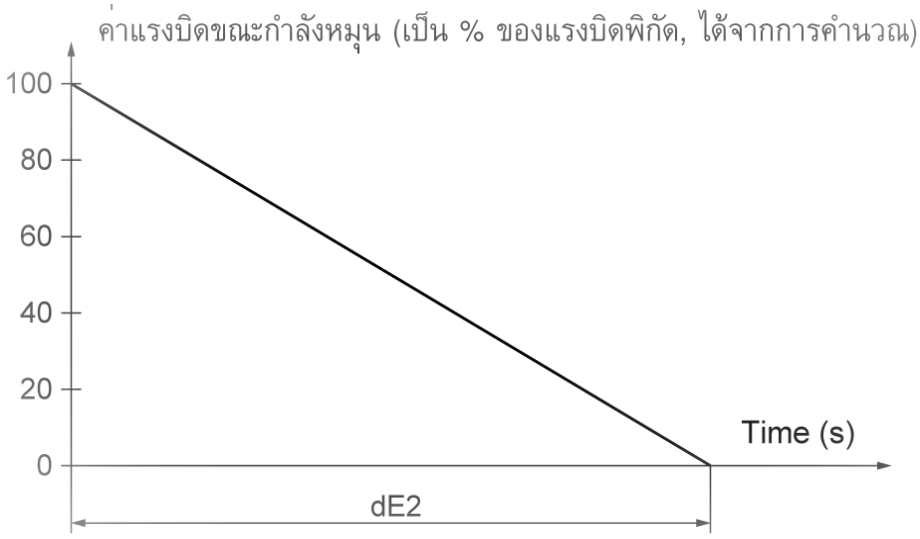


ภาพประกอบการเดินสายไฟของ Soft Starter แบบ delta terminals เพื่อควบคุมมอเตอร์ในการเริ่มหมุนและหยุดหมุน



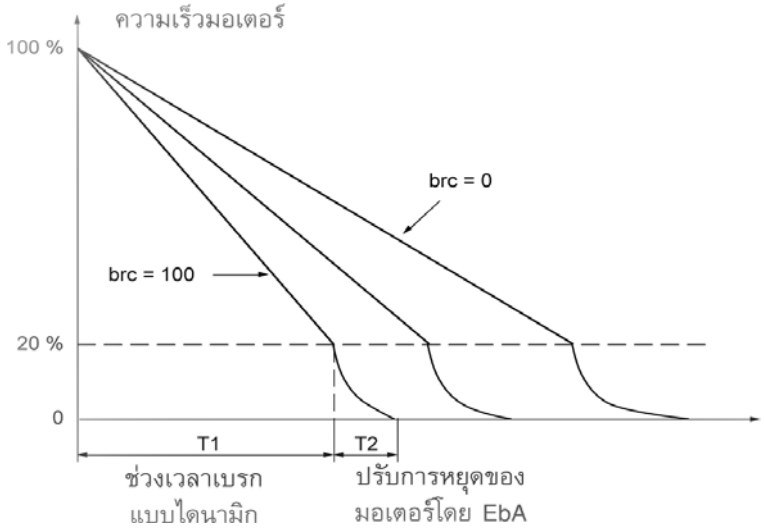
ภาพประกอบกราฟคุณสมบัติของกระแสและเวลา ของ การใช้ Soft starter เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้เริ่มหมุน

การใช้ฟังก์ชั่นของ Soft starter เพื่อหยุดหมุนของมอเตอร์ สำหรับบางการใช้งาน เช่น ต้องการให้สายพานลำเลียงสายการผลิตหยุดหมุนแบบนุ่มนวล เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายจากการกระชากในการหยุดหมุน หรือการหยุดหมุนใบพัดของพัดลมให้เร็วขึ้น เพื่อการทำงานเฉพาะอย่าง



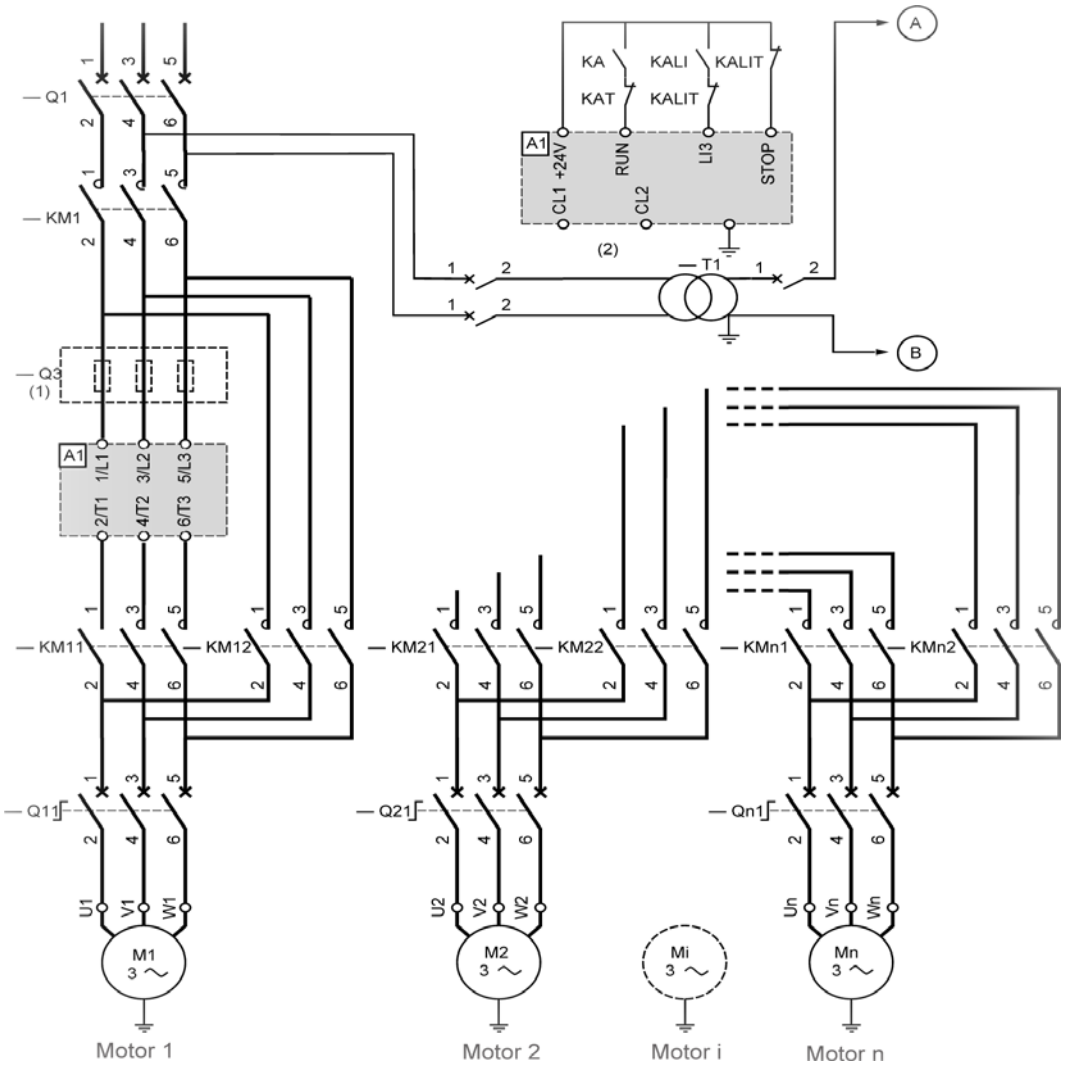
ภาพประกอบ กราฟคุณสมบัติของแรงบิดและเวลา ของ Soft starter เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้หยุดหมุนแบบหน่วงและหยุดหมุนอย่างอิสระ

จากภาพประกอบ กราฟคุณสมบัติของแรงบิดและเวลา ของ Soft starter เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้หยุดหมุนแบบหน่วงและหยุดหมุนอย่างอิสระ เป็นการประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับโหลดประเภทปั๊ม ที่ต้องการควบคุมแรงบิดเพื่อให้เกิดการหน่วงและลดความเร็วของมอเตอร์ช่วงหยุดหมุน ซึ่งจากกราฟที่แสดงเป็นการตั้งค่าที่ 20% และสามารถปรับตั้งค่าแรงบิดขณะกำลังหมุนเป็น % ของแรงบิดพิกัด และเวลาที่ได้จากการคำนวณ รวมถึงการปรับตั้งค่าแรงบิดที่ใช้เบรก (Internal baking torque level) ฟังก์ชั่นการเบรกแบบไดนามิกจะทำงาน เมื่อมอเตอร์มีความเร็วมากกว่า 20% ของความเร็วพิกัด เป็นการกำหนดช่วงเวลาในการหยุดหมุน โดยฉีดกระแสเบรกเข้าไปในมอเตอร์



ภาพประกอบ กราฟคุณสมบัติการเบรกแบบไดนามิก

การต่อใช้งาน Soft starter แบบคาสเคด การสตาร์ทเพื่อประหยัดทางเศรษฐศาสตร์ ในการใช้ Soft starter ตัวเดียว ควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ที่ใช้ต่อต้องเป็นแบบหมุนทิศทางเดียวหลายๆ ตัว ในเวลาต่างๆ กันอย่างเหมะสม ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการหมุนนั้นต้องมีขนาดไม่เกินกว่าพิกัดขนาดของ Soft starter และใช้แมกเนติค คอนแทคเตอร์ ทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้ Soft starter ตัวเดียวต่อแบบคาสเคด เพื่อใช้สตาร์ทและหยุดหมุนมอเตอร์หลายตัวในเวลาต่างๆ กัน การตั้งเวลาในการเริ่มหมุนและหยุดหมุน นั้นควรมีระยะเวลาห่างกันอย่างเหมาะสมกับลักษณะของมอเตอร์และการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ ด้วย



ภาพประกอบการใช้งาน Soft starter เพื่อการเริ่มหมุนและหยุดหมุนมอเตอร์แบบทิศทางเดียวกันหลายๆ ตัว

หมายเหตุ : การสตาร์ท โดยใช้ Variable speed drive : VSD ไม่ได้นำมากล่าวถึง เนื่องจากเอกสารนี้จะกล่าวถึงการสตาร์ทมอเตอร์เท่านั้น จะไม่ได้กล่าวถึงการปรับความเร็วรอบ เพราะ VSD มีการใช้งานได้เหมือนกัน Soft starter แต่จะเน้นเรื่องการปรับความเร็วรอบเป็นหลัก

ตารางการเปรียบเทียบชุดสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้า การติดตั้งและการซ่อมบำรุง แบบต่างๆ

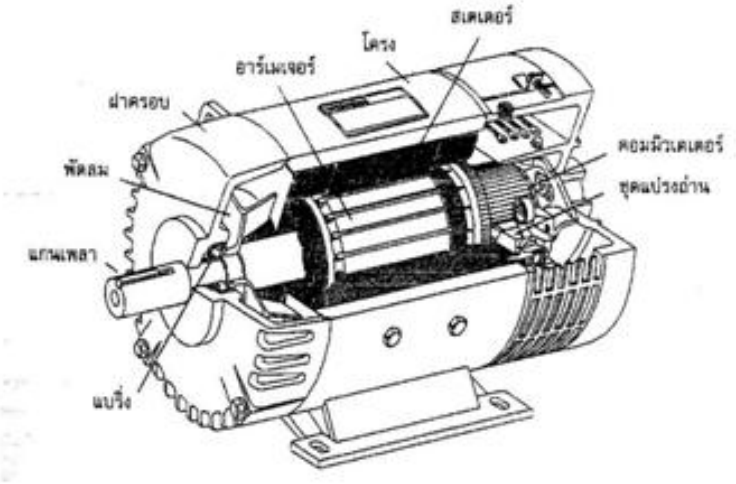
	ต่อโดยตรง (D.O.L)	แยกขดลวด (Part-windings)	แบบต่อตัวต้านทาน	แบบต่อตัวต้านทานที่ โรเตอร์	Auto Tr.	Y - D	Soft-starter
กระแสตอนสตาร์ท	100 %	50 %	70 %	70%	40% / 60% / 80 %	33 %	ปรับได้ 25-75 %
กระแสสูงสุดตอนสตาร์ท	4-8 In	2-4 In	4.5 In	< 2.5 In	1.7-4 In	1.3-2.6 In	ปรับได้ 2 In-5 In
แรงบิดสูงสุดตอนสตาร์ท (%) เทียบกับแบบต่อ โดยตรง	100 %	50 %	50 %	-	40/65/80 %	30 %	ปรับได้ 10-70 %
แรงบิดสูงสุดตอนสตาร์ท	0.6 - 1.5 Tn	0.3 - 0.75 Tn	0.6 - 0.85 Tn	< 2.5 In	0.4 - 0.85 Tn	0.2 - 0.5 Tn	ปรับได้ 0.1 - 0.7 Tn
การควบคุม	เปิด-ปิด	เปิด-ปิด	เปลี่ยนวงจร 1 จังหวะ	เปลี่ยนวงจร 1-5 จังหวะ	เปลี่ยนวงจร 3 จังหวะ	เปิด-ปิด	ปรับได้อย่างต่อเนื่อง
	ลักษณะทั่วไปของมอเตอร์ 3 เฟสแบบกรงกระรอกคือทนทานและราคาไม่แพง						
ข้อดี	- ง่ายในการใช้งาน ราคาถูก	- ง่ายในการใช้งาน	- สามารถปรับพารา มิเตอร์ในการสตาร์ท ได้บ้าง	- ให้คุณสมบัติของแรง บิดและกระแสตอน สตาร์ท ที่ดี	- ให้คุณสมบัติของแรง บิดและกระแสตอน สตาร์ทที่ดี	- ง่าย , ราคาถูก	- กระทัดรัดใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์
	- แรงบิดตอนสตาร์ท สูง	- ให้แรงบิดตอนสตาร์ท สูงกว่าแบบ Y - D	- ลดกระแสสูงสุด ตอน สตาร์ท	- ไม่มีการขาดช่วงของ แหล่งจ่ายขณะสตาร์ท	- สามารถปรับพารา มิเตอร์ในการสตาร์ท ได้บ้าง	- ให้คุณสมบัติของแรง บิดและกระแสตอน สตาร์ท ที่ดี	- ง่ายในการประยุกต์ ใช้งาน
	- กระแสและแรง บิด ขณะสตาร์ทสูงมาก	- ไม่มีการขาดช่วงของ แหล่งจ่ายขณะสตาร์ท	- ไม่มีการขาดช่วง ของแหล่งจ่ายขณะ สตาร์ท	- สามารถปรับแต่งพา รามิเตอร์ขณะสตาร์ท ได้บ้าง	- ไม่มีการขาดช่วงของ แหล่งจ่ายขณะสตาร์ท		- พารามิเตอร์สามารถ ปรับแต่งได้อย่างดีมาก
		- ไม่มีการปรับพารามิ เตอร์ขณะสตาร์ท	- มีการลดกระแสสูงสุด ตอนสตาร์ทเพียงเล็กน้อย	- ราคาแพง	- ต้องใช้ออทรานฟอ เมอร์ซึ่งมีราคาแพง	- แรงบิดตอนสตาร์ทต่ำ	- จำย Transient เข้าไป ในระบบไฟฟ้า
ข้อเสีย	- แหล่งจ่ายไฟฟ้า ต้อง ทนกระแสสูงสุด ขณะขณะสตาร์ทได้ - ขณะสตาร์ทมีกระ ชากทางกล - โหลดและอุปกรณ์ทางกลเสียหายอายุสั้น - ระบบที่เกี่ยวข้องเกิดแรงดันตก	- มอเตอร์ต้องเป็นแบบ พิเศษ - ไม่สะดวก ต้องดัดแปลงมอเตอร์	- ต้องมีชุดความ ต้านทาน	- ต้องมีชุดความ ต้านทาน - ไม่สะดวก ต้องดัดแปลงโรเตอร์	- ไม่สะดวก หากต้องการปรับแทปให้ละเอียดหรือมากขึ้น ต้องพันใหม่ - มักมีการไหม้หรือเสียหายที่ tap changer	- ไม่สามารถปรับพารามิ เตอร์คอนสตาร์ทได้ - มอเตอร์ต้องเป็นชนิด 6 เทอร์มินัล - I14เกิด transmition peak ช่วงเปลี่ยนจาก Y - D	- ราคาแพง > 50% เมื่อเทียบกับ Y - D
เวลาในการสตาร์ท	2 - 3 วินาที	3 - 6 วินาที	7 - 12 วินาที	- 3 จังหวะ : 2.5 วินาที - 4 และ 5 จังหวะ : 5 วินาที	7 - 12 วินาที	3 - 7 วินาที	ปรับได้ 1 - 60 วินาที
การนำไปใช้งาน	- เครื่องจักรขนาด เล็ก ๆ ที่สตาร์ทตอน มีโหลด	- เครื่องจักรที่สตาร์ท ตอน ไม่มีโหลดหรือโหลด เบา (เช่น แอร์ คอมเพรสเซอร์ ฯลฯ)	- เครื่องจักรที่มี Inertial สูงโดยที่กระแสและแรงบิด ตอนสตาร์ทมีระดับปกติ	- เครื่องจักรที่ต้องสตาร์ท ขณะมีโหลดโดยต้องการความนุ่มนวลในการสตาร์ท	- เครื่องจักรที่มี Inertia สูง โดยมีการลดกระแส และแรงบิดตอนสตาร์ทมีระดับปกติ	- เครื่องจักรที่สตาร์ท ตอน ไม่มีโหลดหรือโหลดเบา (เช่น ปั๊มน้ำ พัดลม ฯลฯ)	- เครื่องจักรที่ต้องการ ความนุ่มนวลมาก ๆ ใน การสตาร์ท
	ควรเลือกให้ระยะทางระหว่างจรจรควบคุม หรือ อุปกรณ์ป้องกันกับมอเตอร์อยู่ไม่ไกลกันมากนัก หากจำเป็นก็ควรมีอุปกรณ์ป้องกันอยู่ใกล้ด้วย และคำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อน ฝุ่น ความชื้น						
การติดตั้ง	ง่ายที่สุด ด้วยการต่อตรง แต่ไม่ควรให้มีสายไฟที่ยาว เพราะอาจเกิดสปัดได้เมื่อมีการกระชากกระแส	สะดวก หากเป็นมอเตอร์ที่มีขุดขดลวดแยกสำเร็จ	ต้องการการต่อชุดความต้านทานเพิ่มเติม ตามรายการคำนวณ	ต้องต่อชุดความต้านทานเพิ่มเติม ตามรายการคำนวณ ในแต่ละระดับความเร็ว	ต้องมีการออกแบบหม้อแปลงพิเศษเพื่อการสตาร์ทมอเตอร์นั้นๆ	ต้องมีการปรับตั้งเวลาและดูว่ามอเตอร์หรือโหลดที่ใช้มีการใช้งานหนัก หรือมีการสตาร์ทบ่อยๆ หรือไม่	- ต้องพิจารณาเรื่องฝุ่น ความชื้น การระบายความร้อนมากเป็นพิเศษ
การซ่อมบำรุง	ต้องมีการบำรุงรักษาในส่วนของอุปกรณ์ทางกลบ่อยๆ และพิจารณาจุดต่อต่างๆ ทางไฟฟ้า อาจมีการหลวมจากกระแสกระชาก	- ควรมีการดูแลขุดขดลวดและจุดต่อต่างๆ ในเรื่องการลงตัน ,short turn	- ควรมีการดูแลขุดขดลวดและจุดต่อต่างๆ	- ควรมีการดูแลขุดขดลวดและจุดต่อต่างๆ ในเรื่องการลงตัน ,short turn	- ควรมีการดูแลขุดขดลวดและจุดต่อต่างๆ รวมถึงบริเวณ tap changger ที่มักเกิดรอยไหม้บ่อย	ดูแลในส่วนของแกนเช็คว่า คอนแทคเริ่มลดหรือ หมด และตรวจสอบรอยต่อทั้งทางไฟฟ้าและทางกล	หมั่นดูแลเรื่องฝุ่น น้ำ และการระบายความร้อน
หมายเหตุ	- ต้องเลือก CB ที่มีค่า Instantenous แบบปรับค่าได้สูงๆ - การ start ในครั้งที่ 2 และ 3 ต้องพักให้ CB ได้คลายตัวเย็นลงก่อน					- Magnetic ที่เลือกใช้ต้องดูพิกัดที่เหมาะสมกับโหลด เช่น AC3 ,โหลดต่อเนื่อง ,โหลดหนัก, โหลดที่มีการ start - stop บ่อยๆ - การ start ในครั้งที่ 2 และ 3 ต้องพักให้ CB, Magnetic, OL ได้คลายตัวเย็นลงก่อน	- ต้องใส่ semiconductor fuse เพื่อป้องกัน ไม่สามารถใช้ CB ได้ - Soft starter ที่เลือกใช้ต้องดูพิกัดที่เหมาะสมกับโหลด เช่น AC3, โหลดต่อเนื่อง, โหลดหนัก, โหลดที่มีการ start - stop บ่อยๆ - การ start ในครั้งที่ 2 และ 3 ต้องพักให้ Soft starter, Semi Fuse ได้คลายตัวเย็นลงก่อน

มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า มีทั้งมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ มอเตอร์เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานทางไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ก็จะมีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบในการทำงาน เช่น พัดลม ปั๊มน้ำ เครื่องจักรต่างๆ เป็นต้น

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อมีแรงดันและไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรงจะเข้าที่แปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์ และเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และไฟฟ้ากระแสตรงอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเหนือ ขั้วใต้ขึ้นจากสนามแม่เหล็กทั้งสองส่วนที่สร้างขึ้นนี้จะมีทิศทางเดียวกัน เกิดการผลักกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์หรือโรเตอร์ ซึ่งโรเตอร์ คือ ส่วนที่หมุนได้ หรือตัวหมุน และส่วนของโครงมอเตอร์หรือสเตเตอร์ก็จะเป็นส่วนอยู่กับที่การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีหลากหลาย เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน ภายในรถยนต์ เครื่องคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์ เครื่องจักรกลที่ทำงานแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น



ภาพส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่สำคัญมีส่วนประกอบดังนี้

1.1.1 Stator ส่วนที่อยู่กับที่ ส่วนภายนอกสุดเป็นเปลือกของมอเตอร์ จากนั้นเป็นส่วนโครงภายนอกและส่วนภายใน ที่โครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ ใช้วัสดุที่เป็นเหล็กหล่อ หรือแผ่นเหล็กหนาๆ ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกตามลักษณะของมอเตอร์

1.1.2 Rotor ส่วนหมุน หรือตัวหมุน โรเตอร์นี้ทำให้เกิดกำลังงาน ที่มีส่วนประกอบด้วย แกนเพลา แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ คอมมิวเตอร์ และขดลวดอาร์เมเจอร์

1.1.3 ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ฝาครอบหัว ท้าย ลูกปืน คอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่าน พัดลม เป็นต้น

1.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งได้ดังนี้

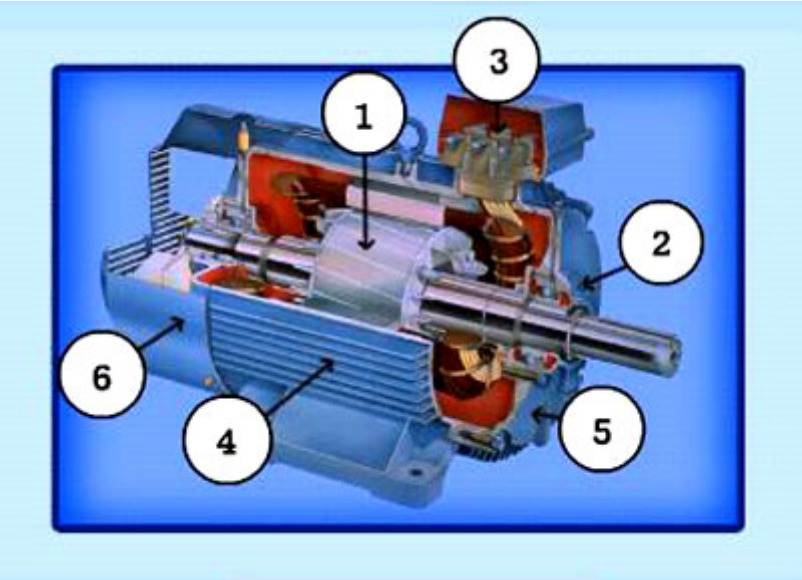
1.2.1 มอเตอร์แบบอนุกรม : Series motor (ซีรีส์มอเตอร์)

1.2.2 มอเตอร์แบบขนาน : Shunt motor (ชันท์มอเตอร์)

1.2.3 มอเตอร์แบบผสม : Compound motor (คอมปาวด์มอเตอร์)

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อมีแรงดันและไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายเข้าที่ขดลวดของสเตเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆ ของสเตเตอร์ ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำของโรเตอร์ ที่เป็นตัวนำแบบปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์เกิดแรงบิด และมอเตอร์ก็เกิดพลังงานกล และนำเพลาไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้

2.1 โครงสร้างของมอเตอร์



1. โรเตอร์ หรือตัวหมุน โดยโรเตอร์ในมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะมี 2 ชนิด คือ แบบกรงกระรอก และแบบวาวนด์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบ คือ แกนเหล็ก โรเตอร์ ขดลวด ใบพัด และเพลา
2. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (พันที่สเตเตอร์)
3. ขั้วต่อสาย
4. โครงมอเตอร์ แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวด
5. ฝาครอบหัว
6. ฝาครอบท้าย หรืออาจมีใบพัด ที่ช่วยระบายความร้อนขณะมอเตอร์ทำงาน

2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งได้ดังนี้

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิด 1 เฟส มีดังนี้

2.2.1.1 สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split phase motor)

2.2.1.2 คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)

2.2.1.3 รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion motor)

2.2.1.4 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)

2.2.1.5 เชดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded pole motor)

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิด 3 เฟส มี 2 แบบ ดังนี้

2.2.2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่แบ่งตามลักษณะของโรเตอร์ คือ แบบกรงกระรอกและแบบขดลวด

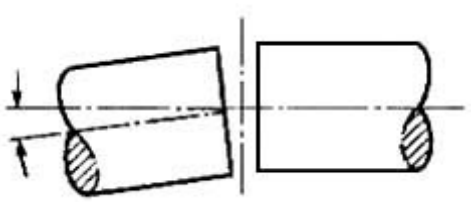
2.2.2.2 มอเตอร์ซิงโครนัส ที่แบ่งได้ 6 ชนิด ดังนี้

- มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดโรเตอร์พันขดลวด
- มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร
- ซิงโครนัสรีลักซ์แตนซ์มอเตอร์
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน
- สเต็ปปิ้งมอเตอร์
- สวิตช์รีลักซ์แตนซ์มอเตอร์

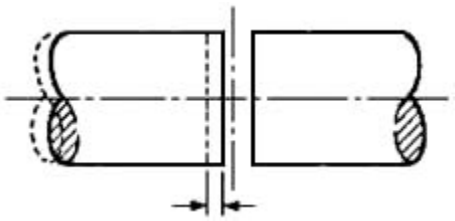
การติดตั้งมอเตอร์

การติดตั้งมอเตอร์ ถือเป็นเรื่องสำคัญสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานสำคัญเฉพาะทาง และสำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ส่วนเพิ่มเติมที่ควรพิจารณา ก็จะมีการพิจารณาเรื่องต่างๆ ดังนี้

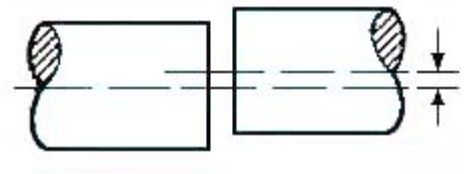
1. การใช้ภายใน / ภายนอกอาคาร ที่มีผลกระทบกับสภาพแวดล้อมของของเหลวและของแข็งต่างๆ หรือสภาพแวดล้อม (ฝุ่น ไอระเหย ความชื้น เป็นต้น) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับการป้องกัน โดยปกติทางวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง จะใช้ตาม IEC 60529 ซึ่งในการใช้งานมอเตอร์เป็นส่วนที่มีส่วนหมุน หรือส่วนที่เคลื่อนที่ได้ มีผลต่อการสั่นสะเทือน จึงควรนำมาพิจารณาประกอบ
2. การระบายความร้อน เป็นส่วนที่มีผลกับการบำรุงรักษา และอายุการใช้งานของมอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์ส่วนใหญ่ก็จะมีการระบายความร้อนด้วยครีบและพัดลมส่วนท้ายที่ติดมากับมอเตอร์ รวมถึงสภาพแวดล้อมของการใช้งานมอเตอร์ที่บริเวณนั้นๆ
3. ระดับความสูง ระหว่างการใช้งาน ที่มีผลกับค่าแรงโน้มถ่วงของโลกในการเริ่มหมุนและการทำงาน
4. ความสมดุลของตำแหน่ง หรือ ฐานในการวางมอเตอร์ เป็นส่วนที่มีผลกับการทำงานของมอเตอร์ให้ทำงานในภาวะสมดุล และกำจัดเสียงคราง หรือการสั่นไหวจากการวางในตำแหน่งที่ไม่สมดุล ด้วยการตรวจสอบระดับน้ำ ควรมีการทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่ง เผื่อมีการสั่นและมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไป การใช้ Laser Alignment จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางตำแหน่งของมอเตอร์และส่วนเกี่ยวข้องทางกลให้ได้สมดุล ไม่ให้เกิดภาวะเยื้องศูนย์ (Misalignment)



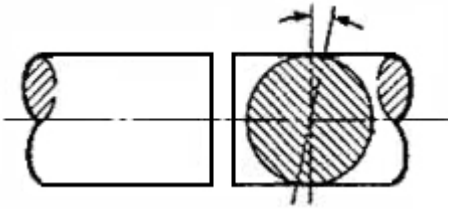
การเยื้องศูนย์เชิงมุม



การเยื้องที่ปลายเพลาเคลื่อนในแนวแกน



การเยื้องศูนย์แนวขนาน



การบิดตัวของแกนเพลา

ภาพประกอบ การเยื้องศูนย์แบบต่างๆ

การติดตั้งมอเตอร์ที่ดีแล้วควรคำนึงถึงส่วนเกี่ยวข้องที่ต่อเชื่อมกับมอเตอร์ เช่น โหลด เพลา เฟืองต่างๆ จะต้องได้สมดุลกัน ไม่ให้เกิดการหนีศูนย์ หรือการออกแบบที่มีน้ำหนักที่โหลด หรือปลายแกนหนักเกินไป หรือแกนเพลาที่ยาวเกิน เป็นต้น

5. การทดสอบการติดตั้งก่อนการใช้งาน หรือรายงานผลการทดสอบมอเตอร์ก่อนการใช้งาน เช่น ทดสอบความเป็นฉนวน หลังทำการติดตั้งมอเตอร์ตามตำแหน่งจากการตรวจสอบความสมดุลของการวาง (Alignment) แล้ว การทวนสอบการต่อสายและวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
   การทดสอบการหมุน เพื่อทดสอบการสั่นไหว ความดังของเสียงลูกปืนและของมอเตอร์โดยรวม รวมถึงการทดสอบการต่อโหลดเพื่อใช้งาน การจดค่าของกระแส แรงดัน ความเร็วรอบ เป็นต้น เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ทั้งก่อนและหลังการต่อเชื่อมโหลด เพื่อพิจารณาประสิทธิผลการทำงานของมอเตอร์

การบำรุงรักษามอเตอร์

มอเตอร์เป็นเครื่องจักรกลทางไฟฟ้าที่มีส่วนของการหมุน ผลจากการหมุนจะมีผลให้เกิดภาวะเกี่ยวเนื่องในส่วนต่างๆ ที่ต้องพิจารณาดังนี้

1. การตรวจสอบการขันแน่นของการเข้าสายของวงจรไฟฟ้าต่างๆ และของส่วนทางกลที่เกี่ยวเนื่อง
2. การพิจารณา วิเคราะห์จากตัวแปรทางไฟฟ้า เช่น ค่ากระแส ว่ามีกระแสสูงผิดปกติหรือไม่ ถ้ากระแสสูงเกินค่าที่เคยบันทึกไว้ ก็อาจมีผลในเรื่องประสิทธิภาพของมอเตอร์ หรือมอเตอร์ทำงานหนัก หรือมีโหลดหนักเกิน อาจเป็นเนื่องจาก ลูกปืน ความฝืด เพลาเยื้องศูนย์ในเหตุต่างๆ เป็นต้น
3. การทวนสอบเสียงจากการหมุน เสียงจากลูกปืน เพื่อพิจารณาการบำรุงรักษาของลูกปืนและส่วนหมุนต่างๆ รวมถึงการวัดความเร็วรอบจากการหมุน
4. การดูแลบำรุงรักษาความสะอาด ของส่วนอยู่กับที่ (สเตเตอร์) ส่วนเครื่องที่ หรือส่วนที่หมุน (โรเตอร์) พัดลม ลูกปืน เพลา ส่วนยึดเพลากับโหลด เป็นต้น เพื่อกำจัดฝุ่นและส่วนที่ไม่พึงประสงค์ต่อการหมุนในการทำงานของมอเตอร์ รวมถึงการใส่สารหล่อลื่นในส่วนการหมุน และลูกปืน เป็นต้น
5. การบำรุงรักษาในรอบปี หรือตามรอบการบำรุงรักษา หรือตามสภาพอาการ ควรมีการตรวจสอบค่าความเป็นฉนวน ตรวจสอบเทอรมิสเตอร์ การวิเคราะห์การสั่นไหว