Cover Back

คู่มือฉบับนี้ทางบริษัทได้จัดทำขึ้นโดยการแปลจากเอกสารซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของทางบริษัท
ห้ามมิให้ผู้ใดทำซ้ำหรือนำไปจำหน่ายเพื่อการพาณิชย์ อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัท

HITACHI MOTOR MANUAL คู่มือมอเตอร์ฮิตาชิ

Cover Front

HITACHI

HITACHI MOTOR MANUAL
คู่มือมอเตอร์ฮิตาชิ

Hitachi Industrial Equipment Systems Co., Ltd.

HITACHI
Motor Manual

คำนำ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านสำหรับการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ของฮิตาชิเสมอมา คู่มือเล่มนี้ มีจุดประสงค์ในการจัดทำขึ้นเพื่อเป็นเอกสารให้ความรู้เชิงเทคนิคแก่ผู้ปฏิบัติงาน คู่มือฉบับนี้ได้ปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาบางส่วนจาก "**คู่มือการขายฮิตาชิมอเตอร์**" จนกลายเป็น "**คู่มือมอเตอร์ฮิตาชิ**" เล่มนี้ขึ้นมา ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เนื้อหาและข้อมูล ต่างๆ จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานทุกวันของทุกท่านและทางบริษัทขออภัยมา ณ.ที่นี้หากมีข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดบางส่วนในเนื้อหาเกิดขึ้น รวมถึงศัพท์ทางเทคนิคต่างๆ เนื่องจากคู่มือนี้แปลงมาจากต้นฉบับซึ่งเป็นภาษาญี่ปุ่น

"คู่มือฉบับนี้รวบรวมข้อมูลสำหรับใช้กับมอเตอร์แรงดันต่ำ"

บริษัท ฮิตาชิระบบอุปกรณ์อุตสาหกรรม (จำกัด)
แผนกระบบขับเคลื่อน

เว็บไซต์บริษัท ฮิตาชิระบบอุปกรณ์อุตสาหกรรม (จำกัด)
http: //www.hitachi.co.th/products/business/energy/electric_motor/index.html

สารบัญรวม

1 ตารางรายการประเภทการผลิตโมเดลมาตรฐาน

2 ส่วนสินค้า

3 ส่วนข้อมูล

4 ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ

5 ส่วนรายละเอียดข้อมาตรฐานข้อบังคับ

6 ส่วนการคำนวณข้อมูลเทคนิค

7 ส่วนการบริการ

1 ตารางรายการประเภทการผลิตโมเดลมาตรฐาน

มอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส 7

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 8

มอเตอร์ 1 เฟส 9

มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด 10

มอเตอร์พร้อมเบรก 11

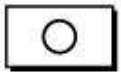
มอเตอร์เกียร์ 12

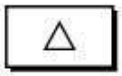
ในแต่ละตารางจะมีเครื่องอยู่ โดยจะมีความหมายในด้านการผลิตดังนี้

สินค้าผลิตในการคาดคะเน

สินค้าผลิตในการคาดคะเน (คาดคะเนการผลิตรุ่น 400Vด้วย)

สินค้าผลิตในการคาดคะเน (ใช้ร่วมกันในรุ่น 200V และ 400V)


JT (สินค้าจัสทามม์)


สินค้าสั่งซื้อ

นอกเหนือขอบเขตการผลิต

(หมายเหตุ)

1. ถ้าต้องการให้ผลิตโมเดลที่อยู่ในช่อง ให้ทำการปรึกษา
   นอกจากนี้ ยังสามารถผลิตโมเดลที่ไม่อยู่ในตารางรายการได้เช่นเดียวกัน ถ้าต้องการ ให้ทำการปรึกษา
2. JT (สินค้าจัสทามม์) คือสินค้าสั่งซื้อ (สินค้ารุ่นมาตรฐาน) ที่ต้องส่งมอบในระยะเวลาอันสั้น

※ 3. รุ่นที่มีการผลิตตามตารางเป็นการผลิตที่โรงงานในประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น

※ 4. สำหรับรุ่นที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศไทย ให้ดูในคู่มือการขาย (Cataloque) ฉบับสีฟ้า-ขาวต่างหากเพื่อการพิจารณาสั่งซื้อ

[มอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส]

ประเภท	สำหรับใช้งานทั่วไป									สำหรับใช้นอกอาคาร					
ชนิดแบบ	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายมีหน้าแปลน			ชนิด Drip-Proof			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายมีหน้าแปลน		
	TO-K, TFO-K, KK, FK, FKK			VTO-K, VTFO-K, KK, FK, FKK			EFOUP-K, KK, FK, FKK			TOA-K, TFOA-K, KK, FK, FKK			VTFOA-K, KK, FK, FKK		
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0.1															
0.2		○			○										
0.4	○	○	○	○	○	○				○	○	○	※	○	○
0.75	○	○	○	○	○	○				○	○	○	※	○	○
1.5	○	○	○			○				○	○	○	※	○	○
2.2		○	○			○				○	○	○	※	○	○
3.7		○								○	○	○	※	○	○
5.5		○								○	○	○	※	○	○
7.5		○								○	○	○	※	○	○
11		○								○	○	◎	○	○	○
15		○	◎			◎			◎	○	◎	◎	○	○	○
18.5		○	◎	○	◎	○		○	◎	○	◎	○	○	○	○
22	◎	○	◎	○	◎	○		○	◎	○	◎	○	○	○	○
30	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎	○	○	○	○
37	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	○	◎	○	○	○	○
45	◎	◎	◎	○	○	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	○	○
55	◎	◎	◎	△	○	△	△	◎	◎	○	◎	○	△	○	△
75	△	◎	◎	△	△	△	△	◎	△	△	◎	○	△	△	△
90	△	◎	◎	△	△	△	△	◎	△	△	◎	○	△	△	△
110	△	◎	◎	△	△	△	△	◎	△	△	○	○	△	△	△
132	△	◎	△	△	△	△	△	◎	△	△	○	△	△	△	△
150	△	△	△		△	△				△	△	△		△	△
160	△	△	△		△	△				△	△	△		△	△
185	△	△	△		△	△				△	△	△		△	△
200	△	△	△		△	△				△	△	△		△	△
220	△	△	△		△	△				△	△	△		△	△
250	△	△	△		△	△				△	△	△		△	△
280	△	△			△					△	△			△	
300	△	△			△					△	△			△	

[ ] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน [○] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน (คาดคะเนการผลิตรุ่น 400V ด้วย) [◎] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน (ใช้ร่วมกันในรุ่น 200V และ 400V) [○] : ปกติ (สินค้าขัดตามมาตรฐาน) [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต ※ : ชนิดแบบเป็น VTFOA

[มอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส]

ประเภท	ติดขวากล่องขั้วสาย			ติดด้านบนบนกล่องขั้วสาย					
ชนิดแบบ	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดใช้นอกอาคาร หุ้มปิดมีใบพัดระบาย		
	TFO-K, KK, FK, FKK			TFO-K, KK, FK, FKK			TFOA-K, KK, FK, FKK		
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0.1									
0.2									
0.4	○		○	○	○	○	○	○	○
0.75	○		○	○	○	○	○	○	○
1.5	○		○	○	○	○	○	○	○
2.2	○		○	○	○	○	○	○	○
3.7	○		○	○	○	○	○	○	○
5.5	○		○	○	○	○	○	○	○
7.5	○		○	○	○	○	○	○	○
11	○		○	○	○	○	○	○	○
15	○		○	○	○	○	○	○	○
18.5	○	○	○	○	◎	◎	○	◎	○
22	○	○	○	○	◎	◎	○	◎	○
30	○	○	○	◎	◎	◎	○	◎	○
37	○	○	○	◎	◎	◎	○	◎	○
45	○	○	○	◎	◎	◎	○	◎	○
55	○	○	△	◎	◎	◎	○	◎	○
75	△	△	△	△	◎	◎	△	◎	○
90	△	△	△	△	◎	◎	△	△	○
110	△	△	△	△	◎	◎	△	△	○
132	△	△	△	△	◎	△	△	△	△
150				△	△	△	△	△	△
160				△	△	△	△	△	△
185				△	△	△	△	△	△
200				△	△	△	△	△	△
220				△	△	△	△	△	△
250				△	△	△	△	△	△
280				△	△		△	△	
300				△	△		△	△	

[มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง]

ประเภท	สำหรับใช้นอกอาคาร					
ชนิดแบบ	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดใช้นอกอาคาร หุ้มปิดมีใบพัดระบาย		
	TFO-K, KK, HK, HKK			TFOA-K, KK, HK, HKK		
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)	2	4	6	2	4	6
0.1						
0.2						
0.4		○		△		△
0.75		○		△		△
1.5		○		△		△
2.2		○		△		△
3.7		○		△		△
5.5		○		△		△
7.5		○		△		△
11		○		△		△
15		○	◎	△		△
18.5		◎	◎	△	△	△
22	◎	◎	◎	△	△	△
30	◎	◎	◎	△	△	△
37	◎	◎	◎	△	△	△
45	△	◎	△	△	△	△
55	△	◎	△	△	△	△
75	△	△	△	△	△	△
90	△	△	△	△	△	△
110	△	△	△	△	△	△
132	△	△	△	△	△	△
150	△	△	△	△	△	△
160	△	△	△	△	△	△
185						
200						
220						
250						
280						
300						

[ ] : สินค้าผลิตในการตลาดระยะ [○] : สินค้าผลิตในการตลาดระยะ (ตลาดระยะการผลิตรุ่น 400V ด้วย) [◎] : สินค้าผลิตในการตลาดระยะ (ใช้ร่วมกันในรุ่น 200V และ 400V) [○] : มี (สินค้าจัดตามมี) [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต ※ : ชนิดแบบเป็น YTFOA

(มอเตอร์ 1 เฟส)

ประเภท	มอเตอร์ 1 เฟส						
	ชนิดสปลิทเฟสสตาร์ท			ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท		ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท คอนเดนเซอร์รัน	
รุ่น	ชนิด Drip-Proof		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	ชนิด Drip-Proof	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	ชนิด Drip-Proof	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย
	EFOU-KT EFNOU-KT		TFO-KT	EFOU(P)-KR EFNOU-KR	TFO-KR	EFOU(P)-KQ	TFO-KQ
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kw)	2P	4P	4P	4P	4P	4P	4P
100		※		※			
200		※		※		△	
250		※		※		△	
300				※			
400							△
550							△
750							
1000							

หมายเหตุ)

1. เครื่องหมาย ※ เป็นรุ่นที่มีขัดป้องกันการสั่น (EFNOU)
2. นอกจากรุ่นข้างต้นแล้ว ยังสามารถผลิตรุ่นคอนเดนเซอร์รันได้ ให้ทำการปรึกษาถ้าต้องการ

[มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด]

ประเภท	ชนิดป้องกันการระเบิดเพิ่มความปลอดภัย (มาตรฐาน JIS ใหม่) Exe II T3 eG3												ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน (d2G4)											
ชนิดแบบ	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย มีหน้าแปลน			ชนิดใช้นอกอาคาร หุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดใช้นอกอาคาร หุ้มปิดมีใบพัดระบายติดหน้าแปลน			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย มีหน้าแปลน			ชนิดใช้นอกอาคาร หุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดใช้นอกอาคาร หุ้มปิดมีใบพัดระบายติดหน้าแปลน		
	TFOX-K, KK			VTFOX-K, KK			TFOXA-K, KK			VTFOXA-K, KK			TFOXX-K, KK			VTFOXX-K, KK			TFOXXA-K, KK			VTFOXXA-K, KK		
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0.10																								
0.2	△			△	△		△	△																
0.4						○	○		○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
0.75						○	○		○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
1.5						○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.2						○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
3.7						○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.5						○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7.5						○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11						○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		△	○	○	△	○	○	△	○	○	△
18.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	△	△	○	△	△	○	△	△
22	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
37	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
45	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
55	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
75	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
90	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
110	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
132	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

หมายเหตุ) พื้นผิวชนิดป้องกันการระเบิดเพิ่มความปลอดภัยส่วน [ ] คือมาตรฐาน JIS ใหม่ Exe II T3 ส่วนอื่นๆ จะเป็น eG3 อย่างไรก็ตามสามารถสอบถามเพิ่มเติมได้ ถ้าต้องการให้เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน JIS ใหม่

[ ] : สินค้าผลิตในการตลาดระบบ [○] : JT (สินค้าจัดหาเอง) [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต

[มอเตอร์พร้อมเบรก]

ประเภท	ติดเบรก HBA/ติดเบรก HBF				ติดเบรก FA				ติดเบรก NA			
ชนิดแบบ	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย มีหน้าแปลน		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย มีหน้าแปลน		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย มีหน้าแปลน	
	TO-K TFO-K, KK		VTFO-K, KK		TFO-K		VTFO-K		TFO-K		VTFO-K	
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
0.1												
0.2	※※											
0.4	○	○		○		○	△	△		△	△	△
0.75	○			○		○	△	△		△	△	△
1.5				○			△			△	△	△
2.2				○						△	△	△
3.7			○	○							△	
5.5			○	○								
7.5		※	○	※△								
11	※△	※△	※△	※△								
15	※△	※△	※△									
18.5	※△	※△										
22	※△	※△										
30	※△											

※ : ติดเบรก HBF ※※ : ติดเบรก HB [ ] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน [○] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน (คาดคะเนการผลิตรุ่น 400V ด้วย) [○] : JT (สินค้าจัสทามบ์) [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต

[มอเตอร์เกียร์]

ประเภท		สำหรับโหลดขนาดกลาง (GA, Planet Series)																			
อัตราลดความเร็วโดยประมาณ		1/1400	1/1100	1/770	1/550	1/400	1/310	1/240	1/200	1/50 (1/180)	1/100 (1/90)	1/75 (1/70)	1/60	1/50	1/45 (1/43)	1/40	1/30 (1/29)	1/20 (1/21)	1/15	1/10 (1/11)	1/5	1/3
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ชนิดแกนเดี่ยว	0.4	*△	*△	*△	*△	*△	*△	*△	○	○						○						○
	0.75	*△	*△	*△	*△	*△	*△	*△	○	○						○						○
	1.5	*△	*△	*△	*△	*△	*△	*△	○	○						○						○
	2.2		*△	*△	*△	*△	*△	*△	○	○						○						○
	3.7				*△	*△	*△	*△	○	○						○						○
	5.5					*△	*△	*△		*△	○	○	○	○	○	○						○
	7.5						*△	*△		*△	*△	○	○	○	○	○						○
	11									*△	*△	*△	*△		*△							
	15									*△	*△	*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	22										*△	*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	30											*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	37												*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	45														*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	55														*△		*△	*△	*△	*△		

[ ] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน [○] : สินค้าสำหรับมาตรฐาน I-2W [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต

เครื่องหมาย * : Planet Series

โมเดลที่อยู่ในช่อง ( ) คือโมเดลที่ใช้กับ ( ) ของช่องอัตราลดความเร็วโดยประมาณ

ประเภท		สำหรับโหลดขนาดกลาง (GA, Planet Series)																			
อัตราลดความเร็วโดยประมาณ		1/1400	1/1100	1/770	1/550	1/400	1/310	1/240	1/200	1/50 (1/180)	1/100 (1/90)	1/75 (1/70)	1/60	1/50	1/45 (1/43)	1/40	1/30 (1/29)	1/20 (1/21)	1/15	1/10 (1/11)	1/5	1/3
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ธรรมดา	0.4	*△	*△	*△	*△	*△	*△	*△		*△	*△	*△	*△		○	○	○	○	○	○	○	○
	0.75	*△	*△	*△	*△	*△	*△	*△		*△	*△	*△	*△		○	○	○	○	○	○	○	○
	1.5	*△	*△	*△	*△	*△	*△	*△		*△	*△	*△	*△		○	○	○	○	○	○	○	○
	2.2		*△	*△	*△	*△	*△	*△		*△	*△	*△	*△		○	○	○	○	○	○	○	○
	3.7				*△	*△	*△	*△		*△	*△	*△	*△		○	○	○	○	○	○	○	○
	5.5					*△	*△	*△		*△	*△	*△	*△		*△		○	○	○	*△	*△	
	7.5						*△	*△		*△	*△	*△	*△		*△		*△	○	○	*△	*△	
	11									*△	*△	*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	15									*△	*△	*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	22										*△	*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	30											*△	*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	37												*△		*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	45														*△		*△	*△	*△	*△	*△	
	55														*△		*△	*△	*△	*△		

[○] : สินค้าสำหรับมาตรฐาน 1-2W [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต

เครื่องหมาย * : Planet Series

โมเดลที่อยู่ในช่อง ( ) คือโมเดลที่ใช้กับ ( ) ของช่องอัตราลดความเร็วโดยประมาณ

ประเภท		สำหรับโหลดขนาดกลาง (GA Series)																				
อัตราลดความเร็วโดยประมาณ		1/1400	1/1100	1/770	1/550	1/400	1/310	1/240	1/200	1/50 (1/180)	1/100 (1/90)	1/75 (1/70)	1/60	1/50	1/45 (1/43)	1/40	1/30 (1/29)	1/20 (1/21)	1/15	1/10 (1/11)	1/5	1/3
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต(kW)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
มาตรฐาน	0.4	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	○	○		○				○	○	○	○	○	○	○
	0.75	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
	1.5	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	2.2		⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3.7				⋆△	⋆△	⋆△	⋆△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	5.5					⋆△	⋆△	⋆△		(⋆△)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	7.5						⋆△	⋆△		(⋆△)	(⋆△)	○	○			○	○	○	○	○	○	○
	11									(⋆△)	(⋆△)	(⋆△)			(⋆△)		△	△	△	△	△	
	15																					

[ ] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน [○] : สินค้าสำหรับมาตรฐาน 1-2W [△] : สินค้าสั่งซื้อ [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต

เครื่องหมาย ⋆ : Planet Series

โมเดลที่อยู่ในช่อง ( ) คือโมเดลที่ใช้กับ ( ) ของช่องอัตราลดความเร็วโดยประมาณ

ประเภท / อัตราลดความเร็ว			สำหรับโหลดเท่ากันตลอด (CA Series)											
			1/1150	1/910	1/700	1/580	1/460	1/340	1/280	1/200	1/160	1/120	1/100	1/80
สามเฟส	ชนิดแนวนอน (มีขาติดตั้ง)	0.1kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		0.2kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		0.3kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		0.4kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		0.75kw					○	○	○	○	○	○	○	□
		1.5kw								○	○	○	○	□
		2.2kw											○	□
	ชนิดแนวนอนพร้อมเบรก (มีขาติดตั้ง)	0.1kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		□
		0.2kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		□
		0.4kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		□
		0.75kw					○	○	○	○	○	○	○	□
		1.5kw								○	○	○	○	□
		2.2kw											○	□
	ชนิดแนวตั้ง (มีหน้าแปลน)	0.1kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.2kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.3kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.4kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.75kw					○	○	○	○	○	○	○	□
		1.5kw								○	○	○	○	□
		2.2kw											○	□
	ชนิดแนวตั้งพร้อมเบรก (มีหน้าแปลน)	0.1kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.2kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.4kw	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	□
		0.75kw					○	○	○	○	○	○	○	□
		1.5kw								○	○	○	○	□
		2.2kw											○	□
หนึ่งเฟส	ชนิดแนวนอน (มีขาติดตั้ง)	0.1kw	○	○	○	○	□	□	□	□	□	□	○	□
		0.2kw	○	○	○	○	□	□	□	□	□	□	○	□

อัตราลดความเร็ว / ประเภท			สำหรับโหลดเท่ากันตลอด (CA Series)								
			1/60	1/50	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	1/10	1/5
สามเฟส	ชนิดแนวนอน (มีขาติดตั้ง)	0.1kw									
		0.2kw									
		0.3kw									
		0.4kw									
		0.75kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		1.5kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		2.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	ชนิดแนวนอน พร้อมเบรก (มีขาติดตั้ง)	0.1kw	O		O		O				O
		0.2kw	O		O		O				O
		0.4kw	O		O		O				O
		0.75kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		1.5kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		2.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	ชนิดแนวตั้ง (มีหน้าแปลน)	0.1kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.3kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.4kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.75kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		1.5kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		2.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	ชนิดแนวตั้ง พร้อมเบรก (มีหน้าแปลน)	0.1kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.4kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.75kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		1.5kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		2.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
หนึ่งเฟส	ชนิดแนวนอน (มีขาติดตั้ง)	0.1kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.4kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	ชนิดแนวตั้ง (มีหน้าแปลน)	0.1kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.2kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		0.4kw	O	O	O	O	O	O	O	O	O

[ ] : สินค้าผลิตในการคาดคะเน [O] : สินค้าสำหรับมาตรฐาน 1-2W [ ] : นอกเหนือขอบเขตการผลิต

2 ส่วนสินค้า

1. มอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส 18
2. มอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร 20
3. มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 25
4. มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ 29
5. มอเตอร์ชนิดป้องกันฝุ่น 32
6. มอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน 33
7. มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ 37
8. มอเตอร์สำหรับการใช้งานซ้ำไปมาและการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ 41
9. มอเตอร์ทนความร้อน 44
10. มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด 46
11. มอเตอร์พร้อมเบรก 61
12. มอเตอร์แบบ Built in มอเตอร์เฮอร์เมติค 79
13. มอเตอร์ความเร็วสูง 81
14 มอเตอร์ปั้นจั่นและอุปกรณ์ควบคุม 84
15 มอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ 98
16. มอเตอร์เกียร์ 104
17. มอเตอร์ใช้ในน้ำ 108
18 มอเตอร์สำหรับเรือ 113
19 มอเตอร์สำหรับไฟฟ้ากำลัง 116
20. มอเตอร์แยกตามการใช้งาน 117
    - 20-1. มอเตอร์สำหรับปั๊ม 117
    - 20-2 มอเตอร์สำหรับปั๊มไฮดรอลิกส์ 121
    - 20-3 มอเตอร์สำหรับพัดลม โบรเวอร์ 123
    - 20-4 มอเตอร์สำหรับคอมเพรสเซอร์ 128
    - 20-5 มอเตอร์สำหรับ Machine Tools 130
21. มอเตอร์มาตรฐาน 1 เฟส 134
22. มอเตอร์ PM 136

1. มอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส

1-1 คำนำ

ถ้าพูดถึงมอเตอร์ จะต้องนึกถึงมอเตอร์ชนิดมาตรฐาน 3 เฟส ที่มีการนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง จนเรียกได้ว่าเป็น **"มอเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป"** โครงสร้างมอเตอร์ จะเป็นแบบกรงกระรอก นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์ชนิดพิเศษเช่นมีการพันลวดไว้ที่โรเตอร์ ซึ่งใช้เป็นมอเตอร์ปั้นจั่น โดยจะมีการใช้งานเฉพาะอย่างเท่านั้น

1-2 The Motor Neo100

ในปี 1994 ได้มีการจัดจำหน่ายมอเตอร์ที่ใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์เป็นตัวโครงเสื้อของมอเตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปเป็นครั้งแรกในประเทศซึ่งเราเรียกว่า "The Motor"

และในปี 2009 ได้มีการเพิ่มเทคโนโลยีใหม่เข้าไปในโมเดลรุ่นก่อนหน้า (The Motor) และมีการจัดจำหน่ายมอเตอร์ที่มีการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งเราเรียกว่า "The Motor Neo100" เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานสากล สำหรับซีรี่ย์ "The Motor Neo100" ได้มีใช้มาตรฐาน IP55 กับมอเตอร์ใช้นอกอาคารเป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น

นอกจากนี้ ในส่วนที่เกี่ยวกับการเพิ่มอุณหภูมิของมอเตอร์ ซึ่งมีระดับค่าเดียวกันกับรุ่นก่อน ได้มีการเปลี่ยนชนิดวัสดุใช้ทำฉนวนหุ้มเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่น และสามารถผลิตเกรดทนความร้อนใน Class F ออกมาได้ในที่สุดเพื่อเป็นการแยกประเภทออกจากซีรี่ย์ใหม่ "The Motor Neo100" จึงได้มีการเพิ่มตัว "F" เข้าไปที่หน้าหมายเลขรุ่น (ซีรี่ย์ประสิทธิภาพสูงให้เป็น "H")

ในปัจจุบัน "The Motor Neo100" คือมอเตอร์รุ่นจากเบอร์เฟรม 71M (เทียบเท่ากับ 0.4 kW 4 โพล) จนถึงเบอร์เฟรม 160L (เทียบเท่ากับ 15 kW 4 โพล) ของชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย

สำหรับเบอร์เฟรม 160L ลงมา จะถือเป็น "The Motor Neo100" ที่มีการเปลี่ยนโมเดล โดยจะแยกตามเอ้าท์พุตการใช้งานดังแสดงในตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ขอบเขตการผลิต

	2P	4P	6P
The Motor Neo100	0.4 - 18.5kW	0.4 - 15kW	0.4 - 11kW
The Motor	22 - 55kW	18.5 - 55kW	15 - 45kW

หมายเหตุ 1) 0.4 - 0.75kW ของ 2, 4P และ 0.4kW ของ 6P จะเป็นโครงเหล็กกล้า

1-3 ข้อควรระวังเมื่อใช้อินเวอร์เตอร์รุ่น 400V

เมื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์รุ่น 400V อาจเกิดมีแรงดันกระชากขนาดสูงจากสภาพการติดตั้งเดินสาย เป็นต้น การทนต่อแรงดันไฟกระชากของมอเตอร์นี้ จะมีแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 1250 V (เวลาไต่ขึ้นมากกว่า 0.1s) ถ้าหากกลัวว่าค่าจะสูงมากกว่านี้ ให้ทำการติดตั้งฟิลเตอร์หรือรีแอคเตอร์ระหว่างอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์

1-4 คุณสมบัติมาตรฐาน

<table>
<tr><td>เอ้าท์พุต</td><td>0.1 - 300kW (จนถึง 6P: 250kW)</td></tr>
<tr><td>จำนวนโพล</td><td>2, 4, 6 โพล</td></tr>
<tr><td>มาตรฐานที่ใช้</td><td>JIS C 4210, 4034, JEC-2137-2000, JEM 1400, 1401 เป็นต้น (เทียบเท่ามาตรฐาน IEC)</td></tr>
<tr><td>อัตรา</td><td>S1 (ต่อเนื่อง)</td></tr>
<tr><td>แรงดันไฟฟ้า</td><td>รุ่น 200V, 400V (380V/400V/415V/50Hz, 400V/440V/60Hz) สำหรับรายละเอียดให้ดูในคู่มือการขาย</td></tr>
<tr><td>คลาสทนต่อความร้อน</td><td>
<table>
<tr><th>คลาสทนต่อความร้อน</th><th>เบอร์เฟรม</th></tr>
<tr><td>E</td><td>ต่ำกว่า 112M</td></tr>
<tr><td>B</td><td>132S - 180M</td></tr>
<tr><td>F</td><td>มากกว่า 180L</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>โครงเสื้อภายนอก
รุ่น
วิธีการป้องกัน</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">โครงเสื้อภายนอก</th><th>รุ่น (หมายเหตุ 3)</th><th>การป้องกัน</th></tr>
<tr><td rowspan="3">ชนิดหุ้มปิด</td><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย</td><td>TFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44, IP55 (หมายเหตุ 4)</td></tr>
<tr><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย แนวตั้ง (หมายเหตุ 1)</td><td>VTFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44, IP55 (หมายเหตุ 4)</td></tr>
<tr><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย หน้าแปลนแนวนอน</td><td>YTFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44, IP55 (หมายเหตุ 4)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ชนิดเปิด (หมายเหตุ 2)</td><td></td><td>ชนิดป้องกัน EFOUP-KK</td><td>IP22</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ชนิดแนวตั้ง (หมายเหตุ 1)</td><td>ชนิดป้องกัน VEFOUP-KK</td><td>IP22</td></tr>
<tr><td>ชนิด VEFOU-KK แบบเปิด</td><td>IP02</td></tr>
<tr><td>หน้าแปลนแนวนอน</td><td>ชนิด YEFOU-KK แบบเปิด</td><td>IP02</td></tr>
</table>
(หมายเหตุ 1) มาตรฐานชนิดแนวตั้งเป็นทิศทางแกนชี้ลง
(หมายเหตุ 2) ชนิดเปิดคือชนิดที่เป็นเฟรม 180M ขึ้นไป
(หมายเหตุ 2) กรณีรุ่น K (Neo100 Series, FK) คือ 3.7kW ลงมา และ KK(Neo100 Series, FKK) คือ 5.5kW ขึ้นไป
(หมายเหตุ 4) เบอร์เฟรม 63M และ 71M ที่ไม่ติดตั้งกล่องขั้วต่อสาย จะเป็น IP22 หรือ IP42
</td></tr>
<tr><td>ทิศทางการติดตั้งกล่องขั้วต่อสาย</td><td>เบอร์เฟรม 180M ลงมา : ทางซ้ายมองจากด้านโหลด
เบอร์เฟรมมากกว่า 180L : ข้างบน</td></tr>
<tr><td>วิธีต่อสาย</td><td>เบอร์เฟรม 71M - 160L ของ 0.4kW ขึ้นไป จะเป็นแบบแท่นขั้วต่อ (สกรูวัยืด), อื่นๆ จะเป็นแบบแร็ก</td></tr>
<tr><td>จำนวนสายไฟ</td><td>
<table>
<tr><td>3.7kW ลงมา</td><td>3 เส้น</td></tr>
<tr><td>5.5kW ขึ้นไป</td><td>6 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr>
<tr><td>ชนิดหุ้มปิด 2 โพล 22kW ขึ้นไป
4 โพล 18.5kW ขึ้นไป
6 โพล 15kW ขึ้นไป
ชนิดหุ้มปิด 2 โพล 30kW ขึ้นไป
4 โพล 22kW ขึ้นไป
6 โพล 15kW ขึ้นไป</td><td>12 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr>
<tr><td>150kW ขึ้นไป</td><td>6 เส้น หรือ 12 เส้น (6X แต่ละเฟส 2 เส้น) (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>สีทา</td><td>รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)</td></tr>
<tr><td>วิธีเชื่อมต่อ</td><td>2โพล 11kW ขึ้นไป : สำหรับการต่อตรง
2โพล 7.5kW ลงมา และ 4,6โพล : ต่อตรง/ต่อด้วยสายพานเข้าด้วยกัน</td></tr>
<tr><td>ทิศทางการหมุน</td><td>ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (ปลายแกนหมุน)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">สภาวะแวดล้อม</td><td>อุณหภูมิ</td><td>- 30 - 40°C</td></tr>
<tr><td>ความชื้นสัมพัทธ์</td><td>ชนิดเปิด ต่ำกว่า 90%RH ชนิดหุ้มปิด ต่ำกว่า 95%RH</td></tr>
<tr><td>ความสูง</td><td>ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m</td></tr>
<tr><td>สถานที่ติดตั้ง</td><td>ในอาคาร</td></tr>
<tr><td>บรรยากาศ</td><td colspan="2">หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย</td></tr>
</table>

* การผสมผสานระหว่างเอ้าท์พุต/จำนวนโพล/แรงดันไฟ ฯลฯ ตามขอบเขตมาตรฐานนั้น ให้ดูในตารางรายการประเภทการผลิตโมเดลมาตรฐานหน้า P7 นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถผลิตโมเดลที่ไม่อยู่ในตารางรายการได้เช่นเดียวกัน ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

2. มอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร

2.1 คำนำ

ถ้าใช้มอเตอร์รุ่นธรรมดาที่นอกอาคารนานๆ จะทำให้ความต้านทานฉนวนลดลง อันเนื่องจากลมและฝนที่ตกกระทบ และอาจมีน้ำรั่วซึมไปที่ตลับลูกปืน ส่งผลทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลง ในกรณีเช่นนี้ ให้ใช้มอเตอร์ชนิดใช้งานภายนอก (IP55)

อย่างไรก็ตาม มอเตอร์ชนิดใช้งานภายนอก Neo100 จะใช้มาตรฐานป้องกัน IP55 เป็นคุณสมบัติมาตรฐาน

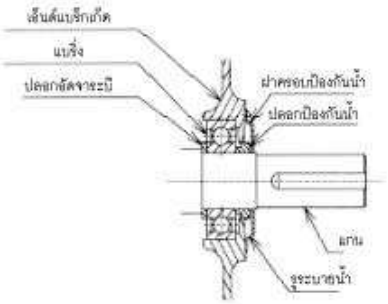
สำหรับรายละเอียดเครื่องหมาย IP ให้ดูใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 3 ชนิดของมอเตอร์กับเครื่องหมายรุ่น**" (หน้า 163)

2-2 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร

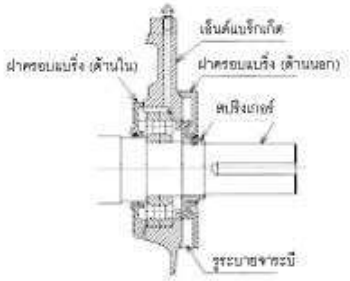
(1) จุดเสริมความทนทานของมอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร

ขนาดทั่วไปของมอเตอร์ใช้นอกอาคารชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายจะเท่ากับมอเตอร์ชนิดใช้งานทั่วไป แต่จะมีการเสริมความทนทานในจุดต่างๆ ดังต่อไปนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนเข้าไปข้างใน

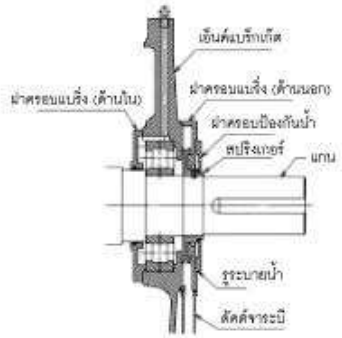
(1) ที่ส่วนทะลุผ่านแกนจะมีการติดตั้งฝาครอบป้องกันน้ำ ปลอกป้องกันน้ำเพื่อไม่ให้น้ำซึมเข้าตลับลูกปืน อย่างไรก็ตาม ส่วนตลับลูกปืนด้านโหลดของชนิดติดตั้งด้วยหน้าแปลน ที่ด้านหน้าแปลนจะเป็นมาตรฐานป้องกันน้ำ จึงไม่เป็นโครงสร้างป้องกันน้ำ กรณีที่ติดที่เกียร์บ็อกซ์ จำเป็นต้องใช้ซีลน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้สำหรับเกียร์บ็อกซ์ด้วย



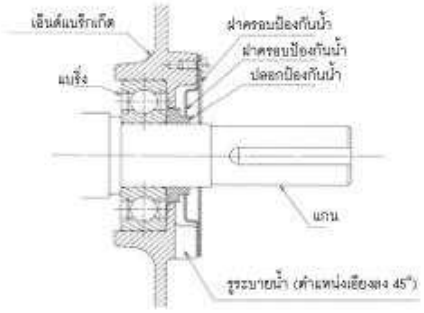
(a) แบบซีลแบริ่ง



(b) แบบเปลี่ยนจาระบี



(c) แบบเปลี่ยนจาระบี (ดิดคัดส์)



(d) Neo100(IP55)

รูปที่ 2.1 โครงสร้างส่วนแบริ่งของมอเตอร์ใช้นอกอาคาร

(2) กล่องขั้วต่อสายจะใช้ชนิดโครงสร้างป้องกันน้ำ ปากสายขั้วต่อจะใช้โครงสร้างที่เป็น Conduit หรือConduit Packing กับสายขั้วต่อท่อโลหะ

(3) ส่วนวงจรไฟฟ้าจะใช้ฉนวนหุ้มป้องกันประเภท 2 ป้องกันการระเบิด เพื่อให้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การเปลี่ยนความชื้นสัมพัทธ์เมื่อมอเตอร์ทำงานและหยุดทำงาน

(4) ส่วนที่เชื่อมต่อเข้ากันจะใช้ออยซีลคอมพาวด์ที่ไม่แห้งทาครอบเอาไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนเข้า

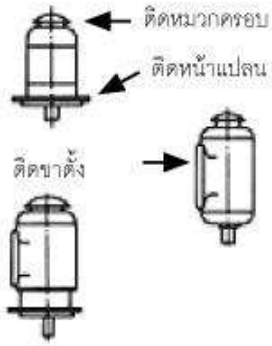
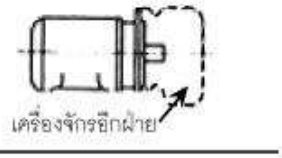
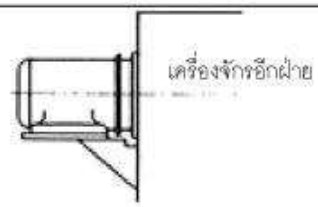
(2) **วิธีการติดตั้งกับรุ่น**

สำหรับทิศทางการติดตั้งมอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคารนั้นโดยมาตรฐานแล้ว การติดตั้งที่พื้นจะใช้ขาตั้งชนิดหน้าแปลนตั้งให้อยู่ในทิศแกนชี้ลง สำหรับวิธีการและทิศทางการติดตั้งจะมีการแยกประเภทดังในตารางที่ 2.1 ดังนั้นให้ระบุตามที่อยู่ใน **'ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 3. ชนิดของมอเตอร์กับเครื่องหมายรุ่น'**

นอกจากนี้ถ้าทำการติดตั้งโดยขาตั้งในทิศแกนชี้ขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนไหลเข้าไปยังส่วนแกนด้านบน และเอ็นด์แบร็กเก็ตให้ทำการติดตั้งฝาครอบ Rain-Proof และเนื่องจากเป็นมอเตอร์ชนิดพิเศษให้ระบุตามที่อยู่ใน **'ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 4. ชนิดของมอเตอร์กับเครื่องหมายรุ่น'**

(สำหรับการใช้งานกับคูลิ่งทาวเวอร์นั้นต้องมีการออกแบบส่วนแกนด้านบนเป็นพิเศษ ดังนั้นให้ติดตั้งในทิศแกนชี้ลง)

ตาราง 2.1 ประเภทรูปแบบการติดตั้งด้วยขาติดตั้งกับหน้าแปลน ใช้และไม่ใช้ V กับ Y

ประเภท	ตัวอย่างชนิด (ชนิดใช้นอกอาคาร)	อธิบาย	ภาพตัวอย่าง (ชนิดนอกอาคาร)
ติด V	VTFOA	ติดตั้งในแกนแนวตั้ง มีหน้าแปลน	
	VTFOA มีขาติดตั้ง, ไม่มีหน้าแปลน	ติดตั้งในแกนแนวตั้ง มีขาติดตั้ง ไม่มีหน้าแปลน	
	VTFOA มีขาติดตั้ง, มีหน้าแปลน	ติดตั้งในแกนแนวตั้ง มีขาติดตั้ง และหน้าแปลน	
ไม่ติด Y	TFOA มีหน้าแปลน	ติดตั้งด้วยขายึดในแกนแนวนอน เครื่องจักรที่ใช้งานด้วย จะต่อเข้าแบบโอเวอร์แฮ้งค์กับมอเตอร์	
ติด Y	YTFOA มีขาติดตั้ง, มีหน้าแปลน	ติดตั้งด้วยขายึดในแกนแนวนอน เครื่องจักรที่ใช้งานด้วย จะต่อเข้าแบบโอเวอร์แฮ้งค์กับมอเตอร์ พร้อมมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการสั่นเช่นขาตั้งเป็นต้น	

หมายเหตุ) กรณี V ในทิศแกนชี้ขึ้น จำเป็นต้องระบุ **"ทิศทางแกน"**

2-3 คุณสมบัติมาตรฐาน

<table>
<tr><td>เอ๊าท์พุต</td><td colspan="4">0.1 - 300kW (จนถึง 6P: 250kW)</td></tr>
<tr><td>จำนวนโพล</td><td colspan="4">2, 4, 6 โพล</td></tr>
<tr><td>มาตรฐานที่ใช้</td><td colspan="4">JIS C 4210, 4034, JEC-2137-2000, JEM 1400, 1401 เป็นต้น</td></tr>
<tr><td>อัตรา</td><td colspan="4">S1 (ต่อเนื่อง)</td></tr>
<tr><td>แรงดันไฟฟ้า</td><td colspan="4">รุ่น 200V, 400V (380V/400V/415V/50Hz, 400V/440V/60Hz) สำหรับรายละเอียดให้ดูในตาล็อก</td></tr>
<tr><td>คลาสทนต่อความร้อน</td><td colspan="4"><table><tr><td>คลาสทนต่อความร้อน</td><td>เบอร์เฟรม</td></tr><tr><td>F (E ไรซ์)</td><td>ต่ำกว่า 112M</td></tr><tr><td>F (B ไรซ์)</td><td>132S - 180M</td></tr><tr><td>F</td><td>มากกว่า 180L</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>โครงเสื้อภายนอก
รุ่น
วิธีการป้องกัน</td><td colspan="4"><table><tr><td colspan="2">โครงเสื้อภายนอก</td><td>รุ่น (หมายเหตุ 2)</td><td>การป้องกัน (หมายเหตุ 3)</td></tr><tr><td rowspan="3">ชนิดหุ้มปิด</td><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย</td><td>TFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44, IP55</td></tr><tr><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย แนวตั้ง (หมายเหตุ 1)</td><td>VTFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44, IP55</td></tr><tr><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย หน้าแปลนแนวนอน</td><td>YTFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44, IP55</td></tr></table>(หมายเหตุ 1) มาตรฐานชนิดแนวตั้งเป็นทิศทางแกนชี้ลง
(หมายเหตุ 2) กรณีรุ่น K (Neo100 Series, FK) คือ 3.7kW ลงมา และ KK(Neo100 Series, FKK) คือ 5.5kW ขึ้นไป
(หมายเหตุ 3) วิธีการป้องกัน กรณี Neo100 Series จะเป็น IP55 และอื่นๆ จะเป็น IP44</td></tr>
<tr><td>ทิศทางการติดตั้งกล่องขั้วต่อสาย</td><td colspan="4">เบอร์เฟรม 180M ลงมา : ทางซ้ายมองจากด้านโหลด
เบอร์เฟรมมากกว่า 180L : ข้างบน</td></tr>
<tr><td>วิธีต่อสาย</td><td colspan="4">เบอร์เฟรม 71M - 160L ของ 0.4kW ขึ้นไป จะเป็นแบบแท่นขั้วต่อ (สกรูว์ยึด), อื่นๆ จะเป็นแบบแร็ก</td></tr>
<tr><td>จำนวนสายไฟ</td><td colspan="4"><table><tr><td>3.7kW ลงมา</td><td>3 เส้น</td></tr><tr><td>5.5kW ขึ้นไป</td><td>6 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr><tr><td>ชนิดหุ้มปิด 2 โพล 22kW ขึ้นไป
4 โพล 18.5kW ขึ้นไป
6 โพล 15kW ขึ้นไป</td><td>12 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr><tr><td>150kW ขึ้นไป</td><td>6 เส้น หรือ 12 เส้น (6X แต่ละเฟส 2 เส้น) (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δได้)</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>สีทา</td><td colspan="4">รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)</td></tr>
<tr><td>วิธีเชื่อมต่อ</td><td colspan="4">2โพล 11kW ขึ้นไป : สำหรับการต่อตรง
2โพล 7.5kW ลงมา และ 4,6โพล : ต่อตรง/ต่อด้วยสายพานเข้าด้วยกัน</td></tr>
<tr><td>ทิศทางการหมุน</td><td colspan="4">ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (ปลายแกนหมุน)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">สภาวะแวดล้อม</td><td>อุณหภูมิ</td><td colspan="3">- 30 - 40°C</td></tr>
<tr><td>ความชื้นสัมพัทธ์</td><td colspan="3">ต่ำกว่า 90%RH</td></tr>
<tr><td>ความสูง</td><td colspan="3">ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m</td></tr>
<tr><td>สถานที่ติดตั้ง</td><td colspan="3">ใช้ภายนอกอาคารได้ (มาตรฐานคือใช้ขาตั้งเมื่อติดตั้งที่พื้น และใช้หน้าแปลนเมื่ออยู่ในทิศแกนชี้ลง)</td></tr>
<tr><td>บรรยากาศ</td><td colspan="4">หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย</td></tr>
</table>

* การผสมผสานระหว่างเอ๊าท์พุต/จำนวนโพล/แรงดันไฟ ฯลฯ ตามขอบเขตมาตรฐานนั้น ให้ดูในตารางรายการประเภทการผลิตโมเดลมาตรฐานหน้า P7 นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถผลิตโมเดลที่ไม่อยู่ในตารางรายการได้เช่นเดียวกัน ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

2-4 กล่องขั้วต่อสายชนิดใช้นอกอาคาร

กล่องขั้วต่อสายของชนิดใช้นอกอาคารกับชนิดป้องกันน้ำจะเหมือนกัน การลากสายต่อเข้าจากภายนอกโดยมาตรฐานแล้วจะใช้การต่อด้วยสกรูยึดท่อร้อยสาย อย่างไรก็ตามให้ทำการป้องกันไม่ให้น้ำค้าง หรือน้ำฝนไหลจากด้านในท่อร้อยสายเข้าไปข้างในกล่องขั้วต่อสาย สำหรับโครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย ให้ดูอ้างอิงใน "**ส่วนอธิบายคุณสมบัติ 21.โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย (3) (4) กล่องขั้วต่อสายแบบใช้งานนอกอากาศ**" นอกจากนี้ยังมีแบบ Conduit Packing กับแบบ Bellmouth Packing ด้วย ถ้าจำเป็นต้องใช้รูปแบบนี้ ให้ดูอ้างอิงใน "**ส่วนอธิบายคุณสมบัติ 22.วิธีการต่อสายจากภายนอก และขนาดมิติ KD**" (หน้า 243) ประกอบ

3. มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (Super Power Series)

3-1 คำนำ

เนื่องจากมีการให้ความสนใจเกี่ยวกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่นอุณหภูมิโลกที่ร้อนขึ้น เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการลดพลังงาน (กินไฟน้อย) นั้นจึงเป็นเรื่องจำเป็น ในโรงงานผลิตและสำนักงานทั่วไปจึงได้มีการทบทวนมาตรการการใช้งานมอเตอร์ที่เข้มงวดมากขึ้น และเดือนกรกฎาคม ปี 2000 ได้มีการกำหนด JIS(JIS C 4212) สำหรับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงขึ้นมา เพื่อให้ตรงตามมาตรฐานนี้ ทางฮิตาชิจึงได้สร้าง Series ขึ้นมาใหม่คือ Super Power Series เพื่อเป็น **"มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงฮิตาชิ"**

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีวิธีการติดตั้งเหมือนกับมอเตอร์มาตรฐาน อัตราการสูญเสียตอนทำงานลดลงเหลือเป็น 20-30% ยิ่งเวลาการทำงานนานมากขึ้นเท่าไหร่ ยิ่งประหยัดพลังงานมากเท่านั้น

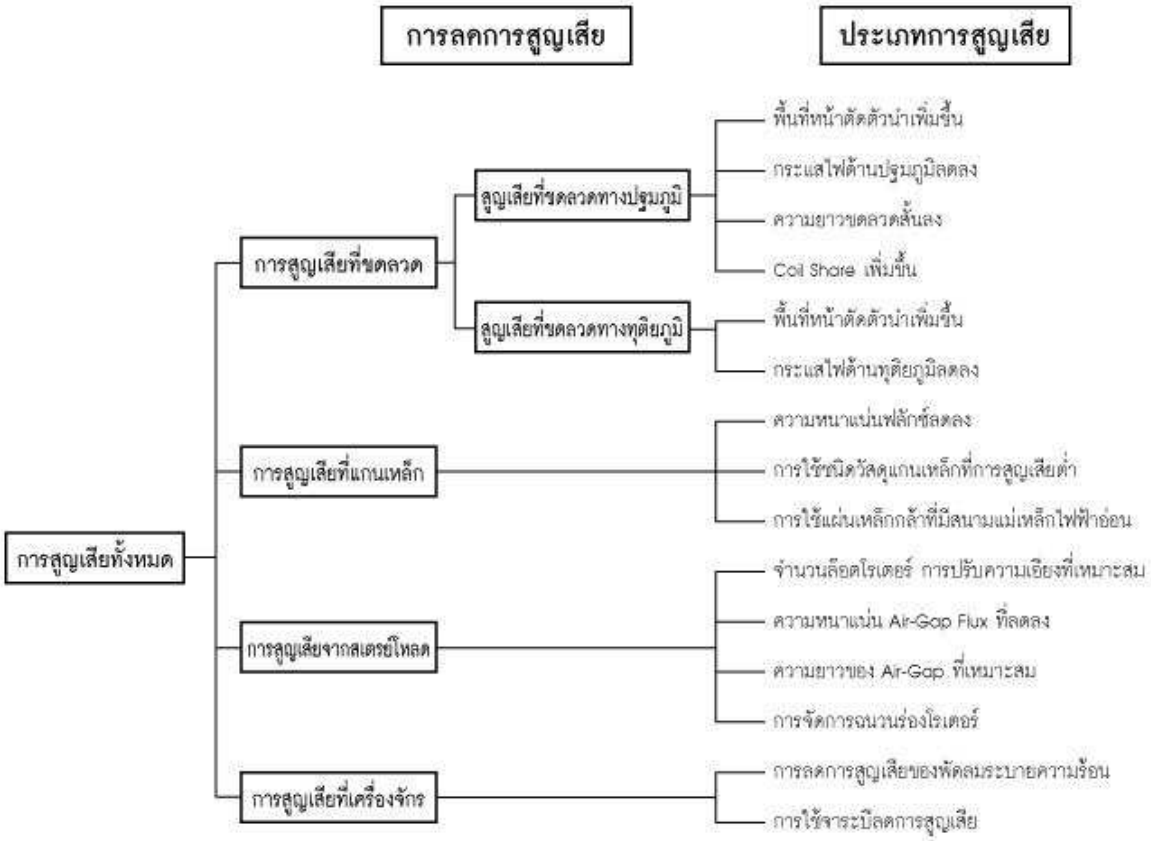
นอกจากนี้ การออกแบบที่ทำให้ใบพัดระบายความร้อนเล็กลง และสนามแม่เหล็กที่ไม่เข้มมากเกินไป ทำให้เสียงรบกวนจากลมพัด หรือเสียงจากสนามแม่เหล็กลดลง สามารถใช้เป็นมอเตอร์เสียงรบกวนต่ำได้

"นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามมาตรฐานประสิทธิภาพ EPAct ของอเมริกา (ข้อกำหนดการแก้ไขปัญหาพลังงานของอเมริกา) ด้วยเช่นกัน

สำหรับรายละเอียดและทิศทางการผลิตมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงล่าสุด สามารถศึกษาได้จาก "11-10 **ทิศทางการเปลี่ยนแปลงทั้งในและนอกประเทศเกี่ยวกับ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง**" (หน้า 200)

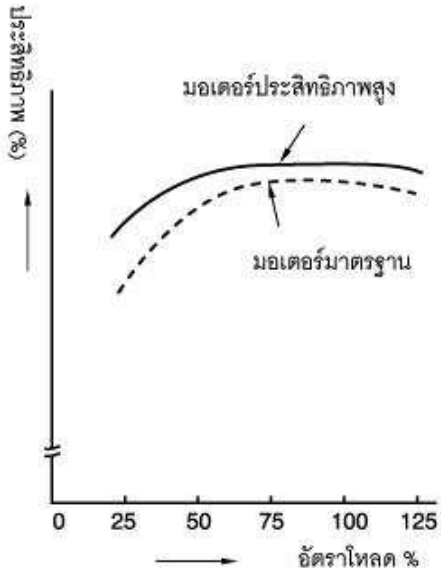
3-2 การลดการสูญเสียและคุณลักษณะโหลด

การสูญเสียของมอเตอร์ จะแบ่งประเภทออกได้เป็น การสูญเสียที่ขดลวดทางปฐมภูมิ (Primary Copper Loss) การสูญเสียที่ขดลวดทางทุติยภูมิ (Secondary Copper Loss) การสูญเสียที่แกนเหล็ก (Core Loss) การสูญเสียที่เครื่องจักร (Machine Loss) และการสูญเสียจากสเตรย์โหลด (Stray Load Loss) สัดส่วนการสูญเสียจะแปรผันไปตามขนาดของเอ้าท์พุต หรือจำนวนโพลเป็นต้น อย่างไรก็ตาม เราได้มีมาตรการเกี่ยวกับการลดการสูญเสียดังต่อไปนี้ ซึ่งสามารถลดการสูญเสียได้ 20 - 30%



คุณลักษณะของมอเตอร์ จะเปลี่ยนไปตามขนาดของโหลด มอเตอร์มาตรฐานจะมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ช่วงอัตราโหลด 75 - 100% ที่อัตราโหลดต่ำกว่า 50% การสูญเสียคงที่ (การสูญเสียที่แกนเหล็ก การสูญเสียที่เครื่องจักร) จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลงเป็นอย่างมาก

สำหรับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะมีการลดส่วนการสูญเสียคงที่ลง ทำให้การลดประสิทธิภาพการทำงานตอนโหลดต่ำน้อยลง และคุณลักษณะประสิทธิภาพจะอยู่ในแนวราบ ค่าความต่างประสิทธิภาพระหว่างมอเตอร์มาตรฐานตอนโหลดต่ำ จะมากกว่าตอนโหลดเต็ม (Full Load)



3-3 คุณสมบัติมาตรฐาน

<table>
<tr><td colspan="2">เอ๊าท์พุต</td><td>0.2 - 160kW</td></tr>
<tr><td colspan="2">จำนวนโพล</td><td>2, 4, 6 โพล</td></tr>
<tr><td colspan="2">มาตรฐานที่ใช้</td><td>JIS C 4212</td></tr>
<tr><td colspan="2">อัตรา</td><td>S1 (ต่อเนื่อง)</td></tr>
<tr><td colspan="2">แรงดันไฟฟ้า</td><td>รุ่น 200V (200V/50Hz, 200V/60Hz, 220V/60Hz)
รุ่น 400V (400V/50Hz, 400V/60Hz, 440V/60Hz)</td></tr>
<tr><td colspan="2">คลาสทนต่อความร้อน</td><td><table><tr><td>คลาสทนต่อความร้อน</td><td>เบอร์เฟรม</td></tr><tr><td>E</td><td>ต่ำกว่า 112M</td></tr><tr><td>B</td><td>132S - 180M</td></tr><tr><td>F</td><td>มากกว่า 180L</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2">โครงเลื้อภายนอก
รุ่น
วิธีการป้องกัน</td><td><table><tr><td>โครงเลื้อภายนอก</td><td>รุ่น (หมายเหตุ 1)</td><td>การป้องกัน</td></tr><tr><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย</td><td>TFOA-K, KK, FK, FKK</td><td>IP44</td></tr></table>รุ่น 3.7kW หรือต่ำกว่า (Neo 100 Serie, HK) รุ่น 5.5kW หรือสูงกว่า (Neo 100 Serie, HKK)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทิศทางการติดตั้งกล่องขั้วต่อสาย</td><td>เบอร์เฟรม 180M ลงมา : ทางซ้ายมองจากด้านโหลด
เบอร์เฟรมมากกว่า 180L : ด้านบนมองจากด้านโหลด</td></tr>
<tr><td colspan="2">วิธีต่อสาย</td><td>เบอร์เฟรม 71M - 160L ของ 0.4kW ขึ้นไป จะเป็นแบบแท่นขั้วต่อ (สกรูว์ยึด), อื่นๆ จะเป็นแบบแร็ก</td></tr>
<tr><td colspan="2">จำนวนสายไฟ</td><td><table><tr><td>3.7kW ลงมา</td><td>3 เส้น</td></tr><tr><td>5.5kW ขึ้นไป</td><td>6 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr><tr><td>ชนิดหุ้มปิด 2 โพล 22kW ขึ้นไป
4 โพล 18.5kW ขึ้นไป
6 โพล 15kW ขึ้นไป</td><td>12 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้)</td></tr><tr><td>150kW ขึ้นไป</td><td>6 เส้น หรือ 12 เส้น (6X แต่ละเฟส 2 เส้น) (สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δได้)</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2">สีทา</td><td>รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)</td></tr>
<tr><td colspan="2">วิธีเชื่อมต่อ</td><td>2 โพล 11kW ขึ้นไป : สำหรับการต่อตรง
2 โพล 7.5kW ลงมา และ 4, 6โพล : ต่อตรง/ต่อด้วยสายพานเข้าด้วยกัน</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทิศทางการหมุน</td><td>ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (ปลายแกนหมุน)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">สภาวะแวดล้อม</td><td>อุณหภูมิ</td><td>- 30 - 40°C</td></tr>
<tr><td>ความชื้นสัมพัทธ์</td><td>ต่ำกว่า 90%RH</td></tr>
<tr><td>ความสูง</td><td>ความสูงมาตรฐาน 1,000m ลงมา</td></tr>
<tr><td>สถานที่ติดตั้ง</td><td>ใช้ภายนอกอาคารได้ (มาตรฐานคือใช้ขาตั้งเมื่อติดตั้งที่พื้น และใช้หน้าแปลนเมื่ออยู่ในทิศแกนขึ้นลง)</td></tr>
<tr><td colspan="2">บรรยากาศ</td><td>หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย</td></tr>
</table>

* การผสมผสานระหว่างเอ๊าท์พุต/จำนวนโพล/แรงดันไฟ ฯลฯ ตามขอบเขตมาตรฐานนั้น ให้ดูในตารางรายการประเภทการผลิตโมเดลมาตรฐานหน้า P7 นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถผลิตโมเดลที่ไม่อยู่ในตารางรายการได้เช่นเดียวกัน ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

3-4 ผลการประหยัดพลังงาน

ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างการคำนวณพลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยใช้สูตรคำนวณค่าไฟทั้งปี เป็นดังนี้

$$\underset{\text{(บาท)}}{\text{ค่าไฟทั้งปี}} = \underset{\text{(kW)}}{\text{เอ้าท์พุตมอเตอร์}} \times \underset{\text{(ชั่วโมง/ปี)}}{\text{ระยะเวลาใช้ไฟทั้งปี}} \times \underset{\text{(บาท/kWh)}}{\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย}} \times \left(\frac{100}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐาน (\%)}} - \frac{100}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (\%)}} \right)$$

ตามสูตรการคำนวณข้างต้น มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะเป็นสัดส่วนกับเวลาการทำงาน ดังนั้น จึงเหมาะกับการใช้งานที่กินระยะเวลายาวนาน ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น

- ตัวอย่างการคำนวณ

เงื่อนไขการคำนวน	**เอ้าท์พุต/จำนวนโพล**	**: 15kW, 4 ขั้ว**	**ประหยัดค่าไฟทั้งปีได้ ประมาณ 5,900 บาท**
	แรงดันไฟฟ้า/ความถี่	**: 200V, 50Hz**	
	ประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	**: 90.6%**	
	ประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐาน	**: 88.4%**	
	เวลาทำงานทั้งปี	**: 4,800 ชม. (16 ชม./วัน)**	
	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	**: 3 บาท/kWh**	

3-5 ข้อควรระวังในการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงได้มีการควบคุมเพื่อให้เกิดความสูญเสียของพลังงานน้อย ดังนั้นจึงมีความเร็วมากกว่ามอเตอร์มาตรฐาน ดังนั้น ถ้านำมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงไปแทนมอเตอร์มาตรฐานในปั๊มหรือพัดลม แน่นอนว่าความเร็วรอบจะเร็วขึ้น และเอ้าท์พุตของมอเตอร์ก็จะมากขึ้นด้วย การที่เอ้าท์พุตมากขึ้นก็จะทำให้ค่าไฟสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้แล้ว อาจมีการลดค่าความต้านทานลงเพื่อลดการสูญเสียที่ขดลวด (ปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ซึ่งจะทำให้กระแสเริ่มหมุนสูงกว่ามอเตอร์มาตรฐาน ดังนั้นอาจจำเป็นที่จะต้องติดอุปกรณ์ตัดกระแสไฟ เช่นเบรกเกอร์ เป็นต้น

4. มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ (การป้องกันตามมาตรฐาน JIS JEC IP46)

4-1 คำนำ

กรณีที่ใช้กับงานล้างผักอัดในมัติหรืออุปกรณ์ทำอาหารสด ซึ่งต้องการความสะอาดอย่างมาก งานประเภทนี้จะมีน้ำเปียกตัวเครื่องจักรหรือมอเตอร์อยู่บ่อย ๆ รวมทั้งมีน้ำเหลือจากการล้างเปียกพุ่มที่โฮสอยู่บ่อย ๆ ถ้าใช้มอเตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปหรือมอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร อาจมีไอกาสที่ทำให้น้ำเข้าที่ตลับลูกปืน ทำให้มอเตอร์เสียหายได้ กรณีนี้ให้ใช้มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ (IP46)

เนื่องจากไม่ใช่มอเตอร์ชนิด Waterproof ดังนั้นถ้าอยู่ในสภาวะที่น้ำขังมอเตอร์จะทำให้เกิดการอุดตันที่รูระบายน้ำออกที่อยู่ทางด้านล่างของฝาครอบป้องกันน้ำส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำลงได้ ดังนั้นให้ทำการติดตั้งโดยใช้ฐานรอง

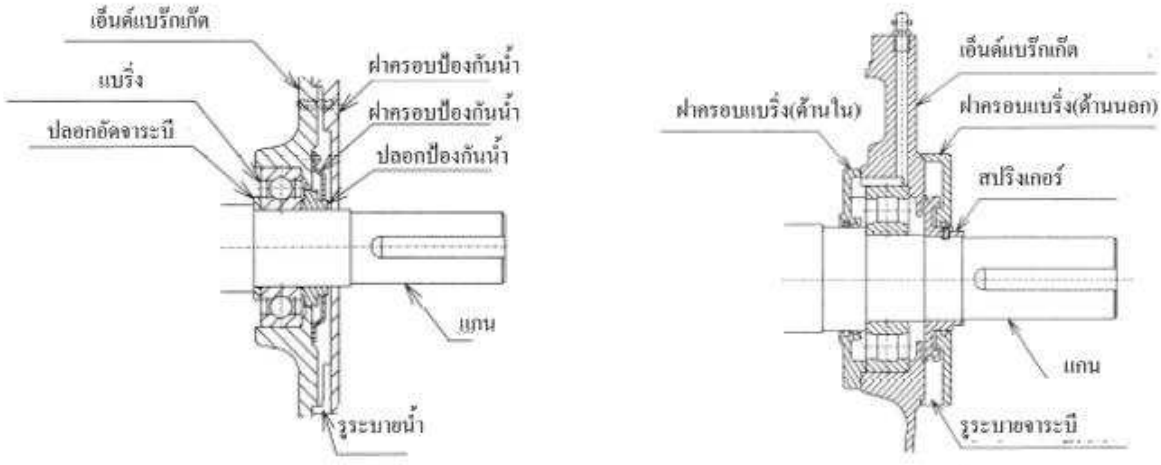
4-2 คุณสมบัติของมอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ

(1) จุดเสริมความทนทานของมอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำและวิธีทดสอบ

มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำจะใช้เบอร์เฟรม - ขนาดรูปร่างจะเหมือนกับมอเตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปหรือมอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร (ยกเว้นเฟรมที่เทียบเท่ากับ 0.4kW, 0.75kW 4โพล) แต่จะมีการทดสอบเกี่ยวการป้องกันน้ำเข้ามาอย่างดีมากกว่ามอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร ดังนั้น ถ้าเทียบก็คือมอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคารจะทำการทดลอบไม่ให้น้ำฝนเข้า ส่วนมอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำจะถูกทดสอบโดยการฉีดน้ำความดันสูงจากท่อ ซึ่งจะมีการเสริมความทนทานในจุดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

หมายเหตุ) ชนิดป้องกันน้ำคือไม่มีน้ำเข้าไปในตัวเครื่องหลังจากทำการฉีดน้ำจากท่อน้ำเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 12.5mm ที่ระยะห่าง 3 เมตรจากตัวเครื่อง ความดันน้ำส่วนหัว 8เมตร และฉีดจากทิศต่าง ๆ กันเป็นเวลา 10 นาที

(1) ที่ส่วนทะลุผ่านแกนจะใช้โครงสร้างป้องกันน้ำสองชั้น อย่างไรก็ตาม สำหรับชนิดติดตั้งด้วยหน้าแปลน จะเป็นมาตรฐานการป้องกันน้ำอยู่แล้วสำหรับด้านหน้าแปลน นอกจากนี้ สำหรับการติดตั้งเกียร์บ็อกซ์ ให้ดูอ้างอิงใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 19.ซีลน้ำมัน**" (หน้า 226) ประกอบ



(a) แบบซีลแบริ่ง (b) แบบเปลี่ยนจาระบี

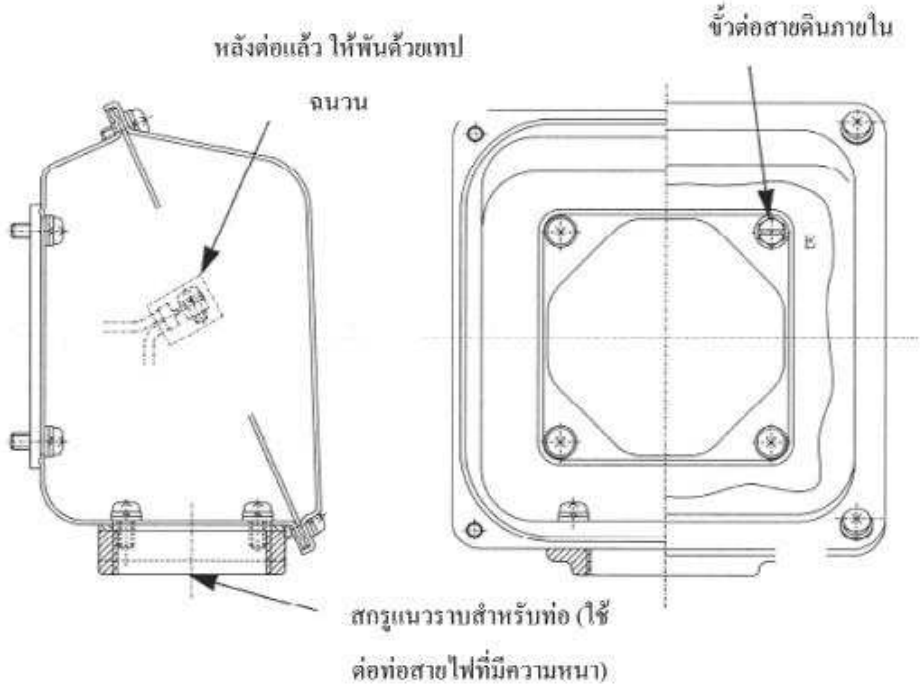
รูปที่ 4.1 โครงสร้างส่วนแบริ่งด้านโหลดของมอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ (ตัวอย่าง)

(2) เสริมโครงสร้างป้องกันน้ำที่ส่วนเชื่อมต่อกันของเฟรมตรงส่วนเชื่อมต่อของกล่องขั้วต่อสาย

(3) กล่องขั้วต่อสายใช้โครงสร้างป้องกันน้ำ ส่วนปะเก็นเชื่อมต่อมีการปิดมิดชิดอย่างดี สำหรับขนาดและการใช้งานให้ดูอ้างอิงใน **"ตาราง 21.8 และ 9 ตารางการใช้กล่องขั้วต่อสายชนิดภายนอกอาคาร"** (หน้า 236)

(4) ส่วนไฟฟ้ามีการเพิ่มความทนทานของฉนวนป้องกันเพื่อให้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายนอกหรือการทำงานหรือหยุดการทำงานของมอเตอร์

(5) ที่ส่วนเฟรมกับแบริ่งและส่วนการต่อสายของกล่องขั้วต่อสายมีการทาออยล์ซีลคอมพาวด์ที่มีคุณสมบัติไม่แห้งตัวเพื่อป้องกันน้ำฝนเข้า



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างโครงสร้างของกล่องขั้วต่อสายมอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ

(2) วิธีการต่อสายของกล่องขั้วต่อสายกับสายไฟด้านนอก

สำหรับการต่อสายไฟกับภายนอก โดยมาตรฐานจะใช้ชนิดการเชื่อมต่อสกรูยึดท่อร้อยสาย แต่ก็สามารถผลิตแบบ Conduit Packing ได้เช่นเดียวกัน

ขนาดของท่อร้อยสายหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของ Packing จะมีทั้งขนาดมาตรฐานและขนาดตามการระบุ ให้ดูอ้างอิงใน **"ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 22.การต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KD"** (หน้า 243) ประกอบ

นอกจากนี้ กรณีชนิดการเชื่อมต่อสกรูยึดท่อร้อยสาย ต้องไม่ให้น้ำจากทางภายในท่อไปที่ภายในกล่องขั้วต่อสาย

4-3 การใช้งานมอเตอร์ป้องกันน้ำ

(1) **เครื่องทำความสะอาดผลไม้ ผักอัตโนมัติ เป็นต้น**

กรณีเครื่องจักรที่มีโครงสร้างที่มีน้ำจากการล้างผัก ผลไม้มาเปียกที่มอเตอร์

นอกจากนี้ยังใช้กรณีที่ต้องการป้องกันตลับลูกปืนจากการกระเด็นของน้ำที่นองอยู่ตามพื้น

(2) **เครื่องจักรทำงานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำ อุตสาหกรรมอาหาร การผลิตอาหารสด เป็นต้น**

กรณีที่ต้องการความสะอาดด้วยการชะล้าง มีการฉีดน้ำความดันสูงเพื่อทำความสะอาดพื้นผิวมอเตอร์

(3) **กรณีที่อาจเกิดอันตรายได้จากแหล่งน้ำที่มีอยู่**

5. มอเตอร์ชนิดป้องกันฝุ่น (การป้องกันตามมาตรฐาน JIS JEC IP44 – IP55)

5.1 คำนำ

อุตสาหกรรมประเภทซีเมนต์ หรืออุตสาหกรรมโลหะผสมจะมีฝุ่นละอองเยอะ โดยปกติ จะใช้มอเตอร์ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย อย่างไรก็ตาม ถ้ามีฝุ่นละอองมากเกินไป จำเป็นที่จะต้องใช้ส่วนแบริ่ง หรือส่วนกล่องขั้วต่อสายที่เป็นโครงสร้างพิเศษ การออกแบบจะแปรเปลี่ยนไปตามความละเอียดของเม็ดฝุ่น ความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น ซึ่งการจะตัดสินค่านั้นค่อนข้างยาก อย่างไรก็ตามค่าเป้าหมายจะเป็นดังนี้

(1) มอเตอร์ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายโดยปกติจะสามารถป้องกันฝุ่นได้ที่ระดับ 1,000ชิ้น/cm3

(2) ถ้าแยกประเภทตามปริมาณฝุ่น จะแบ่งได้ตามตาราง 5.1 ดังนี้

ตาราง 5.1 ปริมาณฝุ่นและโครงสร้าง

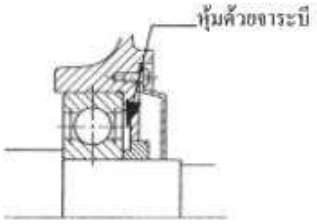
ประเภทสภาพการใช้งาน	ปริมาณฝุ่น (g/m3)	ส่วนแบริ่ง	ส่วนขั้วต่อ	เครื่องหมาย IP
ฝุ่นละอองขนาดประมาณ 100mesh สะสมสูง 1mm ในเวลา 1 ปี	ต่ำกว่า 10	มาตรฐาน	มาตรฐาน	IP44
ฝุ่นละอองขนาดประมาณ 100mesh สะสมสูง 2.5mm ในเวลาครึ่งปี	ต่ำกว่า 50	ชนิดป้องกันฝุ่น (รูป 6.1)	ชนิดใช้นอกอาคาร	IP54
มากกว่าที่กล่าวไปในข้างต้น	เกิน 50	ชนิดป้องกันฝุ่นพิเศษ (รูป 6.1)	โครงสร้างพิเศษ	IP55

หมายเหตุ) 1. ปริมาณฝุ่นคือเป็นปริมาณที่เกิดขึ้นใน 24ชั่วโมง

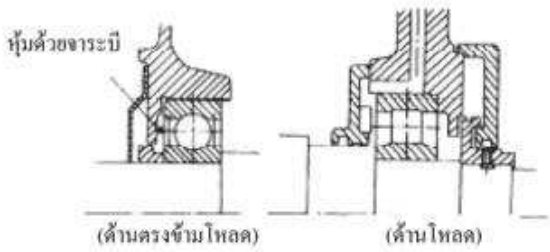
2. รูทางออกให้ใช้ท่อแบบยืดหยุ่น ถ้ามีฝุ่นละอองที่ลักษณะเป็นตัวนำอยู่ด้วย ให้ทำการติดต่อสอบถาม

5-2 โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดป้องกันฝุ่น

(1) โครงสร้างส่วนตลับลูกปืนของมอเตอร์ชนิดป้องกันฝุ่น จะเป็นดังแสดงในรูป 5.1 และรูป 5.2



รูป 5.1 ชนิดป้องกันฝุ่น (ตัวอย่าง)



รูป 5.2 ชนิดป้องกันฝุ่นพิเศษ (ตัวอย่าง)

(2) กรณี IP4□ โครงสร้างเฟรม ขั้วต่อสายจะเหมือนกับมอเตอร์มาตรฐาน

(3) กรณี IP5□ โครงสร้างจะเหมือนชนิดใช้นอกอาคาร

6. มอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน (การป้องกันตามมาตรฐาน JIS JEC IP44)

6.1 คำนำ

สำหรับอุตสาหกรรมเคมีต่างๆ เช่นการผลิตยา จะมีสารเคมีประเภทกรด และด่างอยู่ด้วย ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้จะต้องมีโครงสร้าง ชนิดวัสดุ การทาสี ชิ้นส่วนไฟฟ้าต่างๆ ที่มีการพิจารณาเป็นอย่างดี ซึ่งกรณีการใช้งานลักษณะนี้ มอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อนจะเหมาะสมมาก

6-2 มาตรฐานเทคโนโลยีของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน

มาตรฐานเทคโนโลยีของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน จะยึดตามเอกสารข้อมูลทางเทคนิคสมาคมผู้ผลิตไฟฟ้าญี่ปุ่น ข้อที่ 118 **"มาตรฐานการเลือกมอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำชนิดป้องกันการกัดกร่อน (ปี 1978)"** โดยจะมีการแยกประเภทมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อนเพื่อใช้ในที่ที่มีกรด หรือด่างที่มีฤทธิ์การกัดกร่อนรุนแรง

(1) ประเภทของมอเตอร์

ประเภทของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน และรายละเอียด จะเป็นไปตามตารางที่ 6.1 ดังนี้

ตาราง 6.1 ประเภทของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน

ประเภท	รายละเอียด
ประเภท 1	ใช้กับที่ที่มีการกัดกร่อนรุนแรง
ประเภท 2	ใช้กับที่ที่มีการกัดกร่อนปานกลาง
ประเภท 3	ใช้กับที่ที่มีการกัดกร่อนน้อย

นอกจากนี้ ตัวอย่างโครงสร้างเปลือกหุ้มภายนอกที่ใช้กับประเภทการกัดกร่อนเหล่านี้ และวัสดุที่ใช้ จะแสดงในตารางที่ 6.2 ดังนี้

ตาราง 6.2 วัสดุหลักของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน

	ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3
โครงเสื้อภายนอก (1)	ชนิดหุ้มปิด (พัดลมภายนอก)	ชนิดหุ้มปิด (พัดลมภายนอก)	ชนิดหุ้มปิด (พัดลมภายนอก)
ส่วนโครงสร้างหลัก	เคลือบป้องกันการกัดกร่อนบนเหล็กหล่อ เคลือบป้องกันการกัดกร่อนบนแผ่นเหล็กหนาสแตนเลส ยางทนต่อการกัดกร่อน	เคลือบป้องกันการกัดกร่อนบนเหล็กหล่อ ทำให้แผ่นเหล็กทนต่อการกัดกร่อน (ชุบหรือเคลือบป้องกันการกัดกร่อนเป็นต้น) ยางทนต่อการกัดกร่อน เคลือบป้องกันการกัดกร่อนบนโลหะหล่อผสมอลูมิเนียม	เคลือบป้องกันการกัดกร่อนบนชนิดชนิดหุ้มปิด (พัดลมภายนอก) สำหรับใช้งานทั่วไป
ส่วนเสริม (2)	ทำให้แผ่นเหล็กทนต่อการกัดกร่อน (ชุบหรือเคลือบป้องกันการกัดกร่อนเป็นต้น) หรือใช้วัสดุเหมือกับส่วนโครงสร้างหลัก		
ประเภทสลักเกลียว	สแตนเลส	ชุบป้องกันการกัดกร่อนบนบนวัสดุธรรมดา	

หมายเหตุ (1) กรณีใช้นอกอาคาร ให้ใช้ชนิดใช้นอกอาคาร อย่างไรก็ตาม กรณีของประเภท 1 โดยทั่วไปจะใช้เป็นคุณสมบัติใช้นอกอาคาร
(2) ถึงจะเกิดการกัดกร่อนเป็นบางส่วน แต่ในการทำงานปกติ ส่วนดังกล่าวนั้นเกิดความปลอดภัย ไม่มีการเสียหายเกิดขึ้น

(2) การเลือกใช้มอเตอร์กับประเภทวัสดุกัดกร่อนและความเข้มข้น

(1) การแยกประเภทวัสดุกัดกร่อนและความเข้มข้น

ประเภทวัสดุกัดกร่อนและความเข้มข้นจะแสดงในตารางที่ 6.3 ความเข้มข้นจะเรียงตามประเภทกัดกร่อนรุนแรงลงไปเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 1 ระดับ 2 และระดับ 3

ตาราง 6.3 การแยกประเภทวัสดุกัดกร่อนและความเข้มข้น

ประเภทวัสดุกัดกร่อน / ความเข้มข้น		ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
ก๊าซ	ก๊าซไนโตรท์ (NO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคลอรีน (CL_2) ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	เกิน 5ppm หมายเหตุ (2)	มากกว่า 0.3ppm น้อยกว่า 5ppm	ไม่ถึง 0.3ppm
	ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2)	เกิน 10ppm หมายเหตุ (2)	มากกว่า 0.6ppm น้อยกว่า 10ppm	ไม่ถึง 0.6ppm
	ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)	-	มากกว่า 100ppm	ไม่ถึง 100ppm
หมอก	หมอกไฮโดรคลอไร (HCl) หมอกกรดไนตริก (HNO_3) หมอกกรดซัลเฟอร์ (H_2SO_4)	เกิน 10mg/cm^3 หมายเหตุ (2)	มากกว่า 0.3mg/cm^3 น้อยกว่า 10mg/cm^3	ไม่ถึง 0.3mg/cm^3
ของเหลว	กรดไฮโดรคลอริก (HCl) หมายเหตุ (1) กรดไนตริก (HNO_3) หมายเหตุ (1) กรดซัลฟุริก (H_2SO_4) หมายเหตุ (1) โซดาไฟ (NaOH) หมายเหตุ (1)	อาจเกิดขึ้นบางครั้ง	อาจจะเปียกตลอดเวลา	-
	น้ำเกลือ (NaCl) น้ำแอมโมเนีย (NH_4OH)	เปียกอยู่เสมอ หรือเกิดขึ้นบ่อย	อาจเกิดขึ้นบางครั้ง	อาจจะเปียกตลอดเวลา

หมายเหตุ (1) ปกติทั่วไปแล้ว จะไม่ทำการติดตั้งมอเตอร์ไว้ในที่ๆ มีกรดหรือด่างเข้มข้น หรือที่ที่เปียกชื้นตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ให้ทำการปรึกษาสอบถาม

(2) กรณีที่เกินค่ากำหนดมาก ให้ทำการปรึกษาสอบถาม

(2) ประเภทสภาพแวดล้อมใช้งาน

ประเภทสภาพแวดล้อมใช้งานจะแสดงในตารางที่ 6.4 จะเรียงตามการกัดกร่อนรุนแรงลงไปเป็นเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ A ระดับ B และระดับ C

ตาราง 6.4 ประเภทสภาพแวดล้อมใช้งาน

	ระดับ A	ระดับ B	ระดับ C
รายละเอียด	มีผลกระทบรุนแรงมากต่อมอเตอร์	มีผลกระทบปานกลางต่อมอเตอร์	มีผลกระทบน้อยต่อมอเตอร์
เป้าหมายการเลือกสถานที่	(1) โรงงานนอกอาคารเช่น อุตสาหกรรมเคมีชายฝั่งทะเล (ชนิดป้องกันการกัดกร่อนภายนอกอาคาร) (2) โรงงานภายในอาคารที่มีสารกัดกร่อนและการจัดการการถ่ายเทอากาศไม่ดี (3) ตา จมูกและคอระคายเคือง ไม่สามารถทำงานได้ถ้าไม่มีเครื่องป้องกัน (4) มีการกัดกร่อนอย่างรุนแรงของอาคารและมีการทาสีซ่อมแซมหลายครั้งต่อปี	(1) โรงงานนอกอาคารเช่น อุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมเหล็ก (ชนิดป้องกันการกัดกร่อนภายนอกอาคาร) (2) โรงงานภายในอาคารที่มีสารกัดกร่อนและมีการจัดการการถ่ายเทอากาศที่ดี (3) รู้สึกระคายเคืองเป็นบางครั้ง แต่สามารถทำงานได้โดยไม่มีเครื่องป้องกัน (4) มีการกัดกร่อนของอาคารไม่รุนแรง และมีการทาสีซ่อมแซม ครึ่ง-1 ปีต่อครั้ง	(1) เขตอุตสาหกรรมหนักนอกอาคารที่ไม่สัมผัสโดยตรงกับลมฝน (2) โรงงานภายในอาคารที่ไม่มีสารกัดกร่อนรุนแรงและมีการจัดการการถ่ายเทอากาศที่ดี (3) มีกลิ่นของกรด หรือด่างบ้างตามทิศทางของลม (4) แทบไม่มีสนิมอยู่ในอาคารรุนแรง และมีการทาสีซ่อมแซม 1~2 ปีต่อครั้ง

(3) การเลือกใช้งานมอเตอร์

การเลือกใช้งานมอเตอร์เพื่อให้ตรงตามประเภทวัสดุกัดกร่อน ความเข้มข้นและสถาพแวดล้อมใช้งานจะแสดงดังในตารางที่ 6.5

ในตารางที่ 6.5 โดยปกติทั่วไปจะใช้กับสถานที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 40oC และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 90% อย่างไรก็ตาม กรณีที่เป็นก๊าซหรือหมอก ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น การกัดกร่อนก็จะรุนแรงมากขึ้นด้วย ดังนั้นให้พิจารณาอย่างดีก่อนใช้งาน

นอกจากนี้ ความสามารถในการป้องกันการกัดกร่อนยังขึ้นอยู่กับความถี่ของการบำรุงรักษาอย่างมากด้วย ดังนั้น ในการนำไปใช้งานจริง ให้ทำการกำหนดระยะการบำรุงรักษากับผู้ใช้งานด้วย

ตาราง 6.5 การเลือกใช้งานมอเตอร์

ประเภทของมอเตอร์ \ ความเข้มข้นของวัสดุกัดกร่อน	ระดับ 1 - ระดับ A	ระดับ 2 - ระดับ B	ระดับ 3 - ระดับ C
ประเภท 1	○		
ประเภท 2		○	
ประเภท 3			○

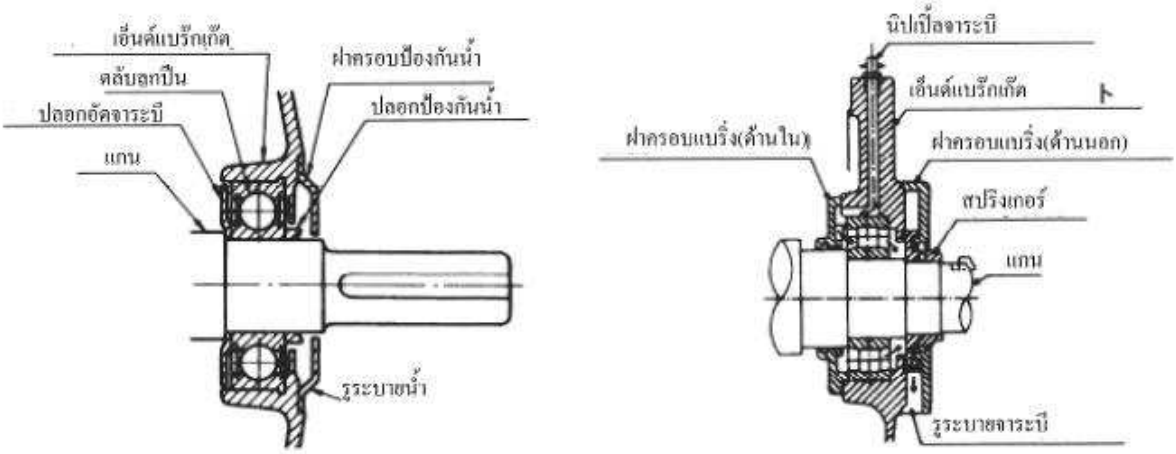
6-3 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน

กรณีของการป้องกันการกัดกร่อนประเภท 1 โครงสร้างของตลับลูกปืนจะแสดงในรูปที่ 6.1 ซึ่งเหมือนกับชนิดใช้นอกอาคาร กล่องขั้วต่อสายการกัดกร่อนประเภท 1 และการกัดกร่อนประเภท 2 จะเหมือนกับชนิดใช้นอกอาคาร

การกัดกร่อนประเภท 3 จะเหมือนโครงสร้างชนิดใช้งานทั่วไป

สำหรับการต่อสายไฟกับภายนอก โดยมาตรฐานจะใช้ชนิดการเชื่อมต่อสกรูยึดท่อร้อยสาย (ชนิด Conduit) แต่ก็สามารถผลิตแบบ Conduit Packing ได้เช่นเดียวกัน

ตาราง 6.6 จะแสดงการเปรียบเทียบวัสดุมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน แต่ละประเภท



(a) กรณีแบบซีลแบริ่ง (b) กรณีแบบเปลี่ยนจาระบี

รูปที่ 6.1 โครงสร้างส่วนตลับลูกปืนด้านโหลดของมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อนประเภท 1 (ตัวอย่าง)

ตาราง 6.6 จะแสดงการเปรียบเทียบวัสดุมอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน แต่ละประเภท

ชื่อชิ้นส่วน		การกัดกร่อนประเภท 1 (หมายเหตุ 2)	การกัดกร่อนประเภท 2	การกัดกร่อนประเภท 3	หมายเหตุ: ไม่ใช่การกัดกร่อนทั่วไป
เฟรมด้านนอก (เฮ้าส์ซิ่ง)		เหล็กหล่อ, แผ่นเหล็กหนา	โลหะผสมอลูมิเนียม, เหล็กหล่อ, แผ่นเหล็กหนา	โลหะผสมอลูมิเนียม, เหล็กหล่อ, แผ่นเหล็กหนา	โลหะผสมอลูมิเนียม, เหล็กหล่อ, แผ่นเหล็กหนา
เอ็นด์แบร็กเก็ต		เหล็กหล่อ, แผ่นเหล็กหนา	เหล็กหล่อ	เหล็กหล่อ	เหล็กหล่อ
ฝาครอบปลาย		เหล็กหล่อ, สแตนเลส	การจัดการการกัดกร่อนที่แผ่นเหล็กบาง	แผ่นเหล็กบาง	แผ่นเหล็กบาง
ส่วนแบริ่ง	(หมายเหตุ1) กรณีใช้ซีลแบริ่งอย่างดี	กันน้ำชนิดสแตนเลสปลอก กันน้ำชนิดสแตนเลสฝาครอบ	กันน้ำชนิดสแตนเลสปลอก การจัดการการกัดกร่อนที่ฝาครอบป้องกันน้ำชนิดแผ่นเหล็กบาง	กันน้ำชนิดสแตนเลสปลอก ฝาครอบป้องกันน้ำชนิดแผ่นเหล็กบาง	กันน้ำชนิดสแตนเลสปลอก ฝาครอบป้องกันน้ำชนิดแผ่นเหล็กบาง
	กรณีใช้แบริ่งเปิด	สลิงเกอร์ชนิดเหล็กหล่อ	สลิงเกอร์ชนิดเหล็กหล่อ	สลิงเกอร์ชนิดเหล็กหล่อ	สลิงเกอร์ชนิดเหล็กหล่อ
ใบพัด		เหล็กหล่อ สแตนเลส	ยางลังเคราะห์ โลหะผสมอลูมิเนียม การจัดการการกัดกร่อนที่แผ่นเหล็กบาง	ยางลังเคราะห์ โลหะผสมอลูมิเนียม แผ่นเหล็กบาง	ยางสังเคราะห์ โลหะผสมอลูมิเนียม แผ่นเหล็กบาง
กล่องขั้วต่อสาย		เหล็กหล่อ	ยางลังเคราะห์ โลหะผสมอลูมิเนียม การจัดการการกัดกร่อนที่แผ่นเหล็กบาง	ยางลังเคราะห์ โลหะผสมอลูมิเนียม แผ่นเหล็กบาง	ยางสังเคราะห์ โลหะผสมอลูมิเนียม แผ่นเหล็กบาง
สลักเกลียวติดเข้ากับภายนอก		สแตนเลส	การจัดการชุบที่เหล็กเส้น	การจัดการชุบที่เหล็กเส้น	การจัดการชุบที่เหล็กเส้น
ป้ายแสดงคุณสมบัติ		สแตนเลส	สแตนเลส	สแตนเลส	อลูมิเนียม สแตนเลส
การเคลือบผิวภายนอก		การใช้วัสดุทาเคลือบป้องกันการกัดกร่อนทนต่อกรดหรือด่าง เคลือบล่าง 1 ครั้ง เคลือบบน 3 ครั้ง	การใช้วัสดุทาเคลือบป้องกันการกัดกร่อนทนต่อกรดหรือด่าง เคลือบล่าง 1 ครั้ง เคลือบบน 3 ครั้ง	การใช้วัสดุทาเคลือบป้องกันการกัดกร่อนทนต่อกรดหรือด่าง เคลือบล่าง 1 ครั้ง เคลือบบน 2 ครั้ง	การใช้วัสดุทาเคลือบป้องกันการกัดกร่อนทนต่อกรดหรือด่าง เคลือบล่าง 1 ครั้ง เคลือบบน 1 ครั้ง

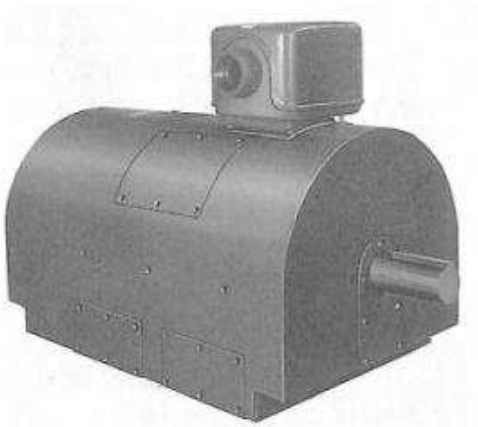
หมายเหตุ 1) แสดงตัวอย่างของชนิดใช้นอกอาคาร (กรณีใช้ภายในอาคารจะไม่มีการติดมาด้วย)

2) ชนิดการกัดกร่อนประเภท 1 โดยทั่วไปใช้เป็นคุณสมบัติมาตรฐานใช้งานทั่วไป

3) ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า จะมีการดูแลเกี่ยวกับฉนวนเพื่อให้ตรงประเภท1 ประเภท 2 หรือประเภท 3

7.มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ

7-1 คำนำ



ความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละอุตสาหกรรมนั้นเป็นปัญหาต่อชุมชนมาตลอด โดยเฉพาะปัญหาด้านเสียงรบกวนนั้น เป็นปัญหาที่มีจำนวนมากที่สุดในปัญหาความเสียหายต่อชุมชนทั้งหมด ในอนาคตอาจมีการกำหนดเป็นกฎหมายหรือเพิ่มความเข้มงวดในเรื่องระเบียบการเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย นอกจากนี้แล้ว การที่เครื่องจักรอุตสาหกรรมมีขนาดความจุมากขึ้น มีความเร็วหรือความถี่การติดตั้งเครื่องมากขึ้น รวมทั้งมีการติดตั้งใช้งานเครื่องจักรภายนอกอาคารมากขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยส่งเสริมทำให้เกิดความเสียหายด้านเสียงรบกวนมากขึ้น

แหล่งกำเนิดเสียงรบกวนของมอเตอร์จะมาจาก (1) เสียงลมพัด (2) เสียงเครื่องจักร (3) เสียงแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งหมด 3 ประเภทด้วยกันใหญ่ๆ ด้วยกัน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ความถี่ของเสียงรบกวนมีมากขึ้น นอกจากนี้ ถึงแม้จะใช้วิธีการป้องกันเดียวกัน วิธีการระบายความร้อนเดียวกัน แต่ระดับเสียงรบกวนก็จะแตกต่างกันออกไปตามจำนวนรอบหมุนหรือเอ้าท์พุต เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ จึงได้จัดทำเป็นซีรี่ย์ระดับเสียงรบกวน 85, 80, 75, 70 และ 5dB(A) ขึ้นมา

7-2 ระดับเสียงรบกวนและวิธีการวัด

เสียงรบกวนคือส่วนประกอบของเสียงดังค่อยต่างๆ ที่มีความถี่ต่างๆ กันออกไป ถ้าจะพูดถึง <ความสูง> ของเสียงเหล่านี้ โดยปกติจะแสดงเป็นค่าความถี่ เสียงที่มีความถี่สูงจะถือว่าเป็นเสียงสูง หูของคนเราจะได้ยินเสียงในช่วง 16 - 20,000Hz นอกจากนี้ <ความแรง> ของเสียงจะแสดงในหน่วย W/m2

<ความดัง> ของเสียงคือปริมาณของเสียงที่หูรู้สึกได้ โดยจะแยกเป็น <ความสูง> <ความแรง> และแสดงค่าในหน่วยเดซิเบล โดยมีมาตรฐานระดับความดันเสียง 1,000Hz อย่างไรก็ตาม การที่วัดเปรียบเทียบตัดสินเสียงทั่วไปทั้งหมดในชีวิตประจำวันกับระดับความดันเสียงของ 1,000Hz นั้นเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น จึงมีการประกอบวงจรชดเชยพิเศษ เพื่อใช้เป็นเครื่องวัดเสียงรบกวนในการวัด ระดับค่าที่วัดได้จะเรียกว่าระดับเสียงรบกวน และแสดงค่าในหน่วย dB เสียงรบกวนของมอเตอร์ก็จะแสดงในหน่วย dB เช่นเดียวกัน วงจรชดเชยโดยปกติทั่วไปจะใช้เส้นโค้งคุณลักษณะ A

การวัดเสียงรบกวนนั้น ตามมาตรฐาน JEC-2137-2000 แล้วต้องวัดค่าในห้องเก็บเสียง เดินเครื่องแบบไม่มีโหลดด้วยอัตราแรงดันไฟฟ้า และอัตราความถี่ การวัดเสียงรบกวนให้วางเครื่องวัดเสียงรบกวนไว้ที่ออกไปจากส่วนปลาย 1 เมตร (เอ้าท์พุตที่ไม่ถึง 1kW ให้วางห่าง 0.5m) วัดจากส่วนขอบในทิศทางแกนตามระนาบแนวนอนที่รวมเส้นศูนย์กลางเพลามอเตอร์ ตรงกลางกรอบสเตเตอร์ รวม 4 จุดในทิศทางตั้งฉากกับแกน แต่ไม่รวมแกน และใช้เส้นโค้งคุณลักษณะ A ในการวัดค่า จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเพื่อถือเป็นค่าระดับเสียงรบกวนของมอเตอร์ มอเตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปได้มีการออกแบบมาให้มีเสียงรบกวนต่ำ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการมอเตอร์ที่มีเสียงรบกวนต่ำกว่านี้ ให้เลือกใช้มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ

7-3 ประเภทมอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำและคุณสมบัติมาตรฐาน

(1) ประเภท

มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ จะแยกประเภทเป็นซีรี่ย์ตามระดับเสียงรบกวน 85dB, 80dB, 75dB, 70dB ให้เลือกใช้ตามความจำเป็นตามเงื่อนไขการใช้งาน ถ้าต้องการให้ผลิตมอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำชนิดพิเศษที่นอกเหนือจากนี้ ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

การวัดเสียงรบกวนของมอเตอร์ ตามมาตรฐาน JEC-2137-2000 ให้วัดค่าในห้องเก็บเสียง และแสดงค่าสเกล A

ซีรี่ย์ 85dB คือค่าระดับเสียงรบกวนที่วัดจากการทดสอบดังกล่าวนี้ มีค่าเป็น 85dB(A) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องวัดเสียงรบกวนและสภาพแวดล้อมการวัดค่าแล้ว จะเผื่อค่าไว้ในช่วง +3dB

(2) คุณสมบัติมาตรฐาน

โครงเสื้อภายนอกและรุ่น	ชนิดติดตั้งด้วยขายึด/หุ้มปิดมีใบพัดระบาย TFO-K,KK TFON-K,KK └ แสดงการติดตั้งตัวเก็บเสียง (Silencer)
ความถี่แรงดันไฟฟ้า	ต่ำกว่า 55kW 200V 50Hz หรือ 200V 60Hz, 400V 50Hz หรือ 400V 60Hz มากกว่า 75kW 400V 50Hz หรือ 440V 60Hz หมายเหตุ) มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ จะมีโครงสร้างแตกต่างกันระหว่างความถี่ 50Hz และ 60Hz ดังนั้นต้องระบุว่าเป็น 50Hz หรือ 60Hz ด้วย
อัตรา	อัตราต่อเนื่อง
คลาสทนต่อความร้อน	E, B.F
จำนวนสายไฟ	ต่ำกว่า 3.7kW 3 เส้น มากกว่า 5.5kW6 เส้น (สามารถสตาร์ทแบบสตาร์เดลต้าได้)
วิธีเชื่อมต่อ	2 โพล ใช้สำหรับการต่อตรง 4 โพล, 6 โพล ใช้การต่อตรง/ต่อด้วยสายพานเข้าด้วยกัน อย่างไรก็ตาม สำหรับ 4 โพล เมื่อใช้ตัวเก็บเสียง (Silencer ชนิด B กับสายพานร่วมกันจำเป็นที่จะต้องพิจารณาความแข็งแรงของแกน ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

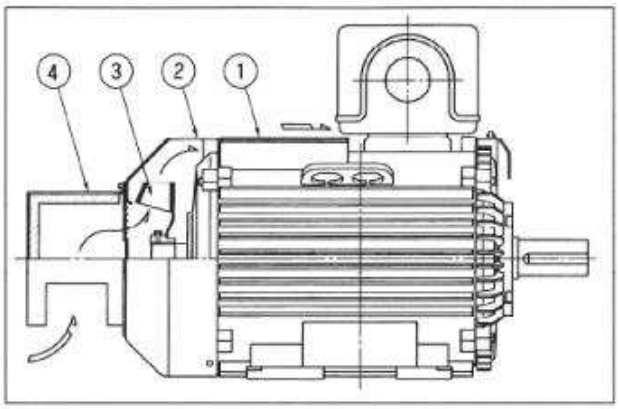
กรณีชนิดป้องกันการระเบิด จะมีความเกี่ยวข้องกับการทดสอบรับรอง ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

(3) โครงสร้าง

โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ จะหมือนกับโครงสร้างมอเตอร์มาตรฐาน และยังแยกออกเป็น 2 ชนิด คือชนิด A และชนิด B นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่เป็นโครงสร้างเสียงเงียบมากด้วย

ชนิด A

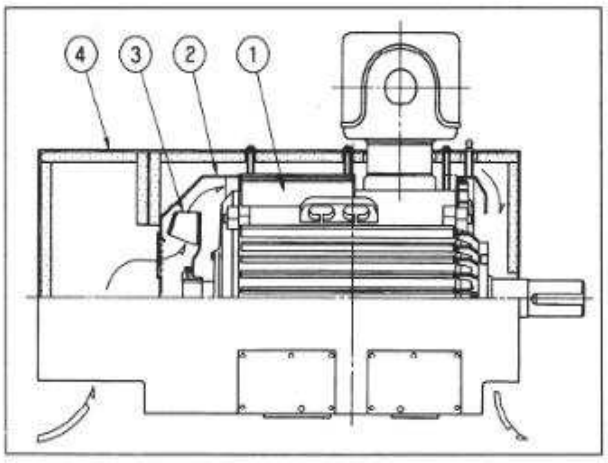
ทำการติด Silencer ไว้ที่ส่วนดูดอากาศ (ฝาครอบปลาย) พร้อมทั้งปรับปรุงขนาดรอบใบพัด ทำให้ได้โครงสร้างที่มีเสียงรบกวนต่ำ



หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	ตัวมอเตอร์
2	ฝาครอบปลาย
3	ใบพัด
4	ตัวเก็บเสียง (Silencer)

ชนิด B

ติดตั้งตัว Silencer ไว้รอบมอเตอร์ ทำให้ได้โครงสร้างที่มีเสียงรบกวนต่ำยิ่งกว่าชนิด A



หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	ตัวมอเตอร์
2	ฝาครอบปลาย
3	ใบพัด
4	ตัวเก็บเสียง (Silencer)

7-4 ระดับเสียงรบกวนและตัวอย่างรอบตัวเรา (อ้างอิง)

ระดับเสียงรบกวนจะแสดงค่าในหน่วย dB ค่า 0dB เป็นเสียงที่เล็กที่สุดที่หูของเราได้ยิน และ 120dB คือขีดจำกัดเสียงที่ทำให้หูเราเริ่มปวด

มาตรฐานเสียงรบกวนที่พักอาศัย ถ้าเป็นเมืองโตเกียวจะต่ำกว่า 45dB ตอนเย็นและกลางคืนจะกำหนดไว้ที่ค่าต่ำกว่า 40dB

ระดับเสียงรบกวนที่ทำงานที่สูงกว่า 90dB ขณะทำงานจะสัมผัสกับรบกวนเสียง ตอนเลิกงานจะสังเกตเห็นว่ามีการสูญเสียความสามารถการได้ยินชั่วคราว เมื่อทำงานไปนานๆ หลายปี อาจสูญเสียความสามารถการได้ยินจากเสียงรบกวนดังกล่าว

ตัวอย่าง	dB	สภาพทั่วไป
	140	● เหมือนหูจะถูกตัด
● เครื่องบิน Jet บินขึ้น	130	● ปวดหู
● ตอกหัวหมุด ● ตีกลอง	120	
 ● แตรรถยนต์	110	● เสียงตะโกน (30cm)
 ● ใต้การ์ดตอนผ่านรถไฟ	100	● เสียงดังมาก
● อยู่ตัวรถไฟฟ้าใต้ดิน ● โรงงานที่มีเสียงดัง	90	● เสียงตะคอก
 ● ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ● สำนักงานที่มีเสียงดัง	80	● ไม่ได้ยินเสียงโทรศัพท์
● โรงงานที่เงียบ ● เสียง TV วิทยุ	70	● พูดคุยเสียงดัง
● ภายในตัวรถ	60	● พูดคุยได้ปกติ
● สำนักงานที่เงียบ ● ห้องสมุด	50	
 ● ในตัวเมืองตอนดึก	40	● เงียบ ● รบกวนการนอนหลับ (กลางคืน)
● ชานเมืองตอนกลางคืน 	30	● เงียบมาก
● สตูดิโอ		
 ● ใบไม้ไหวปลิว	20	● เสียงกระซิบ

8. มอเตอร์สำหรับการใช้งานซ้ำกลับไปมาและการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ

8-1 คำนำ

มอเตอร์สำหรับการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ ส่วนมากจะใช้กับวาล์วไฟฟ้า ประตูทางเข้าออก เครื่องม้วนยกขึ้น บันไดเลื่อน หรือการส่งขึ้นงานในเครื่องจักรผลิต รวมถึงการหนีบยึด เป็นต้น

ภายในมอเตอร์สำหรับการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ จะเหมือนกับมอเตอร์สำหรับเปิดปิดวาล์ว แน่นอนว่าใน "**การใช้ทำงานเวลาสั้นๆ**" จะมี (S2) อยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม ส่วนมากจะใช้ (S3 - S8) ตามที่จะอธิบายในส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ

8-2 การเลือกใช้งาน

การเลือกมอเตอร์มาใช้งานกับเครื่องจักรตามที่กล่าวไปในข้างต้น จะมีมอเตอร์สำหรับ "**การใช้ทำงานเวลาสั้นๆ**" อยู่ก็จริง แต่โดยทั่วไปแล้วจะใช้มอเตอร์สำหรับ "**การใช้งานต่อเนื่องโดยโหลดขาดเป็นระยะๆ**" หรือ "**การใช้งานซ้ำกลับไปมา**" แทน ดังนั้น โดยที่จริงแล้วควรที่จะแสดงค่าอัตราเวลาการโหลด (จะกล่าวถึงในภายหลัง) ดีกว่าที่จะแสดงเป็นการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ อย่างไรก็ตาม ในเครื่องจักรทำงานทั่วไป การที่จะหาค่า (Duty Cycle) ที่แม่นยำในสภาพการใช้งานจริงของมอเตอร์นั้นทำได้ยาก ดังนั้น โดยทั่วไปจะใช้ผลลัพธ์และประสบการณ์ที่ผ่านมาประกอบการกำหนด (เวลาทำงาน) อย่างไรก็ตาม ถ้าหากทราบอัตราเวลาการโหลด ก็สามารถระบุอัตราเวลาการโหลดนั้นได้

(1) **อัตราเวลาการโหลด**

อัตราเวลาการโหลดคือ เวลาการโหลด 1 ครั้งของการใช้งานซ้ำกลับไปมา หรือใช้โหลดซ้ำกลับไปมาต่อเนื่อง หารด้วย 1 คาบเวลา และแสดงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ ตามภาพด้านล่าง ให้เวลาการโหลดเป็น a เวลาที่หยุดหรือไม่ใช่เวลาการโหลดเป็น b จะสามารถหาค่าได้ดังนี้

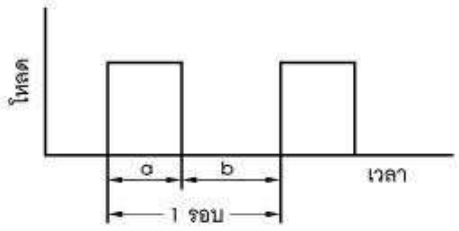
$$\text{อัตราเวลาการโหลด} = \frac{a}{a+b} \times 100[\%]$$

(สำหรับการใช้งานซ้ำกลับไปมา หรือการใช้โหลดซ้ำกลับไปมาต่อเนื่อง อัตราเวลาการโหลดที่ใช้ได้จะเปลี่ยนไปได้ ดังนั้น จำเป็นที่จะแสดงเป็นหน้า S4 40% หลัง S6 60% และแยกแยะค่าออกมา)

โดยมาตรฐานแล้วจะเป็น 15%, 25%, 40%, 60%

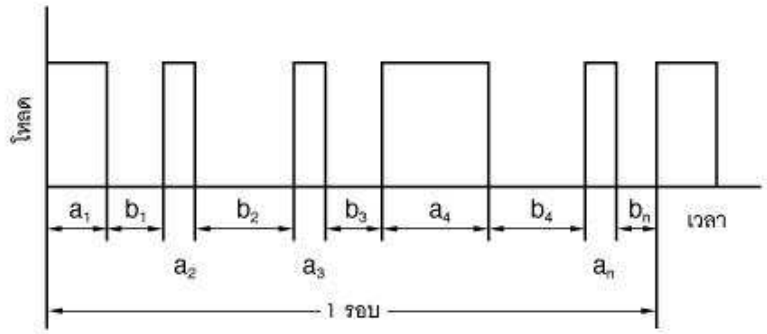
วิธีการแบบนี้จะใช้ได้เมื่อ 1 คาบเวลา (a+b) มีค่าน้อยกว่า 10นาที ถ้ามากกว่านี้ ให้เปลี่ยนไปใช้แบบการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ

นอกจากนี้ ตามภาพที่ 8.2 คือลักษณะการใช้โหลดขาดเป็นระยะๆ ซึ่งจะไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัว ในกรณีเช่นนี้ ให้หาอัตราเวลาการโหลดเฉลี่ยแทน



รูปที่ 8.1 อัตราเวลาการโหลด

$$\text{อัตราเวลาการโหลดเฉลี่ย} = \frac{(a_1+a_2+\cdots+a_n)}{(a_1+a_2+\cdots+a_n)+(b_1+b_2+\cdots+b_n)} \times 100[\%]$$



รูป 8.2 อัตราเวลาการโหลดเฉลี่ย

(2) การใช้ทำงานเวลาสั้น ๆ (S2)

ในการใช้งานจริง เมื่อโหลดคงที่ หลังจากที่มอเตอร์ทำงานต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่กำหนดเพื่อไม่ให้ความร้อนเกินค่าขีดจำกัด จะต้องหยุดมอเตอร์ และรอจนกว่าจะเริ่มการทำงานครั้งต่อไป ในระหว่างนี้ ค่าความต่างอุณหภูมิของมอเตอร์กับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ต้องมีค่าไม่เกิน 2K มาตรฐานการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ จะเป็น 5 นาที, 10 นาที, 15 นาที, 30 นาที และ 60 นาที

8-3 การใช้เบอร์เฟรมในการใช้ทำงานเวลาสั้นๆ

เบอร์เฟรมจะแตกต่างกันออกไปตามเงื่อนไขการใช้งาน ให้กำหนดประเภทของโหลด, ความใหญ่, โมเมนต์ความเฉื่อย J, อุณหภูมิสภาพแวดล้อม และทำการปรึกษากับทางบริษัท

8-4 การใช้เบอร์เฟรมกับการใช้งานซ้ำกลับไปมา

ตามที่ได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อ 8-2, 8-3 การใช้เบอร์เฟรม จะแตกต่างกันออกไปตามเวลาการเพิ่มลดความเร็ว, ความถี่การทำงานและหยุดทำงาน, มี/ไม่มีเบรกด้วยเฟสตรงข้าม, โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด และอื่นๆ ให้ระบุเงื่อนไขเหล่านี้ และให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

นอกจากนี้ "S6 60%" จะนำไปใช้กับการใช้งานต่อเนื่องโดยโหลดขาดเป็นระยะๆ หรือการใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมาเท่านั้น โดยไม่สามารถนำไปใช้ได้กับ การใช้งานแบบขาดระยะ ในการใช้งานแบบซ้ำกลับไปมา ให้ระมัดระวังด้วยเมื่อนำไปใช้งาน

9. มอเตอร์ทนความร้อน

9-1 คำนำ

ในปัจจุบัน การพัฒนาวัสดุฉนวนไฟฟ้าทนความร้อนก้าวหน้าไปมาก โดยมีการคิดค้นพัฒนา สายไฟฟ้าทนความร้อน, วัสดุฉนวนทนความร้อน, สารเคลือบเงาทนความร้อน, จาระบีทนความร้อนที่เชื่อถือได้ออกมาเรื่อยๆ การใช้อุปกรณ์ใหม่ๆ เหล่านี้ ทำให้การออกแบบมอเตอร์ และเทคโนโลยีการผลิตไปในทิศทางที่ดีขึ้น มีขนาดเล็กลง และน้ำหนักเบาขึ้นเป็นอย่างมาก

คลาสทนต่อความร้อนของมอเตอร์มาตรฐาน จะแบ่งแยกเป็นเกรด E, B, F, H ตามโมเดลเครื่อง

9-2 ประเภทของมอเตอร์ทนความร้อนและคุณสมบัติมาตรฐาน

1) คลาสทนต่อความร้อนและค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิ

ถ้าให้ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมเป็น 40C มอเตอร์ชนิด Drip-Proof และชนิดหุ้มปิดหรือชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย จะมีค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิดังแสดงในตารางที่ 9.1

ตาราง 9.1 ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์

Unit : K

คลาสทนต่อความร้อน	อุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ฉนวนทนได้ (°C)	ระเบียบข้อบังคับ
E	75	JIS C 4210 หรือ JEC-2137-2000
B	80	JIS C 4210 หรือ JEC-2137-2000
F	105	JIS C 4210 หรือ JEC-2137-2000
H	125	JEC-2137-2000

9-3 การใช้งานมอเตอร์ทนความร้อน

เงื่อนไขที่จะต้องใช้มอเตอร์ทนความร้อนและตัวอย่างการนำไปใช้งาน จะแสดงในตารางต่อไปนี้

เงื่อนไขการใช้งาน	ตัวอย่างการนำไปใช้งาน	หมายเหตุ
(1) กรณีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงกว่า 40°C หรือเมื่อมีรังสีความร้อนจากเตาเป็นต้น	เปิดปิดประตูของเตา	สำหรับมอเตอร์สำหรับเหล็กกล้า โดยส่วนใหญ่เงื่อนไขของทั้งสองฝ่ายจะเหมือนกัน
(2) เมื่อมีการเริ่ม/หยุดทำงาน หรือเบรกด้วยเฟสตรงข้ามบ่อยครั้ง	สำหรับลูกกลิ้ง สำหรับเหมืองแร่ สำหรับเครื่องจักรทำงาน	
(3) โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (Flywheel Effect) มีค่ามากกว่าค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ มีเวลาเริ่มทำงานยาวนาน	สำหรับเครื่องระบบแรงเหวี่ยง สำหรับพัดลมขนาดใหญ่, โบรเวอร์	
(4) เมื่อจำเป็นต้องลดขนาด	สำหรับยานพาหนะ เป็นต้น	
(5) เมื่อต้องการเพิ่มความเชื่อมั่น	กรณีที่ไม่สามารถให้หยุดทำงานได้และทำงานต่อเนื่องยาวนาน	
(6) มักจะเกิดการทำงานโอเวอร์โหลด		

หมายเหตุ) สำหรับใช้กับพัดลมของเตา ให้ดูอ้างอิงใน **"ส่วนสินค้า 20-3 มอเตอร์สำหรับพัดลม/โบรเวอร์"** (หน้า 123)

9-4 วิธีการเลือกมอเตอร์ทนความร้อน

กรณีนำมอเตอร์ทนความร้อนไปใช้งานจริง การจะเลือกคลาสทนต่อความร้อนเป็นคลาส B, F หรือ H เพื่อให้ประโยชน์สูงสุดนั้น ค่อนข้างทำได้ลำบาก ดังนั้น ให้ทำการสำรวจหัวข้อดังต่อไปนี้ และทำการติดต่อกับทางบริษัท

(1) อุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง

ในการนำไปใช้งานจริง อุณหภูมิสภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากตลอดทั้งปี นอกจากนี้ ถึงแม้จะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ อาจมีบางช่วงที่อุณหภูมิสูงมากขึ้น

ในกรณีที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ หากทำการแจ้งรอบการเปลี่ยนแปลง หรือช่วงที่มีอุณหภูมิสูงให้ทราบ ก็จะสามารถเลือกใช้มอเตอร์ทนความร้อนที่เหมาะสมต่อการใช้งานให้ได้ หากต้องการทราบรายละเอียดเบอร์เฟรมของมอเตอร์ทนความร้อน กรณีนำไปใช้ที่ที่มีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัทเป็นครั้งๆ ไป

นอกจากนี้ กรณีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงกว่า 40°C การเลือกใช้ชนิดวัสดุตลับลูกปืน และอายุการใช้งานจาระบีจะมีความสำคัญ โดยสามารถสั่งซื้อสินค้าเหล่านี้ได้

(2) เมื่อมีการเริ่ม/หยุดทำงาน หรือเบรกด้วยเฟสตรงข้ามบ่อยครั้ง: ให้สำรวจ 6 เงื่อนไขดังต่อไปนี้

รายการ	รายละเอียด
(1) Duty Cycle ที่ใช้	( )% หรือทอร์คโหลด ( )% {N·m(kgf·m)} เวลาการโหลด ( ) วินาที, เวลาหยุด ( ) วินาที
(2) มีการเริ่ม/หยุดทำงานบ่อย	( ) ครั้ง/ชั่วโมง
(3) วิธีการหยุด	หยุดตามธรรมชาติ, เบรกแยกต่างหาก, เบรกด้วยเฟสตรงข้าม, เบรกด้วยไฟฟ้ากระแสตรง
(4) ทอร์คโหลดระหว่างช่วงเวลาเพิ่มความเร็ว	( )% {N·m(kgf·m)} หมายเหตุ 2.
(5) โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (การคำนวณเพลามอเตอร์)	( ) $kg.m^2$
(6) วิธีการสตาร์ท	สตาร์ทโดยตรง, สตาร์ทโดยลดแรงดันไฟฟ้า, สตาร์ทโดย ( )

(3) กรณีโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด มีค่ามาก: ให้สำรวจ 3 เงื่อนไขดังต่อไปนี้

รายการ	รายละเอียด
(1) โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (การคำนวณเพลามอเตอร์)	( ) $kg.m^2$
(2) ทอร์คโหลดระหว่างช่วงเวลาเพิ่มความเร็ว	( )% {N·m(kgf·m)} หมายเหตุ 2.
(3) วิธีการสตาร์ท	สตาร์ทโดยตรง, สตาร์ทโดยลดแรงดันไฟฟ้า, สตาร์ทโดย ( )

หมายเหตุ) 1. สามารถอ้างอิงจากการใช้งานจริงได้เช่นเดียวกัน ให้ทำการติดต่อสอบถามต่างหาก

2. ให้ระบุเส้นโค้งความเร็วทอร์คอย่างละเอียด

3. กรณีสตาร์ทโดยลดแรงดันไฟฟ้าหรือสตาร์ทการทำงานแบบพิเศษ ให้ติดต่อสอบถามพร้อมกับแรงดันไฟฟ้าปลายขั้วมอเตอร์

10. มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด

10-1 ข้อตกลงร่วมกันเกี่ยวกับการป้องกันการระเบิด (ยึดตามมาตรฐานและข้อกฎหมายของประเทศญี่ปุ่น)

(1) ข้อบังคับตามกฎหมาย

ใช้ติดตั้งใช้งานในบรรยากาศเกิดเสี่ยงต่อการระเบิด (มีละอองน้ำและอากาศของก๊าซไวไฟหรือของเหลวไวไฟ) หรือสถานที่เสี่ยงต่อการเกิด (ต่อไปนี้เรียกว่าสถานที่อันตราย) หรือ กับอุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าที่ใช้ที่ต้องปฏิบัติตามข้อกฎหมายตามพระราชบัญญัติสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานบทที่ 42 และกฎหมายสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานบทที่ 280 คือต้องใช้อุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าโครงสร้างป้องกันการระเบิดในที่ที่มีละอองน้ำหรือก๊าซที่ระเบิดได้ตามที่กำหนด เพื่อให้สามารถป้องกันการระเบิดได้ นอกจากนี้แล้ว จากพระราชบัญญัติสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานบทที่ 44 "อุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าโครงสร้างป้องกันการระเบิดที่ไม่ผ่านการทดสอบรับรองจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขหรือจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรองจาก รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขแล้ว จะไม่สามารถทำการผลิต/จัดจำหน่ายได้"

(2) ประเภทของสถานที่อันตราย

ถ้าต้องการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานที่อาจมีอันตรายจากการระเบิด เนื่องจากมีละอองน้ำหรืออากาศของก๊าซไวไฟหรือของเหลวไวไฟปะปนอยู่ จำเป็นที่จะต้องแยกประเภทของสถานที่อันตราย การจำกัดความของสถานที่อันตรายจะแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10.1 ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกการป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าและวิธีการก่อสร้างไฟฟ้าป้องกันการระเบิดได้อย่างเหมาะสม **"สถานที่อันตราย"** คือเขตพื้นที่หรือสถานที่ว่างรูปทรงมิติ **"การแยกประเภท"** คือการแยกเขตพื้นที่หรือสถานที่ดังกล่าวนั้น ตามความถี่และระยะเวลาการเสี่ยงอันตรายออกเป็นหลายๆ ระดับตามความอันตราย

ตาราง 10.1 ประเภทของสถานที่อันตรายและการจำกัดความ

สถานที่อันตราย	การจำกัดความ
ประเภท 0 สถานที่อันตราย	การทำงานของโรงงาน, อุปกรณ์, เครื่องมือ เป็นไปอย่างปกติ นอกจากนี้ การควบคุมการทำงานต่างๆ เช่น การดึงสินค้าออก การปิดเปิดประตูเป็นไปอย่างปกติ ในระหว่างที่การทำงานของโรงงาน, อุปกรณ์, เครื่องมืออยู่ช่วงที่ยอมรับได้ มีสภาพอากาศอันตรายอยู่อย่างต่อเนื่อง หรือคงอยู่เป็นระยะเวลายาวนาน
ประเภท 1 สถานที่อันตราย	การทำงานของโรงงาน, อุปกรณ์, เครื่องมือ เป็นไปอย่างปกติ นอกจากนี้ การควบคุมการทำงานต่างๆ เช่น การดึงสินค้าออก การปิดเปิดประตูเป็นไปอย่างปกติ ในระหว่างที่การทำงานของโรงงาน, อุปกรณ์, เครื่องมืออยู่ช่วงที่ยอมรับได้ มีโอกาสที่อาจจะเกิดมีบรรยากาศที่ทำให้เกิดอันตราย
ประเภท 2 สถานที่อันตราย	เกิดมีก๊าซที่ระเบิดได้รั่วไหลจากการที่โรงงาน, อุปกรณ์, เครื่องมือมีการทำงานผิดพลาด หรือจากการทำงานที่ผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน มีการหยุดการทำงาน พร้อมทั้งมีการห้ามไม่ให้โรงงาน, อุปกรณ์, เครื่องมือต่างๆ ทำงานต่อ

(3) การพิจารณาสถานที่อันตราย

การที่จะตัดสินสถานที่อันตรายเป็น สถานที่อันตรายประเภท 0 สถานที่อันตรายประเภท 1 หรือสถานที่อันตรายประเภท 2 นั้น จะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่นเงื่อนไขการเกิดละอองน้ำของก๊าซที่ระเบิดได้ หรือ ของเหลวไวไฟ, คุณสมบัติเชิงเคมีและคุณสมบัติเชิงฟิสิกส์ต่างๆ ท้ายที่สุด จะใช้สภาพอากาศอันตรายต่างๆ เหล่านั้นที่มีอยู่ประกอบการพิจารณา **และให้ผู้ใช้งานเป็นผู้ตัดสิน** อย่างไรก็ตาม พื้นฐานโดยรวมแล้ว จะให้สำนักงานตับเพลิงหรือสำนักงานการตรวจสอบมาตรฐานแรงงานเป็นผู้ตัดสิน (ห้ามผู้จำหน่ายเป็นผู้ตัดสิน) เมื่อทำการตัดสินประเภทสถานที่อันตรายได้แล้ว ประเภทที่ใช้กับก๊าซที่ระเบิดได้และคุณสมบัติอันตรายกับโครงสร้างป้องกันการระเบิด จะแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10.2

ตาราง 10.2 ก๊าซที่ระเบิดได้กับคุณสมบัติอันตรายและประเภทโครงสร้างป้องกันการระเบิด (สำหรับโรงงาน)

ชื่อก๊าซ	จุดไฟ (°C)	อุณหภูมิตอดไฟ (°C)	ประเภทโครงสร้างป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า			
			ประเภทตามข้อบังคับเดิม		ประเภทตามข้อบังคับใหม่	
			ระดับการระเบิด	ระดับการติดไฟ	กลุ่ม	ระดับอุณหภูมิ
อะเซทิลีน		305	3	G2	IIC	T2
Acetaldehyde	-39	175	1	G4	IIA	T3
อาซิโตน	-20	465	1	G1	IIA	T1
แอมโมเนีย		651	1	G1	IIA	T1
คาร์บอนมอนอกไซด์		609	1	G1	IIB	T1
เอทานอล	13	363	1	G2	IIA	T2
มีเทน		472	1	G1	IIA	T1
เอธิลเบนซีน				G2	IIA	T2
เอธิลเมธิลอีเธอร์	-37.2	190		G4	IIA	T4
เอทิลีน		450	2	G2	IIB	T2
เอทิลีนออกไซด์	<-17.8	429	2	G2	IIB	T2
ไวนิลคลอไรด์		472.2	1	G2	IIA	T1
เมธิล คลอไรด์		632		G1	IIA	T1
น้ำมันเบนซิน	-43	257.2	1	G3		
เอธิลฟอเมต	-20	455		G2	IIA	T1
เมธิลฟอเมต	-19	499			IIA	T1
ไซลีน — 0	32	463	1	G1	IIA	T1
กรดอะซิติก	39	463	1	G1	IIA	T1
Isoamyl acetate	25.0	360	1	G2		
เอธิล acetate	-4.0	426	1	G1	IIA	T1
บิวทิลอะซิเตท	22	425	1	G2	IIA	T2
ไฮโดรเจนไซยาไนด์	-18	538	1	G1	IIB	T1
ก๊าซน้ำ			3	G1	IIC	T1
ก๊าซไฮโดรเจน		500	3	G1	IIC	T1
โทลูอีน	4	480	1	G1	IIA	T1
Second-class-ized carbon	<-30	90	3	G5	IIC	T5
1 -- บิวทานอน	29	343	1	G2	IIA	T2
บิวเทน	-72	365	1	G2	IIA	T2
โพรเพน		432	1	G1	IIA	T1
เฮกเซน	-22	223	1	G3	IIA	T3
สารเบนซีน	-11	498	1	G1	IIA	T1
แอนไฮไดอะซิติค	49	316	1		IIA	T1
เมทานอล	11	385	1	G1	IIA	T2
มีเทน		537	1	G1	IIA	T1
แก๊สไข่เน่า		260	1	G3	IIA	T3

(4) การแยกประเภทเครื่องหมายของโครงสร้างป้องกันการระเบิดและระดับการติดไฟกับระดับอุณหภูมิ

ตามระเบียบข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิด เครื่องหมายของโครงสร้างป้องกันการระเบิดและระดับการติดไฟกับระดับอุณหภูมิ จะแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10.3

ตาราง 10.3 การแยกประเภทเครื่องหมายของโครงสร้างป้องกันการระเบิดและระดับการติดไฟกับระดับอุณหภูมิ

ข้อบังคับโครงสร้างเดิม

•ประเภทโครงสร้างป้องกันการระเบิด

ประเภท	(เครื่องหมาย)
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน	d
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย	e
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายใน	f

•ระดับการระเบิด

ระดับการระเบิด	เครื่องหมาย
ระดับการระเบิด 1	1
ระดับการระเบิด 2	2
ระดับการระเบิด 3	3a, 3b, 3c.....3n

•ประเภทระดับการติดไฟของก๊าซที่ระเบิดได้

ระดับการติดไฟ	ย่านอุณหภูมิ
G1	มากกว่า 450°C
G2	มากกว่า 300°C ต่ำกว่า 450°C
G3	มากกว่า 200°C ต่ำกว่า 300°C
G4	มากกว่า 135°C ต่ำกว่า 200°C
G5	มากกว่า 100°C ต่ำกว่า 135°C
G6	มากกว่า 85°C ต่ำกว่า 100°C

ข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่

•สัญลักษณ์โครงสร้างป้องกันการระเบิด (Ex)

•ประเภทโครงสร้างป้องกันการระเบิด

ประเภท	(เครื่องหมาย)
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน	d
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย	e
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายใน	P

•กลุ่มป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับเหมืองถ่านหิน	I
ป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับโรงงาน/สำนักงาน	II

•โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน จะแยกประเภทเครื่องมือตามประเภทของก๊าซ

ใช้กับก๊าซที่ระเบิดได้ประเภท A	IIA
ใช้กับก๊าซที่ระเบิดได้ประเภท B	IIB
ใช้กับก๊าซที่ระเบิดได้ประเภท C	IIC

•ประเภทระดับอุณหภูมิของการป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าของกลุ่ม

ระดับอุณหภูมิ	อุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด
T1	ต่ำกว่า 450°C
T2	ต่ำกว่า 300°C
T3	ต่ำกว่า 200°C
T4	ต่ำกว่า 135°C
T5	ต่ำกว่า 100°C
T6	ต่ำกว่า 85°C

(5) การจำกัดความและประเภทของโครงสร้างป้องกันการระเบิด

สำหรับโครงสร้างป้องกันการระเบิด จะมีโครงสร้างป้องกันการระเบิดต่างๆ หลากหลายประเภทตามวัตถุประสงค์การใช้งานสำหรับแต่ละสถานที่อันตรายนั้นๆ การจำกัดความโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยและโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายในโดยทั่วไป จะแสดงในตาราง 10.4

ตาราง 10.4 การจำกัดความและประเภทของโครงสร้างป้องกันการระเบิด

ประเภทโครงสร้างป้องกันการระเบิด	การจำกัดความโครงสร้างป้องกันการระเบิด
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน	โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน เป็นโครงสร้างป้องกันการระเบิดที่ถึงแม้จะเกิดประกายไฟฟ้าที่สามารถจุดไฟให้กับก๊าซที่ระเบิดได้ตามที่ระบุ หรือเกิดการระเบิดจากก๊าซที่ระเบิดได้ขึ้นภายใน แต่ภาชนะดังกล่าวนั้นก็ยังสามารถทนแรงดันระเบิดได้ และบริเวณรอบๆ ภาชนะดังกล่าวนั้นไม่เกิดการลุกลามติดไฟ โครงสร้างของภาชนะจะต้องมีความแข็งแรงทนทาน สามารถทนต่อการระเบิดที่เกิดขึ้นภายในได้ โดยจะมีการกำหนดความยาวของการต่อเข้าด้วยกัน หรือความลึกช่องว่างของส่วนทะลุผ่านแกน
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย	โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย เป็นโครงสร้างที่เพิ่มระดับความปลอดภัยในส่วนของชิ้นส่วนไฟฟ้า ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิ ส่วนการเชื่อมต่อสาย รวมทั้งช่องว่างระหว่างฉนวนและช่องห่างตามแนวนอนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดประกายไฟฟ้าจากต้นกำเนิดภายในภาชนะเอง หรืออุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น (พื้นผิวขดลวดสเตเตอร์ พื้นผิวโรเตอร์) เมื่อใช้งานตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิต้องไม่สูงขึ้นในระหว่างการทำงานต่อเนื่องด้วยกำลังอัตรา นอกจากนี้แล้ว จำเป็นที่จะต้องมีความสามารถในการป้องกันการระเบิดได้เมื่อเกิดความผิดปกติ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม โครงสร้างส่วนพื้นผิวภายนอกจะเป็นชนิดหุ้มปิดทั่วไป
โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายใน	โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายใน เป็นโครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้ก๊าซที่ระเบิดได้ที่อยู่บริเวณรอบข้างไหลเข้ามาภายในภาชนะ โดยการรักษาระดับความดันภายในให้สูงกว่าความดันภายนอก ซึ่งทำได้โดยการใส่ส่วนที่อาจเป็นต้นกำเนิดไฟ เช่นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถจุดไฟให้กับก๊าซที่ระเบิดได้ตามที่ระบุเมื่อใช้งานปกติหรือเกิดความผิดปกติในภาชนะที่ปิดอย่างดี และอัดก๊าซเฉื่อย (ก๊าซป้องกัน) เช่นอากาศตามปกติหรือก๊าซไนโตรเจนเข้าไปด้านในภาชนะ

หมายเหตุ) ภาชนะที่กล่าวถึงในที่นี้คือ โครงของมอเตอร์และกล่องขั้วต่อสายต่างๆ

(6) ตัวอย่างการเลือกโครงสร้างป้องกันการระเบิดของประเภทมอเตอร์

ตาราง 10.5 จะแสดงตัวอย่างการเลือกโครงสร้างป้องกันการระเบิดของประเภทมอเตอร์สำหรับสถานที่อันตราย

สถานที่อันตราย	สถานที่ประเภท 1						สถานที่ประเภท 2					
โครงสร้างป้องกันการระเบิด	การทนความดัน		เพิ่มความปลอดภัย		ความดันภายใน		การทนความดัน		เพิ่มความปลอดภัย		ความดันภายใน	
อุปกรณ์ไฟฟ้า	เก่า	ใหม่	เก่า	ใหม่	เก่า	ใหม่	เก่า	ใหม่	เก่า	ใหม่	เก่า	ใหม่
มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอก 3เฟส	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●
มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบขวดลวดพัน 3เฟส	△	△	△ (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)	△	△	●	●	● (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)	●	●
มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบขวดลวดพัน 1เฟส (ไม่มีหน้าสัมผัส)	●	●	△	●			●	●	●	●	●	●
มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบขวดลวดพัน 1เฟส (มีหน้าสัมผัส)	●	●	△	● (หมายเหตุ 1)			●	●	● (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)	●	●
มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอกพร้อมมีเบรก	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	△ (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)	● (หมายเหตุ 2)
แคนต์มอเตอร์	●	●	△	△	●	●	●	●	●	●	●	●
มอเตอร์แบบซิงโครนัสสามเฟส (พร้อมมีแปรงถ่าน)	△	△	△ (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)	△	△	●	●	● (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)	●	●
มอเตอร์แบบซิงโครนัสสามเฟส (ไม่มีแปรงถ่าน)	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●
มอเตอร์แบบซิงโครนัสแม่เหล็กไฟฟ้า 3 เฟส	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●
มอเตอร์แบบซิงโครนัสรีแอคชั่น 1 เฟส (ไม่มีหน้าสัมผัส)	●	●	△	●			●	●	●	●	●	●
มอเตอร์แบบซิงโครนัสรีแอคชั่น 1 เฟส (มีหน้าสัมผัส)	●	●	△ (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)			●	●	● (หมายเหตุ 1)	● (หมายเหตุ 1)	●	●
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	△	△	....	....	△	△	●	●	....	....	●	●
Eddy Current Coupling (ไม่มีแปรงถ่าน)	△	△	△	△	△	△	●	●	●	●	●	●
เบรกแรงเสียดทานแม่เหล็กไฟฟ้า	△ (หมายเหตุ 3)	△ (หมายเหตุ 3)	X	X	△ (หมายเหตุ 3)	△ (หมายเหตุ 3)	△ (หมายเหตุ 3)	△ (หมายเหตุ 3)	....	....	△ (หมายเหตุ 3)	△ (หมายเหตุ 3)

รายละเอียดในตาราง

เครื่องหมาย ● : เหมาะต่อการใช้งาน

เครื่องหมาย △ : ถ้าเป็นไปได้ให้หลีกเลี่ยง

เครื่องหมาย X : ไม่เหมาะต่อการใช้งาน

เครื่องหมาย .... : ไม่มีอยู่ในโครงสร้างหรือข้อกำหนด

ช่องว่าง : ไม่มีการใช้งานจริงหรือไม่ใช้งานทั่วไป

หมายเหตุ) 1. ให้ส่วนเกิดประกายไฟฟ้าเป็นโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน หรือ โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายใน

2. ให้ส่วนเบรกที่เกิดอุณหภูมิสูงเป็นโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน หรือ โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบใช้ความดันภายใน

3. ให้ส่วนเกิดประกายไฟที่ขาเบรกหรือลูกกลิ้งฯ อยู่ภายในภาชนะที่เป็นโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน

(7) ◆ **จุดเด่นของข้อบังคับป้องกันการระเบิดใหม่**

จุดเด่นของข้อบังคับป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่คือ ในข้อบังคับป้องกันการระเบิดเดิม (d2G4, eG3 เป็นต้น) สถานที่อันตรายประเภท 1 จะใช้ได้เฉพาะโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดันเท่านั้น แต่ใน "ข้อบังคับใหม่ โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย (Exell T3 เป็นต้น) จะตรงตามมาตรฐานข้อบังคับ IEC ดังนั้นจึงสามารถใช้ในสถานที่อันตรายประเภท 1 ได้"

(8) ◆ **การทำงานโดยอินเวอร์เตอร์ของมอเตอร์ป้องกันการระเบิด**

กรณีมอเตอร์โครงสร้างป้องกันการระเบิดเดิมที่ทำงานโดยอินเวอร์เตอร์ จากประกาศกระทรวงแรงงานข้อ 16 (ข้อบังคับ JIS เดิม) จะยอมรับการรับรองผ่านมาตรฐานได้เฉพาะมอเตอร์โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน **"d2G4 เป็นต้น"** เท่านั้น แต่ในปัจจุบัน การให้ผ่านตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้ จากข้อบังคับ JIS ใหม่แล้ว สามารถทดสอบการผ่านมาตรฐานโดยใช้มอเตอร์โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย **"Exell T3 เป็นต้น"** ที่ทำงานโดยอินเวอร์เตอร์ได้ นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในสถานที่อันตรายประเภท 1 ตามที่ได้อธิบายไปในข้อ (7) ได้เช่นเดียวกัน

(1) เงื่อนไขของโหลดคือ มีทอร์คต่ำ (เช่นพัดลม ปั๊ม เป็นต้น)

(2) หลังจากการทำงานต่อเนื่องด้วยอัตราโหลด เมื่อโอเวอร์โหลดหรือแกนถูกถูกขัดขวาง การเพิ่มอุณหภูมิของสเตเตอร์หรือโรเตอร์ของมอเตอร์ที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ป้องกัน 1: 1 จะต้องรับรองได้ว่ามีค่าต่ำกว่าค่าการเพิ่มอุณหภูมิตามข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิด

อุปกรณ์ป้องกันในที่นี้คือ อุปกรณ์ป้องกันโอเวอร์โหลดที่ติดตั้งเข้ากับมอเตอร์ โดยการต่อเข้าไว้ภายในหรือภายนอก

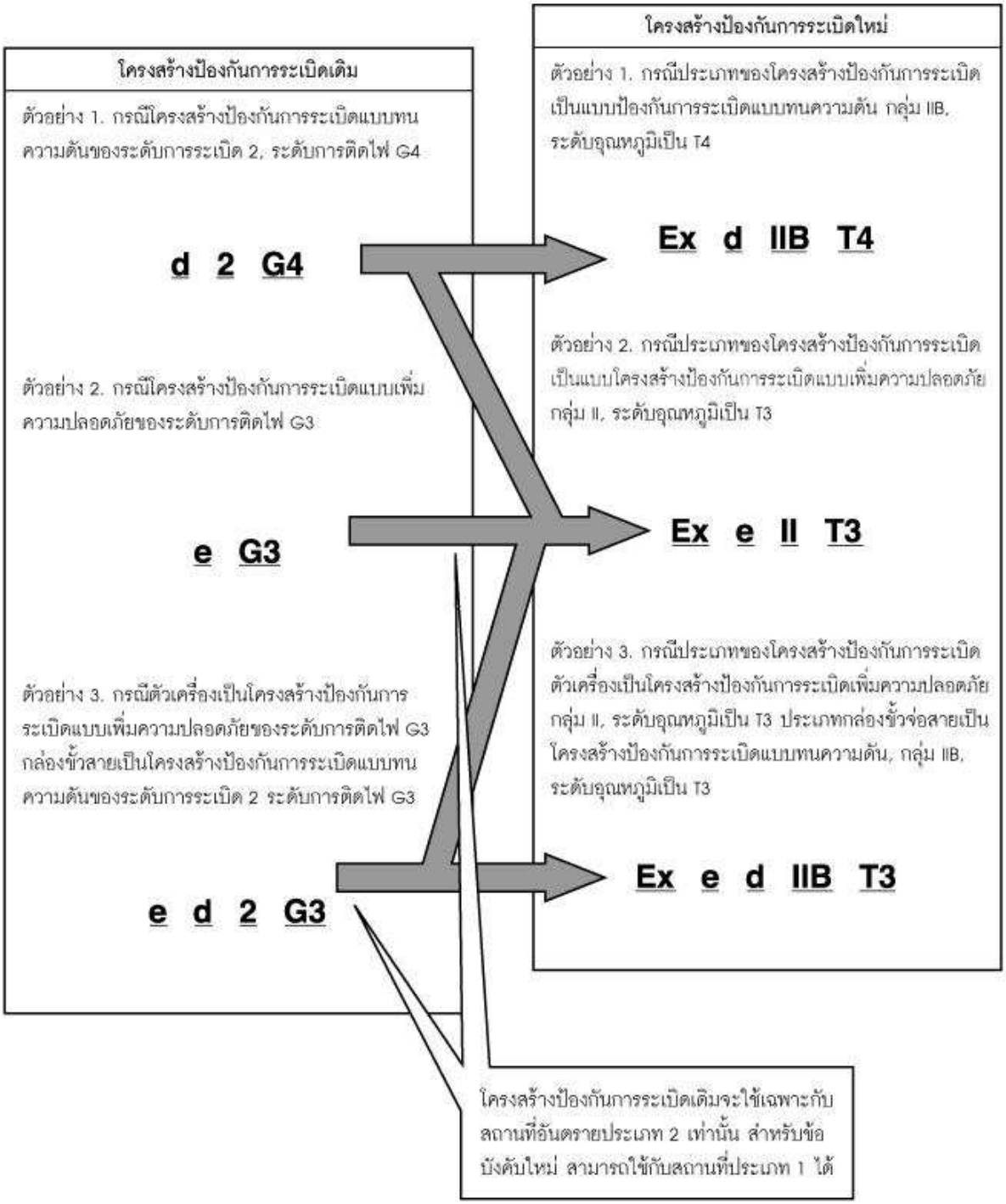
(3) จะต้องติดป้ายแสดงชนิดของอินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ป้องกันโอเวอร์โหลดที่ใช้ประกอบเข้ากับมอเตอร์

(4) อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ป้องกันโอเวอร์โหลดของอินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ติดตั้งภายนอก จะต้องติดตั้งในสถานที่ที่ไม่เป็นอันตราย

(9) ตัวอย่างการแสดงโครงสร้างป้องกันการระเบิด

ตัวอย่างการแสดงสัญลักษณ์ของโครงสร้างป้องกันการระเบิดเก่าและของโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่ ให้ดูในตาราง 10.6

ตาราง 10.6 ตัวอย่างการแสดงสัญลักษณ์ของโครงสร้างป้องกันการระเบิดเก่าและของโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่



(10) ปัจจัยอื่นๆ ทั่วไปเกี่ยวกับการป้องกันการระเบิด

ปัจจัยร่วมอื่นๆ ของโครงสร้างป้องกันการระเบิดเดิมและโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่ จะแสดงในตารางที่ 10.7

ตาราง 10.7 ปัจจัยร่วมอื่นๆ ของโครงสร้างป้องกันการระเบิดเดิมและโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่

โครงสร้างป้องกันการระเบิดเดิม	โครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่
	•พื้นฐานการป้องกันการระเบิด สามารถใช้โครงสร้างป้องกันการระเบิดที่มีไม่ใช่ขนาดความจุต่ำ (อัตรา 1.2 V, 0.1A) และโครงสร้างป้องกันการระเบิดของภาชนะพลาสติกได้
•ป้องกันรอยชืดช่วนภายนอก ส่วนการทดสอบการตกของลูกเหล็กตามข้อบังคับ คือหน้าต่าง (แผ่น) โปร่งใส หลอดไฟ และฝาครอบป้องกัน เป็นต้น	**•ป้องกันรอยชืดช่วนภายนอก** ส่วนการทดสอบการกระแทกตามข้อบังคับ คือส่วนทั้งหมดของอุปกรณ์ไฟฟ้าป้องกันการระเบิด (ภาชนะ การ์ด ฝาครอบใบพัด เป็นต้น) (ใช้ลูกเหล็กรึ่งซีกที่หัวเหล็กผ่านการเสริมความแกร่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm น้ำหนัก 1.0 kg. จากระยะ 0.7 m ตกกระทบที่แต่ละส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าป้องกันการระเบิดแล้วไม่มีความผิดปกติ)
•ส่วนการต่อเชื่อมกับสายไฟจากภายนอก การต่อสายระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับสายไฟจากภายนอก โดยข้อกำหนดแล้วต้องใช้การต่อสายภายในในกล่องขั้วต่อสาย	**•ส่วนการต่อเชื่อมกับสายไฟจากภายนอก** การต่อสายระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับสายไฟจากภายนอก จะใช้ภาชนะแยกต่างหาก (กล่องขั้วต่อสาย) หรือบล็อกของภาชนะตัวเครื่อง (บล็อกที่เกิดจากการย่อส่วนกล่องขั้วต่อสาย และต่อโดยตรงเข้ากับสายเคเบิลจากตัวเครื่อง)
•การป้องกันส่วนหมุน ใบพัดทำความเย็นมีโครงสร้างที่แข็งแรง และเป็นโครงสร้างที่สัมผัสไม่ได้ง่ายๆ จากภายนอก	**•การป้องกันส่วนหมุน** สำหรับข้อบังคับใหม่ ระดับการป้องกันของส่วนใบพัดด้านนอก และการติดตั้งฝาครอบป้องกันของตกจากทางด้านบนในกรณีของชนิดแนวตั้งต้องได้ตามค่าที่กำหนด
•การทดสอบอุณหภูมิ การทดสอบอุณหภูมิ จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าอัตราความถี่อัตราไปที่โหลดอัตรา	**•การทดสอบอุณหภูมิ** จะทำการทดสอบเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานภายใต้สภาวะปกติ โดยใช้แรงดันไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบมากที่สุดต่อช่วง 90-110% ของแรงดันไฟฟ้าอัตรา **•การทดสอบระดับการป้องกัน** การทดสอบระดับการป้องกัน จะดำเนินการตาม IEC60034-1

(11) การตรวจสอบรับรอง

สำหรับประเทศญี่ปุ่น การใช้อุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าทุกชนิดในสถานที่ (สถานที่อันตราย) ที่มีบรรยากาศเสี่ยงต่อการระเบิด (ก๊าซไวไฟ หรือละอองน้ำและอากาศที่ติดไฟได้) หรือมีความเสี่ยงที่จะเกิด ตามพระราชบัญญัติสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานข้อที่ 42 ข้อที่ 44 และกฎหมายสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานข้อที่ 280 จะมีระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับ **"การผลิต" "การขาย" "การใช้งาน"** อยู่ นอกจากนี้ ถ้าโครงสร้างป้องกันการระเบิดอุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าตรงตามเงื่อนไขสำคัญระดับหนึ่งแล้ว จะต้อง **"รับการตรวจสอบรับรอง"** จากหน่วยงานตรวจสอบรับรองที่เป็นหน่วยงานที่ได้รับการรับรองลงทะเบียนจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข การตรวจสอบรับรองโครงสร้างป้องกันการระเบิดอุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าจะดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันการระเบิด โดยใช้โครงสร้าง/ขนาด/ชนิดวัสดุตามค่าอัตรา (แรงดันไฟฟ้า/ความถี่/สภาวะการทำงาน/กระแสไฟฟ้า/การเพิ่มอุณหภูมิ) (ประเภทมอเตอร์ที่ทำงานโดยอินเวอร์เตอร์ ค่าอัตราจะเปลี่ยนอยู่ตลอด ดังนั้น จะทำการแยกการทดสอบจากแหล่งจ่ายไฟสำหรับการค้า โดยการประกอบอินเวอร์เตอร์ 1 ต่อ 1 แล้วจึงทำการตรวจสอบรับรอง) การป้องกันการระเบิดตามข้อบังคับใหม่ สามารถที่จะประกบอินเวอร์เตอร์ และทำการทดสอบรับรองโครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยได้ อย่างไรก็ตาม ในช่วงขอบเขตการทำงานทุกช่วง จำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบยืนยันว่าการเพิ่มอุณหภูมิเมื่อประกอบเข้ากับอุปกรณ์ป้องกันตอนที่มอเตอร์ถูกขัดขวางการทำงาน ไม่เกินค่าที่กำหนด นอกจากนี้แล้ว จำเป็นจะต้องมีการแสดงชนิดอินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ป้องกันที่มอเตอร์ ในปัจจุบันนี้ ได้มีการร้องขอให้ทำการตรวจสอบรับรองตามมาตรฐานของญี่ปุ่นมากขึ้น แม้จะเป็นสินค้าส่งออกนอกประเทศก็ตาม สำหรับการตรวจสอบรับรองของประเทศญี่ปุ่น จะมีข้อกำหนด IEC60079 ที่สามารถใช้เป็นมาตรฐานรับรองการตรวจสอบสำหรับข้อกำหนดของต่างประเทศ ให้ทำการติดต่อปรึกษากับทางโรงงาน

10-2 มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย

(1) เกี่ยวกับมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย

มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย จะมีโครงสร้างเหมือนกับเครื่องมือมาตรฐานทั่วไป โดยโครงสร้างป้องกันตัวเครื่องเป็น IP44 และโครงสร้างป้องกันกล่องขั้วต่อสายเป็น IP55 นอกจากนี้ ตามข้อบังคับใหม่ "Ex e II T3" ที่เบอร์เฟรมต่ำกว่า 180L ในตารางที่ 10.7 ตรงฝาครอบใบพัด จะมีการเพิ่มมาตรฐานส่วนฝาครอบป้องกันความเสียหายภายนอกจากการกระแทกจากภายนอกตามข้อบังคับของ JIS ใหม่ เนื่องจากมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย มีโครงสร้างที่เหมือนกับเครื่องมือมาตรฐานทั่วไป ถึงแม้จะมีก๊าซรั่วไหลเข้าไปข้างใน แต่จะมีมาตรการป้องกันสภาพอากาศอันตราย โดยมีการควบคุมการเพิ่มอุณหภูมิของสเตเตอร์ระหว่างการทำงานให้ต่ำกว่า 10°C และการเพิ่มอุณหภูมิของสเตเตอร์และโรเตอร์ตอนที่ทำงานติดขัด ก็มีการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ นอกจากนี้แล้วมีการติดป้ายแสดงเวลาการติดขัดที่ยอมรับได้ไว้ที่ตัวสินค้าด้วย ให้ทำการตั้งค่าของรีเลย์ป้องกันตอนเริ่มสตาร์ททำงานให้สอดคล้องกับค่าดังกล่าวด้วย

เวลาจำกัดที่ยอมรับได้ (Ex e II T3) (วินาที)

เอ้าท์พุต(kW)	2P	4P	6P
0.4	7	13	16
0.75	6	11	14
1.5	5	9	10
2.2	5	7	9
3.7	5	8	9
5.5	7	7	7
7.5	10	6	6
11	6	6	5
15	8	6	10
18.5	8	6	10
22	6	10	10
30	9	7	10
37	7	10	-

(2) อัตรามาตรฐานเอ๊าท์พุตและอัตราการทำงาน

สำหรับอัตรามาตรฐานเอ๊าท์พุตมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยและอัตราการทำงาน จะแสดงในตารางที่ 10.8

ตาราง 10.8 อัตรามาตรฐานเอ๊าท์พุตมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยและอัตราการทำงาน

เอ๊าท์พุต(kW)	0.2, 0.4, 0.75, 1.5, 2.2, 3.7, 5.5, 7.5, 11, 15, 18.5, 22, 30, 37, 45, 55, 75, 90, 110, 132
อัตรา	S1 (อัตราต่อเนื่อง)

หมายเหตุ) 1. เอ๊าท์พุต 0.4 - 37kW จะใช้ข้อบังคับประเภทของโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่ "Exe II T3" ส่วน 0.2kW และ 45 - 132kW จะใช้ตามข้อบังคับเดิม "eG3" (สำหรับ 0.2kW และ 45kW ขึ้นไปที่ต้องการ Exe II T3 ให้ปรึกษากับทางโรงงาน

2. สำหรับ Intermediate Output และการเปลี่ยนแปลงเอ๊าท์พุต จะใช้การตรวจสอบรับรองอื่นแยกต่างหาก

(3) แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานและความถี่

แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย และความถี่ จะแสดงในตาราง 10.9

ตาราง 10.9 แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย และความถี่

เอ๊าท์พุต(kW)	แรงดันไฟฟ้า/ความถี่
0.2 - 55kW	200/200/220V-50/60/60Hz
75 - 132kW	400/400/440V-50/60/60Hz

หมายเหตุ) 1. เอ๊าท์พุตมาตรฐาน ได้รับการตรวจสอบรับรองเหมือนกัน ที่ 200, 220, 380, 400, 415, 420, 440V-50/60Hz

2. ถ้าแรงดันไฟฟ้า เป็นแรงดันไฟฟ้า 2 ระดับ จะใช้การตรวจสอบรับรองอื่นแยกต่างหาก (เช่น 200/400V, 220/380V เป็นต้น)

(4) วิธีการสตาร์ท

เวลาเริ่มทำงานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย จะต้องอยู่ในช่วงเวลาจำกัดที่ยอมรับได้ ดังนั้น วิธีการสตาร์ท โดยหลักแล้วจะใช้การสตาร์ทโดยตรงเป็นมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม รุ่น 5.5kW ขึ้นไป สายขั้วต่อจะมี 6 เส้นเพื่อให้สามารถสตาร์ทแบบ Y-Δ ได้ แต่อุปกรณ์ที่มีโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (1/4GD^2) มาก เช่น พัดลม อาจทำให้เวลาเริ่มทำงานเกินค่าเวลาจำกัดที่ยอมรับได้ ถ้าโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด มากกว่า 1/4 ของค่าโมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ของมอเตอร์ใช้งานทั่วไป (**"ส่วนการคำนวณข้อมูลเทคนิค 2.เวลาเริ่มทำงานและโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด"**, หน้า 269) ให้ทำการติดต่อสอบถามกับทางโรงงาน สำหรับจำนวนรอบเริ่มทำงานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย จากการจำกัดความข้อ 10-1(5) และจากการป้องกันการเพิ่มอุณหภูมิ โดยพื้นฐานแล้วจะมีค่าเป็น Cold StartX 2 ครั้ง Hot StartX 1 ครั้ง กรณีที่ทำตามเงื่อนไขการสตาร์ทได้ยาก และต้องสตาร์ทกลับไปมาหลายครั้ง ให้ทำการติดต่อสอบถามกับทางโรงงาน

(5) กล่องขั้วต่อสาย

โครงสร้างของกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย จะแสดงในภาพ 21.18 และ 21.19 (หน้า 239) สำหรับขนาดและการนำไปใช้งาน จะแสดงในตาราง 21.10

วิธีการเดินสายขั้วต่อตัวเครื่องตามมาตรฐานจะเป็นแบบ Packing วิธีการต่อสายภายในกล่องขั้วต่อสายตามมาตรฐานจะเป็นแบบแร็ก (อย่างไรก็ตาม เบอร์เฟรม 90L - 112M จะเป็นแบบแผงต่อสายไฟ) กรณีของแบบสตัด จะต้องมีการตรวจสอบรับรอง ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

ตาราง 10.10 การเลือกใช้กล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย

เบอร์เฟรม	จำนวนโพล			รูปการใช้งาน	วัสดุตัวเคสกับฝาครอบ	ขนาดส่วนหลักๆ ของกล่องขั้วต่อสาย		
	2 โพล	4 โพล	6 โพล			A (mm)	B (mm)	C (mm)
71M	0.4	0.4	-	รูป 21.9	เบอร์เฟรม	114	76	38
80M	0.75	0.75	0.4	〃		〃	〃	〃
90L	1.5	1.5	0.75	〃		〃	〃	50
100L	2.2	2.2	1.5	〃		〃	〃	〃
112M	3.7	3.7	2.2	〃		〃	〃	〃
132S	5.5	5.5	3.7	〃		167	107	80
132M	-	5.5	3.7	〃		〃	〃	〃
160M	7.5	11	7.5	〃		〃	〃	〃
160L	11	15	11	〃		〃	〃	〃
180M	15	-	15	〃		〃	〃	〃
180M	18.8	18.5	-	รูป 21.10	เบอร์เฟรม	224	145	80
180L	-	-	18.5	〃		〃	〃	〃
200L	22	22	22	〃		〃	〃	〃
225S	30, 37	30, 37	30	〃		〃	〃	〃
250S	-	-	37	〃		278	205	130
250M	45	45	45	〃		〃	〃	〃
280S	55	55	55	〃		〃	〃	〃
280M	75	75	75	〃		〃	〃	〃
315S	90	90	90	〃		〃	〃	〃
315M	110	110	110	〃		〃	〃	〃
355S	132	132	132	〃		〃	〃	〃

ให้ดูรูป (5) กล่องขั้วต่อสายชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยในหน้า 239 เพิ่มเติม

(6) กล่องขั้วต่อสายและวิธีต่อสายไฟกับภายนอก

สำหรับกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยและการต่อสายไฟกับภายนอก ให้ดูรายละเอียดใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 21. โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย**" (หน้า 230) "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 22. วิธีต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KD**" (หน้า 243) โครงสร้างของปากต่อสายไฟกับภายนอกจะแตกต่างออกไปตามชนิดสายไฟที่ต่อมาจากจากภายนอก ดังนั้นควรระมัดระวังไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการใช้ไม่ตรงกับคุณสมบัติ วิธีต่อสายไฟกับภายนอกของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัยรุ่นมาตรฐาน จะใช้วิธีต่อสายด้วยสกรูยึดท่อร้อยสายหุ้มฉนวน ถ้าต้องการใช้สายเคเบิล ให้ดูรายละเอียดใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 22.วิธีต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KD**" (หน้า 243) เพื่อระบุขนาดท่อร้อยสายและขนาดมิติ KD นอกจากนี้ ชนิด Bellmouth Packing จะใช้ได้เฉพาะกับชนิดเคลื่อนที่ (Moving Type) และจะต้องทำการตรวจสอบรับรองแยกต่างหาก

10-3 มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน

(1) เกี่ยวกับมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน

โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน จะเป็นโครงสร้างป้องกันตัวเครื่อง IP44 โครงสร้างป้องกันกล่องขั้วต่อสายเป็น IP55 ถ้าหากเกิดมีอุบัติเหตุทำให้ก๊าซภายในมอเตอร์เกิดการระเบิด ก็จะสามารถทนแรงดันระเบิดดังกล่าวนั้นได้ เป็นโครงสร้างที่ไม่ต้องกังวลว่าประกายไฟจากภายในจะเล็ดลอดออกมาติดก๊าซที่ระเบิดได้ที่อยู่ภายนอก การตรวจสอบรับรองโครงสร้างเหล่านี้ จะมีการทดสอบความทนทานต่อการระเบิดและการทดสอบไฟลุกลามจนเกิดการระเบิด ดังนั้นจึงเชื่อมั่นได้ถึงความปลอดภัย ในตัวโครงสร้างเอง ได้มีการเพิ่มความหนาเนื้อภาชนะ (ตัวเครื่องและกล่องขั้วต่อสาย) เพิ่มความแข็งแรงส่วนช่องว่างการเชื่อมต่อและความลึกช่องว่างของส่วนทะลุผ่านแกน และสลักเกลียว นอกจากนี้ ได้มีการหุ้มปิดโครงสร้างอย่างดี เพื่อไม่ให้สลักเกลียวที่อยู่ภายนอก หลุดออกไปได้ง่ายๆ

(2) อัตรามาตรฐานเอ้าท์พุตและอัตราการทำงาน

สำหรับอัตรามาตรฐานเอ้าท์พุตมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดันและอัตราการทำงาน จะแสดงในตารางที่ 10.11

ตาราง 10.11 อัตรามาตรฐานเอ้าท์พุตมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดันและอัตราการทำงาน

เอ้าท์พุต(kW)	0.4, 0.75, 1.5, 2.2, 3.7, 5.5, 7.5, 11, 15, 18.5, 22, 30, 37, 45, 55, 75, 90, 110, 132
อัตรา	S1 (อัตราต่อเนื่อง)

หมายเหตุ) 1. สำหรับ Intermediate Output และการเปลี่ยนแปลงเอ้าท์พุต ต้องมีการตรวจสอบรับรองอื่นแยกต่างหาก

2. มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน จะใช้ตามข้อบังคับเดิม "d2G4" ถ้าต้องการใช้ตามข้อบังคับใหม่ "Ex d IIBT 4" ให้ปรึกษากับทางโรงงาน

(3) แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานและความถี่

แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน และความถี่ จะแสดงในตาราง 10.12

ตาราง 10.12 แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน และความถี่

เอ้าท์พุต	แรงดันไฟฟ้า/ความถี่
0.4 - 55kW	200/200/220V-50/60/60Hz
75 - 132kW	400/400/440V-50/60160Nz

หมายเหตุ) 1. เอ้าท์พุตมาตรฐาน ได้รับการตรวจสอบรับรองเหมือนกัน ที่ 200, 220, 380, 400, 415, 420, 440V-50/60Hz

2. ถ้าแรงดันไฟฟ้า เป็นแรงดันไฟฟ้า 2 ระดับ จะใช้การตรวจสอบรับรองอื่นแยกต่างหาก (เช่น 200/400V, 220/380V เป็นต้น)

(4) วิธีการสตาร์ท

วิธีการสตาร์ทของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน โดยหลักแล้วจะใช้การสตาร์ทโดยตรงเป็นมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม รุ่น 5.5kW ขึ้นไป สายขั้วต่อจะมี 6 เส้นเพื่อให้สามารถสตาร์ทแบบ Y- △ ได้ ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ ($1/4GD^2$) ของโครงสร้างมอเตอร์ป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน จะเท่ากับค่าโมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ของมอเตอร์ใช้งานทั่วไป ("ส่วนการคำนวณข้อมูลเทคนิค 2. เวลาเริ่มทำงานและโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด" หน้า 269)

(5) ทำงานโดยอินเวอร์เตอร์

กรณีควบคุมการทำงานของมอเตอร์ป้องกันการระเบิดโดยอินเวอร์เตอร์ จะใช้กฎระเบียบการตรวจสอบรับรองของคุณสมบัติแหล่งจ่ายไฟสำหรับการค้า ตามที่ระบุไว้ในข้อ 10-1 (11) **"การตรวจสอบรับรอง"** ไม่ได้ (สำหรับคุณสมบัติสำหรับการค้า เมื่อทำงานโดยอินเวอร์เตอร์ ค่าอัตราของการป้องกันการระเบิดจะเปลี่ยนไป) กรณีควบคุมการทำงานของมอเตอร์ป้องกันการระเบิดโดยอินเวอร์เตอร์ จะต้องทำการประกอบอินเวอร์เตอร์ 1 ต่อ 1 แล้วจึงทำการตรวจสอบรับรอง

(6) กล่องขั้วต่อสาย

โครงสร้างของกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดันมาตรฐาน จะแสดงในภาพ 21.20, 21.21 และ 21.22 (หน้า 241) สำหรับขนาดและการนำไปใช้งาน จะแสดงในตาราง 21.11 วิธีการเดินสายขั้วต่อตัวเครื่องตามมาตรฐานจะเป็นแบบแพคกิ้งทนความดัน วิธีการต่อสายภายในกล่องขั้วต่อสายตามมาตรฐานจะเป็นแบบแร็ก กรณีของแบบสตัด จะต้องมีการตรวจสอบรับรอง ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

ตาราง 10.13 การเลือกใช้กล่องขั้วต่อสายสำหรับมอเตอร์ป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน

เบอร์เฟรม	จำนวนโพล 2 โพล			รูปการใช้งาน 4 โพล	วัสดุตัวเคสกับฝาครอบ 6 โพล	ขนาดส่วนหลัก ๆ ของกล่องขั้วต่อสาย		
						A		2 โพล
						(mm)		
71M 0	0.4	0.4	-	รูป 21.11		135	100	50
80M	0.75	0.75	0.4	〃		〃	〃	〃
90L	1.5, 2.2	1.5	0.75	〃		〃	〃	〃
100E	-	2.2	1.5	〃		〃	〃	〃
112M	3.7	3.7	2.2	〃		〃	〃	〃
132S	5.5, 7.5	5.5	3.7	รูป 21.12		202	129	80
132M	-	5.5	3.7	〃		〃	〃	〃
160M	11.15	11	7.5	〃	ชนิดเหล็กหล่อ	〃	〃	〃
160L	18.5	15	11	〃		〃	〃	〃
180L	22	18.5, 22	15	รูป 21.13		240	161	130
200L	30	30	18.5, 22	〃		〃	〃	〃
225S	37, 45	37, 45	30	〃		〃	〃	〃
225S	55	55	37	〃		〃	〃	〃
250S	75, 90	75, 90	45, 55	〃		305	215	170
280S	110, 132	110, 132	75, 90	〃		〃	〃	〃
315S	-	-	110, 132	〃		〃	〃	〃

ดูรูป (6) กล่องขั้วต่อสายชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน หน้า 241 ประกอบ

(7) กล่องขั้วต่อสายและวิธีต่อสายไฟกับภายนอก

สำหรับกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดันและการต่อสายไฟกับภายนอก ให้ดูรายละเอียดใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 21. โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย. 22. วิธีต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KD**" โครงสร้างของปากต่อสายไฟกับภายนอกจะแตกต่างออกไปตามชนิดสายไฟจากภายนอก ดังนั้นควรระมัดระวังไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการใช้ไม่ตรงกับคุณสมบัติ วิธีต่อสายไฟกับภายนอกของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดันมาตรฐาน จะใช้วิธีต่อสายด้วยสกรูยึดท่อร้อยสายหุ้มฉนวน ถ้าจะใช้สายเคเบิลกับสายไฟจากภายนอก ให้ดูรายละเอียดใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 22. วิธีต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KDตาราง 22.6**" เพื่อระบุขนาดท่อร้อยสายและขนาดมิติ KD นอกจากนี้ ชนิด Bellmouth Packing จะใช้ได้เฉพาะกับชนิดเคลื่อนที่ (Moving Type) และจะต้องทำการตรวจสอบรับรองแยกต่างหาก

10-4 การบำรุงรักษา/ตรวจสอบและปรับปรุงโครงสร้างของอุปกรณ์ไฟฟ้าป้องกันการระเบิด

(1) การบำรุงรักษา/ตรวจสอบมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด

การบำรุงรักษา/ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าป้องกันการระเบิด ให้ดูรายละเอียดใน "**คู่มืออุปกรณ์ไฟฟ้าป้องกันการระเบิดในโรงงานสำหรับผู้ใช้งาน**" ที่ "**จัดทำโดยสมาคมวิศวกรรมความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม กระทรวงแรงงาน**" ในคู่มือนี้ จะมีการกำหนด "**เงื่อนไขสำคัญของผู้ตรวจสอบบำรุงรักษา**" ดังต่อไปนี้

การบำรุงรักษา/ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างป้องกันการระเบิดแต่ละส่วน การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า การแยกประเภทกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องและประเภทสถานที่อันตราย จะต้องดำเนินการโดยผู้มีหน้าที่รับผิดชอบการบำรุงรักษาที่ผ่านการฝึกอบรม และมีประสบการณ์เท่านั้น นอกจากนี้ ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบการบำรุงรักษา จะต้องได้รับการฝึกอบรมในคอร์สที่เหมาะสมอยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง

การบำรุงรักษา/ตรวจสอบมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย จำเป็นที่จะต้องทำตรวจสอบว่าอุปกรณ์ป้องกันยังมีค่ากระแสตอนติดขัด (อัตรากระแสติดขัด) และเวลาการติดขัดตรงตามที่แสดงไว้ที่มอเตอร์อยู่

ต้องทำความสะอาดทุกพื้นผิวการเชื่อมต่อของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พื้นผิวการเชื่อมต่ออินโลว์ เพลาหมุนส่วนเชื่อมต่อด้วยสกรู ต้องทำการตรวจสอบอย่างดีว่าไม่มีความเสียหายต่างๆ เกิดขึ้น เช่น การสึกหรอ การกัดกร่อน การเปลี่ยนรูป เป็นต้น

(2) ปรับปรุงโครงสร้างของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด

มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดที่ส่งมอบให้กับทางลูกค้าไปแล้ว จะเป็นรุ่นที่ได้รับการตรวจสอบรับรองผ่านเกณฑ์มาเรียบร้อยแล้ว ดังนั้น โดยระเบียบกฎเกณฑ์แล้ว ห้ามทำการปรับปรุงโครงสร้างหลังจากที่ได้ทำการส่งมอบไปแล้ว

10-5 เกี่ยวกับนโยบายป้องกันการระเบิดแบบใหม่

ตามที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่า มาตรฐานที่ใช้ภายในประเทศญี่ปุ่นปัจจุบันเกี่ยวกับระเบียบข้อบังคับโครงสร้างการป้องกันการระเบิด จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิด (นโยบายป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงาน (1979)) ที่ใช้ภายในประเทศมาตั้งแต่ก่อน และระเบียบข้อบังคับสากล (ที่เกี่ยวข้องกับ IEC-79)

อย่างไรก็ตาม นโยบายป้องกันการระเบิดฉบับปี 1979 ได้ผ่านการตีพิมพ์มาแล้วกว่า 31 ปี และใช้ในเฉพาะประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น นอกจากนี้แล้ว ข้อกำหนดการป้องกันการระเบิดในระเบียบข้อบังคับสากล จะมีการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงอยู่เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้อยู่ในสภาพที่การทบทวนแก้ไขข้อมูลด้านเทคนิคตามไม่ทัน ดังนั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาตรงนี้อย่างรวดเร็วเพื่อให้ทันและเข้ากันได้กับระเบียบข้อบังคับสากลในด้านภาคอุตสาหกรรม จึงได้มีการตีพิมพ์ระเบียบข้อบังคับใหม่ออกมา 2 ข้อดังต่อไปนี้

ตาราง 10.14 การเปลี่ยนแปลงข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิด

ข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิดเดิม	ข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิดใหม่
นโยบายป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงาน (1979)	นโยบายป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงาน (ป้องกันการระเบิดไอก๊าซ 2006)
(มาตรฐานด้านเทคนิคใหม่) (แก้ไขเพิ่มเติมโดยข้อที่ 556 ในฉบับ Sep-6, 1996)	นโยบายป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงาน (ข้อแนะนำทางเทคนิคที่สอดคล้องกับระเบียบข้อบังคับสากล 2008 Ex) ※

※ จาก "**ตามประกาศข้อที่ 88 ของกระทรวงสาธารณสุข เกี่ยวกับการปรับปรุงกฎหมายสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงานและกฎหมายอุปกรณ์เครื่องจักรไฟฟ้าโครงสร้างป้องกันการระเบิด**" เดือนมีนาคม ค.ศ. 2008 ได้มีระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับ "**การป้องกันการระเบิดด้วยการอุดเรซิน**" และ "**โครงสร้างป้องกันการระเบิดไม่ติดไฟ**" (สำหรับเฉพาะ ZONE2) หลังจากที่มีการเผยแพร่ตั้งแต่เดือนตุลาคม ค.ศ. 2008 ก็ได้ตั้งเป้าหมายแนวทางเพื่อให้สอดคล้องกับระเบียบข้อบังคับ IEC และได้ตีพิมพ์ฉบับใหม่ในปี 2008

ในปี 2006 และปี 2008 ได้มีการตีพิมพ์แนวทางใหม่ขึ้นมา และได้นำแนวทางนี้ไปเป็นกฎระเบียบ ทำให้ไม่สามารถทำการผลิตมอเตอร์ใหม่ๆ ตามระเบียบข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิดเดิม อย่างไรก็ตาม ส่วนที่ได้รับเอกสารรับรองจากระเบียบข้อบังคับเดิมแล้ว ก็ยังสามารถทำการผลิตต่อเนื่องต่อไปได้

11. มอเตอร์พร้อมเบรก

11-1 คำนำ

เบรกแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ จะเรียกว่ามอเตอร์พร้อมเบรก

เบรกแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย 2 ประเภท คือประเภทที่ทำการเบรกเมื่อไม่มีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า) และประเภทที่จะทำการเบรกเมื่อมีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (แบบ Excitation Brake) ตัวแทนประเภทของเบรกจะแสดงในตาราง 11.1

ตาราง 11.1 ประสิทธิภาพมอเตอร์พร้อมเบรกของฮิตาชิ/คุณลักษณะพิเศษและการใช้งาน

โมเดล		มอเตอร์พร้อมเบรก FA	มอเตอร์พร้อมเบรก HBA	มอเตอร์พร้อมเบรก HBF	มอเตอร์พร้อมเบรก NA
วิธีการทำงานของเบรก		เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า
ประสิทธิภาพ/คุณลักษณะพิเศษ	แม่เหล็กไฟฟ้า	ไฟฟ้ากระแสตรง	ไฟฟ้ากระแสตรง	ไฟฟ้ากระแสตรง	ไฟฟ้ากระแสตรง
	อุปกรณ์เรกติไฟเออร์	มี (เก็บอยู่ในกล่องขั้วต่อสายมอเตอร์)	มี (เก็บอยู่ในกล่องขั้วต่อสายมอเตอร์)	มี (เก็บอยู่ในกล่องขั้วต่อสายมอเตอร์)	มี (เก็บอยู่ในกล่องขั้วต่อสายมอเตอร์)
	ทอร์คเบรกอัตรา (สัดส่วนทอร์คอัตรามอเตอร์) 50Hz	150%	150%	150%	150%
	ช่วงการปรับทอร์คเบรก	ไม่ได้	ไม่ได้	80 - 150%	ไม่ได้
	อายุตัวเบรก	1,000,000 ครั้ง	2,000,000 ครั้ง	2,000,000 ครั้ง	1,000,000 ครั้ง
	การปรับเบรก	จำเป็น	จำเป็น	จำเป็น	จำเป็น
	อุปกรณ์ปรับคลายด้วยมือ	มี	มี	มี	มี
	ขนาดการติดตั้ง	เหมือนกับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป	สำหรับใช้งานเฉพาะ	สำหรับใช้งานเฉพาะ	เหมือนกับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป
	ขอบเขตการผลิต(4P) (หมายเหตุ 3)	0.4 - 1.5kW	0.4 - 7.5kW	11 - 30kW	0.4 - 3.7kW
การใช้งาน	หยุดทำงานน้อย	◎	◎	◎	◎
	ป้องกันการทำงานด้วยแรงเฉื่อยโดยทั่วไป	◎	◎	◎	◎
	การคงสภาพโหลด	◎	◎	◎	ไม่ได้
	การหยุดฉุกเฉิน, หยุดกะทันหัน	◎	◎	◎	○
	หยุดทำงานบ่อย, หยุด	○	○	○	○
การประยุกต์ใช้งาน		สำหรับใช้งานปกติ OFF	ประสิทธิภาพสูง OFF	ประสิทธิภาพสูง OFF	สำหรับใช้งานปกติ ON

หมายเหตุ 1. ◎ เหมาะสมที่สุด ○ เหมาะสม

2. สำหรับมอเตอร์ติดเบรก HBA หรือติดเบรก HBF ถ้าเป็นแบบแกนขึ้นโดยใช้ขาตั้ง (TFO) จำเป็นต้องปรับปรุงบางส่วนของมอเตอร์

3. รายละเอียดขอบเขตการผลิต ให้ดูอ้างอิงในหน้าที่ 11 ประกอบ

11-2 มอเตอร์พร้อมเบรก FA (สำหรับใช้งานปกติ OFF)

มอเตอร์พร้อมเบรก FA เป็นผลิตภัณฑ์ขนาดกะทัดรัด ที่มีการรวมเบรกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเบรกโดยไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากับมอเตอร์มาตรฐานเข้าเป็นโครงสร้างเดียวกัน

มีการติดตั้งคันโยกปลดด้วยมือสำหรับการเบรกแบบวันทัช (One Touch) โดยขนาดการติดตั้งจะเท่ากับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป

มอเตอร์พร้อมเบรก FA นี้ เหมาะสำหรับการทำให้ตัวเครื่องจักรมีขนาดเล็กลงและการทำงานแบบอัตโนมัติ

(1) การทำงานและโครงสร้างของมอเตอร์พร้อมเบรก FA

• การปลดเบรก

เมื่อกระแสไหลผ่านอุปกรณ์เรกติไฟเออร์ และทำการ ON แหล่งจ่ายไฟเบรก Exciting Coil ของแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดแม่เหล็ก Moving Plate จะดันชนะแรงอัดของสปริงเบรก และดูดติดไว้ด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อ Moving Plate ถูกดูดติด แรงเสียดทานระหว่างไลนิ่ง (Lining) ที่ติดอยู่กับใบพัดจะหมดไป และทำให้เบรกถูกปลด

• เบรก

เมื่อทำการ OFF แหล่งจ่ายไฟเบรก Moving Plate จะถูกดันด้วยสปริงเบรก และไปดันใบพัดให้หยุดหมุน

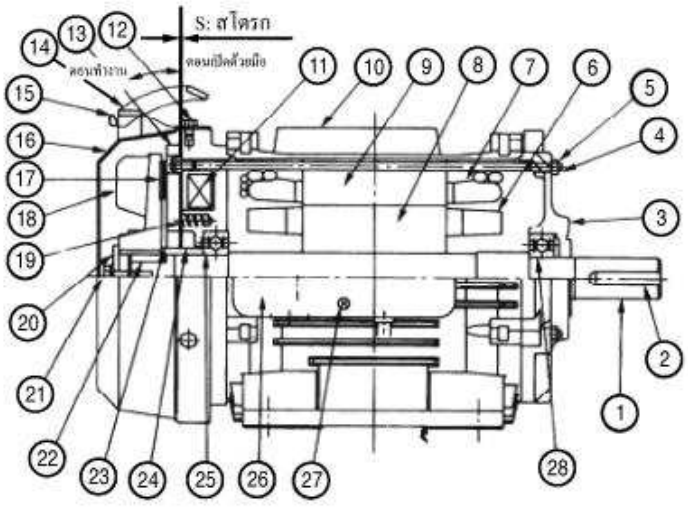
• การปรับแรงเสียดทานไลนิ่ง (Lining)

เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ไลนิ่ง (Lining) จะสึกกร่อน สโตรกระหว่างแม่เหล็กไฟฟ้าและ Moving Plate จะมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถดูดติดไว้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพการเบรกเสื่อมลง การปรับสโตรกสามารถทำได้โดยการเอาจาน (Disk) ออก และถอดชิมปรับช่องว่าง (ในจำนวนที่เหมาะสม)

• การปลดด้วยมือ

สามารถทำการปลดได้โดยการดันคันโยกปลดด้วยมือไปทางด้านแกนเอ๊าท์พุต และค้างเอาไว้

ภาพโครงสร้างมอเตอร์พร้อมเบรก FA



เครื่องหมาย	ชื่อ
1	เพลา
2	คีย์มูเลย์
3	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านโหลด)
4	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดเอ็นด์แบร็กเก็ต)
5	น็อต (สำหรับขันยึดเอ็นด์แบร็กเก็ต)
6	ใบพัด (ด้านใน)
7	ขดลวดสเตเตอร์
8	แกนเหล็กโรเตอร์
9	แกนเหล็กสเตเตอร์
10	โครงเสื้อ
11	แม่เหล็กไฟฟ้า
12	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดฝาครอบใบพัด)
13	Moving Plate
14	คันโยกปลดด้วยมือ
15	ปลอกสปริง
16	ฝาครอบใบพัด
17	ไลนิ่ง (Lining)
18	ใบพัด (ด้านนอก)
19	สปริงเบรก
20	แผ่นรองใบพัด
21	สลักเกลียวยึดแผ่นรองใบพัด
22	คีย์ (สำหรับเบรก)
23	ชิมปรับสโตรก

เครื่องหมาย	ชื่อ
24	แบริ่ง Colar
25	Ball Bearing (ด้าน R)
26	Terminal Box
27	Screw สำหรับ Cover terminal box
28	Ball Bearing (ด้าน P)

ตาราง 11.2 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก FA

รายการคุณสมบัติ		รายละเอียด
แหล่งจ่ายไฟ		3 เฟส 200V 50/60Hz, 220V 60Hz
ช่วงการเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายไฟที่ยอมรับได้		แรงดันไฟฟ้า ±10%, ความถี่ ±5% (เมื่อค่าผิดปกติในระยะเวลาสั้นๆ)
มอเตอร์	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEC-2137-2000
	โครงสร้างป้องกันพื้นผิวภายนอก	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (วิธีการป้องกัน IP42)
เบรก	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEM1240 เบรกควบคุมไฟฟ้ากระแสลลับ
		JEM1021 ความต้านทานฉนวนของอุปกรณ์ควบคุม การทนความดัน และอื่นๆ
	วิธีการเบรก	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (เบรก OFF)
	ประเภทฉนวน	ประเภท B
	อุปกรณ์เรกติไฟเออร์	ติดตั้งอยู่ในกล่องขั้วต่อสายของมอทอล
กล่องขั้วต่อสาย	สถานที่ติดตั้ง	ทางซ้ายมองจากด้านโหลด, ด้านล่าง ตามทิศเดินสายเข้ามา
	วิธีต่อสายไฟ	วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับแผงขั้วต่อสาย, สำหรับสายเบรก ใช้วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับสายไฟ
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	-20 - 40°C
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 95% RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร (ในที่ที่ไม่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำหรือการเกิดเป็นฝ้าไอน้ำ)
วิธีการสตาร์ท		สตาร์ทโดยตรง
ทิศทางการหมุน		ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (หมุนกลับได้)
ทิศทางการติดตั้ง		อิสระ (เฉพาะการติดตั้งที่ด้านล่างเพลาเท่านั้น ที่จำเป็นต้องปรับแต่งส่วนมอทอล)
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล8.9Y5.1/0.3)

หมายเหตุ) ส่วนเบรกคือโครงสร้างเปิด ดังนั้น หากจะทำการติดตั้งในที่ที่น้ำและฝุ่นละอองมาก ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

ตาราง 11.3 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก FA (2)

โครงสร้าง		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย					ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายแนวตั้ง				
เอ้าท์พุต (kW)		0.4	0.75	1.5	0.4	0.75	0.4	0.75	1.5	0.4	0.75
จำนวนโพล		4			6		4			6	
มอเตอร์	ชนิด	TFO-K					VTFO-K				
	เบอร์เฟรม	71M	80M	90L	80M	90L	71M	80M	90L	80M	90L
ชนิดเบรก		MS1S-FA	MS1L-FA	MS2S-FA	MSIL-FA	MS2S-FA	MS1S-FA	MS1L-FA	MS2S-FA	MS1L-FA	MS2S-FA
ทอร์คเบรก (N·m) {kgf·m}		4.0 {0.4}	7.7 {0.77}	15 {1.5}	7.7 {0.77}	15 {1.5}	4.0 {0.4}	7.7 {0.77}	15 {1.5}	7.7 {0.77}	15 {1.5}
โมเม้นต์ความเฉื่อย ($kg·m^2$)		0.0015	0.0038	0.0068	0.0038	0.0068	0.0015	0.0038	0.0068	0.0038	0.0068
GD^2 ($kg·m^2$)		{0.0061}	{0.0151}	{0.027}	{0.0151}	{0.027}	{0.0061}	{0.0151}	{0.027}	{0.0151}	{0.027}
แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟเบรก (V)		200-220					200-220				
แรงดันไฟฟ้า DC ของเบรก(V)		90-99					90-99				
กระแสไฟฟ้า DC ของเบรก(A)		0.28-0.31	0.33-0.37	0.34-0.38	0.33-0.37	0.34-0.38	0.28-0.31	0.33-0.37	0.34-0.38	0.33-0.37	0.34-0.38
อัตราการทำงานของการเบรกที่ยอมรับได้ (W){kgf·m/min}		26.2 {160}	29.4 {180}	45.8 {280}	29.4 {180}	45.8 {280}	26.2 {160}	29.4 {180}	45.8 {280}	29.4 {180}	45.8 {280}
สโตรก (mm)	Setting	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Limitation	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6
อุปกรณ์เรกติไฟเออร์ที่ใช้		BS-01					BS-01				

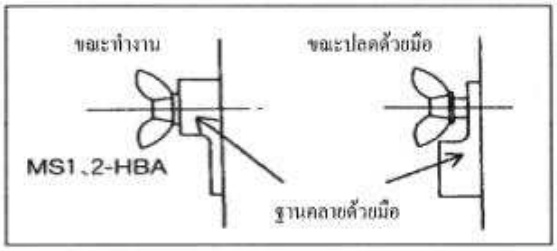
หมายเหตุ 1. ในช่อง ( ) คือการแสดงในหน่วยเดิม
2. อายุการทำงานของเบรกคือ 1,000,000 ครั้ง

11-3 มอเตอร์พร้อมเบรก HBA (ประสิทธิภาพสูง OFF)

มอเตอร์พร้อมเบรก HBA เป็นผลิตภัณฑ์ขนาดกะทัดรัดที่ได้รวบรวมเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดไว้ในตัวเครื่อง มีการรวมเบรกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่คิดค้นพัฒนาขึ้นโดยฮิตาชิเข้ากับมอเตอร์ใช้งานทั่วไปเข้าเป็นโครงสร้างเดียวกัน มีขอบเขตการใช้งานกว้างขวางตั้งแต่การใช้งานทั่วไป จนถึงแบบหยุดกะทันหัน

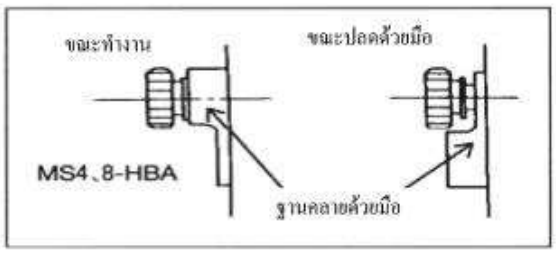
(1) การทำงานและโครงสร้างของมอเตอร์พร้อมเบรก HBA

- **การปลดเบรก**



เมื่อกระแสไหลผ่านอุปกรณ์เรกติไฟเออร์ และทำการ ON แหล่งจ่ายไฟเบรก Exciting Coil ของแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดแม่เหล็ก Moving Plate จะดันชนะแรงอัดของสปริงเบรก และดูดติดไว้ด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อ Moving Plate ถูกดูดติด ไลนิ่ง (Lining) ที่ถูกดันโดย Fix Plate จะถูกปลด และทำให้เบรกถูกปลดด้วยเช่นกัน

- **การหยุด**



เมื่อทำการ OFF แหล่งจ่ายไฟเบรก Moving Plate จะถูกดันด้วยสปริงเบรก และไลนิ่ง (Lining) จะถูกดันด้วย Fix Plate ทำให้หยุดหมุน

- **การปรับแรงเสียดทานไลนิ่ง (Lining)**

เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ไลนิ่ง (Lining) จะสึกกร่อน สโตรกระหว่างแม่เหล็กไฟฟ้าและ Moving Plate จะมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถดูดติดเอาไว้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพการเบรกเสื่อมลง การปรับสโตรกสามารถทำได้โดยการขันยึดน็อตปรับสโตรก ถ้าไม่สามารถปรับสโตรกได้ แสดงว่าไลนิ่ง (Lining) หมดอายุการใช้งาน ให้ทำการเปลี่ยนอันใหม่

- **การปลดด้วยมือ**

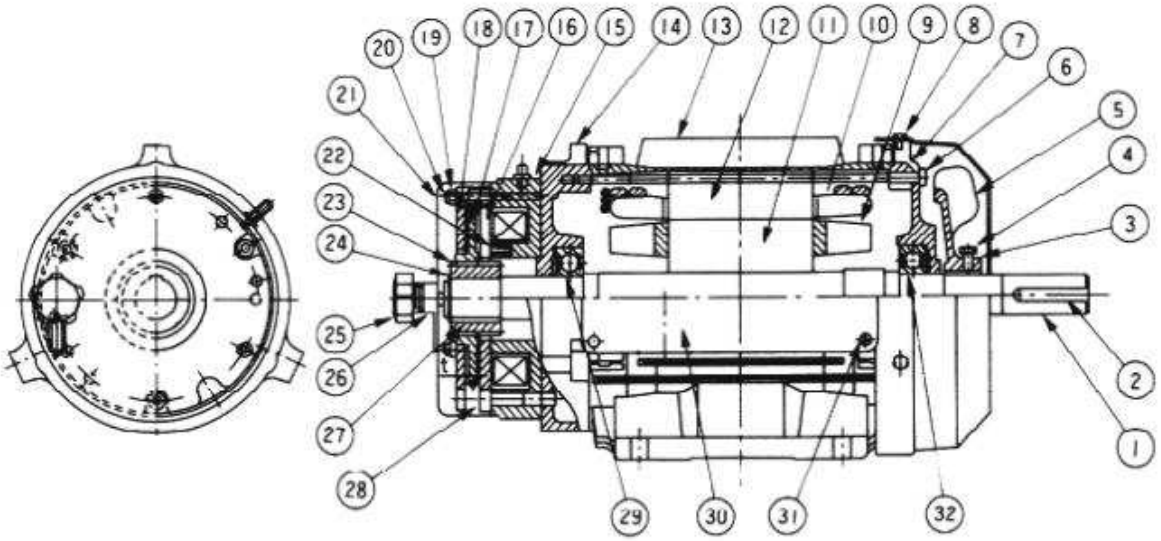
การปลดเบรกด้วยมือสามารถทำได้ตามภาพด้านขวามือ เลื่อนฐานคลายด้วยมือ และทำการหมุนคลายกลรูด้วยมือ

- **ทอร์คเบรก**

ทอร์คเบรกอัตราจะเป็น 150%

ถ้าต้องการค่าอื่นๆ เช่น 80% 40% เป็นต้น ก็สามารถปรับโครงสร้างเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้

ภาพโครงสร้างมอเตอร์พร้อมเบรก HBA



เครื่องหมาย	ชื่อ	เครื่องหมาย	ชื่อ
1	เพลา	17	เพลา
2	คีย์มู่เล่ย์	18	Fix Plate
3	ฝาครอบใบพัด	19	น็อตปรับสโตรก
4	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดใบพัด)	20	สลักเกลียวปรับสโตรก
5	ใบพัด (ด้านนอก)	21	ฝาครอบเบรก
6	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดฝาครอบใบพัด)	22	สปริงเบรก
7	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านโหลด)	23	ฝาครอบสลัก (Spline Cover)
8	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดฝาครอบใบพัด)	24	ปลอกสปริงชนิด C
9	ใบพัด (ด้านใน)	25	สกรูดลายด้วยมือ
10	ขดลวดสเตเตอร์	26	ฐานคลายด้วยมือ
11	แกนเหล็กโรเตอร์	27	คีย์ (สำหรับเบรก)
12	แกนเหล็กสเตเตอร์	28	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดเบรก)
13	โครงเสื้อ	29	ลูกปืน (ด้านตรงข้ามโหลด)
14	เอ็นด์แบร็กเก็ต(ด้านตรงข้ามโหลด)	30	กล่องขั้วต่อสาย
15	แม่เหล็กไฟฟ้า	31	สกรู (สำหรับขันยึดฝาครอบกล่องขั้วต่อสาย)
16	Moving Plate	32	ลูกปืน (ด้านโหลด)

ตาราง 11.4 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก HBA (1)

รายการคุณสมบัติ		รายละเอียด
แหล่งจ่ายไฟ		3 เฟส 200V50/60Hz, 220V60Hz หรือ 3 เฟส 400V50/60Hz, 440V60Hz
ช่วงการเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายไฟที่ยอมรับได้		แรงดันไฟฟ้า ±10%, ความถี่ ±5% (เมื่อค่าผิดปกติในระยะเวลาสั้นๆ)
มอเตอร์	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEC-2137-2000
	โครงสร้างป้องกันพื้นผิวภายนอก	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย, ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายแนวตั้ง (วิธีการป้องกัน IP44)
เบรก	ข้อบังคับมาตรฐาน	EM 1240 เบรกควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ JEM 1029 ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิของอุปกรณ์ควบคุม JEM 1021 ตัวต้านทานฉนวนของอุปกรณ์ควบคุมและการทนความดัน และอื่นๆ
	วิธีการเบรก	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (เบรก OFF)
	โครงสร้าง	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมการทำงานแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ให้มาพร้อมกับอุปกรณ์เรกติไฟเออร์
	ตำแหน่งอุปกรณ์เรกติไฟเออร์	ติดตั้งอยู่ในกล่องขั้วต่อสายของมอทอล
	ประเภทฉนวน	ประเภท B
กล่องขั้วต่อสาย	สถานที่ติดตั้ง	ทางซ้ายมองจากด้านโหลด
	ทิศทางรูต่อสายไฟ	ด้านล่าง
	วิธีต่อสายไฟและจำนวนสาย	ต่ำกว่า 3.7kW.....วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับแผงขั้วต่อสาย (3 เส้น) มากกว่า 5.5kW.....วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับสายไฟ (6 เส้น) เบรก.....วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับสายไฟ (2 เส้น)
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	–20 - 40 °C
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 90%RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร (ในที่ที่ไม่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำหรือการเกิดเป็นฝ้าไอน้ำ)
วิธีการสตาร์ท		ต่ำกว่า 3.7kW.....สตาร์ทโดยตรง มากกว่า 5.5kW.....สตาร์ทโดยตรง หรือ การสตาร์ทแบบ Y-Δ
ทิศทางการหมุน		ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (หมุนกลับได้)
ทิศทางการติดตั้ง		อิสระ (เฉพาะการติดตั้งที่ด้านล่างเพลาเท่านั้น ที่จำเป็นต้องปรับแต่งส่วนมอเตอร์)
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)

ตาราง 11.5 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก HBA (2)

โครงสร้าง		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย						
เอ๊าท์พุต (kW)	4 โพล	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5
	6 โพล	-	0.4	0.75	1.5	2.2	※3.7	5.5
มอเตอร์	ชนิด	TFO-K	TFO-K	TFO-K	TFO-K	TFO-K	TFO-KK	TFO-KK
	เบอร์เฟรม	71M	80M	90L	100L	112M	132S	132M
ทอร์คเบรกอัตรา	(N·m)	4.0	7.7	15	23	38	56	80
	(kgf·m)	0.4	0.77	1.5	2.3	3.8	5.6	8.0
โมเมนต์ความเฉื่อยมอเตอร์ J ($kg·m^2$)	4 โพล	0.00089	0.0018	0.0036	0.0060	0.0129	0.0192	0.0237
	6 โพล	-	0.0018	0.0036	0.0067	0.0137	0.0267	0.0367
มอเตอร์ GD^2 ($kg·m^2$)	4 โพล	0.0036	0.0073	0.0144	0.0239	0.0517	0.0766	0.0946
	6 โพล	-	0.0073	0.0144	0.0269	0.0547	0.1066	0.1466
ชนิดเบรก		MS1S-HBA	MS1L-HBA	MS2S-HBA	MS2L-HBA	MS4L-HBA	MS8S-HBA	MS8L-HBA
แหล่งจ่ายไฟ		200V 50/60Hz, 220V 60Hz						
คลาสทนต่อความร้อน		E					B	
อัตรา		S1 (ต่อเนื่อง)						

หมายเหตุ
1. สำหรับทอร์คเบรกอัตราจะมีค่าเป็นสัดส่วนกับทอร์คอัตรามอเตอร์ ที่ 50Hz เป็น 150% ที่ 60Hz เป็น 180%
2. คุณลักษณะของมอเตอร์จะเหมือนกับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป
3. ขนิด 3.7kW จะเป็น TFO-K(※)
4. GD^2 ($kg·m^2$), ทอร์คอัตรา (kgf·m) จะแสดงค่าในหน่วยเดิม
5. อายุการทำงานของเบรกคือ 2,000,000 ครั้ง
6. โมเมนต์ความเฉื่อยมอเตอร์ จะเป็นค่าของมอเตอร์ทั้งตัว
7. ระยะจากปลายแกนจนถึงจุดกึ่งกลางการติดตั้ง จะแตกต่างไปจากมอเตอร์ใช้งานทั่วไป ดังนั้นให้ระมัดระวังในการใช้งาน

ตาราง 11.6 คุณสมบัติมาตรฐานของเบรก HBA

ชนิด		MS1S-HBA	MS1L-HBA	MS2S-HBA	MS2L-HBA	MS4L-HBA	MS8S-HBA	MS8L-HBA
ทอร์คเบรกอัตรา (N·m) {kgf·m}		4 {0.40}	7.7 {0.77}	15 {1.5}	23 {2.3}	38 {3.8}	56 {5.6}	80 {8.0}
อัตราการทำงานของการเบรกที่ยอมรับได้ (W) {kgf·m/min}		26.2 {160}	29.4 {180}	45.8 {280}	49.1 {300}	57.2 {350}	131 {800}	131 {800}
อายุไลนิ่ง (Lining) (ปริมาณงานในการเบรกรวม) (J) {kgf·m}		$9.81X10^7$ $\{1.010^7\}$	$9.81X10^7$ $\{1.0X10^7\}$	$11.8X10^7$ $\{1.210^7\}$	$14.7X10^7$ $\{1.5X10^7\}$	$29X10^7$ $\{3.0X10^7\}$	$137X10^7$ $\{14X10^7\}$	$137X10^7$ $\{14X10^7\}$
สโตรกแม่เหล็กไฟฟ้า (mm)	ค่าติดตั้ง	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ค่าขีดจำกัด	0.6	0.6	0.6	0.6	1.8	1.8	1.8
แหล่งจ่ายไฟเบรก		1 เฟส 200 - 220V						
กระแสไฟฟ้าเบรก (A)	AC	0.1 - 0.11	0.13 - 0.15	0.16 - 0.18	0.21 - 0.23	0.9	1.1	1.1
	DC	0.1 - 0.11	0.13 - 0.15	0.16 - 0.18	0.21 - 0.23	1.3	1.7	1.7
โมเมนต์ความเฉื่อยการเบรก J {kgf·m²} เบรก GD^2 {kg·m²}		0.00006 {0.00025}	0.00014 {0.00055}	0.00034 {0.00135}	0.00074 {0.00294}	0.00142 {0.00568}	0.00165 {0.0066}	0.00165 {0.0066}
อุปกรณ์เรกติไฟเออร์	รุ่น 200V	BS-01L			BS-022B			
	รุ่น 400V	BS-01			BS-024B			

หมายเหตุ 1) กระแสไฟฟ้าเบรก จะเหมือนกับรุ่น 200V รุ่น 400V
นอกจากนี้ กระแสไฟฟ้าโดยประมาณของตอนเริ่มสตาร์ท MS4 - 8-HBA (ช่วงเวลา 0.25 วินาที) จะมีค่ามากกว่าค่าดังกล่าวข้างต้น 5 เท่า
2) ในช่อง { } คือการแสดงในหน่วยเดิม

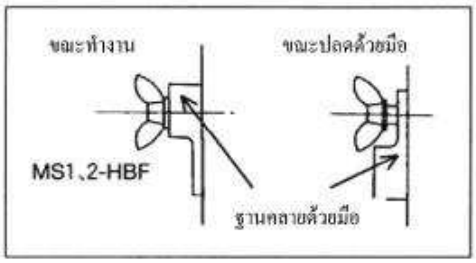
11-4 มอเตอร์พร้อมเบรก HBF (ประสิทธิภาพสูง OFF)

มอเตอร์พร้อมเบรก HBF เป็นผลิตภัณฑ์ขนาดกะทัดรัดที่ได้รวบรวมเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดไว้ในตัวเครื่อง มีการรวมเบรกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเบรกโดยไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่คิดค้นพัฒนาขึ้นโดยฮิตาชิเข้ากับมอเตอร์ใช้งานทั่วไปเข้าเป็นโครงสร้างเดียวกัน มีขอบเขตการใช้งานกว้างขวางตั้งแต่การใช้งานทั่วไป จนถึงแบบหยุดกะทันหัน

(1) **การทำงานและโครงสร้างของมอเตอร์พร้อมเบรก HBF**

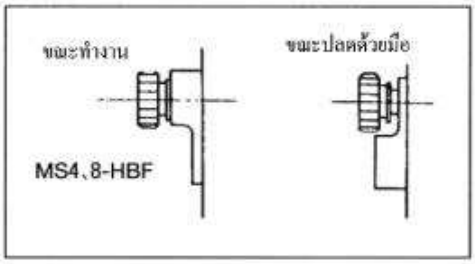
- **การปลดเบรก**

เมื่อกระแสไหลผ่านอุปกรณ์เรกติไฟเออร์ และทำการ ON แหล่งจ่ายไฟเบรก Exciting Coil ของแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า เพื่อทำให้เกิดแม่เหล็ก Moving Plate จะดันขนะแรงอัดของสปริงเบรก และดูดติดไว้ด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อ Moving Plate ถูกดูดติด ไลนิ่ง (Lining) ที่ถูกดันโดย Fix Plate จะถูกปลด และทำให้เบรกถูกปลดด้วยเช่นกัน



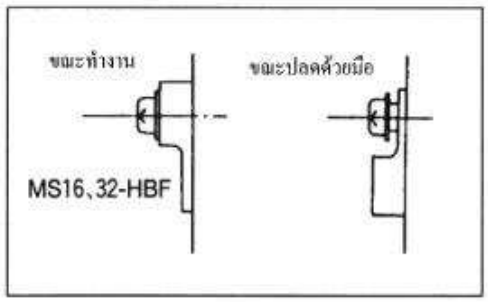
- **การหยุด**

เมื่อทำการ OFF แหล่งจ่ายไฟเบรก Moving Plate จะถูกดันด้วยสปริงเบรก และไลนิ่ง (Lining) จะถูกดันด้วย Fix Plate ทำให้หยุดหมุน



- **การปรับแรงเสียดทานไลนิ่ง (Lining)**

เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ไลนิ่ง (Lining) จะสึกกร่อน สโตรกระหว่างแม่เหล็กไฟฟ้าและ Moving Plate จะมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถดูดติดไว้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพการเบรกเสื่อมลง การปรับสโตรกสามารถทำได้โดยการขันยึดน็อตปรับสโตรก ถ้าไม่สามารถปรับสโตรกได้ แสดงว่าไลนิ่ง (Lining) หมดอายุการใช้งาน ให้ทำการเปลี่ยนอันใหม่



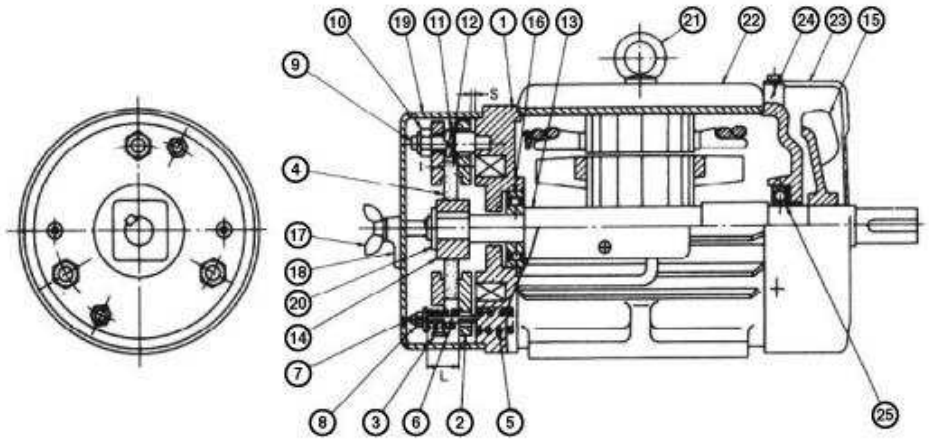
- **การปรับทอร์ค**

การปรับทอร์คเบรกสามารถทำได้อย่างง่ายๆ โดยการใช้น็อตปรับทอร์คปรับความยาวของ Cushion Spring

- **การปลดด้วยมือ**

การปลดเบรกด้วยมือสามารถทำได้ตามภาพด้านขวามือ เลื่อนฐานคลายด้วยมือ และทำการหมุนคลายกลกรูด้วยมือ

ภาพโครงการสร้างมอเตอร์พร้อมเบรก MS2L-HBF



เครื่องหมาย	ชื่อ	เครื่องหมาย	ชื่อ
1	แม่เหล็กไฟฟ้า	14	สับ
2	Moving Plate	15	ใบพัด
3	Fix Plate	16	แกน (ด้านตรงข้ามโหลด)
4	ไลนิ่ง (Lining)	17	สกรูตลายด้วยมือ
5	สปริงเบรก	18	ฐานตลายด้วยมือ
6	Cushion Spring	19	ฝาครอบ
7	สตัด (Stud)	20	แหวนค้ำ
8	น็อตปรับทอร์ค	21	สลักเกลียวห่วง
9	สตัด (Stud) เป็นลำดับขั้น	22	โครงเสื้อ
10	น็อตปรับสโตรก	23	ฝาครอบปลาย
11	แหวนสปริง	24	เอ็นด์แบร็กเก็ต
12	แหวนปรับ	25	ตลับลูกปืน (ด้านโหลด)
13	เพลา		

ตาราง 11.7 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก HBF (1)

รายการคุณสมบัติ		รายละเอียด
แหล่งจ่ายไฟ		3 เฟส 200V 50/60Hz, 220V 60Hz หรือ 3 เฟส 400V 50/60Hz, 440V 60Hz
ช่วงการเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายไฟที่ยอมรับได้		แรงดันไฟฟ้า ±10%, ความถี่ ±5% (เมื่อค่าผิดปกติในระยะเวลาสั้นๆ)
มอเตอร์	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEC-2137-2000
	โครงสร้างป้องกันพื้นผิวภายนอก	ชนิด Drip-Proof (วิธีการป้องกัน IP22), ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (วิธีการป้องกัน IP44)
เบรก	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEM 1240 เบรกควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ JEM 1029 ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิของอุปกรณ์ควบคุม JEM 1021 ความต้านทานฉนวนของอุปกรณ์ควบคุม การทนความดัน และอื่นๆ
	วิธีการเบรก	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (เบรก OFF)
	โครงสร้าง	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมการทำงานแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ให้มาพร้อมกับอุปกรณ์เรกติไฟเออร์
	ตำแหน่งอุปกรณ์เรกติไฟเออร์	ติดตั้งอยู่ในกล่องขั้วต่อสายของมอทอล อย่างไรก็ตาม มอเตอร์ที่เบอร์เฟรมมากกว่า 180M จะติดตั้งที่ตำแหน่งแตกต่างออกไป
	ประเภทฉนวน	ประเภท B
กล่องขั้วต่อสาย	สถานที่ติดตั้ง	ทางซ้ายมองจากด้านโหลด
	ทิศทางรูต่อสายไฟ	ด้านล่าง
	วิธีต่อสายไฟและจำนวนสาย	ต่ำกว่า 3.7kW.....วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับแผงขั้วต่อสาย (3 เส้น) มากกว่า 5.5kW.....วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับสายไฟ (6 เส้น) เบรก.....วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับสายไฟ (2เส้น)
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	-20 - 40°C
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 90%RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร (ในที่ที่ไม่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำหรือการเกิดเป็นฝ้าไอน้ำ)
วิธีการสตาร์ท		ต่ำกว่า 3.7kW.....สตาร์ทโดยตรง มากกว่า 5.5kW.....สตาร์ทโดยตรง หรือ การสตาร์ทแบบ Y-Δ
ทิศทางการหมุน		ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (หมุนกลับได้)
ทิศทางการติดตั้ง		อิสระ (เฉพาะการติดตั้งที่ด้านล่างเพลาเท่านั้น ที่จำเป็นต้องปรับแต่งส่วนมอทอล)
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)

ตาราง 11.8 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก HBF(2)

โครงสร้าง		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย				ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายแนวตั้ง	
เอ๊าท์พุต (kW)	4 โพล	11	15	18.5/22	30	11	15
	6 โพล	7.5	11	15	18.5/22	7.5	11
มอเตอร์	ชนิด	TFO-KK	TFO-KK	TFO-KK	TFO-KK	VTFO-KK	VTFO-KK
	เบอร์เฟรม	160M	160L	180M	180L	160M	-160L
โมเมนต์ความเฉื่อย มอเตอร์ J ($kg \cdot m^2$)	4 โพล	0.0429	0.0518	0.1255	0.1508	0.0427	0.0518
	6 โพล	0.0634	0.081	0.1919	0.2167	0.0634	0.081
มอเตอร์ GD^2 ($kg \cdot m^2$)	4 โพล	0.1716	0.2073	0.5018	0.603	0.1716	0.2073
	6 โพล	0.2534	0.3239	0.7675	0.8668	0.2534	0.3239
ชนิดเบรก		MS16S-HBF	MS16L-HBF	MS32S-HBF	MS32L-HBF	MS16S-HBF	MS16L-HBF
ทอร์คเบรกอัตรา	(N·m)	(58) - 110	(85) - 160	250	350	(58) - 110	(85) - 160
	(kgf·m)	(5.8) - 11	(8.5) - 16	25	35	(5.8) - 11	(8.5) - 16
แหล่งจ่ายไฟ		3 เฟส 200V 50/60Hz, 220V 60Hz หรือ 3 เฟส 400V 50/60Hz, 440V 60Hz					
คลาสทนต่อความร้อน		B			F	B	
อัตรา		S1(ต่อเนื่อง)					

หมายเหตุ 1. สำหรับทอร์คเบรกอัตราจะมีค่าเป็นสัดส่วนกับทอร์คอัตรามอเตอร์ ที่ 50Hz เป็น 150% ที่ 60Hz เป็น 180% นอกจากนี้ ค่าใน ( ) ค่าช่วงการปรับทอร์ค

2. คุณลักษณะของมอเตอร์จะเหมือนกับมอเตอร์มาตรฐาน

3. GD^2 ($kg \cdot m^2$), ทอร์คอัตรา (kgf·m) จะแสดงค่าในหน่วยเดิม

4. ระยะจากปลายแกนจนถึงจุดกึ่งกลางการติดตั้ง จะแตกต่างไปจากมอเตอร์ใช้งานทั่วไป ดังนั้นให้ระมัดระวังในการใช้งาน

ตาราง 11.9 คุณสมบัติมาตรฐานของเบรก HBF

ชนิด		MS1S-HBF	MS1L-HBF	MS2S-HBF	MS2L-HBF	MS4L-HBF	MS8S-HBF	MS8L-HBF	MS16S-HBF	MS16L-HBF	MS32S-HBF	MS32L-HBF
ทอร์คเบรกอัตรา (N·m)(kgf·m)		4.0 (0.40)	7.7 (0.77)	15 (1.5)	23 (2.3)	38 (3.8)	56 (5.6)	80 (8.0)	110 (11)	160 (16)	250 (25)	350 (35)
อัตราการทำงานของเบรกที่ยอมรับได้ (W)(kgf·m/min)		26.2 (160)	29.4 (180)	45.8 (280)	49.1 (300)	57.2 (350)	131 (800)	196 (800)	196 (1,200)	196 (1,200)	327 (2,000)	327 (2,000)
อายุไลนิ่ง (Lining) (ปริมาณงานในการเบรกรวม) (J)(kgf·m)		9.81×10^7 (1.0×10^7)	9.81×10^7 (1.0×10^7)	11.8×10^7 (1.2×10^7)	14.7×10^7 (1.5×10^7)	29×10^7 (3.0×10^7)	137×10^7 (14×10^7)	137×10^7 (14×10^7)	390×10^7 (40×10^7)	390×10^7 (40×10^7)	694×10^7 (70×10^7)	690×10^7 (70×10^7)
ลโตรก แม่เหล็กไฟฟ้า (mm)	ค่าติดตั้ง	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5
	ค่าขีดจำกัด	0.8	0.8	0.8	0.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	3.5	3.5
แหล่งจ่ายไฟเบรก		200/220V 1 เฟส										
กระแสไฟฟ้าเบรก (A)	AC	0.4/0.44	0.39/0.43	0.59/0.66	0.69/0.76	0.8	0.8	0.8	1.1	1.1	1.8	1.8
	DC	0.45/0.50	0.40/0.49	0.66/0.74	0.78/0.85	1.2	1.2	1.2	1.6	1.6	2.8	2.8
โมเมนต์ความเฉื่อยการเบรก J ($kg·m^2$) เบรก GD^2 ($kg·m^2$)		0.0002 (0.0008)	0.00025 (0.0010)	0.000375 (0.0015)	0.001 (0.004)	0.001 (0.004)	0.0045 (0.018)	0.0045 (0.018)	0.009 (0.036)	0.009 (0.036)	0.03 (0.12)	0.03 (0.12)
อุปกรณ์เรกติไฟเออร์	รุ่น 200V	BS-01				BS-022B					BS-102B	
	รุ่น 400V	BS-01				BS-024B					BS-104B	

หมายเหตุ 1) กระแสไฟฟ้าโดยประมาณของรุ่น 400V ของ MS1-2-HBF จะมีค่า 1/2 ของตารางข้างต้น โมเดลอื่นๆ จะเหมือนกับรุ่น 200V รุ่น 400V

นอกจากนี้ กระแสไฟฟ้าโดยประมาณของตอนเริ่มสตาร์ท MS4-32-HBF (ช่วงเวลา 0.25 วินาที) จะมีค่ามากกว่าค่าดังกล่าวข้างต้น 5 เท่า

2) ในช่อง ( ) คือการแสดงในหน่วยเดิม

11-5 วงจรการต่อสาย

(1) วงจรการต่อสายของมอเตอร์พร้อมเบรก HBA พร้อมเบรก HBF พร้อมเบรก FA

การใช้งาน	วงจรการต่อสาย		หมายเหตุ
	MS1 - 2HBA, (MS1 - 2FA)	MS4 - 8HBA, (MS16 - 32HBF)	
ใช้งานทั่วไป	วงจรสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ		เครื่องมือมาตรฐานจะต่อเข้ากลับวงจรสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (เวลาหน่วงการหยุด) 0.2-0.8 วินาที (เบรก HBA-เบรก HBF) 0.15-0.6 วินาที (เบรก FA)
กรณีการม้วนยกขึ้นและต้องการหยุดทำงานที่แม่นยำ	วงจรสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ/ตรง	วงจรสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ/ตรงแบบแยกต่างหาก	จุดเชื่อมต่อด้านไฟฟ้ากระแสตรงที่สับเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับคืออุปกรณ์เทียบเท่า MS1-2HBA... H11 ขึ้นไป (หมายเหตุ 8) ให้ใช้อุปกรณ์เทียบเท่า MS4 - 8-HBA MS-HBF H20 ขึ้นไป (หมายเหตุ 8) ให้ใช้วงจรนี้กับโหลดโมเมนต์ (สำหรับม้วนยกขึ้นเป็นต้น) เวลาหน่วงการหยุด 0.01 - 0.04 วินาที (เบรก HBA, เบรก HBF) 0.03 - 0.09 วินาที (เบรก FA)
กรณีใช้กับมอเตอร์สลับขั้วเป็นต้น	วงจรแยกต่างหาก		ลวิทช์แม่เหล็กสำหรับเบรก ให้ใช้อุปกรณ์เทียบเท่าฮิตาชิ H11 ขึ้นไป กรณีมีอินจิ้งก์ (Inching) ให้ใช้อุปกรณ์เทียบเท่า H20 ขึ้นไป เวลาหน่วงการหยุด 0.1 - 0.2 วินาที (เบรก HBA, เบรก HBF) 0.1 - 0.3 วินาที (เบรก FA)

หมายเหตุ 1. ถ้าเลือกใช้การสตาร์ทด้วยอินเวอร์เตอร์หรือการลดแรงดันไฟฟ้า ให้ทำการต่อเบรกเข้ากับด้านแหล่งจ่ายไฟของอุปกรณ์สตาร์ทอินเวอร์เตอร์ หรือลดแรงดันไฟฟ้า นอกจากนี้ ให้ดูภาพอ้างอิงประกอบการใช้งานด้านล่าง (กรณีมอเตอร์กลับขั้วได้ที่ต้องการความแม่นยำในการหยุด จำเป็นต้องใช้การสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ ตรงด้วยวงจรที่แยกต่างหาก)

2. กรณีใส่คอนเดนเซอร์สำหรับปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่วงจรมอเตอร์ ต้องแยกวงจรต่างหาก

3. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ/ตรง จะต้องมีระยะการหน่วงเวลา ของการ ON OFF มากกว่า ขึ้นไป

4. กรณีเดินสายไฟของวงจรเบรกในท่อเดินสายไฟเดียวกับสายไฟกำลัง จะต้องทำการชีลด์เสมอ

5. ถ้าทำการอินจิ้งก์ (Inching) ที่มีความถี่มากกว่าค่าในคตาล็อก จะต้องระมัดระวังเรื่องความจุกำลังไฟของจุดเชื่อมต่อการสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ/ตรง

6. สำหรับวงจรต่อสายของเบรก ในแง่ประสิทธิภาพของเบรกแล้ว จะใช้การ ON/OFF ไม่ได้ที่ด้านไฟฟ้ากระแสตรง (อุปกรณ์เรกติไฟเออร์ หมายเลขขั้วต่อสาย P, N) จะต้องใช้วงจร พร้อมกันที่ด้านไฟฟ้ากระแสสลับ (อุปกรณ์เรกติไฟเออร์ หมายเลขขั้วต่อสาย R, S) โดยเฉพาะวงจรขับเคลื่อนอินเวอร์เตอร์ ให้ดูภาพด้านล่างประกอบ

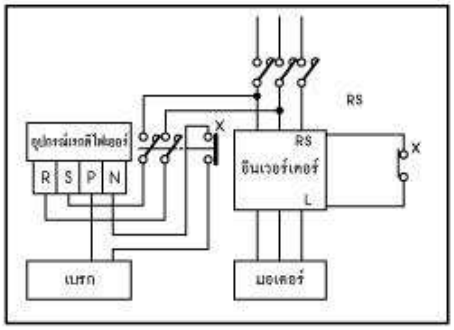
7. ตอนการขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ ขณะที่ความถี่ต่ำ จะมีเสียงเสียดสีโลหะเกิดขึ้นที่ส่วนเบรก ให้ใช้งานโดยพยายามหลีกเลี่ยงการรีโซแนนซ์จึงจะไม่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะและอายุการใช้งานก็ตาม แต่อาจมีข้อบังคับเกี่ยวกับเสียงรบกวน ดังนั้นให้ตรวจสอบกับทางสำนักงาน หรือโรงงาน

8. H11, H12 คือหมายเลขแบบของหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic contactor) ให้ใช้ขนาดความจุของจุดเชื่อมต่อที่มากกว่า

(2) ภาพวงจรอื่นๆ

ตัวอย่างภาพอ้างอิงวงจรขับเคลื่อนอินเวอร์เตอร์

(MS4 - 8 - HBA, MS16, 32 - HBF)



สำหรับรายละเอียด ให้ดูอ้างอิงในคู่มือการใช้งานอินเวอร์เตอร์

11-6 มอเตอร์พร้อมเบรก NA สำหรับใช้งานปกติ ON)

เบรก NA เป็นเบรกแม่เหล็กไฟฟ้าชนิด Excitation Brake ขนาดการติดตั้งจะเหมือนกับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป

ส่วนใหญ่จะใช้งานมากในด้านการทำให้ตัวเครื่องจักรมีขนาดเล็กลง ทำงานแบบอัตโนมัติ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และประหยัดพลังงาน

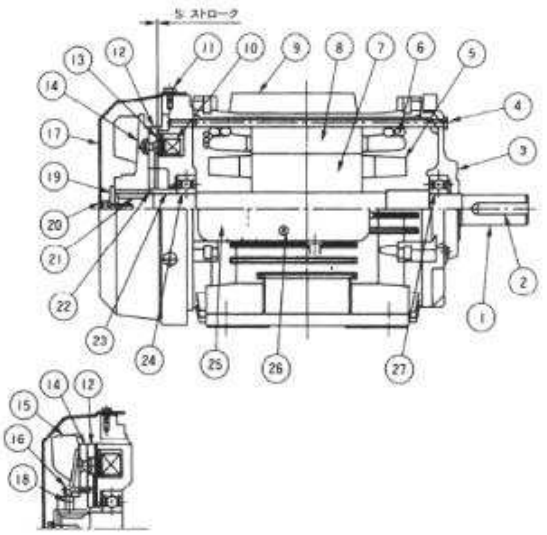
(1) การทำงานและโครงสร้างของมอเตอร์พร้อมเบรก NA

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแม่เหล็กไฟฟ้าของเบรก แม่เหล็กไฟฟ้าและ Moving Plate จะประกอบกันเป็นวงจรแม่เหล็ก เกิดมีแรงดึงดูดขึ้นระหว่างสโตรก Moving Plate จะถูกดึงดูดเข้าไปที่ด้านแม่เหล็กไฟฟ้า

ในระหว่างนี้ จะมีการทำงานที่ระหว่าง Moving Plate กับแม่เหล็กไฟฟ้า (ติดตั้งไลนิ่ง (Lining)) เกิดเป็นทอร์คเบรกจากแรงเสียดทาน

จากนั้น เมื่อทำการตัดกระแสไฟ สปริงแผ่นรูปแหวนที่อยู่ระหว่าง Armature Hub กับ Moving Plate จะดัน Moving Plate กลับคืนที่เดิม ทำให้เบรกถูกปลดออก และมอเตอร์จะหมุนได้อย่างอิสระ

ภาพโครงสร้างมอเตอร์พร้อมเบรก NA



เครื่องหมาย	ชื่อ
1	เพลา
2	คีย์มู่เล่ย์
3	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านโหลด)
4	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดเอ็นด์แบร็กเก็ต)
5	ใบพัด (ด้านใน)
6	ขดลวดสเตเตอร์
7	แกนเหล็กโรเตอร์
8	แกนเหล็กสเตเตอร์
9	โครงเสื้อ
10	แม่เหล็กไฟฟ้า
11	สลักเกลียว (สำหรับขันยึดฝาครอบใบพัด)
12	Moving Plate
13	ไลนิ่ง (Lining)
14	Armature Hub
15	ใบพัดด้านนอก
16	สลักเกลียวยึดใบพัดด้านนอก
17	ฝาครอบใบพัด
18	สกรูยึด Armature Hub
19	แผ่นกระทบ
20	สลักเกลียวยึดแผ่นกระทบ
21	คีย์ (สำหรับเบรก)
22	ชิมปรับสโตรก
23	Collar Bearing
24	ลูกปืน (ด้านตรงข้ามโหลด)
25	กล่องขั้วต่อสาย
26	สกรู (สำหรับยึดฝาครอบกล่องขั้วต่อสาย)
27	ลูกปืน (ด้านโหลด)

ตาราง 11.10 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก NA (1)

รายการคุณสมบัติ		รายละเอียด
แหล่งจ่ายไฟ		3 เฟส 200V 50/60Hz, 220V 60Hz
ช่วงการเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายไฟที่ยอมรับได้		แรงดันไฟฟ้า ±10%, ความถี่ ±5% (เมื่อค่าผิดปกติในระยะเวลาสั้นๆ)
มอเตอร์	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEC-2137-2000
	โครงสร้างป้องกันพื้นผิวภายนอก	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (วิธีการป้องกัน IP42)
เบรก	ข้อบังคับมาตรฐาน	JEM 1029 ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิของอุปกรณ์ควบคุม JEM 1021 ความต้านทานฉนวนของอุปกรณ์ควบคุม การทนความดัน และอื่นๆ
	วิธีการเบรก	(ไฟฟ้ากระแสตรง) ชนิด Excitation Brake (เบรก ON)
	ประเภทฉนวน	ประเภท B
	อุปกรณ์เรกติไฟเออร์	ติดตั้งอยู่ในกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์
กล่องขั้วต่อสาย	สถานที่ติดตั้ง	ทางซ้ายมองจากด้านโหลด, ด้านล่าง ตามทิศเดินสายเข้ามา
	วิธีต่อสายไฟ	วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับแผงขั้วต่อสาย, สำหรับสายเบรก ใช้วิธีต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายที่อัดติดกับสายไฟ
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	−10 - 40°C
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 90%RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร (ในที่ที่ไม่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำหรือการเกิดเป็นฝ้าไอน้ำ)
วิธีการสตาร์ท		สตาร์ทโดยตรง
ทิศทางการหมุน		ทิศทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากด้านโหลด (หมุนกลับได้)
ทิศทางการติดตั้ง		อิสระ (เฉพาะการติดตั้งที่ด้านล่างเพลาเท่านั้น ที่จำเป็นต้องปรับแต่งส่วนมอเตอร์)

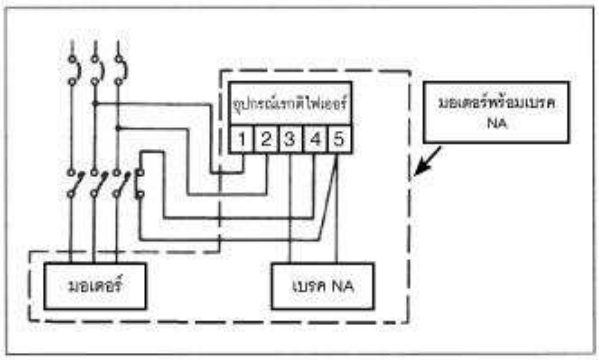
ตาราง 11.11 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์พร้อมเบรก NA (2)

โครงสร้าง	มอเตอร์				คุณสมบัติของเบรก					โมเมนต์ความเฉื่อย J (kg·m²) GD² (kg·m²)	อุปกรณ์เรกติไฟเออร์ที่ใช้
	เอ้าท์พุต (kW)	จำนวนโพล	รุ่น	เบอร์เฟรม	ชนิดเบรก	ทอร์คเบรก (N·m) (kgf·m)	แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟ (v)	กระแสไฟฟ้าเบรก DC (A)	อัตราการทำงานของการเบรกที่ยอมรับได้ (w) (kgf·m/min)		
ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	0.4	4	TFO-K	71M	MN04-NA	4 (0.4)	200 - 220 (แรงดันไฟฟ้าเบรก DC 180 - 198)	0.07-0.08	26.2 (160)	0.0024 (0.0097)	BS-01L (หมายเหตุ 2)
	0.75			80M	MN07-NA	7.7 (0.77)		0.09-0.10	32.7 (200)	0.0033 (0.0131)	
	1.5			90L	MN1-NA	15 (1.5)		0.12-0.14	45.8 (280)	0.0082 (0.0326)	
	2.2			100L	MN2-NA	23 (2.3)		0.16-0.18	58.9 (360)	0.0102 (0.0406)	
	3.7			112M	MN4-NA	38 (3.8)		0.17-0.19	73.6 (450)	0.0178 (0.071)	
	0.4	6		80M	MN07-NA	7.7 (0.77)		0.09-0.10	32.7 (200)	0.0033 (0.0131)	
	0.75			90L	MN1-NA	15 (1.5)		0.12-0.14	45.8 (280)	0.0082 (0.0326)	
	1.5			100L	MN2-NA	23 (2.3)		0.16-0.18	58.9 (360)	0.0109 (0.0436)	
	2.2			112M	MN4-NA	38 (3.8)		0.17-0.19	73.6 (450)	0.0123 (0.049)	
ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายแนวตั้ง	0.4	4	VTFO-K	71M	MN04-NA	4 (0.4)	200 - 220 (แรงดันไฟฟ้าเบรก DC 180 - 198)	0.07-0.08	26.2 (160)	0.0024 (0.0097)	BS-01L (หมายเหตุ 2)
	0.75			80M	MN07-NA	7.7 (0.77)		0.09-0.10	32.7 (200)	0.0033 (0.0131)	
	1.5			90L	MN1-NA	15 (1.5)		0.12-0.14	45.8 (280)	0.0082 (0.0326)	
	2.2			100L	MN2-NA	23 (2.3)		0.16-0.18	58.9 (360)	0.0102 (0.0406)	
	3.7			112M	MN04-NA	38 (3.8)		0.17-0.19	73.6 (450)	0.0178 (0.071)	
	0.4	6		80M	MN07-NA	7.7 (0.77)		0.09-0.10	32.7 (200)	0.0033 (0.0131)	
	0.75			90L	MN1-NA	15 (1.5)		0.12-0.14	45.8 (280)	0.0082 (0.0326)	
	1.5			100L	MN2-NA	23 (2.3)		0.16-0.18	58.9 (360)	0.0109 (0.0436)	
	2.2			112M	MN04-NA	38 (3.8)		0.17-0.19	73.6 (450)	0.0123 (0.049)	

หมายเหตุ) 1. ในช่อง คือการแสดงในหน่วยเดิม

2. อุปกรณ์เรกติไฟเออร์รุ่น 400V จะเป็น BS-01

■ ภาพการต่อสาย



12. มอเตอร์แบบ Built-in/มอเตอร์เฮอร์เมติค

12-1 คำนำ

(1) มอเตอร์แบบ Built-in

มีการประกอบส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าของมอเตอร์ (สเตเตอร์/โรเตอร์) เข้าเป็นส่วนหนึ่งของตัวอุปกรณ์ จึงเรียกชื่อว่ามอเตอร์แบบ Built-in มอเตอร์รูปแบบนี้ ทางผู้ผลิตมอเตอร์จะเป็นจัดเตรียมส่วนที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เท่านั้น ด้านผู้ผลิตชุดอุปกรณ์ ต้องเป็นผู้จัดหาอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เพลา โครงมอเตอร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น และทำการประกอบเข้ากัน ถึงแม้ทางผู้ผลิตชุดอุปกรณ์จะมีขั้นตอนในการประกอบมากขึ้นก็ตาม แต่เนื่องจากตัวเครื่องจักรและโครงมอเตอร์เป็นอันเดียวกัน และการที่เพลาต่อเข้ากับโหลดโดยตรง ทำให้สามารถออกแบบเครื่องจักรให้มีขนาดกะทัดรัดได้ นอกจากนี้แล้ว เนื่องจากมอเตอร์และตัวเครื่องจักรแยกออกจากกันได้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีชิ้นส่วนประเภทเสริมฟังก์ชันการทำงาน เช่น ชิ้นส่วนสำหรับใช้ต่อเชื่อมเข้ากันหรือซีลเป็นต้น ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน จึงนิยมใช้กันอย่างกว้างในคอมเพรสเซอร์ หรือMachine Tools เป็นต้น

(2) มอเตอร์เฮอร์เมติค

ลักษณะรูปร่างจะเหมือนกับมอเตอร์แบบ Built-in แต่จะเป็นมอเตอร์สำหรับใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบหุ้มปิดสนิท ส่วนใหญ่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น หรือเครื่องทำความเย็น เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วจะเรียกว่ามอเตอร์เฮอร์เมติค เพื่อทำการแยกประเภทออกมา (UL984: Hermetic Refrigerant Motor-Compressors คอมเพรสเซอร์มอเตอร์ทำความเย็นเฮอร์เมติค) ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างมอเตอร์เฮอร์เมติคกับมอเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไปคือ มอเตอร์เฮอร์เมติคจะสัมผัสโดยตรงกับสารหล่อลื่นของส่วนการเลื่อนไถลของเครื่องทำความเย็นและคอมเพรสเซอร์ สภาพอากาศที่ปนไปด้วยน้ำมันเครื่องทำความเย็นที่ใช้ในการทำความเย็น สำหรับการใช้ในการประเภททำความเย็น จะต้องมีคุณสมบัติพิเศษดังต่อไปนี้

(1) วัสดุส่วนประกอบของมอเตอร์ (โดยเฉพาะวัสดุฉนวน) จะมีความทนทานต่อสารทำความเย็น/น้ำมันเครื่องทำความเย็น นอกจากนี้แล้ว วัสดุเหล่านี้จะไม่เสื่อมสภาพจากสารทำความเย็น/น้ำมันเครื่องทำความเย็น

(2) ต้องมีความถูกต้องของขนาดที่สูง เพราะนำไปใช้งานภายในเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่มีช่องว่างน้อย และจำเป็นที่จะต้องทำการควบคุมดูแลอย่างดีในส่วนผลกระทบจากฝุ่นละออง/สนิมและสารทำความเย็น/ชิ้นส่วนของมอเตอร์ รวมถึงการควบคุมดูแลละอองน้ำ

(3) เนื่องจากต้องทำงานในคอมเพรสเซอร์ที่หุ้มปิดสนิท จึงต้องมีความเชื่อถือในการทำงานที่สูง เข้าได้กับลักษณะรูปร่างของคอมเพรสเซอร์ และต้องมีขนาดที่มีรายละเอียดสูง (นอกจากนี้ เนื่องจากต้องเย็นตัวลงเพราะสารทำความเย็น ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้ต้องมีขนาดเล็กกว่ามอเตอร์ใช้งานทั่วไป)

(4) เครื่องปรับอากาศ/ตู้เย็นมีการออกวางขายจำนวนมากในตลาด ดังนั้น มอเตอร์ที่ใช้ต้องมีประสิทธิภาพที่สูง เครื่องปรับอากาศในห้องที่ใช้ภายในประเทศ ส่วนใหญ่จะใช้แม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงไม่มีการสูญเสียที่ตัวนำทุติยภูมิ และมอเตอร์ DC ไม่มีแปรงถ่าน (มอเตอร์ DC ไม่มีแปรงถ่าน จะต้องใช้เครื่องคอนโทรลเลอร์ที่เหมือนกับอินเวอร์เตอร์)

หมายเหตุ) สารทำความเย็นคือ ของเหลวที่ทำหน้าที่นำพาความร้อนออกจากสิ่งของ ตัวแทนหลักๆ ของสารทำความเย็น เช่น ฟรีออน R22

(1) สารทำความเย็นจะใช้ชนิดที่มีความเสถียรภาพเชิงเคมี อย่างไรก็ตาม สารทำความเย็นจะมีความสามารถเป็นตัวทำละลาย ในรอบการทำงานจะมีการเปลี่ยนแปลอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ประมาณ -20°C - 120°C ดังนั้นต้องใช้วัสดุฉนวนที่ให้ความเชื่อมั่นได้สูง

(2) ถ้ามองในการป้องกันสภาวะบรรยากาศของโลกที่ร้อนขึ้นและการทำลายชั้นโอโซนแล้วหล่ะก็ ได้มีความพยายามในการใช้สารทำความเย็นชนิดใหม่ (ฟรีออนทดแทน R407 R410 และอื่นๆ) อย่างต่อเนื่อง

12-2 คุณสมบัติมาตรฐาน

(1) มอเตอร์แบบ Built-in

มีการผลิต Built-in สำหรับมอเตอร์มาตรฐาน 1 เฟส และมอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟสด้วย

สำหรับคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ให้ดูรายละเอียดในมอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส (หน้า 18) มอเตอร์มาตรฐาน 1 เฟส (หน้า 134)

(2) มอเตอร์เฮอร์เมติค

แหล่งจ่ายไฟฟ้า	3 เฟส	(มอเตอร์ DC ไม่มีแปรงถ่าน)
เอ๊าท์พุต (KW)	2.2 - 75	(0.4 - 7.5)
วิธีการสตาร์ท	สตาร์ทโดยตรง การสตาร์ทแบบ Y-△	คอนโทรลเลอร์ (ใช้กับอินเวอร์เตอร์เท่านั้น)
แรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน ความถี่ (V,Hz)	200V 50/60Hz 400V 50/60Hz	100V 50/60Hz 200V 50/60Hz
เส้นผ่าศูนย์กลางแกนโดยประมาณ (mm)	ϕ160 - ϕ330	ϕ112 - ϕ150
คลาสทนต่อความร้อน	E	
สภาพบรรยากาศ	Chlorofluorocarbon alternative (R407, R410 อื่นๆ) ในน้ำมันเครื่องทำความเย็น	

หมายเหตุ 1) จำนวนโพลมาตรฐาน จะมี 2 โพล

2) มอเตอร์แบบ Built-in และมอเตอร์เฮอร์เมติคจะถูกจำกัดขนาดด้วยเครื่องจักรที่นำไปใช้งานด้วย ดังนั้น ให้ทำการปรึกษาก่อนที่จะนำไปใช้งาน

3) เอ๊าท์พุตของมอเตอร์ DC ไม่มีแปรงถ่านจะเปลี่ยนไปตามจำนวนรอบหมุนและทอร์ค นอกจากนี้ คอนโทรลเลอร์จะถูกจัดเตรียมไว้โดยผู้ผลิตชุดอุปกรณ์ และมีการออกแบบเฉพาะตามแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์

12-3 หัวข้อการร้องขอให้ตรวจอบเมื่อจะทำประมาณการ

มอเตอร์แบบ Built-inและมอเตอร์เฮอร์เมติคจะมีประสิทธิภาพการทำความเย็นแตกต่างกันออกไปตามเงื่อนไขการติดตั้งเครื่องจักร และโครงสร้าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรึกษาและกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติกับทางผู้ผลิตชุดอุปกรณ์ โดยให้เตรียมข้อมูลดังต่อไปนี้

(1) เอ๊าท์พุต จำนวนโพล แรงดันไฟฟ้า ความถี่ วิธีการสตาร์ท

(2) การนำไปใช้งาน ประเภทของสภาพบรรยากาศ วิธีการระบายความร้อน

(3) วิธีการติดตั้งเข้ากับเครื่องจักรที่ทำงานด้วย (วิธีการประกอบติดตั้งสเตเตอร์ โรเตอร์เข้ากับเครื่องจักรที่ทำงานด้วย

(4) ค่าจำกัดของขนาด (ขนาดที่ต้องการ)

(5) ทอร์คที่จำเป็นต้องใช้ คุณลักษณะ (กระแสไฟฟ้า ประสิทธิภาพ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า สลิป (Slip))

(6) จำนวนเครื่องที่ใช้

13. มอเตอร์ความเร็วสูง

13-1 คำนำ

ในโลกของอุตสาหกรรมนั้น มีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วจนตามแทบไม่ทัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาที่ เกี่ยวข้องกับ OA, FA และไบโอ เป็นต้น ซึ่งงานเหล่านี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่มีขนาดเล็ก มีความแม่นยำสูง และน้ำหนักเบา การผลิตชิ้นส่วนที่จะนำมาใช้กับเพลาหมุนต่างๆ ของเครื่องมือเหล่านี้ จะไปในแนวทางที่จะต้องหมุนด้วยความเร็วสูงขึ้น และแยกส่วนการขับเคลื่อนออกต่างหากได้ ดังนั้น ความจำเป็นในการใช้งานมอเตอร์ความเร็วสูงจะมีมากขึ้นเรื่อยๆ

โดยทั่วไป มอเตอร์ความเร็วสูงคือมอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบมากกว่า 7,200 min^{-1} ขึ้นไป เมื่อเทียบกับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ชนิดของมอเตอร์จะมีมอเตอร์แบบ Built-in ที่มีสเตเตอร์และโรเตอร์เท่านั้น และมอเตอร์แบบติดเฟรม

โดยหลักแล้ว มอเตอร์ความเร็วสูงจะเป็นมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ(จำนวนโพล: 2 โพล) หลักการทำงานและคุณลักษณะจะเหมือนกับมอเตอร์ทั่วไป แต่เนื่องจากมีความเร็วที่สูง ดังนั้นจึงมีโครงสร้างที่แตกต่างออกไป

(1) โครงสร้างโรเตอร์ที่มีความทนทานต่อแรงเหวี่ยง

(2) วัสดุแกนเหล็กที่มีคุณลักษณะพิเศษที่ทำให้มีการสูญเสียน้อยที่ความถี่สูง

(3) บางส่วนของมอเตอร์พร้อมเฟรม มีการใช้สารหล่อลื่นประเภท Oil Mist และ Oil Air เพื่อให้ตลับลูกปืนมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

(4) ใช้สารเคลือบเงาเรซินพิเศษที่มีความทนต่อน้ำมัน ทนต่อการขัดสี

13-2 โครงสร้างโมเดลของมอเตอร์ความเร็วสูงฮิตาชิ

โมเดล			Built-in			การติดเฟรม	
ความเร็วรอบ (min^{-1}) (หมายเหตุ)		(หมายเหตุ)	3,000-18,000	1,800-14,400	3,000-20,000	720-7,200	1,200-12,000
เอ๊าท์พุต (kW) (กรณี Built-in จะเป็นเอ๊าท์พุตไฟฟ้า)	0.1	■					
	0.125	■					
	0.15	■					
	0.2			■			
	0.3	■					
	0.4	■	■	■	■		■
	0.5	■					
	0.55						
	0.75	■	■	■	■	■	■
	0.9	■					
	1.2	■					
	1.3	■					
	1.5	■	■		■	■	■
	1.9	■					
	2.2	■	■		■	■	■
	2.8	■					
	2.7	■	■		■	■	■
	5.5	■			■		
	6.5	■					
	7.5	■			■		

(หมายเหตุ) ย่านความเร็วรอบของ Built-in เพื่อการศึกษาวิจัย จะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละโมเดล
(ความเร็วรอบสูงสุด 0.1 kW : 300,000 (min^{-1}), 7.5 kW : 30,000 (min^{-1}))
สำหรับรายละเอียดของคุณลักษณะ ให้ทำการติดต่อสอบถาม

13-3 รายละเอียดของมอเตอร์แบบ Built-in

การผลิตโครงสร้างเฉพาะส่วนของสเตเตอร์และโรเตอร์ เฟรม เพลาหมุน จะต้องให้ทางลูกค้าระบุมาให้

(1) การระบายความร้อน

มอเตอร์แบบ Built-in โดยปกติทั่วไปจะใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำ

(สำหรับปริมาณน้ำ ให้ทำการปรึกษาสอบถาม)

(2) การหล่อลื่นของตลับลูกปืน

วิธีการการหล่อลื่นในการหมุนด้วยความเร็วสูง ประกอบด้วยการหล่อลื่นด้วย Oil Mist และการหล่อลื่นด้วย Oil Air

การหล่อลื่นด้วย Oil Mist คือวิธีการหล่อลื่นที่ทำโดยการสร้างหมอก (Mist) ของอนุภาคน้ำมันที่มีความละเอียดสูง โดยใช้อุปกรณ์หล่อลื่นเฉพาะทางและอากาศที่ถูกอัดด้วยความดัน แล้วส่งผ่านท่ออากาศไปเคลือบเป็นคราบน้ำมันที่พื้นผิวของตลับลูกปืน

การหล่อลื่นด้วย Oil Air จะเหมาะกับงานหมุนด้วยความเร็วสูงๆ มากกว่าการหล่อลื่นด้วย Oil Mist มีข้อดีตรงที่ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้จะน้อย สามารถทำการหล่อลื่นที่แน่นอนและน่าเชื่อถือได้มากกว่า

อุปกรณ์หล่อลื่น อากาศอัดความดันและท่อส่งต่างๆ จำเป็นจะต้องให้ทางฝั่งลูกค้าเป็นผู้จัดเตรียม

อุปกรณ์ Oil Mist ตัวอย่าง : ผลิตภัณฑ์ของบริษัท TACO เป็นต้น

อุปกรณ์ Oil Air ตัวอย่าง : ผลิตภัณฑ์ของบริษัทนิปปอนเซโค (NSK) จำกัด ผลิตภัณฑ์ของบริษัทจอยเทค (จำกัด) ผลิตภัณฑ์ของบริษัทนิปปอนเอสเคเอฟ เป็นต้น

(3) เกี่ยวกับการแสดงเอ๊าท์พุต

เอ๊าท์พุตของมอเตอร์ทั่วไป จะแสดงค่าเอ๊าท์พุตแกน แต่กรณีของมอเตอร์แบบ Built-in ค่าการสูญเสียที่เครื่องจักร (ค่าการสูญเสียที่ตลับลูกปืนที่เตรียมโดยทางลูกค้า) จะไม่มีความชัดเจน จึงต้องแสดงค่า เอ๊าท์พุตไฟฟ้าแทน

เอ๊าท์พุตแกน (เอ๊าท์พุตที่ใช้งานได้จริง) = เอ๊าท์พุตไฟฟ้า-การสูญเสียที่เครื่องจักร

(หมายเหตุ) เอ๊าท์พุตไฟฟ้า 100% ไม่สามารถที่จะดึงเอ๊าท์พุตแกนทั้งหมดออกมาใช้ได้ จำเป็นต้องระมัดระวังในการนำไปใช้งาน

13-4 เกี่ยวกับมอเตอร์พร้อมเฟรม

วิธีเชื่อมต่อโหลด จะทำการต่อเข้าโดยตรง สำหรับวิธีอื่นๆ เช่นวิธีต่อโดยสายพาน ให้ทำการปรึกษาเป็นกรณีไป

มอเตอร์ที่หล่อลื่นตลับลูกปืนด้วยจาระบี จะมีอายุการทำงานของจาระบีที่สั้นกว่ากรณีใช้กับมอเตอร์ทั่วไป ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัทแยกต่างหาก

13-5 การป้องกันมอเตอร์

(1) การป้องกันโอเวอร์โหลด

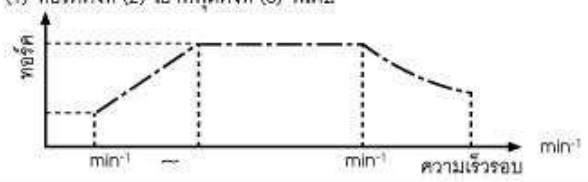
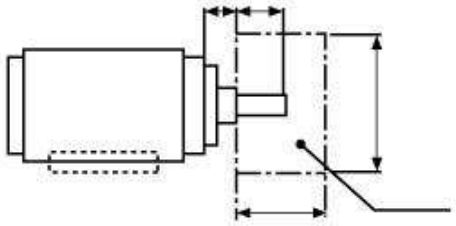
ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 10,000 min^{-1} (โดยทั่วไปคือเทียบกับค่าหมื่นกว่าๆ จึงถึงแสนกว่าๆ min^{-1}) สามารถใช้อุปกรณ์ป้องกัน เช่น เทอร์มอลรีเลย์ เป็นต้น ในการป้องกันได้ระดับหนึ่ง แต่มอเตอร์คุณลักษณะประเภท A จะมีขนาดตัวเครื่องที่เล็ก ปริมาณความร้อนก็น้อย โดยทั่วไปแล้วจะไม่สามารถป้องกันได้โดยการใช้เทอร์มอลรีเลย์ จำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการป้องกันโดยการตัดกระแสไฟเกินด้วยเซนเซอร์กระแสไฟ

มอเตอร์คุณลักษณะประเภท A ที่มีขนาดตัวเครื่องที่เล็ก สามารถใช้เธอร์มิสเตอร์ PTC ที่มีค่าเวลาคงที่สั้นกว่าเทอร์มอลรีเลย์เป็นส่วนประกอบภายในได้ การติดตั้งอุณหภูมิของเธอร์มิสเตอร์ PTC จะใช้คุณลักษณะที่มีค่าความต้านทานเป็นสิบเท่า แล้วทำการตัดแหล่งจ่ายไฟโดยใช้รีเลย์ภายนอก

(2) การหล่อลื่นด้วย Oil Mist และ Oil Air หรือวิธีการระบายความร้อน จำเป็นจะต้องตรวจสอบการลดต่ำลงของแรงดันอากาศอัดความดัน หรือปริมาณน้ำ เพื่อป้องกันความเสียหาย

13-6 ตารางสอบถาม

เมื่อจะทำการประกอบอุปกรณ์ขึ้นมาใหม่ ให้ทำการตรวจสบคุณสมบัติตามตารางสอบถามดังต่อไปนี้

Built-in	ติดเฟรม	หัวข้อ	หมายเหตุ (หัวข้อที่มีเครื่องหมาย ※ คือค่าที่เหมาะสม มี ○ ล้อมรอบ)
◎	◎	การใช้งาน	
◎	◎	เอ๊าท์พุต (kW)	กรณี Built-in จะเป็นเอ๊าท์พุตไฟฟ้า
◎	◎	แรงดันไฟฟ้า (V)	
◎	◎	ความถี่ (Hz)	
◎	◎	ความเร็วรอบ (min-1)	
◎	◎	※ คุณลักษณะทอร์ค	(1) ทอร์คคงที่ (2) เอ๊าท์พุตคงที่ (3) พิเศษ 
◎	◎	ย่านการเปลี่ยนความเร็ว	
◎	◎	เวลาสตาร์ท	
◎	◎	โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (kg·m)	
○	◎	※ วิธีการติดตั้ง	(1) ติดตั้งด้วยขายึด (2) ติดแนวนอนด้วยหน้าแปลน (3) ติดแนวตั้งด้วยหน้าแปลน (4) แกนชี้ขึ้น/ชี้ลง
–	◎	ระดับการสั่น	กรณีแบบ Built-in จะไม่อยู่ในขอบเขตการผลิต
◎	○	※ วิธีระบายความร้อน	(1) ระบายในตัว (2) ใบพัดระบายในตัว (3) ใบพัดระบายความร้อนอื่นๆ (4) ระบายความร้อนด้วยน้ำ (5) ระบายความร้อนด้วยน้ำมัน
◎	–	※ ประเภทของตลับลูกปืน	(1) ลูกปืน (Ball Bearing) (2) สลิปแบริ่ง (Slip Bearing) (3) แอร์แบริ่ง (Air Bearing) (4) ตลับลูกปืนแม่เหล็ก (Magnetic Bearing) (5) อื่นๆ ( )
◎	○	※ วิธีหล่อลื่น	(1) จาระบี (2) Oil Mist (3) Oil Air (4) อื่นๆ ( )
–	◎	※ ระบุปลายแกนหมุน	(1) ติดลกรู (ขนาด) (2) แกนแทปเปอร์ (ขนาด ชนิดแทปเปอร์)
–	◎	ความแม่นยำแกน	แกนสั่นไม่เกิน ( )
–	◎	ความแม่นยำการติดตั้ง	(1) Flange In-low Deflection (2) Plane Deflection
◎	◎	ความถี่การสตาร์ท	COLD ครั้ง HOT ครั้ง DUTY
○	○	ทิศทางการหมุน	กรณีของชนิด Built-in ตามมาตรฐานต้องอยู่ทิศทางตามเข็มนาฬิกา มองจากด้านสายขั้วต่อ
–	◎	※ วิธีการต่อเข้ากับโหลด	(1) ต่อตรงด้วยคับปลิ้ง (2) ต่อด้วยสายพาน (3) โอเวอร์แฮงค์ กรณีต่อด้วยสายพาน น้ำหนักดึงตามแนวนอนของแกน ( ) N จำเป็นต้องทราบน้ำหนักและขนาดมู่เล่ย์ กรณีโอเวอร์แฮงค์ จำเป็นต้องทราบน้ำหนักโหลดและขนาดปลายแกนหมุน  จะทำการคำนวณหาความเร็วอันตรายต่อการโก่งของเพลามอเตอร์ตามขนาดรูปร่างข้างต้น
◎	◎	สภาพแวดล้อม	
◎	◎	อุณหภูมิแวดล้อม	

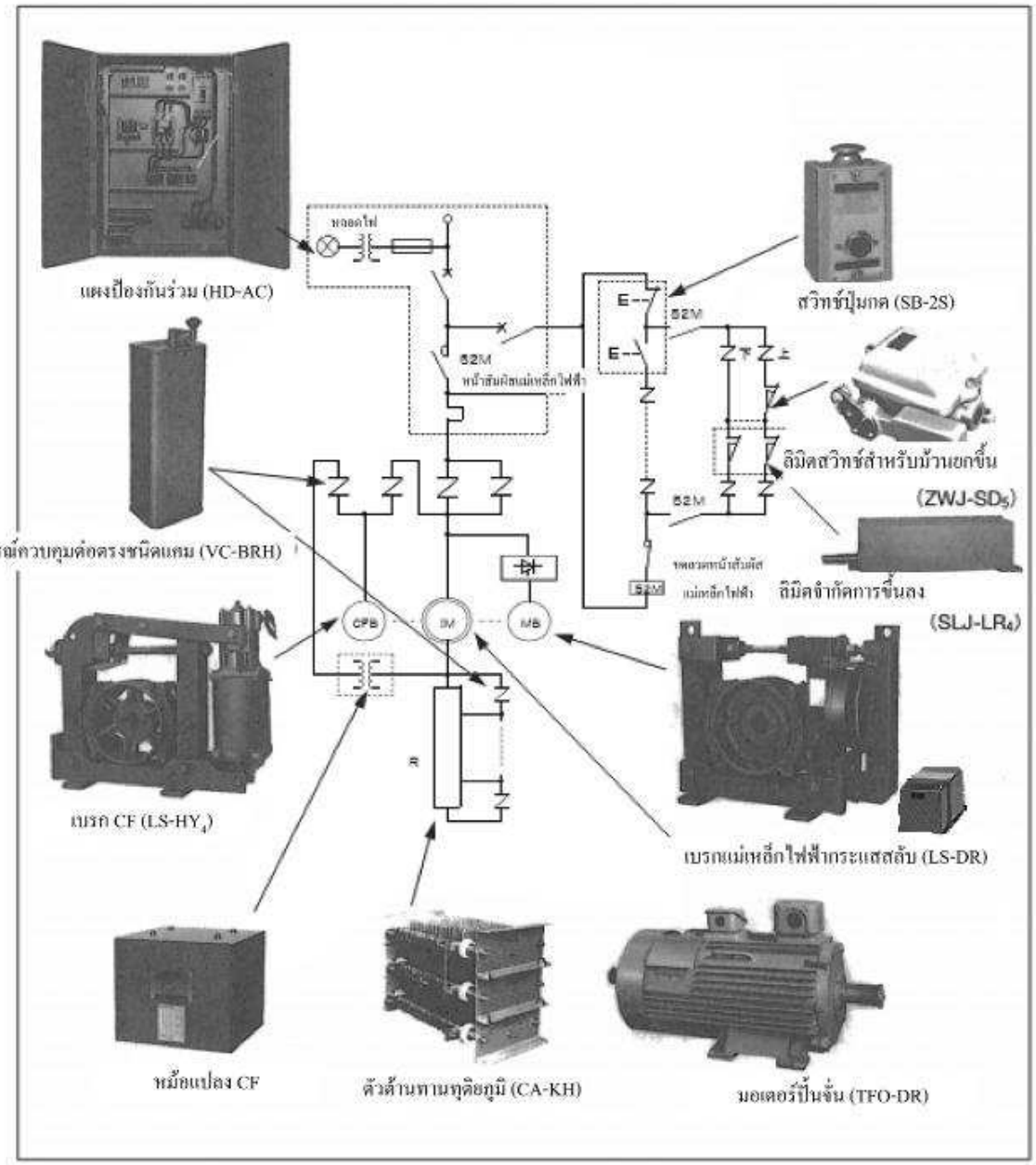
14 มอเตอร์ปั้นจั่นและอุปกรณ์ควบคุม

14-1 คำนำ

อุปกรณ์เครื่องจักรขนของขึ้นลงที่ใช้ในงานขนถ่ายสินค้าขึ้นลงที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทนั้น มีหลากหลายประเภทและหลากหลายรูปแบบ ซึ่งได้มีการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้มากขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่จะขาดไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การพัฒนาให้อุปกรณ์สามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้ ความสำคัญในการควบคุมแบบเปลี่ยนความเร็วได้ จึงเป็นประเด็นสำคัญมากขึ้น สำหรับฮิตาชิเอง แต่เดิมก็ได้ให้ความสำคัญกับมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวด (มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟสความต้านต่ำชนิดหุ้มปิดพันขดลวดมีใบพัดระบาย สำหรับใช้กับปั้นจั่น JEM1202) และการควบคุมแบบเปลี่ยนความเร็วได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุม

ในปัจจุบัน ได้มีการใช้มอเตอร์ชนิดกรงกระรอกแทนมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวดมากขึ้น รวมทั้งงานขนถ่ายสินค้าขึ้นลงก็มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การสูญเสียกำลังไฟฟ้าลดลง และการบำรุงรักษาและตรวจสอบทำได้ง่ายขึ้น

รูป 14. 1 ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับม้วนยกขึ้นโดยใช้การควบคุม CF



14-2 การเลือกวิธีควบคุมและเครื่องมือ

(1) การเลือกวิธีควบคุมจากเอ๊าท์พุตมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวด

การควบคุมมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวด จะมีด้วยกันทั้งหมด 3 ประเภทด้วยกัน สำหรับการเลือกประเภทให้กับเอ๊าท์พุตของมอเตอร์ ให้ดูรายละเอียดในตาราง 14.1 สำหรับปั้นจั่นที่หยุดบ่อย ปั้นจั่นที่ควบคุมการทำงานด้วยปุ่มกดเหนือพื้นและควบคุมการทำงานด้วยรีโมทไร้สาย จะไม่มีความสัมพันธ์กับเอ๊าท์พุต ดังนั้นจะใช้การควบคุมแบบหน้าสัมผัส

การควบคุมโดยตรง : วิธีควบคุมการปิดเปิดโดยตรงด้วยอุปกรณ์ควบคุมทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของมอเตอร์

การควบคุมแบบผสม : วิธีควบคุมโดยการปิดเปิดด้านปฐมภูมิของมอเตอร์จากหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า และปิดเปิดโดยตรงด้วยอุปกรณ์ควบคุมที่ด้านทุติยภูมิของมอเตอร์ (เรียกว่าการควบคุมแบบกึ่งหน้าสัมผัส)

การควบคุมแบบหน้าสัมผัส : วิธีควบคุมโดยการปิดเปิดด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของมอเตอร์จากหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (ปิดเปิดหน้าสัมผัสด้วยอุปกรณ์ควบคุมหลักหรือ Pendant Switch และทำการควบคุมโดยตรง)

ตาราง 14.1 การเลือกวิธีควบคุมจากเอ๊าท์พุตมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวด (กรณีเอ๊าท์พุตมอเตอร์ 40 ED)

เอ๊าท์พุตมอเตอร์ (kW) / วิธีควบคุม	2.2 - 45	55	75 - 132	หมายเหตุ
โดยตรง	◎	X	X	ปิดเปิดด้วยอุปกรณ์ควบคุมทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ
ผสม	○	◎	X	ปิดเปิดด้านปฐมภูมิด้วยหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า ปิดเปิดด้านทุติยภูมิด้วยอุปกรณ์ควบคุม
หน้าสัมผัส	○	○	◎	ปิดเปิดด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิด้วยหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า

หมายเหตุ) 1 เครื่องหมาย ◎ คือที่แนะนำ เครื่องหมาย ○ คือสามารถผลิตได้ เครื่องหมาย X คือผลิตไม่ได้

(2) การเลือกวิธีควบคุมความเร็วการม้วนยกขึ้น

การควบคุมตัวต้านทานทุติยภูมิเพื่อใช้มอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวดในการม้วนยกของลงนั้น เนื่องจากทิศทางการหมุนของโหลดน้ำหนักและมอเตอร์เหมือนกัน ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้งานที่ความเร็วต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์ได้ ในการแก้ไขปัญหานี้ ให้ดูในตารางที่ 14.2 ซึ่งจะแสดงวิธีควบคุมแบบง่ายๆ สำหรับการทำงานความเร็วต่ำ

การควบคุม CF : เป็นตัวย่อของ Change Frequency Control
ใช้เมื่อต้องการทำงานด้วยความเร็วที่มีความเสถียรภาพ

การควบคุม IB : การควบคุมเบรกกระแสไฟฟ้าไหลวน
ใช้เมื่อต้องการให้มีอัตราการเปลี่ยนความเร็วน้อยถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงขอโหลดก็ตาม

การควบคุม DY : การควบคุมเบรกไดนามิกส์ การควบคุมการเกิดไฟฟ้า
จะใช้กับปั้นจั่นในโรงเหล็ก เช่น Ladle Crane เป็นต้น

การควบคุม VC : ควบคุมแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิของไซริสเตอร์
ใช้เมื่อต้องการใช้ความเร็วทั้งการม้วนยกขึ้นหรือยกลงที่ต่ำมากๆ

นอกจากนี้แล้ว ยังมีการปรับปรุงให้มีการระหยัดพลังงาน และดูแลรักษาได้ง่าย ดังนั้นการควบคุมแบบอินเวอร์เตอร์โดยใช้มอเตอร์แบบกรงกระรอก จึงได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

การควบคุม INV : การควบคุมอินเวอร์เตอร์ (ไม่มีเซนเซอร์) เวคเตอร์

ใช้เมื่อต้องการใช้ความเร็วทั้งการม้วนยกขึ้นหรือยกลงที่ต่ำมากๆ และต้องการควบคุมที่ต้องใช้พลังงานต่ำ ไม่ยุ่งยาก และความแม่นยำสูงในการควบคุมความเร็ว

ตาราง 14.2 การเลือกใช้วิธีการควบคุมจากเอ๊าท์พุตมอเตอร์

เอ๊าท์พุตมอเตอร์ (kw) / วิธีควบคุมความเร็ว	2.2 - 15	22 - 55	75 - 90	110 - 132	ม้วนยกลง ความเร็ว 1 น็อตช์
การควบคุม CF	◎	◎	○	X	about 33%
การควบคุม IB	○	○	◎	○	about 20%
การควบคุม DY	X	○	○	◎	about 15%
การควบคุม VC	○	○	◎	◎	about 10%
การควบคุม INV	○	◎	◎	◎	about 5%

หมายเหตุ 1. กรณีของเอ๊าท์พุตมอเตอร์ 40% ED

2. เครื่องหมาย ◎ คือที่แนะนำ เครื่องหมาย ○ คือสามารถผลิตได้ เครื่องหมาย x คือผลิตให้ไม่ได้

3. การควบคุม IB จะเป็นการควบคุมอัตโนมัติ

4. ไม่มีการผลิตสำหรับการควบคุม DY และการควบคุม DC 15%ED, 25%ED

14-3 ปั้นจั่นไฟฟ้าแบบพันขดลวด

(1) ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวด

มอเตอร์ที่นำไปใช้ในปั้นจั่นจริง จะใช้ อัตราการซ้ำกลับไปมา ดังนั้น จะแสดงค่าอัตราด้วยอัตราเวลาโหลด (Load Time Rate)(%ED) ค่ามาตรฐานจะเป็น S3-40% ED อย่างไรก็ตาม สามารถที่จะเปลี่ยนเอ๊าท์พุตได้ตามที่แสดงในตารางที่ 14.2 นอกจากนี้ การทำงานที่ต้องสตาร์ทและหยุดบ่อยๆ จำเป็นที่จะต้องเลือกเอ๊าท์พุตโดยพิจารณาจากปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น โดยจะเปลี่ยนไปตามค่าความถี่การสตาร์ทและโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด

ตาราง 14.3 ตารางการประยุกต์ใช้เบอร์เฟรม(ความสัมพันธ์เอ๊าท์พุตกับ %ED)

อัตราเวลาการโหลด	15% ED	25% ED	40% ED	60% ED	ต่อเนื่อง	จำนวนโพล	การติดตั้งแผ่นแยกส่วน
เอ๊าท์พุต / เบอร์เฟรม	kW	kW	kW	kW	kW		
132M	3	2.5	2.2	1.8	1.5	6	☆
	5	4	3.7	3	2.8	6	
160M	7.5	6.3	5.5	4.5	4	6	☆
	10	8.5	7.5	6.3	5.5	6	
160L	15	13	11	9	7.5	6	☆
180L	20	17	15	13	11	6	○
200L	30	25	22	18.5	15	6	○
225M	40	33	30	25	22	6	○
225M	50	40	37	30	25	6	○
	63	50	45	37	33	6	
280M	75	63	55	45	37	8	○
315M	100	80	75	63	50	8	○
	125	100	90	75	63	8	
355L	150	125	110	90	75	10	○
	185	150	132	110	90	10	
400L	220	185	160	132	110	10	○
	280	220	200	160	132	10	

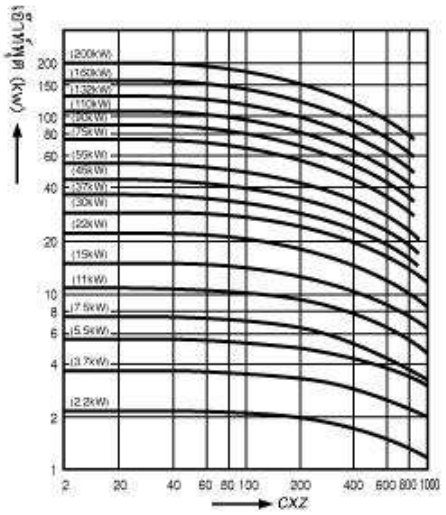
หมายเหตุ: เอ๊าท์พุตตามตารางข้างต้น จะใช้เอ๊าท์พุต 40%ED เป็นเอ๊าท์พุตมาตรฐาน และแสดงค่าเอ๊าท์พุตที่ได้จากแต่ละ %ED

▭ โมเดลของเฟรมจะเป็นสินค้าผลิตในการคาดคะเน

การติดตั้งแผ่นแยกส่วน : ○: การติดตั้งมาตรฐาน ☆: การติดตั้งเสริม

รูป 14.2 ความสัมพันธ์ความถี่การสตาร์ทและเอ๊าท์พุต (กรณี 40%ED)

40%ED



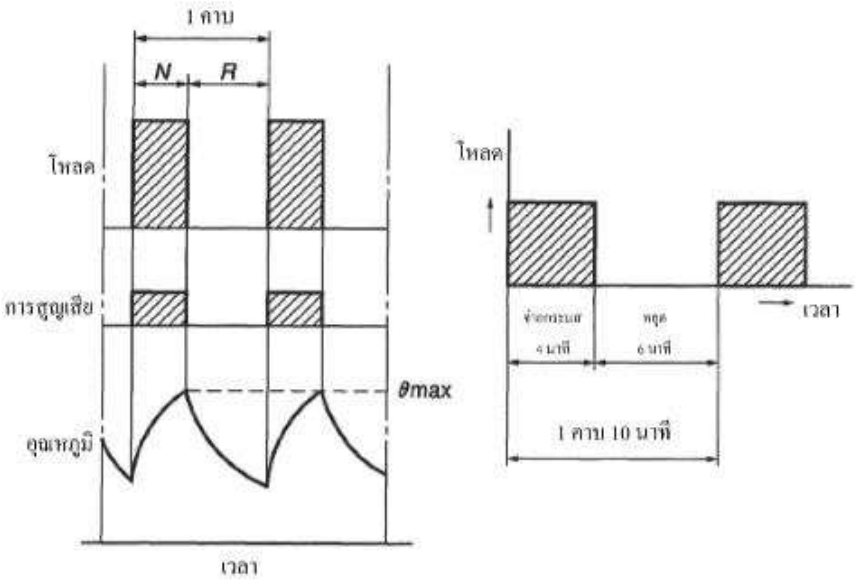
1. $C = \frac{J_M + J_L}{J_M}$ ในที่นี้ J_M : โมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์

J_L : โมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (คำนวณเทียบค่าแกนมอเตอร์)

2. Z = จำนวนการสตาร์ทต่อครั้ง (อินจิ้งก์ 4 ครั้งให้เท่ากับการสตาร์ท 1 ครั้ง)

3. เอ๊าท์พุตใน ( ) ในรูปคือเอ๊าท์พุตมอเตอร์ตอน 40%ED

รูป 14.3 อัตราเวลาโหลด (กรณี S3-40%ED)



N : คาบเวลาทำงานด้วยโหลดคงที่

R : คาบเวลาที่หยุด ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้า

θ_{MAX} : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างการทำงาน

อัตราเวลาโหลด = $\frac{N}{N+R} \times 100\ (\%)$

ตารางที่ 14 ตารางคุณสมบัติเครนมอเตอร์ชนิดขดลวด (กรณี S3-40%ED)

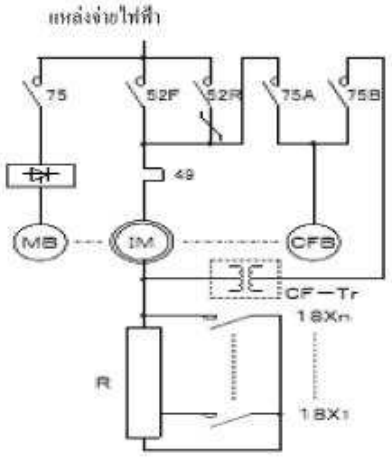
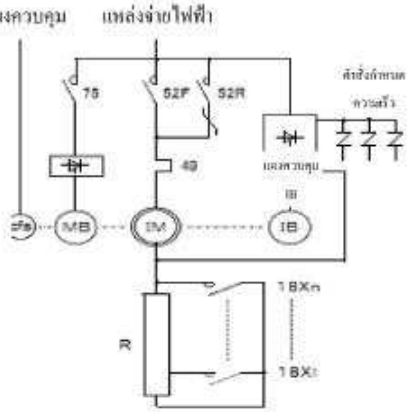
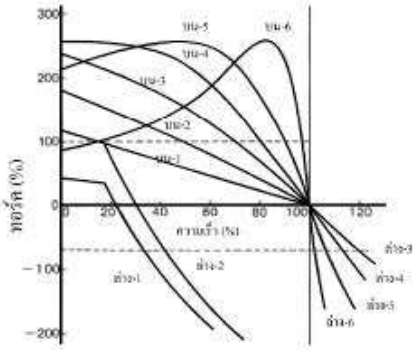
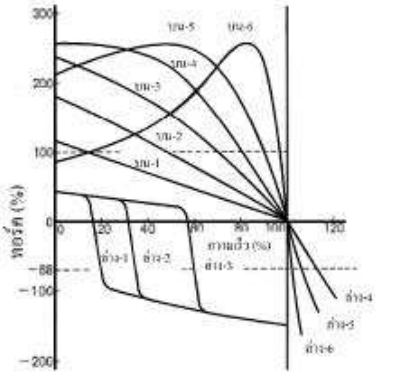
เอ๊าท์พุต	แบบชนิด	แรงดันไฟ	ความถี่	จำนวนโพล	ความเร็วการหมุนมาตรฐาน		กระแสโหลดทั้งหมด				แรงดันไฟทุติยภูมิ		กระแสไฟทุติยภูมิ		แกนรับ		โมเมนต์ความเฉื่อยมอเตอร์	น้ำหนักโดยรวมมอเตอร์
					50Hz	60Hz	200V 50Hz 400V 50Hz	200V 60Hz	400V 50Hz	440V 60Hz	200V 50Hz 400V 50Hz	220V 60Hz 440V 60Hz	200V 50Hz 400V 50Hz	220V 60Hz 440V 60Hz				
kW		V	Hz		min^{-1}		A				V		A		ด้านโหลด	ด้านตรงข้ามโหลด	kg.m^2	kg
2.2	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	890	1,110	12.5	10.5	6.2	5.2	37	41	44	39	※6309	※6308	0.005	85
3.7	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	925	1,130	19.5	17	9.8	8.5	61	67	42	37	※6309	※6308	0.073	95
5.5	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	940	1,145	29	24	14.5	12	93	103	40	36	※6312	※6309	0.128	135
7.5	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	945	1,150	36	30	18	15	111	122	43	38	※6312	※6309	0.145	145
11	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	950	1,155	52	45	26	22	176	193	40	36	※6312	※6309	0.18	170
15	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	960	1,160	65	55	32	28	200	220	47	42	※6313	※6310	0.345	240
22	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	965	1,165	90	78	45	39	194	213	69	62	※6313	※6312	0.535	310
30	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	965	1,165	115	100	58	50	232	255	79	71	※6315	※6312	0.813	400
37	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	965	1,165	135	120	68	60	262	288	85	77	※6316	※6314	1.375	560
45	TFO-DR	200/220 400/440	50/60	6	965	1,165	165	145	82	72	300	330	90	82	※6316	※6314	1.5	585
55	TFO-DR	400/440	50/60	6	725	875	220	195	110	98	374	412	88	80	6318	※6315	3.75	845
75	TFO-DR	400/440	50/60	8	730	875	-	-	145	130	300	330	150	135	6320	6318	6.0	1,025
90	TFO-DR	400/440	50/60	8	725	870	-	-	175	155	350	380	154	140	6320	6318	6.88	1,115
110	TFO-DR	400/440	50/60	10	585	705	-	-	220	195	317	347	208	188	6324	6322	14.5	1,650
132	TFO-DR	400/440	50/60	10	585	705	-	-	250	230	350	385	222	202	6324	6322	16.25	1,725
160	TFO-DR	400/440	50/60	10	575	690	-	-	290	260	396	436	242	220	6326	6324	24.0	2,100
200	TFO-DR	400/440	50/60	10	580	700	-	-	370	330	505	555	235	214	6326	6324	30.0	2,300

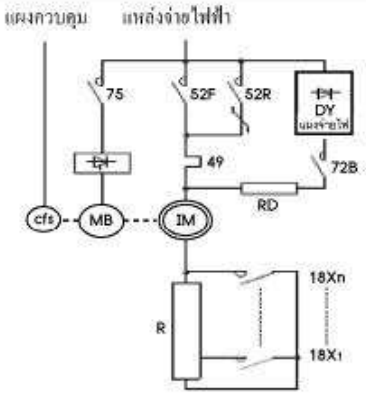
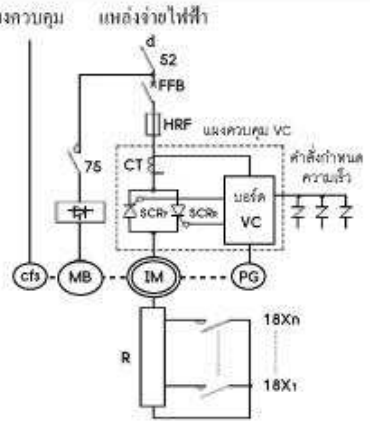
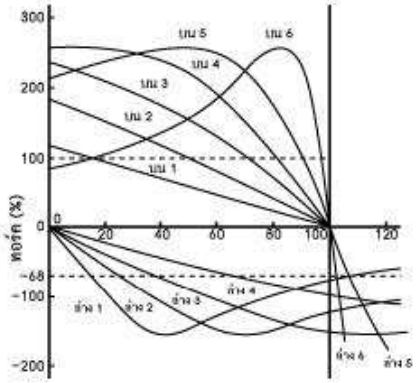
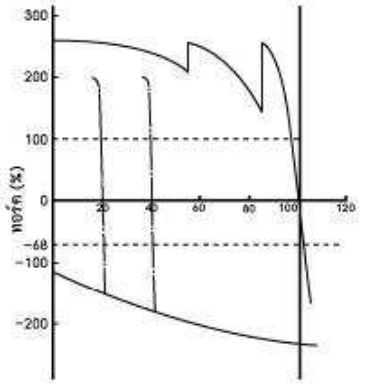
หมายเหตุ) เครื่องหมาย ※ ของแกนรับจะแสดงซีลด์แบริ่ง ส่วนอื่นๆ จะเป็นโอเพนแบริ่ง โครงสร้างเปลี่ยนจาระบี

(2) ลักษณะเฉพาะของปั้นจั่นแบบพันขดลวด

ตาราง 14.4 จะแสดงคุณลักษณะของความเร็ว/ทอร์คของวิธีควบคุมความเร็วที่ใช้กับมอเตอร์ปั้นจั่นแบบพันขดลวด และคุณลักษณะเฉพาะ

รูป 14.4 วิธีควบคุมความเร็วแต่ละประเภทและคุณลักษณะเฉพาะ

วิธีควบคุมความเร็ว	การควบคุมเบรกเครื่องยกด้วยไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า	การควบคุมเบรกกระแสไฟฟ้าไหลวน
	การควบคุม CF	การควบคุม IB
แผนภาพการต่อสายเดี่ยวโดยสังเขป		
คุณลักษณะความเร็ว/ทอร์ค		
การใช้งาน	ม้วนยกขึ้น (ดึง) ขึ้นลง เป็นต้น	ม้วนยกขึ้น (ดึง) ไปมาด้านข้าง วิ่ง เป็นต้น
การควบคุมความเร็ว	ประมาณ 30% - 50% ของความเร็วอัตรา	20% - 60% (ม้วนยกขึ้น 20%)
อัตราการเปลี่ยนความเร็ว	ประมาณ 20%	5% - 15% (ปรับค่าได้)
ลักษณะเฉพาะ	(1) โครงสร้างควบคุมแบบง่ายๆ ติดตั้งใช้งานไม่ยุ่งยาก (2) หยุดการทำงานด้วยเบรกเชิงกล ให้ความเชื่อมั่นในความปลอดภัย (3) มีคุณลักษณะการอินจิ้งก์ที่ดี	(1) เป็นการควบคุมอัตโนมัติ (ควบคุมเฟสด้วยไซริสเตอร์) ทำให้มีความเร็วคงที่ไม่ว่าจะเป็นโหลดหนักหรือเบา (2) เป็นการควบคุมเบรกด้วยกระแสไฟฟ้าไหลวน ทำให้ไม่มีส่วนการสึกกร่อน ดูแลบำรุงรักษาได้ง่าย
มอเตอร์ที่ใช้ (40%ED)	2.2 - 90kW	2.2 - 132kW

วิธีควบคุมความเร็ว	การควบคุมเบรกแบบไดนามิกส์	การควบคุมแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิด้วยไซริสเตอร์
	การควบคุม DY	การควบคุม VC
แผนภาพการต่อสายเดี่ยวโดยสังเขป		
คุณลักษณะความเร็ว/ทอร์ค		
การใช้งาน	ม้วนยกขึ้น (ดึง) ขึ้นลง เป็นต้น	ม้วนยกขึ้น (ดึง) ไปมาด้านข้าง วิ่ง เป็นต้น
การควบคุมความเร็ว	15% - 65%	10% - 100% (ม้วนยกขึ้น 20%)
อัตราการเปลี่ยนความเร็ว	มีค่ามากในด้านความเร็วสูง	ต่ำกว่า 5%
ลักษณะเฉพาะ	(1) การใช้เพื่อ "**ม้วนยกขึ้น**" ต้องเป็นโหลดไมนัส (2) การควบคุมความเร็วต่ำในการม้วนยกลงขณะมีโหลดทำได้ยาก (ไม่มีทอร์คม้วนยกลง) (3) พื้นที่ติดตั้งใช้งานบนกราฟมีน้อย (4) จำเป็นต้องใช้สาย Trolley (หรือสายเคเบิล) เพื่อใช้ในการควบคุม	(1) ความคุมความเร็วที่ต่ำได้อย่างคงที่ไม่ว่าจะเป็นโหลดพลัสหรือไมนัสก็ตาม (2) ด้านปฐมภูมิหมุนกลับ และควบคุมด้วยไซริสเตอร์ได้ หน้าสัมผัสด้านทุติยภูมิสามารถสับเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้า 0 ได้ ทำให้ไม่มีส่วนการลึกกร่อน ดูแลบำรุงรักษาได้ง่าย (3) ถ้าเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมที่ถูก ก็สามารถควบคุมแบบหลายขั้นได้
มอเตอร์ที่ใช้ (40%ED)	22 ~ 132kW	2.2 ~ 132kW

14-4 อุปกรณ์ไฟฟ้าปั้นจั่นอินเวอร์เตอร์

(1) คุณลักษณะเฉพาะของปั้นจั่นแบบอินเวอร์เตอร์

(1) การสูญเสียกำลังไฟฟ้าลดลง ประหยัดพลังงานมากขึ้น

ใช้กระแสไฟเริ่มทำงานน้อยลง ทำให้การสูญเสียกำลังไฟฟ้าลดลง ไม่เกิดการสูญเสียที่ตัวต้านทานทุติยภูมิ ทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น

(2) ช่วงการควบคุมความเร็วกว้างขวาง ประสิทธิภาพการควบคุมมากขึ้น

ช่วงการควบคุมความเร็วด้วยการควบคุมเวคเตอร์ สามารถควบคุมความเร็วได้ในย่านที่กว้างขวาง ตั้งแต่ความเร็วต่ำ 1:20 (การควบคุมเวคเตอร์แบบไม่มีเซนเซอร์ จะได้ 1:10) จนถึงความเร็วสูง 2 เท่า ทำให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้น

(3) ปรับให้เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติได้มากขึ้น ประหยัดแรงในการทำงานมากขึ้น

การควบคุมความเร็วสามารถทำได้ง่าย ใช้ซีเควันเซอร์ (Sequencer) และไมโครคอมพิวเตอร์ได้ สามารถปรับให้เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติได้มากขึ้น ประหยัดแรงในการทำงาน รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น

(4) ควบคุมการเพิ่มลดความเร็วได้ดีขึ้น การบังคับทำงานทำได้ง่ายขึ้น

ด้วยการควบคุมการเพิ่มลดความเร็ว ทำให้การกระแทกตอนที่ทำการเริ่มหรือหยุดทำงานลดลง ช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการไม่มีความเสถียรภาพจากการสั่นสะเทือนของโหลด นอกจากนี้ ยังสามารถควบคุมการทำงานที่ความเร็วต่ำได้ จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งการอินจิ้งก์ (Inching)

(5) มอเตอร์แบบกรงกระรอกมีโครงสร้างที่เรียบง่าย จึงตรวจสอบดูแลรักษาได้ง่าย

ไม่เหมือนกับมอเตอร์แบบพันขดลวดที่ต้องมี Slip Ring และแปรงถ่าน (Carbon Brush) จึงไม่มีส่วนการสึกหรอ และไม่ต้องทำความสะอาด นอกจากนี้ เบรกสำหรับใช้หยุดการทำงาน จะทำงานตอนที่มีการควบคุมเพื่อลดความเร็ว (ในเชิงไฟฟ้า) ทำให้การเสียดสีของ ไลนิ่ง (Lining) น้อยลง มีอายุการทำงานที่ยาวนานขึ้น

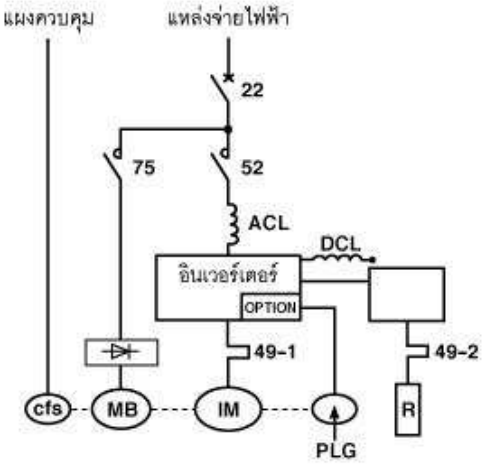
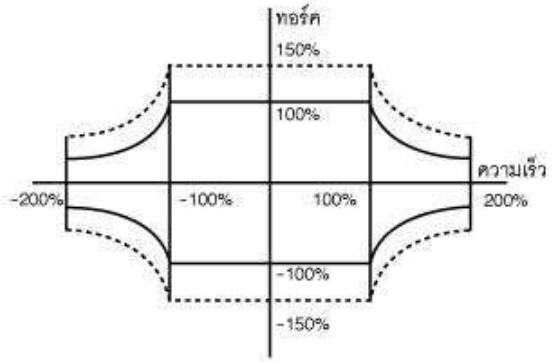
(6) การเริ่มและหยุดทำงานเป็นไปอย่างราบเรียบ มีความปลอดภัยมากขึ้น

สามารถเริ่มและหยุดทำงานเป็นไปอย่างราบเรียบ ไม่กระตุก ทำให้การกระแทกกับตัวเครื่องจักรน้อยลง มีความปลอดภัยมากขึ้น

(2) ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์ไฟฟ้าปั้นจั่นอินเวอร์เตอร์

คุณลักษณะความเร็ว-ทอร์คของวิธีควบคุมความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์ และลักษณะเฉพาะจะแสดงในตารางที่ 14.5

รูปที่ 14.5 คุณลักษณะความเร็ว-ทอร์คของวิธีควบคุมความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์ และลักษณะเฉพาะ

วิธีควบคุมความเร็ว	การควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์เวคเตอร์
	การควบคุม INV
แผนภาพการต่อสายเดี่ยวโดยสังเขป	
คุณลักษณะความเร็ว/ทอร์ค	
การใช้งาน	ม้วนยกขึ้น (ดึง) ไปมาด้านข้าง วิ่ง เป็นต้น
การควบคุมความเร็ว	1 : 10 ~ 1 : 100 (ควบคุมด้วยเวคเตอร์ติดเซนเซอร์)
อัตราการเปลี่ยนความเร็ว	อนาล็อกควบคุม PI: ต่ำกว่า ± 0.2%, อนาล็อก ต่ำกว่า ± 0.2% (เทียบกับจำนวนรอบหมุนอัตรา) กรณีการควบคุม P : ปรับค่าได้ตั้งแต่ 5 ~ 20% (เทียบกับจำนวนรอบหมุนอัตรา)
ลักษณะเฉพาะ	(1) ความเร็วคงที่ไม่ว่าจะเป็นโหลดพลัส (+) หรือไมนัส (-) (2) มอเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก ไม่มีส่วนการเสียดสี (3) เริ่มและหยุดการทำงานแบบนุ่มนวลได้ (4) ควบคุมการทำงานให้เร็วขึ้นเป็นเท่าตัวของตอนไม่มีโหลดได้

ตาราง 14-5 การประกอบมาตรฐานชิ้นส่วนไฟฟ้า

ตาราง 14.5 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้วิธีการควบคุมมาตรฐาน (สำหรับควบคุมการม้วนยกขึ้น)

วิธีการควบคุม / ชื่อชิ้นส่วน		การควบคุม FC			การควบคุม IB	การควบคุม DY	การควบคุม VC	การควบคุม INV
		ต่อตรง	ผสมรวม	สัมผัส	สัมผัส	สัมผัส	สัมผัส	สัมผัส
มอเตอร์		TFO-DR			TFO-DR	TFO-DR (40%ED ขึ้นไป)	TFO-DR (40%ED ขึ้นไป)	TFO-KK
ตัวต้านทานทุติยภูมิ		CA-KH			CA-KE	CA-KD	CA-KP	-
ตัวควบคุมการหมุนกลับ		VC-BRH	VC-BRH2	DVC31-BRH	DVC52-BRE	DVC52-BRD	DVC31-BRP	DVC31-BRV หรือ DPU32-BRV
เบรก	ชนิดรัมป์	LS-DR หรือ LS-DRF			เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย
	ชนิดจาน	-			FS-TYF2	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย
เบรก CF		LS-HY4			-	-	-	-
หม้อแปลง CF		(สำหรับ LS-HY4)			-	-	-	-
อินดัคชั่นเบรก (IB)		-			EFOUP-EB	-	-	-
แผงควบคุมหรือแผงจ่ายไฟ		-			HD-SE	SD-S	SD-AM	SD-AM
สวิทช์แรงเหวี่ยงป้องกันความเร็วเกิน		-			FBJ-AR2	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย
ลิมิตสวิทช์ควบคุมทำงาน		ZW-SD5 และ SLJ-LR4 หรือ WLJ-LR3			เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย	เหมือนด้านซ้าย
แผงควบคุมแม่เหล็กไฟฟ้า		-	HD-AR	SD-ARS	SD-ARS	SD-ARS	SD-ARS	-
หมายเหตุ		1. ทั้งหมด 7 น็อตช์		1. ทั้งหมด 3 น็อตช์	1. ทั้งหมด 5 น็อตช์	1. ทั้งหมด 5 น็อตช์	1. ทั้งหมด 3 น็อตช์	1. ทั้งหมด 3 น็อตช์
		2. การม้วนยกขึ้นจะไม่ควบคุมด้วย CF			2. การม้วนยกขึ้นจะไม่ควบคุมด้วย IB	2. ม้วนลง 1-4 น็อตช์, 1 น็อตช์ประมาณ 15%	2. ม้วนลง 1-2 น็อตช์, 1 น็อตช์ประมาณ 10%	2. ในการใช้ตรวจจับความเร็วให้ใช้ PLG
		3. ม้วนลง 1 น็อตช์ประมาณ 33% ใช้การควบคุม CF จนถึง 2 น็อตช์			3. ม้วนลง 1 น็อตช์ประมาณ 20% 2 น็อตช์ประมาณ 35% 3 น็อตช์ประมาณ 60%		3. ในการใช้ตรวจจับความเร็วให้ใช้ PG-E	3. จำเป็นต้องใช้ Regenerative braking unit, Electric discharge resistor
					4. ให้การควบคุมอัตโนมัติเป็นมาตรฐาน			

ตาราง 14.6 เครื่องมือที่ใช้จากวิธีการควบคุมมาตรฐาน (สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ด้านข้างและการวิ่ง)

วิธีการควบคุม / ชื่อชิ้นส่วน	ควบคุมมอเตอร์แมกเนโตร			ควบคุมมอเตอร์แบบพันขดลวด (ทั่วไป)			ควบคุมมอเตอร์แบบพันขดลวด (คอลชิ่ง)			ควบคุมมอเตอร์แบบกรงกระรอก INV
	ต่อตรง	ผสมรวม	สัมผัส	ต่อตรง	ผสมรวม	สัมผัส	ต่อตรง	ผสมรวม	สัมผัส	สัมผัส
มอเตอร์	TFO-KK			TFO-DR			TFO-DR			TFO-KK
ตัวต้านทานทุติยภูมิ	-			CA-X			CA-K			-
ตัวควบคุมการหมุนกลับ	VC22-BR	VC22-BR2	DVC21-BR	VC-BR	VC-BR2	DVC31-BR	VC-8RT	VC-BRT2	DVC51-BRT	DVC31-BRV หรือ DPU3ZBRV
ตัวต้านทานปรุมภูมิหรือคุชชั่นสเตเตอร์	CAEM หรือ HQ			-			-			-
(เซอร์โวริบุราตาเบรกหรือ เบรกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบจาน)	LS-TYS2 หรือ FS-TDR4			LS-TYS2 หรือ FS-TDR4			LS-TYS2 หรือ FS-TDR4			LS-TYS2 หรือ FS-TDR4
(เบรกแม่เหล็กไฟฟ้า)	LS-DR			LS-DR			LS-OR			LS-DR
(ลิมิตสวิทช์สำหรับป้องกันไม่ให้เกินค่า)	ZVJ-SD2 หรือ ZRJ-SD2			ZVJ-SD2 หรือ ZRJ-SD2			ZVJ-SD2 หรือ ZRJ-SD2			ZVJ-SD2 หรือ ZRJ-SD2
กล่องควบคุม	-	HD-SR	HD-SR	-	HD-SR	SD-ARS	-	HD-AR	SD-ARS	SD-AM
หมายเหตุ	1. เมื่อใช้ตัวต้านทานปรุมภูมิให้เป็น 2 น็อทช์ 2. ถ้าใช้คุชชั่นสเตเตอร์ให้เป็น 1 น็อทช์			ถึง 125kW 5 น็อตช์ ถึง 55kW 5 น็อตช์		1. ทั้งหมด 3 น็อตช์	ถึง 1.25kW 6 น็อตช์ ถึง 55kW 8 น็อตช์		1. ทั้งหมด 5 น็อตช์	1. ทั้งหมด 3 น็อตช์
							2.1 Notch Coasting Notch			2. ต้องพิจารณาใช้ Regenerative braking unit

ตาราง 14.7 ตารางการเลือกใช้เบรกสำหรับมอเตอร์ปั้นจั่นชนิดขดลวด (กรณีของ S3-40%ED)

มอเตอร์ kW (S3 40% ED)	ใช้งานทั่วไป			ใช้ในการควบคุม					ใช้ในการวิ่งด้านข้าง			
	ชนิดเบรก		ชนิดรัมประยุกต์ (ใช้ร่วมกันในแต่ละเบรก)	การควบคุม CF		การควบคุม IB		การควบคุม DY การควบคุม VC	เซอร์โวริบุราตาเบรก		เบรกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบจาน	
	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้ามาตรฐาน ไฟฟ้ากระแสสลับ			เบรก CF	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้า	ขายึด IB	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้า	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้า	ชนิดเบรก	ชนิดรัมประยุกต์	ชนิดเบรก	ชนิดรัมประยุกต์
2.2	LS_5-DR	-	LS_7-037HTJ	LS_7-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J132	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_5-TYS_2)	LS_7-37HTJ	FS_2-TDR4	FS_2-037TJ
3.7	LS_7-DR	-	LS_7-037HTJ	LS_{10}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J132	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_5-TYS_2)	LS_7-37HTJ	FS_2-TDR4	FS_2-037TJ
5.5	LS_{10}-DR	LS_{10}-DRF	LS_{21}-110HTJ	LS_{14}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J160	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_7-TYS_2)	LS_7-055HTJ	FS_5-TDR4	FS_5-110TJ
7.5	LS_{14}-DR	LS_{14}-DRF	LS_{21}-110HTJ	LS_{21}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J160	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{10}-TYS_2)	LS_{21}-110HTJ	FS_5-TDR4	FS_5-110TJ
11	LS_{21}-DR	LS_{21}-DRF	LS_{21}-110HTJ	LS_{30}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J160	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{14}-TYS_2)	LS_{21}-110HTJ	FS_5-TDR4	FS_5-110TJ
15	LS_{30}-DR	LS_{30}-DRF	LS_{30}-150HTJ	LS_{40}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J180	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{21}-TYS_2)	LS_{21}-150HTJ	FS_{10}-TDR4	FS_{10}-150TJ
22	LS_{40}-DR	LS_{40}-DRF	LS_{40}-220HTJ	LS_{63}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J200	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{30}-TYS_2)	LS_{40}-300HTJ	FS_{10}-TDR4	FS_{10}-220TJ
30	LS_{53}-DR	LS_{53}-DRF	LS_{53}-300HTJ	LS_{80}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J255	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{40}-TYS_2)	LS_{40}-300HTJ	FS_{20}-TDR4	FS_{20}-300TJ
37	LS_{63}-DR	LS_{63}-DRF	LS_{80}-450HTJ	LS_{100}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J250	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{53}-TYS_2)	LS_{63}-370HTJ	FS_{20}-TDR4	FS_{20}-450TJ
45	LS_{80}-DR	LS_{80}-DRF	LS_{80}-450HTJ	LS_{132}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J250	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{63}-TYS_2)	LS_{80}-450HTJ	FS_{20}-TDR4	FS_{20}-450TJ
55	LS_{132}-DR	LS_{132}-DRF	LS_{132}-550HTJ	LS_{180}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J280	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{100}-TYS_2)	LS_{132}-550HTJ	-	-
75	LS_{180}-DR	LS_{180}-DRF	LS_{180}-900HTJ	$LS_{265}$$HY_4$	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J315	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{132}-TYS_2)	LS_{132}-750HTJ	-	-
90	-	LS_{212}-DRF	LS_{180}-900HTJ	LS_{265}-HY_4	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	IBC-J315	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{180}-TYS_2)	LS_{180}-900HTJ	-	-
110	-	LS_{335}-DRF	LS_{400}-1320HTJ	-	-	IBC-J355	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{265}-TYS_2)	LS_{400}-1320HTJ	-	-
132	-	LS_{400}-DRF	LS_{400}-1320HTJ	-	-	IBC-J355	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	(LS_{335}-TYS_2)	LS_{400}-1320HTJ	-	-
160	-	LS_{475}-DRF	LS_{500}-2000HTJ	-	-	IBC-J400	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	-	-	-	-
200	-	LS_{560}-DRF	LS_{500}-2000HTJ	-	-	IBC-J400	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	เหมือนชนิดใช้ทั่วไป	-	-	-	-

หมายเหตุ) 1. เบรกสำหรับใช้ในการวิ่งไปทางด้านข้างสำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดความแรงน้อยกว่า 22kW ให้ใช้เบรกแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นมาตรฐาน

2. กรณีที่นำไปใช้กับ S3 25% ED จะเหมือนกับที่แสดงไว้ในตารางด้านบน (อย่างไรก็ตาม การควบคุม DY จะไม่สามารถใช้ได้กับ S3 25% ED)

3. เพื่อทำให้การเบรกขณะเคลื่อนที่ด้านข้างหรือวิ่งมีการชือกลดลง ให้ปรับทอร์คเบรกเป็น 40-60%

4. การใช้เบรกแม่เหล็กไฟฟ้าของการควบคุม DY ต้องใช้กับ 22kW ขึ้นไป

ตาราง 14.8 ตารางการเลือกใช้เบรกสำหรับมอเตอร์ปั้นจั่นอินเวอร์เตอร์ม้วนยกขึ้น (กรณีของ S1)

Frame No	จำนวนโพล			แกนโหลด		แกนตรงข้ามโหลด		จาน		ชนิดเบรก			ชนิดจาน	
	4 P	6 P	8 P	ศก.แกน (mm)	ความยาวแกน(mm)	ศก.แกน (mm)	ความยาวแกน(mm)	เส้น ศก. (mm)	ความหนา (mm)	4 P	6 P	8 P	CP ใช้ร่วมกัน	ด้านตรงข้ามโหลด
160 L	11	-	-	42	110	38	80	280	12	FS40S-TYF2	-	-	D125-1	N150-1
180M	15	-	-	48	110	48	110	315	12	FS40S-TYF2	-	-	D140-1	N180-1
180M	18.5	11	-	48	110	48	110	315	12	FS40S-TYF2	FS40S-TYF2	-	D140-1	N180-1
180L	-	15	-	55	110	55	110	315	12	-	FS40S-TYF2	-	D163-1	N212-1
180L	-	18.5	-	55	110	55	110	315	12	-	FS40M-TYF2	-	D163-1	N212-1
200L	30	22	-	60	140	55	110	355	20	-	FS100M-TYF2	-	D163-2	N212-2
200L	37	30	-	60	140	55	110	355	20	-	FS100L-TYF2	-	D163-2	N212-2
255S	45	37	-	65	140	60	140	400	20	FS100M-TYF2	FS100L-TYF2	-	D210-2	N220-2
250S	55	45	30	75	140	65	140	450	30	FS200M-TYF2	FS200S-TYF2	FS200S-TYF2	D216-3	N220-3
250M	75	55	37	75	140	65	140	450	30	FS200M-TYF2	FS200M-TYF2	FS200S-TYF2	D216-3	N220-3
280S	90	75	45	85	170	70	140	500	30	FS200M-TYF2	FS200M-TYF2	FS200M-TYF2	D225-3	N232-3
280M	110	90	55	85	170	70	140	500	30	FS200M-TYF2	FS200M-TYF2	FS200M-TYF2	D225-3	N232-3
315S	-	110	75	95	170	85	170	560	30	-	FS640S-TYF2	FS640S-TYF2	D240-3	N250-3
315M	-	132	90	95	170	85	170	560	30	-	FS640S-TYF2	FS640S-TYF2	D240-3	N250-3
355S	-	160	110	110	210	100	210	630	30	-	FS640S-TYF2	FS640S-TYF2	D263-3	N 280-3
355M	-	-	132	110	210	100	210	630	30	-	-	FS640S-TYF2	D263-3	N 280-3

หมายเหตุ) 1. ในการประยุกต์ใช้ตารางนี้ ให้เข้าท์พุตของเฟรมมอเตอร์เป็นเฟรมมอเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป และอัตราการใช้มอเตอร์เป็น (S1.....ต่อเนื่อง)

2. สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของด้านตรงข้ามโหลด จะมีขนาดพิเศษสำหรับใช้กับปั้นจั่น ดังนั้นให้ทำการตรวจสอบก่อนนำไปใช้เสมอ

3. ให้ทอร์คเบรก มีค่า 200% ของทอร์คมาตรฐานมอเตอร์ขึ้นไป

ตาราง 14.8 ตารางการเลือกใช้เบรกสำหรับมอเตอร์ปั้นจั่นอินเวอร์เตอร์ม้วนยกขึ้น (กรณีของ S3-40%-60ED)

Frame No	จำนวนโพล			แกนโหลด		แกนตรงข้ามโหลด		จาน		ชนิดเบรก			ชนิดจาน	
	4 P	6 P	8 P	ศก.แกน (mm)	ความยาวแกน(mm)	ศก.แกน (mm)	ความยาวแกน(mm)	เส้น ศก. (mm)	ความหนา (mm)	4 P	6 P	8 P	CP ใช้ร่วมกัน	ด้านตรงข้ามโหลด
160 L	15	-	-	42	110	38	80	280	12	F S 4 0 S-T Y F 2	-	-	D125-1	N150-1
180M	18.5	-	-	48	110	48	110	315	12	F S 4 0 S-T Y F 2	-	-	D140-1	N180-1
180M	22	15	-	48	110	48	110	315	12	F S 4 0 S-T Y F 2	F S 4 0 S-T Y F 2	-	D140-1	N180-1
180L	-	18.5	-	55	110	55	110	315	12	-	F S 4 0 M-T Y F 2	-	D163-1	N212-1
180L	30	22	-	55	110	55	110	315	12	F S 4 0 SM-T Y F 2	F S 4 0 M-T Y F 2	-	D163-1	N212-1
200L	37	30	--	60	140	55	110	355	20	F S 100M-T Y F 2	F S 100L-T Y F 2	-	D163-2	N212-2
200L	45	37	-	60	140	55	110	355	20	F S 100L-T Y F 2	F S 100H-T Y F 2	-	D163-2	N212-2
255S	55	45	-	65	140	60	140	400	20	F S 100L-T Y F 2	F S 100H-T Y F 2	-	D210-2	N220-2
250S	75	55	37	75	140	65	140	450	30	F S 200M-T Y F 2	F S 200M-T Y F 2	F S 200 S-T Y F 2	D216-3	N220-3
250M	90	75	45	75	140	65	140	450	30	F S 200M-T Y F 2	F S 200M-T Y F 2	F S 200 M-T Y F 2	D216-3	N220-3
280S	110	90	55	85	170	70	140	500	30	F S 200M-T Y F 2	F S 200M-T Y F 2	F S 200 M-T Y F 2	D225-3	N232-3
280M	132	110	75	85	170	70	140	500	30	F S 200M-T Y F 2	F S 200L-T Y F 2	F S 200 L-T Y F 2	D225-3	N232-3
315S	-	132	90	95	170	85	170	560	30	-	F S 640 S-T Y F 2	F S 640 S-T Y F 2	D240-3	N250-3
315M	-	160	110	95	170	85	170	560	30	-	F S 640 S-T Y F 2	F S 640 S-T Y F 2	D240-3	N230-3
355S	-	200	132	110	210	100	210	630	30	-	F S 640 S-T Y F 2	F S 640 S-T Y F 2	D263-3	N280-3
355M	-	-	160	110	210	110	210	630	30	-	-	F S 640 M-T Y F 2	D263-3	N280-3

หมายเหตุ) 1. ในการประยุกต์ใช้ตารางนี้ ให้เอ้าท์พุตของเฟรมมอเตอร์มีค่าเท่ากับเฟรมมอเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป และใช้เมื่ออัตราการใช้มอเตอร์เป็น (S3-40%)(S3-60%) และอัตราโหลดต่ำกว่า 90%

2. สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของด้านตรงข้ามโหลด จะมีขนาดพิเศษสำหรับใช้กับปั้นจั่น ดังนั้นให้ทำการตรวจสอบก่อนนำไปใช้เสมอ

3. ให้ทอร์คเบรก มีค่า 200% ของทอร์คมาตรฐานมอเตอร์ขึ้นไป

15 มอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์

15-1 คำนำ

ในปัจจุบัน ความต้องการ **"ประหยัดพลังงาน"** หรือ **"เครื่องจักรที่เป็นมิตรกับคน"** มีมากขึ้น ดังนั้นการใช้วิธีขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ (มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก) จึงเป็นคำตอบของผู้คนมากขึ้น โดยสามารถใช้ได้กับการควบคุมความเร็วของใบพัด หรือปั๊มแบบเดิม ในแง่ของการประหยัดพลังงาน จนถึงการใช้งานในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้กับลิฟต์ให้ความรู้สึกเป็นมิตรในการทำงาน มีการนำมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะแตกต่างกันอย่างแพร่หลาย

วิธีการการควบคุมความเร็วนั้น จะมีการควบคุมแบบ V/f ซึ่งเป็นการควบคุมอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความถี่ การควบคุมแบบเวคเตอร์ไม่มีเซนเซอร์ (SLV) ที่ทำให้สามารถควบคุมทำงานที่มีการตอบสนองที่สูงได้ การควบคุมแบบเวคเตอร์ติดเซนเซอร์ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางจากการนำไปใช้งานกับมอเตอร์เฉพาะทาง

15-2 การทำงานของอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์

ถึงจะพูดว่าขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ก็ตาม แต่การเลือกใช้มอเตอร์หรืออินเวอร์เตอร์จะแตกต่างกันออกไปตามคุณลักษณะโหลดหรือย่านการเปลี่ยนความเร็วและอัตรา รวมทั้งรูปแบบการทำงาน ในการเลือกใช้งานมีข้อที่ต้องระมัดระวังดังต่อไปนี้

(1) คุณลักษณะโหลด

ตาราง 15.1 จะแสดงประเภทของโหลดเครื่องจักรที่ใช้กับมอเตอร์แยกตามคุณสมบัติตามหลักกลศาสตร์ ตาราง 15.2 จะแสดงประเภทแยกตามคุณลักษณะทอร์คโหลดของโหลดเครื่องจักร

มอเตอร์มาตรฐานจะใช้การระบายความร้อนด้วยพัดลมที่เกิดจากการหมุนในมอเตอร์เอง ดังนั้น ในช่วงที่ความเร็วรอบต่ำจะทำให้การระบายความร้อนทำได้ไม่ดี กรณีของโหลดทอร์คคงที่หรือโหลดเอ้าท์พุตคงที่ ถ้าตัวมอเตอร์มีขนาดใหญ่ จำเป็นที่จะต้องหามาตรการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อน

(2) ย่านการเปลี่ยนความเร็วและอัตรา

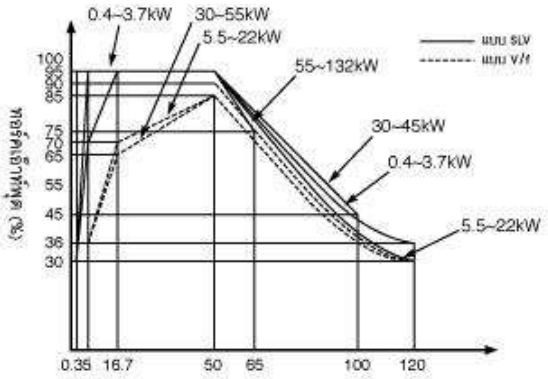
รูป 15.1 จะแสดงคุณลักษณะทอร์ค เมื่อประกอบมอเตอร์ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายมาตรฐาน และเข้ากับอินเวอร์เตอร์มาตรฐานซีรี่ย์ SJ700 การควบคุมเวคเตอร์แบบไม่มีเซนเซอร์ จะสามารถใช้งานต่อเนื่องที่ทอร์คคงที่ 1: 3 ที่มีความถี่ฐาน 60Hz ได้

รูป 15.2 (หน้า 101) จะแสดงคุณลักษณะทอร์คของซีรี่ย์ทอร์คคงที่ 1: 10

การทำงานต่อเนื่องที่ทอร์คอัตรา 6 - 60Hz สามารถทำงานได้เต็มกำลังที่ย่านความเร็วต่ำได้ ที่ 60 - 120Hz สามารถทำงานที่ระดับเอ้าท์พุตอัตราได้ คุณลักษณะจะแตกต่างออกไปตามแต่ละโมเดล ให้ระมัดระวังในการนำไปใช้งาน นอกจากนี้ ทอร์คย่านความถี่ต่ำของใบพัด โบรเวอร์ และโหลดแรงสูบน้ำจะมีค่าน้อยมาก ในกรณีเช่นนี้สามารถใช้คุณสมบัติทอร์คคงที่ 1:2 หรือ 1:3

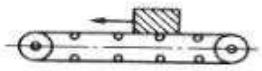
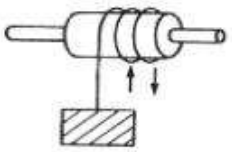
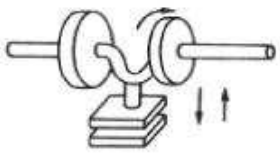
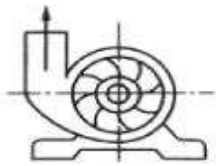
(3) ข้อควรระวังเมื่อใช้อินเวอร์เตอร์กับรุ่น 400V

เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์รุ่น 400V ขับเคลื่อนมอเตอร์ อาจเกิดมีปัญหาจากแรงดันไฟฟ้า Surge ที่มีค่าสูงได้จากสภาพสายไฟหรือสภาพการติดตั้งที่ใช้ ค่าการทนแรงดันไฟฟ้า Surge ของมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ฮิตาชิ จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 1250V ที่เวลาไต่ขึ้นมากกว่า 0.1s ถ้าคาดว่าจะมีค่าสูงมากกว่านี้ ให้ทำการติดตั้งเอ้าท์พุตฟิลเตอร์หรือเอ้าท์พุตรีแอคเตอร์ที่ระหว่างมอเตอร์ นอกจากนี้ ให้ใช้มอเตอร์ที่มีการเพิ่มความต้านทานของขดลวดมอเตอร์ ถ้าจำเป็น



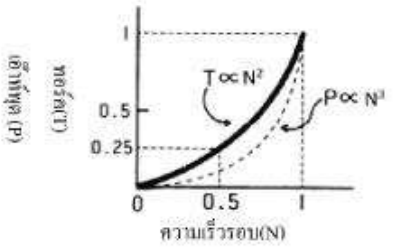
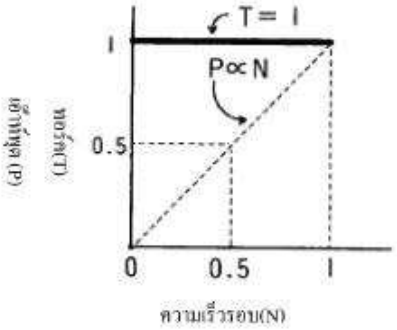
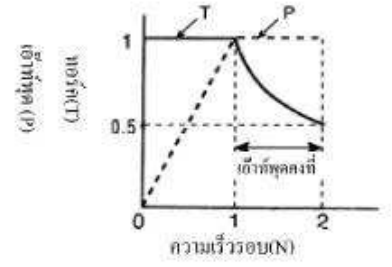
รูป 15.1 คุณลักษณะทอร์คเมื่อประกอบมอเตอร์มาตรฐานเข้ากับอินเวอร์เตอร์ (ความถี่ฐาน 60Hz)

ตาราง 15.1 ประเภทโหลดเครื่องจักรแยกตามคุณสมบัติตามหลักกลศาสตร์

ประเภท	ตัวอย่างโหลดเครื่องจักร	ลักษณะเฉพาะ
โหลดเสียดทาน 	**โหลดที่เกิดจากแรงเสียดทานเป็นหลัก** • สายพาน • ปั้นจั่นและฮ๊อยล์ขนย้ายแนวนอน เครื่องแล่น • Machine Tools เครื่องพิมพ์ เครื่องส่งท่อนไม้	• ตอนที่เครื่องจักรเริ่มทำงาน แรงเสียดทานสถิตที่มีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลจะทำงาน ดังนั้น ต้องใช้มอเตอร์ ที่มีทอร์คเริ่มต้นทำงานสูง
โหลดถ่วงน้ำหนัก 	**อุปกรณ์ม้วนยกของขึ้นที่สวนทางกับทิศทางการถ่วงน้ำหนัก** • ลิฟต์ บันไดเลื่อน • ปั้นจั่นและรอกยกของขึ้น • ขัดเตอร์	• จำเป็นต้องใช้แรงที่เปรียบเทียบความเร็วการม้วนยกขึ้นกับน้ำหนักของวัสดุ ตอนที่ยกของลงจำเป็นต้องใช้แรงเบรก
โหลดเฉื่อย 	**โหลดที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยสูง** • เครื่องระบบแรงเหวี่ยง เครื่องดูดน้ำระบบแรงเหวี่ยง • ใบพัดขนาดใหญ่ • Crank Press • เครื่องขึ้นรูปชิ้นงานท่อ Concrete Hume ไพล์และโพล	• การจะเพิ่มความเร็วรอบจนได้ตามค่าที่ต้องการ จะต้องใช้ทอร์คที่มีค่าเท่ากับผลคูณของโมเมนต์ความเฉื่อย ($kg \cdot m^2$) กับความเร่งเชิงมุม $\beta (rad/s^2)$ ซึ่งเป็นทอร์คเพิ่มความเร็วที่มีค่าสูงมาก (เวลาทำงานปกติ จะมีน้ำหนักโหลดเบา) • ถ้าต้องการหยุดโหลดในระยะเวลาสั้นๆ จำเป็นต้องใช้แรงเบรกเชิงไฟฟ้า
โหลดแรงสูบน้ำ 	**เครื่องสูบน้ำ** • ปั๊ม • ใบพัด • โบรเวอร์	• ทอร์คที่ต้องใช้ โดยทั่วไปจะเท่ากับสัดส่วนของความเร็วรอบยกกำลังสองแรงขับเคลื่อนที่ต้องใช้ค่าเท่ากับสัดส่วนของความเร็วรอบยกกำลังสาม • ตอนสตาร์ทใช้ค่าทอร์คต่ำได้ แต่ถ้าเป็นใบพัดหรือโบรเวอร์ขนาดใหญ่ โมเมนต์ความเฉื่อยจะมีค่ามาก ให้พิจารณาใช้เหมือนกับกรณีโหลดเฉื่อย

เครื่องจักรโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตามมอเตอร์ จำเป็นต้องใช้ค่าทอร์คเฉพาะของเครื่องจักรโหลด เพื่อให้ได้ตามความเร็วรอบ คุณลักษณะทอร์คโหลดจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ดังแสดงในตาราง 15.2

ตาราง 15.2 ประเภทคุณลักษณะทอร์คของเครื่องจักรโหลด

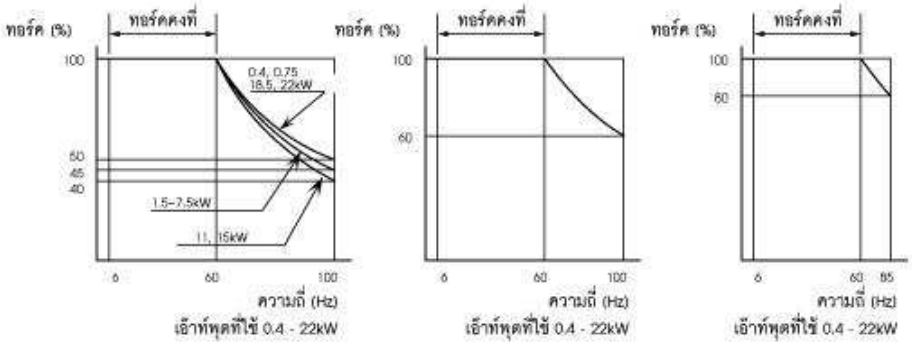
ประเภท	ตัวอย่างเครื่องจักรโหลด	ลักษณะเฉพาะ	ตัวอย่างคุณลักษณะทอร์ค
คุณลักษณะทอร์คลด	**โหลดแรงสูบน้ำ** •ปั๊มแรงเหวี่ยง •ใบพัด •โบรเวอร์	•ทอร์คเป็นสัดส่วนกับความเร็วรอบยกกำลัง 2 •เอ้าท์พุตเป็นสัดส่วนกับความเร็วรอบยกกำลัง 3	
คุณลักษณะทอร์คอัตรา	**โหลดเสียดทาน โหลดถ่วงน้ำหนักเป็นต้น** •ลายพาน ฟีดเดอร์ •ปั้นจั่นและฮ็อยส์ขนย้ายแนวนอน เครื่องแล่น •เครื่องส่งขึ้นงานให้กับ Machine Tools •เกียร์ปั๊ม •ปั๊มลูกสูบ •คอมเพรสเซอร์	•ทอร์คคงที่ ไม่ได้รับผลกระทบจากความเร็วรอบ •เอ้าท์พุตเป็นสัดส่วนกับความเร็วรอบ	
คุณลักษณะเอ้าท์พุตอัตรา	**ใช้แรงขับเคลื่อนในการม้วนเก็บหรือตัด** •เครื่องม้วนเก็บสายไฟ/เชือก/ฟิล์ม เป็นต้น •เพลาของ Machine Tools •เครื่องเจาะ	•ทอร์คคงที่ ไม่ได้รับผลกระทบจากความเร็วรอบ •ทอร์คเป็นสัดส่วนกลับกับความเร็วรอบ	

(1) มอเตอร์ IX

ซีรี่ย์ของมอเตอร์ที่สามารถทำงานที่ทอร์คคงที่ 1: 10 ได้ ทางบริษัทได้จัดเตรียมไว้แล้ว โดยต่อไปนี้จะเรียกว่า "**ซีรี่ย์มอเตอร์ IX**" ซีรี่ย์นี้ จะใช้เบอร์เฟรมเหมือนกับของมอเตอร์มาตรฐาน

ตาราง 15.3 ตารางคุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์ IX

ชนิด		TFO (A) - K					TFO (A) - KK									
เอ้าท์พุต (kW)		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55
เบอร์เฟรม		71M	80M	90L	100L	112M	132S	132M	160M	160L	180M	180L	200L	200L	225S	225S
ทอร์คอัตรา	(N·m)	2.26	4.22	8.34	12.3	20.4	30.1	41.0	59.9	82.4	101	120	164	202	246	300
จำนวนโพล		4														
โครงเลื่อภายนอก		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย														
คุณลักษณะทอร์ค		6 - 60Hz คุณลักษณะทอร์คอัตรา (ความถี่ฐาน 60Hz)														
คลาสทนต่อความร้อน		E					F									
อัตรา		S1(ต่อเนื่อง)														
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	-30 - 40°C														
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 95%RH														
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m														
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร (นอกอาคาร)														
บรรยากาศ		หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย														
อินเวอร์เตอร์ที่ใช้		004 LF	007 LF	015 LF	022 LF	037 LF	055 LFF2	075 LFF2	110 LFF2	150 LFF2	220 LFF2	300 LFF2	370 LFF2	450 LFF2	550 LFF2	550 LFF2
		ซีรีย์ WJ200					ซีรีย์ SJ700									
แหล่งกำเนิดไฟ		3 เฟส 200V 50/60Hz 220V 60Hz (แหล่งจ่ายไฟอินพุตอินเวอร์เตอร์)														



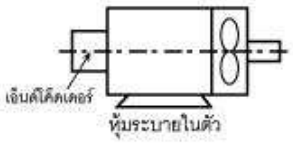
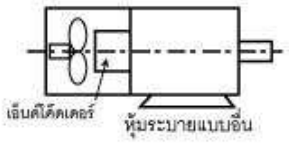
รูป 15.2 คุณลักษณะทอร์คของซีรี่ย์ทอร์คคงที่ 1:10 มอเตอร์ IX

(2) มอเตอร์เฉพาะสำหรับอินเวอร์เตอร์เวคเตอร์

(1) คำนำ

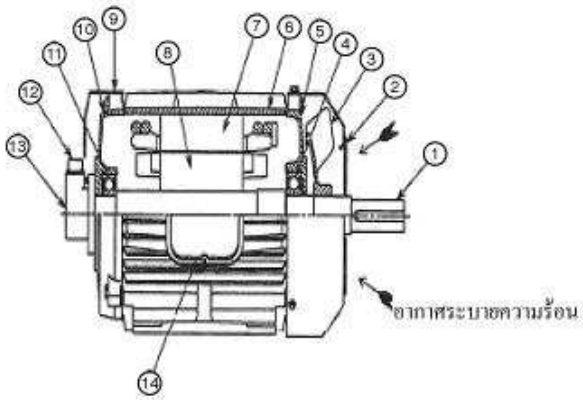
สำหรับการควบคุมแบบเวคเตอร์นั้น สามารถทำเป็นมอเตอร์ขึ้นมาได้โดยใช้อินเวอร์เตอร์ SJ700 + แผงบอร์ดฟีดแบ็ค (Option) ซึ่งจะมีสัญญาณตอบกลับ ช่วยให้มีความเร็วในการทำงาน และความแม่นยำมากขึ้นเมื่อใช้งานที่ความเร็วต่ำประมาณ 1/3 ถ้าต้องการใช้งานชนิดหุ้มปิดระบายในตัวอย่างต่อเนื่อง ที่มีย่านการทำงานกว้างตั้งแต่ความเร็วต่ำ จนถึงความเร็วสูง จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ชนิดการระบายความร้อนอื่น

(2) ตารางคุณสมบัติ

ประเภท		ชนิดระบายในตัว	ชนิดระบายความร้อนแบบอื่น
คุณสมบัติมิเตอร์	โครงสร้าง		
	รุ่น	TFO-K(KK)	TFFO-K(KK)
	เอ้าท์พุต	1.5 - 45kW	1.5 - 160kW
	จำนวนโพล	4P	4P
	อัตรา	S1 (ต่อเนื่อง)	S1 (ต่อเนื่อง)
	แรงดันไฟฟ้ารับเข้าของอินเวอร์เตอร์	200V/400V	200V/400V (55kW ขึ้นไปมีเฉพาะ 400V)
	อัตรา/ความเร็วรอบสูงสุด	1800/3600 min^{-1} (22kW ลงมา) 1800/3600 min^{-1} (30kW ขึ้นไป)	1500/3000 min^{-1} (22kW ลงมา) 1500/2000 min^{-1} (30kW ขึ้นไป)
	ย่านการควบคุมความเร็ว	3 - 3600 min^{-1} 1: 1200 (22kW ลงมา) 3 - 3000 min^{-1} 1: 1000 (30kW ขึ้นไป)	1.5 - 3000 min^{-1} 1: 1000 (22kW ลงมา) 1.5 - 2000 min^{-1} 1: 667 (30kW ขึ้นไป)
	ย่านทอร์คคงที่	600 - 1800 min^{-1}	150 - 1500 min^{-1} (หมายเหตุ 1)
	เฟรม	เฟรมอลูมิเนียม	เฟรมอลูมิเนียม (เฟรม 55kW 225S ลงมา) เฟรมแผ่นทองแดง (เฟรม 75kW 250M ขึ้นไป)
	แหล่งจ่ายไฟของใบพัดระบายความร้อนอื่นๆ	-	1 เฟส 200V (15kW ลงมา) 3 เฟส 200V, 400V (22kW ขึ้นไป)
	การป้องกันความร้อน	มาตรฐานติดเธอร์มิสเตอร์ (ต่อจากกล่องขั้วต่อสายไฟกำลังไปยังอินเวอร์เตอร์)	
	รูกล่องขั้วต่อสาย	สำหรับสายไฟกำลัง + สำหรับเธอร์มิสเตอร์ (รูขนาด 22)	
	รูปแบบสัญญาณเอ้าท์พุต	Line Driver เฟส A, B, Z	
	แหล่งจ่ายไฟ	5V DC	
	จำนวนพัลส์	1024 P/R	
คุณสมบัติเอ็นคโค้ดเดอร์	การต่อสายเคเบิล	ปลั๊กแคนนอน (55kW ลงมา) แผงต่อสายไฟ (75kW ขึ้นไป)	

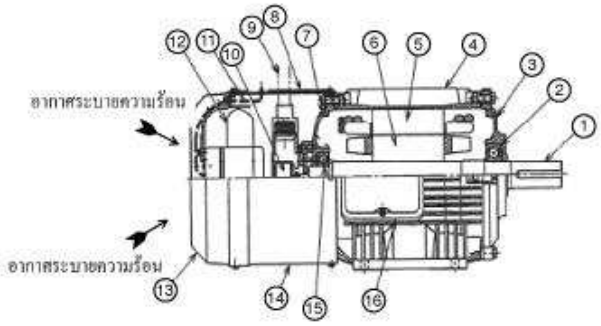
(หมายเหตุ 1) สามารถปรับคุณลักษณะทอร์คคงที่ 3 - 1500 min^{-1} ได้ หากเพิ่มขนาดความจุอินเวอร์เตอร์

(3) ภาพโครงสร้าง



รูป 1. โครงสร้างของชนิดระบายในตัว (ตัวอย่าง)

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	แกนเอ๊าท์พุต
2	ฝาครอบปลาย
3	ใบพัดระบายความร้อน
4	ลูกปืน (ด้านโหลด)
5	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านโหลด)
6	โครงเสื้อ
7	สเตเตอร์
8	โรเตอร์
9	ฝาครอบ
10	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านตรงข้ามโหลด)
11	ลูกปืน (ด้านโหลด)
12	ปลั๊กแคนนอน/คอนเนคเตอร์
13	เอ็นด์โค้ดเดอร์
14	กล่องขั้วต่อสาย (สายไฟกำลัง, เธอร์มิสเตอร์)



รูป 2. โครงสร้างของชนิดระบายความร้อนแบบอื่น (ตัวอย่าง)

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	แกนเอ๊าท์พุต
2	ลูกปืน (ด้านโหลด)
3	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านโหลด)
4	โครงเสื้อ
5	สเตเตอร์
6	โรเตอร์
7	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านตรงข้ามโหลด)
8	ฝาครอบ
9	เคเบิล (สายสัญญาณเอ็นด์โค้ดเดอร์) (สินค้า Option)
10	เอ็นด์โค้ดเดอร์
11	ใบพัดระบายความร้อนอื่นๆ สายไฟกำลัง
12	ใบพัดระบายความร้อนอื่นๆ
13	ฝาครอบปลาย 1
14	ฝาครอบปลาย 2
15	ลูกปืน (ด้านตรงข้ามโหลด)
16	กล่องขั้วต่อสาย (สายไฟกำลัง, เธอร์มิสเตอร์)

รูป 15.3 โครงสร้างมอเตอร์เฉพาะสำหรับอินเวอร์เตอร์เวคเตอร์

16. มอเตอร์เกียร์

16-1 คำนำ

มอเตอร์เกียร์คือมอเตอร์ที่รวมกับเครื่องลดความเร็วไว้ในตัวเดียวกัน สำหรับมอเตอร์เกียร์ของฮิตาชิ จะใช้มอเตอร์ชนิดแปรงถ่าน ใช้การต่อเข้ากันด้านนอกเป็นหลัก ประกอบไปด้วย 3 ซีรี่ย์ตามชนิดการใช้งาน

ชื่อซีรี่ย์	ซีรี่ย์ CA	ซีรี่ย์ GA	ซีรี่ย์ HA
เงื่อนไขโหลด	สำหรับสม่ำเสมอ มีน้ำหนักกระแทกน้อย เหมาะอย่างยิ่งกับการทำงานที่คงที่	สำหรับโหลดขนาดกลาง (สำหรับใช้งานทั่วไป) สำหรับโหลดที่มีการกระแทกปานกลาง	สำหรับโหลดน้ำหนักมาก เหมาะอย่างยิ่งสำหรับโหลดที่มีการกระแทกมาก
ย่านเอ้าท์พุต	0.1 - 2.2kW	0.4 - 11kW	0.4 - 7.5kW

นอกจากนี้ รุ่นความจุปานกลาง (11 - 55kW) จะใช้ Planet Series (ใช้เครื่องลดความเร็วชนิด Planet) เป็นมาตรฐาน

16-2 คุณสมบัติมาตรฐาน

(1) ซีรี่ย์ CA

รายการ	รายละเอียด			
คุณลักษณะ	เอ้าท์พุต	0.1 ~ 0.2kW	0.3 ~ 2.2kW	0.1 ~ .4kW
	จำนวนเฟส	3 เฟส		1 เฟส
	แรงดันไฟฟ้า	200/200/220V		100/100/110V
	ความถี่	50/60/60Hz		0/60/60Hz
	จำนวนโพล	4 โพล		
	ความเร็วรอบ	1.3/1.6 - 300/360min^{-1}		
	อัตราลดความเร็วโดยประมาณ	1/1150 - 1/5		
	คลาสทนต่อความร้อน	B		
	อัตรา	S1 (ต่อเนื่อง)		
	วิธีการสตาร์ท	โดยตรง		0.1 - 0.2kW: สตาร์ทแบบผสม, 0.4kW: คอนเดนเซอร์สตาร์ท, คอนเดนเซอร์รัน
โครงสร้าง	โครงเสื้อภายนอก	ชนิดหุ้มปิดระบายในตัว	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	ชนิด Drip-Proof แบบเปิด
	วิธีติดตั้ง	แนวนอน (ด้วยขาตั้ง) แนวตั้ง (ด้วยหน้าแปลน)		
	กล่องขั้วต่อสาย	มี (ด้านซ้ายมองจากแกนเอ้าท์พุต)		ไม่มี
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	-20 - 40°C		
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 95%RH (พร้อมเบรกต้องต่ำกว่า 90%RH)		ต่ำกว่า 90%RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m		
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร		
บรรยากาศ		หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย		
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)		

(2) ซีรี่ย์ GA

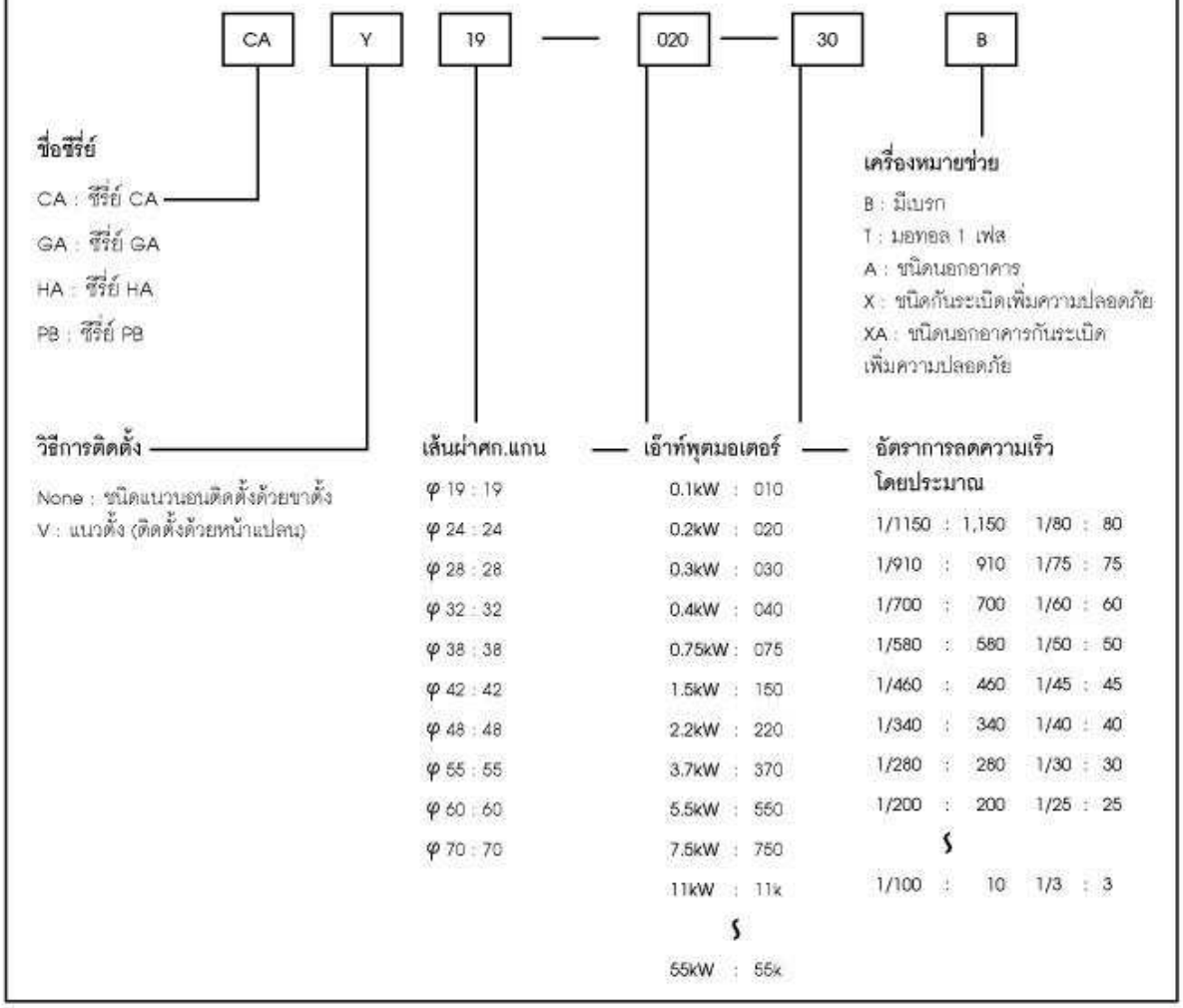
รายการ		รายละเอียด	
คุณลักษณะ	เอ้าท์พุต	0.4 - 11kW	
	จำนวนเฟส	3 เฟส	
	แรงดันไฟฟ้า	200/200/220V	
	ความถี่	50/60/60Hz	
	จำนวนโพล	4 โพล	
	จำนวนโพล	7.5/9 - 500/600min^{-1}	
	อัตราลดความเร็วโดยประมาณ	1/200 - 1/3	
	คลาสทนต่อความร้อน	ต่ำกว่า 3.7kW E (มีเบรกคือ B)	5.5 - 11kW B
	อัตรา	S1 (ต่อเนื่อง)	
	วิธีการสตาร์ท	ต่ำกว่า 3.7kW: สตาร์ทโดยตรง, 5.5kW ขึ้นไป: การสตาร์ทแบบ Y-Δ	
โครงสร้าง	โครงเสื้อภายนอก	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	
	วิธีติดตั้ง	แนวนอน (ด้วยขาตั้ง) แนวตั้ง (ด้วยหน้าแปลน)	
	กล่องขั้วต่อสาย	มี (ด้านซ้ายมองจากแกนเอ้าท์พุต)	
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	−20 - 40°C	
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 95%RH (พร้อมเบรกต้องต่ำกว่า 90%RH)	
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m	
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร	
บรรยากาศ		หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย	
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y 5.1/0.3)	

(3) ซีรี่ย์ HA

รายการ		รายละเอียด
คุณลักษณะ	เอ้าท์พุต	0.4 - 11kW
	จำนวนเฟส	3 เฟส
	แรงดันไฟฟ้า	200/200/220V
	ความถี่	50/60/60Hz
	จำนวนโพล	4 โพล
	จำนวนโพล	7.5/9 - 500/600min^{-1}
	อัตราลดความเร็วโดยประมาณ	1/200 - 1/3
	คลาสทนต่อความร้อน	ต่ำกว่า 3.7 kW: E, 5.5 - 7.5kW: B
	อัตรา	S1 (ต่อเนื่อง)
	วิธีการสตาร์ท	ต่ำกว่า 3.7kW: สตาร์ทโดยตรง, 5.5-7.5kW ขึ้นไป: การสตาร์ทแบบ Y-Δ
โครงสร้าง	โครงเสื้อภายนอก	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย
	วิธีติดตั้ง	แนวนอน (ด้วยขาตั้ง)
	กล่องขั้วต่อสาย	มี (ด้านซ้ายมองจากแกนเอ้าท์พุต)
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ	−20 - 40°C
	ความชื้นสัมพัทธ์	ต่ำกว่า 95%RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร
บรรยากาศ		หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y 5.1/0.3)

16-3 วิธีการดูสัญลักษณ์โมเดล

ซีรี่ย์ CA, GA, HA, PB ตัวอย่าง) ซีรี่ย์ CA 0.2kW, 1/30 แนวนอน มีเบรก => CA19-020-30B



โมเดลที่ใช้

โมเดลเป้าหมาย			รุ่น 400V	ชนิดนอกอาคาร (รวมรุ่น 400V)	ชนิดกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย (รวมรุ่น 400V)	ชนิดนอกอาคารกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย (รวมรุ่น 400V)	ประเภท 3 ชนิดป้องกันการกัดกร่อน (รวมรุ่น 400V)	ชนิดป้องกันความชื้น (ต่ำกว่า 95%RH)	ระบุสีทา (รวมรุ่น 400V)
ซีรี่ย์	ย่านเอ๊าท์พุต	เบรก							
ซีรี่ย์ CA (สำหรับโหลดทั่วไป)	0.1kW - 2.2kW	ไม่มี	○	○			○	○	○
		มี	○						○
ซีรี่ย์ GA (สำหรับโหลดปานกลาง)	0.4kW - 11kW	ไม่มี	○	○	○	○	○	○	○
		มี	○	○			○		○
ซีรี่ย์ PB (สำหรับโหลดทั่วไป)	11kW - 55kW	ไม่มี	○	○	○		○		○
		มี		○	○		○		○
ซีรี่ย์ HA (สำหรับโหลดหนัก)	0.4kW - 3.7kW	ไม่มี	○	○			○	○	○
		มี	○	○			○		○

• นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถผลิตรุ่นตามความต้องการได้ ให้ทำการติดต่อกับบริษัท

16-4 ข้อควรระวังในการทำงานโดยอินเวอร์เตอร์

ความถี่ที่ใช้ได้ในการทำงานอย่างต่อเนื่อง		0.1 - 7.5kW (หล่อลื่นด้วยจาระบี) : 6 - 70Hz	11kW (หล่อลื่นด้วยน้ำมัน) : 33 - 70Hz
ให้ระมัดระวังในการเลือกใช้งาน	การเลือกอัตราลดความเร็ว	ถึงแม้ที่ความถี่มากกว่า 70Hz จะสามารถใช้ทำงานต่อเนื่องได้ แต่เสียงรบกวน และการสั่นสะเทือนจะมีมาก และอาจส่งผลทำให้อายุการใช้งานของ Oil Sheet สั้นลง ดังนั้นควรเลือกใช้งานที่ต่ำกว่า 60Hz ซึ่งจะมีอัตราลดความเร็วที่ทำให้เกิดความเร็วรอบสูงสุดได้	
	เสียงรบกวน (เสียงรีโซแนนซ์)	เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟสำหรับการค้า จะสูงกว่าประมาณ 5dB(A) (ที่ 60Hz) **ข้อควรระวัง>>** 1. มอเตอร์เกียร์จะมี Back Lash อยู่ ดังนั้นอาจเกิดรีโซแนนซ์ได้ถ้าย่านการเปลี่ยนความเร็วรอบกว้าง อันเนื่องจากผลกระทบของโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (GD2) และทอร์คโหลด เป็นต้น ในการใช้งานต่อเนื่อง ให้พยายามหลีกเลี่ยงจุดรีโซแนนซ์ 2. เมื่อมีเบรก อาจเกิดมีเสียงจากส่วนของเบรกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนสตาร์ทมอเตอร์หรือที่ย่านความถี่ต่ำ อย่างไรก็ตามเสียงจากส่วน Spline Brake จะไม่ส่งผลกระทบกับคุณลักษณะหรืออายุการใช้งาน เสียงรบกวนตามที่กล่าวไปข้างต้นเกิดจากเชิงโครงสร้าง การแก้ไขค่อนข้างยุ่งยาก แต่หากมีบางจุดที่เสียงผิดปกติมากๆ ให้ลองใช้รีแอคเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อปรับปรุงการทำงานของฟังก์ชัน Frequency Jump และรูปคลื่นเอ้าท์พุตของอินเวอร์เตอร์	
	โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ (GD^2)	ถ้าความจุของอินเวอร์เตอร์เท่ากับความจุของมอเตอร์ ก็สามารถใช้งานได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับขนาดความใหญ่ของโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (GD^2) ซึ่งในจุดนี้จะแตกต่างออกไปจากการทำงานโดยตรง เมื่อใช้งานร่วมกับอินเวอร์เตอร์ ทอร์คเริ่มต้นทำงานของมอเตอร์จะต่ำ จึงควรหลีกเลี่ยงทอร์คกระแทกตอนเริ่มทำงานได้ อย่างไรก็ตาม โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (GD^2) และเวลาการลดความเร็วอาจทำให้ความจุของอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์เปลี่ยนไปได้ นอกจากนี้ ถ้าต้องการเพิ่มความจุอินเวอร์เตอร์หรือต่อเข้ากับอุปกรณ์เบรกภายนอก ให้ทำการสอบถามข้อมูลก่อน	
	มีเบรก	แหล่งจ่ายไฟสำหรับเบรก ต้องทำการจ่ายไฟฟ้าเข้าที่ด้านปฐมภูมิของอินเวอร์เตอร์เท่านั้น กรณีของวงจรสับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ/ตรง ต้องต่อให้เป็นวงจรที่สามารถ ON-OFF ด้านไฟฟ้ากระแสสลับและด้านไฟฟ้ากระแสตรง พร้อมกัน ให้ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในคู่มือการใช้งานอินเวอร์เตอร์	

17. มอเตอร์ใช้ในน้ำ

17-1 คำนำ

ปั๊มมอเตอร์ใช้ในน้ำจะนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ตามแหล่งน้ำประปา การระบายน้ำเสีย งานอุตสาหกรรม และที่เรียกได้ว่าเป็นหัวใจหลักเลยก็คือมอเตอร์ใช้ในน้ำสำหรับขับเคลื่อนปั๊ม สำหรับฮิตาชิแล้ว ได้เริ่มจากมอเตอร์ใช้สำหรับบ่อน้ำลึกที่ให้ความเชื่อถือและมีคุณภาพสูงได้รับการยอมรับทั่วโลก และใช้เทคโนโลยีจากประสบการณ์ที่ผ่านมา ในการคิดค้นพัฒนาและผลิตมอเตอร์ใช้ในน้ำประเภทต่างๆ มอเตอร์ใช้ในน้ำสำหรับส่งไฟอเมริกา ได้ผ่านการรับรองมาตรฐานชิ้นส่วนอุปกรณ์สำหรับเครื่องดื่ม สมาคมสาธารณะสุขอเมริกา คือ ANSI/NSF61

เราได้ทุ่มเทเพื่อสร้างสังคมที่ดี และเต็มเปี่ยมได้ด้วยความสุข

มอเตอร์ใช้ในน้ำจะมีทั้งหมด 3 ประเภทคือสำหรับใช้ในบ่อน้ำลึก สำหรับใช้งานทั่วไป และสำหรับน้ำโสโครก/สิ่งโสโครก ให้เลือกใช้ตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

17-2 ประเภทมอเตอร์ใช้ในน้ำ

17-3 ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ใช้ในน้ำ

ชนิด	ลักษณะเฉพาะ
ชนิดแคนด์	1) หุ้มปิดสเตเตอร์ด้วยแผ่นสเตนเลสที่บางอย่างดี ส่วนขดลวดจะไม่สัมผัสโดยตรงกับน้ำ 2) มีการใส่สารกันกลายเป็นน้ำแข็งในมอเตอร์ ตลับลูกปืนจะใช้ตลับลูกปืนหล่อลื่นน้ำ 3) ปรับความดันน้ำภายนอกและภายในด้วยอุปกรณ์ปรับความดัน (เบโรส)
ชนิดเส้นทนน้ำ	1) ใช้ลายไฟฉนวนหุ้มกันน้ำที่ขดลวด ขดลวดจะไม่สัมผัสโดยตรงกับน้ำ 2) มีการใส่สารกันกลายเป็นน้ำแข็งในมอเตอร์ ตลับลูกปืนจะใช้ตลับลูกปืนหล่อลื่นน้ำ 3) ปรับความดันน้ำภายนอกและภายในด้วยอุปกรณ์ปรับความดัน (เบโรส)
ชนิดแห้ง (Dry Type)	1) ภายในมอเตอร์เป็นอากาศ วัสดุฉนวน ตลับลูกปืนและส่วนอื่นๆ จะเหมือนกับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป 2) ใส่ O-Ring ที่ส่วนประสานต่อของเฟรม เป็นโครงสร้างกันน้ำ 3) ที่ส่วนทะลุผ่านแกน จะมีการติดแมคานิคอลซีลไว้ที่ด้านปั๊ม เป็นโครงสร้างกันน้ำ

17-4 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์ใช้ในน้ำ

การใช้งาน	สำหรับบ่อน้ำลึก		สำหรับใช้งานทั่วไป			สำหรับน้ำโสโครก/สิ่งโสโครก
ชนิด	ชนิดแคนด์หุ้มปิด ชนิดกรงกระรอก ใส่น้ำสะอาด	ชนิดเส้นทนน้ำ หุ้มปิด ชนิดกรงกระรอก ใส่น้ำสะอาด	ชนิดแคนด์หุ้มปิด ชนิดกรงกระรอก ใส่น้ำสะอาด	ชนิดเส้นทนน้ำหุ้มปิด ชนิดกรงกระรอกใส่น้ำสะอาด		ชนิดหุ้มปิด ชนิดกรงกระรอก แห้ง
เครื่องหมายรุ่น	VCTI-KK	VTI-KK	VCTII-K VCTII-KK	VTII-KK		VTOQ-KK
เอ้าท์พุต	ชนิด M6 2.2 - 22kW	ชนิด M9 30 - 90kW ชนิด M10 110 - 185kW	ชนิด 14 1.5 - 3.7kW ชนิด 18 5.5 - 18.5kW	ชนิด 3 22 - 30kW ชนิด 28 37 - 55kW	ชนิด 28 7.5 - 11kW ชนิด 32 15 - 55kW	11 - 132kW
จำนวนโพล	2 โพล	2 โพล	2 โพล	2 โพล	4 โพล	มากกว่า 4 โพล
แรงดันไฟฟ้า	200V	200V 400V (55kW ขึ้นไป)	200V	200V 400V (55kW ขึ้นไป)	200V 400V (55kW ขึ้นไป)	200V 400V (55kW ขึ้นไป)
ความถี่	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
คลาสทนต่อความร้อน	E	Y	E, B	Y	Y	B, F
วิธีการสตาร์ท	ต่ำกว่า 7.5kW สตาร์ทโดยตรง มากกว่า 11kW การสตาร์ทแบบ Y-Δ	การสตาร์ทแบบ Y-Δ	ต่ำกว่า 7.5kW สตาร์ทโดยตรง มากกว่า 11kW การสตาร์ทแบบ Y-Δ	การสตาร์ทแบบ Y-Δ	ต่ำกว่า 7.5kW สตาร์ทโดยตรง มากกว่า 11kW การสตาร์ทแบบ Y-Δ	การสตาร์ทแบบ Y-Δ
อุณหภูมิน้ำที่ใช้	ต่ำกว่า 35°C	ต่ำกว่า 25°C	ต่ำกว่า 40°C	ต่ำกว่า 40°C	ต่ำกว่า 40°C	ต่ำกว่า 40°C

※ มอเตอร์ใช้ในน้ำสำหรับน้ำโสโครก/สิ่งโสโครก (ชนิดแห้ง (Dry Type)) จะเป็นสินค้าสั่งทำทั้งหมด

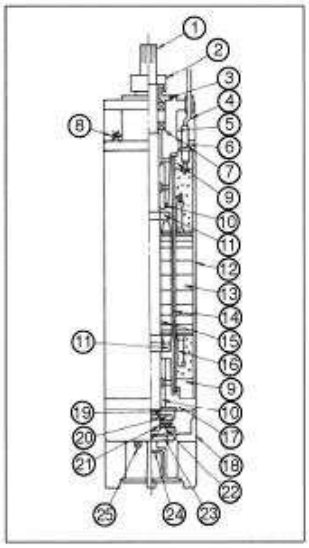
17-5 คุณสมบัติ/โครงสร้างของมอเตอร์ใช้ในน้ำ

(1) ชนิดแคนด์มอเตอร์ใช้ในน้ำสำหรับบ่อน้ำลึก เอ้าท์พุตที่ใช้ : 2.2-22kW

จำนวนโพล : 2 โพล

คุณสมบัติร่วม จะเป็นไปตามคุณสมบัติมาตรฐาน ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ : 200V 50/60Hz
- อุณหภูมิน้ำที่ใช้ : ต่ำกว่า 35°C
- คลาสทนต่อความร้อน : E
- มาตรฐานที่ใช้ : JIS B 8324
- ความยาวสายขั้วต่อ : 2.5m



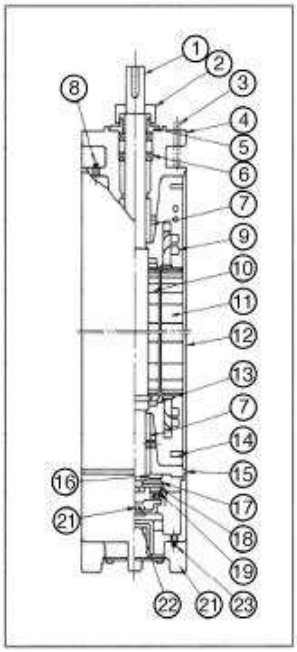
หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	เพลา
2	สลิงเกอร์
3	สลิงเกอร์โกล์
4	สายขั้วต่อ
5	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (บน)
6	ซีลกันน้ำ
7	ซีลแกน
8	Irigation exhaust plug
9	แผ่นติดตั้งเอ็นด์แบริ่งเก็ต
10	Radial bearing
11	บาล์านซ์ริงก์
12	โครงเสื้อ
13	แกนเหล็กสเตเตอร์
14	Canned
15	โรเตอร์
16	ขดลวดสเตเตอร์
17	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (ล่าง)
18	ฝาครอบปลาย
19	เฟรมเคลือบลูกปืนกันสหรุน (Thrust Bearings)
20	เฟรมเคลือบลูกปืนกันสหรุน (Thrust Bearings)
21	Pad Metal
22	เฟรมเคลือบลูกปืน
23	Thrust Plate
24	อุปกรณ์ปรับความดัน (เบโรส)
25	ปล๊กระบายน้ำ

(2) มอเตอร์ใช้ในน้ำชนิดเส้นทนน้ำสำหรับบ่อน้ำลึก เอ้าท์พุตที่ใช้ : 30-185kW

จำนวนโพล : 2 โพล

คุณสมบัติร่วม จะเป็นไปตามคุณสมบัติมาตรฐาน ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ :
  ถึง 45kW 200V 50/60Hz
  : 55kW ขึ้นไป 400V 50/60Hz
- อุณหภูมิน้ำที่ใช้ : ต่ำกว่า 25°C
- คลาสทนต่อความร้อน : Y
- มาตรฐานที่ใช้ : JIS B 8324
- ความยาวสายขั้วต่อ : 2.5m



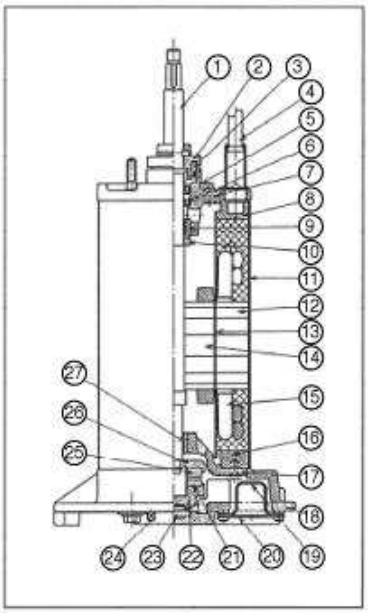
หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	เพลา
2	สลิงเกอร์
3	สายขั้วต่อ
4	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (บน)
5	สลิงเกอร์โกล์
6	ซีลแกน
7	Radial bearing
8	Irigation exhaust plug
9	ขดลวดสเตเตอร์
10	โรเตอร์
11	แกนเหล็กสเตเตอร์
12	โครงเสื้อ
13	บาล์านซ์ริงก์
14	แผ่นติดตั้งเอ็นด์แบริ่งเก็ต
15	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (ล่าง)
16	Up Thrust Bearings
17	Slide Plate
18	เฟรมเคลือบลูกปืนกันสหรุน (Thrust Bearings)
19	Pad Metal
20	Thrust Plate
21	ฝาครอบปลาย
22	อุปกรณ์ปรับความดัน (เบโรส)
23	ปล๊กระบายน้ำ

(3) มอเตอร์ใช้ในน้ำชนิดแคนด์สำหรับใช้งานทั่วไป เอ้าท์พุตที่ใช้ : 1.5-18.5kW

จำนวนโพล : 2 โพล

คุณสมบัติร่วม จะเป็นไปตามคุณสมบัติมาตรฐาน ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ : 200V 50/60Hz
- อุณหภูมิน้ำที่ใช้ : ต่ำกว่า 40°C
- คลาสทนต่อความร้อน : E
  : B (15, 18.5kW)
- มาตรฐานที่ใช้ : JIS B 8325
- ความยาวสายขั้วต่อ : 10m



หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	เพลา
2	ลลิงเกอร์
3	ลลิงเกอร์ไกด์
4	ซีลกันน้ำ
5	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (บน)
6	ซีลแกน
7	ปลั๊กระบายน้ำออก
8	แผ่นติดตั้งเอ็นด์แบริ่งเก็ต (บน)
9	Radial bearing (บน)
10	บาล์านซิริงก์
11	โครงเสื้อ
12	แกนเหล็กสเตเตอร์
13	Canned
14	โรเตอร์
15	ขดลวดสเตเตอร์
16	แผ่นติดตั้งเอ็นด์แบริ่งเก็ต (ล่าง)
17	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (ล่าง)
18	ฝาครอบปลาย
19	อุปกรณ์ปรับความดัน (เบโรส)
20	ฝาครอบ
21	Slide Plate
22	เฟรมตลับลูกปืน
23	Thrust Plate
24	ปลั๊กระบายน้ำ
25	ตลับลูกปืนกันพรุน (Thrust Bearings)
26	เฟรมตลับลูกปืนกันพรุน (Thrust Bearings)
27	Radial bearing (ล่าง)

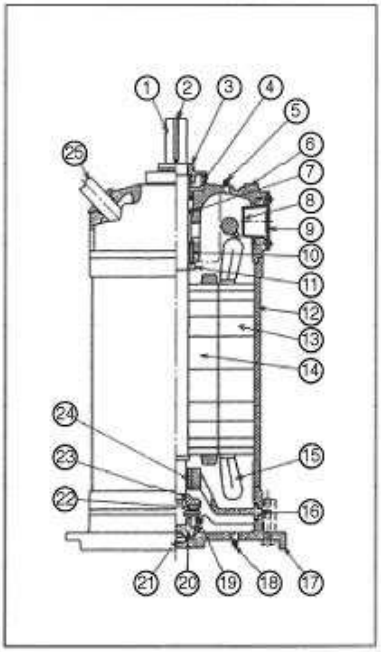
(4) มอเตอร์ใช้ในน้ำชนิดเส้นทนน้ำล่าหรับใช้งานทั่วไป เอ้าท์พุตที่ใช้ :

2 โพล 22-55kW

4 โพล 7.5-55kW

คุณสมบัติร่วม จะเป็นไปตามคุณสมบัติมาตรฐาน ดังนี้

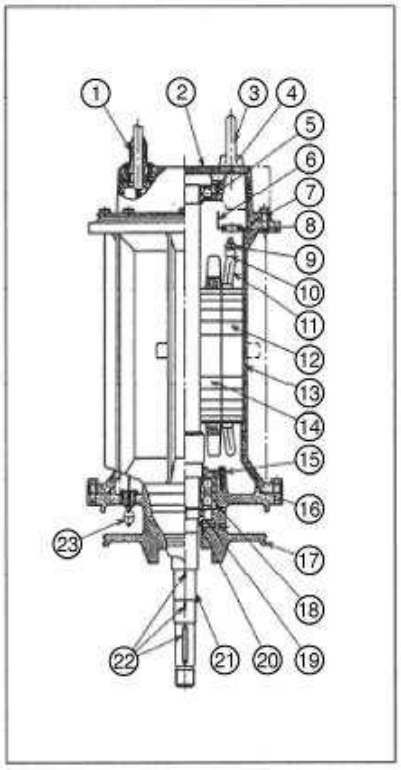
- แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ :
  จนถึง 45kW 200V 50/60Hz
  55kW ขึ้นไป 400V 50/60Hz
- อุณหภูมิน้ำที่ใช้ : ต่ำกว่า 40°C
- คลาสทนต่อความร้อน : Y
- มาตรฐานที่ใช้ : JIS B 8325
- ความยาวสายขั้วต่อ : 10m



หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	เพลา
2	คีย์
3	ลลิงเกอร์
4	ลลิงเกอร์ไกด์
5	ปลั๊กระบายน้ำออก
6	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (บน)
7	ซีลแกน
8	อุปกรณ์ปรับความดัน (เบโรส)
9	ฝาครอบ
10	Radial bearing (บน)
11	บาล์านซิริงก์
12	โครงเสื้อ
13	แกนเหล็กสเตเตอร์
14	โรเตอร์
15	ขดลวดสเตเตอร์
16	เอ็นด์แบริ่งเก็ต (ล่าง)
17	ฝาครอบปลาย
18	ปลั๊กระบายน้ำ
19	Pad Metal
20	เฟรมตลับลูกปืน
21	Thrust Plate
22	ตลับลูกปืนกันพรุน
23	เฟรมตลับลูกปืนกันพรุน (Thrust Bearings)
24	Radial bearing (ล่าง)
25	สายขั้วต่อ

(5) มอเตอร์ใช้ในน้ำชนิดแห้ง (Dry Type)
สำหรับระบายน้ำโสโครก/สิ่งโสโครก
เอ๊าท์พุตที่ใช้ : 11-132kW
จำนวนโพล : 4 โพลขึ้นไป
คุณสมบัติร่วม จะเป็นไปตามคุณสมบัติมาตรฐาน ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ : ถึง 45kW
  200V 50/60Hz : 55kW ขึ้นไป
  400V 50/60Hz
- อุณหภูมิน้ำที่ใช้ : ต่ำกว่า 40°C
- คลาสทนต่อความร้อน : B, F
- มาตรฐานที่ใช้ : JIS B 8325
- ความยาวสายขั้วต่อ : 10m



หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน
1	สายเคเบิลกันน้ำ
2	เอ็นด์แบร็กเก็ต (บน)
3	สลักเกลียวห่วง
4	ลูกปืนชนิดปิดผนึกอย่างดี
5	Collar Bearing
6	แผ่นป้องกันสายเคเบิล
7	O-ริงก์
8	Rubber Bush
9	สายขั้วต่อ
10	รีเลย์ป้องกันโอเวอร์โหลด
11	ขดลวดสเตเตอร์
12	แกนเหล็กสเตเตอร์
13	โครงเสื้อ
14	โรเตอร์
15	ฝาครอบตลับลูกปืน
16	O-ริงก์
17	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ล่าง)
18	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ล่าง)
19	น็อตขันยึดตลับลูกปืน
20	ซีลแกน
21	เพลา
22	คีย์
23	สวิทช์ลูกลอย

7-6 รายการที่ต้องตรวจสอบเพื่อการประเมินราคา มอเตอร์ใช้ในน้ำ)

มอเตอร์ใช้ในน้ำมีการผลิตสำหรับปั๊มในน้ำแต่ละชนิด อย่างไรก็ตาม โครงสร้างและคุณสมบัติของมอเตอร์ใช้ในน้ำอาจเปลี่ยนไปได้ เนื่องจากชนิดของปั๊มในน้ำหรือสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งใช้งาน

ขั้นแรก ให้ทำการตรวจสอบรายการดังต่อไปนี้

(1) ชนิดของปั๊มในน้ำ

- สำหรับบ่อน้ำลึก สำหรับใช้งานทั่วไป (บ่อน้ำตื้น) ชนิดแห้ง(Dry Type)(สำหรับน้ำโสโครก)

(2) สภาพแวดล้อมที่ติดตั้งใช้งาน

- การนำไปใช้งาน สถานที่ติดตั้ง ของเหลวที่ใช้ด้วย อุณหภูมิน้ำรอบข้าง ความลึกของน้ำที่นำไปใช้ด้วย

(3) คุณสมบัติของปั๊ม

- คุณลักษณะทอร์คของปั๊ม น้ำหนักของปั๊ม/ใบพัด วิธีเชื่อมต่อ(ต่อตรง/คับปลิ้ง/เครื่องลดความเร็ว)

(4) คุณสมบัติมิเตอร์

- เอ๊าท์พุต จำนวนโพล แรงดันไฟฟ้า ความถี่ วิธีการสตาร์ท คลาสทนต่อความร้อน
- วัสดุเฟรม/แกน ทิศทางการหมุน ความยาวสายเคเบิล ความถี่การสตาร์ท มี/ไม่มีการควบคุมความเร็ว
- (กรณีมอเตอร์ใช้ในน้ำชนิดแห้ง (Dry Type)) มี/ไม่มีเครื่องตรวจจับน้ำไหล มี/ไม่มีการป้องกันโอเวอร์โหลด

18 มอเตอร์สำหรับเรือ

18-1 คำนำ

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในเรือจะมีเงื่อนการใช้งานที่แตกต่างออกไปจากตอนใช้บนพื้นดิน ดังนั้นโครงสร้างบางส่วนจะแตกต่างออกไปจากมอเตอร์ทั่วไป

18-2 คุณสมบัติมาตรฐาน

ส่วนแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วไป นอกจากในด้านมาตรฐานข้อบังคับและค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิแล้ว ยังมีในเรื่องของการป้องกันความชื้น กรรมวิธีเพื่อให้ทนเกลือ การสั่นของเรือ Rolling Pitching ฯลฯ และโครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย นอกจากรายการด้านล่างที่จะกล่าวต่อไปนี้แล้ว จะเหมือนกับมอเตอร์แบบกรงกระรอกทั่วไป

(1) รุ่น

มาตรฐานจะเป็นชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย

(2) แรงดันไฟฟ้า, ความถี่

มาตรฐานแรงดันไฟฟ้าเป็น 220V หรือ 440V ความถี่เป็น 60Hz ขนาดแรงดันไฟฟ้าอื่น และสำหรับความถี่ 50Hz ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท เบอร์เฟรมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

(3) กล่องขั้วต่อสาย

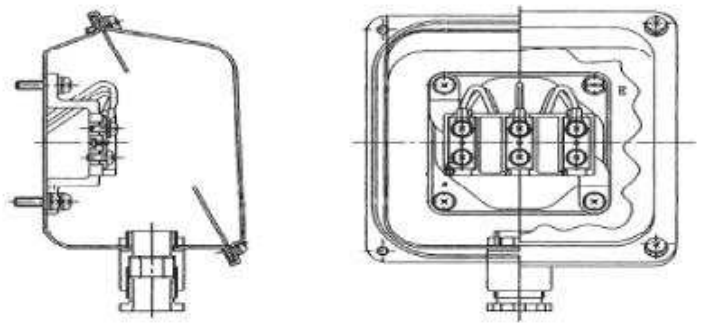
กล่องขั้วต่อสายสำหรับมอเตอร์ใช้ในเรือ จะเป็นโครงสร้างป้องกันน้ำ ที่รูต่อสายไฟกับภายนอก มีการติดกล่องต่อสายป้องกันน้ำ JIS F 8001 ภายในกล่องขั้วต่อสายมีการปรับปรุงโครงสร้างไม่ให้เกิดการหลวมจากการสั่นของเรือ และการติดตั้งแผงต่อสายไฟหรือขาตั้งที่สามารถต่อสายได้ง่าย รูต่อสายไฟกับภายนอกจะมีการใช้กล่องต่อสายป้องกันน้ำในการยึดสายเคเบิลรอบเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก

สำหรับมาตรฐานกล่องต่อสายป้องกันน้ำและขนาดมิติ KD ให้ดูรายละเอียดในตาราง 18.1

เมื่อทำการสั่งซื้อ ให้ทำการระบุขนาดมิติของกล่องต่อสาย (ขนาดมิติ KD)

กรณีการสตาร์ทแบบ Y-Δ จะเป็นกล่องต่อสายป้องกันน้ำ 2 ทาง ให้ทำการแจ้งวิธีการสตาร์ทให้ทราบด้วย

ตาราง 18.1 โครงสร้างกล่องขั้วต่อสายสำหรับใช้ในเรือและขนาดมิติ



เบอร์เฟรม	มาตรฐาน
71M - 112M	20c
132S - 132M	25a
160M - 160L	25b

(4) มาตรฐานข้อบังคับและการรับรอง

การผลิตมอเตอร์สำหรับเรือ ต้องผลิตให้ตรงตามมาตรฐานข้อบังคับ ดังนั้นต้องแจ้งมาตรฐานข้อบังคับที่ต้องการให้ทราบด้วย นอกจากนี้ ยังมีระดับการรับรองด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 18.2

ตาราง 18.2 มาตรฐานข้อบังคับและการรับรองของมอเตอร์สำหรับเรือ

มาตรฐานข้อบังคับ	การรับรอง	ย่านการรับรอง
ABS (American Bureau of Shipping) อเมริกา	※	
BV (Bureau Veritas) ฝรั่งเศส	※	
LR (Lloyd's Register of Shipping) อังกฤษ	※	
NV (Det Norske Veritas) นอร์เวย์	※	
NK (สมาคมทางทะเลญี่ปุ่น ข้อบังคับเรือเหล็ก) ญี่ปุ่น	O	ทุกโมเดล หมายเหตุ3
JG (พระราชบัญญัติความปลอดภัยบนเรือ มาตรฐานข้อบังคับอุปกรณ์เรือ) ญี่ปุ่น	O	1kW ขึ้นไป หมายเหตุ4
CR (China Corporation Register of Shipping) จีน	※	
KR (Korean Register of Shipping) เกาหลี	O	
CCS (China Classification Society standards)	※	

หมายเหตุ) 1. เครื่องหมาย คือ ที่ผ่านการรับรองยืนยันจากการทดสอบของบริษัท

2. เครื่องหมาย คือส่วนที่อยากได้การรับรองหลังจากประกอบเข้าจากทางเจ้าของเอง

3. ซีรี่ย์เดอะมอทอล (เบอร์เฟรม 71 - 225) เป็นชนิดที่ผ่านการรับรองแล้ว ไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบยืนยัน

4. ถ้าไม่เกิน 20kW ไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบยืนยัน

นอกจากนี้ อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมาตรฐานของแต่ละมาตรฐานข้อบังคับ จะแสดงในตาราง 18.3

ตาราง 18.3 อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมาตรฐานของมอเตอร์สำหรับเรือ

มาตรฐานข้อบังคับ	อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมาตรฐาน
ABS	50
BV	45
LR	45
NV	45
NK	45
JG	40
CR	45
KR	45
CCS	45

18-3 การใช้งาน

(1) มอเตอร์สำหรับปั๊ม

ปั๊มที่ใช้งานอยู่นั้นมีหลายหลายชนิด เช่น ปั๊มหล่อลื่นน้ำมัน ปั๊ม Main Condensate ปั๊มหมุนวนน้ำ (Circulating Water Pump) ปั๊มน้ำหล่อเย็น ปั๊มดับเพลิง ปั๊มน้ำใต้ท้องเรือ (Bilge Pump) ปั๊มบัลลาสต์ (Ballast Pump) ปั๊มไฮดรอลิกส์ เป็นต้น

(2) มอเตอร์สำหรับพัดลมดูดลมเข้า

สำหรับการถ่ายเทอากาศในห้องที่มีเครื่องจักรทำงานหรือห้องหม้อต้มน้ำและหม้อต้มน้ำจะใช้มอเตอร์เป่าลม (Blower Motor) เป็นหลัก ในการปรับปริมาณของลมจะมีการใช้แดมเปอร์บ้าง แต่การปรับที่ความเร็วรอบของมอเตอร์จะช่วยประหยัดกว่า ดังนั้นส่วนมากจึงใช้มอเตอร์ที่ปรับความเร็วได้เป็นหลัก นอกจากนี้ ในเรือจะมีการใช้พัดลมดูดลมเข้าสำหรับการถ่ายเทอากาศเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอเตอร์ชนิดประกอบภายในใช้ใบพัด Propeller จะนิยมใช้กันเป็นจำนวนมาก

(3) อื่นๆ

นอกจากที่กล่าวไปแล้วในข้างต้นแล้ว ยังมีมอเตอร์ชนิดต่างๆ ที่ใช้กับอุปกรณ์เครื่องชนิดพิเศษต่างๆ เช่น พูริไฟเยอร์ คอมเพรสเซอร์ เกียร์พวงมาลัย เทอร์นนิ่งเกียร์ เป็นต้น นอกจากนี้ มอเตอร์สำหรับใช้กับเครื่องจักรที่อยู่บนดาดฟ้าเรือ บางครั้งก็จำเป็นที่ต้องใช้โครงสร้างพิเศษ ในกรณีนี้ ให้ทำการติดต่อสอบถามเพิ่มเติม

18-4 การทดสอบมาตรฐานรับรองใช้กับเรือ

มอเตอร์สำหรับเรือที่อยู่นอกเหนือย่านการรับรองตามที่ระบุไว้ในตาราง 18.2 ถ้าจำเป็นต้องส่งเรื่องขอทำการทดสอบรับรองโดยทางบริษัท จะต้องส่งใบคำร้องขอทำการทดสอบไปยังสมาคม ในกรณีนี้ให้ระบุ "**ชื่อของเรือ**" "**วัตถุประสงค์การใช้งาน**" และ "**หมายเลขเรือ**"

19 มอเตอร์สำหรับไฟฟ้ากำลัง

19-1 คำนำ

(1) มอเตอร์สำหรับไฟฟ้ากำลังจะใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสำรองจ่ายไฟในสถานีจ่ายไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติของมอเตอร์ที่ใช้จะแตกต่างกันออกไปตามขนาดพลังงานของสถานีจ่ายไฟฟ้าว่าเป็นพลังงานน้ำ พลังงานไฟ หรือพลังงานปรมณู นอกจากนี้ยังแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์การใช้งานสถานีจ่ายไฟฟ้าว่าเป็นสำหรับธุรกิจการค้า หรือสำหรับใช้ในบ้าน อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นประเภทไหนก็ตาม ก็ต้องการความเชื่อมั่นในการทำงานที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ใช้ในโรงงานปรมณู ซึ่งทางกลุ่มบริษัทฮิตาชิได้ควบคุมคุณภาพการผลิตมอเตอร์สำหรับใช้กับงานในโรงงานปรมณูที่สามารถให้ความเชื่อมั่นได้สูง นอกจากนี้แล้ว ยังได้คิดค้นและจัดทำระบบมาตรการสำหรับการบำรุงรักษาและตรวจสอบในเขตพื้นที่ป้องกันและควบคุมการฉายรังสี

(2) โดยทั่วไปแล้ว ด้วยเครื่องมือมาตรฐานหรืออุปกรณ์ปรับโครงสร้างของฮิตาชิ จะไม่มีปัญหากรณีที่เป็นมอเตอร์สำหรับพลังงานน้ำ แต่กรณีของมอเตอร์สำหรับพลังงานไฟหรือพลังงานปรมณู จะถือเป็นสินค้าสั่งผลิตจะดำเนินการประมาณราคาจากทางโรงงาน

(3) ในแง่ของมาตรฐานข้อบังคับของการใช้งานแล้ว ถึงแม้จะเป็นบริษัทเดียวกันก็ตาม แต่สถานีจ่ายไฟฟ้าแตกต่างกันอาจมีความแตกต่างกันออกไปได้ ดังนั้น ในใบขอประมาณราคา นอกจาก **"ชื่อบริษัทจ่ายไฟฟ้า"** แล้ว จะต้องมี **"ชื่อสถานีจ่ายไฟฟ้า"** และ **"หมายเลขเครื่องอะไร"** ด้วย สำหรับสินค้าส่งออก ถึงแม้จะใช้มาตรฐานข้อบังคับของประเทศนั้นเป็นหลัก แต่ในปัจจุบัน สำหรับสินค้าที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่นหลายอย่างที่อนุโลมให้ใช้มาตรฐานข้อบังคับของญี่ปุ่นก็ได้ ให้ทำการปรึกษากับบริษัทที่ปรึกษาที่อยู่ในประเทศนั้น ดังนั้น ถึงแม้จะเป็นข้อกำหนดต่างประเทศ ก็ขอให้ระบุสั่งโดยใช้มาตรฐานข้อบังคับของญี่ปุ่น

(4) ใบขอประมาณราคามอเตอร์สำหรับพลังงานปรมณู จะต้องกรอกข้อมูลคุณสมบัติที่จำเป็นจากเอกสารรายการมอเตอร์ที่แนบให้ไปด้วย ขอให้สอบถามดูประมาณทั้งหมด ถึงจะเป็นสินค้าตัวเดียว ก็ขอให้สอบถามประมาณราคา

20 มอเตอร์แยกตามการใช้งาน

20-1 มอเตอร์สำหรับปั้ม

20-1-1 คำนำ

ปั้มจะแยกออกเป็น 2 ประเภทตามวิธีการส่งถ่ายพลังงานไปที่ของเหลวภายในตัวภาชนะคือ ชนิดเทอร์โบและชนิดปริมาตรความจุ ตามที่แสดงในตาราง 20.1

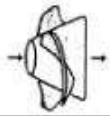
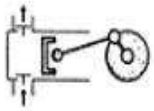
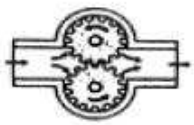
- ปั้มเทอร์โบ:

เป็นปั้มชนิดที่ไปหมุนล้อใบพัดในภาชนะ (โครงเสื้อ) ที่มีท่อดูดเข้าและพ่นออก และส่งถ่ายพลังงานไปที่ตัวของเหลว

- ปั้มปริมาตรความจุ (Volume Pump):

เป็นปั้มชนิดที่ดูดของเหลวเข้าและพ่นออกโดยการเปลี่ยนปริมาตรเป็นรอบๆ ไป

ตาราง 20.1 ประเภทของปั้ม

ชนิด		โครงสร้างและสมรรถภาพ		การใช้งาน
ปั้มเทอร์โบ	ปั้มหอยโข่ง		• ที่ด้านนอกของล้อใบพัดจะมีโครงเกลียวเพื่อพักน้ำแล้วพ่นออก	• สำหรับงานเกษตรกรรม • สำหรับสูบน้ำขึ้นลง • สำหรับปรับอากาศ • ใช้ตั้งแต่กับน้ำในงานอุตสาหกรรมจนถึงน้ำยาและสารทำละลาย
			• ที่รอบล้อใบพัดจะมีใบพัดนำยึดติดอยู่ โดยจะมีการลดความเร็วการไหลและเพิ่มแรงดัน	
	Diagonal-Flow Pump		• การไหลของล้อใบพัดจะเฉียงทำมุมกับแกน • เหมาะสมหรับการปั้มระดับความสูงประมาณหลักเมตร-30 เมตร และปั้มปริมาณที่ละมากๆ	• สำหรับระบายน้ำในแม่น้ำ • สำหรับปั้มหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นในสถานีจ่ายไฟฟ้าพลังไฟ
	Axial-Flow Pump		• เพิ่มพลังงานให้กับของเหลวโดยแรงจากการทำงานของปีกของล้อใบพัด โดยให้ไหลไปในทิศทางแกน • สำหรับความสูงไม่มาก	• สำหรับระบายน้ำในแม่น้ำ • เครื่องจักรขนาดใหญ่สำหรับการระบายน้ำเสีย
ปั้มปริมาตรความจุ (Volume Pump):	ปั้มลูกสูบ		• เคลื่อนลูกสูบหรือ Plunger ไปกลับเพื่อดูดของเหลวเข้ามาและพ่นออกไป	• สำหรับอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์
	ปั้มโรตารี่		• ใช้วิธีการหมุนฟันเฟืองหรือโรเตอร์แบบพิเศษที่อยู่ในเคส ตัวอย่างปั้ม เช่น ปั้มฟันเฟือง ปั้มสกรู ปั้มใบพัด เป็นต้น	• ปั้มดับเพลิง • ปั้มไฮดรอลิกส์

ปั้มหอยโข่ง จะแบ่งเป็นประเภทล้อใบพัดชนิดหนึ่งชั้น 1 อัน ชนิดหลายชั้น 2 อันขึ้นไปในแกนเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีประเภทท่อดูดเข้าชนิดดูดเข้าข้างเดียว 1 อัน และชนิดดูดเข้าจากทั้งสองทาง ชนิดแกนแนวตั้ง ชนิดแกนแนวนอน ฯลฯ

20-1-2 จุดในการเลือกมอเตอร์

(1) การคำนวณเอ๊าท์พุตที่ต้องใช้ (kW)

เอ๊าท์พุตมอเตอร์ที่จำเป็นสำหรับใช้กับปั๊มจะคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$P_m = \frac{P(1+\alpha)}{\eta_t}$$

P_m : เอ๊าท์พุตที่ต้องใช้ของมอเตอร์ (kW)

α : การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า/ความถี่

อัตราการเผื่อค่าในการออกแบบ/ผลิต

(0.1 - 0.2)

η_t : ประสิทธิภาพของการส่งถ่ายพลังงาน

(0.90 - 0.98)

P : แรงขับเคลื่อนแกนปั๊ม (kW)

แรงขับเคลื่อนแกนปั๊ม (P) สามารถคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$P = \frac{0.1635rQH}{\eta p}$$

P : แรงขับเคลื่อนแกนปั๊ม (kW)

Q : ปริมาณการสูบออกของปั๊ม (m3/min)

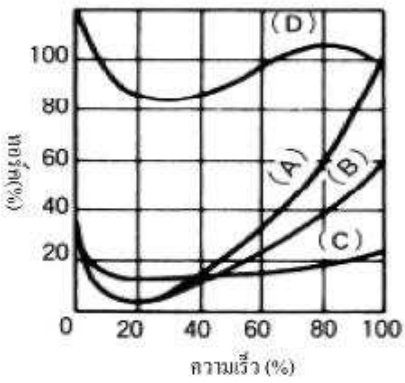
r : ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

H : ความสูงการสูบขึ้นทั้งหมดของปั๊ม (m)

ηp : ประสิทธิภาพปั๊ม (%100)

(2) คุณลักษณะทอร์ค

เป็นธรรมดาที่ทอร์คเริ่มต้นทำงานที่จำเป็นต้องใช้ของปั๊มนั้นมีค่าต่ำ เนื่องจากเป็นเพียงแค่ทอร์คเสียดทาน (การสตาร์ทแบบเปิดวาล์วสูบออก กับการสตาร์ทแบบปิดวาล์วสูบจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันเล็กน้อย) ดังนั้น ในการเลือกใช้มอเตอร์ จะไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับทอร์คเริ่มต้นทำงาน และทอร์คสูงสุด (ยกเว้นปั๊มลูกสูบและปั๊มสุญญากาศ)



รูป 20.1 ความเร็วปั๊ม-เส้นโค้งคุณลักษณะทอร์ค

ตาราง 20.2 ตัวอย่างทอร์คของปั๊ม

ประเภทของโหลด		ทอร์คเริ่มต้นทำงาน (%)	ทอร์คสูงสุด (%)	คุณลักษณะทอร์ค (ดูรูป 20.1)
ปั๊มหอยโข่งแกนแนวนอน	ปิดวาล์วสูบ	40	150	(B)
	เปิดวาล์วสูบ	40	150	(A)
ปั๊มหอยโข่งแกนแนวตั้ง	ปิดวาล์วสูบ	50	150	(B)
	เปิดวาล์วสูบ	50	150	(A)
ปั๊มลูกสูบ	ชนิดบายพาส	40	150	(B)
	สตาร์ทโหลด	150	150	(D)
ปั๊มสุญญากาศ		60	150	(C)

(3) โหลดแรงฉุด (Thrust Load)

ปั๊มชนิดแกนแนวตั้ง ไม่เพียงแค่ตลับลูกปืนด้านมอเตอร์จะรับน้ำหนักเพียงแค่น้ำหนักของโรเตอร์เท่านั้น ยังมี แรงฉุดปั๊ม น้ำหนักของล้อใบพัดด้วย ถ้าค่าเกินค่าย่านที่ยอมรับได้ตามที่ระบุใน **"ส่วนข้อมูล 5.โหลดแรงฉุด"** จำเป็นที่จะต้องพิจารณาใช้โครงสร้างตลับลูกปืนพิเศษ นอกจากนี้แล้ว ปั๊มชนิดแกนแนวนอนที่รับแรงฉุดปั๊มก็ต้องได้รับการพิจารณาเช่นเดียวกัน ให้ทำการตรวจสอบค่าด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

<วิธีเลือกมอเตอร์สำหรับปั๊ม และโหลดแรงฉุด>

ถ้าเกินค่าโหลดแรงฉุดที่ยอมรับได้ ให้ระบุค่าดังต่อไปนี้

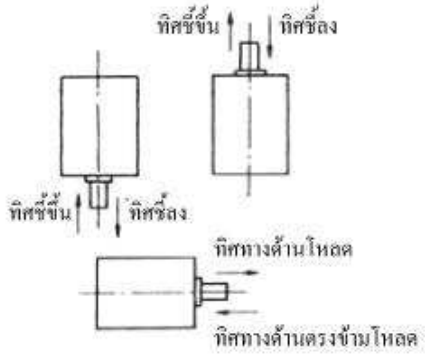
1. ขณะทำงานปกติ ☐ N
2. ค่าสูงสุด ☐ N
3. ทิศทางของโหลด

(1) กรณีแกนแนวตั้ง

(1) ทิศชี้ขึ้น (2) ทิศชี้ลง

(2) กรณีแกนแนวนอน

(1) ทิศทางด้านโหลด (2) ทิศทางด้านตรงข้ามโหลด



หมายเหตุ) ถ้าทิศทางของโหลดมีทั้ง 2ทิศทาง ให้ระบุค่าขณะทำงานปกติกับค่าสูงสุดของทั้งสองทิศทางมาให้ด้วย

(4) ความถี่การสตาร์ท

กรณีของปั๊มที่จะต้องทำการสตาร์ทและหยุดทำงานอยู่บ่อยๆ ขณะที่เริ่มปรับปริมาณน้ำอัตโนมัติ จะเกิดความร้อนที่เป็นสัดส่วนกับโมเมนต์ความเฉื่อย J ภายในมอเตอร์ขณะเริ่มทำงาน และจะเกิดความสูญเสียพลังงานขึ้นจากความร้อนนี้ ดังนั้น ปั๊มที่มีความถี่การสตาร์ทบ่อย จำเป็นต้องเลือกมอเตอร์ที่จำกัดค่ารอบการหมุน หรือขนาดความจุความร้อน

(5) เสียงรบกวน

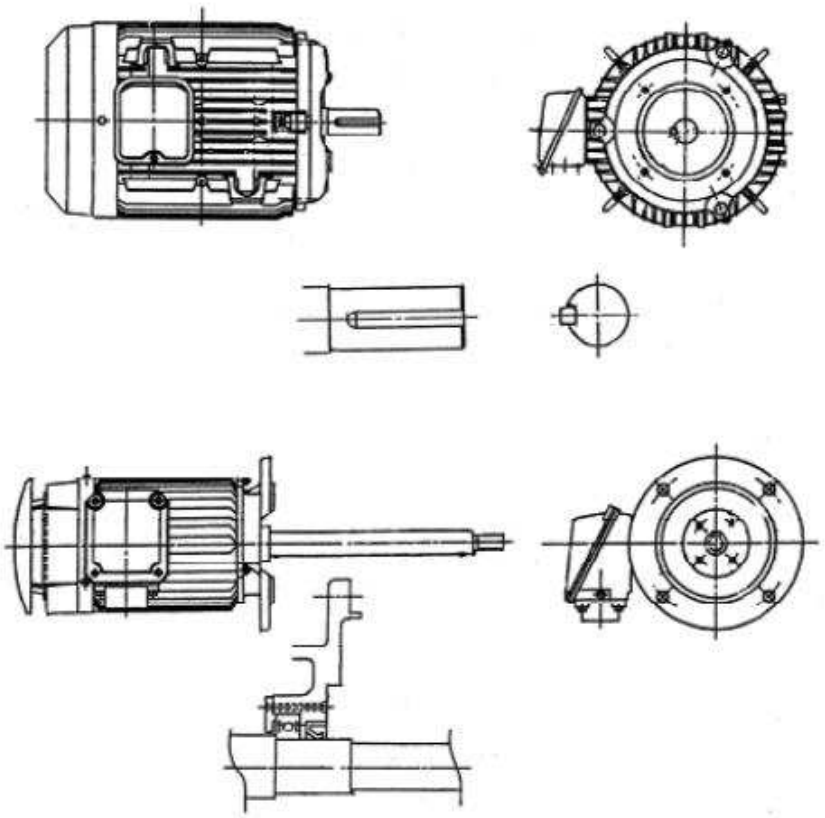
มอเตอร์ที่ใช้กับปั๊มโดยส่วนมากจะใช้ชนิด 2 โพล หรือ 4 โพล อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่อื่นก็มีบ้างที่ใช้มอเตอร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสียงรบกวน เช่น ตัวเก็บเสียง (Silencer) เป็นต้น สำหรับรายละเอียด ให้ดูใน **"ส่วนสินค้า 7.มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ"**

(6) ข้อควรระวังเมื่อต่อตรงกับคับปลิ้ง

สินค้าที่เป็นเบอร์เฟรม 250 (เทียบเท่า 75kW 4P) ขึ้นไป จะใช้โรลเลอร์แบริ่งที่ด้านโหลด ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้ต่อตรงเข้ากับคับปลิ้ง

20-1-3 ตัวอย่างโครงสร้างมอเตอร์

สามารถที่จะผลิตมอเตอร์เฉพาะงานรวมเป็นตัวเดียวกันกับตัวปั๊มได้ ให้ดูตัวอย่างในรูป 20.2 ประกอบ

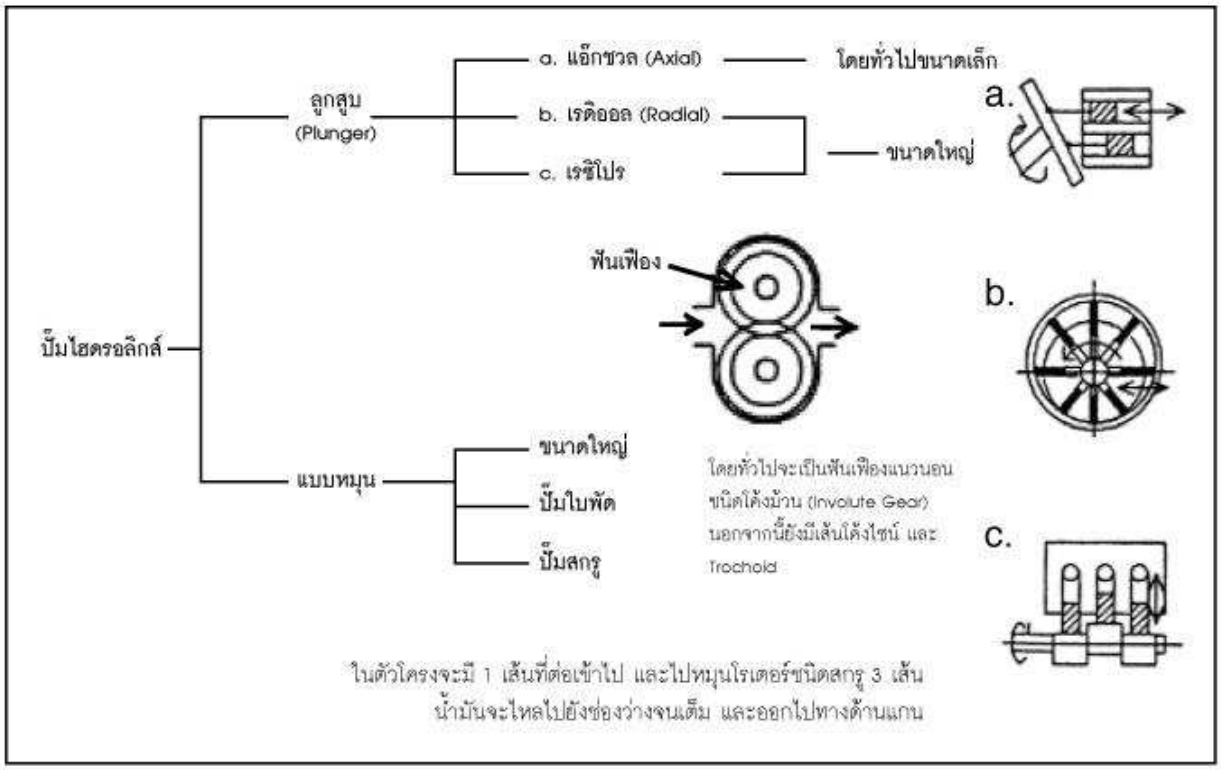


รูป 20.2 ตัวอย่างมอเตอร์เฉพาะสำหรับปั๊ม

20-2 มอเตอร์สำหรับปั๊มไฮดรอลิกส์

20-2-1 คำนำ

ปั๊มไฮดรอลิกส์ที่ให้ความดันสูง ด้วยวัสดุตัวนำที่เป็นน้ำมัน จะแยกประเภทตามโครงสร้างได้ดังนี้



20-2-2 จุดการเลือกมอเตอร์

(1) คุณลักษณะทอร์คและความถี่การสตาร์ท

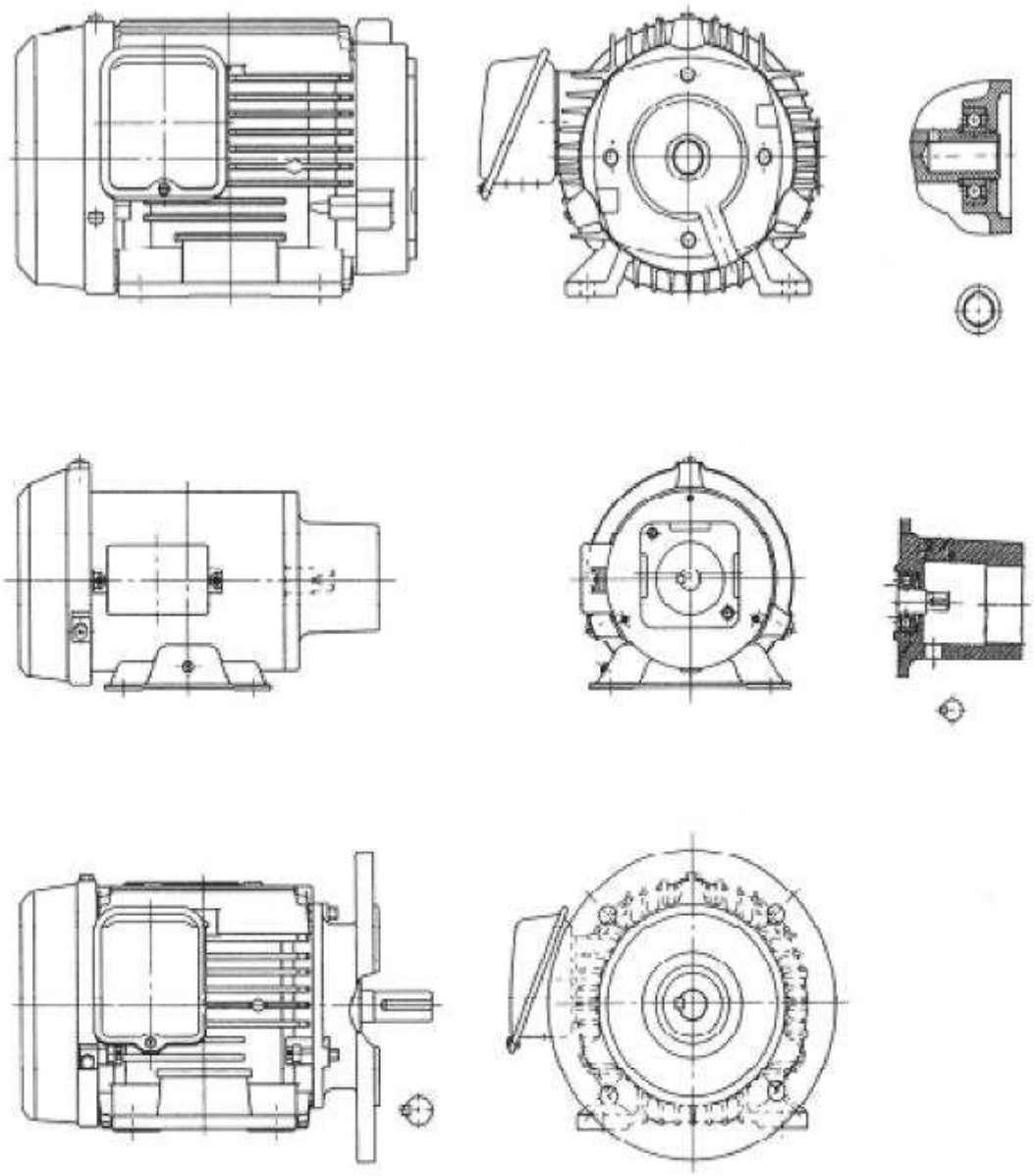
โดยทั่วไป ทอร์คจำเป็นสำหรับเริ่มต้นทำงานของปั๊มชนิดลูกสูบจะมีค่า 80 - 100 ปั๊มชนิดหมุนมีค่า 60 - 90 ดังนั้น ในการเลือกมอเตอร์ ถ้าความถี่การสตาร์ทสูง จำเป็นต้องตรวจสอบค่าโมเมนต์ความเฉื่อย J และความถี่

(2) วิธีเชื่อมต่อ

ในปัจจุบัน การใช้งานมอเตอร์รวมไว้ในเครื่องปั๊มไว้ในตัว เช่นมอเตอร์ชนิดหน้าแปลนพร้อมขาตั้งนั้นเป็นที่นิยมมากขึ้น ขนาดมิติของหน้าแปลน โดยส่วนใหญ่จะกำหนดโดยการระบุขนาดมิติของปั๊มที่ใช้งานด้วย นอกจากนี้ การเชื่อมต่อแกน จำเป็นต้องใช้ชนิดเพลากลวง (Hollow Shaft) รวมทั้งต้องกำหนดขนาดมิติและความแม่นยำด้วย

(3) ตัวอย่างโครงสร้างมอเตอร์

สามารถผลิตมอเตอร์เฉพาะทางที่รวมปั๊มไว้ในตัวเดียวกัน ตัวอย่างให้ดูในรูป 20.3 ประกอบ



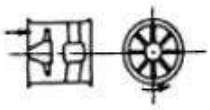
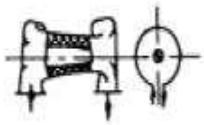
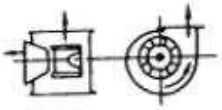
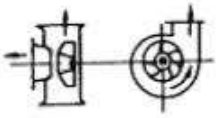
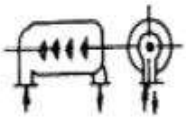
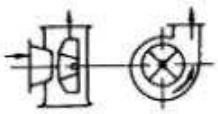
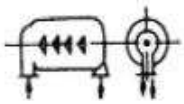
รูป 20.3 ตัวอย่างมอเตอร์เฉพาะทางปั๊มไฮดรอลิกส์

20-3 มอเตอร์สำหรับพัดลม/โบรเวอร์

20-3-1 คำนำ

อุปกรณ์นำพาความร้อนของเครื่องมือปรับอากาศคือทั้งพัดลมและโบรเวอร์ต่างก็เป็นเครื่องเป่าลมกันทั้งคู่ อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้ว ถ้าแรงดันอากาศไม่เกิน 9.8kPa จะเรียกว่าพัดลม ไม่เกิน 98kPa เรียกว่าโบรเวอร์ ส่วน 0.01MPa ขึ้นไป เรียกว่าคอมเพรสเซอร์ นอกจากนี้แล้ว ถ้าแยกตามทฤษฎีการทำงาน ก็จะแบ่งเป็นชนิดเทอร์โบ และชนิดปริมาตรความจุ ชนิดเทอร์โบจะหมุนล้อปีกใบพัดด้วยความเร็วสูง ปีกใบพัดจะนำพาอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณและนำพา เป็นชนิดที่เพิ่มทั้งความดันและความเร็ว ประกอบไปด้วยชนิด Axial-Flow และชนิดหอยโข่ง

ตาราง 20.1 ประเภทของใบพัด/โบรเวอร์

แรงดัน			เครื่องเป่าลม		ชื่อ	การใช้งาน
			ใบพัด	โบรเวอร์		
			9.8kPa	9.8kPa ขึ้นไป ไม่เกิน 98kPa		
ชนิดเทอร์โบ	ชนิด Axial-Flow	Axial-Flow			ใบพัด Propeller	สำหรับถ่ายเทอากาศ สำหรับระบายอากาศในท่อขนาดเล็ก ใบพัดของตีสก์
	ชนิดหอยโข่ง	หลายปีกใบพัด			ใบพัดหลายปีก (ใบพัด Sirocco)	สำหรับถ่ายเทอากาศทั่วไป สำหรับเครื่องปรับอากาศ สำหรับระบายอากาศให้มอเตอร์
		เรดิออล (Radial)			ใบพัดเรดิออล (ใบพัดแผ่นจาน)	สำหรับระบายอากาศบอยเลอร์ สำหรับโรเตอรี่คิลน์ก๊าซเช่นซีเม็นต์/อลูมินา เป็นต้น
		เทอร์โบ			ใบพัดเทอร์โบ โบรเวอร์เทอร์โบ	สำหรับพัดลมดูดลมเข้าในบอยเลอร์ สำหรับในโรงงานแต่ละประเภท สำหรับงานหล่อเหล็ก สำหรับดูดลมเข้าเตาหลอม สำหรับเครื่องทำความเย็น สำหรับอัดส่งก๊าซใช้ในตัวเมือง

20-3-2 จุดในการเลือกมอเตอร์

(1) การคำนวณเอ๊าท์พุตที่ต้องใช้ (kW)

เอ๊าท์พุตมอเตอร์ที่จำเป็นสำหรับใช้กับใบพัดจะคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$P_m = \frac{P(1+\alpha)}{\eta_t}$$

P_m : เอ๊าท์พุตที่ต้องใช้ของมอเตอร์ (kW)

α : สัมประสิทธิ์การเผื่อค่า

η_t : ประสิทธิภาพของการส่งถ่ายพลังงาน (0.90 - 0.98)

P : แรงขับเคลื่อนแกนใบพัด (kW)

แรงขับเคลื่อนแกนใบพัด (P) สามารถคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$P = \frac{9.8HQ}{60\eta_f}$$

Q : ปริมาณลม (m^3/min) H : แรงดันลม (Pa) η_f : ประสิทธิภาพใบพัด (%100)

ตาราง 20.2 ประสิทธิภาพใบพัดและสัมประสิทธิ์การเผื่อค่า

ประเภทของใบพัด	η_f (%)	α
ใบพัด Propeller	50 - 75	1.3
ใบพัดระบายอากาศ	30 - 50	1.5
ใบพัด Sirocco	45 - 55	1.2 - 1.3
ใบพัดเทอร์โบ	60 - 70	1.2 - 1.3

(2) คุณลักษณะทอร์ค

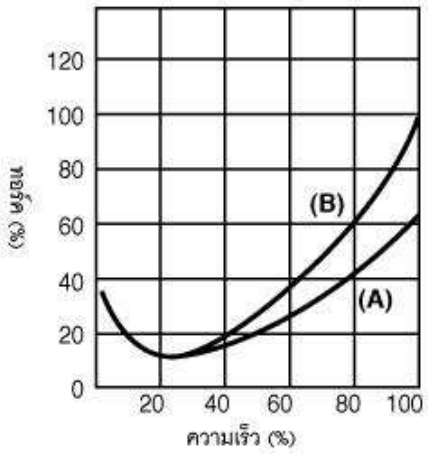
ตาราง 20.3 ตัวอย่างทอร์คใบพัด/โบรเวอร์

ประเภทของใบพัด		ทอร์คเริ่มต้นทำงาน (%)	ทอร์คสูงสุด (%)	คุณลักษณะทอร์คตอนสตาร์ท (ดูรูป 20.4)
โบรเวอร์เทอร์โบ	ปิดวาล์วสูบ	40	150	(A)
	เปิดวาล์วสูบ	40	150	(B)
ใบพัดเทอร์โบ	ปิดวาล์วสูบ	40	150	(A)
ใบพัด Propeller	เปิดวาล์วสูบ	40	150	(B)

สำหรับใบพัด/โบรเวอร์ โดยปกติทั่วไปจะปิดแดมป์เปอร์ขณะสตาร์ทการทำงาน ซึ่งใกล้กับสภาวะไม่มีโหลด ดังนั้น ทอร์คตอนสตาร์ทจะมีค่าไม่มาก อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีประเภทสตาร์ทการทำงานโดยเปิดแดมป์เปอร์และมีโหลดค้างอยู่ ในกรณีนี้ ทอร์คเริ่มต้นทำงานจะมีค่ามากกว่าขึ้นเป็นสัดส่วนยกกำลังสองของความเร็ว ให้ทำการตรวจสอบวิธีการสตาร์ท และต้องตรวจสอบคุณลักษณะทอร์ค-ความเร็ว

(3) โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด และความถี่การสตาร์ท

มอเตอร์สำหรับใช้กับใบพัดและโบรเวอร์จะมีปัญหาเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด J ถ้าโมเมนต์ความเฉื่อย J มีค่ามากขึ้น ความร้อนของโรเตอร์ขณะเร่งความเร็วตอนสตาร์ท แรงเค้นจากความร้อนจะไปดันบาร์ของโรเตอร์ให้เปลี่ยนรูป และอาจทำให้เกิดความเสียหาย ถ้าโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด และความถี่การสตาร์ทมีค่ามากกว่าค่าจากส่วนการคำนวณข้อมูลเทคนิค 2. เวลาเริ่มทำงาน จะต้องทำการออกแบบมอเตอร์แบบกรงกระรอกเพื่อแก้ไขปัญหาโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลดเป็นพิเศษ หรืออาจเลือกใช้ชนิดอินเวอร์เตอร์



รูป 20.4 เส้นโค้งคุณลักษณะทอร์คความเร็วของใบพัด/โบรเวอร์

(4) โหลด Unbalance ที่ยอมรับได้ของใบพัด

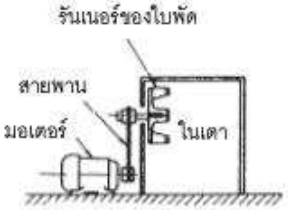
ในกรณีที่ต่อตรง ถ้าโหลดใบพัด Unbalance จะทำให้ตลับลูกปืนของมอเตอร์เสียหาย ค่าที่เหมาะสมของอุปกรณ์หมุนจะต้องได้ค่าตามมาตรฐาน JIS B 0905 ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญมากที่ต้องได้ตามมาตรฐานนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานตอนมีโหลด ต้องระมัดระวังไม่ให้ส่วนที่เป็นผงฝุ่นที่มีความชื้นไปติดกับส่วนของรันเนอร์ของใบพัด โหลด Unbalance จะมีค่าเป็นสัดส่วนยกกำลังสองของความเร็วรอบ และต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากกรณีของ 2 โพล นอกจากนี้ การสั่นสะเทือนของส่วนมอเตอร์จะมีมาก ทำให้ตลับลูกปืนสึกกร่อนเร็วขึ้น ในระหว่างการทำงาน อาจมีเหตุที่ทำให้ความไม่บาลานซ์ของโหลดมีค่ามากขึ้น ถ้าคาดว่าจะมีค่าการเกินกว่าที่กำหนดในมาตรฐาน JIS B 0905 ก็จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนโครงสร้างของส่วนตลับลูกปืนตามปริมาณน้ำหนักที่ไม่บาลานซ์นั้น ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท สำหรับกรณีที่อาจทำให้ปริมาณการเสียสมดุลเพิ่มขึ้นในระหว่างที่ทำงานอยู่ ให้ทำการกำหนดระยะเวลาการตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของการสั่นสะเทือน สูตรคำนวณตาม JIS B 0905 และโหลดไม่บาลานซ์ที่ยอมรับได้ ให้ดูใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 12. ระดับการสั่น**" เพิ่มเติม

(5) เงื่อนไขการติดตั้งและอุณหภูมิสภาพแวดล้อม

สำหรับการสั่นสะเทือนของส่วนติดตั้งมอเตอร์เข้ากับใบพัด หรือเงื่อนไขสภาพแวดล้อม จะแตกต่างกันออกไปอย่างมาก ตามชนิดใบพัดที่ใช้ และลักษณะการติดตั้งของตัวใบพัดเอง ถ้าส่วนของมอเตอร์มีการสั่นสะเทือนมาก จะทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีที่มีใบพัดมาก หรือทำการติดตั้งมอเตอร์เข้ากับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เดียวกัน มีหลายกรณีที่เกิดการสั่นสะเทือนร่วมของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และส่งผลเสียต่อมอเตอร์ ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบเสมอ นอกจากนี้ ใบพัดในเตาตามที่แสดงในรูป 20.5 ในบางครั้งจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบเงื่อนไขสภาพแวดล้อมและเงื่อนไขการใช้งานสุดท้ายของมอเตอร์

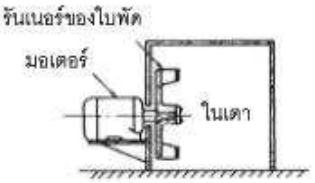
(A) ต่อด้วยสายพาน

ถ้าพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิสภาพแวดล้อมแล้ว จะไม่มีปัญหาอะไร สำหรับมอเตอร์ใช้งานทั่วไป



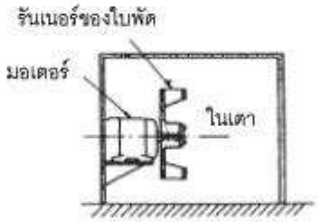
(B) ต่อตรง

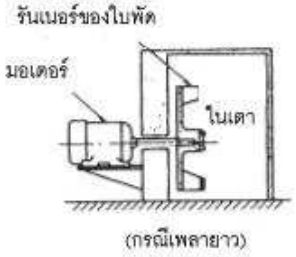
นอกจากจะต้องพิจารณาบรรยากาศรอบข้างแล้ว จำเป็นที่จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับชนิดตลับลูกปืนและโครงสร้างตลับลูกปืนพิเศษตามค่าอุณหภูมิภายในเตา



(C) ต่อตรง

จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่มีโครงสร้างพิเศษตามอุณหภูมิภายในเตา



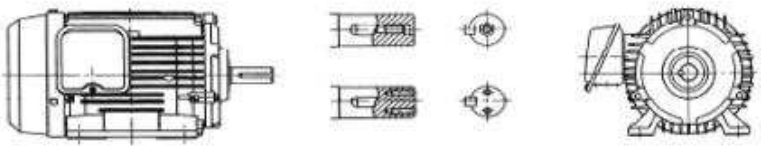


(กรณีเพลายาว)

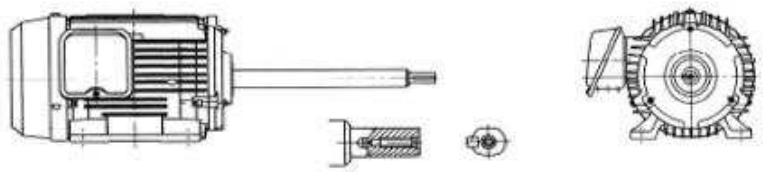
รูป 20.5 ข้อควรระวังที่เกี่ยวข้องกับใบพัดในเตา (เงื่อนไขสภาพแวดล้อม)

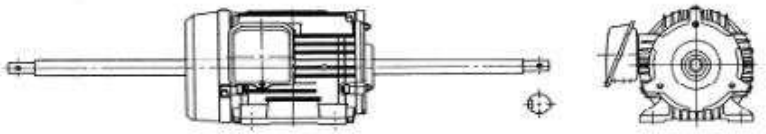
20-3-3 ตัวอย่างรูปร่างของแกนมอเตอร์

ตัวอย่างตัวแทนมอเตอร์เฉพาะทางที่รวมใบพัดที่ใช้งานด้วยและโบรเวอร์เป็นโครงสร้างเดียวกัน

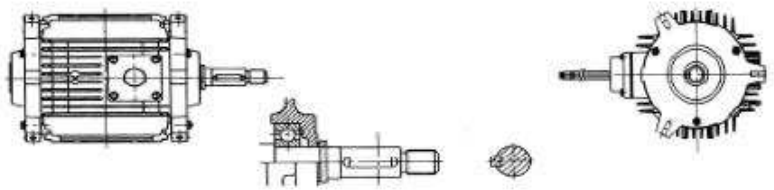


สามารถทำเป็นรู 2 แห่งที่ปลายแกนได้





สามารถทำปลายของแกนยาวทั้งสองเป็นโครงสร้าง D-Cut ได้



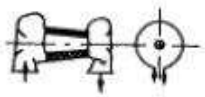
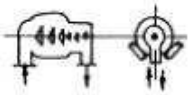
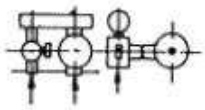
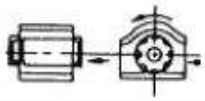
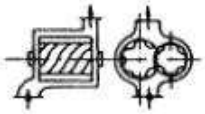
รูป 20.6 ตัวอย่างของมอเตอร์เฉพาะทางสำหรับใบพัด/โบรเวอร์

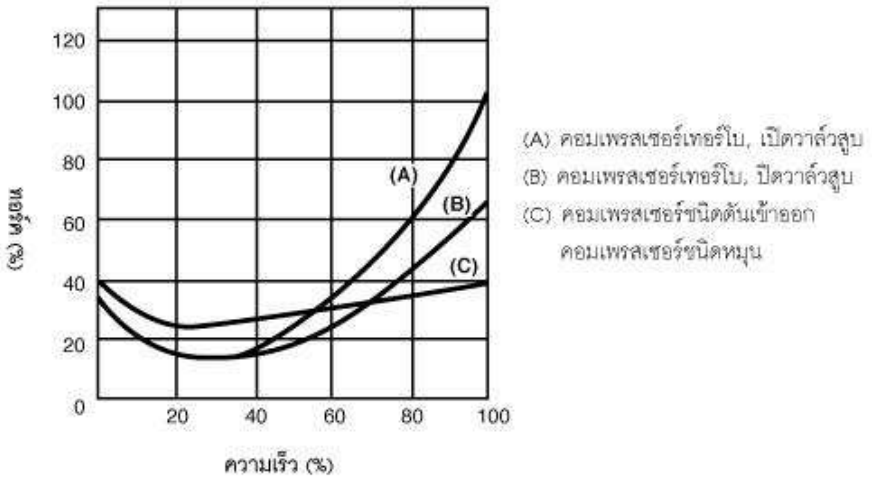
20-4 มอเตอร์สำหรับคอมเพรสเซอร์

20-4-1 คำนำ

คอมเพรสเซอร์จะแบ่งออกเป็นประเภทเป็นชนิดเทอร์โบ ชนิดดันเข้าออก ชนิดหมุน

ตาราง 20.4 ประเภทของคอมเพรสเซอร์

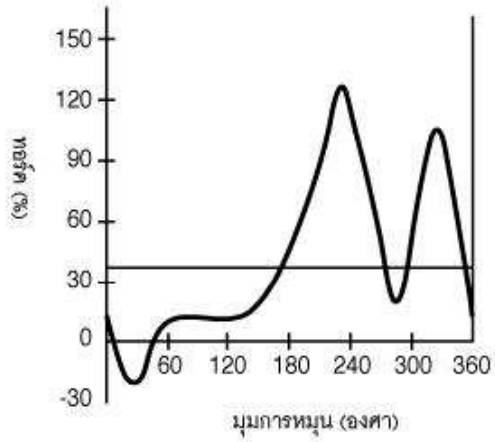
ประเภท	คุณลักษณะเฉพาะ	ภาพลักษณะ	
ชนิดเทอร์โบ	เครื่องเป่าลมชนิดเทอร์โบที่มีแรงดันที่ค่อนข้างสูง (0.29MPa ขึ้นไป) จะเรียกว่าคอมเพรสเซอร์ สามารถนำส่งก๊าซในปริมาณที่สม่ำเสมอ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการแรงดันต่ำ ใช้ปริมาณลมมาก ใช้วิธีเข้ากับมอเตอร์โดยตรงหรือใช้วิธีการเพิ่มความเร็วโดยใช้พันเฟืองเพิ่มความเร็วเพื่อให้คอมเพรสเซอร์สามารถหมุนด้วยความเร็วสูง	ชนิด Axial-Flow	
		ชนิดแรงเหวี่ยง	
ชนิดดันเข้าออก	เป็นชนิดที่ใช้กันมากในงานอุตสาหกรรม ใช้วิธีการอัดความดันให้ลูกสูบที่อยู่ในกระบอกสูบให้เข้าออก เหมาะสำหรับกับงานที่ต้องการแรงดันสูง (0.49MPa ขึ้นไป) คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ โดยส่วนใหญ่จะมีความเร็วในการทำงานต่ำ และนอกจากนี้ แรงขับเคลื่อนยังมีการเปลี่ยนแปลงเป็นครั้งๆ การเปลี่ยนแปลงของทอร์คจะส่งผลต่อกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ ดังนั้น จะต้องหามาตรการควบคุมป้องกัน นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถแบ่งชนิดตามตำแหน่งการติดตั้งของกระบอกสูบได้ คือออกเป็นชนิดวางเรียงกับทางด้านหนึ่งของมอเตอร์ และชนิดที่วางทิศตรงข้ามกับด้านทั้งสองข้างโดยให้มอเตอร์เป็นแกนกลาง	ชนิดดันเข้าออก	
ชนิดหมุน	เป็นชนิดอัดความดันโดยการหมุน Eccentric Rotor ที่อยู่ในกระบอกสูบชนิดทรงกระบอก ใช้วิธีต่อเข้ากับมอเตอร์โดยตรง หรือใช้วิธีการเพิ่มความเร็วโดยใช้มู่เล่ย์หรือพันเฟืองเพิ่มความเร็วเพื่อให้คอมเพรสเซอร์สามารถหมุนด้วยความเร็วสูง	ชนิดปีกหมุนได้	
		ชนิดสกรู	



รูป 20.7 เส้นโค้งคุณลักษณะทอร์คความเร็วของคอมเพรสเซอร์

(1) กระแสไฟกระพริบและทอร์คกระพริบ

สำหรับชนิดดันเข้าออกคอมเพรสเซอร์ ในระหว่างที่เพลาข้อเหวี่ยงของคอมเพรสเซอร์ หมุน 1 รอบ ทอร์คที่จำเป็นต้องใช้จะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงค่าทอร์คนี้ จะทำให้กระแสไฟอินพุตเกิดการกระพริบ และส่งผลเสียต่อด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้า การจะทำให้กระแสไฟกระพริบมีค่าน้อย ต้องทำให้โมเมนต์ความเฉื่อย J มีค่ามากขึ้น และบางครั้งต้องใช้วิธีเอาชนะแรงเฉื่อย (Flywheel Effect) ค่าการเปลี่ยนแปลงทอร์คดังกล่าวนี้ เราจะเรียกว่า "Crank Effort Diagram" นอกจากนี้ อาจมีผลกระทบจากเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยเช่นเดียวกัน ในการหาค่าความแข็งแรงการขันยึดแกน จำเป็นที่จะต้องหาค่าคงที่การสั่นของแกนของคอมเพรสเซอร์ เมื่อต้องการร้องขอประมาณราคา ให้แนบส่ง "Crank Effort Diagram" มาให้ด้วย



รูป 20.8 ตัวอย่าง Crank Effort Diagram

20-5 มอเตอร์สำหรับ Machine Tools

20-5-1 คำนำ

มอเตอร์สำหรับ Machine Tools ต้องมีคุณลักษณะมากมายหลายอย่าง แต่เมื่อเทียบกับมอเตอร์ใช้ทั่วไปแล้ว จะมีคุณลักษณะพิเศษดังต่อไปนี้

(1) ขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา

(2) ความแม่นยำในการทำงานสูง

(3) การสั่นสะเทือนและเสียงรบกวนต่ำ

(4) ดูแลบำรุงรักษาง่าย

(5) ให้ความเชื่อมั่นได้สูง

(6) ในบางครั้งอาจต้องใช้แบบอินเวอร์เตอร์เพื่อการเปลี่ยนระดับความเร็วหรือเป็นแบบหลายระดับความเร็ว คุณลักษณะพิเศษ เช่น อัตราเวลาสั้น อัตราลองชั้น เป็นต้น

(7) ต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิที่ต่ำ

(8) รองรับการสตาร์ท-หยุด หมุนไป-หมุนกลับที่บ่อย

(9) ต้องมีการหยุดกะทันหัน ดังนั้นต้องติดตั้งเบรกแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ อาจมีชนิดเบรกด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

(10) เนื่องจากต้องมีความเร็วและความแม่นยำในการทำงานที่สูง จึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเพลาที่หมุนด้วยความเร็วสูง

20-5-2 จุดในการเลือกมอเตอร์

(1) ค่าอัตรา

S1 (ต่อเนื่อง), S2 60 นาที, S2 30 นาที, S2 15 นาที, S2 10 นาที, S2 5 นาที, S6 60%, S6 40%, S6 25%, S6 15% และค่าอื่นๆ สำหรับการเลือกใช้งานโดยทั่วไปจะแสดงดังในตาราง 20.5

ตาราง 20.5 ตัวอย่างการใช้งานตามค่าอัตรา

การใช้งาน / โมเดล	สำหรับเพลา	สำหรับส่งต่อ	สำหรับแกนหินบด	สำหรับแคล้มป์	สำหรับไฮดรอลิกส์	สำหรับคูลแลนต์
เครื่องกลึง	S1 S2 60 นาที S6 60%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%			S1	S1
เครื่องกลึง	S1 S2 60 นาที S6 60%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%			S1	S1
เครื่องกลึง	S1 S2 60 นาที S6 60%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%		S2 15 นาที-S2 5 นาที	S1	S1
เครื่องกลึง	S1 S2 60 นาที S6 60%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%			S1	S1
เครื่องกลึง	S1 S2 60 นาที S6 60%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%		S2 15 นาที-S2 5 นาที	S1	S1
เครื่องกลึง		S1 S2 60 นาที S6 60%			S1	S1
เครื่องกลึง		S1 S2 60 นาที S6 60%		S2 15 นาที-S2 5 นาที	S1	S1
เครื่องกลึง	S2 60 นาที-S2 30 นาที S6 60% - S6 40%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%	S1 S2 60 นาที S6 60%		S1	S1
เครื่องกลึง	S1 S2 60 นาที S6 60%	S2 60 นาที - S2 15 นาที S6 60% - S6 25%			S1	S1

หมายเหตุ) 1. สำหรับโหลดซ้ำกลับไปมานั้น การทำงานต่อเนื่องด้วยโหลดซ้ำกลับไปมา จะมีแบบที่ต้องทำงานและหยุดทำงานสลับกันไป และแบบมีโหลดกับไม่มีโหลดสลับกันไป ให้ดูใน **"ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ"** 4 คุณสมบัติและอัตรา ประกอบ

2. มอเตอร์สำหรับส่งของ โดยส่วนมากจะต่ำกว่า 3.7kW ถึงจะดูตามช่วงเวลาสั้นหรืออัตราการซ้ำกลับไปมา เบอร์เฟรมก็จะไม่แตกต่างกัน ดังนั้น โดยมาตรฐานแล้ว จะมีการแสดงอัตราต่อเนื่องที่ป้ายแสดง

(2) การสั่นสะเทือนและความแม่นยำในการทำงาน

ในกรณีที่ต้องติดมอเตอร์เข้าใกล้กับ Machine Tools ที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง หรือใกล้กับชิ้นงาน ถ้าต้องการให้ Machine Tools มีอายุการใช้งานและความแม่นยำในการทำงานที่ยาวนาน จะต้องให้เกิดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์น้อยที่สุด ดังนั้น จึงต้องใช้ขนาดมิติที่ช่วยให้เกิดความแม่นยำในการทำงาน ความแม่นยำในการทำงานจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือระดับ A, B, C ดังนั้น ขอให้เลือกระดับที่เหมาะสมกับประเภทของเครื่องจักร และระดับความแม่นยำที่ต้องการ ตัวอย่างการเลือกใช้ระดับการสั่นสะเทือนจะแสดงในตาราง 20.6 และตัวอย่างการเลือกใช้ระดับความแม่นยำในการทำงาน จะแสดงในตาราง 20.7 นอกจากนี้ ให้ดูรายละเอียดเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนและความแม่นยำในการทำงานใน "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 12 ระดับการสั่น**" (หน้า 207) "**ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 13.ความถูกต้องของขนาด**" (หน้า 215) เพิ่มเติม

ตาราง 20.6 ตัวอย่างการเลือกใช้ระดับการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน	ตัวอย่างการเลือกใช้งาน
V30	• สำหรับเพลาวางของบนชั้น สำหรับไฮดรอลิกส์ที่วางแยกกับตัวเครื่อง สำหรับปั๊มคูลแลนต์ • สำหรับใบพัดใช้พัดฝุ่นละออง สำหรับการส่งชิ้นงานที่ไม่ทำงานในระหว่างการตัด
V20 V15	• สำหรับเพลาทั่วไป • สำหรับการส่งชิ้นงานที่ทำงานในระหว่างการตัด • ไฮดรอลิกส์ที่ติดเข้ากับตัวเครื่อง สำหรับคูลแลนต์
V10	• สำหรับเครื่องจักรที่ต้องการความแม่นยำสูง • สำหรับการส่งชิ้นงานที่ทำงานในระหว่างการตัด
V5	• สำหรับเครื่องคว้านรูจิ๊ก • สำหรับเพลาของเครื่องขัด สำหรับแกนหินบด • สำหรับเครื่องกลึงที่ต้องการความแม่นยำสูงมากเป็นพิเศษ สำหรับเพลาของเครื่องเซาะหรือสำหรับการส่งชิ้นงานที่ทำงานในระหว่างการตัด
V3	• สำหรับเพลาของเครื่องคว้านรูจิ๊ก • สำหรับเพลาของเครื่องขัดความละเอียดสูง และแกนหินบด

ตาราง 20.7 ตัวอย่างการเลือกใช้ระดับความแม่นยำในการทำงาน

ความแม่นยำในการทำงาน	ตัวอย่างการเลือกใช้งาน
ระดับ A	สำหรับเครื่องขัดความละเอียดสูง หรือเครื่องเจาะรูจิ๊กที่ต่อเข้าโดยตรงหรือใช้หน้าแปลนติดตั้ง
ระดับ B	สำหรับเพลาของเครื่องกลึง/เครื่องเซาะเป็นต้น สำหรับการส่งชิ้นงานที่ต่อเข้าโดยตรงหรือใช้หน้าแปลนติดตั้ง
ระดับ C	ที่นอกเหนือไปจากข้างต้น (อุปกรณ์ที่ต่อโดยใช้สายพาน ส่วนใหญ่ระดับ C ก็เพียงพอแล้ว)

(3) การป้องกันการกัดกร่อนในการขัด

ขณะใช้งานเครื่องขัด จะมีการใช้น้ำยาขัด ซึ่งอาจมีการกระเด็นเข้าไปข้างในตัวมอเตอร์ได้ น้ำยาขัดนั้นมีหลากหลายประเภท แต่ในแง่ของการใช้งานในระยะเวลาสั้นๆ และป้องกันการเกิดสนิมแล้ว ในปัจจุบัน ส่วนมากก็จะใช้โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมไดโครเมต อะไมน์ที่เป็นสารอินทรีย์และน้ำยาขัดละลายน้ำได้ที่มีสารลดแรงตึงผิวผสมอยู่ อย่างไรก็ตาม สารเหล่านี้ก็มีฤทธิ์กัดกร่อนฉนวนหุ้มของมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ที่จะนำไปใช้งานกับน้ำยาขัดที่เป็นสารเคมี จะมีโอกาสสูญเสียประสิทธิภาพการเป็นฉนวนหรือเกิดความเสียหายมากกว่ามอเตอร์ที่นำไปใช้กับงานอื่นๆ ดังนั้น ถ้าเป็นการใช้งานในลักษณะเช่นนี้ ต้องใช้มอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อนจากน้ำยาขัด ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น

ระดับความรุนแรงของความเสียหายจากน้ำยาขัด จะแตกต่างกันออกไปตามประเภทของเครื่องจักรและสถานที่ติดตั้งใช้งาน โดยทั่วไปจะแสดงในตาราง 20.8

ตาราง 20.8 ตัวอย่างการใช้งานเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของน้ำยาขัด

ประเภทเครื่องจักร	แกนหินบด	เพลา	ล้อปรับ	ส่ง	ปั๊มไฮดรอลิกส์	ปั๊มหล่อลื่น	ปั๊มคูแลนต์
เครื่องขัดทรงกระบอก	XX	XX	-	Δ	Δ	Δ	X
เครื่องขัดแบบ Centerless	XX	-	XX	Δ	Δ	Δ	X
เครื่องขัดผิวระนาบ	X	-	-	Δ	Δ	Δ	X
เครื่องขัดจิ๊ก	X	-	-	Δ	Δ	Δ	X
เครื่องขัดสกรู/ฟันเฟือง	Δ	Δ	-	Δ	Δ	Δ	X

XX : ความเสียหายมากเป็นพิเศษ X : ความเสียหายมาก Δ : ความเสียหายน้อย

การป้องกันการกัดกร่อนของน้ำยาขัดประเภท 1 คือช่องที่มีเครื่องหมาย XX หรือ X ในตาราง 20.8 ซึ่งจะสร้างความเสียหายได้มาก

การป้องกันการกัดกร่อนของน้ำยาขัดประเภท 2 คือช่องที่มีเครื่องหมาย Δ ในตาราง 20.8 ซึ่งจะสร้างความเสียหายน้อย

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะเป็นเครื่องขัดชนิดเดียวกัน แต่ประเภทน้ำยาขัดที่ใช้อาจแตกต่างกันออกไปได้ตามโครงสร้างและสถานที่ติดตั้ง ดังนั้นต้องแยกแยะตามความเป็นจริง นอกจากนี้ ที่เครื่องขัดยังมีผงโลหะหรือผงหินรวมอยู่ด้วย ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ให้ใช้ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย

(4) ซีลน้ำมัน

กรณีใช้มอเตอร์ชนิดติดตั้งด้วยหน้าแปลน เพื่อใช้เป็น Machine Tools และทำงานโดยการต่อตรง อาจมีความเป็นไปได้ที่น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยจะเข้าไปในส่วนของตลับลูกปืนของมอเตอร์ และส่งผลให้อายุการทำงานของตลับลูกปืนและจาระบีของตลับลูกปืนสั้นลง

ในกรณีเช่นนี้ จะต้องใช้มอเตอร์ที่มีการติดซีลน้ำมันเพื่อป้องกันน้ำมันหล่อลื่นกระเด็นเข้าไปข้างใน

ซีลน้ำมันจะมีเงื่อนไขการใช้งานที่จำกัด และจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้โดยดูส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย

สำหรับรายละเอียด ให้ดูใน **"ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 19. ซีลน้ำมัน"** (หน้า 226) ประกอบ

(5) โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด และความถี่การสตาร์ทกับการหมุนไปกลับ

มอเตอร์ที่ใช้สำหรับ Machine Tools โดยส่วนมากจะมีความถี่ในการสตาร์ทและหยุด หรือหมุนไปและหมุนกลับที่สูง ค่าที่ใช้ประกอบการตัดสินว่าใช้ได้หรือไม่นั้น นอกจากคุณลักษณะของมอเตอร์เองแล้ว โมเมนต์ความเฉื่อย J ทอร์คโหลด และขนาดความใหญ่ของโหลดของทางด้านเครื่องจักรก็ส่งผลกระทบอย่างมากด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นการกำหนดโดยดูจากมอเตอร์เพียงอย่างเดียวนั้นทำได้ยาก จำเป็นที่จะต้องพิจารณาเป็นกรณีๆ ไป

สำหรับรายละเอียดวิธีการ ให้ดูใน **"ส่วนการคำนวณข้อมูลเทคนิค 2. เวลาเริ่มทำงานและโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด"** (หน้า 269) ประกอบ

ตัวอย่างประเภทการประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับความถี่การสตาร์และการหมุนไปกลับ ให้ดูในตาราง 20.9

ตาราง 20.9 ตัวอย่างความถี่การสตาร์ท

ความถี่	ตัวอย่างการใช้งาน
สูงมาก	สำหรับเพลาของแทปปิ้งแมคชีน สำหรับเพลาของเครื่องกลึง Turret สำหรับเพลาของเครื่องกลึง Screw-Off สำหรับเครื่องจักรเฉพาะทางทำงานอัตโนมัติ
สูง	สำหรับการส่งชิ้นงานโต๊ะเครื่องตัดแนวนอน สำหรับเพลาของเครื่องกลึงทั่วไป สำหรับเพลาของเครื่องขัด สำหรับการส่งชิ้นงานของเครื่องจักรทุกชนิด
ปกติ	สำหรับเพลาของเครื่องเจาะ สำหรับเพลาของเครื่องคว้านรู สำหรับเพลาเครื่องเชาะ สำหรับเพลาของเครื่องตัด
ต่ำ	เครื่องขัดสำหรับแกนหินบด สำหรับไฮดรอลิกส์ สำหรับปั๊มคูแลนต์

สำหรับอันที่มีความถี่สูงมาก จะต้องพิจารณาถึงการเพิ่มอุณหภูมิ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบพิเศษ ในกรณีเช่นนี้ จะต้องทำการติดต่อกับทางผู้ผลิตเครื่องจักรเพื่อกำหนดรายละเอียดต่างๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด

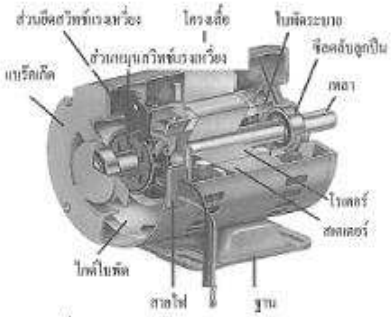
(6) การเพิ่มอุณหภูมิและคลาสทนต่อความร้อน

ใน Machine Tools ด้วยกันเอง ชนิดที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่นเครื่องคว้านรูจิ๊ก เครื่องขัดจิ๊ก เครื่องเชาะจิ๊ก เครื่องกลึงจิ๊ก เครื่องขัดละเอียด เป็นต้น มอเตอร์ที่นำไปใช้กับ Machine Tools ที่นำไปใช้ในห้องที่มีความชื้น ต้องเลือกชนิดที่มีการสูญเสียน้อย และมีการเพิ่มอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไป มอเตอร์ประเภทนี้จะมีขนาดมิติที่ใหญ่กว่าชนิดทั่วไปเล็กน้อย หรือในทางกลับกัน Machine Tools ใช้งานทั่วไป หรือ Machine Tools สำหรับการผลิตปริมาณมาก จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการสัมผัสกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของมอเตอร์ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มอุณหภูมิของมอเตอร์จากการสตารทและหยุดบ่อยๆ หรือการหมุนไปกลับ จะต้องแก้ไขที่ต้นปัญหาคือตัวมอเตอร์เอง สำหรับวิธีที่เป็นรูปธรรม ก็เช่น การใช้โรเตอร์ความต้านทานสูง ใช้คลาสทนต่อความร้อน F ใบพัดระบายความร้อนที่มีความแรงเพื่อให้ได้ลมที่แรง ในกรณีนี้ อาจต้องใช้การปรับให้โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ด้านเครื่องจักรมีค่าน้อย สำหรับคลาสทนต่อความร้อน ให้ดูรายละเอียดใน "**ส่วนสินค้า 9. มอเตอร์ทนความร้อน**" (หน้า 44) ประกอบ

21. มอเตอร์มาตรฐาน 1 เฟส

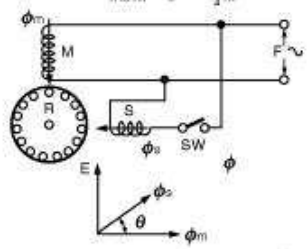
21-1 คำนำ

เป็นมอเตอร์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ 1 เฟส (100V หรือ 200V) ตัวอย่างโครงสร้างจะแสดงในรูปด้านขวา



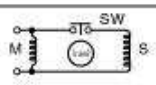
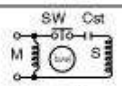
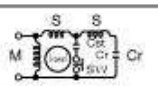
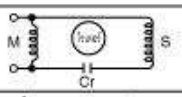
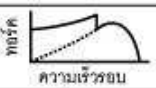
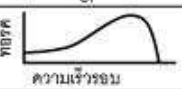
21-2 วิธีการสตาร์ท

มอเตอร์ 3 เฟสนั้น ถึงแม้จะมี 1 สายขาดไปในระหว่างการทำงานและกลายเป็น 1 เฟส ถ้าโหลดไม่หนักมากนัก ก็สามารถทำงานต่อได้โดยการเพิ่มกระแสไฟ อย่างไรก็ตาม ในระหว่างที่หยุดทำงาน ถึงจะจ่ายกระแสไฟ 1 เฟส ให้กับมอเตอร์ 3 เฟส ก็ไม่สามารถทำให้มอเตอร์นั้นทำงานได้ จะต้องบังคับหมุนโดยใช้เครื่องมือจากภายนอก มอเตอร์จึงจะหมุนได้ สำหรับมอเตอร์ 1 เฟสก็เช่นกัน จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับสร้างแรงขับเคลื่อนเริ่มทำงาน รูป 21.1 จะเป็นตัวอย่างของวิธีการสตาร์ทแบบผสม จะมีการเตรียมขดลวดเสริม S ติดตั้งไว้เป็นเฟส 90 กับขดลวดหลัก M เฉพาะตอนเริ่มต้นทำงานเท่านั้นที่จะใช้ขดลวดเสริม S เพื่อให้กลายเป็นมอเตอร์ 2 เฟส ในการสร้างเฟสที่ 2 นี้ จะมีวิธีการต่างๆ เช่นการใช้คอนเดนเซอร์ เป็นต้น โดยจะแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 1.1 ในการเลือกใช้ให้เหมาะสมจะต้องดูคุณสมบัติและการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ด้วยประกอบ



รูป 21.1 ภาพตัวอย่างการต่อลายมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำโดย

ตาราง 21.1 วิธีการสตาร์ทแบบต่างๆ

รายการ	ชนิดสตาร์ทแบบผสม	ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท	ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท คอนเดนเซอร์รัน	ชนิดคอนเดนเซอร์รัน
เครื่องหมายรุ่น	KT	KP	KQ	KP
เอ้าท์พุต (W)	35 - 250	100 - 400	400 - 1,000	10 - 200
ภาพวงจร (หมายเหตุ 1)				
คุณลักษณะการเพิ่มความเร็ว				
ทอร์คเริ่มต้นทำงาน	ต่ำ	ปานกลาง		ต่ำมาก
กระแสไฟเริ่มทำงาน	มาก	ปานกลาง		น้อย
คุณลักษณะเฉพาะ	•โครงสร้างแบบง่ายๆ บำรุงดูแลรักษาง่าย •เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไป ตั้งแต่ในโรงงาน สำนักงาน หรือในบ้าน	•ทอร์คเริ่มต้นทำงานสูง แต่กระแสไฟเริ่มทำงานต่ำ •เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ต้องใช้แรงขับเคลื่อนการทำงานสูง	•ทอร์คเริ่มต้นทำงานสูง แต่กระแสไฟเริ่มทำงานต่ำ •เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ต้องใช้แรงขับเคลื่อนการทำงานสูง •เทียบกับ KR ตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูง	•จากการใช้คอนเดนเซอร์ด้วย ทำให้ทอร์คหยุดมีค่าสูง (200% ขึ้นไป) •กินกระแสไฟน้อยมาก •มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาที่สุดในมอเตอร์ 1 เฟส •ทอร์คเริ่มต้นทำงานต่ำ เหมาะกับเครื่องจักรใช้ในบ้านมาก •ไม่มีสวิทช์แรงเหวี่ยง โครงสร้างแบบง่ายๆ
ตัวอย่างการนำไปใช้งาน	Machine Tools (Bench Drilling Machine) เครื่องทำแห้ง (Dryer) เครื่องตัดน้ำแข็ง Rice Cake Device ตู้เย็นไฟฟ้า เครื่องกำจัดความชื้นไฟฟ้า เครื่องบดเนื้อ เครื่องบดกาแฟ เครื่องผสม เครื่องฉายภาพ เครื่องหยอดเหรียญ เครื่องถ่ายเอกสาร อื่นๆ	ปั๊ม คอมเพรสเซอร์ เครื่องทำอาหาร (เครื่องทำซอส) เครื่องบด เครื่องเจาะ เครื่องขจัดน้ำ เครื่องทำแห้ง (Dryer) Rice Cake Device สำหรับงานเกษตรอื่นๆ		ใบพัด โบรเวอร์ เครื่องกวน เครื่องอัดเทป เครื่องซักผ้า ปั๊มขนาดเล็ก เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องมือใช้ในงานวิทยาศาสตร์ต่างๆ เครื่องใช้ในสำนักงานทั่วไป

(หมายเหตุ 1) M: ขดลวดหลัก S : ขดลวดเสริม (ขดลวดสตาร์ท) SW : สวิทช์แรงเหวี่ยง Cst : คอนเดนเซอร์อิเล็กโทรไลต์สำหรับสตาร์ท Cr : คอนเดนเซอร์เฟสนำสำหรับทำงาน

※ การสตาร์ทแบบ Rebounding (-KS)

การสตาร์ทแบบ Rebounding ที่มีโรเตอร์ชนิดพันขวดลวดกับคอมมิวเตเตอร์ และแปรงถ่าน จะมีทอร์คเริ่มต้นทำงานที่สูงมาก และมีกระแสไฟเริ่มทำงานที่น้อยมาก แต่เนื่องจากมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและราคาแพง ปัจจุบันจึงใช้วิธีสตาร์ท คอนเดนเซอร์แทน

21-3 โครงเสื้อภายนอก

ชนิดประเภทจะแสดงในตาราง 21.2 ให้เลือกชนิดที่ตรงกับความต้องการใช้งาน

ตาราง 21.2 โครงเสื้อภายนอก

ชนิด Drip-Proof/ ชนิด Drip-Proof แบบเปิด	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	ชนิดป้องกันการสั่นสะเทือน
■ คุณลักษณะเฉพาะ จะมีรูลมเปิดอยู่ที่ผิวภายนอกเพื่อระบายความร้อนภายในมอเตอร์ เป็นชนิดที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง	■ คุณลักษณะเฉพาะ มีโครงสร้างปิดสนิท ใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำหรือละอองฝุ่นได้	■ คุณลักษณะเฉพาะ โครงสร้างดูดกลืนแรงสั่นสะเทือนด้วย **"แอปซอร์ปเวอร์"** เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ไม่ต้องการการสั่นสะเทือน
■ การประยุกต์ใช้งาน ปั๊ม คอมเพรสเซอร์ เครื่องทำแห้ง (Dryer) เครื่องเจาะ ครื่องสีข้าว Rice Cake Device	■ การประยุกต์ใช้งาน เครื่องจักรสำหรับการเกษตร เครื่องมือช่างไม้ Machine Tools เครื่องทำอาหาร เครื่องบรรจุ	■ การประยุกต์ใช้งาน Machine Tools ความแม่นยำสูง เครื่องมือวัด เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เครื่องมือแพทย์ เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องปรับลม

21-4 คุณสมบัติมาตรฐานของมอเตอร์ 1 เฟส

<table>
<tr><th colspan="2">รายการ</th><th colspan="3">รายละเอียด</th></tr>
<tr><td colspan="2">มาตรฐานที่ใช้</td><td colspan="3">JIS C 4203,JEC-2137-2000</td></tr>
<tr><td colspan="2">อัตรา</td><td colspan="3">S1 (ต่อเนื่อง)</td></tr>
<tr><td colspan="2">คลาสทนต่อความร้อน</td><td colspan="3">E</td></tr>
<tr><td colspan="2">โครงเสื้อภายนอก
รุ่น
วิธีการป้องกัน</td><td colspan="3"><table><tr><th colspan="2">โครงเสื้อภายนอก</th><th>โครงเสื้อภายนอก</th><th>วิธีการป้องกัน</th></tr><tr><td rowspan="2">ชนิดเปิด</td><td>ชนิดป้องกัน Drip-Proof</td><td>EFOUP-KR, KQ</td><td>IP22</td></tr><tr><td>ชนิด Drip-Proof แบบเปิด</td><td>EFOUP-KT, KR, KQ
EFNOU-KT, KR</td><td>IP2</td></tr><tr><td>ชนิดหุ้มปิด</td><td>ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย</td><td>TFO-KT, KR, KQ</td><td>IP42</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">แรงดันไฟฟ้า</td><td colspan="3">35 - 300W 100V 50/60Hz, 110V 60Hz</td></tr>
<tr><td colspan="3">400 - 750W 100V 50/60Hz, 110/220V60Hz
200V50/60Hz</td></tr>
<tr><td colspan="3">1,000W 100V50/60Hz, 200V50/60Hz</td></tr>
<tr><td colspan="2">วิธีต่อสาย</td><td colspan="3">วิธีต่อตรงใช้สายไฟหุ้มพลาสติกทนความร้อน (มีขั้วต่ออัดปลาย) หมายเหตุ (1)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">จำนวนสายไฟ</td><td colspan="3">35 - 300W ; 4 เส้น</td></tr>
<tr><td colspan="3">400 - 1,000W ; 6 เส้น</td></tr>
<tr><td colspan="2">สีทา</td><td colspan="3">รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)</td></tr>
<tr><td colspan="2">วิธีต่อไปใช้งาน</td><td colspan="3">ต่อตรง/ใช้สายพานต่อร่วม</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทิศทางการหมุน</td><td colspan="3">ทิศทางทวนเข็มนาฬิกามองจากด้านโหลด (ปลายแกนหมุน)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">สภาวะแวดล้อม</td><td>อุณหภูมิ</td><td colspan="3">-20 - 40°C</td></tr>
<tr><td>ความชื้นสัมพัทธ์</td><td colspan="3">ต่ำกว่า 90% RH</td></tr>
<tr><td>ความสูง</td><td colspan="3">ต่ำกว่า 1,000m</td></tr>
<tr><td>สถานที่ติดตั้ง</td><td colspan="3">ในอาคาร</td></tr>
<tr><td colspan="2">สภาพบรรยากาศกัดกร่อน</td><td colspan="3">หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย</td></tr>
</table>

หมายเหตุ (1) มอเตอร์ FT จะเป็นชนิดแผงต่อสายไฟ (ยึดด้วยสกรู)

※มอเตอร์ FT

สายไฟต่อของมอเตอร์มาตรฐาน 1 เฟส จะใช้วิธีการต่อสายโดยตรง ถึงจะไม่มีกล่องขั้วต่อสาย แต่ชนิดสตาร์ทแบบผสม (-KT) และชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท (-KR) รุ่น 200W ที่มีกล่องขั้วต่อสายทำจากเรซิน จะเรียกว่า มอเตอร์ FT

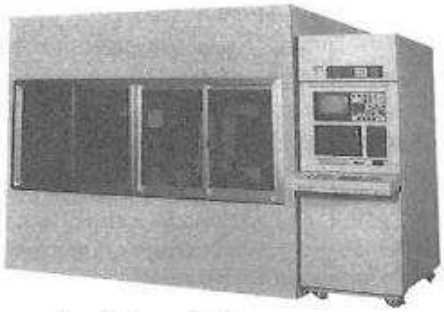
22. มอเตอร์ PM

22-1 AC เซอร์โว

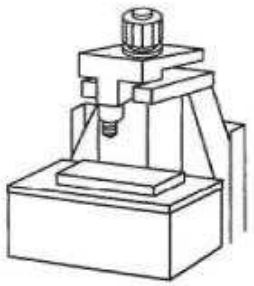
(1) มอเตอร์เซอร์โวคืออะไร

คำว่า "เซอร์โว" (SERVO) มาจากคำว่า SERVICE (บริการ, การอุทิศตน) แล้วก็คำว่า SERVANT (คนใช้ผู้ชาย) ฯลฯ ซึ่งมีที่มาที่เดียวกัน มีความหมายในเชิงว่าต้องทำตามคำสั่งของเจ้านาย ดังนั้น มอเตอร์เซอร์โว หมายถึงมอเตอร์ที่ทำงานโดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ได้รับอย่างรวดเร็ว

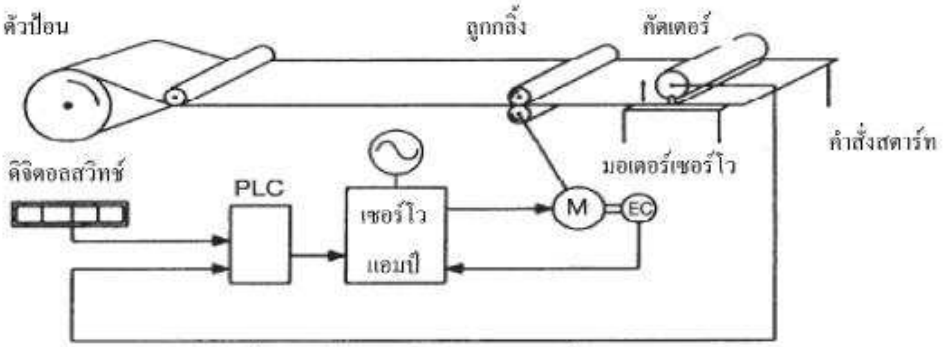
นิยมใช้เป็นแหล่งขับเคลื่อนสำหรับงานแมคาโทรนิกส์ เช่นอุปกรณ์ผลิตสารกึ่งตัวนำ หรือเครื่องจักรในกระบวนการ เป็นมอเตอร์ที่เหมาะกับงานที่ต้องทำตามคำสั่งที่ต้องมีการเปลี่ยนตำแหน่งและความเร็วเชิงกลอยู่บ่อยๆ ด้วยความรวดเร็ว



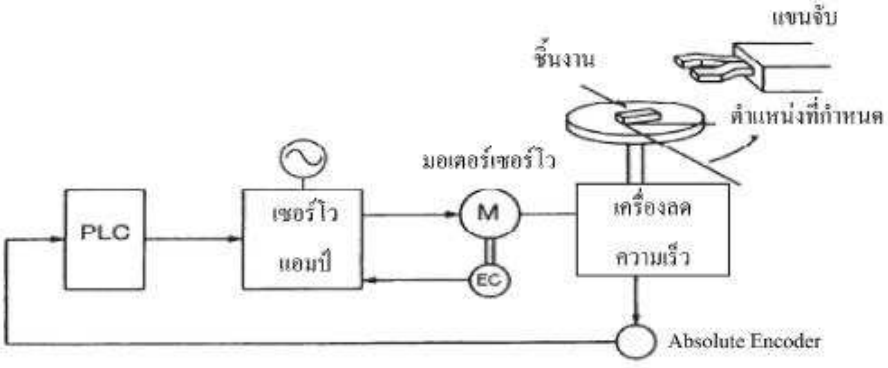
อุปกรณ์ผลิตสารกึ่งตัวนำ



เครื่องจักรในกระบวนการ



เครื่องผลิตถุง (ส่งวัสดุฟิล์มด้วยขนาดสม่ำเสมอ)

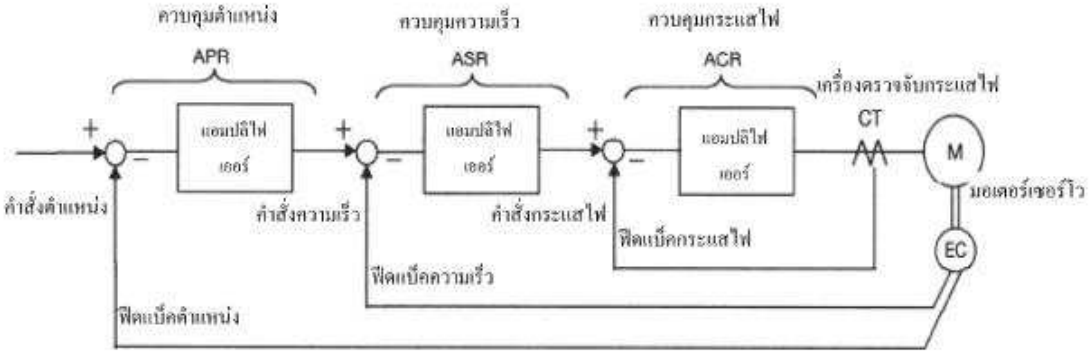


เครื่องบด (เอาออกเมื่อได้ตามมุมหลังการบด)

(2) กลไกของเซอร์โวคือ

ประเภทของการควบคุมอัตโนมัตินั้นมีอยู่มากมาย ในจำนวนนี้ การควบคุมอัตโนมัติที่เคลื่อนย้ายตำแหน่งสิ่งของ เราจะเรียกว่า กลไกของเซอร์โว ที่ส่วนขับเคลื่อนให้เกิดการย้ายตำแหน่ง เราจะใช้มอเตอร์เซอร์โว ตัวอย่างโครงสร้างจะแสดงในรูปต่อไปนี้

โครงสร้างเซอร์โวคือ (คำจำกัดความของ JIS) ให้ **"ตำแหน่ง ทิศทาง ลักษณะ หรืออื่นๆ ของสิ่งของเป็นปริมาณการควบคุม และควบคุมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงให้ได้ตามค่าเป้าหมายที่กำหนด"**



(1) APR: Automatic Position Regulator อุปกรณ์ปรับตำแหน่งอัตโนมัติ

(2) ASR: Automatic Speed Regulator อุปกรณ์ปรับความเร็วอัตโนมัติ

(3) ACR: Automatic Current Regulator อุปกรณ์ปรับกระแสไฟอัตโนมัติ

(3) **จุดประสงค์มอเตอร์เซอร์โว**

- มอเตอร์เซอร์โว (AC เซอร์โว).....สำหรับควบคุมตำแหน่ง
- มอเตอร์ใช้งานทั่วไป (มอเตอร์ใช้งานทั่วไป).....สำหับขับแรงขับเคลื่อน
- มอเตอร์เปลี่ยนความเร็วได้ (มอเตอร์ควบคุมเวคเตอร์).....สำหรับควบคุมความเร็ว

(4) **สมรรถภาพที่จำเป็นของมอเตอร์เซอร์โว**

(1) ทำงานด้วยความรวดเร็วเมื่อจำเป็นต้องใช้งาน.....เวลาไต่ขึ้น/เวลาปรับสั้น

(2) ขนาดกะทัดรัด เอ้าท์พุตสูง.....ทนโอเวอร์โหลดได้มาก/อัตราก้ำลังสูง

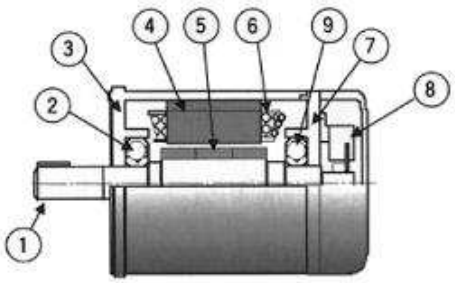
(3) ย่านความเร็วกว้าง การทำงานมีเสถียรภาพ.....ย่านการเปลี่ยนความเร็วกว้าง

(4) มีแรง Holding Power สูงเมื่อหยุด.....ฟังก์ชันเซอร์โวล็อค (อธิบาย)

เวลาไต่ขึ้นสั้น เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนความเร็วที่มีค่ามาก

(5) **ภาพโครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โว**

แม่เหล็กถาวรที่มีสมรรถภาพสูง เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ที่โรเตอร์ ที่ด้านสเตเตอร์จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ จึงไม่จำเป็นที่ทำการควบคุมกระแสไฟฟ้าฟลั๊กซ์ ทำการหมุนโดยการสับเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าด้านสเตเตอร์ โดยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของโรเตอร์



ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน
1	แกนเอ้าท์พุต	4	แกนเหล็กสเตเตอร์	7	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านตรงข้ามโหลด)
2	ลูกปืน (ด้านโหลด)	5	แม่เหล็กถาวร	8	เอ็นด์โค็ดเดอร์
3	เอ็นด์แบร็กเก็ต (ด้านโหลด)	6	ขดลวดสเตเตอร์	9	ลูกปืน (ด้านตรงข้ามโหลด)

(1) ตารางคุณสมบัติ

ชื่อสินค้า / รูปร่างภายนอก / รายการ			AC เซอร์โว (ซีรีย์ AD)
เอ้าท์พุต	คลาส 100V		0.05 - 0.4kW
	คลาส 200V		0.05 - 5kW
	คลาส 400V		0.5 - 7kW
อัตรา/ความเร็วรอบสูงสุด			3000/4500 (min-1), 3000/5000 (min-1), 1500/2000 (min-1), 2000/3000 (min-1)
มอเตอร์	วิธี		มอเตอร์แบบซิงโครนัส
	โครงสร้างสเตเตอร์		พันรอบแกนสเตเตอร์แยกเป็นส่วนๆ
	ขนิด		ความเฉื่อยต่ำ แบน ความเฉื่อยปานกลาง
	ตัวตรวจจับ		เอ็นด์โค็ดเดอร์ (ซีเรียล: 17bit/rev อินคลีเม้นทอล 4096, 8192ppv)
เซอร์โวแอมป์	โหมดควบคุม		ตำแหน่ง ความเร็ว ทอร์ค
	ย่านการเปลี่ยนความเร็ว		1: 5000
	ความถี่ตอบสนองความเร็ว		~ 500Hz
	คุณสมบัติอินพุต	ตำแหน่ง	สัญญาณ Pulse Train
		ความเร็ว	0 ~ ±10V
		ทอร์ค	0 ~ ±10V
	วงจร Regenerative Braking		ติดตั้งในตัว (ติดตั้งในตัว Discharge Resistance) (มี Option ความจุน้อยอยู่)
	วงจรเบรกไดนามิกส์		มี
การใช้งาน			อุปกรณ์ผลิตสารกึ่งตัวนำ เครื่องจักรในกระบวนการ ควบคุมการกำหนดตำแหน่ง เช่น เครื่องจักรส่งชิ้นงาน เป็นต้น

22-2 มอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรประสิทธิภาพสูง (ECOHEART)

(1) คำนำ

การประกอบมอเตอร์ 3 เฟส กับอินเวอร์เตอร์เข้าด้วยกันเพื่อควบคุมความเร็วจะทำให้เกิดการ **"ประหยัดพลังงาน"** และ **"เพิ่มคุณภาพ"** นอกจากนี้แล้ว มอเตอร์ที่สามารถทำให้เกิดการ **"ประหยัดพลังงาน" "ใช้พื้นที่น้อย" "เสียงรบกวนต่ำ" "สมรรถภาพสูง"** คือมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรประสิทธิภาพสูง เรียกว่า ECOHEART โดยมีซีรีย์ต่างๆ ตั้งแต่ซีรีย์มาตรฐานสำหรับคุณสมบัติ/ขนาดมิติมาตรฐาน จนถึงซีรีย์เฉพาะทางตามความต้องการของแต่ละลูกค้า

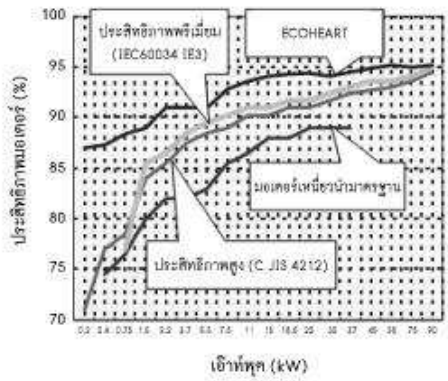
(2) ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (เทียบกับมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ)

(1) การสูญเสียของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ลดลงมากกว่า 50% ขึ้นไป ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณ 10% (※) นอกจากนี้ ยังสามารถผลิตมอเตอร์เดี่ยวที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าประสิทธิภาพพรีเมี่ยม (IEC60034-30 IE3) ได้ (รูป 22.2.1)

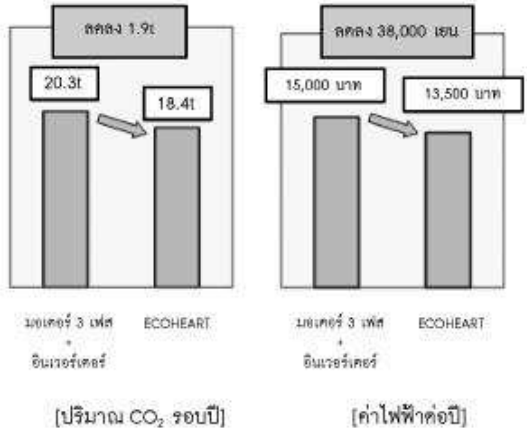
(2) ประหยัดพลังงาน ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ลดลง : เปลี่ยนการขับเคลื่อนอินเวอร์เตอร์มอเตอร์ 3 เฟส เป็น ECOHEART (มอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร + คอนโทรลเลอร์) ทำให้กินไฟน้อยลง จำนวนก๊าซ CO_2 และค่าใช้จ่ายไฟลดลง (รูป 22.2.2)

(3) ขนาดกะทัดรัด อัตราปริมาตรลดลง 50% อัตราน้ำหนักลดลง 40% (※) ลดเบอร์เฟรมลงได้ 1-2 เบอร์

(4) เสียงรบกวนต่ำ ลดค่าเสียงรบกวนตลอดอายุการทำงานลงได้ 10dB อายุการทำงานจาระบีตลับลูกปืนยาวนานขึ้น 2 เท่า (ค่าการออกแบบ) ※ มอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส 3.7kW 2 โพล กับ ECOHEART 3.7kW 3600mm^{-1}



รูป 22.2.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ



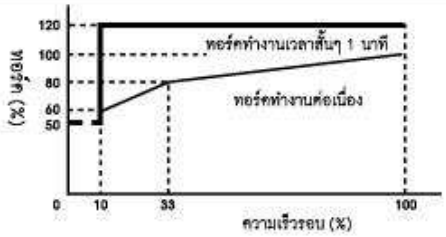
รูป 22.2.2 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ CO_2/ประหยัดพลังงาน

(3) ประเภทซีรีย์มาตรฐาน

ความเร็วรอบ	โครงสร้าง	โครงสร้าง / แรงดันไฟฟ้า	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90
3600 min^{-1}	ขาติดตั้ง	200V	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	※	※	※	※	※	※	-	-
		400V	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	※	※	※	※	※	※	※	※
	ขนิดหน้าแปลน	200V	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	※	※	※	※	※	※	-	-
		400V	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	※	※	※	※	※	※	※	※
1800 min^{-1}	ขาติดตั้ง	200V	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	※	※	※	※	※	※	-	-
		400V	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	※	※	※	※	※	※	-	-
	ขนิดหน้าแปลน	200V	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	※	※	※	※	※	※	-	-
		400V	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	※	※	※	※	※	※	-	-

*คอนโทรลเลอร์: 15kW ขึ้นไปจะเป็นอินเวอร์เตอร์ทั่วไปของฮิตาชิ WJ200, 18.5 - 90kW จะเป็นคอนโทรลเลอร์เฉพาะงาน SE700

(4) คุณสมบัติมอเตอร์ (ซีรี่ย์มาตรฐาน)

ความเร็วรอบอัตรา		3600 หรือ 1800min^{-1}
โครงสร้างป้องกัน		ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (IP44 ชนิดในอาคาร)
อัตราเวลา		S1 (อัตราต่อเนื่อง)
สีทา		รีเกลเกร (มันเซล 8.9Y5.1/0.3)
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ/ความชื้นสัมพัทธ์	0°C - 40°C / 20% - 90%RH
	ความสูง	ความสูงมาตรฐานต่ำกว่า 1,000m
	สถานที่ติดตั้ง	ในอาคาร
	สภาพบรรยากาศ	หลีกเลี่ยงสถานที่มีก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและที่ระเบิดได้ ไม่มีละอองน้ำและไม่มีการเกิดฝ้าไอน้ำ มีฝุ่นละอองน้อย
	การสั่นสะเทือน	ต่ำกว่า 4.9m/s 2(0.5G)
คุณลักษณะทอร์ค		

(5) คุณสมบัติคอนโทรลเลอร์ (ซีรี่ย์มาตรฐาน)

รุ่น 3 เฟส 200V

รุ่น WJ200-0	002L	004L	007L	015L	022L	037L	055L	075L	110L	150L
ความจุมอเตอร์ที่ใช้งาน (kW)	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15
แหล่งจ่ายไฟอินพุท	3 เฟส 200V-15% ~ 220V+10%, 50/60 Hz±5Hz									

รุ่น SE700-I	185L	220L	300L	370L	450L	550L
ความจุมอเตอร์ที่ใช้งาน (kW)	18.5	22	30	37	45	55
แหล่งจ่ายไฟอินพุท	3 เฟส 200V-15% ~ 220V+10%, 50/60 Hz±5Hz					

รุ่น 3 เฟส 400V

รุ่น WJ200-0	004H	007H	015H	022H	040H	055H	075H	110H	150H
ความจุมอเตอร์ที่ใช้งาน (kW)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15
แหล่งจ่ายไฟอินพุท	3 เฟส 400V-15% ~ 440V+10%, 50/60 Hz±5Hz								

รุ่น SE700-I	185H	220H	300H	370H	450H	550H	750H	900H
ความจุมอเตอร์ที่ใช้งาน (kW)	18.5	22	30	37	45	55	75	90
แหล่งจ่ายไฟอินพุท	3 เฟส 400V-15% ~ 440V+10%, 50/60 Hz±5Hz							

วิธีควบคุม

วิธีควบคุม	วิธี PWM คลื่นไซน์กระแสไฟฟ้า 180 องศา
ตรวจจับตำแหน่งขั้วแม่เหล็ก	โอเปอเรเตอร์มาตรฐาน
อัตรากระแสไฟฟ้าโอเวอร์โหลด	120% เป็นเวลา 1 นาที
ฟังก์ชัน I/O	โอเปอเรเตอร์มาตรฐาน คำสั่งแรงดันไฟฟ้าอนาล็อก การสื่อสาร RS485 (Modbus-RTU)
Option	ฟิลเตอร์เสียงรบกวน รีแอคเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รีแอคเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสลับ
ฟังก์ชันการป้องกัน	กระแสไฟฟ้าเกิน แรงดันไฟฟ้าเกิน เทอร์มอลอิเล็กทรอนิกส์ อุณหภูมิผิดปกติ Ground Over Current ตอนเปิดแหล่งจ่ายไฟ จำกัดค่าโอเวอร์โหลด ฯลฯ

※ สามารถออกแบบ/ผลิตเป็นเฉพาะกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ของทางลูกค้าได้ สำหรับคุณสมบัติอื่นๆ ที่นอกเหนือจากนี้ ให้ดูอ้างอิงในเอกสารแนบ (6) "ตารางสอบถามคุณสมบัติ" และติดต่อกับทางฝ่ายธุรการ

(6) ตารางสอบถามคุณสมบัติ

No.	รายการ	คุณสมบัติที่จำเป็น	คุณสมบัติเสนอแนะ
1	แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟ		
2	เอ้าท์พุตอัตรา		
3	ความเร็วรอบอัตรา		
4	กระแสไฟอัตรา		
5	อินพุตอัตรา		
6	ประสิทธิภาพ		
7	อัตรา		
8	คลาสทนต่อความร้อน (ระดับฉนวน)		
9	ทอร์คเริ่มต้นทำงาน		
10	วิธีอินพุตคำสั่ง : ความถี่		
11	ทำงาน/หยุด		
12	เวลาได่ขึ้น/ได่ลง		
13	มี/ไม่มีการหมุนไปกลับ (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา)		
14	ย่านการเปลี่ยนความเร็ว		
15	การเปลี่ยนความเร็วรอบ		
16	การสั่นสะเทือน		
17	เสียงรบกวน		
18	ลักษณะพื้นผิวภายนอก		
19	การเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวภายนอก		
20	การแผ่เสียงรบกวน		
21	EMC		
22	ย่านอุณหภูมิที่ใช้		
23	ความยาวสายไฟระหว่างมอเตอร์กับคอนโทรลเลอร์		
24	ประเภทและการต่อโหลด		
25	คุณลักษณะโหลด		
26	ทอร์คสูงสุด		
27	โมเมนต์ความเฉื่อย		
28	เงื่อนไขการทำงาน : แรงดันไฟฟ้า		
29	ระยะห่างการสตาร์ท		
30	สภาวะแวดล้อม : อุณหภูมิสภาพแวดล้อม		
31	ความชื้นสัมพัทธ์รอบบริเวณ		
32	การป้องกันน้ำ ฯลฯ		
33	สถานที่ติดตั้ง		
34	พื้นที่ติดตั้ง		
35	ทิศทางการติดตั้ง		
36	การสั่นสะเทือน		
37	การช็อคไฟฟ้าจากภายนอก		
38	ระดับเสียงรบกวนจากภายนอก		
39	ระดับฝุ่นละออง		
40	ก๊าซกัดกร่อน		
41	อายุการติดตั้งอุปกรณ์		
42	อายุเวลาการทำงานของอุปกรณ์		
43	กฎหมาย/มาตรฐานข้อบังคับ และอื่นๆ		
44	มี/ไม่มีการส่งออก		
45	ขนาดมิติบอทอล		
46	อื่นๆ (ความต้องการอื่นๆ)		

MEMO

3 ส่วนข้อมูล

1 คุณลักษณะของมอเตอร์มาตรฐาน 144

2 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าตอนเริ่มทำงาน 153

3 โมเมนต์ความเฉื่อย ของมอเตอร์มาตรฐาน 154

4 โมเมนต์ความเฉื่อย ที่ยอมรับได้ 155

5 โหลดแรงฉุด 157

1. คุณลักษณะของมอเตอร์มาตรฐาน

ตาราง 1.1 ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (อัตรา S1(ต่อเนื่อง))

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่ รายการ หน่วย	200V 50Hz												
		ความเร็วรอบ โหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า		
			ทอร์ค โหลดเต็ม	ทอร์ค สตาร์ท น้อยสุด	ทอร์ค สูงสุด	ทอร์ค ความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
0.1	4	1430	0.668	335	395	325	0.730	3.00	57.0	65.0	69.0	38.5	48.5	57.5
0.2	2	2780	0.687	455	455	365	0.930	5.50	67.0	71.0	74.0	64.5	76.0	83.5
	4	1420	1.35	290	285	255	1.05	4.50	67.0	70.5	71.0	54.0	67.5	77.0
0.3	4	1410	2.03	280	305	260	1.60	8.00	72.0	76.5	78.0	50.0	63.0	72.0
0.4	2	2870	1.3	246	288	210	2.0	11.3	68.3	73.0	74.0	58.6	72.2	81.4
	4	1410	2.7	321	325	290	2.3	11.3	66.4	71.4	72.7	47.1	60.1	70.2
	6	940	4.1	253	286	240	2.4	10.5	66.0	71.0	71.9	44.5	57.2	67.1
0.75	2	2850	2.5	268	307	230	3.4	20.7	74.7	77.9	77.9	62.1	74.9	82.5
	4	1410	5.1	238	286	235	3.5	19.1	78.3	79.9	78.7	59.0	72.1	79.7
	6	950	7.5	263	285	245	4.0	20.9	67.2	72.4	73.9	51.4	64.2	73.4
1.5	2	2880	5.0	224	306	210	6.2	47.3	79.4	81.7	81.5	69.5	81.0	86.9
	4	1430	10.1	243	326	255	7.2	43.5	78.5	80.8	80.3	54.1	67.5	75.9
	6	950	15.1	241	315	250	7.2	43.6	79.1	81.2	80.5	55.3	68.2	75.7
2.2	2	2890	7.3	329	349	270	8.6	76.8	81.8	84.0	83.9	71.4	82.3	87.8
	4	1420	14.8	282	320	270	9.0	66.8	84.8	85.6	84.5	68.1	79.2	84.4
	6	950	22.1	287	342	280	10.5	72.9	79.7	82.2	82.2	51.9	65.2	73.7
3.7	2	2880	12.3	363	396	300	14	137	84.9	86.6	86.5	76.8	85.4	89.3
	4	1430	24.7	256	320	255	15.6	104	84.7	85.6	84.7	62.3	74.9	81.6
	6	940	37.6	293	332	280	16.8	118	82.6	84.1	83.4	55.5	68.7	76.4
5.5	2	2960	17.7	296	342	255	20.2	185	85.7	88.0	88.6	79.5	86.6	89.5
	4	1470	35.7	271	307	260	22.6	150	86.2	87.7	87.4	61.9	74.2	80.6
	6	970	54.1	293	344	285	24	156	86.9	88.0	87.5	57.5	69.5	75.8
7.5	2	2940	24.3	302	319	245	27	225	88.5	89.9	89.8	79.8	86.9	89.6
	4	1470	48.7	310	338	290	29.8	206	87.7	88.9	88.6	64.8	76.5	82.4
	6	980	73.0	237	353	265	32	218	85.8	87.5	87.3	59.7	72.5	79.5
11	2	2960	35.5	344	361	280	40	356	86.4	88.7	89.3	79.3	86.5	89.4
	4	1470	71.4	283	313	265	43	301	89.0	90.2	90.0	66.7	77.7	82.9
	6	980	107	262	410	300	45	332	87.8	89.0	88.7	61.9	74.3	80.9
15	2	2960	48.4	328	356	270	55	520	89.0	90.8	91.1	75.4	84.1	87.9
	4	1470	97.4	303	322	280	58	419	89.8	90.8	90.5	67.5	78.2	83.1
	6	965	148	265	295	250	61.0	390	88.0	89.5	89.5	63.0	74.5	80.0
18.5	2	2960	59.6	349	363	280	65	600	91.5	92.6	92.6	80.9	87.5	90.0
	4	1455	121	270	295	240	73.0	505	87.5	89.0	89.5	66.5	77.5	82.5
	6	965	183	275	300	250	74.0	470	88.5	89.5	89.5	64.5	76.0	81.5

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	200V 50Hz (75kW ขึ้นไป 400V)													
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
22	2	2920	72.0	315	370	310	81.0	675	88.0	90.0	90.5	73.0	82.5	87.0
	4	1455	144	310	340	260	85.0	645	89.0	90.5	90.5	68.0	78.5	83.0
	6	965	218	300	335	270	88.0	590	89.0	90.0	90.0	64.0	75.5	81.0
30	2	2930	97.8	270	310	250	108	810	88.0	89.5	89.5	78.5	86.0	89.0
	4	1460	196	315	350	260	113	890	89.5	90.5	90.5	69.5	80.0	85.0
	6	970	295	255	315	240	120	805	89.5	91.0	90.5	62.5	74.5	80.5
37	2	2930	121	255	260	205	134	940	88.5	90.0	90.5	79.0	85.5	88.0
	4	1460	242	275	305	220	140	990	90.0	91.5	91.0	70.0	80.0	84.0
	6	970	364	260	310	240	146	965	91.0	91.5	91.5	64.5	76.0	81.0
45	2	2930	147	280	275	260	163	1220	88.0	90.0	90.5	78.0	85.0	88.0
	4	1460	294	265	300	220	169	1210	91.0	91.5	91.5	71.0	80.5	84.5
	6	970	443	275	305	250	175	1140	91.0	91.5	91.0	66.0	77.0	82.5
55	2	2930	179	315	310	290	196	1540	90.0	91.5	91.5	78.5	85.5	88.0
	4	1460	360	315	310	250	209	1560	91.5	92.5	92.5	67.0	77.5	82.5
	6	970	541	300	305	270	210	1480	93.0	93.5	93.0	72.0	81.0	85.0
75	2	2940	244	290	350	280	130	1180	91.5	92.5	93.0	82.0	88.5	91.0
	4	1460	491	310	325	285	130	1150	92.0	93.0	93.0	81.0	87.5	89.5
	6	975	735	320	320	285	140	1220	93.0	94.0	93.5	70.5	80.5	84.5
90	2	2940	292	270	325	260	155	1410	92.0	93.0	93.5	85.0	90.5	92.0
	4	1465	587	350	350	315	160	1610	93.5	94.5	94.0	80.5	87.5	90.5
	6	975	882	250	290	245	160	1320	94.0	94.0	93.5	75.0	83.0	86.5
110	2	2940	357	220	290	225	185	1650	91.5	93.0	93.5	86.5	91.0	92.0
	4	1470	715	290	240	240	190	1700	93.0	93.5	93.5	83.0	89.0	91.0
	6	975	1080	275	320	270	195	1900	94.5	94.5	94.5	74.5	83.0	87.0
132	2	2930	430	220	275	220	220	1980	91.5	93.0	93.5	88.5	92.0	93.0
	4	1470	858	350	280	285	225	2140	94.0	95.0	95.0	81.5	87.5	89.0
	6	975	1290	250	315	255	230	2120	93.0	94.5	94.5	80.0	86.0	88.0

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ทอร์ค (โหลดเต็ม, สตาร์ท, สูงสุด, ความเร่ง) และกระแสไฟเริ่มทำงาน เป็นค่าการวัดที่แท้จริง โดยใช้วงจรเทียบเท่าอื่น

3. ถ้าคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าต่างออกไป ไม่เพียงเฉพาะกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และคุณลักษณะอื่นๆ ก็จะแตกต่างออกไป ถ้าจำเป็นต้องใช้ ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

4. นอกจากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ยังสามารถผลิตโมเดลดังต่อไปนี้ ได้เช่นเดียวกัน

150kW 2P, 4P, 6P, 160kW 2P, 4P, 6P, 185kW 2P, 4P, 6P

200kW 2P, 4P, 6P, 220kW 2P, 4P, 6P, 250kW 2P, 4P, 6P

280kW 4P, 6P, 300kW 2P, 4P

ตาราง 1.2 ขนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (อัตรา S1 (ต่อเนื่อง))

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	200V 60Hz												
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า		
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%
0.1	4	1720	0.555	295	360	290	0.640	3.00	62.5	69.5	73.5	42.0	52.5	62.5
0.2	2	3330	0.574	430	430	340	0.870	5.00	72.0	75.0	75.5	71.5	82.5	88.5
	4	1700	1.12	305	260	250	0.980	4.00	70.5	73.0	72.0	60.0	72.5	81.5
0.3	4	1700	1.69	230	270	225	1.50	7.50	76.0	79.5	80.0	57.5	70.0	78.0
0.4	2	3440	1.1	233	269	200	1.8	10.9	74.0	77.0	76.9	66.6	79.5	86.9
	4	1690	2.3	287	306	265	2.0	10.6	74.1	77.1	76.8	54.3	68.0	77.2
	6	1120	3.4	213	255	210	2.2	9.5	71.6	75.0	74.8	49.1	62.5	71.9
0.75	2	3420	2.1	201	234	170	3.2	19.5	79.7	81.2	80.3	73.5	83.7	88.6
	4	1690	4.2	189	239	190	3.3	17.3	81.2	81.8	79.8	66.8	78.1	83.5
	6	1130	6.3	224	262	215	3.6	18.9	72.9	76.6	77.1	58.9	71.7	79.6
1.5	2	3450	4.1	215	282	195	5.8	44.8	81.2	82.9	82.2	83.7	90.2	92.9
	4	1710	8.4	201	279	215	6.6	39	82.7	83.6	82.2	63.9	75.9	82.1
	6	1130	12.7	188	270	205	6.6	38.7	82.8	83.7	82.2	64.4	75.5	80.8
2.2	2	3460	6.1	267	282	215	8.2	73.4	83.7	85.3	84.8	84.9	91.0	93.4
	4	1700	12.3	239	298	240	8.6	58.7	85.8	86.1	84.6	76.7	84.8	87.9
	6	1140	18.4	229	293	230	9.4	64.1	83.7	84.9	84.0	62.6	74.7	80.9
3.7	2	3450	10.2	282	305	230	13.4	121	84.6	86.3	86.0	88.2	92.3	93.6
	4	1710	20.6	215	282	220	14.4	90.7	87.4	87.4	85.8	73.2	82.9	87.0
	6	1130	31.2	226	271	220	15	102	85.8	86.3	85.0	68.7	79.2	84.0
5.5	2	3550	14.8	250	288	215	19.8	157	84.1	86.9	87.7	87.2	90.9	92.0
	4	1760	29.8	248	279	235	20.6	131	88.1	89.0	88.4	75.8	84.0	87.2
	6	1160	45.2	225	277	225	23	132	89.2	89.6	88.5	68.5	77.9	81.5
7.5	2	3520	20.3	242	255	195	26.4	191	87.1	88.8	88.9	88.1	91.5	92.3
	4	1760	40.7	278	297	255	27.4	180	90.1	90.6	89.8	77.7	85.5	88.5
	6	1180	60.7	206	324	235	28	189	89.6	90.0	89.2	73.9	83.1	86.9
11	2	3560	29.5	294	281	230	39	312	85.9	88.4	89.1	90.5	93.0	93.5
	4	1770	59.3	256	286	240	39	262	91.1	91.7	91.2	81.4	87.4	89.4
	6	1180	89.0	214	355	255	41	286	90.7	91.0	90.3	75.9	84.4	87.8
15	2	3550	40.3	306	314	245	52	438	88.6	90.5	91.0	88.7	92.2	93.1
	4	1760	81.3	263	278	240	53	366	91.5	92.0	91.5	81.7	87.6	89.4
	6	1160	123	235	265	220	55.0	340	90.5	91.0	90.5	75.5	83.5	86.0
18.5	2	3550	49.7	275	276	220	63	501	90.1	91.6	91.8	90.9	93.2	93.5
	4	1750	101	245	265	200	66.0	460	89.0	90.0	90.0	81.0	87.0	89.0
	6	1160	152	230	250	200	68.0	405	90.5	91.5	90.5	77.0	84.5	87.0

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	200V 60Hz (75kW ขึ้นไป 400V)													
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
22	2	3510	59.9	265	315	250	76.0	605	86.5	89.0	89.5	87.5	91.5	93.0
	4	1750	120	270	300	220	78.0	580	89.5	91.0	91.0	82.0	88.0	90.0
	6	1160	181	265	305	230	81.0	510	91.0	91.5	91.0	77.0	84.5	87.0
30	2	3510	81.6	255	285	220	104	730	87.0	89.0	89.0	89.5	92.5	93.5
	4	1750	164	265	300	210	105	770	90.5	91.5	91.0	83.0	88.5	90.5
	6	1165	246	225	285	210	110	715	90.5	91.5	91.0	75.5	83.5	86.5
37	2	3510	101	210	225	220	128	840	86.5	88.5	89.0	90.5	92.5	92.5
	4	1750	202	225	255	180	131	890	90.0	91.0	91.0	83.5	88.5	90.0
	6	1165	303	220	275	210	135	835	91.5	92.0	91.5	76.0	84.0	86.5
45	2	3510	122	240	255	230	155	1090	86.0	88.5	89.0	91.5	93.5	93.5
	4	1750	246	220	260	180	158	1060	91.0	91.5	91.0	84.0	89.0	90.0
	6	1165	369	245	265	220	162	1010	92.0	92.0	91.5	79.0	86.0	88.0
55	2	3510	150	270	270	250	184	1410	91.5	92.5	92.0	91.0	93.0	93.5
	4	1750	300	265	275	230	191	1380	92.0	92.5	92.5	83.0	88.5	90.0
	6	1165	451	240	260	225	200	1280	92.5	93.0	92.5	80.0	86.0	88.0
75	2	3520	203	210	260	210	130	1010	89.5	91.5	92.0	89.0	92.5	93.5
	4	1750	409	235	265	225	130	975	91.5	92.5	92.5	88.0	91.5	92.5
	6	1170	612	255	265	235	135	1050	93.0	93.5	93.5	79.0	86.0	88.0
90	2	3530	243	215	280	220	150	1240	90.5	92.0	92.5	90.5	93.0	94.0
	4	1755	490	275	295	255	155	1370	93.0	94.0	93.5	86.5	91.0	92.0
	6	1170	735	205	255	210	155	1130	93.5	93.5	93.0	82.0	87.5	89.0
110	2	3530	298	170	245	185	185	1380	90.0	92.0	92.5	91.0	93.0	93.5
	4	1760	597	245	305	245	185	1390	92.0	93.0	92.5	88.5	92.0	93.0
	6	1170	898	245	215	205	190	1540	94.0	94.5	94.0	81.0	87.0	89.0
132	2	3510	359	165	205	160	220	1620	89.0	91.5	92.0	92.0	94.0	94.0
	4	1760	716	290	240	240	220	1850	93.0	94.5	94.5	87.0	90.0	90.5
	6	1170	1080	210	290	225	230	1820	92.5	93.5	94.0	85.5	89.5	90.5

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ทอร์ค (โหลดเต็ม, สตาร์ท, สูงสุด, ความเร่ง) และกระแสไฟเริ่มทำงาน เป็นค่าการวัดที่แท้จริง โดยใช้วงจรเทียบเท่าอื่น

3. ถ้าคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าต่างออกไป ไม่เพียงเฉพาะกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และคุณลักษณะอื่นๆ ก็จะแตกต่างออกไป ถ้าจำเป็นต้องใช้ ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

4. นอกจากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ยังสามารถผลิตโมเดลดังต่อไปนี้ ได้เช่นเดียวกัน

150kW 2P, 4P, 6P, 160kW 2P, 4P, 6P, 185kW 2P, 4P, 6P

200kW 2P, 4P, 6P, 220kW 2P, 4P, 6P, 250kW 2P, 4P, 6P

280kW 4P, 6P, 300kW 2P, 4P

ตาราง 1.3 ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (อัตรา S1(ต่อเนื่อง))

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	220V 60Hz													
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
0.1	4	1730	0.552	365	450	350	0.690	3.00	58.5	67.0	71.0	37.5	47.0	55.5
0.2	2	3380	0.565	475	475	410	0.840	5.50	68.0	72.0	75.5	64.5	76.0	83.5
	4	1720	1.11	305	310	305	0.95	4.50	68.5	72.0	73.0	53.0	65.5	75.5
0.3	4	1710	1.68	280	325	270	1.40	8.50	73.0	78.0	79.5	50.5	63.0	72.0
0.4	2	3470	1.1	282	325	240	1.8	12.0	71.3	75.8	77.0	58.8	72.2	81.1
	4	1710	2.2	347	370	320	2.0	11.7	70.2	75.0	76.3	46.7	59.8	69.7
	6	1140	3.3	265	317	260	2.2	10.6	69.1	74.0	75.3	42.9	55.5	65.3
0.75	2	3450	2.1	243	283	210	3.0	21.5	76.5	79.8	80.2	64.8	76.8	83.7
	4	1710	4.2	228	288	230	3.1	19.1	80.0	81.9	81.3	59.4	72.1	79.5
	6	1150	6.2	271	317	260	3.6	20.8	69.6	74.8	76.6	51.7	64.4	73.4
1.5	2	3480	4.1	260	341	240	5.4	49.3	78.6	81.7	82.2	75.7	85.0	89.6
	4	1720	8.3	243	338	260	6.2	42.9	80.7	83.0	82.8	55.7	68.9	76.9
	6	1150	12.4	227	327	245	6.2	42.6	81.1	83.3	83.1	56.7	69.2	76.4
2.2	2	3490	6.0	323	341	265	7.6	80.7	82.0	84.6	85.0	77.3	86.2	90.4
	4	1720	12.2	289	361	290	8.0	64.6	85.1	86.4	85.8	69.8	80.3	85.2
	6	1150	18.3	277	354	280	9.2	70.5	81.7	84.1	84.3	54.3	67.4	75.4
3.7	2	3470	10.2	341	369	280	12.4	133	83.3	85.8	86.3	81.8	88.6	91.4
	4	1730	20.4	260	329	265	13.6	99.8	86.4	87.4	86.7	65.2	77.1	83.2
	6	1140	31.0	273	327	270	14.4	112	84.6	86.1	85.7	59.7	72.2	79.2
5.5	2	3560	14.7	302	349	260	18.2	173	83.7	86.9	88.1	82.6	88.4	90.7
	4	1770	29.7	300	338	285	19.6	144	87.0	88.7	88.7	67.1	78.1	83.4
	6	1170	44.9	272	335	270	21	146	88.3	89.5	89.1	60.7	72.2	78.0
7.5	2	3540	20.2	292	308	240	24.2	210	86.8	89.0	89.5	83.8	89.3	91.3
	4	1770	40.4	336	359	310	25.8	198	89.0	90.3	90.1	69.5	80.1	85.1
	6	1180	60.7	249	392	285	27	208	88.2	89.5	89.4	64.6	76.5	82.5
11	2	3560	29.5	355	340	275	36	343	84.8	87.9	89.1	85.4	90.2	92.0
	4	1770	59.3	309	346	290	37	289	90.2	91.4	91.4	72.5	81.9	86.0
	6	1180	89.0	259	374	280	39	315	89.6	90.7	90.6	66.9	78.2	83.8
15	2	3560	40.2	370	380	300	48	482	87.6	90.1	90.9	82.0	88.3	90.8
	4	1770	80.9	318	336	290	50	403	90.2	91.5	91.5	73.1	82.3	86.2
	6	1170	122	300	330	265	52.0	380	89.5	90.5	91.0	67.5	78.0	83.0
18.5	2	3560	49.6	332	334	265	58	551	89.7	91.6	92.1	85.7	90.4	92.0
	4	1760	100	305	330	240	63.0	510	87.5	89.5	90.0	72.0	81.5	85.5
	6	1165	152	290	310	240	64.0	450	89.5	91.0	91.0	69.0	79.0	84.0

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	220V 60Hz (75kW ขึ้นไป 440V)													
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
22	2	3530	59.5	325	390	305	71.0	675	86.0	89.0	90.0	80.0	87.5	90.5
	4	1760	119	335	375	265	73.0	650	88.5	90.5	91.0	74.0	83.0	87.0
	6	1165	180	335	385	280	76.0	575	89.5	91.0	91.0	68.5	79.0	83.5
30	2	3530	81.2	320	355	265	96.0	810	86.0	88.5	89.5	84.5	90.0	92.0
	4	1760	163	335	380	255	99.0	865	89.5	91.0	91.5	75.0	84.0	87.5
	6	1170	245	280	355	255	104	800	90.0	91.5	91.5	67.0	78.0	83.5
37	2	3530	100	265	285	265	118	935	86.0	89.0	89.5	85.5	90.0	91.5
	4	1760	201	280	320	220	122	1000	89.5	91.0	91.5	75.5	84.0	87.5
	6	1170	302	275	345	255	127	935	91.0	92.0	92.0	68.5	79.0	83.5
45	2	3530	122	305	325	280	143	1210	85.5	88.5	89.0	86.5	90.5	92.0
	4	1760	244	280	270	220	147	1190	90.0	91.5	91.5	77.0	84.5	87.5
	6	1170	367	305	335	265	151	1130	91.5	92.5	92.0	72.0	81.5	85.5
55	2	3530	149	345	345	305	171	1570	88.0	90.5	91.0	86.5	91.0	92.0
	4	1760	298	335	345	280	180	1540	91.0	92.5	92.5	74.5	83.0	86.5
	6	1170	449	300	325	285	184	1440	92.5	93.5	93.0	74.5	83.0	86.5
75	2	3540	202	265	325	260	120	1125	89.5	91.5	92.0	85.0	90.5	92.5
	4	1760	407	300	345	290	115	1090	91.0	92.5	93.0	84.0	89.5	91.5
	6	1175	610	325	340	300	125	1180	93.0	93.5	94.0	73.0	82.0	86.0
90	2	3540	243	270	355	275	140	1390	90.5	92.5	93.0	87.0	91.5	93.0
	4	1765	487	350	380	330	140	1530	93.0	94.0	94.0	82.5	89.0	91.0
	6	1175	731	270	330	270	145	1270	93.0	94.0	94.0	76.5	84.5	87.5
110	2	3540	297	210	310	230	170	1540	89.5	92.0	92.5	88.0	92.0	93.0
	4	1770	594	310	270	260	170	1560	92.0	93.0	93.0	85.0	90.0	92.0
	6	1175	894	315	390	320	175	1740	93.5	94.5	94.5	76.0	84.5	87.5
132	2	3520	358	205	260	205	200	1820	89.0	91.5	92.5	90.0	93.0	93.5
	4	1770	712	370	310	310	200	2090	92.5	94.0	95.0	84.0	88.5	90.0
	6	1175	1070	270	370	290	210	2050	92.5	93.5	94.0	82.0	87.5	89.5

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ทอร์ค (โหลดเต็ม, สตาร์ท, สูงสุด, ความเร่ง) และกระแสไฟเริ่มทำงาน เป็นค่าการวัดที่แท้จริง โดยใช้วงจรเทียบเท่าอื่น

3. ถ้าคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าต่างออกไป ไม่เพียงเฉพาะกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และคุณลักษณะอื่นๆ ก็จะแตกต่างออกไป ถ้าจำเป็นต้องใช้ ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

4. นอกจากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ยังสามารถผลิตโมเดลดังต่อไปนี้ ได้เช่นเดียวกัน

150kW 2P, 4P, 6P, 160kW 2P, 4P, 6P, 185kW 2P, 4P, 6P

200kW 2P, 4P, 6P, 220kW 2P, 4P, 6P, 250kW 2P, 4P, 6P

280kW 4P, 6P, 300kW 2P, 4P

ตาราง 1.4 ขนิดป้องกัน Drip-Proof (อัตรา S1(ต่อเนื่อง))

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	200V 50Hz (75kW ขึ้นไป 400V)													
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
15	6	965	148	195	230	190	60.5	320	90.5	91.0	90.5	69.5	79.0	83.0
18.5	4	1440	123	230	260	215	68.0	380	91.0	91.5	90.5	76.0	83.0	85.0
	6	965	183	230	285	235	75.0	435	90.5	91.5	91.0	66.0	77.0	81.5
22	2	2910	72.2	250	305	220	80.0	585	89.0	90.5	90.5	78.5	86.0	88.5
	4	1450	145	250	255	225	85.0	515	90.0	91.0	91.0	69.0	78.5	83.0
	6	960	219	225	270	225	85.0	465	89.5	90.0	89.0	69.5	79.5	83.5
30	2	2910	98.5	255	265	205	110	710	90.0	90.5	90.0	81.0	87.0	89.0
	4	1450	198	245	250	220	110	705	93.0	93.0	92.0	75.0	83.5	86.5
	6	960	298	255	305	250	115	695	89.5	90.0	89.5	67.0	77.5	82.5
37	2	2910	121	280	250	210	135	910	88.0	89.5	89.5	80.0	86.5	88.5
	4	1450	244	275	275	245	135	890	91.0	91.5	91.0	76.0	84.0	87.0
	6	960	368	225	265	220	140	720	92.0	92.0	91.0	74.0	81.5	84.5
45	2	2920	147	365	310	270	160	1230	89.0	90.5	91.0	81.0	87.5	89.5
	4	1450	296	310	345	295	165	1150	91.0	92.0	91.5	74.0	83.0	86.5
	6	960	448	220	240	210	165	905	92.5	92.5	91.0	74.5	82.5	85.0
55	2	2920	180	290	295	235	190	1470	90.0	91.0	91.0	90.0	93.0	94.0
	4	1450	362	280	320	270	200	1330	92.0	93.0	93.0	79.0	85.5	87.5
	6	970	541	270	265	240	210	1260	91.0	92.0	91.5	73.0	81.5	85.0
75	2	2900	247	200	220	185	130	760	92.5	93.0	93.0	89.5	91.5	91.5
	4	1450	494	240	240	215	135	860	91.5	92.0	91.0	80.5	86.5	88.5
	6	970	738	260	260	235	140	860	93.0	93.0	92.0	71.0	80.5	84.0
90	2	2910	295	240	280	230	155	1020	93.0	93.0	92.0	91.0	92.0	91.5
	4	1450	593	215	215	195	160	985	92.5	93.0	92.5	81.0	86.5	87.5
	6	970	886	250	250	225	170	1070	93.5	94.0	93.0	74.0	82.5	85.5
110	2	2920	360	230	285	225	190	1230	93.0	94.0	93.5	87.5	91.0	91.0
	4	1460	720	295	300	270	195	1360	93.5	94.0	93.5	85.5	90.0	91.0
	6	970	1080	285	220	225	200	1390	94.0	94.0	93.5	74.0	82.5	86.0
132	2	2910	433	230	245	210	220	1460	94.0	94.5	94.0	89.0	91.5	91.5
	4	1460	863	285	270	250	230	1520	94.5	95.0	94.5	85.5	89.0	89.5
	6	970	1300	275	315	265	240	1670	92.0	91.5	89.5	80.0	86.5	88.5

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ทอร์ค (โหลดเต็ม, สตาร์ท, สูงสุด, ความเร่ง) และกระแสไฟเริ่มทำงาน เป็นค่าการวัดที่แท้จริง โดยใช้วงจรเทียบเท่าอื่น

3. ถ้าคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าต่างออกไป ไม่เพียงเฉพาะกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และคุณลักษณะอื่นๆ ก็จะแตกต่างออกไป ถ้าจำเป็นต้องใช้ ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

ตาราง 1.5 ขนิดป้องกัน Drip-Proof (อัตรา S1(ต่อเนื่อง))

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่ รายการ หน่วย	200V 60Hz (75kW ขึ้นไป 400V)												
		ความเร็วรอบ โหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า		
			ทอร์ค โหลดเต็ม	ทอร์ค สตาร์ท น้อยสุด	ทอร์ค สูงสุด	ทอร์ค ความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N·m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
15	6	1160	123	175	205	170	58.0	275	91.5	91.5	90.5	77.5	84.0	86.0
18.5	4	1730	102	185	180	160	65.0	325	90.0	90.5	90.0	85.5	88.5	88.0
	6	1160	152	205	235	195	70.0	375	91.5	92.0	91.5	75.5	83.0	86.0
22	2	3500	60.0	220	260	190	75.0	490	90.0	91.0	90.5	89.0	91.5	92.0
	4	1740	121	205	215	190	80.0	455	91.0	92.0	91.5	81.0	86.5	88.0
	6	1155	182	195	235	195	82.0	410	91.0	91.0	90.0	77.5	84.0	85.5
30	2	3500	81.9	220	215	175	105	610	90.0	91.0	90.5	89.5	91.5	91.5
	4	1740	165	195	195	175	105	610	93.0	93.5	92.5	84.0	88.5	89.0
	6	1155	248	205	245	205	110	590	90.5	90.5	90.0	77.5	84.5	87.0
37	2	3490	101	240	210	180	130	835	87.0	88.5	88.5	90.0	92.5	92.5
	4	1740	203	235	235	210	130	775	91.0	91.0	90.5	84.5	89.5	90.5
	6	1155	306	180	215	180	135	630	92.0	92.0	90.5	82.0	86.5	87.0
45	2	3500	123	280	240	205	155	1100	88.5	90.0	90.5	90.0	92.5	93.0
	4	1740	247	260	300	250	160	1000	91.0	92.0	91.5	83.5	88.5	90.0
	6	1155	372	180	195	170	160	780	92.5	92.5	91.0	83.0	87.0	87.5
55	2	3500	150	230	235	185	190	1350	88.5	90.0	90.0	93.5	95.0	95.0
	4	1740	302	220	255	215	195	1150	91.5	92.5	92.0	86.5	90.0	90.0
	6	1165	451	210	210	190	200	1110	92.0	92.5	92.0	81.5	86.5	87.0
75	2	3470	206	170	185	155	130	675	91.0	92.0	91.5	92.5	93.0	92.0
	4	1740	412	190	200	175	130	735	91.5	92.0	91.5	87.0	89.5	89.0
	6	1165	615	230	230	205	135	760	94.0	93.5	92.5	81.5	86.5	87.5
90	2	3480	247	210	245	200	155	890	91.5	91.5	90.0	94.0	94.0	93.0
	4	1740	494	170	170	155	160	825	92.5	93.0	92.5	88.5	90.5	89.5
	6	1165	738	230	235	210	160	930	93.0	93.5	92.5	82.5	87.5	88.5
110	2	3500	300	180	230	180	190	1070	92.5	93.5	93.0	92.0	93.0	92.0
	4	1750	600	230	250	215	190	1180	92.5	93.0	92.5	90.5	92.5	92.5
	6	1165	902	235	250	220	195	1210	94.5	94.5	94.0	81.5	86.5	87.5
132	2	3490	361	195	215	180	220	1240	93.0	93.5	93.5	92.0	93.0	92.0
	4	1750	720	235	235	210	225	1340	93.5	94.0	93.5	90.0	91.5	91.0
	6	1165	1080	215	260	215	230	1450	92.0	91.0	89.0	85.5	89.5	90.0

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ทอร์ค (โหลดเต็ม, สตาร์ท, สูงสุด, ความเร่ง) และกระแสไฟเริ่มทำงาน เป็นค่าการวัดที่แท้จริง โดยใช้วงจรเทียบเท่าอื่น

3. ถ้าคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าต่างออกไป ไม่เพียงเฉพาะกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และคุณลักษณะอื่นๆ ก็จะแตกต่างออกไป ถ้าจำเป็นต้องใช้ ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

ตาราง 1.6 ขนิดป้องกัน Drip-Proof (อัตรา S1(ต่อเนื่อง))

แรงดันไฟฟ้า	ความถี่รายการหน่วย	220V 60Hz (75kW ขึ้นไป 440V)													
		ความเร็วรอบโหลดเต็ม	ทอร์ค				กระแสไฟ		ประสิทธิภาพ			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
			ทอร์คโหลดเต็ม	ทอร์คสตาร์ทน้อยสุด	ทอร์คสูงสุด	ทอร์คความเร่ง	กระแสไฟอัตรา	กระแสไฟสตาร์ท	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%	โหลด 50%	โหลด 75%	โหลด 100%
เอ้าท์พุต(kW)	จำนวนโพล	min^{-1}	N-m	%	%	%	A	A	%	%	%	%	%	%
15	6	1170	122	215	250	210	52.0	310	91.0	91.5	91.5	71.5	80.5	84.5
18.5	4	1740	102	225	220	190	60.0	360	89.5	90.5	90.5	80.0	86.0	87.5
	6	1170	151	265	300	240	65.0	415	91.0	92.0	92.0	69.0	79.0	83.5
22	2	3520	59.7	285	335	230	70.0	555	89.0	90.5	91.0	84.0	89.0	91.0
	4	1750	120	270	280	230	75.0	515	90.5	91.5	91.5	73.5	82.0	85.5
	6	1160	181	250	300	240	75.0	460	90.0	91.0	90.5	71.0	80.0	83.5
30	2	3520	81.4	280	270	210	95.0	680	89.5	91.0	91.0	85.0	89.5	91.0
	4	1750	164	245	245	210	95.0	680	92.5	93.5	93.0	78.0	85.0	87.5
	6	1160	247	255	310	250	100	660	90.0	90.5	90.5	71.0	80.5	85.0
37	2	3510	101	300	265	220	120	920	86.0	88.5	89.0	85.0	90.0	91.5
	4	1750	202	290	295	250	120	860	90.5	91.5	91.0	79.5	86.5	89.5
	6	1160	305	225	270	220	125	705	91.5	92.0	91.5	77.0	84.0	86.0
45	2	3520	122	350	300	250	140	1220	87.5	90.0	90.5	85.5	90.0	92.0
	4	1750	246	330	375	300	145	1120	90.5	92.0	92.0	78.0	85.5	88.5
	6	1160	370	225	250	210	150	870	92.5	92.5	92.0	77.5	84.5	86.5
55	2	3520	149	290	295	220	170	1500	88.5	90.0	90.5	91.0	94.0	94.5
	4	1750	300	285	325	260	180	1300	91.0	92.5	92.5	82.5	88.0	89.5
	6	1170	449	260	260	230	180	1240	91.0	92.5	92.5	76.0	83.5	86.0
75	2	3500	205	210	230	195	120	750	91.0	92.0	92.5	91.0	93.0	92.5
	4	1750	409	245	255	225	120	830	91.0	92.0	92.0	83.5	88.0	89.0
	6	1170	612	290	290	260	125	850	93.5	93.5	93.0	75.0	83.0	86.0
90	2	3500	246	260	310	250	140	995	92.0	92.0	91.5	93.0	94.0	93.5
	4	1750	491	210	215	190	145	925	92.5	93.0	93.0	85.0	89.0	89.5
	6	1170	735	285	295	260	150	1040	93.0	93.5	93.0	77.0	84.5	87.0
110	2	3520	298	220	285	225	170	1190	92.5	93.5	93.5	90.0	92.5	92.5
	4	1760	597	295	325	280	170	1330	92.5	93.0	93.0	87.5	91.0	92.0
	6	1170	898	300	320	280	180	1360	94.5	94.5	94.5	76.5	84.0	86.5
132	2	3510	359	235	260	220	200	1370	93.0	94.0	94.0	90.5	92.5	92.5
	4	1760	716	300	295	265	205	1500	93.5	94.0	94.0	87.5	91.0	91.0
	6	1170	1080	275	335	275	210	1630	92.0	92.0	90.5	81.5	87.5	89.5

หมายเหตุ 1. ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ทอร์ค (โหลดเต็ม, สตาร์ท, สูงสุด, ความเร่ง) และกระแสไฟเริ่มทำงาน เป็นค่าการวัดที่แท้จริง โดยใช้วงจรเทียบเท่าอื่น

3. ถ้าคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าต่างออกไป ไม่เพียงเฉพาะกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และคุณลักษณะอื่นๆ ก็จะแตกต่างออกไป ถ้าจำเป็นต้องใช้ ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

2. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าตอนเริ่มทำงาน

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าตอนเริ่มทำงานจะคำนวณโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าตกจากการสตาร์ท เมื่อพิจารณาหาความจุแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ตาราง 2.1 จะแสดงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าตอนเริ่มทำงานของมอเตอร์ 3 เฟสมาตรฐาน

ตาราง 2.1 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าตอนเริ่มทำงาน (%)

ต่ำกว่า 55kW : 200VHz/200V60Hz มากกว่า 75kW : 400V 50Hz/440V 60Hz

จำนวนโพล	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย						ชนิดป้องกัน Drip-Proof					
	2 โพล		4 โพล		6 โพล		2 โพล		4 โพล		6 โพล	
ความถี่ เอ๊าท์พุต (kW)	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz
0.4	92	89	81	77	68	62	-	-	-	-	-	-
0.75	73	68	62	56	71	65	-	-	-	-	-	-
1.5	74	69	60	55	52	47	-	-	-	-	-	-
2.2	71	66	53	49	54	49	-	-	-	-	-	-
3.7	50	45	52	49	51	46	-	-	-	-	-	-
5.5	46	43	57	54	45	42	-	-	-	-	-	-
7.5	49	46	56	53	51	47	-	-	-	-	-	-
11	48	45	50	47	48	44	-	-	-	-	-	-
15	46	44	49	47	49	45	-	-	-	-	46	43
18.5	44	41	49	46	46	44	-	-	50	47	47	45
22	53	50	49	46	45	43	49	47	47	45	47	44
30	48	47	47	45	44	41	50	48	47	44	44	40
37	44	40	43	40	43	40	52	50	47	44	43	42
45	45	42	42	39	47	44	51	50	44	42	44	42
55	45	42	43	40	40	38	47	45	39	37	45	42
75	35	32	38	35	42	39	44	43	43	42	47	44
90	35	32	39	36	39	35	43	41	42	40	40	37
110	31	25	37	36	35	33	37	34	38	34	40	37
132	32	30	33	31	30	26	40	37	37	33	38	32

หมายเหตุ) ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิง ไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่ารับประกัน ให้ทำการสอบถามกับทางบริษัท

3. โมเมนต์ความเฉื่อย J ของมอเตอร์มาตรฐาน

โมเมนต์ความเฉื่อย J คือความเฉื่อยของมอเตอร์และตัวหมุน (การเอาชนะแรงเฉื่อย (Flywheel Effect)) โดยจะแสดงระดับค่าว่าจะได้ถึงความเร็วสูงสุดได้เร็วแค่ไหนหลังจากการสตาร์ท หรือจะไม่สามารถได้ถึงความเร็วสูงสุด ด้วยแรงคงที่นั้น

ตาราง 3.1 โมเมนต์ความเฉื่อย J ของมอเตอร์มาตรฐาน

เอ้าท์พุต (kW)	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดป้องกัน Drip-Proof			หน่วย
	2 โพล	4 โพล	6 โพล	2 โพล	4 โพล	6 โพล	
0.1	-	6.00	-	-	-	-	$\times 10^{-4}$ $kg \cdot m^2$
0.2	7.50	7.50	-	-	-	-	
0.3	-	13.3	-	-	-	-	
0.4	6.55	10.1	21.8	-	-	-	
0.75	9.70	22.1	54.2	-	-	-	
1.5	23.9	39.2	90.5	-	-	-	
2.2	30.5	82.3	188	-	-	-	
3.7	78.1	123.4	222	-	-	-	
5.5	0.96	1.56	3.11	-	-	-	$\times 10^{-2}$ $kg \cdot m^2$
7.5	1.03	2.01	4.66	-	-	-	
11	2.00	3.21	6.16	-	-	-	
15	2.38	4.20	14.0	-	-	19.5	
18.5	2.69	8.76	16.4	-	9.75	24.0	
22	5.37	10.1	19.0	6.00	14.8	27.5	
30	6.13	12.7	33.3	10.3	19.3	35.0	
37	11.1	20.8	38.2	12.0	23.3	45.0	
45	12.0	23.0	43.0	14.8	27.5	55.0	
55	14.0	28.0	88.0	22.0	33.8	85.0	
75	60.0	100	185	32.5	60.0	108	
90	68.8	125	240	39.0	65.0	163	
110	92.5	198	300	60.0	125	203	
132	113	230	513	68.8	145	300	

3. โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้

โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ของมอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไป จะคำนวนกลับเป็นแกนมอเตอร์ โดยมีค่าดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ของมอเตอร์มาตรฐาน

(kg·m²)

	เอ้าท์พุต	2 โพล		4 โพล		6 โพล	
	(kW)	สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทสตาร์เดลต้า	สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทสตาร์เดลต้า	สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทสตาร์เดลต้า
ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย	0.4	0.3	-	1.5	-	4.5	-
	0.75	0.3	-	2.3	-	6.3	-
	1.5	0.6	-	3.8	-	9.5	-
	2.2	0.9	-	5	-	11.3	-
	3.7	1.3	-	6.3	-	22	-
	5.5	2.7	1.3	9.7	5.0	23.8	12.5
	7.5	2.9	1.2	12.3	6.8	30	16.3
	11	2.8	1.3	16.2	7.9	53	28.0
	15	3.5	1.8	21.6	12.2	65	37.5
	18.5	4.5	2.3	25	15	87.5	51.3
	22	5.5	2.8	32.5	18.8	95	51.3
	30	6.3	3.1	37.5	21.3	130	60
	37	7.5	3.4	45	23.8	130	61.3
	45	8.3	3.6	47.5	25	135	62.5
	55	9.3	3.9	55	28.8	150	65
	75	10.8	4.1	67.5	30	188	80
	90	12	4.4	75	31.3	225	96.3
	110	14.5	4.8	92.5	38.8	250	97.5
	132	16.3	5.3	113	47.5	300	100
ชนิดป้องกันละออง	0.75	-	-	-	-	-	-
	1.5	-	-	-	-	-	-
	2.2	-	-	-	-	-	-
	3.7	-	-	-	-	-	-
	5.5	-	-	-	-	-	-
	7.5	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	50	26.3
	18.5	-	-	21.3	11.3	60	32.5
	22	4.3	1.8	25	13.5	62.5	32.5
	30	5	2.1	35	18.8	75	35
	37	6.3	2.4	40	18.8	82.5	38.8
	45	7.5	2.5	42.5	19.8	100	38.8
	55	8.8	2.6	50	20.5	113	38.8
	75	10	2.6	57.5	21.5	125	42.5
	90	11	3	67.5	23	138	47.5
	110	13.3	3.5	75	25	163	50
	132	15	4	87.5	30	188	53.8

หมายเหตุ) 1. กรณีวิธีการสตาร์ทสตาร์เดลต้า หรือสตาร์ทโดยลดแรงดันไฟฟ้า (เช่น รีแอคเตอร์สตาร์ท เป็นต้น) การทำให้ทอร์คของมอเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับทอร์คโหลดตอนเริ่มต้นการทำงานจะมีความยุ่งยาก ดังนั้น จำเป็นต้องพิจารณาเปรียบเทียบเป็นอย่างดี ในการนำไปใช้งาน

2. ตาราง 4.1 เป็นค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ ที่การเพิ่มอุณหภูมิตอนเริ่มทำงานไม่ส่งผลทำให้วัสดุฉนวน หรือส่วนอื่นๆ เกิดความเสียหาย กรณีที่การสตาร์ทและหยุดการทำงานบ่อยครั้งใน 1 วัน ถึงแม้การเพิ่มอุณหภูมิของการทำงาน 1 ครั้ง จะไม่ทำความเสียหายต่อวัสดุฉนวนก็ตาม แต่ถ้าปิดเปิดบ่อยๆ ครั้งจะทำให้อายุการทำงานของมอเตอร์สั้นลง ดังนั้น เมื่อเลือกมอเตอร์ ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

3. สภาพการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลาการเร่งความเร็วของทอร์คโหลด จะแตกต่างกันออกไปตามเครื่องจักรที่ใช้ด้วย ในที่นี้ ทอร์คโหลดจะเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของความเร็วรอบ ให้ค่าความเร็วรอบอัตราที่ทำให้เท่ากับทอร์คอัตราเป็นมาตรฐาน และใช้กำหนดค่าความจุ

เมื่อจะใช้ตาราง 4.1 ต้องระมัดระวังจุดดังต่อไปนี้

(1) ถ้าความถี่การสตาร์ท 1 วันมากกว่า 2 ครั้ง ให้ทำการติดต่อสอบถามกับทางบริษัท

(2) โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ จะไม่รวม โมเมนต์ความเฉื่อย J ของมอเตอร์

(3) เป็นของ 50Hz ถ้าเป็น 60Hz จะมีค่าเป็น 70% ของตาราง

(4) ระหว่างการเร่งความเร็ว ทอร์คโหลดมีค่ายกกำลัง 2 ของความเร็ว นอกจากนี้ ที่ค่าความเร็วอัตราที่เปลี่ยนแปลงตามด้านล่าง จะให้มีค่าเป็น 100%

(5) ให้สามารถ Cold Start 2 ครั้ง Hot Start 1 ครั้ง ได้

(6) มอเตอร์ป้องกันการระเบิด จะมีการจำกัดอุณหภูมิพื้นผิวตามระดับป้องกันการระเบิด โดยไม่สามารถใช้ตารางนี้ได้ ให้ทำการติดต่อปรึกษากับทางบริษัท

กรณีเงื่อนไขการสตาร์ทที่ทำให้เกินค่าโมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้ของตาราง 4.1 ให้ทำการตรวจสอบตามหัวข้อดังต่อไปนี้

โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด คำนวณแกนมอเตอร์	☐	$kg \cdot m^2$
ความถี่การสตาร์ท	☐	ครั้ง/วัน
ทอร์คโหลดเฉลี่ยตอนเริ่มทำงาน	☐	%
Hot Start หรือ Cold Start (*)	☐	Start
วิธีการสตาร์ท (สตาร์ทโดยตรงหรือสตาร์ทสตาร์เดลต้า)	☐	สตาร์ท

ขอให้แนบเส้นโค้งคุณลักษณะความเร็ว-ทอร์คของโหลด

(*) Hot: สภาพที่หยุดตามธรรมชาติหลังจากทำงานตามค่าอัตรา

Cold: ที่สภาวะอุณหภูมิของแต่ละส่วนของมอเตอร์ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม (ไม่เกิน 40°C)

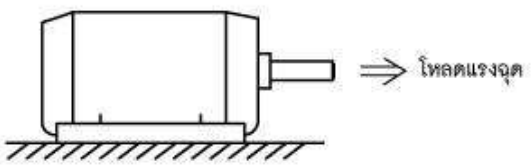
โมเมนต์ความเฉื่อย (J) กับภาวะเอาชนะแรงเฉื่อย (Flywheel Effect) (GD^2)

$$J = \frac{1}{4} \cdot GD^2$$

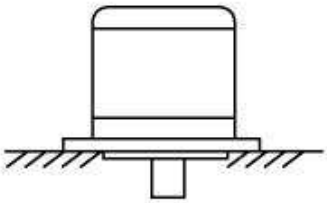
5. โหลดแรงฉุด (Thrust Load)

5-1 โหลดแรงฉุดที่ยอมรับได้ของมอเตอร์ใช้งานทั่วไป

โหลดแรงฉุดที่ยอมรับได้จะแตกต่างกันออกไปตามทิศทางการติดตั้งของแกนมอเตอร์ และมาตรฐานอายุการใช้งานของตลับลูกปืน ตาราง 5.1 จะแสดงโหลดแรงฉุดที่ยอมรับได้ของมอเตอร์ติดตั้งด้วยขาตั้ง และมอเตอร์ติดตั้งด้วยหน้าแปลน (ทิศแกนชี้ลง)



มอเตอร์ติดตั้งด้วยขาตั้ง



โหลดแรงฉุด
มอเตอร์ติดตั้งด้วยหน้าแปลน

ตาราง 5.1 โหลดแรงฉุดที่ยอมรับได้ (หน่วย N)

ประเภท	ติดตั้งด้วยขาตั้ง (ตั้งบนพื้น)						ติดตั้งด้วยหน้าแปลน (ทิศแกนชี้ลง)					
	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (ชนิดหุ้มมิด)			ชนิดป้องกัน Drip-Proof			ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย (ชนิดหุ้มปิด)			ชนิดป้องกัน Drip-Proof		
จำนวนโพล / เอ๊าท์พุต (kW)	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0.4	343	490	784	-	-	-	294	441	735	-	-	-
0.75	441	588	833	-	-	-	392	588	784	-	-	-
1.5	490	637	1078	-	-	-	441	588	980	-	-	-
2.2	490	882	1470	-	-	-	441	833	1372	-	-	-
3.7	882	1372	2254	-	-	-	784	1274	1960	-	-	-
5.5	1225	1960	2254	-	-	-	980	1666	1960	-	-	-
7.5	1225	1960	2940	-	-	-	980	1666	2450	-	-	-
11	1568	2254	2940	-	-	-	1225	1960	2450	-	-	-
15	1568	2254	3479	-	-	3479	1225	1960	3087	-	-	3087
18.5	1960	2744	3920	-	2744	3479	1568	2450	3430	-	2450	3479
22	1960	3087	3920	1960	3087	3920	1568	2744	3479	1568	2744	3479
30	1960	3479	3920	1960	3479	3920	1960	2744	3479	1960	2744	3479
37	1960	3479	3920	1960	3479	4410	1960	2744	3479	1960	2744	3479
45	1960	3479	4410	1960	3479	4410	1960	2744	3479	1960	2744	3479
55	1960	3479	4410	1960	3479	4410	1960	2744	3479	1960	2411	3479
75	1960	3479	4410	1960	3479	4410	1568	2744	3479	1568	2744	3479
90	1960	3479	4900	1960	3479	4900	1568	2744	3479	1568	2744	3479
110	1960	3920	4900	1960	3920	4900	1372	3087	3479	1372	3087	3479
132	1960	3920	5488	1960	3920	5488	1372	3087	3479	1372	3087	3479

หมายเหตุ) ค่าตามข้างต้น ให้สัมปสิทธิ์อายุการทำงานของตลับลูกปืน fh=3.4 โหลดเรดิออลปลายแกนหมุน = 0 และความถี่เป็น 50Hz
ถ้าเป็น 60Hz จะมีค่าเป็น 80% ของตารางข้างต้น

สำหรับการใช้งานกับเครื่องมือประเภทปั้ม ถ้าโหลดแรงฉุดมีค่าเกิดค่าที่แสดงในตาราง 5.1 ให้ดูละเอียดเพิ่มเติมใน **"ส่วนสินค้า 20-1.มอเตอร์สำหรับปั้ม"** (หน้า 117)

MEMO

1 เอ๊าท์พุตอัตรา 160
2 จำนวนโพลและความเร็วรอบ 161
3 ประเภทของมอเตอร์กับหมายเลขรุ่น 163

4 ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ

4 การใช้งานกับอัตรา 178
5 จำนวนสายไฟของมอเตอร์และการต่อสาย 184
6 คลาสทนต่อความร้อน, อุณหภูมิสภาพแวดล้อม 187
7 วิธีการสตาร์ท 189
8 กรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์ 191
9 ทิศทางการหมุน 194
10 สำหรับการส่งออก 195
11 มาตรฐานข้อบังคับ 196
12 ระดับการสั่น 207
13 ความถูกต้องของขนาดมิติ 215
14 แกนสองข้าง 217
15 รูปร่างปลายแกน 220
16 วัสดุแกน 223
17 รูปร่างคีย์ 224
18 โครงสร้างป้องกันน้ำ 225
19 ซีลน้ำมัน 226
20 วิธีทำขั้วต่อสายโดยไม่มีกล่องขั้วต่อสาย 229
21 โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย 230
22 วิธีต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KD 243
23 ตัวอักษร วัสดุป้ายชื่อ 248
24 ฐานติดตั้งมอเตอร์ 249
25 สีทา 251
26 รูระบาย 252

1. เอ้าท์พุตอัตรา

เอ้าท์พุตจะแสงค่าในหน่วย "kW" สำหรับค่ามาตรฐานจะแสดงในตาราง 1.1
ในบางครั้ง สินค้าส่งออกจำเป็นต้องแสดงในหน่วย "HP" อย่างไรก็ตาม ให้พยายามแสดงในหน่วย "kW"

ตาราง 1.1 เอ้าท์พุตมาตรฐาน

หน่วย kW	หน่วย HP	หน่วย kW	หน่วย HP	หน่วย kW	หน่วย HP
0.2kW	1/4HP	18.5kW	25HP	150kW	200HP
0.4kW	1/2HP	22kW	30HP	160kW	215HP
0.75kW	1HP	30kW	40HP	185kW	250HP
1.5kW	2HP	37kW	50HP	200kW	270HP
2.2kW	3HP	45kW	60HP	220kW	295HP
3.7kW	5HP	55kW	75HP	250kW	335HP
5.5kW	7.5HP	75kW	100HP	280kW	375HP
7.5kW	10HP	90kW	125HP	300kW	400HP
11kW	15HP	110kW	150HP		
15kW	20HP	132kW	175HP		

2. จำนวนโพลและความเร็วรอบ

2-1 ความสัมพันธ์ของจำนวนโพลและความเร็วรอบ

จำนวนโพลของมอเตอร์ จะประกอบเป็นชุดของ N กับ S (2 โพล) และจะเพิ่มเป็นที่ละ 2 เท่า

ความเร็วรอบของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับจำนวนโพลดังกล่าวนี้ และความถี่ ความเร็วที่หมุนในสนามแม่เหล็กของมอเตอร์เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส โดยจะแสดงความเร็วรอบ (min^{-1}) ที่หมุนได้ต่อ 1 นาที ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคาบ (min^{-1}) กับจำนวนโพลและความถี่ (Hz) จะเป็นดังนี้

$$\text{ความเร็วคาบ} = \frac{2 \times 60 \times \text{ความถี่}}{\text{จำนวนโพล}} \cdot (min^{-1})$$

ตาราง 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโพลและความเร็วรอบ

จำนวนโพล	ความเร็วซิงโครนัส (min^{-1})	
	50Hz	60Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
14	429	514
16	375	450

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมอเตอร์ไปใช้งานจริง ค่าความเร็วรอบจะที่ได้จะน้อยกว่าความเร็วซิงโครนัส เนื่องจากค่าการสลิป (Slip) ตัวอย่างเช่น ความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์ 4 โพล (50Hz) ตามตาราง 2.1 มีค่าเป็น 1500 min^{-1} ความเร็วรอบเต็มพิกัดที่ระบุไว้ในป้ายแสดงจะเป็น 1400 - 1470 min^{-1} ค่าความต่างของทั้งสองค่าหารด้วยความเร็วซิงโครนัส เรียกว่าสลิป (Slip)

$$\text{ค่าสลิป (Slip) (\%)} = \frac{\text{ความเร็วซิงโครนัส-ความเร็วรอบเต็มพิกัด}}{\text{ความเร็วซิงโครนัส}} \times 100$$

2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับเอ๊าท์พุต

เอ๊าท์พุตของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนกับ (แรงหมุนXความเร็วรอบ) นอกจากนี้ แรงหมุน (ทอร์ค) จะเป็นสัดส่วนกลับ (เอ๊าท์พุตความเร็วรอบ) จำนวนโพลและความเร็วรอบของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนกลับต่อกัน ถ้าเป็นมอเตอร์ที่มีเอ๊าท์พุตเท่ากัน อันไหนที่จำนวนโพลน้อยกว่า ก็จะหมุนด้วยความเร็วมากกว่า และในทางกลับกัน ค่าทอร์คก็จะน้อยกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ค เอ๊าท์พุต และความเร็วรอบ จะเป็นดังนี้

$$\text{ทอร์คโหลดเต็มพิกัด (N·m)} = 9.55 \times 10^3 \times \frac{\text{เอ๊าท์พุต(kW)}}{\text{ความเร็วรอบ (min}^{-1}\text{)}}$$

$$\text{ทอร์คโหลดเต็มพิกัด (kgf·m)} = 974 \times \frac{\text{เอ๊าท์พุต(kW)}}{\text{ความเร็วรอบ (min}^{-1}\text{)}}$$

3. ประเภทของมอเตอร์กับหมายเลขรุ่น

ตาม JEC-2137-2000 จะมีรูปแบบการแยกประเภทของมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็น 2 รูปแบบ คือแยกประเภทตามวิธีการป้องกัน และแยกประเภทตามวิธีการระบายความร้อน พร้อมทั้งบังคับให้ระบุลงในป้ายแสดง มอเตอร์แต่ละตัวต้องปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับนี้

3-1 ประเภทตามวิธีการป้องกันของมอเตอร์

วิธีการป้องกันของมอเตอร์แบ่งแยกออกได้ 2 ประเภท คือ

(1) ชนิดป้องกันการสัมผัสหรือใกล้คน และกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งเข้าไปข้างใน

(2) ชนิดป้องกันน้ำเข้า

(1) ชนิดป้องกันการสัมผัสหรือใกล้คน และกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งเข้าไปข้างใน

มีการป้องกันไม่ให้ร่างกายของคนเข้าไปสัมผัสกับส่วนการหมุนหรือส่วนการเหนี่ยวนำภายในมอเตอร์ นอกจากนี้ มอเตอร์ชนิดป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งเข้าไปข้างในจะสามารถแยกออกได้เป็น 5 ประเภท ตามข้อบังคับที่แสดงไว้ในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ชนิดป้องกันการสัมผัสหรือใกล้คน และกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งเข้าไปข้างใน

ชนิดแบบ	สัญลักษณ์ตัวเลขแรก	อธิบาย
แบบไม่มีการป้องกัน	0	โครงสร้างที่ไม่มีมาตรการป้องกันเป็นพิเศษจากการสัมผัสของร่างกายคนหรือสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งเข้าไปข้างในแบบกึ่งป้องกัน
แบบกึ่งป้องกัน	1	โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้ส่วนของร่างกายคน เช่นมือ ไปสัมผัสกับส่วนการหมุนหรือส่วนการเหนี่ยวนำของมอเตอร์ โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 50 mm เข้าไปข้างใน
แบบมีการป้องกัน	2	โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้สิ่งที่มีความยาวไม่เกิน 80 mm เช่น นิ้วมือ ไปสัมผัสกับส่วนการหมุนหรือส่วนการเหนี่ยวนำของมอเตอร์ โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 12 mm เข้าไปข้างใน
ชนิด Enclose	3	โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้เครื่องมือหรือสายไฟที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 2.5 mm ไปสัมผัสหรือเข้าใกล้กับส่วนพื้นผิวภายในโครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 2.5 mm เข้าไปข้างใน
แบบหุ้มปิด	4	โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้สายไฟหรือของเล็กๆ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 1 mm ไปสัมผัสหรือเข้าใกล้กับส่วนพื้นผิวภายใน โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 1 mm เข้าไปข้างใน อย่างไรก็ตาม กรณีที่มีรูระบายน้ำหรือมีใบพัดระบายภายนอก จะต้องได้ตามมาตรฐานการป้องกันของเครื่องหมายระดับ 2
แบบป้องกันฝุ่นละออง	5	โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้วัตถุใดๆ ไปสัมผัสกับส่วนการหมุนหรือส่วนการเหนี่ยวนำของมอเตอร์ เป็นโครงสร้างที่ป้องกันฝุ่นละอองเข้าเป็นอย่างดี เช่น ถึงแม้จะเข้าไปได้ แต่ก็ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ

(2) ชนิดป้องกันน้ำเข้า

มอเตอร์ชนิดป้องกันไม่ให้น้ำเข้า จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ประเภท ตามข้อบังคับที่แสดงไว้ในตาราง 3.2 มีการป้องกันน้ำฝน หิมะเข้าไปข้างใน นอกจากนี้ ยังมีการกำหนดระดับการป้องกันของโครงสร้างสำหรับการใช้นอกอาคารเป็นชนิดใช้นอกอาคารแบบเปิด โดยหน้ารุ่นจะมีเครื่องหมาย W นำหน้า นอกจากนี้ โครงสร้างที่มีการปรับปรุงแบบง่ายๆ โดยใช้ชนิดหุ้มปิด เพื่อให้สามารถใช้นอกอาคารได้ จะไม่มีเครื่องหมาย

ตาราง 3.2 ชนิดป้องกันน้ำเข้า

ชนิดแบบ	สัญลักษณ์ตัวเลขที่ 2	อธิบาย
แบบไม่มีการป้องกัน	0	โครงสร้างที่ไม่มีมาตรการป้องกันเป็นพิเศษเพื่อกันน้ำเข้า
แบบ Drip-Proof 1	1	โครงสร้างที่ไม่ได้รับผลกระทบความเสียหาย จากหยดน้ำที่ตกลงมาในทิศตั้งฉาก
แบบ Drip-Proof 2	2	โครงสร้างที่ไม่ได้รับผลกระทบความเสียหาย จากหยดน้ำที่ตกลงมาเป็นมุมไม่เกิน 15 องศากับทิศตั้งฉาก
แบบ Rain-Proof	3	โครงสร้างที่ไม่ได้รับผลกระทบความเสียหาย จากน้ำที่กระจัดกระจายที่ตกลงมาเป็นมุมไม่เกิน 60 องศากับทิศตั้งฉาก
แบบ Splash-Proof	4	โครงสร้างที่ไม่ได้รับผลกระทบความเสียหาย จากน้ำที่กระเด็นมาจากทุกทิศทาง
แบบ Jet-Proof	5	โครงสร้างที่ไม่ได้รับผลกระทบความเสียหาย จากน้ำที่ฉีดพ่นมาจากทุกทิศทาง
แบบ Wave-Proof	6	โครงสร้างที่ไม่ได้รับผลกระทบความเสียหาย จากน้ำที่ฉีดพ่นอย่างแรงมาจากทุกทิศทาง
แบบ Water-Proof	7	โครงสร้างที่ป้องกันไม่ให้น้ำที่สามารถส่งผลกระทบความเสียหายเข้าไปภายในตัวเครื่อง เมื่อแช่ลงไปในน้ำที่ระบุกำหนดการจุ่มลงในน้ำและเวลาการจุ่ม
แบบใช้ในน้ำ	8	โครงสร้างที่สามารถทำงานในน้ำได้อย่างต่อเนื่อง

(3) ชื่อและสัญลักษณ์ของวิธีการป้องกัน

ชื่อและสัญลักษณ์ของวิธีการป้องกันของมอเตอร์ จะเรียงตามชื่อแบบ (1) และ (2) หรือเรียงตามสัญลักษณ์ โดยจะมีการใส่ตัวเลข 2 ตัวติดกันหลังเครื่องหมายอักษร IP ส่วนข้างหน้าเรียกว่าสัญลักษณ์ตัวเลขที่ 1 (ชื่อรุ่นตัวที่ 1) และส่วนข้างหลังเรียกว่าสัญลักษณ์ตัวเลขที่ 2 (ชื่อรุ่นตัวที่ 2) สำหรับการป้องกันการจุ่มแช่ในน้ำ จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการทำงานหรือการหยุดทำงานของมอเตอร์ ดังนั้นจะมีสัญลักษณ์ (แบ่งเป็น S หรือ M) ระบุว่าผ่านการทดสอบขณะมอเตอร์ทำงานหรือมอเตอร์หยุดหมุนต่อท้าย

สำหรับชนิดป้องกันการระเบิด ป้องกันการกัดกร่อน ป้องกันอากาศเขตร้อนที่เป็นชนิดป้องกันสภาวะแวดล้อมภายนอกที่มีมาตรฐานกำหนดแยกต่างหาก ให้ยึดมาตรฐานข้อบังคับนั้นๆ

ชนิดการป้องกันที่นิยมใช้จะแสดงดังในตางที่ 3.3

ตาราง 3.3 ชนิดการป้องกันที่นิยมใช้

สัญลักษณ์ตัวเลขที่ 2 / สัญลักษณ์ตัวเลขที่ 1		0 แบบไม่มีการป้องกัน	1 แบบ Drip-Proof 1	2 แบบ Drip-Proof 2	3 แบบ Rain-Proof	4 แบบ Splash-Proof	5 แบบ Jet-Proof	6 แบบ Wave-Proof	7 แบบ Water-Proof	8 แบบใช้ในน้ำ
0	แบบไม่มีการป้องกัน									
1	แบบกึ่งป้องกัน			IP12						
2	แบบมีการป้องกัน	IP20	IP21	IP22	IP23					
3	ชนิด Enclose									
4	แบบหุ้มปิด					IP44				
5	แบบป้องกันฝุ่นละออง					IP54	IP55			

3-2 ประเภทตามวิธีการระบายความร้อนของมอเตอร์

วิธีการระบายความร้อนของมอเตอร์ จะแบ่งแยกออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ชนิดตามประเภทของทางเดินสารทำความเย็นและการแผ่ความร้อน

(2) ชนิดตามประเภทของสารทำความเย็น

(3) ชนิดวิธีส่งถ่ายสารทำความเย็น

นอกจากนี้ สารทำความเย็นที่สัมผัสกับส่วนแผ่ความร้อนของมอเตอร์และที่นำพาความร้อนออกไป จะเรียกว่าสารทำความเย็นปฐมภูมิ สารทำความเย็นที่ทำหน้าที่นำพาความร้อนจากจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของสารทำความเย็นปฐมภูมิ จะเรียกว่าสารทำความเย็นทุติยภูมิ

(1) ชนิดตามประเภทของทางเดินสารทำความเย็นและการแผ่ความร้อน

วิธีทางเดินสารทำความเย็นเพื่อใช้หมุนเวียนสารทำความเย็นและนำพาความร้อนจากมอเตอร์ จะมีมาตรฐานข้อบังคับดังแสดงในตาราง 3.4 ดังนี้

ตาราง 3.4 วิธีทางเดินสารทำความเย็น

สัญลักษณ์ตัวเลข	ชื่อ	คำจำกัดความ
0[1]	ไหลเวียนอย่างอิสระ	สารทำความเย็นจะสัมผัสโดยตรงกับสื่อนำรอบบริเวณ และไหลผ่านอย่างอิสระเข้าไปที่ตรงส่วนรูเปิดที่อยู่ตรงพื้นผิว เมื่อระบายความร้อนจากมอเตอร์เสร็จแล้วก็จะไหลกลับมาที่สื่อนำรอบบริเวณที่สัมผัสตรงนั้น (ทางเดินแบบเปิด)
1[1]	ไหลเวียนผ่าน Pipe Inlet หรือ Duct Inlet	สารทำความเย็นจะถูกดูดมาจากสื่อนำ (Media) ที่อยู่ห่างออกไปจากมอเตอร์ ไหลผ่าน Pipe Inlet หรือ Duct Inlet ไปยังมอเตอร์ เมื่อไหลผ่านมอเตอร์ ก็จะไหลกลับมาที่สื่อนำรอบบริเวณที่สัมผัสตรง (ทางเดินแบบเปิด)
2[1]	ไหลเวียนผ่าน Pipe Outlet หรือ Duct Outlet	สารทำความเย็นจะถูกดูดมาจากสื่อนำรอบบริเวณที่สัมผัสตรง ไหลผ่านมอเตอร์แล้วไหลผ่าน Pipe Outlet หรือDuct Outlet จากนั้นจะถูกปล่อยออกไปที่สื่อนำ (Media) ที่อยู่ห่างออกไปจากมอเตอร์ (ทางเดินแบบเปิด)
3[1]	ไหลเวียนผ่าน ไป๊ปสองข้าง หรือ ดัคต์สองข้าง	สารทำความเย็นจะถูกดูดมาจากสื่อนำ (Media) ที่อยู่ห่างออกไปจากมอเตอร์ ไหลผ่าน Pipe Inlet หรือ Duct Inlet ไปยังมอเตอร์ เมื่อไหลผ่านมอเตอร์แล้วจะไหลออกผ่าน Pipe Outlet หรือ Duct Outlet จากนั้นจะถูกปล่อยออกไปที่สื่อนำ (Media) ที่อยู่ห่างออกไปจากมอเตอร์ (ทางเดินแบบเปิด)
4	ชนิดระบายความร้อนที่พื้นผิวภายนอก	สารทำความเย็นปฐมภูมิ จะไหลหมุนเวียนผ่านทางเดินปิดที่อยู่ภายในมอเตอร์ (นำพาความร้อนจากส่วนต่างๆ เช่น แกนเหล็กสเตเตอร์ หรือส่วนแผ่ความร้อนอื่นๆ) และไหลผ่านพื้นผิวภายนอก แล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับสารทำความเย็นสุดท้ายคือสื่อนำรอบบริเวณ
5[2]	ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ทำขึ้น (ใช้สื่อนำรอบบริเวณ)	สารทำความเย็นปฐมภูมิ จะไหลหมุนเวียนผ่านทางเดินปิด และไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่จัดทำขึ้นในมอเตอร์ แล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับสารทำความเย็นสุดท้ายคือสื่อนำรอบบริเวณ

สัญลักษณ์ตัวเลข	ชื่อ	คำจำกัดความ
6[2]	**ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนติดตั้ง (ใช้สื่อนำรอบบริเวณ)**	สารทำความเย็นปฐมภูมิ จะไหลหมุนเวียนผ่านทางเดินปิด และไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ติดตั้งโดยตรงเข้ากับมอเตอร์ แล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับสารทำความเย็นสุดท้ายคือสื่อนำรอบบริเวณ
7[2]	**ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ทำขึ้น (ใช้สื่อนำที่อยู่ห่างออกไป)**	สารทำความเย็นปฐมภูมิ จะไหลหมุนเวียนผ่านทางเดินปิด และไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่จัดทำขึ้นในมอเตอร์ แล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับสารทำความเย็นทุติยภูมิที่เป็นสื่อนำที่อยู่ห่างออกไป
8[2]	**ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนติดตั้ง (ใช้สื่อนำที่อยู่ห่างออกไป)**	สารทำความเย็นปฐมภูมิ จะไหลหมุนเวียนผ่านทางเดินปิด และไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ติดตั้งโดยตรงเข้ากับมอเตอร์ แล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับสารทำความเย็นทุติยภูมิที่เป็นสื่อนำที่อยู่ห่างออกไป
9[2,3]	**ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ตั้งแยกต่างหาก**	สารทำความเย็นปฐมภูมิ จะไหลหมุนเวียนผ่านทางเดินปิด และไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ตั้งแยกต่างหากกับมอเตอร์ แล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับสารทำความเย็นทุติยภูมิที่เป็นสื่อนำรอบบริเวณ หรือสื่อนำที่อยู่ห่างออกไป

หมายเหตุ (1) อาจมีการจัดเตรียมพื้นผิวรอบนอกหรือหลังคาครอบ เพื่อป้องกันหรือกำจัดเสียงจากฟิลเตอร์หรือ Labyrinth สัญลักษณ์ตัวเลข 0 ถึง 3 จะมีการงานใช้กับเครื่องหมุน (Rotation Machine) ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทสารทำความเย็นจากสื่อนำรอบบริเวณ หลังจากไหลผ่านอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนเพื่อดูดเอาสื่อนำอุณหภูมิที่มีค่าต่ำกว่าสื่อนำรอบบริเวณ หรือเครื่องหมุน (Rotation Machine) ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทสารทำความเย็น หลังจากไหลผ่านอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนเพื่อรักษาให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมด้วย

(2) ประเภทของเครื่องถ่ายเทความร้อน ไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานข้อบังคับเอาไว้ (แบบ Smooth หรือท่อพร้อมคานซี่ (Rib) เป็นต้น)

(3) อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ตั้งแยกต่างหาก จะมีทั้งแบบตั้งใกล้เครื่องหมุน (Rotation Machine) และตั้งไว้ไกลจากเครื่องหมุน (Rotation Machine)

สารทำความเย็นทุติยภูมิของอากาศ จะมีแบบเป็นสื่อนำรอบบริเวณ และแบบเป็นสื่อนำที่อยู่ห่างออกไป (ดูตาราง 3.9 ประกอบ)

หมายเหตุ ถ้าสารทำความเย็นเป็นอากาศ สิ่งไหลผ่านให้เป็นลมก็ได้

(2) ชนิดตามประเภทของสารทำความเย็น

เครื่องหมุน(Rotation Machine) จะแบ่งออกเป็น 9 ประเภทตามชนิดของสารทำความเย็น โดยมีมาตรฐานข้อบังคับตามที่แสดงในตาราง 3.5

ตาราง 3.5 ประเภทสารทำความเย็น

เครื่องหมายตัวอักษร	สารทำความเย็น
A	อากาศ
F	ฟรีออน
H	ก๊าซไฮโดรเจน
N	ก๊าซไนโตรเจน
C	คาร์บอนไดออกไซด์
W	น้ำ
U	น้ำมัน
S	สารทำความเย็นอื่นๆ
Y	สารทำความเย็นที่ไม่มีการกำหนดเอาไว้

(3) ชนิดตามวิธีการส่งถ่ายสารทำความเย็น

เครื่องหมุน (Rotation Machine) จะมีสัญลักษณ์ตัวเลขที่แสดงวิธีการส่งถ่ายสารทำความเย็น โดยมีมาตรฐานข้อบังคับตามที่แสดงในตาราง 3.6

ตาราง 3.6 วิธีการส่งถ่ายสารทำความเย็น

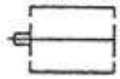
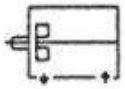
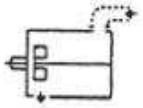
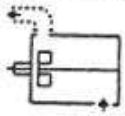
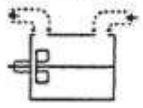
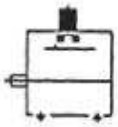
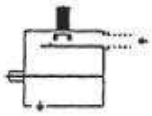
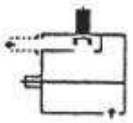
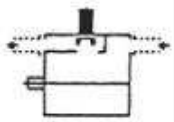
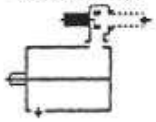
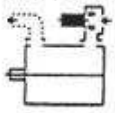
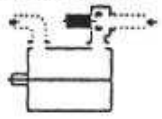
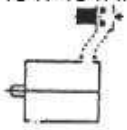
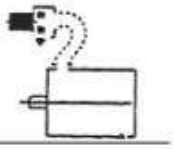
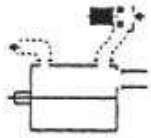
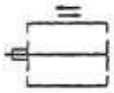
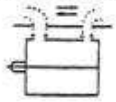
สัญลักษณ์ตัวเลข	ชื่อ	คำจำกัดความ
0	ไหลเวียนอย่างอิสระ	มีการไหลเวียนของสารทำความเย็นจากความต่างของอุณหภูมิ ไม่ใช้ใบพัดของโรเตอร์ก็ได้
1	ไหลเวียนด้วยแรงตัวเอง	สารทำความเย็นเกิดจากการใช้ใบพัดที่ติดอยู่กับตัวโรเตอร์เอง หรือส่วนที่ตรงเข้ากับแกนเพื่อนำไปใช้งานเฉพาะทาง หรือใบพัดหรือปั๊มที่มีการขับเคลื่อนเชิงกลจากโรเตอร์ของตัวเครื่องหลัก ซึ่งเกิดการไหลเวียนโดยใช้ความเร็วรอบของตัวเครื่องหลัก
2 3 4		หมายเลขเผื่อไว้
5	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น)	สารทำความเย็นจะไหลเวียนโดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นซึ่งถูกขับเคลื่อนแยกเป็นอิสระกับตัวเครื่องหลัก แรงขับเคลื่อนดังกล่าวนั้นจะไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของตัวเครื่องหลัก ตัวอย่างเช่น การไหลเวียนจากใบพัดหรือปั๊มภายในที่ขับเคลื่อนการทำงานโดยมอเตอร์ที่แยกต่างหากจากตัวเครื่องหลัก
6	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง)	สารทำความเย็นจะไหลเวียนโดยใช้อุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องหลัก แรงขับเคลื่อนดังกล่าวนั้นจะไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของตัวเครื่องหลัก ตัวอย่างเช่น การไหลเวียนจากใบพัดหรือปั๊มภายในที่ขับเคลื่อนการทำงานโดยมอเตอร์ที่แยกต่างหากจากตัวเครื่องหลัก
7	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ตั้งแยกต่างหาก)	การไหลเวียนของสารทำความเย็นจะเกิดจากอุปกณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์เชิงกลที่ติดตั้งแยกต่างหาก จากแรงดันของระบบไหลเวียนสารทำความเย็น ตัวอย่างเช่น การไหลเวียนโดยใช้ระบบการจ่ายน้ำ หรือแรงดันก๊าซ
8	การไหลเวียนสัมพันธ์	การไหลเวียนของสารทำความเย็นจะเกิดจากการทำงานร่วมกันของสารทำความเย็นกับเครื่องหมุน (Rotation Machine) โดยสารทำความเย็นเกิดการไหลเวียนจากเครื่องหมุน (Rotation Machine) หรือสารทำความเย็นรอบบริเวณ (อากาศหรือของเหลว) ไหลเวียนก็ได้
9	ชนิดอื่นๆ	วิธีการส่งถ่ายสารทำความเย็นที่นอกเหนือจากข้างต้น ให้อธิบายรายละเอียดวิธีการส่งถ่ายสารทำความเย็นนั้น

(4) ชื่อและสัญลักษณ์ของวิธีการระบายความร้อน

ชื่อหรือสัญลักษณ์ของวิธีการระบายความร้อนของเครื่องหมุน (Rotation Machine) จะมีมาตรฐานข้อบังคับตามที่อธิบายไปในข้อที่ (1) (2) และ (3) คือประกอบไปด้วยสัญลักษณ์ตัวเลขตามด้วยเครื่องหมายตัวอักษร หลังจากนั้นจะมีการใส่ IC ไว้ที่เครื่องหมายนั้นด้วย

การแสดงสัญลักษณ์จะมีแบบแสดงสัญลักษณ์เต็มรูปแบบ และแสดงเครื่องแบบง่าย โดยหลักแล้วจะใช้การแสดงสัญลักษณ์เต็มรูปแบบ เพราะในบางครั้งการแสดงสัญลักษณ์แบบง่ายๆ ไม่สามารถสื่อให้เข้าใจความหมายได้ สำหรับการแสดงสัญลักษณ์เต็มรูปแบบและการแสดงเครื่องแบบง่าย จะมีภาพตัวอย่างในตาราง 3.7 - ตาราง 3.9 ในกรณีที่ใช้วิธีการระบายความร้อนที่ต่างออกไปในแต่ละส่วนของเครื่องหมุน (Rotation Machine) ให้อธิบายวิธีการระบายความร้อน ของแต่ละส่วนนั้นๆ ให้ชัดเจน

ตาราง 3.7 ตัวอย่างทางเดินสารทำความเย็นแบบเปิดที่ใช้สารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ หรือสารทำความเย็นที่อยู่ห่างออกไป

สัญลักษณ์ตัวเลขของทางเดินของสารทำความเย็น				สัญลักษณ์ตัวเลขของวิธีส่งถ่ายสารทำความเย็น
0 ไหลเวียนอย่างอิสระ (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ)	1 ไหลเวียนผ่าน Pipe Inlet หรือ Duct Inlet (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่ห่างออกไป)	2 ไหลเวียนผ่าน Pipe Outlet หรือ Duct Outlet (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ)	3 ไหลเวียนผ่านไปป์สองข้าง หรือ ดัคต์สองข้าง (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่ห่างออกไป)	
IC00 IC0A0 				ไหลเวียนอย่างอิสระ 0
IC01 1C0A1 	IC11 IC1A1 	IC21 IC2A1 	IC31 IC3A1 	ไหลเวียนด้วยแรงตัวเอง 1
IC05 1C0A5 	IC15 IC1A5 	IC25 IC2A5 	IC35 IC3A5 	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 5 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น)
IC06 1C0A6	IC16 IC1A6 	IC26 IC2A6 	IC36 IC3A6 	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 6 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง)
	IC17 IC1A7 	IC27 IC2A7 	IC37 IC3A7 	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 7 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ตั้งแยกต่างหาก)
IC08 1C0A8 			IC38 IC3A8 	การไหลเวียนสัมพันธ์ 8

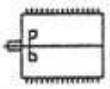
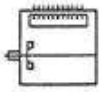
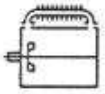
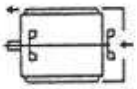
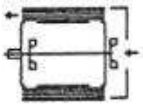
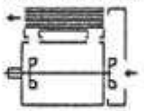
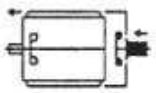
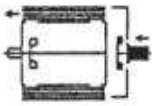
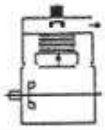
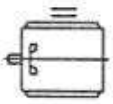
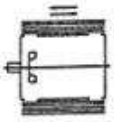
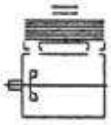
(อธิบายเครื่องหมายในภาพ)

= ใบพัดที่รวมอยู่ในตัวเครื่องหลัก หรือใบพัดที่ติดเข้ากับมอเตอร์

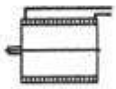
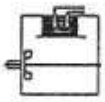
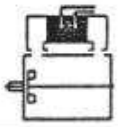
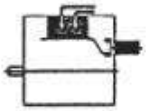
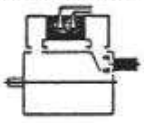
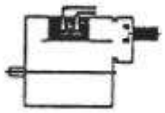
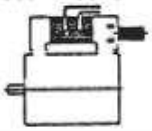
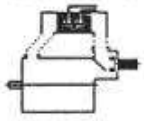
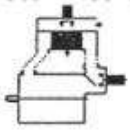
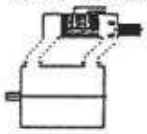
= อุปกรณ์ไหลเวียนที่แยกเป็นอิสระ

= Duct หรือ Pipe ที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องหมุน (Rotation Machine)

ตาราง 3.8 ตัวอย่างชนิดเปิดที่ใช้ทางเดินสารทำความเย็นปฐมภูมิเป็นชนิด Enclose และทางเดินสารทำความเย็นทุติยภูมิเป็นสารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ

สัญลักษณ์ตัวเลขของทางเดินสารทำความเย็น			สัญลักษณ์ตัวเลขของวิธีส่งถ่ายสารทำความเย็น	
4 ชนิดระบายความร้อนที่พื้นผิวภายนอก (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ)	5 ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ทำขึ้น (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ)	6 ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนติดตั้ง (ใช้สารทำความเย็นที่อยู่รอบบริเวณ)	สารทำความเย็นปฐมภูมิ	สารทำความเย็นทุติยภูมิ
IC410 IC4A1A0 	IC510 IC5A1A0 	IC610 IC6A1A0 		ไหลเวียนอย่างอิสระ 0
IC411 IC4A1A1 	IC511 IC5A1A1 	IC611 IC6A1A1 		ไหลเวียนด้วยแรงตัวเอง 1
				ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 5 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น)
IC416 IC4A1A6 	IC516 IC5A1A6 	IC616 IC6A1A6 		ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 6 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง)
				ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 7 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ตั้งแยกต่างหาก)
IC418 IC4A1A8 	IC518 IC5A1A8 	IC618 IC6A1A8 		การไหลเวียนสัมพันธ์ 8

ตาราง 3.9 ตัวอย่างชนิดเปิดที่ใช้ทางเดินสารทำความเย็นปฐมภูมิเป็นชนิด Enclose และทางเดินสารทำความเย็นทุติยภูมิเป็นสารทำความเย็นที่ห่างออกไป

สัญลักษณ์ตัวเลขของทางเดินสารทำความเย็น				สัญลักษณ์ตัวเลขของวิธีส่งถ่ายสารทำความเย็น	
7 ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ทำขึ้น (ใช้สื่อนำที่อยู่ห่างออกไป)	8 ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนติดตั้ง (ใช้สื่อนำที่อยู่ห่างออกไป)	9 ชนิดอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่ตั้งแยกต่างหาก		สารทำความเย็นปฐมภูมิ	สารทำความเย็นทุติยภูมิ
		สารทำความเย็นทุติยภูมิ (ของเหลว, สารทำความเย็นที่อยู่ห่างออกไป)	สารทำความเย็นทุติยภูมิ (อากาศ, สารทำความเย็นที่อยู่ห่างออกไปหรือที่อยู่รอบบริเวณ)		
IC70W IC7A0W7 				ไหลเวียนอย่างอิสระ 0	
IC71W IC7A1W7 	IC81W IC8A1W7 	IC91W IC9A1W7	IC917 IC9A1A7	ไหลเวียนด้วยแรงตัวเอง 1	
IC75W IC7A5W7 	IC85W IC8A5W7 	IC95W IC9A5W7	IC957W IC9A5A7	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 5 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น)	
IC76W IC7A6W7 	IC86W IC8A6W7 	IC96W IC9A6W7 	IC967W IC9A6A7 	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 6 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง)	
		IC97W IC9A7W7 	IC977W IC9A7A7	ไหลเวียนด้วยแรงจากที่อื่น 7 (ไหลเวียนจากอุปกรณ์ที่ตั้งแยกต่างหาก)	
				การไหลเวียนสัมพันธ์ 8	

3-3 ชนิดมอเตอร์ฮิตาชิกับวิธีการป้องกันและวิธีการระบายความร้อน

สำหรับการแสดงแบบชนิดตัวอย่างรุ่นมอเตอร์ความดันต่ำ และและการประยุกต์ใช้วิธีการป้องกันและวิธีการระบายความร้อนของมอเตอร์เทียบกับแบบชนิดดังกล่าว จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ตัวอย่างการแสดงหมายเลขรุ่น

หมายเลขรุ่น จะประกอบไปด้วย สัญลักษณ์แบบ-สัญลักษณ์ชนิด สัญลักษณ์แบบจะเรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

(1) วิธีการติดตั้งมอเตอร์ (2) ลักษณะพื้นผิวภายนอก (3) วิธีถ่ายเทอากาศ (4) ชนิดตลับลูกปืน (5) วิธีการป้องกัน (6) วิธีการระบายความร้อน (7) แบบพิเศษ

ตัวอย่าง เช่น

VTFO-KK

มอเตอร์ชนิดกรงกระรอกพิเศษแบบหุ้มปิดมีใบพัดระบายติดตั้งแนวตั้ง

<สัญลักษณ์แบบ>

V : แสดงวิธีการติดตั้งมอเตอร์ เป็นแบบติดตั้งแนวตั้ง

T : แสดงโครงเสื้อภายนอกเป็นแบบชนิดหุ้มปิด

F : แสดงวิธีการถ่ายเทอากาศ เป็นแบบถ่ายเทอากาศในตัวเอง

O : แสดงชนิดตลับลูกปืน เป็นชนิดตลับลูกปืนกลิ้ง

<สัญลักษณ์ชนิด>

KK : แสดงว่าเป็นชนิดกรงกระรอกพิเศษ

EFOUP-K

มอเตอร์แบบป้องกันละอองชนิดกรงกระรอกธรรมดา

<สัญลักษณ์แบบ>

E : แสดงโครงเสื้อภายนอก เป็นแบบชนิดเปิด

F : แสดงวิธีการถ่ายเทอากาศ เป็นแบบถ่ายเทอากาศในตัวเอง

O : แสดงชนิดตลับลูกปืน เป็นชนิดตลับลูกปืนกลิ้ง

U : แสดงวิธีการป้องกัน เป็นแบบชนิดป้องกันละออง

P : แสดงวิธีการป้องกันเป็นแบบ Drip-Proof

<สัญลักษณ์ชนิด>

K : แสดงว่าเป็นชนิดกรงกระรอกธรรมดา

(2) ประเภทของแบบและเครื่องหมาย

(1) สัญลักษณ์แสดงวิธีติดตั้งมอเตอร์

V	แบบแกนแนวตั้ง
Y	แบบแกนแนวนอนมีหน้าแปลน

หมายเหตุ) ถ้าไม่มีการแสดงสัญลักษณ์ แสดงว่าเป็นแบบแกนแนวนอนธรรมดา

(2) สัญลักษณ์แสดงลักษณะพื้นผิวภายนอก

E	ชนิดเปิด (ยกเว้นชนิดที่มีรูถ่ายเทอากาศอยู่รอบบริเวณพื้นผิวภายนอกทั้งหมดของมอเตอร์) และอากาศภายนอกรอบบริเวณสามารถไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์ได้
T	ชนิดหุ้มปิด มีการหุ้มปิดพื้นผิวภายนอกไม่ให้อากาศภายนอกรอบบริเวณสามารถไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์ได้
CT	ชนิด Canned มีการรวมส่วนไฟฟ้าอยู่ภายในโครงสร้างปิดสนิท

(3) สัญลักษณ์แสดงวิธีถ่ายเทอากาศ

สัญลักษณ์แบบ	รายละเอียด	มาตรฐานข้อบังคับ JEC-2137-2000 เครื่องหมายวิธีส่งถ่ายสารทำความเย็น
F	สามารถถ่ายเทอากาศในตัวเองได้ เช่นใช้ใบพัด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นใบพัดขนาดเล็กเพื่อเอาไว้สำรองช่วยเหลือ อาจไม่มีการแสดงสัญลักษณ์ก็ได้	1
FF	ถ่ายเทอากาศโดยใช้แรงจากที่อื่น เช่นใบพัดที่ใช้แรงหมุนที่ไม่ใช่จากแกนหมุนของมอเตอร์	5, 6
Z	ชนิดถ่ายเทอากาศด้วยท่อ กรณีแบบป้องกันการระเบิดแรงดันภายใน ไม่ต้องแสดงสัญลักษณ์ก็ได้	7

หมายเหตุ) ถ้าไม่การระบุเครื่องหมาย คือเป็นแบบไม่มีใบพัด

(4) สัญลักษณ์แสดงชนิดตลับลูกปืน

O	ใช้ตลับลูกปืนกลิ้ง ถ้าเป็นตลับลูกปืนชนิดอื่นๆ ห้ามทำการย่อชื่อ
B	ใช้ในมอเตอร์ชนิดแกนแนวนอน จะใช้ Pedestal ดันหนุนตลับลูกปืน โดยจะมีการแสดงจำนวนด้วยตัวเลขที่อยู่ต่อท้าย ยกเว้น B2 ซึ่งไม่ต้องแสดงส่วนตัวเลขก็ได้ สำหรับ B0 คือใช้การตลับลูกปืนของแกนเครื่องจักรตัวอื่นช่วย
N	วิธีหนุนของตลับลูกปืน เป็นชนิดป้องกันการสั่นสะเทือน

(5) สัญลักษณ์แสดงวิธีการป้องกัน

สัญลักษณ์แบบ	มาตรฐานข้อบังคับ JEC-2137-2000 แบบชนิดป้องกันที่เกี่ยวข้องกับร่างกายคนและสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็ง	มาตรฐานข้อบังคับ JEC-2137-2000 แบบชนิดป้องกันน้ำเข้า
E	แบบไม่มีการป้องกัน, แบบกึ่งป้องกัน	แบบไม่มีการป้องกัน
P	แบบป้องกัน	แบบไม่มีการป้องกัน
U	แบบไม่มีการป้องกัน, แบบกึ่งป้องกัน	ชนิดป้องกันละออง, แบบ Rain-Proof
T	ชนิดทุ่มมิด, แบบป้องกันฝุ่นละออง	ชนิดป้องกันละออง, แบบ Rain-Proof, แบบ Splash-Proof
A	แบบใช้นอกอาคาร (ไม่มีข้อกำหนด JEC)	แบบใช้นอกอาคาร (ไม่มีข้อกำหนด JEC)
AJ	ชนิดทุ่มมิด, แบบป้องกันฝุ่นละออง	แบบ Jet-Proof
J	ชนิดทุ่มมิด, แบบป้องกันฝุ่นละออง	แบบ Wave-Proof
Q	ชนิดทุ่มมิด, แบบป้องกันฝุ่นละออง	แบบ Splash-Proof,แบบ Jet-Proof, แบบ Wave-Proof, แบบ Water-Proof, แบบใช้ในน้ำ
I	แบบป้องกันฝุ่นละออง	แบบใช้ในน้ำ
II	แบบป้องกันฝุ่นละออง	แบบใช้ในน้ำ
X	ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย (ไม่มีข้อกำหนด JEC)	ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย (ไม่มีข้อกำหนด JEC)
XX	ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน (ไม่มีข้อกำหนด JEC)	ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน (ไม่มีข้อกำหนด JEC)
XXX	ชนิดป้องกันการระเบิดแรงดันภายใน (ไม่มีข้อกำหนด JEC)	ชนิดป้องกันการระเบิดแรงดันภายใน (ไม่มีข้อกำหนด JEC)
XD	แบบป้องกันการระเบิดกันผงฝุ่น	แบบป้องกันการระเบิดกันผงฝุ่น (ไม่มีข้อกำหนด JEC)

หมายเหตุ) 1. ในการแสดงสัญลักษณ์แบบ จะแสดงแบบชนิดการป้องกันระดับต่ำและแบบชนิดการป้องกันระดับสูง
ถ้ามีการใช้สัญลักษณ์แบบผสมกัน จะถือแบบชนิดการป้องกันระดับสูงเป็นหลัก
2. สัญลักษณ์แบบที่เป็น A, X, XX, XXX จะเป็นเครื่องหมายสำหรับใช้แสดงความหมายเท่านั้นเอง จะไม่มีมาตรฐานข้อบังคับของการป้องกัน
ดังนั้น ระดับของการป้องกันจะตัดสินตามสัญลักษณ์แบบอื่นๆ ที่นำมาผสมเข้าด้วยกัน

(6) สัญลักษณ์แสดงวิธีการระบายความร้อน

Q	ระบายความร้อนสเตเตอร์หรือโรเตอร์โดยตรงด้วยของเหลว อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นชนิดการป้องกัน I, II สามารถละเว้น Q ได้

(7) สัญลักษณ์แสดงฟังก์ชันพิเศษ

N	มีอุปกรณ์ตัดเสียงติดตั้งอยู่ด้วย

(3) ประเภทของชนิดและเครื่องหมาย

มอเตอร์ชนิดกรงกระรอก	K	โรเตอร์เป็นชนิดกรงกระรอกธรรมดา
	KK	โรเตอร์เป็นชนิดกรงกระรอกพิเศษ
	FK	สัญลักษณ์ชนิดของซีรี่ย์เดอะมอทอล Neo100 โรเตอร์เป็นชนิดกรงกระรอกธรรมดา
	FKK	สัญลักษณ์ชนิดของซีรี่ย์เดอะมอทอล Neo100 โรเตอร์เป็นชนิดกรงกระรอกพิเศษ
	HK	สัญลักษณ์ชนิดของซีรี่ย์เดอะมอทอล Neo100 ประสิทธิภาพสูง โรเตอร์เป็นชนิดกรงกระรอกธรรมดา
	HKK	สัญลักษณ์ชนิดของซีรี่ย์เดอะมอทอล Neo100 ประสิทธิภาพสูง โรเตอร์เป็นชนิดกรงกระรอกพิเศษ
มอเตอร์ชนิดพันขดลวด	M	ต่อลัดวงจรแหวนรวมกระแสไฟและยกแปรงขึ้นด้วยมอเตอร์ควบคุมการทำงาน (ไม่แสดงในกรณีของแบบ Manual)
	C	โรเตอร์เป็นแบบพันขดลวด มีการติดตั้งอุปกรณ์ต่อลัดวงจรแหวนรวมกระแสไฟและอุปกรณ์ยกแปรงขึ้น
	E	โรเตอร์เป็นแบบพันขดลวด มีอุปกรณ์ต่อลัดวงจรแหวนรวมกระแสไฟ แต่ไม่มีอุปกรณ์ยกแปรงขึ้น
	D	โรเตอร์เป็นแบบพันขดลวด ไม่มีทั้งอุปกรณ์ต่อลัดวงจรแหวนรวมกระแสไฟและอุปกรณ์ยกแปรงขึ้น
	R	แหวนรวมกระแสไฟจะติดอยู่ที่ด้านในของตลับลูกปืน
	Y	มีฝาครอบป้องกันชนิดหุ้มปิดที่แหวนรวมกระแสไฟ
	Q	เปลี่ยนบางส่วนของฝาครอบชนิด Y เป็นตาข่ายโลหะป้องกัน
	XX	ให้แหวนรวมกระแสไฟเป็นแบบป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน
	XXX	ให้แหวนรวมกระแสไฟเป็นแบบป้องกันการระเบิดแรงดันภายใน
	I	เป็นชนิด C, F โดยมีหน้าสัมผัสอินเตอร์ล็อค เพื่อไม่ให้สามารถจ่ายกระแสไฟแก่วงจรสวิทช์หลัก ถ้าไม่ใช่ตำแหน่งสตาร์ท
มอเตอร์ 1 เฟส	KS	ชนิด Repulsion-Start 1 เฟส
	KT	ชนิดสตาร์ทแบบผสม 1 เฟส
	KR	ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท 1 เฟส
	KQ	ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท 1 เฟส ทำงานด้วยคอนเดนเซอร์
	KP	1 เฟส ทำงานด้วยคอนเดนเซอร์
	KN	ชนิดสตาร์ทแบบผสม ทำงานด้วยคอนเดนเซอร์

หมายเหตุ) 1. หลังสัญลักษณ์ชนิด ถ้ามีตัวเลข เช่น 120, 60 ที่มีขนาดเล็กแสดงอยู่ ค่าดังกล่าวนั้นคือค่าอัตราเวลา (หน่วยนาที)
2. ถ้าเป็นอัตราต่อเนื่อง จะไม่มีการแสดงค่า

(4) สัญลักษณ์แบบมอเตอร์ และเครื่องหมาย IP กับ IC

สัญลักษณ์แบบทั่วไปของมอเตอร์ และเครื่องหมาย IP กับเครื่องหมาย IC จะมีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

(1) สัญลักษณ์แบบและเครื่องหมาย IP

สัญลักษณ์แบบ	เครื่องหมาย IP
EFO	IP00, IP10
EFOP	IP20
EFOU	IP02, IP03, IP12, IP13
EFOUP	IP22, IP23
TO, TFO	IP42, IP43, IP44, IP52, IP53, IP54
TOA, TFOA	IP44, IP54, IP55
TOAJ, TFOAJ	IP45, IP55
TOJ, TFOJ	IP46, IP56

หมายเหตุ) 1. เครื่องหมาย IP ของมอเตอร์มาตรฐาน จะเป็นดังนี้

กรณีชนิดป้องกันละอองแบบเปิด EFOUP จะเป็น IP22

กรณีชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย TFO จะเป็น IP44

กรณีชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายแบบใช้นอกอาคาร TFOA จะเป็น IP44 (Neo100: IP55)

2. ถึงจะเป็นวิธีการป้องกันมาตรฐานตามข้างต้น ต้องระมัดระวังไม่ให้ชนิดการป้องกันต่ำลงกว่าตามวิธีการติดตั้งมอเตอร์

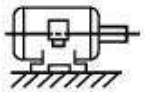
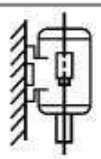
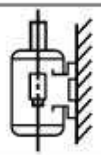
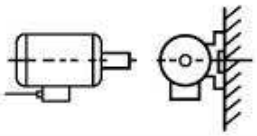
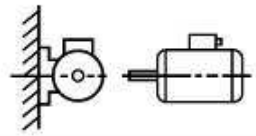
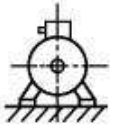
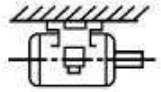
3. กรณีใช้วิธีการป้องกันที่ระดับสูงกว่าวิธีการป้องกันมาตรฐานตามหมายเหตุ) 1 จะเป็นสินค้าสั่งซื้อ ดังนั้นต้องระมัดระวังด้วย

(2) สัญลักษณ์แบบกับเครื่องหมาย IC

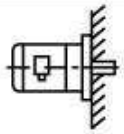
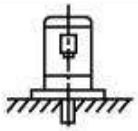
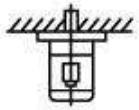
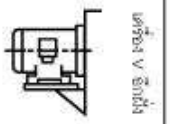
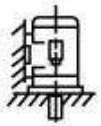
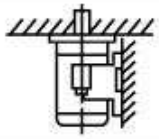
สัญลักษณ์แบบ	เครื่องหมาย IC
EFO, EFOP, EFOU, EFOUP	IC0A1 (IC01)
EFFO, EFFOP, EFFOU, EFFOUP	IC0A6 (IC06)
EFZO, EFZOP, EFZOU, EFZOUP	IC3A1 (IC31)
EFFZO, EFFZOP, EFFZOU, EFFZOUP	IC3A6 (IC36), IC3A7 (IC37)
TO, TOA, TOAJ, TOJ	IC4A1A0 (IC410)
TFO, TFOA, TFOAJ, TFOJ	IC4A1A1 (IC411)
TFFO, TFFOA, TFFOAJ, TFFOJ	IC4A1A6 (IC416)
TFFZO, TFFZOA, TFFZOAJ, TFFZOJ	IC3A6 (IC36), IC3A7 (IC37)

หมายเหตุ) ( ) ในเครื่องหมาย IC คือเครื่องหมายอย่างง่ายตามมาตรฐานข้อบังคับ

(3) ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายชนิดแบบกับวิธีการติดตั้งและวิธีการป้องกัน (เครื่องหมาย IP) <ส่วนที่ 1>

<table>
<tr><td>วิธีการติดตั้ง</td><td>เฟรมที่ใช้</td><td colspan="7">เครื่องหมายชนิดแบบที่ใช้กับวิธีการติดตั้ง
(ทิศทางขั้วต่อสายไฟกับภายนอกของกล่องขั้วต่อสาย สามารถเปลี่ยนได้ 4 ทิศทาง ให้ทำการเปลี่ยนทิศตามลักษณะการติดตั้ง)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ติดตั้งด้วยขายึด</td><td rowspan="2">เฟรม 180 M ลงมา</td><td>วิธีการติดตั้ง</td><td>ติดตั้งที่พื้น</td><td>แกนชี้ลง</td><td>แกนชี้ขึ้น</td><td colspan="3">ติดตั้งกับผนัง/แกนแนวนอน</td></tr>
<tr><td>เครื่องหมายแบบชนิด
(ตัวอย่างชนิดหุ้มปิด
มีใบพัดระบาย)</td><td>TFO</td><td>VTFO</td><td>VTFO</td><td colspan="3">TFO</td></tr>
<tr><td>ตัวอย่างภาพ</td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td colspan="2">  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">เฟรม 180 L ขึ้นไป</td><td>วิธีการติดตั้ง</td><td>ติดตั้งที่พื้น</td><td colspan="3" rowspan="2"></td><td rowspan="3">เฟรม 160 L ลงมา</td><td>ติดตั้งบนเพดาน</td></tr>
<tr><td>เครื่องหมายแบบชนิด
(ตัวอย่างชนิดหุ้มปิด
มีใบพัดระบาย)</td><td>TFO</td><td>TFO</td></tr>
<tr><td>ตัวอย่างภาพ</td><td>  </td><td>  </td></tr>
</table>

<ส่วนที่ 2>

วิธีการติดตั้ง	เฟรมที่ใช้	เครื่องหมายชนิดแบบที่ใช้กับวิธีการติดตั้ง (ทิศทางขั้วต่อสายไฟกับภายนอกของกล่องขั้วต่อสาย สามารถเปลี่ยนได้ 4 ทิศทาง ให้ทำการเปลี่ยนทิศตามลักษณะการติดตั้ง)				
ติดตั้งด้วยหน้าแปลน	ทุกเฟรม	วิธีการติดตั้ง	แกนแนวนอน	แกนชี้ลง	แกนชี้ขึ้น	
		เครื่องหมายแบบชนิด (ตัวอย่างชนิดหุ้มปิด มีใบพัดระบาย)	VTFO	VTFO	VTFO	
		ตัวอย่างภาพ				
หน้าแปลนพร้อมขายึด	ทุกเฟรม	วิธีการติดตั้ง	แกนแนวนอน			
		เครื่องหมายแบบชนิด (ตัวอย่างชนิดหุ้มปิด มีใบพัดระบาย)	VTFO	VTFO	VTFO	
		ตัวอย่างภาพ				
		วิธีการติดตั้ง	แกนแนวนอน			
		เครื่องหมายแบบชนิด (ตัวอย่างชนิดหุ้มปิด มีใบพัดระบาย)	TFO			
		ตัวอย่างภาพ				

<ส่วนที่ 3> ความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์แบบกับวิธีการป้องกัน (เครื่องหมาย IP) ในแต่ละวิธีติดตั้ง

รูปร่างเฟรม	วิธีติดตั้ง	ชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย			ชนิดป้องกันละออง		
		สัญลักษณ์แบบ	เบอร์เฟรม	เครื่องหมาย IP	สัญลักษณ์แบบ	เบอร์เฟรม	เครื่องหมาย IP
ติดตั้งด้วยขายึด	ติดตั้งที่พื้น	TFO	ทุกเฟรม	IP44	EFOUP	ทุกเฟรม	IP22
	ติดตั้งกับผนัง แกนชี้ลง	VTFO	180 ขึ้นไป	IP44	EFOP	ทุกเฟรม	IP20
	ติดตั้งกับผนัง แกนชี้ขึ้น	VTFO	180 ขึ้นไป	IP44	EFOP	ทุกเฟรม	IP20
	ติดตั้งกับผนัง	TFO	180 ขึ้นไป	IP44	EFOP	ทุกเฟรม	IP20
	แกนแนวนอน	TFO	180 ขึ้นไป	IP44	EFOP	ทุกเฟรม	IP20
	ติดตั้งบนเพดาน	TFO	160L ลงมา	IP44	EFOP	112M ลงมา	IP20
					EFOUP	160L ลงมา	IP22
ติดตั้งด้วย หน้าแปลน	แกนแนวนอน	YTFO	ทุกเฟรม	IP44	YEFOUP	ทุกเฟรม	IP22
	แกนชี้ลง	VTFO	ทุกเฟรม	IP44	VEFOP	112M ลงมา	IP20
					VEFOUP	132S ลงมา	IP22
	แกนชี้ขึ้น	VTFO	ทุกเฟรม	IP44	VEFOP	ทุกเฟรม	IP20
หน้าแปลน พร้อมขายึด	แกนแนวนอน	YTFO	ทุกเฟรม	IP44	YEFOP	ทุกเฟรม	IP22
		TFO			EFOUP	ทุกเฟรม	IP22
	แกนชี้ลง	VTFO	ทุกเฟรม	IP44	VEFOP	ทุกเฟรม	IP20
	แกนชี้ขึ้น	VTFO	ทุกเฟรม	IP40	VEFOP	ทุกเฟรม	IP20

หมายเหตุ) 1. วิธีติดตั้งที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ ถ้าใช้มอเตอร์มาตรฐาน อาจเป็นไปได้ที่ระดับการป้องกันจะต่ำกว่าระดับการป้องกันเดิม ถ้าต้องการวิธีการป้องกันที่เหมือนกัน จะกลายเป็นสินค้าสั่งทำพิเศษ

2. ชนิดติดตั้งหน้าแปลนแกนชี้ขึ้น แกนเอ้าท์พุตของส่วนโครงสร้างหน้าแปลนได้ทำขึ้นมาเพื่อต่อเข้ากับเครื่องจักรภายนอก ดังนั้นจึงไม่มีการป้องกันน้ำเข้าที่ส่วนที่แกนเอ้าท์พุตผ่าน ดังนั้นให้ระมัดระวังในการใช้งาน

4. การใช้งานกับอัตรา

ในมาตรฐานข้อบังคับ JEC-2137 (เครื่องเหนี่ยวนำ) การใช้งานมอเตอร์และอัตรา จะมีมาตรฐานข้อบังคับดังต่อไปนี้

4-1 การใช้งาน

ประเภทของรูปแบบการใช้งาน จะเป็นดังนี้ โดยแสดงด้วยเครื่องหมาย S1 - S9

(1) **ใช้งานต่อเนื่อง** (S1)

ที่โหลดคงที่จริง มอเตอร์จะทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่าเกินพอที่จะได้ถึงสมดุลของความร้อน (รูป 4.1)

(2) **การใช้ทำงานเวลาสั้น ๆ** (S2)

ที่โหลดคงที่จริง มอเตอร์จะหยุดทำงานหลังจากทำงานอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่กำหนด โดยอยู่ในช่วงที่มอเตอร์ยังได้ไม่ถึงค่าความสมดุลของความร้อน และก่อนจะเริ่มสตาร์ททำงานใหม่ ค่าความต่างของอุณหภูมิของมอเตอร์กับอุณหภูมิสารทำความเย็นจะต้องต่ำกว่า 2K (รูป 4.2)

(3) **การใช้งานซ้ำกลับไปมา** (S3)

ให้ช่วงเวลาทำงานของโหลดคงที่จริงและช่วงเวลาหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็น 1 คาบ มีการใช้งานแบบนี้ซ้ำไปมา (รูป 4.3) ในกรณีนี้ ช่วงเวลาทำงาน และช่วงเวลาหยุด จะมีค่าช่วงเวลาน้อยกว่าเวลาได้ถึงสมดุลของความร้อน นอกจากนี้ สามารถละผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิจากเงื่อนไขการสตาร์ทและหยุดเบรกได้

(4) **การใช้งานซ้ำกลับไปมาโดยมีผลกระทบจากการสตาร์ท** (S4)

ให้ช่วงเวลาการสตาร์ทที่ไม่สามารถละได้เนื่องจากมีผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิ ช่วงเวลาทำงานของโหลดคงที่จริง และช่วงเวลาหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็น 1 คาบ มีการใช้งานแบบนี้ซ้ำไปมา (รูป 4.4) ในกรณีนี้ ช่วงเวลาทำงาน และช่วงเวลาหยุด จะมีค่าช่วงเวลาน้อยกว่าเวลาได้ถึงสมดุลของความร้อน นอกจากนี้ สามารถละผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิจากเงื่อนไขการหยุดเบรกได้

(5) **การใช้งานซ้ำกลับไปมาที่รวมการเบรกไฟฟ้า** (S5)

ให้ช่วงเวลาการสตาร์ทที่ไม่สามารถละได้เนื่องจากมีผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิ ช่วงเวลาทำงานของโหลดคงที่จริง ช่วงเวลาการเบรกไฟฟ้าที่ไม่สามารถละได้เนื่องจากมีผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิ และช่วงเวลาหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็น 1 คาบ มีการใช้งานแบบนี้ซ้ำไปมา (รูป 4.5) ในกรณีนี้ ช่วงเวลาทำงาน และช่วงเวลาหยุด จะมีค่าช่วงเวลาน้อยกว่าเวลาได้ถึงสมดุลของความร้อน

(6) **การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมา** (S6)

ให้ช่วงเวลาทำงานของโหลดคงที่จริงและช่วงเวลาทำงานที่ไม่มีโหลด เป็น 1 คาบ มีการใช้งานแบบนี้ซ้ำไปมา (รูป 4.6) ในกรณีนี้ ช่วงเวลาทำงาน และช่วงเวลาหยุด จะมีค่าช่วงเวลาน้อยกว่าเวลาได้ถึงสมดุลของความร้อน

(7) **การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมาที่รวมการเบรกไฟฟ้า** (S7)

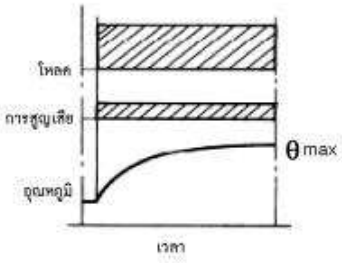
ให้ช่วงเวลาการสตาร์ทที่ไม่สามารถละได้เนื่องจากมีผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิ ช่วงเวลาทำงานของโหลดคงที่จริง และช่วงเวลาการเบรกไฟฟ้าที่ไม่สามารถละได้เนื่องจากมีผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 1 คาบ มีการใช้งานแบบนี้ซ้ำไปมา (รูป 4.7) ในกรณีนี้ ช่วงเวลาทำงาน และช่วงเวลาหยุด จะมีค่าช่วงเวลาน้อยกว่าเวลาได้ถึงสมดุลของความร้อน

(8) การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมาและมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (S8)

ใช้ความเร็วรอบที่แตกต่างกันออกไปมากกว่า 2 รูปแบบร่วมกัน โดยในแต่ละรูปแบบ จะให้ช่วงเวลาทำงานของโหลดคงที่ (เช่น กรณีของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ เกิดจากการสับเปลี่ยนจำนวนโพล) เป็น 1 คาบ มีการใช้งานแบบนี้ซ้ำไปมา (รูป 4.8) ในกรณีนี้ จะไม่มีช่วงเวลาหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าและช่วงเวลาหยุดทำงาน และช่วงเวลาทำงานที่ความเร็วรอบของแต่ละรูปแบบ จะมีค่าช่วงเวลาน้อยกว่าเวลาไต่ถึงสมดุลของความร้อน

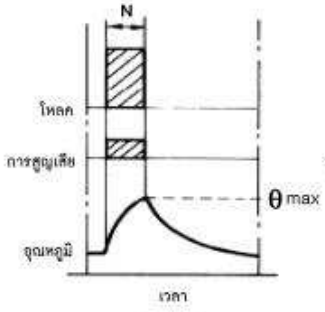
(9) ใช้กับการเปลี่ยนแปลงโหลดและความเร็วที่ไม่มีมาตรฐานข้อบังคับ (S9)

โดยปกติทั่วไป ใช้กับการเปลี่ยนแปลงโหลดและความเร็ว ที่ไม่มีมาตรฐานข้อบังคับที่อยู่ในขอบเขตค่าที่ยอมรับได้ (รูป 4.9) ในกรณีนี้ อาจมีบ้างที่เกิดโอเวอร์โหลดที่มีค่าสูงกกว่าโหลดเต็มพิกัดมาก การกำหนดโหลดเต็มพิกัด (Full Load) ที่เหมาะสม จะมีการพิจารณาค่าโอเวอร์โหลดนี้ด้วย



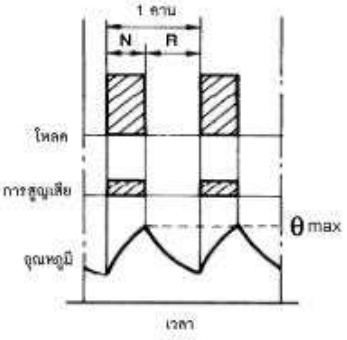
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

รูป 4.1 การใช้งานต่อเนื่อง (S1)



N : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

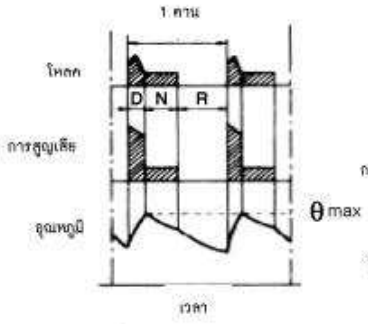
รูป 4.2 การใช้ทำงานเวลาสั้น ๆ (S2)



N : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
R : เวลาหยุดทำงานไม่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

$$\text{อัตราเวลาโหลด} = \frac{N}{N+V} \times 100\%$$

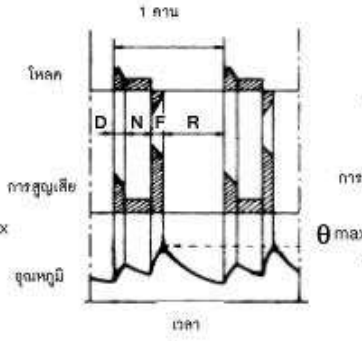
รูป 4.3 การใช้งานซ้ำกลับไปมา (S3)



D : เวลาสตาร์ท
N : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
R : เวลาหยุดทำงานไม่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

$$\text{อัตราเวลาโหลด} = \frac{D+N}{D+N+R} \times 100\%$$

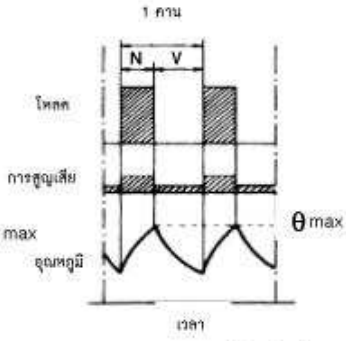
รูป 4.4 การใช้งานซ้ำกลับไปมาโดยมีผลกระทบจากการสตาร์ท (S4)



D : เวลาสตาร์ท
N : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
F : เวลาเบรกไฟฟ้า
R : เวลาหยุดทำงานไม่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

$$\text{อัตราเวลาโหลด} = \frac{D+N}{D+N+R+F+R} \times 100\%$$

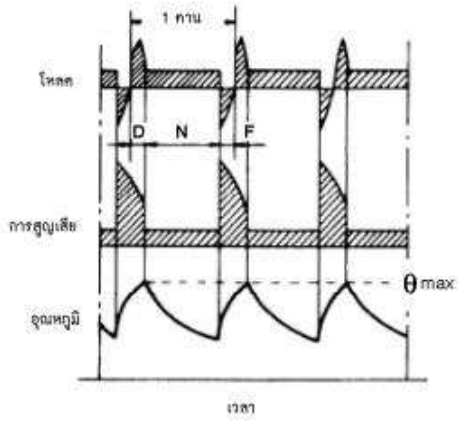
รูป 4.5 การใช้งานซ้ำกลับไปมาที่รวมการเบรกไฟฟ้า (S5)



N : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
R : เวลาทำงานไม่มีโหลด
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

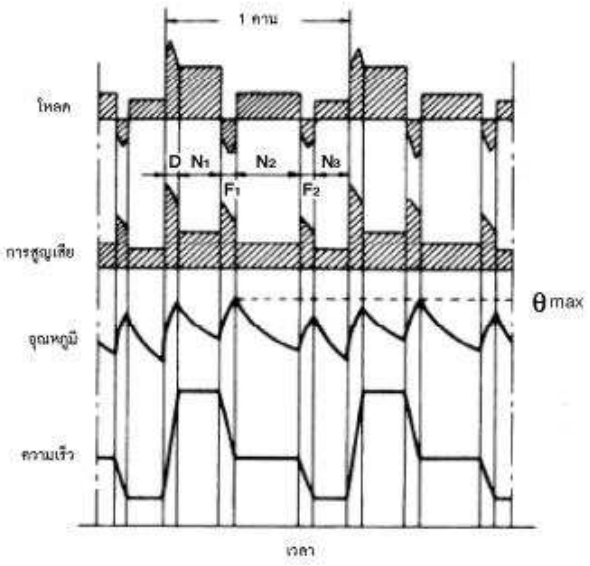
$$\text{อัตราเวลาโหลด} = \frac{N}{N+V} \times 100\%$$

รูป 4.6 การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดกลับไปมา (S6)



D : เวลาสตาร์ท
N : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
F : เวลาเบรกไฟฟ้า
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน
อัตราเวลาโหลด = 100 (%)

รูป 4.7 การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดกลับไปมา ที่รวมการเบรกไฟฟ้า (S7)



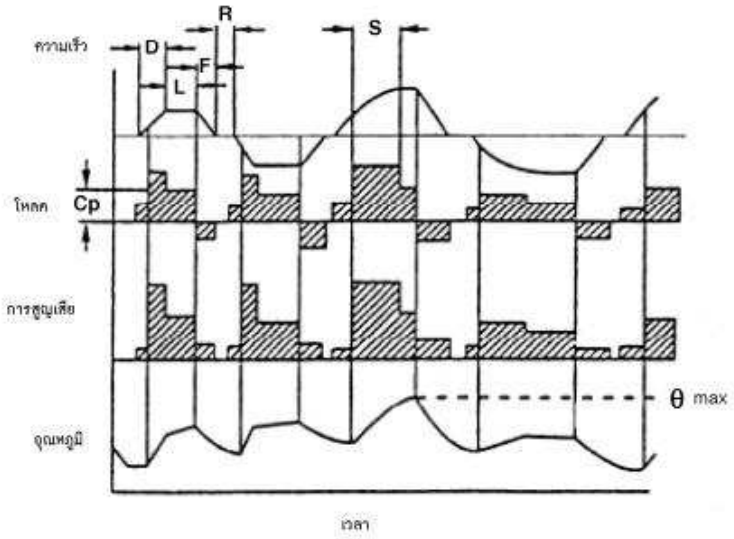
D : เวลาสตาร์ท
N_1, N_2, N_3 : เวลาทำงานที่โหลดเต็มที่
F_1, F_2 : เวลาเบรกไฟฟ้า
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

$$\text{อัตราเวลาโหลดเทียบความเร็วสูงสุด} = \frac{D+N_1}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\ (\%)$$

$$\text{อัตราเวลาโหลดเทียบความเร็วปานกลาง} = \frac{D_1+N_1}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\ (\%)$$

$$\text{อัตราเวลาโหลดเทียบความเร็วปานกลาง} = \frac{F_2+N_3}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\ (\%)$$

รูป 4.8 การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดกลับไปมา และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (S8)



D : เวลาสตาร์ท
L : เวลาทำงานช่วงโหลดเปลี่ยนแปลง
F : เวลาเบรกไฟฟ้า
R : เวลาหยุดทำงานไม่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
S : เวลาทำงานโอเวอร์โหลด
Cp : โหลดเต็มพิกัด
θ max : อุณหภูมิสูงสุดระหว่างทำงาน

รูป 4.9 ใช้กับการเปลี่ยนแปลงโหลดและความเร็วที่ไม่มีมาตรฐานข้อบังคับ (S9)

(10) อัตราเวลาโหลด

สำหรับการใช้งานซ้ำกลับไปมา (S3) หรือการใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมา (S6) จะเป็นอัตราส่วนของเวลาโหลดในหนึ่งรอบ สำหรับการใช้งานซ้ำกลับไปมาโดยมีผลกระทบจากการสตาร์ท (S4) จะเป็นอัตราส่วนของผลรวมของเวลาสตาร์ทกับเวลาโหลดในหนึ่งรอบ สำหรับการใช้งานซ้ำกลับไปมาที่รวมการเบรกไฟฟ้า (S5) การใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมาที่รวมการเบรกไฟฟ้า (S7) และการใช้งานต่อเนื่องโดยเป็นโหลดซ้ำกลับไปมาและมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (S8) จะเป็นอัตราส่วนของผลรวมของเวลาสตาร์ท (หรือเวลาเร่งความเร็ว) กับเวลาโหลดกับเวลาเบรกไฟฟ้า โดยปกติ จะแสดงอัตราเวลาโหลดเป็นเปอร์เซ็นต์

(11) วิธีการแสดงการใช้งาน

ประเภทของการใช้งาน สามารถแสดงโดยใช้เครื่องหมายได้

S2 จะมีการแสดงเวลาการทำงานต่อเนื่องของโหลด นอกจากนี้ S3 และ S6 จะแสดงอัตราเวลาโหลดต่อด้านท้าย

ตัวอย่าง : S2 60 นาที

S3 25%

S6 40%

S4 และ S5 จะแสดงอัตราเวลาโหลด และโมเมนต์ความเฉื่อย (J_M) ของมอเตอร์เทียบกับแกนขับเคลื่อน และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext})

ตัวอย่าง : S4 25%, $J_M = 0.15kg \cdot m^2$, $J_{ext} = 0.7kg \cdot m^2$

S7 จะแสดงโมเมนต์ความเฉื่อย (J_M) ของมอเตอร์เทียบกับแกนขับเคลื่อน และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext})

ตัวอย่าง : S7 $J_M = 0.4kg \cdot m^2$, $J_{ext} = 7.5kg \cdot m^2$

S8 จะแสดงโมเมนต์ความเฉื่อย (J_M) ของมอเตอร์เทียบกับแกนขับเคลื่อน แยกตามแต่ความเร็วรอบ และโมเมนต์ความเฉื่อยของโหลด (J_{ext}) โหลด ความเร็วรอบ และอัตราเวลาโหลด

ตัวอย่าง : S8, $J_M = 0.5kg \cdot m^2$, $J_{ext} = 6kg \cdot m^2$

16kW	$740min^{-1}$	30%
40kW	$1460min^{-1}$	30%
25kW	$980min^{-1}$	40%

(12) สัมปสิทธิ์ความเฉื่อย (FI)

แสดงเป็นสัดส่วนของโมเมนต์ความเฉื่อยทั้งหมด (ที่ใช้คำนวณแกนมอเตอร์) รวมของมอเตอร์และโหลด กับโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ (สามารถใช้สัดส่วน Flywheel Effect ได้) สามารถหาค่าได้ดังนี้

$$FI = \frac{J_M + J_{ext}}{J_M} = \frac{GD^2_M + GD^2_{ext}}{GD^2_M}$$

(13) ค่าคงที่ความเร่ง (Tj)

สำหรับความเร็วรอบอัตราแล้ว เป็นเวลาที่ใช้ในการเพิ่มความเร็วของโรเตอร์ จากสถานะหยุดจนถึงความเร็วรอบอัตรา ด้วยทอร์คเร่งความเร็วที่คงที่เทียบกับเอ๊าท์พุตอัตรา สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$T_j = \frac{J_M \times \omega^2}{P_R} \times 10^{-3} \text{ (S)}$$

ในที่นี้ JM : โมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์มอเตอร์ (kg·m²) = $\frac{GD^2}{4}$

ω : ความเร็วเชิงมุมอัตรา (rad/s) = $\frac{2\pi}{60} \times N_R$

NR : ความเร็วรอบอัตรา (min^{-1})

PR : เอ๊าท์พุตอัตรา (kW)

4-2 อัตรา

(1) อัตรา

ค่าขีดจำกัดรับรองของมอเตอร์ นอกจากจะใช้กำหนดค่าขีดจำกัดกับเอ๊าท์พุตแล้ว ยังใช้กับการกำหนดระบุแรงดันไฟฟ้า ความเร็วรอบ ความถี่ ฯลฯ อีกด้วย โดยจะมีชื่อเรียกเป็นเอ๊าท์พุตอัตรา แรงดันไฟฟ้าอัตรา ความเร็วรอบอัตรา ความถี่อัตรา เป็นต้น โดยจะต้องมีการระบุค่าดังกล่าวนี้ในป้ายแสดงด้วย

(2) ประเภทของอัตรา

อัตราจะสามารถแยกออกเป็นประเภทได้ดังนี้

(1) อัตราต่อเนื่อง

(2) อัตราเวลาสั้นๆ (Short-time rating)

(3) อัตราต่อเนื่องเทียบเท่า

(4) อัตราการซ้ำกลับไปมา

(5) อัตราการไม่กลับไปมา

(3) อัตราต่อเนื่อง

เมื่อใช้งานต่อเนื่องภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยที่ค่ามาตรฐานข้อบังคับมอเตอร์ต่างๆ ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนด เช่น ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิไม่สูงเกิน รวมถึงไม่เกินค่าขีดจำกัดอื่นๆ

(4) อัตราเวลาสั้นๆ (Short-time rating)

เมื่อใช้งานจากสภาวะที่เย็นตัว จนถึงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดโดยเป็นระยะเวลาสั้นๆ โดยที่ค่ามาตรฐานข้อบังคับมอเตอร์ต่างๆ ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนด เช่น ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิไม่สูงเกิน รวมถึงไม่เกินค่าขีดจำกัดอื่นๆ

(5) อัตราต่อเนื่องเทียบเท่า

เมื่อใช้มอเตอร์ด้วย S3, S4, S5, S6, S7, S8 หรือ S9 ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ทางผู้ซื้อและผู้ผลิตได้ทำการประชุมปรึกษาและตกลงกันที่จะปรับเปลี่ยนคุณสมบัติด้านความร้อน โดยสามารถใช้แทนการใช้งานต่อเนื่องได้ เมื่อทำการทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้แทน ค่ามาตรฐานข้อบังคับมอเตอร์ต่างๆ ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนด เช่น ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิไม่สูงเกิน รวมถึงไม่เกินค่าขีดจำกัดอื่นๆ ในที่นี้เราจะเรียกว่าอัตราต่อเนื่องเทียบเท่า

(6) อัตราการซ้ำกลับไปมา

เมื่อใช้มอเตอร์ด้วย S3, S4, S5, S6, S7, S8 หรือ S9 ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ค่ามาตรฐานข้อบังคับมอเตอร์ต่างๆ ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนด เช่น ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิไม่สูงเกิน รวมถึงไม่เกินค่าขีดจำกัดอื่นๆ กรณีที่ไม่มีการกำหนดระบุ ค่ามาตรฐานของ 1 คาบ ให้เป็น 10 นาที อัตราเวลาโหลด โดยหลักจะให้มีค่าเป็น 15, 25, 40 หรือ 60%

(7) อัตราการไม่กลับไปมา

ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เมื่อใช้มอเตอร์ด้วย S9 ค่ามาตรฐานข้อบังคับมอเตอร์ต่างๆ ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนด เช่น ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิไม่สูงเกิน รวมถึงไม่เกินค่าขีดจำกัดอื่นๆ

(8) ความสัมพันธ์ของการใช้งานกับอัตรา

ในการใช้งานมอเตอร์แบบต่อเนื่อง (S1) จะใช้อัตราต่อเนื่อง และการใช้งานมอเตอร์ทำงานเป็นเวลาสั้นๆ (S2) จะใช้อัตราเวลาสั้นๆ (Short-time rating)

สำหรับการใช้งานมอเตอร์ในอื่นๆ (S3 - S8) จะใช้อัตราการซ้ำกลับไปมา หรืออัตราต่อเนื่องเทียบเท่า มอเตอร์ที่ใช้งาน (S9) จะใช้อัตราการซ้ำกลับไปมา หรืออัตราต่อเนื่องเทียบเท่า ในกรณีนี้ มอเตอร์ที่ใช้ จะต้องสามารถทนต่อโหลดสูงสุดระหว่างกระบวนการใช้งาน หรือทนต่อการเปลี่ยนแปลงโหลดกะทันหัน

(9) เอ๊าท์พุตอัตรา

(1) เอ๊าท์พุตอัตราของมอเตอร์ เอ๊าท์พุตเชิงกลที่ให้กับแกน จะแสดงในหน่วยวัตต์ (W) หรือกิโลวัตต์ (kW)

(10) อัตราของมอเตอร์เปลี่ยนความเร็วได้

(1) มอเตอร์ความเร็วหลายระดับ จะต้องทำการกำหนดอัตราให้กับแต่ละความเร็วรอบอัตรา

(2) มอเตอร์ความเร็วเพิ่มลด จะต้องทำการกำหนดอัตราให้กับความเร็วรอบอัตราสูงสุด และความเร็วรอบอัตราต่ำสุด ในบางครั้งต้องกำหนดอัตราให้กับความเร็วรอบอัตราปานกลางด้วย ในบางกรณีที่จำเป็น

4-3 การแสดงป้ายของค่าอัตรา

กรณีของอัตราต่อเนื่อง ให้แสดง S1 และถ้าเป็นระยะเวลาสั้นๆ (Short-time rating) ให้แสดงเวลา

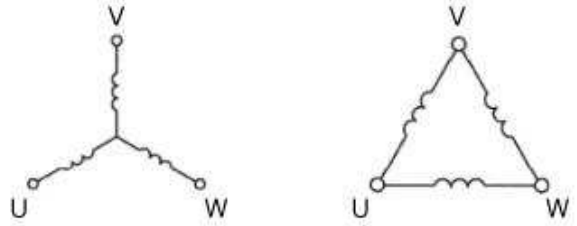
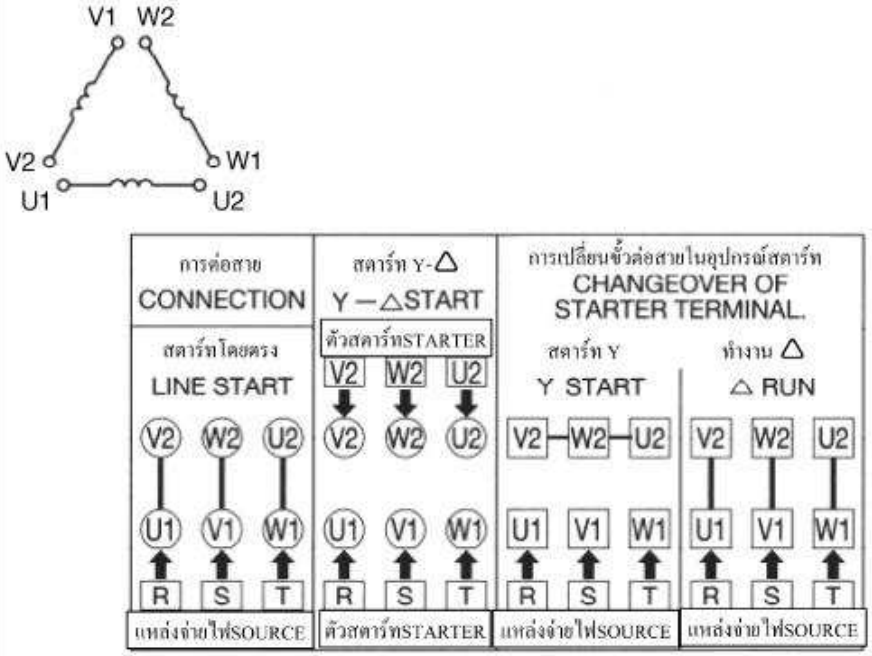
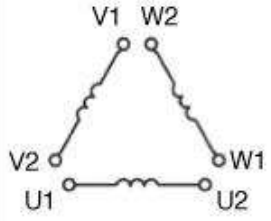
กรณีอัตราต่อเนื่องเทียบเท่า ให้แสดงค่าดังกล่าวนั้น และถ้าเป็นอัตราการซ้ำกลับไปมา ให้แสดงประเภทของการใช้งาน S3 - S8 นอกจากนี้ ถ้าคาบเวลาการกลับไปมาน้อยกว่า 10 นาที จะต้องแสดงค่าความถี่นั้นด้วย ตัวอย่างการแสดงป้าย เป็นดังนี้

กรณีอัตราต่อเนื่อง	S1
เวลาสั้นๆ (Short-time rating)	S2 60 นาที
กรณี S3	S3 25%
กรณี S4 และ S5	S4 25%, JM = 0.15kg·m^2, Jext = 0.7kg·m^2
กรณี S6	S6 60%
กรณี S7	S7, JM = 0.4kg·m^2, Jext = 7.5kg·m^2
กรณี S8	S8, JM = 0.5kg·m^2, Jext = 6kg·m^2
	16kW 740min^{-1} 30%
	40kW 1460min^{-1} 30%
	25kW 980min^{-1} 40%

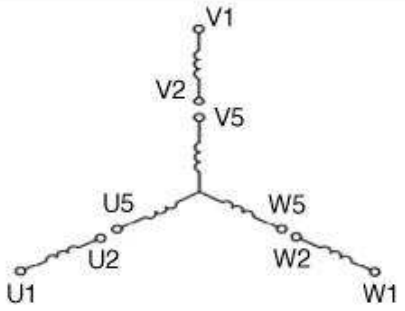
จากตัวอย่างดังกล่าว นอกเหนือจาก S1 และ S2 ถ้าไม่มีการกำหนดระบุสภาพของโหลดอย่างละเอียด จะไม่สามารถแสดงที่ป้ายแสดงได้ ดังนั้นต้องมีความจำเป็นในการกำหนดรายละเอียดของโหลด

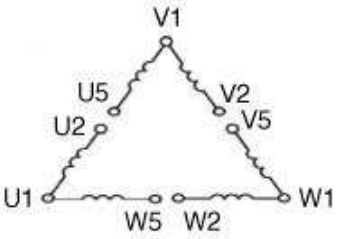
5. จำนวนสายไฟของมอเตอร์และการต่อสาย

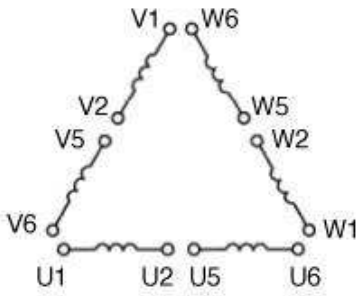
5-1 มอเตอร์ 3 เฟส

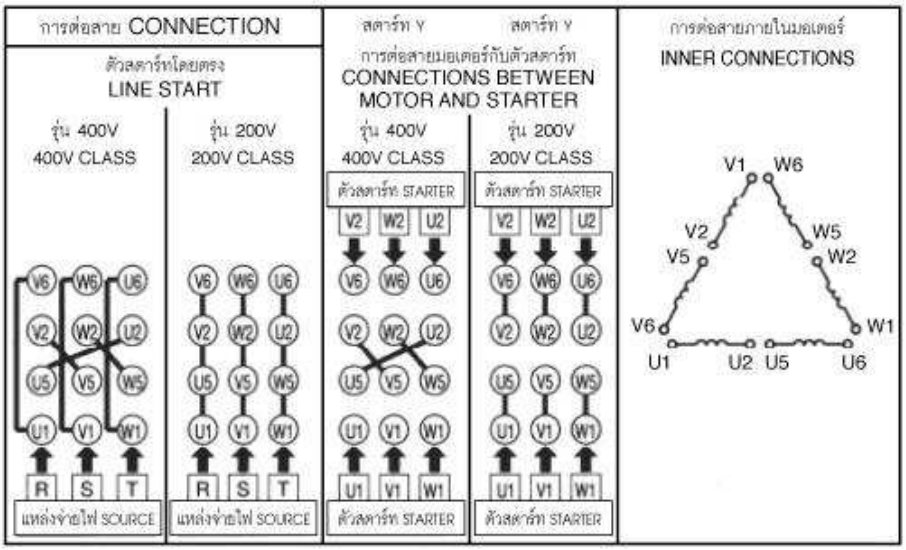
<table>
<tr><th>แรงดันไฟฟ้า</th><th>จำนวนสายไฟ</th><th>วิธีสตาร์ท</th><th>วิธีต่อสาย</th></tr>
<tr><td rowspan="2">แรงดันไฟฟ้าเดียว</td><td>3</td><td>โดยตรง</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>6</td><td>โดยตรง
Y-Δ</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>แรงดันไฟฟ้าสองชั้น (220/380V เป็นต้น)</td><td>6</td><td>โดยตรง</td><td> 

แรงดันไฟฟ้าสูง (Y)
แหล่งจ่ายไฟ
R S T
U1 V1 W1
V2–W2–U2
แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Δ)
แหล่งจ่ายไฟ
R S T
U1 V1 W1
V2–W2–U2</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>แรงดันไฟฟ้า</th><th>จำนวนสายไฟ</th><th>วิธีสตาร์ท</th><th>วิธีต่อสาย</th></tr>
<tr><td rowspan="2">แรงดันไฟฟ้า 2 ทาง (200/400V 220/440V เป็นต้น)</td><td rowspan="2">9</td><td rowspan="2">โดยตรง</td><td>


แรงดันไฟสูง (Y)
แหล่งจ่ายไฟ
R S T
U1 V1 W1
U5 V5 W5
U2 V2 W2
แรงดันไฟสูง (2Y)
แหล่งจ่ายไฟ
R S T
U1 V1 W1
U5 V5 W5
U2-V2-W2
</td></tr>
<tr><td>


แรงดันไฟสูง (Δ)
แหล่งจ่ายไฟ
R S T
U1 V1 W1
U5 V5 W5
U2 V2 W2
แรงดันไฟสูง (2Δ)
แหล่งจ่ายไฟ
R S T
U1 V1 W1
U5 V5 W5
U2 V2 W2
</td></tr>
<tr><td>แรงดันไฟฟ้า 2 ทาง (200/400V 220/440V เป็นต้น)</td><td>12</td><td>โดยตรง Y-Δ</td><td>


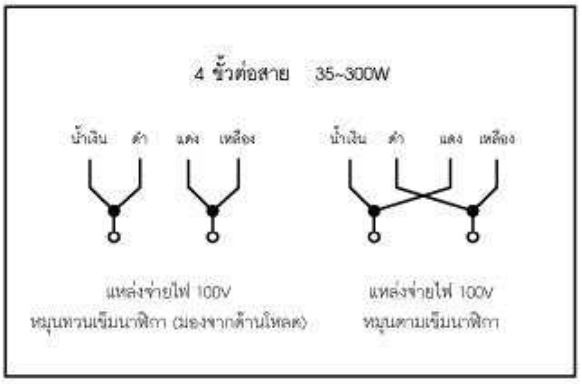


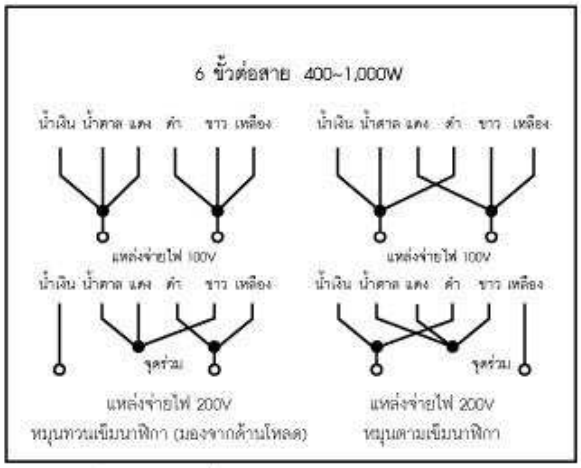
</td></tr>
</table>

5-2 มอเตอร์ 1 เฟส

การต่อสายของสายขั้วต่อกับภายนอกของมอเตอร์จะมีระบุในป้ายชื่อ อย่างไรก็ตามสามารถดูรายละเอียดการต่อสาย ดังรูปต่อไปนี้

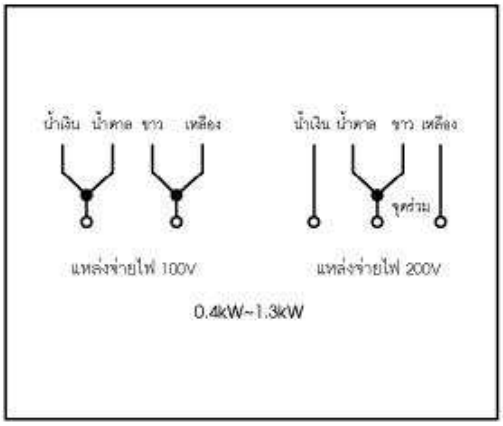
(1) สตาร์ทแบบผสม (-KT), คอนเดนเซอร์สตาร์ท (-KR, KQ)

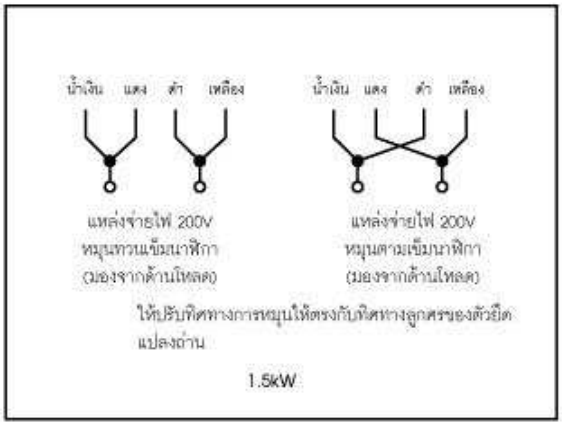




หมายเหตุ) ที่จุดร่วม ให้ต่อทั้ง 3 สายเข้าด้วยกันให้แน่นแล้วปิดหุ้มด้วยฉนวน

(2) มอเตอร์ชนิด Repulsion - start (-KS) (ในปัจจุบันนี้ ไม่มีการผลิตแล้ว)





หมายเหตุ) ที่จุดร่วม ให้ต่อทั้ง 3 สายเข้าด้วยกันให้แน่นแล้วปิดหุ้มด้วยฉนวน

6. คลาสทนต่อความร้อน/อุณหภูมิสภาพแวดล้อม

คลาสทนต่อความร้อนของมอเตอร์จะแตกต่างออกไปตามชนิดวัสดุฉนวน และค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิก็จะแตกต่างออกไปด้วยเช่นกัน ถ้าให้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมเป็น 40°C ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ จะเหมือนกับที่แสดงในตาราง 6.1 ถ้าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม มีค่ามากกว่า 40°C จะทำให้มีค่าลดลงตามสัดส่วนค่าที่สูงขึ้นตามที่แสดงในตาราง 6.1 (ตัวอย่าง เมื่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมเป็น 50°C ค่าที่ได้คือค่าตามตาราง 6.1 ลบด้วยค่าอุณหภูมิ 10°C)

ตาราง 6.1 ค่าขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิของมอเตอร์ หน่วย:K

คลาสทนต่อความร้อน	มาตรฐานข้อบังคับ	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ที่ผิวฉนวน)
E	JIS C4210 หรือ JEC-2137-2000	75
B	JIS C4210 หรือ JEC-2137-2000	80
F	JIS C4210 หรือ JEC-2137-2000	105
H	JEC-2137-2000	125

หมายเลขมาตรฐานข้อบังคับ JIS ที่กล่าวข้างต้น โดยระเบียบข้อบังคับแล้ว จะต้องทำการตอกป้ายแสดงสำหรับแต่ละคลาสทนต่อความร้อนของมอเตอร์

มอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไป ที่ใช้งานที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมต่ำกว่า 40°C โดยมาตรฐานจะเป็นคลาสทนต่อความร้อน E (เบอร์เฟรม 112M ลงมา) B (เบอร์เฟรม 132S - 180M) F (เบอร์เฟรม 180L ขึ้นไป)

มอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไป สามารถใช้งานได้กับอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่ต่ำจนถึง -30°C

ถ้าต่ำกว่า -30°C จำเป็นต้องมีมาตรการแก้ไข เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำจะส่งผลต่อความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหล็กที่มีคาร์บอนต่ำจะทำให้ค่าการทนต่อการกระแทกต่ำลง จึงจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความเปราะบางในการใช้งานด้วย ดังนั้น

(1) เป็นไปได้ที่มอเตอร์จะสัมผัสกับอากาศเย็น -30°C ถึง -60°C แต่อุณหภูมินี้คือเป็นตอนที่ไม่สตาร์ทมอเตอร์ให้ทำงาน (เช่น ระหว่างการขนส่ง หรือเก็บรักษา) ในกรณีของอุณหภูมิต่ำ -30°C ถึง -60°C สามารถหามาตรการเฉพาะการแก้ไขเกี่ยวกับวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานในที่เย็นได้ก็พอ เช่น วัสดุฉนวน วัสดุเคลือบ สายขั้วต่อ หรือวัสดุยาง เป็นต้น

(2) มีการสตาร์ทมอเตอร์ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ -30°C ถึง -60°C

ในการใช้งานในอุณหภูมิที่ต่ำ นอกเหนือจากชนิดวัสดุที่กล่าวไปในข้อ (1) ก่อนหน้านี้แล้ว จะต้องหามาตรการแก้ไขเกี่ยวกับการกระแทกจากเครื่องจักรด้วย

ตัวอย่างเช่น วัสดุเฟรมที่เป็นเหล็กหล่อจะไม่มีปัญหาอะไร แต่ถ้าเป็นชนิดแผ่นเหล็ก จำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการเชื่อม หรือชนิดวัสดุพิเศษ

นอกจากนี้แล้วยังต้องพิจารณาเกี่ยวกับชนิดวัสดุเพลา วัสดุใบพัดนอกตัวเครื่องด้วย

เมื่อต้องการสั่งมอเตอร์สำหรับใช้งานอุณหภูมิต่ำ จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบว่ามีการสตาร์ทมอเตอร์ที่อุณหภูมินั้นหรือไม่

สำหรับมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด เงื่อนไขการใช้งานมาตรฐานจะเป็น -10~40°C และก็ขึ้นอยู่กับนโยบายป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงานด้วย

1. **อาจมีการเปลี่ยนแปลงคลาสทนต่อความร้อนได้ ตามเงื่อนไขต่อไปนี้**

(1) กรณีที่มีการสลับกันไปมาระหว่างการสตาร์ท และหยุดการทำงาน

(2) เมื่อโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด (Flywheel Effect) มีค่ามาก และเวลาสตาร์ทนาน (ดูส่วนข้อมูล 3. โมเมนต์ความเฉื่อย J ประกอบ

(3) เมื่อต้องการขนาดกะทัดรัด

(4) เรื่องเวลาการทำงานต่อเนื่องยาวนาน และต้องการความเชื่อมั่นที่สูง รายละเอียดดังกล่าวนี้ จำเป็นที่จะต้องเลือกให้ตามโมเดลและเงื่อนไขการใช้งาน ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัทเป็นกรณีไป

7. วิธีการสตาร์ท

7-1 สตาร์ทโดยตรง 3 ขั้วต่อสาย

สตาร์ทโดยตรง คือวิธีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าอัตราเพื่อสตาร์ทมอเตอร์ด้วยสวิทช์มือ หรือสวิทช์แม่เหล็กไฟฟ้า เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ตอนเริ่มสตาร์ท จะมีกระแสไฟเริ่มทำงานมากกว่ากระแสไฟอัตรา 6-10 เท่าไหลเวียน ถ้าความจุแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่ามากพอ ก็ไม่มีปัญหาอะไรสำหรับการสตาร์ทโดยตรง แต่ถ้าความจุแหล่งจ่ายไฟมีค่าน้อย จะทำให้แรงดันไฟตกสูง และส่งผลกระทบความเสียหายต่ออุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟอื่นๆ ดังนั้นต้องระมัดระวังในการใช้งานด้วย

หมายเหตุ) โดยปกติทั่วไป มอเตอร์ 5.5kW ขึ้นไป จะมีขั้วต่อสายเตรียมไว้ 6 เส้นเพื่อให้สามารถสตาร์ทมอเตอร์แบบ Y-Δ ได้ อย่างไรก็ตาม สามารถต่อเข้ากับ Δ เพื่อปรับใช้การสตาร์ทโดยตรงก็ได้ ดังนั้น ถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องให้เป็นขั้วต่อสาย 3 เส้น ให้ทำการกำหนดระบุขั้วต่อสายเป็นแบบสตาร์ทโดยตรง 3 เส้น

7-2 การสตาร์ทแบบ Y-Δ

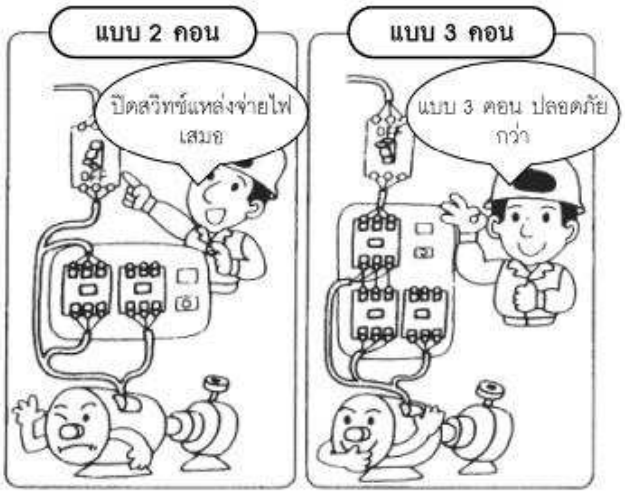
การต่อสายของขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระรอกเป็นแบบ Y ตอนเริ่มสตาร์ท และเปลี่ยนเป็น Δ เมื่อเริ่มทำงาน วิธีนี้จะเป็นการจำกัดกระแสไฟเริ่มทำงาน ในการใช้งานจะมีอุปกรณ์สตาร์ทชนิดสตาร์เดลต้า สำหรับวิธีนี้ ทั้งกระแสไฟเริ่มทำงาน และทอร์คเริ่มต้นทำงานจะมีค่าประมาณ 1/3 ของการสตาร์ทโดยตรง ดังนั้นในบางครั้งอาจใช้สตาร์ททำงานไม่ได้สำหรับการสตาร์ทโหลดที่ต้องใช้ทอร์คสูงๆ นอกจากนี้แล้ว ถ้ากรณีโมเมนต์ความเฉื่อย J มีค่ามาก (ดูรายละเอียด 3. โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลดของส่วนข้อมูล) หรือมีความถี่การสตาร์ททำงานมากกว่า 2 ครั้งใน 1 วัน อาจทำให้เกิดปัญหาจากโมเมนต์ความเฉื่อย J ได้ ให้ทำการสอบถามเพิ่มเติม ถ้าต้องการรายละเอียด

(ข้อควรระวังในการใช้อุปกรณ์สตาร์ทชนิดสตาร์เดลต้า)

อุปกรณ์สตาร์ทโดยลดแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ 3 เฟส ที่ใช้งานกันโดยทั่วไปคืออุปกรณ์สตาร์ทชนิดสตาร์เดลต้า อุปกรณ์สตาร์ทชนิดนี้จะมี 2 แบบ คือ **"แบบ 2 คอนแทคเตอร์ (แบบ 2 คอน)"** กับ **"แบบ 3 คอนแทคเตอร์ (แบบ 3 คอน)"** อย่างไรก็ตาม ก็มีความจำเป็นที่ต้องเลือกใช้วิธีการป้องกันที่เหมาะสม เช่น การเลือกใช้เทอร์มอลรีเลย์ มอเตอร์เบรกเกอร์ที่เหมาะสมกับมอเตอร์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ให้ทำการติดตั้งเทอร์มอลรีเลย์ให้สามารถทำงานได้ทั้งตอนเริ่มสตาร์ท และตอนที่มอเตอร์ทำงานอยู่ เมื่อเทียบแบบ 2 คอนกับแบบ 3คอนแล้ว จะประหยัดกว่าก็ตาม แต่ขณะที่ไม่ใช้งานมอเตอร์ หรือในระหว่างการทำงาน เทอร์มอลรีเลย์เกิดการทริป ถ้าไม่ทำการตัดแหล่งจ่ายไฟหลักออก จะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ขดลวดของมอเตอร์ และอาจก่อความเสียหายในบางสภาวะแวดล้อมการใช้งาน ในกรณีเช่นนี้ ให้ใช้แบบ 3คอน

(อุปกรณ์ประเภทดับเพลิง ให้ใช้แบบ 3 คอนแทคเตอร์ และใช้อุปกรณ์สตาร์ทชนิดสตาร์เดลต้า)

- แบบ 3 คอน จะเหมาะสมกว่าสำหรับอุปกรณ์ทำความเย็น อุปกรณ์กีฬา อุปกรณ์การเกษตร หรือมอเตอร์ที่หยุดทำงานเป็นเวลานานๆ
- ถ้าใช้แบบ 2 คอน จะต้องทำการปิดสวิทช์แหล่งจ่ายไฟเสมอ



7-3 อื่นๆ

มีอุปกรณ์ต่างๆ เช่นอุปกรณ์ช่วยสตาร์ท รีแอคเตอร์สตาร์ท หรือสตาร์ทความต้นทาน ฯลฯ ให้เลือกใช้งาน อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์เหล่านี้เป็นแบบต่อเข้ากับภายนอกของมอเตอร์ และเป็นแบบจำกัดกระแสไฟเริ่มทำงาน เนื่องจากไม่ใช้อุปกรณ์มาตรฐานของมอเตอร์ จึงไม่ต้องกำหนดระบุ

นอกจากนี้ วิธีแบบนี้จะทำให้ทอร์คเริ่มต้นทำงานลดลง ต้องพิจารณาถึงจุดนี้ด้วยเช่นเดียวกัน

7-4 แบบป้องกันการระเบิดเพิ่มความปลอดภัยและแบบป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน

มาตรฐานวิธีการสตาร์ทจะเป็นแบบ **"โดยตรง"** จำนวนขั้วต่อสายจะเป็นดังนี้

	เอ๊าท์พุต	จำนวนขั้วต่อสาย
แบบป้องกันการระเบิดเพิ่มความปลอดภัย	ต่ำกว่า 3.7kW	3 เส้น
แบบป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน	5.5kW ขึ้นไป	6 เส้น

อย่างไรก็ตาม สำหรับแบบ 6เส้น ถ้าตรงตามเงื่อนไขข้อ (1) (2) (3) ตารางด้านล่างนี้ ก็สามารถใช้การสตาร์ท Y-Δ ได้เช่นเดียวกัน

		แบบป้องกันการระเบิดเพิ่มความปลอดภัย	แบบป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน
(1) โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด		โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด มีค่าต่ำกว่า ¼ ของข้อ **"วิธีการสตาร์ทชนิดสตาร์เดลต้า"** ของ **"ตาราง 3.1 โมเมนต์ความเฉื่อย J ที่ยอมรับได้"** ของ **"ส่วนข้อมูลโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด"**	-
(2) ความถี่การสตาร์ท		**ไม่เกิน 1 วัน 1 ครั้ง**	-
(3) วิธีต่อสายไฟกับภายนอก	**กรณีแบบการเชื่อมต่อสกรูยึดท่อร้อยสาย**	การต่อสายโดยท่อร้อยสาย จะเป็นรวบสายไฟที่เหมาะสมกับโมเดลและขนาดแรงดันไฟฟ้า 6 เส้น ลงในท่อร้อยสาย 1 ท่อ	
	กรณีแบบ Conduit Packing	(1) กรณีสายเคเบิล 3 แกน จำเป็นต้องใช้แบบ Conduit Packing 2 ชุด (2) กรณีสายเคเบิล 6 แกน สายเคเบิล 6 แกนจะเป็นสินค้าสั่งทำพิเศษของผู้ผลิตสายไฟ ดังนั้นให้ตรวจสอบกำหนดวันส่งมอบ และปริมาณที่สั่งขั้นต่ำด้วย นอกจากนี้จะรวบสายเคเบิล 6 แกนที่เหมาะสมต่อโมเดลแรงดันไฟฟ้านั้นๆ ไว้ในสายไฟเส้นเดียวกัน	

8. กรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์

มอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไป จะสามารถใช้งานได้ที่ความชื้นต่ำกว่า 90% RH สำหรับชนิดเปิด (ความชื้นสัมพัทธ์) และต่ำกว่า 95% RH สำหรับชนิดหุ้มปิด ถ้าเกินค่าดังกล่าวนี้ และต้องการเพิ่มความทนทานต่อความชื้น ก็จำเป็นต้องหากรรมวิธีป้องกันความชื้น

8-1 มาตรฐานการเลือกใช้กรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์

สภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นพิเศษ ไม่ว่ามอเตอร์อยู่ในสภาวะ **"ทำงาน"** หรือ **"หยุด"** ถึงจะเป็นชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย แต่ก็สามารถดูดซับและทำให้ภายในมอเตอร์อยู่ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูง วัสดุฉนวนไฟฟ้าจะดูดซึมความชื้นและเกิดความเสื่อมขึ้น และอาจกลายเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ได้ ถึงแม้ปัจจุบันความก้าวหน้าของวัสดุฉนวนและสารเคลือบ (Wanish) สามารถช่วยทำให้วัสดุหุ้มฉนวนของมอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไปทนต่อความชื้นได้มากขึ้นก็ตาม แต่ในบางสถานพื้นที่ใช้งาน ต้องเพิ่มความสามารถในการป้องกันขึ้นอีก

ประเภทการใช้งาน
"ป้องกันความชื้นประเภท 1" : ความชื้นสัมพัทธ์บริเวณมอเตอร์ มีค่าใกล้เคียง 100% ในยามปกติ มีความเป็นไปได้ที่มีหยดน้ำมาสัมผัสกับปลายขดลวด
ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม (1) เมื่อทำการติดตั้งในสถานที่มีละอองน้ำอยู่เป็นเวลานาน **O** ห้องรักษาความร้อนในโรงกลั่นเบียร์หรือโรงงานแปรรูปอาหาร **O** ห้องอบแห้งวัสดุไม้ (2) เมื่อทำการติดตั้งในสถานที่ที่มีหยดน้ำตกลงมาจากข้างบนเป็นครั้งคราว **O** สำหรับหมุนใบพัดของคูลลิ่งทาวเวอร์ **O** สำหรับการทำเหมืองแร่ (สำหรับขับเคลื่อนเครื่องตัดถ่านหิน สายพาน ปั๊มกำจัดน้ำเสีย) (3) เมื่อทำการติดตั้งในสถานที่ที่มีน้ำขัง (ห้องใต้ดิน) และมีความจำเป็นต้องเพิ่มความปลอดภัยเป็นพิเศษ **O** ในบ่อสถานีจ่ายไฟฟ้าพลังงานน้ำ
"ป้องกันความชื้นประเภท 2" : ความชื้นสัมพัทธ์บริเวณมอเตอร์ มีค่าประมาณ 90 - 95% เป็นครั้งคราว
ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม (1) มอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ (2) ในกรณีที่ต้องทำการละลายน้ำแข็งบ่อยๆ เช่นในห้องแช่เย็น เป็นต้น (3) สินค้าส่งออกไปยังพื้นที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง เช่น พื้นที่เขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

8-2 ข้อควรระวังในการใช้งานกรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์

(1) การผสมผสานเข้ากับโครงสร้างป้องกัน เช่นแบบใช้นอกอาคาร

ไม่เพียงแต่ต้องหากรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์ตามรูปแบบของสถานที่ติดตั้งใช้งานเท่านั้น แต่จำเป็นต้องใช้ผสมผสานเข้ากับโครงสร้างป้องกันเฉพาะทาง เช่นแบบใช้นอกอาคาร แบบป้องกันน้ำ แบบป้องกันฝุ่นละออง เป็นต้น ถึงแม้จะไม่มีการระบุเป็นแบบใช้นอกอาคาร แบบป้องกันน้ำ โดยเฉาะการป้องกันความชื้น ก็จะกำหนดเป็นการป้องกันความชื้นประเภท 2 ไว้เป็นมาตรฐาน

(2) ยิ่งวางไว้ในที่ที่มีความชื้นนาน โดยอยู่ในสภาพหยุดทำงานจะทำให้เกิดความเสียหายยิ่งขึ้น

ในขณะที่มอเตอร์กำลังทำงาน จะเกิดมีความร้อนเกิดขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดฝ้าไอน้ำได้ยาก ถ้านำมอเตอร์ไปวางไว้ในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงโดยไม่ทำงานเป็นระยะเวลายาวนาน จะทำให้ความเป็นฉนวนป้องกันลดลง ยิ่งถ้าจ่ายกระแสไฟจากแหล่งจ่ายไฟเมื่ออยู่ในสาวะนี้ จะทำให้ฉนวนหุ้มเสียหายได้ง่าย ถ้าอยู่ในสภาพเช่นนี้ จำเป็นจะต้องหากรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์กับมอเตอร์เป็นพิเศษ

(3) ประสิทธิภาพรูระบาย

กรณีการป้องกันความชื้นประเภท 1 จะมีรูระบายที่ส่วนด้านล่างของมอเตอร์ โดยปกติจะใช้มือถอดปลั๊กออกเพื่อระบายน้ำที่ตกค้างอยู่ อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นการไม่สะดวก ให้ทำการเปิดรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5mm และทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกที่อยู่ในตัวมอเตอร์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดน้ำหลงเหลืออยู่ ดังนั้น ให้ทำการระบุวิธีการติดตั้ง กรณีเป็นแบบพิเศษนี้

(4) ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการขนย้ายจะไม่ค่อยเป็นปัญหา

เมื่อวางมอเตอร์ไว้ในสาวะที่มีความชื้นสูงในระหว่างการขนย้าย เมื่อนำมอเตอร์มาวางไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ความเป็นฉนวนก็จะกลับคืนมาเป็นดังเดิมได้ง่าย และไม่ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ

ตัวอย่างเช่น ระหว่างการขนส่งทางทะเล เมื่อเข้าใกล้เส้นศูนย์สูตร ความชื้นสัมพัทธ์ในคลังสินค้าจะมีค่าค่อนข้างสูง แต่เมื่อนำไปใช้งานในสภาพปกติที่ไม่มีความชื้นสูง จะทำให้ความเป็นฉนวนกลับมาเป็นเหมือนเดิม ดังนั้น ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการขนส่งสูงกว่าพื้นที่การติดตั้งใช้งานจริง ก็ไม่จำเป็นต้องหากรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์

(5) ถ้าวิธีการสตาร์ทเป็นการสตาร์ทแบบ Y-Δ ให้ดูรายละเอียดใน "4. **ส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 7. วิธีการสตาร์ท**" (หน้า 189) เพิ่มเติม

8-3 สเปซฮีตเตอร์

มอเตอร์ที่ติดตั้งใช้นอกอาคารหรือห้องใต้ดินที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง หรือสถานที่อุณหภูมิกลางวันและกลางคืนมีความแตกต่างกันสูง เมื่อวางไว้ในสภาพหยุดทำงาน อาจทำให้เกิดฝ้าไอน้ำภายในมอเตอร์อันเนื่องจากมีการดูดความชื้นเข้ามา และเมื่อขดลวดหรือวัสดุฉนวนเกิดมีความชื้น จะทำให้ความสามารถการเป็นฉนวนลดต่ำลง

ในกรณีเช่นนี้ หากทำการติดตั้งสเปซฮีตเตอร์ไว้ส่วนภายในมอเตอร์ จะทำให้สามารถรักษาระดับอุณหภูมิภายในมอเตอร์ให้สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกได้ ช่วยป้องกันความชื้นและป้องกันไม่ให้ความสามารถของการเป็นฉนวนลดลงเช่นกัน

โดยทั่วไปแล้ว มอเตอร์ที่ติดตั้งใช้นอกอาคารหรือห้องใต้ดินที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะแนะนำให้ใช้กับชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบายถึงแม้จะติดตั้งสเปซฮีตเตอร์กับชนิดเปิด ก็จะไม่ได้ผลอะไร เพราะมอเตอร์ชนิดเปิดจะมีอากาศจากภายนอกไหลผ่านเข้าไปข้างในมอเตอร์อยู่เสมอ

ด้วยปัญหาด้านโครงสร้างของตัวสเปซฮีตเตอร์เอง และส่วนพื้นที่ว่างสำหรับการติดตั้งใช้งาน ดังนั้นจึงไม่สามารถติดตั้งสเปซฮีตเตอร์กับเบอร์เฟรมที่มีขนาดต่ำกว่า 132 S (ในกรณีเช่นนี้ ให้ใช้การป้องกันความชื้นประเภท 1 แทน)

การประยุกต์ใช้งานสเปซฮีตเตอร์กับมอเตอร์ จะเป็นไปตามตาราง 8.1 ดังนี้

ตาราง 8.1 ความจุของสเปซฮีตเตอร์

เบอร์เฟรม	ความจุมอเตอร์ชนิดหุ้มปิด	ความจุฮีตเตอร์แบบเปิด
160	100W	–
180		150W
200		200W
225		
250		
280	150W	
315		
355		
400		

หมายเหตุ 1) การเพิ่มอุณหภูมิของขดลวดจากสเปซฮีตเตอร์ มีค่าประมาณ 5 - 10K

หมายเหตุ 2) แหล่งจ่ายไฟแก่สเปซฮีตเตอร์ จะใช้ 1เฟส 200V เป็นมาตรฐาน
ถ้าต้องการเป็นขนาดอื่น ให้กำหนดระบุ

หมายเหตุ 3) กล่องขั้วต่อสาย จะใช้ร่วมกับกล่องขั้วต่อสายของแหล่งจ่ายไฟหลัก

หมายเหตุ 4) กรณีชนิดป้องกันการระเบิด ให้ปรึกษาแยกต่างหาก

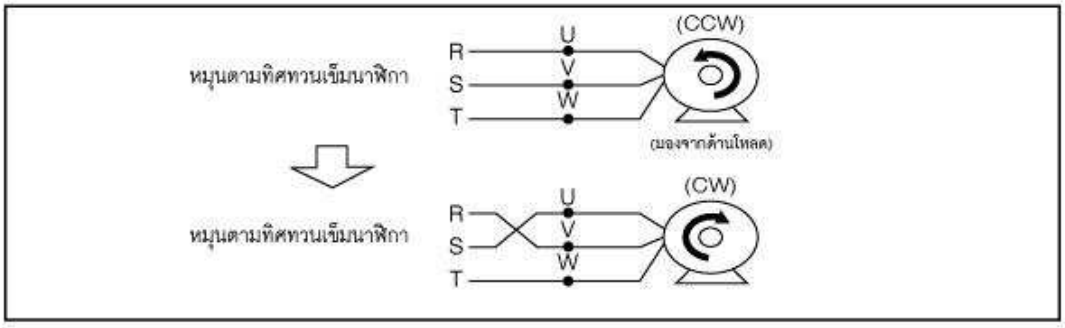
9. ทิศทางการหมุน

มอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไป เมื่อต่อแปลงจ่ายไฟ R,S,T เข้ากับปลายสายขั้วต่อ U,V,W จะทำให้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW) เมื่อมองจากด้านโหลด

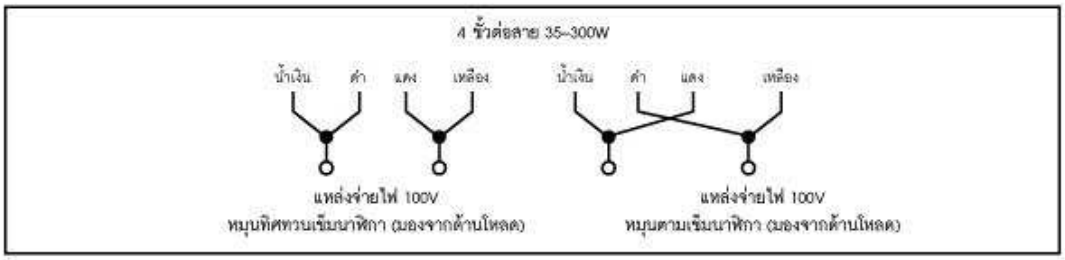
ถ้าต้องการให้หมุนตามเข็มนาฬิกา (CCW) ให้สลับสาย 2 สาย (เช่น ต่อ U,V,W เข้ากับ U,V,W เป็นต้น) มอเตอร์ก็จะหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา นอกจากนี้ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเมื่อทำการต่อ R,S,T เข้ากับ U,V,W. ให้กำหนดระบุมาด้วย

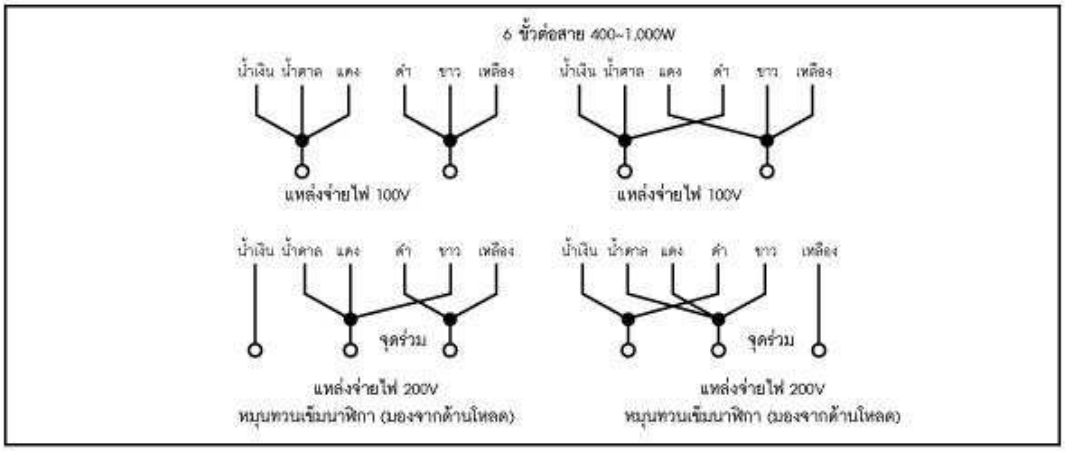
หมายเหตุ) ตาม JIS C4034, JEC-2137-2000 แล้ว

มาตรฐานทิศทางการหมุนของมอเตอร์เมื่อมองจากด้านตรงข้ามโหลดต้องเป็นทิศตามเข็มนาฬิกา ให้ระมัดระวังด้วยเมื่อต้องการกำหนดระบุการหมุน



กรณีของมอเตอร์ 1 เฟส ก็ทำคล้ายเช่นกันกับมอเตอร์ 3 เฟส เพียงเปลี่ยนการต่อสายเคเบิลก็สามารถเปลี่ยนทิศทางการหมุนได้





10. สำหรับการส่งออก

สำหรับการส่งออก (รวมทั้งการส่งออกทางอ้อม) ให้ระบุเป็น (สำหรับส่งออก)

ในการส่งออก ไม่เพียงต้องเปลี่ยนรูปแบบของป้ายแสดงเท่านั้น แต่ต้องควบคุมการส่งออกด้วย

ตั้งแต่ 1 เมษายน 2002 เป็นต้นมา ได้มีการปรับแก้ไขกฎหมายควบคุมการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ โดยผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ส่งออกต้องได้รับการยืนยันรับรองเกี่ยวกับลูกค้า/การใช้งาน

(1) ระบุชื่อประเทศที่ทำการส่งออกไป และวัตถุประสงค์การใช้งาน

การควบคุมการส่งออกคือ การตรวจสอบว่าปลายทางที่ส่งออกเป็นเขตพื้นที่ควบคุมห้ามการส่งออกหรือไม่ และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มกฎหมาย Catch-All หรือไม่

ทุกผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จะต้องตรวจสอบว่าผู้ที่เกี่ยวข้องกับการส่งออก ไม่ว่าจะเป็นผู้สั่งซื้อ ผู้นำเข้า ผู้บริโภคมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนา ผลิตหรือเก็บรักษาอาวุธทำลายล้างกำลังสูงหรือไม่ (การควบคุมการส่งออกชนิดห้ามค้าขายอาวุธ) ผลิตภัณฑ์ต้องได้รับการรับรองให้ส่งออกได้จากกระทรวงเศรษฐกิจ และต้องทำการตรวจสอบรายการต่างๆ เพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุในการขนส่ง

นอกจากนี้แล้ว เพื่อใช้เป็นเอกสารสำหรับการตรวจจากทางราชการของกระทรวงเศรษฐกิจ จำเป็นต้องทำการจัดเก็บหลักฐานตรวจสอบ (Evidence) เอาไว้

ถ้าเป็น (สำหรับการส่งออก) จะต้องทำการระบุชื่อประเทศที่ส่งออกไป ผู้บริโภคและวัตถุประสงค์ไว้ในเอกสารประมาณราคาหรือใบส่งซื้อ

(2) เกี่ยวกับป้ายแสดง (Nameplate)

สำหรับป้ายแสดง (Nameplate) ที่ติดไว้กับสินค้า ถ้าเป็นสินค้าใช้ในประเทศ จะใช้ภาษาอังกฤษที่ป้ายแสดงคุณสมบัติและป้ายแสดงวิธีเชื่อมต่อ ป้ายสำรองให้เป็นภาษาญี่ปุ่น ถ้าเป็น (สำหรับส่งออก) ป้ายสำรองต้องเป็นภาษาอังกฤษเหมือนกัน

สำหรับการส่งออก ถ้าต้องการภาษาอื่นๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากภาษาอังกฤษ หรือต้องการ 2 ภาษา (เช่นภาษาอังกฤษกับรัสเซีย เป็นต้น) ให้ทำการกำหนดระบุเป็นพิเศษ

(3) คำสั่ง EC กับเครื่องหมาย CE

คำสั่ง EC คือคำสั่งจากคณะกรรมการ EC (ประชาคมยุโรป) เป็นคำสั่งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสำหรับสินค้าที่จะส่งออกไปยังยุโรป คำสั่งแยกย่อยที่เกี่ยวกับมอเตอร์จะแสดงไว้ในตาราง 10.1 สำหรับสินค้าที่ผ่านการรับรองความปลอดภัยตามระเบียบข้อบังคับของคำสั่ง EC จะได้รับการประทับตราเครื่อง CE สินค้าที่มีเครื่องหมาย CE สามารถที่จะส่งออกไปยัง EU (สหภาพยุโรป) ได้อย่างอิสระ

ตาราง 10.1 คำสั่ง EC ที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์

คำสั่งและวันเริ่มบังคับใช้	หัวข้อความต้องการ	มาตรการของมอเตอร์
คำสั่งเครื่องจักร (Machinery Directive) 1 มกราคม 1995	**ความปลอดภัยของอุปกรณ์เครื่องจักร**	มอเตอร์ไม่ใช่สินค้าที่ต้องมีเครื่องหมาย CE แต่เครื่องจักรที่มีการประกอบมอเตอร์เข้าไปด้วย ต้องได้รับเครื่องหมาย CE ให้ยึดเกณฑ์ EN60204-1 (ความปลอดภัยของเครื่องจักร - อุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องจักร ส่วนที่ 1 : หัวข้อความต้องการทั่วไป) ในการรับใบสั่งซื้อและผลิตสินค้าตามระเบียบข้อบังคับ IEC
คำสั่ง EMC (Electro-Magnetic Compatibility Dire C tive) 1 มกราคม 1996	**ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า**	มอเตอร์เป็นสินค้านอกเหนือคำสั่ง EMC สินค้าขั้นสุดท้ายที่มีการประกอบมอเตอร์เข้าด้วย จะเป็นสินค้าที่ต้องมีเครื่องหมาย CE
คำสั่งแรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Directive) 1 มกราคม 1997	**ความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า**	มอเตอร์ ก็เป็นสินค้าที่ต้องมีเครื่องหมาย CE ให้ยึดเกณฑ์ 60034-1 (เครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้า-ส่วนที่ 1 : ค่าอัตราและสมรรถภาพ) ในการรับใบสั่งซื้อและผลิตสินค้าตามระเบียบข้อบังคับ IEC ติดเครื่องหมาย CE ได้เมื่อผ่านการรับรองด้วยตัวเอง

11. มาตรฐานข้อบังคับ

มาตรฐานข้อบังคับหลัก ๆ ของมอเตอร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

11-1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS)

JIS C4003 : 1998 การประเมินคลาสทนต่อความร้อนของฉนวนหุ้มไฟฟ้าและการทนความร้อน

JIS C4034-1 : 1999 เครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้า-ส่วนที่ 1 อัตราและคุณลักษณะ

JIS C4034-5 : 1999 เครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้า-ส่วนที่ 5 ประเภทวิธีการป้องกันแยกตามโครงเสื้อภายนอก

JIS C4034-6 : 1999 เครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้า-ส่วนที่ 6 ประเภทแยกตามวิธีการระบายความร้อน

JIS C4203 : 2010 ※ มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 1เฟส ใช้งานทั่วไป

JIS C4210 : 2010 ※ มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอก 3เฟสความดันต่ำ ใช้งานทั่วไป

※ ปี 2010 ฉบับเสริม รายละเอียดเนื้อหาหลัก ๆ ที่เสริมเพิ่มเข้ามาใน JIS และ JEC

มาตรฐานข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำได้มีการปรับปรุงเพื่อให้เข้ากับมาตรฐานสากล และได้จัดทำเป็นมาตรฐานข้อบังคับปรับปรุง เดือนพฤษภาคม 2009 ได้มีการออกฉบับเพิ่มเติมของ JISC-2137-2000 (เครื่องเหนี่ยวนำ) นอกจากนี้เดือนมีนาคม 2010 ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมของ JIS กลายเป็น JIS C 4203 : 2010 (มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 1 เฟส ใช้งานทั่วไป) JIS C 4210 : 2010 (มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอก 3 เฟสความดันต่ำ ใช้งานทั่วไป) และ JIS C 4212 : 2010 (มอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอก 3 เฟสความดันต่ำ ประสิทธิภาพสูง)

เนื้อหาหลัก ๆ ที่มีการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานข้อบังคับในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

1. การแสดงคลาสทนต่อความร้อน

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
A	105 (A)
B	120 (E)
F	130 (B)
B	155 (F)

หลังปรับปรุงได้มีการแสดงค่าอุณหภูมิทนความร้อนที่ยอมรับได้

2. การแสดงขั้วต่อกราวด์

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เครื่องหมาย	⏚	⊕
อักษร	E	PE

3. การแสดงหมายเลขมาตรฐานที่ใช้

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
JEC-2137-2000	JEC-2137-2000 เสริม 1 : 2009-05 JEC-2137-2000-เสริม 1 JEC-2137-2000-Amd. 1 JEC-2137-2000[1])
JIS C 4203 : 2001[2])	JIS C 4203: 2001[2])
JIS C 4210 : 2001[2])	JIS C 4210: 2001[2])
JIS C 4212 : 2000[2])	JIS C 4212: 2010[2])

หมายเหตุ 1) : ตาม JEC ในการแสดงหมายเลขมาตรฐานข้อบังคับ จำเป็นต้องแสดงปีที่ออก แต่ในการปรับปรุงคราวนี้ จากการแสดงคลาสทนต่อความร้อนที่เพิ่มเติมเข้ามา ทำให้สามารถแยกแยะได้ จึงสามารถละการแสดงเลขที่ฉบับเสริมได้

2) : ตาม JIS สามารถละการแสดงปีที่ออกมาตรฐานข้อบังคับได้

11-2 มาตรฐานการสำรวจระเบียบข้อบังคับไฟฟ้า สถาบันวิศวกรไฟฟ้า (JEC)

JEC-2137-2000 ※	เครื่องเหนี่ยวนำ (เติม JEC 37-1979)
JEC-2100-2008	เครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไป (เทียบเท่า JIS C 4004) (เติม JEC146)
JEC-6147-1992	การประเมินคลาสทนต่อความร้อนของฉนวนหุ้มไฟฟ้าและการทนต่อความร้อน

※ ฉบับเพิ่มเติม ปี 2009

11-3 มาตรฐานข้อบังคับ สมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าญี่ปุ่น (JEM)

JEM 1409(1984)	เครื่องหมายขนาดมิติของเครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไป
JEM 1408(1984)	แบบโครงสร้างเครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไปและเครื่องหมายวิธีติดตั้ง
JEM 1188(1969)	มาตรฐานเอ้าท์พุตอัตรามอเตอร์
JEM 1385(1980)	วิธีการคาดคะเนการเพิ่มอุณหภูมิของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบทำงานกลับไปมา
JEM 1400(1991)	ขนาดมิติของมอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอก 3เฟสความดันต่ำ ใช้งานทั่วไป
JEM 1401(1991)	ขนาดมิติของมอเตอร์กระแสเหนี่ยวนำแบบโครงกระรอก 3เฟสความดันต่ำแบบแปรงถ่าน ใช้งานทั่วไป

11-4 กฎความปลอดภัยเครื่องใช้ไฟฟ้า

สำหรับกฎข้อบังคับของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อบังคับของกระทรวงอุตสาหกรรมเศรษฐกิจ ระดับการรับรองตามข้อบังคับเดิม (เครื่องหมาย ▽) ได้มีการปรับปรุงมาเป็นกฎความปลอดภัยเครื่องใช้ไฟฟ้า (เมษายน 2001) (และเปลี่ยนเป็นเครื่องหมาย (PS E)) ในกฎข้อบังคับนี้ ได้มีการเพิ่มข้อบังคับใหม่เกี่ยวกับการผลิต และการซื้อขายอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันอัคคีภัย และไฟดูดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีคุณภาพ และป้องกันผู้ที่ไม่มีความรู้เรื่องไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลลับขนาดเล็ก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มอเตอร์ 1 เฟส		มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟส	
ชื่อทางการ	ขอบเขต	ชื่อกฎกระทรวง	ชื่อทางการ
1. มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ Repulsion-Start 2. มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำสตาร์ทแบบผสม 3. มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำคอนแดนเซอร์สตาร์ท 4. มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำคอนแดนเซอร์ 5. มอเตอร์คอมมิวเตเตอร์ 6. มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ Shading Coil 7. มอเตอร์ 1 เฟส ชนิดอื่นๆ	ใช้กับแรงดันไฟฟ้าอัตราจาก 100V ถึง 300V, อัตราความถี่ 50Hz หรือ 60Hz เท่านั้น ไม่รวมโครงสร้างแบบพิเศษ เช่น ชนิดเปลี่ยนจำนวนโพลได้ แบบป้องกันการระเบิด สำหรับเครื่องจักรสิ่งทอ สำหรับเครื่องจักรเหล็กหรือสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์การแพทย์ และโครงสร้างแบบพิเศษที่รวมอยู่ในอุปกรณ์เครื่องจักร ยกเว้นจักรเย็บผ้าไฟฟ้า		ใช้กับแรงดันไฟฟ้าอัตราจาก 150V ถึง 300V เอ้าท์พุตอัตราต่ำกว่า 3kW อัตราความถี่ 50Hz หรือ 60Hz เท่านั้น ไม่รวมโครงสร้างแบบพิเศษ เช่น ชนิดเวลาสั้นๆ (Short-time rating) ชนิดเปลี่ยนจำนวนโพลได้ แบบป้องกันการระเบิด สำหรับเครื่องจักรสิ่งทอ สำหรับเครื่องจักรเหล็กหรือสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์การแพทย์ และโครงสร้างแบบพิเศษที่รวมอยู่ในอุปกรณ์เครื่องจักร ยกเว้นจักรเย็บผ้าไฟฟ้า

11-5 ข้อบังคับโครงสร้างป้องกันการระเบิด

ดูรายละเอียดใน "ส่วนสินค้า 10. มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน"

11-6 มาตรฐานข้อบังคับสำหรับใช้กับเรือ

ดูรายละเอียดใน "ส่วนสินค้า 18. มอเตอร์สำหรับเรือ"

11-7 มาตรฐานข้อบังคับต่างประเทศ

นอกจากมาตรฐานข้อบังคับภายในประเทศแล้ว ก็ยังมีมาตรฐานข้อบังคับต่างประเทศ อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการส่งออกต้องได้ตามมาตรฐานข้อบังคับของประเทศปลายทางนั้นๆ หรืออาจกำหนดระบุด้วยมาตรฐานข้อบังคับที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล มอเตอร์สำหรับการส่งออก โดยทั่วไปแล้วจะผลิตตามมาตรฐานข้อบังคับภายในประเทศทั้งหมด หรือเฉพาะคุณลักษณะอย่างเดียวตามมาตรฐานข้อบังคับต่างประเทศ

1) IEC(International Electrotechnical Commission).....คณะกรรมาธิการไฟฟ้าระหว่างประเทศ

IEC 60034-1 มาตรฐานข้อบังคับของอัตราและคุณลักษณะ เทียบเท่า JIS C4034-1 ของประเทศญี่ปุ่น

IEC 60072-1 มีการกำหนดขนาดการติดตั้ง ขนาดแกน เอ้าท์พุตมาตรฐาน ด้วยมาตรฐานข้อบังคับของขนาดมิติ

IEC 60072-2 และเอ้าท์พุตมาตรฐาน

ขนาดมิติจะใช้ทั้งหน่วยมิลลิเมตร และนิ้ว เอ้าท์พุตมาตรฐานใช้ได้ทั้ง kW และ HP ในปัจจุบัน แต่ละประเทศจะยึดตามมาตรฐานนี้ในการผลิตมอเตอร์

(2) ANSI(American National Standards Institute).....อเมริกา

ข้อบังคับมาตรฐานของอเมริกา แต่สำหรับมอเตอร์ จะนิยมใช้มาตรฐานข้อบังคับ NEMA กันเป็นส่วนใหญ่

(3) NEMA (National Electrical Manufacturers Association)....อเมริกา

มาตรฐานข้อบังคับสมาคมสมาคมผู้ผลิตไฟฟ้าแห่งชาติ เทียบเท่าได้กับมาตรฐานข้อบังคับ JEM ของญี่ปุ่น MG-1 Motors and Generators

โดยทั่วไป ฉนวนประเภท B คุณลักษณะจะแบ่งเป็น DESIGN A, B, C, D และอื่นๆ ส่วนทอร์คเริ่มต้นทำงาน จะมีการกำหนดค่าทอร์คต่ำสุด ทอร์คสูงสุด กระแสไฟเริ่มทำงาน สำหรับ DESIGN A เกือบจะเท่ากับมอเตอร์มาตรฐานใช้ในประเทศ นอกจากนี้ หน่วยของขนาดมิติจะเป็นนิ้ว ซึ่งจะต่างกับภายในประเทศ (เอ้าท์พุตจะแสดงในหน่วย HP)

(4) UL (Underwriters' Laboratories).....อเมริกา

มาตรฐานข้อบังคับที่เน้นเรื่องความปลอดภัยเป็นหลัก สำหรับมอเตอร์แบบกรงกระรอก 3 เฟส มอเตอร์ป้องกันการระเบิดจะใช้กับมอเตอร์ทั้งตัว แต่มอเตอร์ใช้งานทั่วไป จะใช้กับแต่ละส่วนไป เช่น ส่วนประกอบฉนวนหุ้ม โครงเสื้อ คุณลักษณะเป็นต้น หรือสามารถใช้กับทั้งตัวมอเตอร์ได้

(5) BS (British Standards Institution)....อังกฤษ

มาตรฐานข้อบังคับประเทศอังกฤษ เนื่องจากอยู่ในเขต EC จะอ้างอิงมาตรฐานข้อบังคับ IEC แทน

(6) CSA (Canadian Standards Association).....แคนาดา

(1) CSA 22. 2 No. 100-95 (R2000) Motor and Generators

(2) ใน CSA จะมีระบบการตรวจสอบรับรองเพื่อประกันความปลอดภัย เมื่อต้องการส่งออกไปยังประเทศแคนาดาต้องเป็นมอเตอร์ที่ผ่านการตรวจสอบตาม CSA22.2 หรือเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรที่ผ่านการตรวจสอบรับรองแล้ว (มอเตอร์จะต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน CSA)

(7) CEMA (Canadian Electrical Manufacturers Association).....แคนาดา

มาตรฐานข้อบังคับสมาคมผู้ผลิตไฟฟ้าของประเทศแคนาดา เทียบเท่าได้กับมาตรฐานข้อบังคับ JEM ของญี่ปุ่น

(8) VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker).....เยอรมัน

มาตรฐานข้อบังคับสมาคมผู้ผลิตไฟฟ้าของประเทศเยอรมัน เทียบเท่าได้กับมาตรฐานข้อบังคับ JEM ของญี่ปุ่น

(9) DIN (Deutsches Institnt für Normung e.v.).....

มาตรฐานข้อบังคับเยอรมัน เนื่องจากอยู่ในเขต EC จะอ้างอิงมาตรฐานข้อบังคับ IEC แทน

(10) GOST (State Committee of Russian Federation for Standardization and Metrology)

มาตรฐานข้อบังคับคณะกรรมการรัฐของสหพันธรัฐรัสเซียเกี่ยวกับมาตรฐานและมาตรวิทยา เพื่อเป็นการแยกออกจาก GOST ของโซเวียตเดิม จึงใช้เป็น GOST-R จากการแยกตัวออกจากสหภาพโซเวียต ส่วนหลักๆ รัสเซียได้นำมาใช้ต่อกำลังรวมให้เข้ากับ IEC ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นพิเศษ จะแก้ไขโดยใช้ IEC แทน

11-8 การแสดงป้ายชื่อมาตรฐานข้อบังคับ

ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นพิเศษ ในป้ายชื่อจะมีการแสดงเป็นดังนี้

มอเตอร์ทั่วไป JIS C4210 หรือ JIS C4034, JEC-2137-2000

มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด JEC-2137-2000

11-9 มาตรฐานข้อบังคับมอเตอร์ทั่วโลก

ตั้งแต่กลุ่มประเทศยุโรป ได้ปฏิวัติเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมจากปี 1880 และมีการเจริญรุ่งเรืองอย่างรวดเร็ว และในเวลาเดียวกันก็ได้ตระหนักเกี่ยวกับปัญหาหลักในด้านการแลกเปลี่ยนเทคโนโลยี และความสอดคล้องกัน

ตัวอย่างเช่น ในประเทศอังกฤษปี 1901 ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบไปด้วยสมาชิก 5 สมาคม คือโยธา เครื่องกล ไฟฟ้า การต่อเรือ และเหล็กกล้า เพื่อทำการวิจัยและจัดทำมาตรฐานข้อบังคับ ในอเมริกาก็เช่นเดียวกัน ในปี 1981 ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการมาตรฐานเทคโนโลยีอเมริกา และต่อมาได้กลายเป็น ANSI ในปัจจุบัน

ระหว่างที่มีการดำเนินการเช่นนี้ ก็ได้มีการจัดประชุมสัมมนาระดับนานาชาติขึ้นในปี 1904 โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับคำที่เรียกใช้ของอุปกรณ์ไฟฟ้า คำจำกัดความ และค่าอัตราต่างๆ ซึ่งเป็นจุดเริ่มในการจัดทำมาตรฐานนานาชาติขึ้นมา และนี่ก็เป็นที่มาของ IEC (International Electrotechnical Commission) ในปัจจุบัน

สำหรับ IEC เอง ในแต่ละประเทศได้มีความพยายามนำมาประยุกต์ใช้งาน สำหรับฮิตาชิเอง ก็ได้เอามาตรฐานข้อบังคับขนาดของ IEC มาใช้กับมอเตอร์มาตรฐาน 3 เฟส กลุ่มประเทศ EC และญี่ปุ่นได้พยายามปรับปรุงมาตรฐานข้อบังคับภายในประเทศให้สอดคล้องกับ IEC ดังนั้น ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นพิเศษ จะยึดตามมาตรฐานข้อบังคับ IEC

11-10 แนวโน้มภายใน/นอกประเทศเกี่ยวกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

(1) แนวโน้มของ IEC(คณะกรรมาธิการไฟฟ้าระหว่างประเทศ)

สำหรับมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ ได้มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับวิธีการคำนวณประสิทธิภาพ IEC60034-2-1 ในปี 2007 และในเดือนตุลาคมปี 2008 ก็ได้มีการกำหนดมาตรฐานคลาสประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการคำนวณดังกล่าว นอกจากนี้ คลาสประสิทธิภาพคือ การแบ่งแยกค่ามาตรฐานประสิทธิภาพออกเป็นคลาสต่างๆ โดยเรียงจากประสิทธิภาพสูงออกได้เป็น IE4 (ประสิทธิภาพซูเปอร์พรีเมี่ยม) IE3 (ประสิทธิภาพพรีเมี่ยม) IE2 (ประสิทธิภาพสูง) และ IE1 (ประสิทธิภาพมาตรฐาน) ตัวอย่าง เช่น ถ้าที่ป้ายชื่อมี IE2 ติดอยู่ ก็จะสามารถเข้าใจได้เลยว่าเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

(2) แนวโน้มประเทศอเมริกา

ในปี 1992 อเมริกาได้มีออกกฎหมายนโยบายด้านพลังงาน (EPAct: Energy Policy Act of 1992) เพื่อจัดทำ **"มาตรฐานข้อบังคับเกี่ยวกับประสิทธิภาพมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ"** และให้ผู้ผลิตปฏิบัติตาม มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี 1997 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปี 2002 ได้มีการกำหนดให้มีการแสดงค่าประสิทธิภาพโหลดเต็มพิกัด (Full Load) ของมอเตอร์ และเครื่องหมายรับรองมาตรฐาน (หมายเลข CC: Compliance Certification number) จากกระทรวงพลังงานอเมริกา ที่ป้ายแสดงค่าอัตราที่ติดอยู่กับมอเตอร์ มอเตอร์ที่เข้าเกณฑ์จะถูกแบ่งประเภทตามย่านการใช้งาน (คาเตเกอรี่) มอเตอร์โดดๆ ที่ขายอยู่ในอเมริกาและมอเตอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่ได้ตามค่ามาตรฐานประสิทธิภาพโหลดเต็มพิกัด (Full Load) ที่มีการกำหนดเอาไว้ในกฎหมายฉบับเดียวกันจะถูกดำเนินการจับกุมตามกฎหมาย

นอกจากนี้ ตั้งแต่ 19 ธันวาคม 2010 เป็นต้นมา ได้มีการดำเนินการแก้ไขรายการดังต่อไปนี้

*ประสิทธิภาพของสินค้าที่ได้ตามเกณฑ์ EPAct ในปัจจุบัน (IE2 : เทียบเท่า JIS C 4212) ได้มีการผลักดันจนเป็นประสิทธิภาพพรีเมี่ยม (IE3)

*มอเตอร์ที่ไม่ได้ตามเกณฑ์ EPAct ในปัจจุบัน จะกำหนดให้เข้าเกณฑ์มาตรฐานข้อบังคับ EPAct (IE2)

(3) แนวโน้มในยุโรป

คณะกรรมาธิการยุโรป ได้มีข้อตกลงยอมรับการใช้งาน **"ระเบียบคณะกรรมาธิการยุโรป (EC) No640/2009"** ตามมาตรการคำสั่ง EuP (กรอบคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงอนุรักษ์ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลังงาน (Energy Using Products: EuP)) ในวันที่ 22 กรกฎาคม 2009 และมีการตีพิมพ์ลงในวารสารกลุ่มประเทศยุโรปอย่างเป็นทางการในวันที่ 23 กรกฎาคม พร้อมทั้งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคมเป็นต้นไป

<มอเตอร์ที่เข้าเกณฑ์> มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟส 0.75 - 375kW, 2 - 6 โพล, 1000V ลงมา, 50Hz หรือ 50/60Hz

<วันเริ่มบังคับใช้มาตรการ>

ขั้นที่ 1 : ตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน 2011 เป็นต้นไป ต้องได้ตามระดับ IE2

ขั้นที่ 2 : ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2015 เป็นต้นไป : รุ่น 7.5–375kW ต้องได้ตามระดับ IE3 หรือระดับ IE2 + ติดตั้งอินเวอร์เตอร์

ขั้นที่ 3 : ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2017 เป็นต้นไป : รุ่น 0.75–375kW ต้องได้ตามระดับ IE3 หรือระดับ IE2 + ติดตั้งอินเวอร์เตอร์

นอกจากนี้แล้ว ประเทศอื่นๆ ก็ได้ผลักดันการใช้งานมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมากขึ้นเช่นกัน

(4) **แนวโน้มในประเทศ**

ตั้งแต่ปี 2009 อุปกรณ์พัดลมสำหรับอากาศ และปั้มที่ติดตั้ง **"มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง"** (JIS C 4212) ได้มีการกำหนดให้ใช้กฎหมายจำกัดซื้อสีเขียว (Green Purchasing) ในการจัดจ้างงานก่อสร้างสาธารณะ

(อุปกรณ์เป่าลมสำหรับเครื่องปรับอากาศ)

O ให้ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

หมายเหตุ 1. ให้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงคือมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟสความดันต่ำประสิทธิภาพสูง JIS C 4212

2. ย่านการใช้งานคือใช้กับเครื่องเป่าลมระบบแรงเหวี่ยงที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศหรือถ่ายเทอากาศที่ใช้มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้าอัตรา 200V อย่างไรก็ตามไม่รวมแบบสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง และเครื่องระบายควัน

(ปั้มสำหรับเครื่องปรับอากาศ)

O ให้ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

หมายเหตุ 1. ให้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงคือมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟสความดันต่ำประสิทธิภาพปานกลาง JIS C 4212

2. ย่านการใช้งานคือใช้กับปั้มสำหรับปรับอากาศที่ใช้มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟสแรงดันไฟฟ้าอัตรา 200V โดยใช้เฉพาะกับปั้มหอยโข่งที่มีการต่อมอเตอร์กับปั้มเข้ากันโดยตรงด้วยคับปลิ้งเพลา

11-11 เปรียบเทียบมาตรฐานข้อบังคับต่าง ๆ ของแต่ละประเทศ (ส่วนที่ 1)

รายการ \ ประเทศ	ญี่ปุ่น					
เครื่องหมายขั้วต่อ	3 เส้นขั้วต่อ U V W		6 เส้นขั้วต่อ U1 V1 W1 U2 V2 W2			
รายการบนป้ายแสดง	• ชื่อ • จำนวนเฟส • แบบชนิด • ความถี่ปรับแบบแสดงอัตราการเลื่อนภูมิ • ประเภทอัตรา • ชื่อผู้ผลิต	• เอ้าท์พุตอัตรา • ความเร็วรอบอัตรา • ความถี่อัตรา • แรงดันไฟฟ้าอัตรา • แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิอัตรา (แบบพันขดลวด) • กระแสไฟอัตรา • กระแสไฟทุติยภูมิอัตรา (แบบพันขดลวด) • ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอัตรา (กรณีแสดง JIS C 4034)		• เครื่องหมายวิธีการป้องกัน • เครื่องหมายวิธีการระบายความร้อน (กรณีแสดง JEC-2137-2000) • หมายเลขและปีที่ออกมาตรฐานข้อบังคับ (กรณีของ JIS สามารถละปีที่ออกได้) • หมายเลขผลิต • ปีผลิต (ละเว้นได้)		
ปีผลิต (ละเว้นได้)		E	B	F	H	
	ต่ำกว่า 600W	75	85	110	130	
	มากกว่า 600W ไม่เกิน 200kW	75	80	105	125	
	อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมาตรฐาน 40°C					
ความทนของฉนวน	ประเภท	แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (V)				
	ขดลวดปฐมภูมิ (1) ไม่เกิน 1kW (2) ไม่เกิน 10,000kW	(1) 2E+500 (ต่ำสุด 1,000) (2) 2E+1,000 (ต่ำสุด 1,500)				
	ขดลวดทุติยภูมิ (1) อันที่เบรกด้วยการหมุนกลับ/เฟสตรงข้าม (2) เหมือนกับข้างต้น	(1) $2E_2$+1,000 (2) $4E_2$+1,000				
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: ประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพข้อกำหนด	-0.15 X (100-η) % (เอ้าท์พุตต่ำกว่า 50kW) -0.10 X (100-η) % (เอ้าท์พุตมากกว่า 50kW)				
	ประสิทธิภาพการวัด	-0.15 X (100-η) %				
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: ตัวประกอบกำลัง	$-\frac{1}{6}$ (100-pf)%	ต่ำสุด 2% สูงสุด 7%				
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: เครื่องหมายขั้วต่อ	±0.3 X (ค่ารับประกัน) : ไม่เกิน 1kW, ±0.2 X (ค่ารับประกัน) : 1kW ขึ้นไป					
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: สลิป	+0.2 X (ค่ารับประกัน)					
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: ทอร์คสตาร์ท	+0.25, - 0.15X (ค่ารับประกัน)					
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: ทอร์คสูงสุด	- 0.1 X (ค่ารับประกัน) อย่างไรก็ตาม มากกว่า 1. 6 X T_N					
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: กระแสตอนไม่มีโหลด	–					
ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า: โมเมนต์ความเฉื่อย J	±0.1 X (ค่ารับประกัน)					
ทอร์คสตาร์ท	ดูอ้างอิงใน JIS C 4210					
ทอร์คสูงสุด	เหมือนข้างต้น					
ทอร์คต่ำสุด	เหมือนข้างต้น					
การทนต่อโหลดเกิน	แรงทนทอร์คเกิน 1.6T_N 15 วินาที					
แรงทนความเร็วสูงเกิน	120% เป็นเวลา 2 นาที					
การสั่นสะเทือน	–					
เสียงรบกวน	ดูอ้างอิงใน JIS C 4210, JEM1313					

หมายเหตุ) T_N ทอร์คอัตรา

<table>
<tr><td>ประเทศ / รายการ</td><td colspan="5">กลุ่มประเทศ EC (ระเบียบข้อบังคับ IEC)</td></tr>
<tr><td>เครื่องหมายขั้วต่อ</td><td colspan="5">3 เส้นขั้วต่อ
U V W

6 เส้นขั้วต่อ
U1 V1 W1 U2 V2 W2</td></tr>
<tr><td>รายการบนป้ายแสดง</td><td colspan="5">สิ่งที่ควรเพิ่มในมาตรฐานข้อบังคับญี่ปุ่น
ทิศทางการหมุน
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอัตรา</td></tr>
<tr><td rowspan="4">คลาสทนต่อความร้อน
และค่าขีดจำกัด
การเพิ่มอุณหภูมิ (วิธีฉนวน)</td><td colspan="2"></td><td>B</td><td>F</td><td>H</td></tr>
<tr><td colspan="2">ต่ำกว่า 600W</td><td>85</td><td>110</td><td>130</td></tr>
<tr><td colspan="2">มากกว่า 600W ไม่เกิน 200kW</td><td>80</td><td>105</td><td>125</td></tr>
<tr><td colspan="5">อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมาตรฐาน 40°C</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ความทนของฉนวน</td><td colspan="2">ประเภท</td><td colspan="3">แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (V)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ขดลวดปฐมภูมิ
(1) ไม่เกิน 1kW
(2) มากกว่า 1kW ไม่เกิน 10,000kW</td><td colspan="3">
(1) 2E+500
(2) 2E+1,000 (ต่ำสุด 1,500)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ขดลวดทุติยภูมิ
(1) อันที่เบรกด้วยการหมุนกลับ/เฟสตรงข้าม
(2) เหมือนกับข้างต้น</td><td colspan="3">
(1) $2E_2$+1,000
(2) $4E_2$+1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="8">ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า</td><td>ประสิทธิภาพ</td><td colspan="4">ประสิทธิภาพข้อกำหนด -0.15 X (100-η) % (เอ้าท์พุตต่ำกว่า 50kW)
-0.10 X (100-η) % (เอ้าท์พุตมากกว่า 50kW)
ประสิทธิภาพการวัด -0.15 X (100-η) %</td></tr>
<tr><td>ตัวประกอบกำลัง</td><td colspan="4">$-\left(\frac{1-\cos\phi}{6}\right)$ ต่ำสุด 0.02
สูงสุด 0.07</td></tr>
<tr><td>ลลิป</td><td colspan="4">±0.3 X (ค่ารับประกัน) : ไม่เกิน 1kW, ±0.2 X (ค่ารับประกัน) : 1kW ขึ้นไป</td></tr>
<tr><td>กระแสไฟสตาร์ท</td><td colspan="4">+0.2 X (ค่ารับประกัน)</td></tr>
<tr><td>ทอร์คสตาร์ท</td><td colspan="4">+0.25, - 0.15X (ค่ารับประกัน)</td></tr>
<tr><td>ทอร์คสูงสุด</td><td colspan="4">- 0.1 X (ค่ารับประกัน) อย่างไรก็ตาม มากกว่า 1. 6 X T_N</td></tr>
<tr><td>กระแสตอนไม่มีโหลด</td><td colspan="4">–</td></tr>
<tr><td>โมเมนต์ความเฉื่อย J</td><td colspan="4">±0.1 X (ค่ารับประกัน)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทอร์คสตาร์ท</td><td colspan="4">ดูอ้างอิงใน IEC 60034-12-2000</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทอร์คสูงสุด</td><td colspan="4">เหมือนข้างต้น</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทอร์คต่ำสุด</td><td colspan="4">ต่ำกว่า 100kW 0.5 X T_N ขึ้นไป, มากกว่า 0.5 X (ทอร์คสตาร์ท), มากกว่า 100kW 0.3 X T_N ขึ้นไป, มากกว่า 0.5 X (ทอร์คสตาร์ท)</td></tr>
<tr><td colspan="2">การทนต่อโหลดเกิน</td><td colspan="4">แรงทนทอร์คเกิน 1.6T_N 15 วินาที</td></tr>
<tr><td colspan="2">แรงทนความเร็วสูงเกิน</td><td colspan="4">1.2 เท่า ทำงานโดยไม่มีโหลด 2 นาที</td></tr>
<tr><td colspan="2">การสั่นสะเทือน</td><td colspan="4">ดูอ้างอิงใน IEC 60034-14-2000</td></tr>
<tr><td colspan="2">เสียงรบกวน</td><td colspan="4">ดูอ้างอิงใน IEC 60034-9-2000</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">ประเทศ / รายการ</td><td colspan="5">อเมริกา</td></tr>
<tr><td colspan="2">เครื่องหมายขั้วต่อ</td><td colspan="5">3 เส้นขั้วต่อ
T1 T2 T3

6 เส้นขั้วต่อ
T1 T2 T3 T4 T5 T6</td></tr>
<tr><td colspan="2">รายการบนป้ายแสดง</td><td colspan="5">สิ่งที่ควรเพิ่มในมาตรฐานข้อบังคับญี่ปุ่น
เครื่องหมายเฟรม
NEMA nominal efficienty
แสดงเมื่อมี Thermal Protection
Service Factor
Code letter
Design letter</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5">คลาสทนต่อความร้อน
และค่าขีดจำกัด
การเพิ่มอุณหภูมิ (วิธีฉนวน)</td><td></td><td>A</td><td>B</td><td>F</td><td>H</td></tr>
<tr><td>หุ้มปิด</td><td>65</td><td>85</td><td>110</td><td>130</td></tr>
<tr><td>หุ้มปิดมีใบพัดระบาย</td><td>65</td><td>85</td><td>110</td><td>125</td></tr>
<tr><td>อื่นๆ</td><td>60</td><td>80</td><td>105</td><td>125</td></tr>
<tr><td colspan="5">อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมาตรฐาน 40°C</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">ความทนของฉนวน</td><td colspan="2">ประเภท</td><td colspan="3">แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (V)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ขดลวดปฐมภูมิ (1) ไม่เกิน 1/2HP
(2) 1/2HP ขึ้นไป</td><td colspan="3">(1) 2E+1,000
(2) 2E+1,000</td></tr>
<tr><td colspan="2">ขดลวดทุติยภูมิ (1) 1/2HP ขึ้นไป
(2) 1/2HP ขึ้นไป
อันที่หมุนไปกลับ</td><td colspan="3">(1) 2E2+1,000
(2) 4E2+1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="8">ค่าความคลาดเคลื่อนไฟฟ้า</td><td>ประสิทธิภาพ</td><td colspan="5">ดูอ้างอิงใน MG1 Part 12</td></tr>
<tr><td>ตัวประกอบกำลัง</td><td colspan="5">–</td></tr>
<tr><td>สลิป</td><td colspan="5">ดูอ้างอิงใน MG1 Part 12</td></tr>
<tr><td>กระแสไฟสตาร์ท</td><td colspan="5">–</td></tr>
<tr><td>ทอร์คสตาร์ท</td><td colspan="5">–</td></tr>
<tr><td>ทอร์คสูงสุด</td><td colspan="5">–</td></tr>
<tr><td>กระแสตอนไม่มีโหลด</td><td colspan="5">–</td></tr>
<tr><td>โมเมนต์ความเฉื่อย J</td><td colspan="5">–</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทอร์คสตาร์ท</td><td colspan="5">มีข้อกำหนดสำหรับทุกๆ HP ตาม Design</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทอร์คสูงสุด</td><td colspan="5">เหมือนข้างต้น</td></tr>
<tr><td colspan="2">ทอร์คต่ำสุด</td><td colspan="5">เหมือนข้างต้น</td></tr>
<tr><td colspan="2">การทนต่อโหลดเกิน</td><td colspan="5">มีมาตรฐานข้อบังคับ Service Factor ที่ต่ำกว่า 200HP จะมี General Purpose</td></tr>
<tr><td colspan="2">แรงทนความเร็วสูงเกิน</td><td colspan="5">1,801r/min ขึ้นไป 25%
1,201 ~ 1800 25% ไม่รวมมอเตอร์ปั่นจั่น
1,200 ลงมา 50%</td></tr>
<tr><td colspan="2">การสั่นสะเทือน</td><td colspan="5">ดูอ้างอิงใน NEMA MG 1-PART7</td></tr>
<tr><td colspan="2">เสียงรบกวน</td><td colspan="5">ดูอ้างอิงใน NEMA MG 1-PART9</td></tr>
</table>

11-12 แรงดันไฟฟ้าต่างประเทศและความถี่ (ส่วนที่ 1)

ชื่อประเทศ	ความถี่ (Hz)	แรงดันไฟฟ้า (V)
ประเทศแอลจีเรีย	50	220/380
อาร์เจนตินา	50	220/380
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	50	220/380
* ประเทศสหรัฐอเมริกา	60	230/460
สหราชอาณาจักร	50	240/415
* อินเดีย	50	230/400
ประเทศอินโดนีเซีย	50	220/380
ประเทศอิหร่าน	50	220/380
ประเทศอิรัก	50	220/380
อิตาลี	50	220/380
ออสเตรเลีย	50	240/415
ประเทศออสเตรีย	50	220/380
ประเทศเนเธอร์แลนด์	50	220/380
* ประเทศแคนาดา	60	230/460
ประเทศกัมพูชา	50	220/380
เกาหลีใต้	60	220/380
คูเวต	50	240/415
ประเทศเคนย่า	50	240/415
อาระเบีย Saginaw *	50/60	220/380
สิงคโปร์	50	230/400
ประเทศซีเรีย	50	220/380
สวีเดน	50	220/380
ประเทศสวิสเซอร์แลนด์	50	220/380
ประเทศรัสเซีย	50	220/380
ประเทศไทย	50	220/380
ประเทศจีน	50	220/380
ไต้หวัน	60	220/380

หมายเหตุ) เครื่องหมาย * คือประเทศที่มีแรงดันไฟฟ้าหลายขนาด ในที่นี้จะแสดงแค่ตัวแทนเท่านั้น

(ส่วนที่ 2)

ชื่อประเทศ/ชื่อพื้นที่	ความถี่ (Hz)	แรงดันไฟฟ้า (V)
ประเทศชิลี	50	220/380
Czechoslovakia	50	220/380
ตูนีเซีย	50	220/380
ประเทศเยอรมัน	50	220/380
ตุรกี	50	220/380
ไนจีเรีย	50	230/400
นิวซีแลนด์	50	220/400
ฮังการี	50	220/380
ประเทศปากีสถาน	50	230/400
* บราซิล	60	220/380
บัลแกเรีย	50	220/380
ประเทศฝรั่งเศส	50	220/380
ฟิลิปปินส์	60	220-380
ประเทศเวียตนาม	50	110/220
* เวเนซูเอลา	60	208/240
เบลเยี่ยม	50	220/380
ฮ่องกง	50	200, 220/346, 380
ประเทศโปแลนด์	50	220/380
โปรตุเกส	50	220/380
ประเทศมาเลเซีย	50	415
* แอฟริกาใต้	50	220/380
* เม็กซิโก	60	220/480
ยูโกสลาเวีย	50	220/380
ประเทศจอร์แดน	50	220/380
ประเทศลิบยา	50	220/400
ประเทศชิลี	50	220/380

หมายเหตุ) เครื่องหมาย * คือประเทศที่มีแรงดันไฟฟ้าหลายขนาด ในที่นี้จะแสดงแค่ตัวแทนเท่านั้น

12. ระดับการสั่น

12-1 ระดับการสั่นของมอเตอร์

ระดับการสั่นจะกำหนดใน JEC-2137-2000 และมีการแบ่งประเภทตามที่แสดงในตาราง 12.1

ระดับการสั่นจะแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ให้เลือกระดับให้เหมาะสมกับชนิดของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย และระดับของความแม่นยำ ตัวอย่างการใช้ระดับการสั่น ให้ดูรายละเอียดตามด้านล่างนี้

ตาราง 12.1 ประเภทของระดับการสั่น

ระดับการสั่น	V30	V20	V15	V10	V5	V3
แอมปลิจูดรวมของการสั่นสะเทือน (μm)	ต่ำกว่า 30	ต่ำกว่า 20	ต่ำกว่า 15	ต่ำกว่า 10	ต่ำกว่า 5	ต่ำกว่า 3

(อ้างอิง) ระดับการสั่นและวิธีการวัด จะกำหนดไว้ใน JEC-2137-2000 (เครื่องเหนี่ยวนำ) วิธีการวัดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ให้มอเตอร์ทำงานแบบไม่มีโหลดที่แรงดันไฟฟ้าอัตราและความถี่อัตรา ใช้เครื่องวัดการสั่นสะเทือนวัดในทิศขึ้นลงทิศทางด้านข้างรวมถึงด้านแกนของส่วนอยู่ใกล้กันกับตลับลูกปืน

(2) ในการวัดการสั่นสะเทือนมอเตอร์ที่เบอร์เฟรมต่ำกว่า 250 S โดยหลักการแล้วจะให้มีการค้ำด้วยวัสดุยืดหยุ่นตัวได้

(3) สำหรับวิธีการค้ำด้วยวัสดุยืดหยุ่นได้ จะประกอบด้วยการค้ำด้วยสปริงหรือค้ำด้วยยาง กรณีวิธีการค้ำด้วยสปริง จะแบ่งเป็นแบบวางบนสปริง และแขวนด้วยสปริง

กรณีวางบนสปริง จะมีวิธีการวางมอเตอร์โดยตรงกับสปริง และวิธีวางบนสปริงโดยใช้แท่นวางที่เหมาะสม ในกรณีที่ใช้แท่นวางจะต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 15% ของน้ำหนักของมอเตอร์

กรณีแขวนด้วยสปริง จะทำการติดสปริงเข้ากับส่วนกลางบนของมอเตอร์

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นวิธีแบบไหนก็ตาม จะต้องทำการเลือกวัสดุยืดหยุ่นที่ทำให้ความถี่เฉพาะของกันสั่นสะเทือนบนล่างของวัสดุยืดหยุ่นมีค่าต่ำกว่า 1/4 ของความหนักของมอเตอร์

(4) มีร่องคีย์ปลายแกน โดยข้อบังคับแล้ว ต้องติดตั้งโดยใช้อันที่มีความหนาครึ่งหนึ่งของคีย์ที่ใช้

(5) แหล่งจ่ายไฟฟ้าต้องใกล้เคียงกับคลื่นไซน์ และถ้าเป็นไปได้ต้องมีความแปรปรวนของแรงดันไฟฟ้า หรือการเปลี่ยนแปลงแรงดันอย่างรวดเร็วที่มีค่าต่ำ

(6) การวัดแรงสั่นสะเทือนของมอเตอร์แบบติดหน้าแปลนและแบบแนวตั้ง ก็ใช้วิธีเดียวกันกับมาตรฐานการวัดการสั่นสะเทือน ให้ดูในตาราง 12.2

กรณีที่ไม่มีการรับประกันหรือต้องการข้อมูลทดสอบ ให้ทำการกำหนดระบุระดับการสั่นสะเทือน และถ้าต้องการอันที่มีระดับการสั่นสะเทือนที่มีค่าต่ำกว่านี้ให้กำหนดค่าเป็นเป้าหมายของค่าขีดจำกัดที่สอดคล้องกับตาราง 12.3 พร้อมกับให้ทำการกำหนดระบุมา

ตาราง 12. 2 ค่าการสั่นมาตรฐานและค่าขีดจำกัดที่กำหนดระบุได้

	แบบปิดสนิทมีใบพัด								
	เอ้าท์พุต (kW)			ค่าการสั่นมาตรฐาน (μm)			ค่าขีดจำกัดที่กำหนดระบุ (μm)		
จำนวนโพล / เบอร์เฟรม	2	4	6	2	4	6	2	4	6
71M	0.4	0.4	-	10	10	-	3	3	-
80M	0.75	0.75	0.4	10	10	-10	3	3	3
90L	1.5 2.2	1.5	0.75	10	10	10	3 3	3	3
100L	-	2.2	1.5	-	10	10	-	3	3
112M	3.7	3.7	2.2	10	10	10	3	3	3
132S	5.5 7.5	5.5	3.7	10 10	10	10	5 5	3	3
132M	-	7.5	5.5	-	10	10	-	3	3
160M	11 15	11	7.5	15 15	15	15	5 5	3	3
160L	18.5	15	11	15	15	15	5	3	3
180M	22	18.5 22	15	20	30 30	30	10	5 5	5
180L	30	30	18.5 22	20	30	30 30	10	5	5 5
200M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200L	37 45	37 45	30 37	20 20	30 30	30 30	10 10	5 5	5 5
225S	55	55	45	20	30	30	10	5	5
225M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250S	75	75	55	30	30	30	15	★10	★10
250M	90	90	55	30	30	30	15	★10	★10
280S	110	110	90	30	30	30	15	★10	★10
280M	132	132	110	30	30	30	15	★10	★10
315S	-	-	132	-	-	30	-	-	★10

หมายเหตุ 1) เครื่องหมาย ★ เป็นค่าสำหรับการต่อตรงเท่านั้น จากเงื่อนไขดังกล่าว ก็เป็นไปได้ที่จะมีค่าต่ำกว่า V10 ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

2) ค่าในตารางนี้ เป็นค่าอ้างอิงไม่ใช่ค่ารับประกัน ถ้าต้องการค่าการรับประกันให้ติดต่อสอบถาม

12-2 การสั่นสะเทือนขณะมอเตอร์ทำงาน

สิ่งที่ต้องระมัดระวังเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ขณะทำงานก็คือ การสั่นสะเทือนจากความไม่สมดุลที่มีอยู่ในส่วนการหมุนมอเตอร์ และการสั่นสะเทือนที่เกิดจากบริเวณรอบข้าง สาเหตุและข้อระมัดระวังหลักๆ และแสดงในตาราง 12. 3

ตาราง 12. 3 สาเหตุของการสั่นสะเทือน

ต้นเหตุ	สาเหตุการสั่นสะเทือน	ข้อระมัดระวัง
(1) มอเตอร์	(a) ความไม่สมดุลที่มีอยู่ในส่วนการหมุน	มีขีดจำกัดจากเอ้าท์พุต จำนวนโพลแต่มีค่าได้ตั้งแต่ V3 - V30
	(b) การสั่นของแรงเอ้าท์พุต	อาจเกิดการเปลี่ยนรูปจากคอนขนย้าย ดอกคีย์ติดคับปลั้ง ฯลฯ ให้ทางโรงงานหรือจุดบริการเป็นผู้แก้ไข
	(c) แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลจากทอร์คกระพริบ	ปรับอัตราความไม่เสถียรแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลง (ควรให้ต่ำกว่า 1%)
	(d) รีโซแนนซ์ของมอเตอร์กับเครื่องจักร	อาจมีกรณีที่เมื่อเปลี่ยนโครงสร้างมอเตอร์ น้ำหนัก ฯลฯ แล้วก่อให้เกิดการรีโซแนนซ์ที่ย่านความเร็วหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้มีการสั่นสะเทือนมากขึ้น ให้แก้ไขปัญหาที่ด้านมอเตอร์ วิธีการติดตั้งและที่เครื่องจักรเป็นกรณีไป
	(e) ความเสียหายของลูกปืน	เปลี่ยนตลับลูกปืน อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ให้หาสาเหตุของความเสียหาย
(2) ส่วนการเชื่อมต่อ	(a) การต่อตรงของคับปลิ้งไม่ดี	การต่อที่ถูกต้องให้ดูที่รูป 2. 3 (ส่วนบริการ 2.วิธีเชื่อมต่อ)
	(b) จากโหลดที่ไม่สมดุลของรันเนอร์ที่ติดตั้งกับแกน	ให้ระมัดระวังความไม่สมดุลที่เกิดจากการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างการใช้งาน เช่นปั๊ม โบรเวอร์ เป็นต้น (ดูส่วนรายละเอียดคุณสมบัติ 12-3 ฤดูการ)
	(c) ความไม่สมดุลในมู่เล่ย์	นอกจากเครื่องจักรผลิตทำงานทุกด้านให้ใช้ไดนามิกส์บาลานซ์
(3) เครื่องจักร	(a) จากเครื่องจักรที่สั่นสะเทือนเช่น เพรส, เครื่องมือ, ยานพาหนะเป็นต้น	เพิ่มความแข็งแรงส่วนตลับลูกปืน ฉนวนสเตเตอร์จากความเร่ง (G) ของการสั่น
	(b) การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรเนื่องจากแท่นติดตั้งไม่เข็งแรง	ทำแท่นติดตั้งให้แข็งแรง

(ข้อควรระวัง)

ข้อควรระมัดระวังที่ต้องดูเป็นพิเศษคือ ข้อ (2) และ (3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระเทือนต่อแท่นติดตั้งมอเตอร์ ถึงแม้จะไม่มีการสั่นของมอเตอร์ให้เห็น แต่อาจก่อความเสียหายต่อส่วนตลับลูกปืนได้ ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรักษาความสมดุลเอาไว้ นอกจากนี้ กรณีข้อ (3) ความเร่งการสั่นที่เพิ่มให้แก่มอเตอร์จากอุปกรภายนอก ถ้าเป็นมอเตอร์โครงสร้างมาตรฐาน โดยปกติที่ค่าต่ำกว่าความถี่การหมุนมอเตอร์จะมีค่าประมาณ 0. 5G แต่ถ้าค่าความเร่งการสั่นที่เพิ่มให้กับมอเตอร์มีค่ามากกว่านี้ ให้ทำการปรึกษา นอกจากนี้ ถ้ามีการสั่นสะเทือนในระหว่างที่มอเตอร์หยุดทำงาน จะเกิด Fretting Corrosion ที่ตลับลูกปืน ดังนั้นให้หลีกเลี่ยงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการติดตั้งเครื่องคู่ขนานกัน และระมัดระวังการส่งถ่ายความถี่จากเครื่องจักรอื่นด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการสั่น (V) กับระยะเลื่อน (ความกว้างรีโซแนนซ์)

จาก $$V = \frac{a \cdot \omega}{2 \times 10^3} = \frac{a}{2 \times 10^3} \times \frac{2 \pi n}{60} = \frac{a \cdot \pi \cdot n}{6 \times 10^4}$$

$$a = 6 \times 10^4 \frac{V}{\pi \cdot n}$$

ตัวอย่าง $V = 2.8 \Rightarrow a = \frac{2.8 \times 6 \times 10^4}{\pi \times 1760} \fallingdotseq 30.4\ (\mu m)$

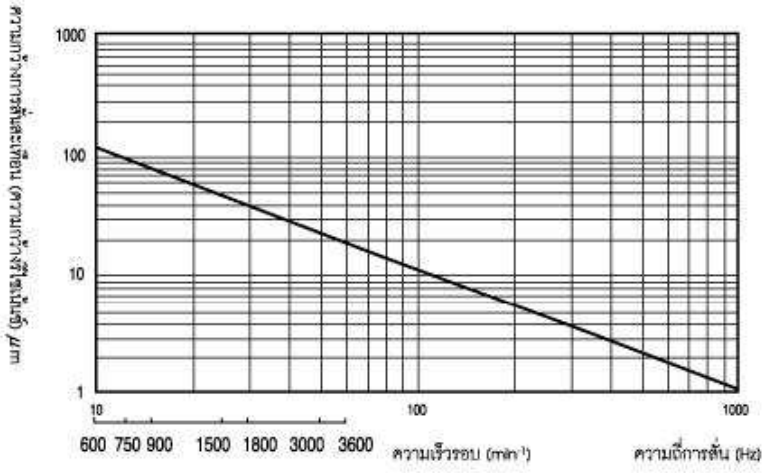
$n = 1760$

v : ความเร็วการสั่น (mm/s)

a : ระยะเลื่อน (ความกว้างรีโซแนนซ์) (μm)

n : ความเร็วรอบมอเตอร์ (min^{-1})

ω : ความเร็วเชิงมุม (rad/s)



รูป 12. 1การสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนของมอเตอร์ขณะทำงานต้องต่ำกว่าค่าตัวเลขในรูป 12.1

การสั่นสะเทือนของมอเตอร์จะแตกต่างออกไปตามโครงสร้างที่ติดเข้ากับมอเตอร์ การประยุกต์ใช้งานต้องคิดการสั่นสะเทือนของแต่ละเฟรมมอเตอร์นอกเหนือจากของแท่นติดตั้งด้วย ถ้าผลการวิเคราะห์ความถี่การสั่นของแรงสั่นสะเทือนจากภายนอกที่เพิ่มให้กับมอเตอร์ มีค่าเกินค่าที่ยอมรับได้ตามรูป 12.1 จำเป็นต้องมีมาตรการลดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์

ย่านการสั่นของโครงสร้างมาตรฐาน โดยทั่วไปจะมีค่าความเร่งการสั่นประมาณ 0.5G ที่ย่านความถี่ต่ำกว่าความเร็วรอบมอเตอร์ ถ้าเพิ่มอุปกรณ์เครื่องมืออื่นๆ เช่น เครื่องเพลสซึ่งมีความถี่ และค่าความเร่งการสั่นสะเทือนมากกว่าดังกล่าวเข้ากับมอเตอร์ ให้ทำการติดต่อสำนักงานหรือจุดบริการที่อยู่ใกล้ที่สุดเพื่อขอรับคำปรึกษา

ถ้าขับเคลื่อนการทำงานด้วยอินเวอร์เตอร์ เมื่อเทียบกับการทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟเพื่อการค้าแล้ว อาจมีระดับการสั่นเพิ่มขึ้นมา 10 μm ให้ทำการวิเคราะห์ความถี่ เพื่อให้ไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ตามรูปที่ 12.1 โดยอาจแก้ไขโดยการลดอัตราส่วน V/f ใส่รีแอคเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเข้าระหว่างอินเวอร์เตอร์กับมอทอล หรืออาจใช้การลดการสั่นสะเทือนเชิงกล

นอกจากนี้ ต้องระมัดระวังไม่ให้มีการสั่นสะเทือนจากภายนอกมามีผลกระทบต่อมอเตอร์ขณะหยุดทำงาน เพราะอาจทำให้ตลับลูกปืนเสียหายได้ ให้ทำการติดตั้งโดยต้องไม่ให้มอเตอร์ขณะหยุดทำงานได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรอื่นๆ ถ้ามอเตอร์ได้รับการสั่นสะเทือนขณะหยุดทำงานตลับปืนของมอเตอร์จะเกิดการ Fretting และเสียหายได้ในที่สุด ให้พิจารณาหามาตรการ ตั้งแต่เริ่มทำการติดตั้งจนถึงการเริ่มใช้งานจริง รวมถึงอาจใช้การขันยึดแกนของเครื่องสำรอง นอกจากนี้ให้ทำการรันที่ระดับ 1 ประมาณเดือนละครั้ง หรือใช้มือหมุนแกน 10 ครั้งขึ้นไป

12-3 น้ำหนักไม่สมดุลของโหลดกับโครงสร้างตลับลูกปืนและการบำรุงรักษา

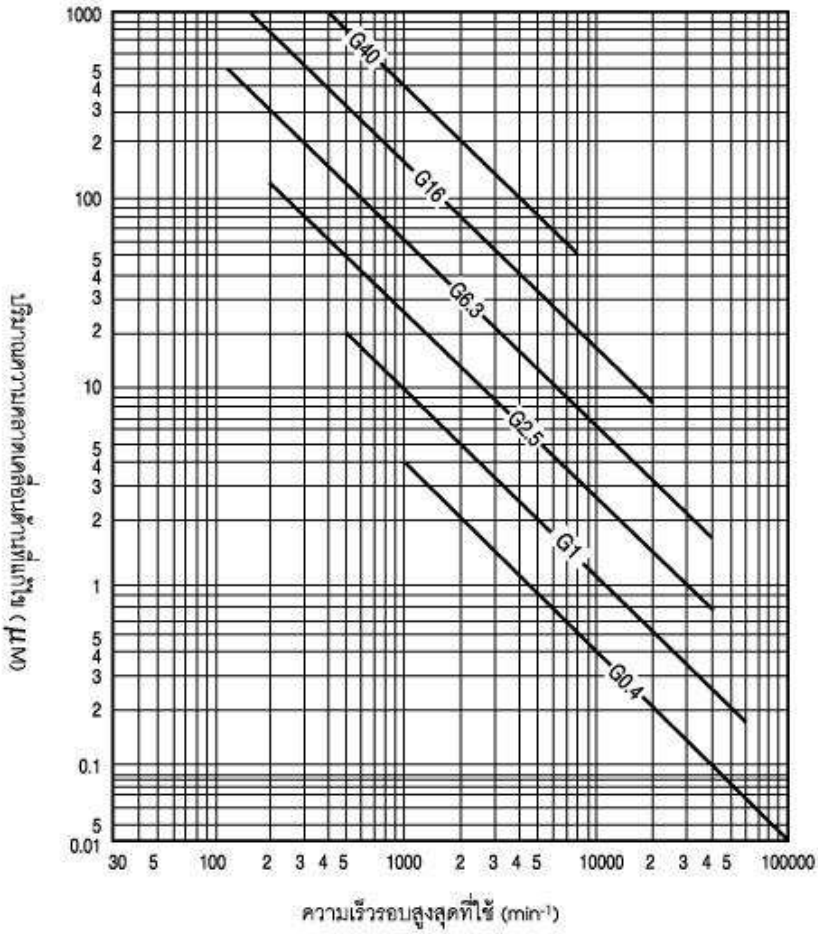
กรณีที่ทำการต่อรันเนอร์เข้ากับแกนของมอเตอร์ เช่นใบพัดหรือปั๊ม ถ้าปริมาณไม่สมดุลของรันเนอร์มีมากเกินไป จะทำให้ส่วนของตลับลูกปืนเกิดความเสียหายขึ้นได้

ให้ทำการกำหนดระดับความสมดุลของตัวหมุนไว้ให้ดี ทั้งนี้จะมีมาตรฐาน JIS B 0905 อยู่ให้ทำการปฏิบัติตามมาตรฐานดังกล่าวนั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อโหลดกำลังทำงาน ผงฝุ่นที่มีความชื้นจะไปเกาะติดกับส่วนของรันเนอร์ ทำให้เกิดน้ำหนักที่ไม่สมดุลเกิดขึ้นดังนั้นจะต้องระมัดระวังด้วย

น้ำหนักที่ไม่สมดุลนี้จะเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของความเร็วรอบ ดังนั้น กรณีที่เป็น 2 โพลต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้แล้ว ถ้าการสั่นสะเทือนของระบบมอเตอร์ มีค่ามากขึ้นจะทำให้เกิดการเสียหายที่เร็วขึ้นด้วย

ถ้าคาดว่าน้ำหนักที่ไม่สมดุลระหว่างการทำงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นมาก และถ้าค่าดังกล่าวนั้นมีค่ามากกว่าค่าที่คาดไว้ของ JIS B 0905 (รูป 12.2) ก็จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนโครงสร้างของส่วนตลับลูกปืนตามปริมาณความไม่สมดุลให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

นอกจากนี้แล้วปริมาณความไม่สมดุลระหว่างการทำงาที่อาจเพิ่มขึ้นได้ให้ทำการตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้นอยู่เป็นประจำ



รูปที่ 12.2 ระดับของความสมดุลที่ดีกับค่าความคลาดเคลื่อนด้านที่แก้ไข

12-4 ตัวอย่างวิธีคำนวณน้ำหนักไม่สมดุลที่ยอมรับได้

(1) เงื่อนไข โหลดเป็นโบรเวอร์ น้ำหนัก 20kg ความเร็วรอบ 3, 600 min^{-1} เครื่องเป่าลมทั่วไป

(2) จากเงื่อนไขข้อ (1) และจากตาราง 12.4 จะเป็น G6.3 (จากรูป 12.2 ค่าความเคลื่อนด้านที่แก้ไขที่ยอมรับได้ 17 μm

น้ำหนักไม่สมดุลที่ยอมรับได้ = น้ำหนักตัวหมุน (kg)X ปริมาณความคลายเคลื่อนด้านที่แก้ไข (μm) X 10^{-1}

= 20 X 17 X 10^{-1} 34(g·cm)

∴น้ำหนักไม่สมดุลที่ยอมรับได้ในที่นี้มีค่าเป็น 34 g.m

หมายเหตุ) สมดุลสถิติกับสมดุลกล (ไดนามิกส์บาล๊านซ์) จะมีทิศทางการแก้ไขไม่เหมือนกันตามที่กล่าวไปข้างต้น ให้ทำการแก้ไขที่สมดุลกล

ตาราง 12. 4 ประเภทของเครื่องหมุนและระดับความพอดีของสมดุล

ประเภทของเครื่องหมุน	ย่านความเร็วรอบ min^{-1}	ระดับความพอดีของสมดุล
แกนเครื่องขัดความแม่นยำสูงมาก	3,000 - 100,000	G0. 4
แกนเครื่องขัด	1,500 - 60,000	G1
เพลาของ Machine Tools เครื่องจักรแรงลม/น้ำที่แบบพิเศษ	600 - 30,000	G2. 5
เครื่องจักรแรงลมทั่วไป อุปกรณ์ที่ต้องมีส่วนการหมุนแบบพิเศษ	30,000	G6. 3
อุปกรณ์ส่วนหมุนของเครื่องจักรทั่วไป	15,000	G16
เครื่องจักรเกษตรกรรม และอุปกรณ์ส่วนการหมุนของเครื่องจักรก่อสร้าง	6,000	G40

13. ความถูกต้องของขนาดมิติ

เมื่อทำการต่อมอเตอร์เข้ากับเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย ในบางครั้งจำเป็นต้องมีขนาดพื้นผิวการต่อเชื่อมกับแกนที่มีความถูกต้องสูง รวมถึงการเคลื่อนที่ที่แม่นยำด้วย

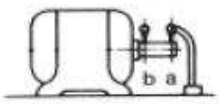
ไม่เพียงแค่ต้องการทำให้ระดับการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ที่เกิดจาก Machine Tools หรือเครื่องลดความเร็วมีค่าน้อยที่สุดเท่านั้น แต่ต้องมีความถูกต้องของขนาดมิติที่สูงด้วย (ความถูกต้องของงาน Machining งานประกอบ)

ความแม่นยำในการทำงานจะแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับคือ A, B และ C มอเตอร์มาตรฐานจะใช้ระดับ C ในการผลิตรอย่างไรก็ตาม ไม่สามารถใช้ระดับ A ระดับ B กับเฟรมแผ่นเหล็กได้

13-1 ความถูกต้องของขนาดมิติแยกตามระดับ

ตาราง 13. 1 ความถูกต้องของขนาดมิติ

หัวข้อตรวจวัด			วิธีวัด	ระดับ A	ระดับ B	ระดับ C
ติดตั้งด้วยขา	ความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง		ไม่เกิน ϕ 28 ..... j6 ตั้งแต่ ϕ 38 - ไม่เกิน ϕ 48 k6 มากกว่า ϕ 55 ..... m6			
	ความสูงช่วงกลาง		ไม่เกิน 250 ..... +0 ~ 0.5 มากกว่า 250 ..... +0 ~ -1			
	ขนาดแกน (ความยาวปลายแกนหมุน) Q	ไม่เกิน 100 มากกว่า 100 " 160 " 160 " 250 " 250 " 400	รูป 13.1	ไม่เกิน 0.04 " 0.05 " 0.06 " 0.08	ไม่เกิน 0.06 " 0.07 " 0.09 " 0.12	ไม่เกิน 0.10 " 0.12 " 0.15 " 0.20
	ความสั่นปลายแกนหมุน (ความยาวปลายแกนหมุน) Q	ไม่เกิน 100 มากกว่า 100 " 160 " 160 " 250 " 250 " 400	รูป 13.1	ไม่เกิน 0.02 " 0.025 " 0.03 " 0.04	ไม่เกิน 0.02 " 0.025 " 0.03 " 0.04	ไม่เกิน 0.03 " 0.04 " 0.05 " 0.06
ต่อด้วยหน้าแปลน	ความคลาดเคลื่อนขนาดปลายแกนหมุน			ไม่เกิน ϕ 28 ..... j6 ตั้งแต่ ϕ 38 - ไม่เกิน ϕ 48 k6 มากกว่า ϕ 55 ..... m6		
	ความคลาดเคลื่อนส่วน Flange in low			เบอร์เฟรมไม่เกิน 250M j6/280M ขึ้นไป js6		
	มุมแนวตั้งแกน (เส้นผ่าศก. Flange in low)	ไม่เกิน 315 มากกว่า 315 " 500 " 500 " 800 " 800 " 1250 " 1250 " 2000	รูป 13.2	ไม่เกิน 0.04 " 0.05 " 0.06 " 0.08 " 0.10	ไม่เกิน 0.06 " 0.07 " 0.09 " 0.12 " 0.15	ไม่เกิน 0.08 " 0.10 " 0.12 " 0.15 " 0.20
	การหักเหศูนย์ของแกน และ In low (เส้นผ่าศก. Flange in low)	ไม่เกิน 315 มากกว่า 315 " 500 " 500 " 800 " 800 " 1250 " 1250 " 2000	รูป 13.3	ไม่เกิน 0.04 " 0.05 " 0.06 " 0.08 " 0.10	ไม่เกิน 0.06 " 0.07 " 0.09 " 0.12 " 0.15	ไม่เกิน 0.08 " 0.10 " 0.12 " 0.15 " 0.20
	การสั่นปลายแกนหมุน Q	ไม่เกิน 100 มากกว่า 100 " 160 " 160 " 250 " 250 " 400	รูป 13.4	ไม่เกิน 0.02 " 0.025 " 0.03 " 0.04	ไม่เกิน 0.02 " 0.025 " 0.03 " 0.04	ไม่เกิน 0.03 " 0.04 " 0.05 " 0.06

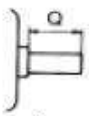


รูป 13.1

รูป 13.2

รูป 13.3

รูป 13.4



รูป 13.5

13-2 วิธีการวัดค่าความถูกต้องของขนาด

ต่อไปนี้คือวิธีการวัดความถูกต้องของขนาด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ค่าความขนานของแกน (รูป 13.1)

(1) ที่ขอบปลายแกน a ให้หาค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ใน 1 รอบ

(2) ย้ายเกจวัด ให้หาค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ใน 1 รอบ ที่ตำแหน่ง b

(3) ให้ถือค่าความต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสอง เป็นค่าการวัด

(2) การสั่นปลายแกนหมุน (รูป 13.1)

ยึด Dial Gauge ที่กับพื้น ทำการแตะสัมผัสตัววัดกับปลายแกน a รอบนอก ให้ค่าความต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่อ่านได้ของการหมุน 1 รอบ เป็นค่าการวัด

(3) ความขนานของขายึดติดตั้ง

ทำการวางมอเตอร์ไว้ที่พื้นผิวแท่นวาง และทำการยึด Dial Gauge เข้ากับพื้นผิวแท่นวาง ทำการแตะสัมผัสตัววัดเข้ากับขาของตัวเครื่องส่วนที่สั้นมากที่สุด ทำการเดินเครื่องมอเตอร์ ให้ค่าความต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่อ่านได้ของการหมุน 1 รอบ เป็นค่าการวัด

(4) ระดับมุมฉากของแกนมอเตอร์แบบหน้าแปลน (รูป 13. 2)

ทำการยึดติด Dial Gauge เข้ากับแกนที่สัมผัสกับผิวหน้าแปลน ทำการแตะสัมผัสตัววัดเข้ากับส่วนรอบนอกของพื้นผิวหน้าแปลน ให้ค่าความต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่อ่านได้ของการหมุน 1 รอบ เป็นค่าการวัด

(5) การสั่นของแกนและอินโลว์ของมอเตอร์แบบหน้าแปลน (รูป 13. 3)

ทำการยึดติด Dial Gauge เข้ากับพื้นผิวหน้าแปลน ทำการแตะสัมผัสตัววัดเข้ากับส่วนรอบนอกของพื้น Flange In-low ให้ค่าความต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่อ่านได้ของการหมุน 1 รอบ เป็นค่าการวัด

(6) การสั่นของปลายแกนหมุน (รูป 13.4)

ทำการยึดติด Dial Gauge เข้ากับพื้นผิวหน้าแปลน ทำการแตะสัมผัสตัววัดของ Dial Gauge เข้ากับส่วนรอบนอกที่ติดกับปลายแกนหมุน ให้ค่าความต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่อ่านได้ของการหมุน 1 รอบ เป็นค่าการวัด

<หมายเหตุ>

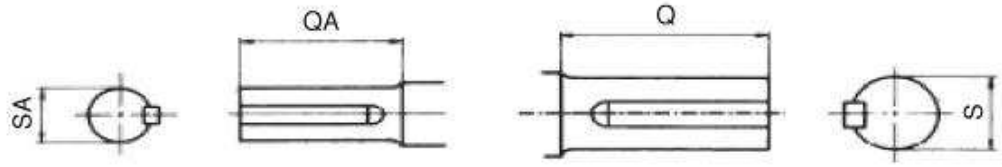
• ผู้ผลิตเครื่องจักรบางราย จะยึดค่า "**การสั่น**" ตามมาตรฐานข้อบังคับของ JIS โดยมีค่าเป็น 1/2 ของค่าดังกล่าวข้างต้น หากได้รับการกำหนดระบุมา ก็จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบดูวิธีวัดมอเตอร์ด้วย

14. แกนสองข้าง

มอเตอร์แกนสองข้างคือมอเตอร์ที่มีทั้งแกนหลัก (ด้านโหลดทำงานปกติ) กับแกนรอง (ด้านตรงข้ามโหลดทำงานปกติ) ขนาดมิติที่มีการใช้งานเมื่อกำหนดระบุเป็นแบบแกนคู่ จะแสดงดังในตาราง 14.1~2 แกนรองจะสามารถใช้ได้เมื่อต่อตรงกันกับโหลดอัตรา (โหลด 100 %)

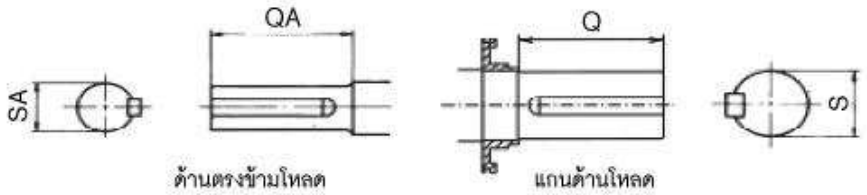
ถ้าจะหยุดแกนรองด้วยเบรกชนิด Post (ชนิด LS) จำเป็นที่จะต้องเลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแกนตามทอร์คเบรก

ถ้าต้องการขนาดมิติพิเศษ ให้กำหนดระบุมาให้



แกนด้านตรงข้ามโหลด แกนด้านโหลด

รูปที่ 1



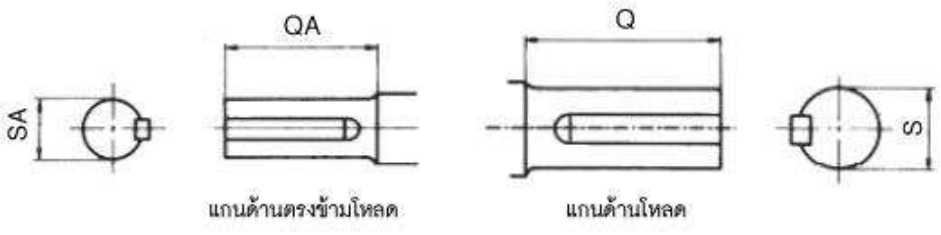
ด้านตรงข้ามโหลด แกนด้านโหลด

รูปที่ 2

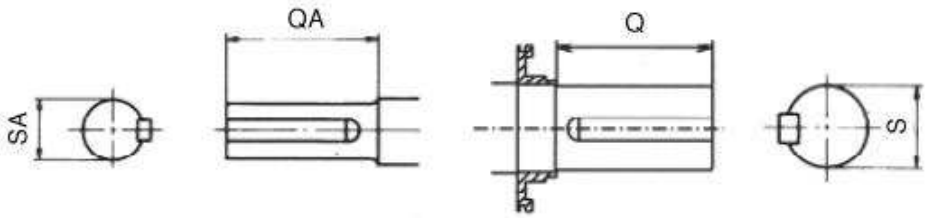
ตาราง 14.1 2 โพล ขนาดปลายแกนมาตรฐานแกนสองข้างของชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย

เบอร์เฟรม	เอ้าท์พุต (kW)	หมายเลขในรูป	ด้านโหลด		ด้านตรงข้ามโหลด	
			S	Q	SA	QA
TFO-71M	0.4	1	14j6	30	14j6	30
TFO-80M	0.75	1	19j6	40	19j6	40
TFO-90L	1.5, 2.2	1	24j6	50	24j6	50
TFO-112M	3.7	1	28j6	60	28j6	60
TFO-132S	5.5, 7.5	1	38k6	80	38k6	60
TFO-160M	11, 15	1	42k6	110	38k6	80
TFO-160L	18.5	1	42k6	110	42k6	80
TFO-180M	22	1	48k6	110	42k6	110
TFO-180L	30	1	55m6	110	48k6	110
TFO-200L	37, 45	2	55m6	110	48k6	110
TFO-225S	55	2	55m6	110	48k6	110
TFO-250S	75	2	55m6	110	48k6	110
TFO-250M	90	2	55m6	110	48k6	110
TFO-280S	110	2	55m6	110	48k6	110
TFO-280M	132	2	55m6	110	48k6	110

หมายเหตุ) กรณีของแกนด้านตรงข้ามโหลด ใช้สำหรับโหลดต่อตรงต่ำกว่า 100%



รูปที่ 3



รูปที่ 4

ตาราง 14.2 4~6 โพล ขนาดปลายแกนมาตรฐานแกนสองข้างของชนิดหุ้มปิดมีใบพัดระบาย

เบอร์เฟรม	เอ๊าท์พุต (kW)		หมายเลขในรูป	ด้านโหลด		ด้านตรงข้ามโหลด	
	4 โพล	6 โพล		S	Q	SA	QA
TFO-71M	0.4	-	3	14j6	30	14j6	30
TFO-80M	0.75	0.4	3	19j6	40	19j6	40
TFO-90L	1.5	0.75	3	24j6	50	24j6	50
TFO-100L	2.2	1.5	3	28j6	60	28j6	60
TFO-112M	3.7	2.2	3	28j6	60	28j6	60
TFO-132S	5.5	3.7	3	38k6	80	28j6	60
TFO-132M	7.5	5.5	3	38k6	80	28j6	60
TFO-160M	11	7.5	3	42k6	110	38k6	80
TFO-160L	15	11	3	42k6	110	38k6	80
TFO-180M	18.5, 22	15	3	48k6	110	42k6	110
TFO-180L	30	18.5, 22	3	55m6	110	42k6	110
TFO-200L	37, 45	30, 37	3	60m6	140	48k6	110
TFO-225S	55	45	3	65m6	140	55m6	110
TFO-250S	75	55	4	75m6	140	60m6	140
TFO-250M	90	75	4	75m6	140	60m6	140
TFO-280S	110	90	4	85m6	170	65m6	140
TFO-280M	132	110	4	85m6	170	65m6	140
TFO-315S	-	132	4	95m6	170	75m6	140
TFO-315M	-	-	4	95m6	170	75m6	140

หมายเหตุ) 1. กรณีของแกนด้านตรงข้ามโหลด ใช้สำหรับโหลดต่อตรงต่ำกว่า 100%
2. ใช้ไม่ได้กับกรณีที่ติดเบรกชนิด LS ที่ด้านตรงข้ามโหลด

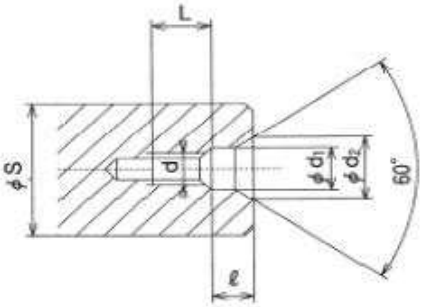
15. รูปร่างปลายแกน

15-1 การทำรูสกรู และใส่แผ่นเชื่อมต่อปลายแกน

ลักษณะรูปร่างปลายแกน โดยมาตรฐานจะมีแค่รูตรงกลาง ถ้าต้องการต่ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น รันเนอร์ จำเป็นที่จะต้องใช้รูสกรูหรือรูสกรูกับแผ่นเชื่อมต่อ หรือสกรูตัด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกที่ส่วนต่างๆ ของปลายแกนของมอเตอร์ ให้กำหนดระบุมา

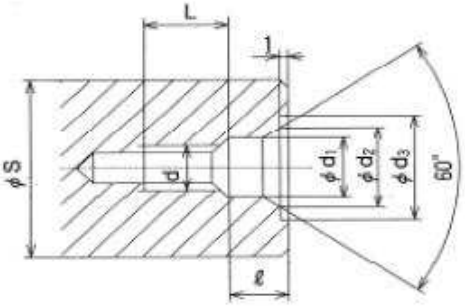
ขนาดมิติตามคุณสมบัติมาตรฐานจะแสดงในตาราง 15.1 ~ 3 ถ้าต้องการขนาดมิติพิเศษ นอกจากนี้ ให้กำหนดระบุมา ถ้าใช้รูสกรู 1 อัน เพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกระทั่งจากการสตาร์ทและหยุด จำเป็นต้องให้ทิศทางสกรูเป็นทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ สำหรับทิศทางสกรูมาตรฐานนั้น จะให้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์เป็นทิศบวก (หมุนทวนเข็มนาฬิกา) และให้สกรูอยู่ด้านขวา

ถ้าเป็นสกรูด้านซ้ายให้กำหนดระบุด้วย นอกจากนี้แล้ว ต้องบอกผู้ปฏิบัติงานให้ตรวจสอบทิศทางหมุนของมอเตอร์และทิศทางของสกรู



เซ็นเซอร์มีรูสกรู

รูป 1

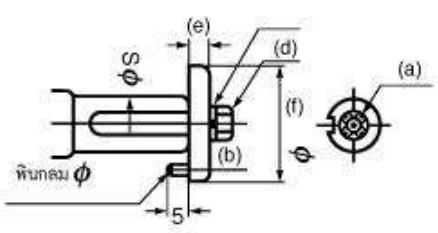


เซ็นเซอร์แบบเจาะรูสกรู

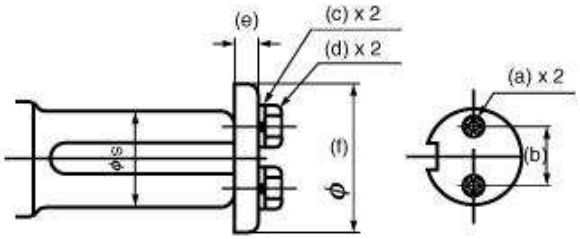
รูป 2

ตาราง 15.1 ขนาดมิติรูสกรู 1 อัน เมื่อมีขนาดเกินเส้นผ่าศูนย์กลางแกน 22

หมายเลขในรูป	S	D	L	d_1	d_2	d_3	□
1	10 <S ≤ 18	M5	12	5.3	7	-	6
1	18 <S ≤ 22	M6	12	6.5	10	-	7
1	22 <S ≤ 25	M6	12	6.5	10	-	7
1	25 <S ≤ 30	M8	15	8.5	12	-	9
1	30 <S ≤ 40	M10	20	10.5	15	-	9
2	40 <S ≤ 50	M12	25	12.5	17	20	9
2	50 <S ≤ 60	M16	35	17	21	24	10
2	60 <S ≤ 75	M20	40	21	25	28	10
2	75 <S ≤ 95	M24	50	25	32	36	10



รูป 3



รูป 4

ตาราง 15. 2 ขนาดมิติรูสกรูว์และแนต่อเชื่อมปลายแกน

เอ้าท์พุต			หมายเลขในรูป	เส้นผ่าศูนย์กลางแกน	รูสกรู	แผ่นต่อเชื่อมและแป้นเกลียว				
2 โพล	4 โพล	6 โพล		S	a (เส้นศก. สกรูxความลึก	b	c (ฐานโลหะสปริง)	d	e	f
0.4	0.4	-	3	10 < S ≤ 18	M5 x 12	12	5	M5	5	30
0.75	0.75	0.4	3	18 < S ≤ 22	M6 x 12	15	6	M6	6	37
1.5, 2.2	1.5	0.75	4	22 < S ≤ 25	M5 x 12	15	5	M5	6	37
-	2.2	1.5	4	25 < S ≤ 30	M6 x 12	15	6	M6	6	37
3.7	3.7	2.2	4	25 < S ≤ 30	M6 x 12	15	6	M6	6	37
5.5, 7.5	5.5	3.7	4	30 < S ≤ 40	M6 x 12	20	6	M6	6	50
-	7.5	5.5	4	30 < S ≤ 40	M6 x 12	20	6	M6	6	50
11, 15	11	7.5	4	40 < S ≤ 50	M6 x 12	20	6	M6	6	60
18.5	15	11	4	40 < S ≤ 50	M6 x 12	20	6	M6	6	60
22	18.5	-	4	40 < S ≤ 50	M6 x 12	20	6	M6	6	60
-	22	15	4	40 < S ≤ 50 (50 < S ≤ 60)	M6 x 12 (M8 x 15)	20 (30)	6 (8)	M6 (M8)	6 (6)	60 (72)
30	30	18.5, 22	4	50 < S ≤ 60	M8 x 15	30	8	M8	6	72
37, 45 55	37	30 (22)	4	50 < S ≤ 60	M8 x 12	30	8	M8	6	72
75, 90 110, 132	45	37 (30)	4	50 < S ≤ 60	M8 x 15	30	8	M8	6	72
-	55	45, (37) (45)	4	60 < S ≤ 70	M8 x 15	40	8	M8	6	82
-	75	55	4	70 < S ≤ 80	M10 x 20	45	10	M10	8	92
-	90	75	4	70 < S ≤ 80	M10 x 20	45	10	M10	8	92
-	110	90	4	80 < S ≤ 90	M10 x 20	50	10	M10	8	105
-	132	110	4	80 < S ≤ 90	M10 x 20	50	10	M10	8	105
-	-	132	4	90 < S ≤ 100	M12 x 25	50	12	M12	12	125
-	-	-	4	90 < S ≤ 100	M12 x 25	50	12	M12	12	125

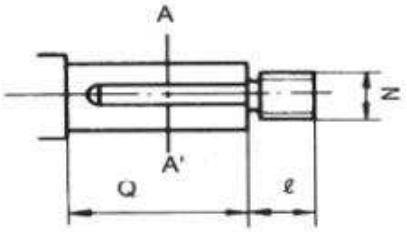
หมายเหตุ) 1. ใน **0** เป็นค่ากรณีของชนิด Drip-Proof

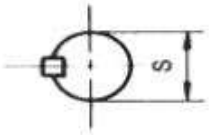
2. ถ้าต้องการรูสกรูแบบ 1 อัน ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ϕ 22 ให้ยึดขนาดมิติตามตาราง 15. 1 ให้ระบุกำหนดค่าด้วย

3. เมื่อติดแผ่นต่อเชื่อมที่ปลายทั้งสองข้าง จะใช้ค่าตามตารางข้างต้นกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชนิดตามในตาราง 14.1-ในตาราง 14.1-ตาราง 14.4

15-2 เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสกรู

เมื่อจะตัดทำสกรูที่เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของปลายแกน หรือตัดสกรูเพื่อติดน็อต ขนาดมิติของสกรูปลายแกน เทียบกับความหนา ของเพลา จะแสดงในตาราง 15.3 สกรูจะเป็นสกรูตีเกลียวขวา ถ้าต้องการสกรูซ้ายให้กำหนดระบุ





ภาพหน้าตัด A – A'

ตาราง 15.3 ขนาดมิติของเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสกรู

เส้นผ่าศูนย์กลางแกน (ϕ S)	19	24	28	38	42
ความยาวแกน (Q)	40	50	60	80	110
สกรูปลายแกน (N)	M15	M20	M25	M30	M40
ความยาว (ℓ)	15	17	20	22	25

หมายเหตุ) 1. สกรูจะเป็นสกรูตีเกรียวขวา

2. เส้นผ่าศูนย์กลางแกน (ϕ S) ไม่ถึง 19 จะไม่มีการนำไปใช้งาน

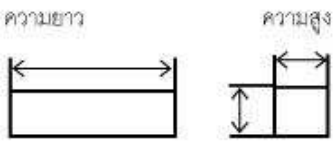
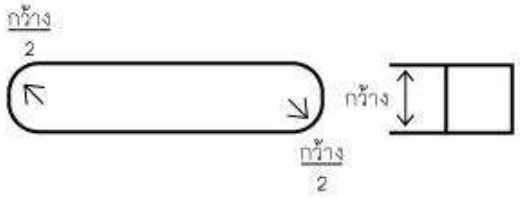
16. วัสดุแกน

วัสดุแกนมอเตอร์ จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วัสดุ	มาตรฐานข้อบังคับ JIS	การใช้งาน
วัสดุเหล็กคาร์บอนสำหรับใช้กับโครงสร้างเครื่องจักร	JIS G 4051	มาตรฐาน
เหล็กเส้นสเตนเลสSUS420J2 (เดิม SUS53B)	JIS G 4303	เมื่อต้องการให้ทนต่อการกัดกร่อน ทนต่อความร้อน
วัสดุเหล็กกล้าโครเมียมโมลิบดีนัม	JIS G 4105	เมื่อต้องการเพิ่มความแข็งแรงของแกน

17. รูปร่างคีย์

ลักษณะรูปร่างคีย์ของด้านโหลดมอเตอร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชื่อ	รูปร่าง	การใช้งาน
เหลี่ยมสองด้าน		มาตรฐาน
กลมด้านเดียว		ผลิตตามความต้องการ
กลมสองด้าน		

หมายเหตุ) 1. ลักษณะรูปร่างคีย์ของแกนแบบสองด้าน จะมีรูปร่างของด้านทั้งสองเหมือนกัน

2. เมื่อรูปร่างคีย์เป็นแบบกลมด้านเดียวหรือกลมสองด้าน ช่องคีย์ก็จะเป็นแบบกลมด้านเดียวหรือกลมสองด้านเหมือนกัน

18. โครงสร้างป้องกันน้ำ

กรณีที่มีการเปียกน้ำมาก เช่นอุปกรณ์ใช้งานภายนอกหรือโรงงานทำอาหาร จำเป็นที่จะต้องใช้โครงสร้างแบบพิเศษในส่วนต่างๆ เช่น ส่วนตลับลูกปืน ส่วนกล่องขั้วต่อสาย ฯลฯ

โดยทั่วไปแล้ว ระดับการป้องกัน Drip-Proof ก็สามารถใช้เป็นระดับป้องกันมาตรฐานได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการระดับการป้องกันที่สูงมากกว่านี้ ให้ดูในตารางด้านล่าง

ประเภทสภาพการใช้งาน	ส่วนตลับลูกปืน		กล่องขั้วต่อสาย	สัญลักษณ์ชนิดมอเตอร์	ชนิดป้องกันสำหรับน้ำ
กรณีที่หยดน้ำตกลงมามากพอสมควร หรือ กรณีสภาพบรรยากาศเป็นฝ้าละออง และมาเกาะติดที่พื้นผิวของมอเตอร์	**วิธีซีลด์**	**โครงสร้างฟริงเกอร์ป้องกันน้ำ**	มาตรฐาน หรือใช้ทั้งมาตรฐานกับแพ็คกิ้ง	TFO หรือ TO	แบบ Splash-Proof (IP ☐ 4)
สภาวะที่โดนราดน้ำด้วยปากจอร์ ปริมาณน้ำ 0.07 ℓ/min, แรงดันน้ำเท่ากับแรงดันน้ำตกสูง 6.5m	**วิธีเปลี่ยนจาระบี**	**มาตรฐาน**	แบบใช้นอกอาคาร (ชนิดโลหะหล่อหรือชนิดแผ่นเหล็ก)	TFOA หรือ TOA	แบบ Splash-Proof (IP ☐ 4)
สภาวะที่โดนราดน้ำด้วยสายยาง (Hose) ปริมาณน้ำ 12.5 ℓ/min, แรงดันน้ำเท่ากับแรงดันน้ำตกสูง 2.5m	**โครงสร้างใช้นอกอาคาร**		แบบใช้นอกอาคาร (ชนิดโลหะหล่อ หรือชนิดแผ่นเหล็ก)	TFOAJ หรือ TOAJ	แบบ Jet-Proof (IP ☐ 5)
สภาวะที่โดนราดน้ำด้วยสายยาง (Hose) ปริมาณน้ำประมาณ 100 ℓ/min, แรงดันน้ำเท่ากับแรงดันน้ำตกสูง ประมาณ 8m	**โครงสร้างป้องกันน้ำ**			TFOJ หรือ TOJ	แบบ Wave-Proof (IP ☐ 6)

หมายเหตุ) 1. ไม่ว่าจะเป็นแบบไหน จะเป็นต้องเปลี่ยนโครงสร้างตามทิศทางการติดตั้งของมอเตอร์ ถ้าจำเป็น ให้ทำการระบุกำหนดวิธีติดตั้ง

2. กรณีแบบใช้นอกอาคารเชื่อมต่อด้วยหน้าแปลน ด้านโหลดจะมีการป้องกันน้ำด้วยพื้นผิวหน้าแปลน ส่วนด้านโหลดตลับลูกปืน จะเป็นแบบมาตรฐานเดิม

3. ในช่อง ( ) ของชนิดป้องกันสำหรับน้ำ จะเป็นการแสดงสัญลักษณ์การป้องกันตามมาตรข้อกำหนด JEC-2137-2000

สำหรับโครงสร้างป้องกันน้ำ (ส่วนตลับลูกปืน กล่องขั้วต่อสาย ฯลฯ) ให้ดูอ้างอิงใน **"ส่วนสินค้า 4. มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ"** ประกอบ

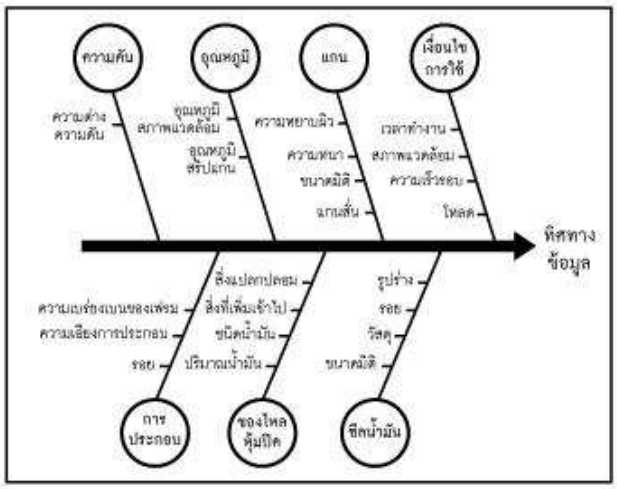
19. ซีลน้ำมัน

กรณีทำการต่อมอเตอร์ประเภทต่อเชื่อมด้วยหน้าแปลน โดยการโอเวอร์แฮงค์เข้ากับเคสซิ่งหรือเกียร์บ็อกซ์ วิธีการปิดกั้นส่วนทะลุผ่านจะใช้ซีลน้ำมัน

ในการเลือกโครงสร้างมอเตอร์หรือซีลน้ำมัน จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะเฉพาะของซีลน้ำมันเป็นอย่างดี และจำเป็นต้องเข้าใจเงื่อนไขการใช้งานของเครื่องด้านตรงข้ามเป็นอย่างดี

19-1 อายุการใช้งานของซีลน้ำมัน

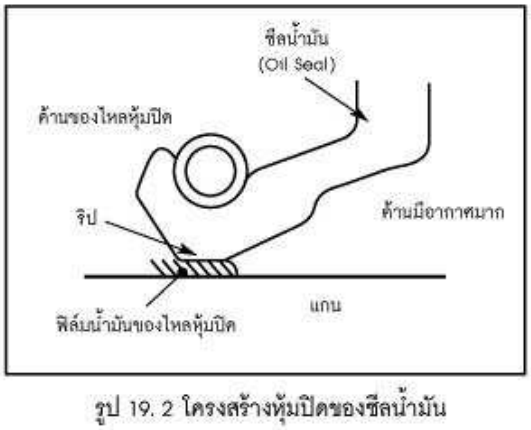
กรณีใช้งานซีลน้ำมัน ให้คาดเดาอายุการใช้งานของซีลน้ำมัน การทำการประเมินว่าสามารถใช้ผลิตภัณฑ์ได้หรือไม่นั้นสามารถทำได้ แต่การคาดเดาอายุการใช้งานของซีลน้ำมันนั้นทำได้ยาก โดยทางผู้ผลิตซีลน้ำมันเองก็คาดเดาได้ยากเช่นกัน เนื่องจากเงื่อนไขและลักษณะการใช้งานที่มีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย นอกจากนี้มาตรฐานข้อบังคับของแต่ละประเทศ และ มาตรฐานข้อบังคับของสมาคม ฯลฯ ก็จะแตกต่างกันออกไป เช่น มีการกำหนดปริมาณการรั่วไหลที่ยอมรับได้กรณีเป็นแบบรั่วไหลได้ (มาตรฐานข้อบังคับ MIL ของมาตรฐานข้อบังคับทางทหารอเมริกา กำหนดปริมาณการรั่วไหลยอมรับได้ไว้ที่ 0.5cc/24hr) ดังนั้น การคาดเดาอายุการใช้งานจึงเป็นหน้าที่โดยตรงของผู้ใช้งาน ในรูป 19. 1 จะแสดงภาพปัจจัยคุณลักษณะของสาเหตุต่างๆ ที่มีผลต่อซีลน้ำมัน อายุการใช้งานของซีลน้ำมันจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการใช้งาน อุณหภูมิแกน การซีลน้ำมัน ฯลฯ ปัจจัยแต่ละอันจะประกอบเข้าด้วยกันเป็นสาเหตุที่ส่งผลต่ออายุการใช้งาน ในการคาดเดาอายุการใช้งานจะต้องทำการทดสอบปัจจัยเป็นอันๆ ไป และทำการวิเคราะห์ซ้ำไปมาหลายครั้ง และต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วนด้วย



รูป 19.1 ปัจจัยคุณลักษณะทิศทางข้อมูล

19-2 โครงสร้างหุ้มปิดของซีลน้ำมัน

โครงสร้างหุ้มปิดของของซีลน้ำมันโดยทั่วไป จะแสดงดังในรูป 19. 2 พื้นผิวสัมผัสระหว่างส่วนริป (ยาง) กับแกน จะมีการทำเป็นฟิล์มน้ำมันจากของไหลที่หุ้มปิดสนิท ฟิล์มน้ำมันดังกล่าวจะคงสภาพความเป็นซีลเอาไว้ ดังนั้น ในแง่การยืดอายุการใช้งานของซีลน้ำมัน สิ่งสำคัญก็คือการให้การหล่อลื่นในระดับที่เหมาะสมแก่ซีลริป และระหว่างพื้นผิวสัมผัส ต้องมีฟิล์มน้ำมันที่สะอาดเป็นส่วนประกอบ

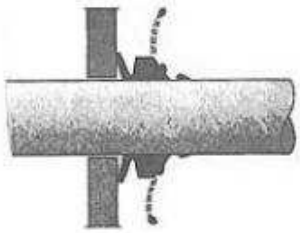


รูป 19. 2 โครงสร้างหุ้มปิดของซีลน้ำมัน

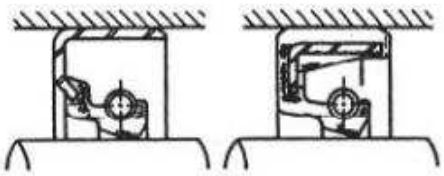
19-3 ประเภทของซีลน้ำมันที่ใช้อยู่

ในการใช้งานจำเป็นต้อง จำเป็นจะต้องกำหนดประเภทการใช้งานตามรายละเอียดในตารางด้านล่าง

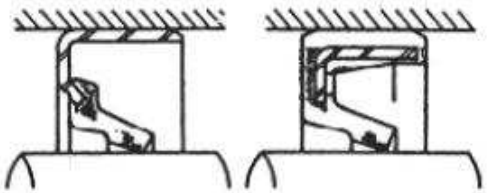
ประเภท	สภาพด้านอุปกรณ์ที่ใช้งานด้วย	ข้อควรระวังในการเลือกใช้
I	• ปิดกั้นจากหยดน้ำ หยดน้ำมัน จาระบี หรือฝุ่นที่เป็นละออง (รูป 19.3) • ไม่ใช้แรงดันที่ส่วนซีล การเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 60K • สมรรถภาพการหุ้มปิด มีผลกระทบเกิดขึ้นเฉพาะกับส่วนภายในมอเตอร์เท่านั้น	• เป็นโครงสร้างแบบง่ายๆ V-ซีล ซีลฝุ่นละออง ซีลจาระบี (รูป 19.4) ตามปริมาณละอองของส่วนซีล • ซีลแบบทั่วไป กรณีเป็นน้ำมัน หรือน้ำ ฯลฯ ที่ไม่มีฝุ่นละออง (รูป 19.5) • ยางที่ใช้ในซีลริปเป็นแบบ Nitrile system (NBR)
II	• น้ำมันหรือจาระบีซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องซีล อยู่ในโครงสร้างที่สามารถสัมผัสกับส่วนการซีลได้ในยามปกติ • มีการเพิ่มแรงดันเข้าไป (แต่ต้องไม่เกินระดับ 0.03MPa (0.3kgf/cm2)) และมีการเปลี่ยนแปลง • สมรรถภาพการหุ้มปิด เป็นปัญหาต่อเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยทั้งหมด	• ซีลแบบทั่วไป กรณีเป็นน้ำมัน หรือน้ำ ฯลฯ และมีฝุ่นละออง (รูป 19.6) พร้อมทั้งมีดับเบิ้ลริป • มีการเติมจาระบีเข้าไประหว่างริป 2 อัน • กรณีอุณหภูมิส่วนซีลสูง ให้ใช้ยางอะคริลิค (ACM) หรือซิลิกอน ฟลูอรอลีน



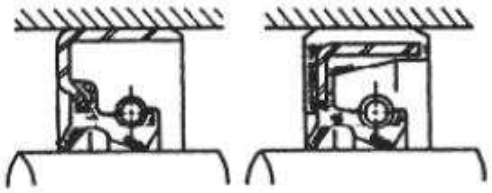
รูป 19. 3 ปิดกั้นจากหยดน้ำ หยดน้ำมัน ฝุ่นละอองด้วย V-Ring



รูป 19. 5 ซีลน้ำมันแบบทั่วไป



รูป 19. 4 วิธีโดยใช้ V-ซีล ซีลฝุ่นละออง ซีลจาระบี



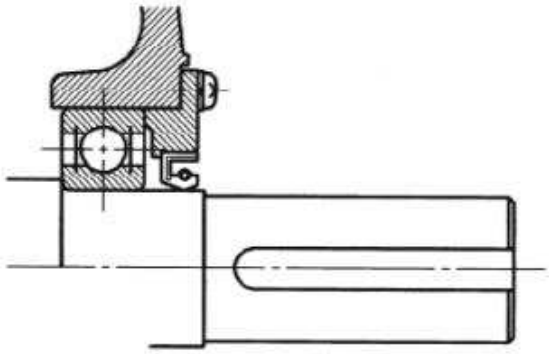
รูป 19. 6 ปิดกั้นโดยใช้ดับเบิ้ลริป

19-4 โครงสร้างของมอเตอร์ที่มีซีลน้ำมัน

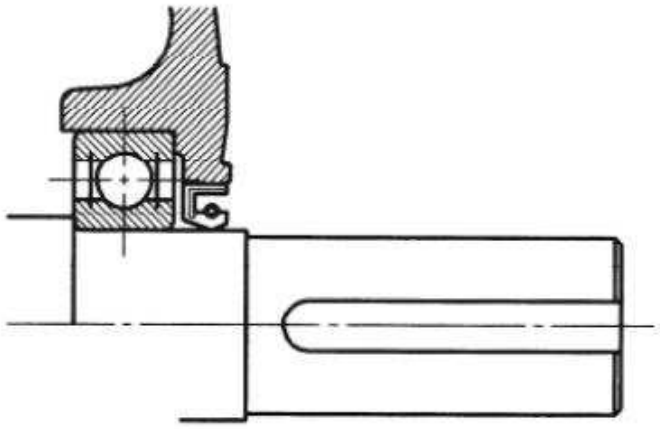
กรณีเลือกเป็นวิธี (I) จากประเภทที่ให้เลือกข้างต้น โดยทั่วไปแล้ว จะใส่ซีลน้ำมันเข้าไป โดยทำการเพิ่มโครงสร้างติดเข้ากับแบบหน้าแปลนมาตรฐาน ตามที่แสดงในรูป 19.7

อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการเพิ่มความแข็งแรงของการซีล และทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น เป็นโครงสร้างที่ให้ความเชื่อถือได้ ซึ่งก็คือกลุ่มการเลือกประเภท (II) จะต้องใช้หน้าแปลนแบบพิเศษโดยมีโครงสร้างเหมือนกับรูป 19.8 และต้องใช้แกนที่มีความถูกต้องแม่นยำในการทำงานสูง

อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นแบบไหน ก็จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานสมรรถภาพการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย ดังนั้นจะเป็นการดีมากถ้าทำการกำหนดระบุรายละเอียดของด้านเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย



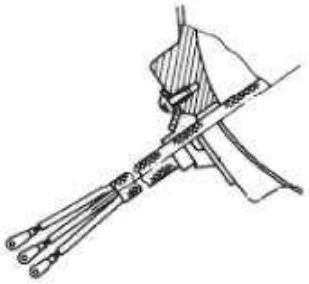
รูป 19.7 โครงสร้างที่มีการเพิ่มซีลน้ำมันเข้าไปที่หน้าแปลนมาตรฐาน



รูป 19.8 โครงสร้างแบบหน้าแปลนพิเศษ

20. วิธีทำขั้วต่อสายโดยไม่มีกล่องขั้วต่อสาย

20-1 วิธีการต่อสายกรณีไม่มีกล่องขั้วต่อ

วิธีต่อสาย	แบบแร็ก (แบบใช้ในอาคาร)	Cabtyre Cable (แบบใช้ในอาคาร)	วิธี Cabtyre Cable ป้องกันน้ำ (แบบใช้นอกอาคาร)
ตัวอย่างรูป			

20-2 มาตรฐานเมื่อไม่มีกล่องขั้วต่อ

เบอร์เฟรม	ความยาวสายขั้วต่อ
132 ลงมา	80
160 - 250	130
280 - 355	180

21. โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย

21-1 การใช้โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย

กล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์จะมีโครงสร้างและวัสดุที่แตกต่างออกไปตามโมเดล ตาราง 21.1 จะแสดงการใช้กล่องขั้วต่อสายกับแต่ละโมเดล

ถ้าต้องการใช้ที่นอกเหนือไปจากตาราง 21.1 ให้ทำการกำหนดระบุ

ตาราง 21.1 ตารางการใช้กล่องขั้วต่อสาย

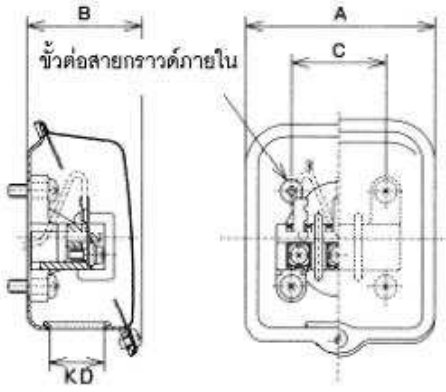
โครงสร้างกล่องขั้วต่อสาย / โมเดลที่ใช้	แบบมาตรฐาน	แบบใช้นอกอาคาร	แบบเพิ่มความปลอดภัย	แบบทนระเบิด	แบบใช้กับเรือ	หมายเหตุ
แบบมาตรฐาน	○					
แบบใช้นอกอาคาร		○				
แบบเพิ่มความปลอดภัย			○			
แบบเพิ่มความปลอดภัยใช้นอกอาคาร			○			
มีเบรก	○					
แบบป้องกันน้ำ		○				
แบบป้องกันการกัดกร่อน ประเภท (3)	○					
แบบป้องกันการกัดกร่อน ประเภท (2)		○				
แบบใช้นอกอาคารป้องกันการกัดกร่อน ประเภท (3)		○				
แบบใช้นอกอาคารป้องกันการกัดกร่อน ประเภท (2)		○				
แบบเพิ่มความปลอดภัยป้องกันการกัดกร่อน ประเภท (3)			○			
แบบเพิ่มความปลอดภัยป้องกันการกัดกร่อน ประเภท (2)			○			
แบบเพิ่มความปลอดภัยใช้นอกอาคารป้องกันการกัดกร่อน ประเภท(3)			○			
แบบเพิ่มความปลอดภัยใช้นอกอาคารป้องกันการกัดกร่อน ประเภท(2)			○			
แบบป้องกันการระเบิดทนความดัน				○		
แบบใช้นอกอาคารป้องกันการระเบิดทนความดัน				○		
แบบใช้กับเรือ					○	
วัสดุกล่องขั้วต่อสาย	แผ่นเหล็ก	※ แผ่นเหล็กหรือโลหะหล่อ	※ แผ่นเหล็กหรือโลหะหล่อ	โลหะหล่อ	※ แผ่นเหล็กหรือโลหะหล่อ	

หมายเหตุ) เครื่องหมาย ※ จะแตกต่างออกไปตาม เบอร์เฟรมหรือเอ้าท์พุต

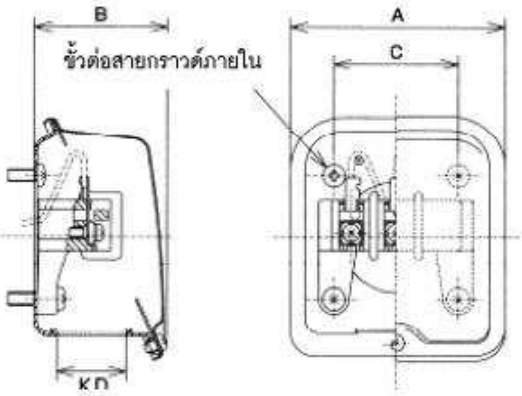
21-2 โครงสร้างกล่องขั้วต่อสายและขนาดมิติ

1) กล่องขั้วต่อสายชนิดมาตรฐานใช้ในอาคาร (The Motor Neo100)

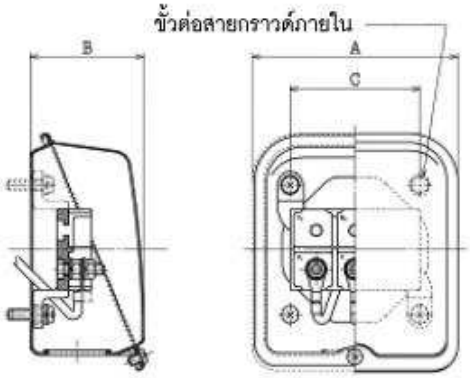
กล่องขั้วต่อสายชนิดมาตรฐานใช้ในอาคารจะเป็นชนิดแผ่นเหล็กสำหรับโครงจะแสดงในรูป 21.1~21.5 ขนาดกับการใช้งานจะแสดงในตาราง 21.2~21.4



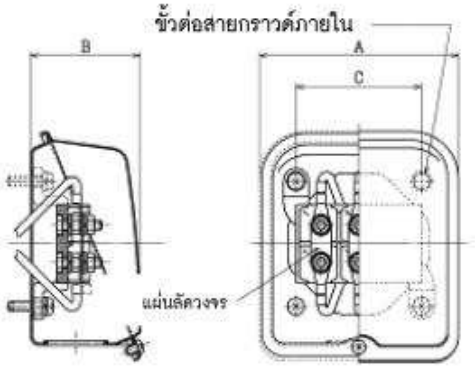
รูป 21.1



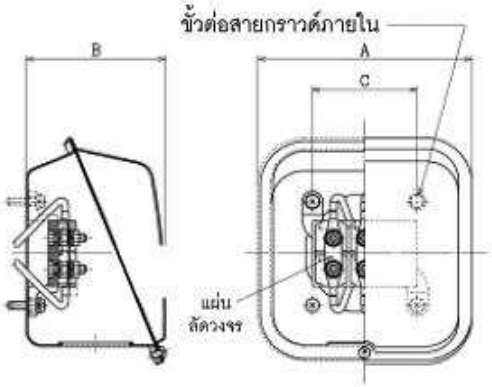
รูป 21.2



รูป 21.3



รูป 21.4



รูป 21.5

※ 5.5 ~ 7.5kW เฟรม 132S, 132M และเฟรม 160M, 160L จะมีแผ่นลัดวงจรติดอยู่ที่แผงต่อสายไฟ เมื่อต้องการสตาร์ท Y-Δ ทำให้การถอดสายแผ่นวงจรออก แล้วจึงทำการเชื่อมต่อ

ตาราง 21.2 ตารางแสดงการประยุกต์ใช้กล่องขั้วต่อสายชนิดมาตรฐานภายในอาคาร

เบอร์เฟรมที่ใช้	เลขที่รูป	ขนาดมิติกล่องขั้วต่อสาย		
ชนิดหุ้มปิด		A (mm)	B (mm)	C (mm)
71, 80	รูป 21.1	78	45	38
90L, 100L, 112M	รูป 21.2	88	53	50
132S, 132M	รูป 21.3 (3.7 kW) รูป 21.4 (3.7 kW, 7.5 kW)	127	70	80
160M, 160L	รูป 21.5	164	105	80

ตาราง 21.3 ขนาดมิติรูน็อต (KD) ของกล่องขั้วต่อสาย (มอทอล 3 เฟส)

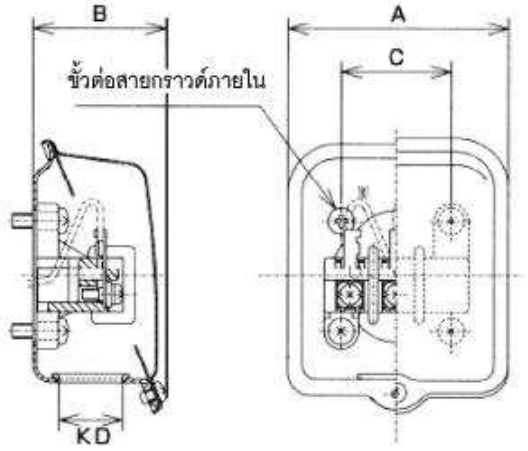
เอ๊าท์พุต (kW)	ขนาดมิติ KD (mm)		
	ชนิด		
	2 โพล	4 โพล	6 โพล
0.4	22	22	22
0.75	22	22	28
1.5	28	28	28
2.2	28	28	28
3.7	28	28	36
5.5	36	36	36
7.5	36	36	52
11	52	52	52
15	52	52	-
18.5	65	-	-

ตาราง 21.4 ขนาดมิติ (KD) และขนาดเรียกท่อร้อยสายขน หน่วย : mm

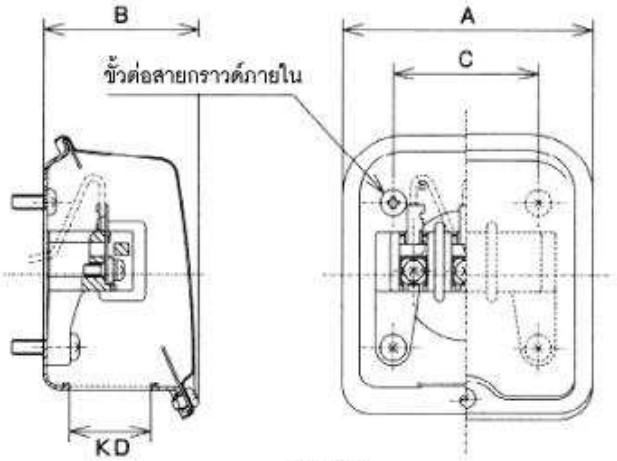
ขนาดมิติ KD	22	28	36	45	52	65
ขนาดเรียกท่อร้อยสายกรณีต่อสายด้วยท่อร้อยสาย ขนาดมิติ	16	22	28	36	42	54

(2) กล่องขั้วต่อสายชนิดมาตรฐานใช้ในอาคาร (เดอะมอทอล Neo100)

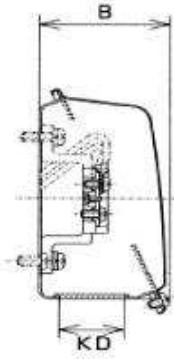
กล่องขั้วต่อสายชนิดมาตรฐานใช้ในอาคารจะเป็นชนิดแผ่นเหล็กสำหรับโครงจะแสดงในรูป 21.6~21.10 และขนาดมิกับการใช้งานจะแสดงในตาราง 21.5~21.7

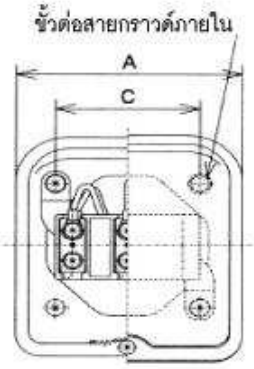


รูป 21.6

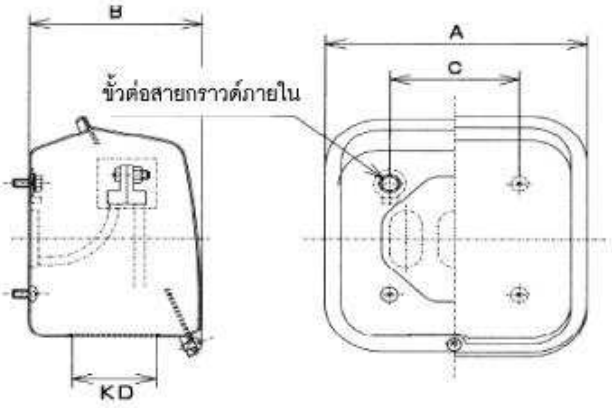


รูป 21.7

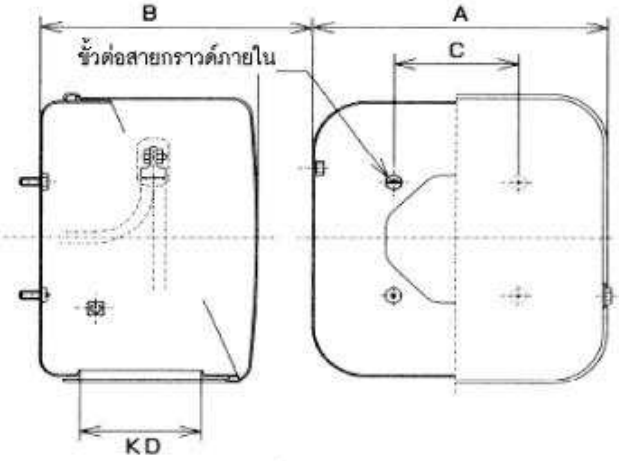




รูป 21.8



รูป 21.9



รูป 21.10

※ 5.5 - 7.5kW ของเฟรม 132S, 132M วิธีแผงต่อสายไฟจะใช้กับการสตาร์ทโดยตรง เมื่อต้องการสตาร์ท Y - Δ ให้ดึงสายขั้วต่อออกจากแผงต่อสายไฟแล้วจึงทำการต่อแร็ก

ตาราง 21.5 ตารางแสดงประยุกต์ใช้กล่องขั้วต่อสายชนิดมาตรฐานภายในอาคาร

เบอร์เฟรมที่ใช้		เลขที่รูป	ขนาดมิติกล่องขั้วต่อสาย		
ชนิดหุ้มปิด	ชนิดเปิด		A (mm)	B (mm)	C (mm)
71, 80	–	รูป 21.6	78	45	38
90L, 100L, 112M	–	รูป 21.7	88	53	50
132S, 132M	–	รูป 21.8	127	70	80
160M, 160L, 180M	$160L_2$, 180M	รูป 21.9	164	105	80
180L	–	รูป 21.10	195	140	80
200L, 225S	180L, 200M				130
250S ขึ้นไป	225S ขึ้นไป		296	229	130

ตาราง 21.6 ขนาดมิติรูน็อต (KD) ของกล่องขั้วต่อสาย (3 เฟส)

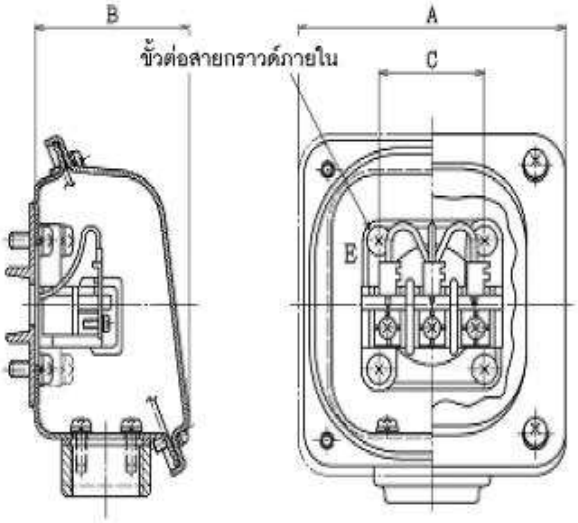
เอ้าท์พุต (kW)	KD (mm)					
	ชนิดหุ้มปิด			ชนิดหุ้มเปิด		
	2 โพล	4 โพล	6 โพล	2 โพล	4 โพล	6 โพล
0.4	22	22	22	-	-	-
0.75	22	22	28	-	-	-
1.5	28	28	28	-	-	-
2.2	28	28	28	-	-	-
3.7	28	28	36	-	-	-
5.5	36	36	36	-	-	-
7.5	36	36	52	-	-	-
11	52	52	52	-	-	-
15	52	52	52	-	-	52
18.5	65	65	65	-	65	65
22	65	65	65	65	65	65
30	78	78	78	65	65	65
37	78	78	78	78	78	78
45	78	78	78	78	78	78
55	92	92	92	92	92	92
75	78	78	78	78	78	78
90	78	78	78	78	78	78
110	92	92	92	92	92	92
132	92	92	92	92	92	92

ตาราง 21.7 ขนาดมิติรูน็อต (KD) ของกล่องขั้วต่อสาย (มอเตอร์ 3 เฟส) หน่วย : mm

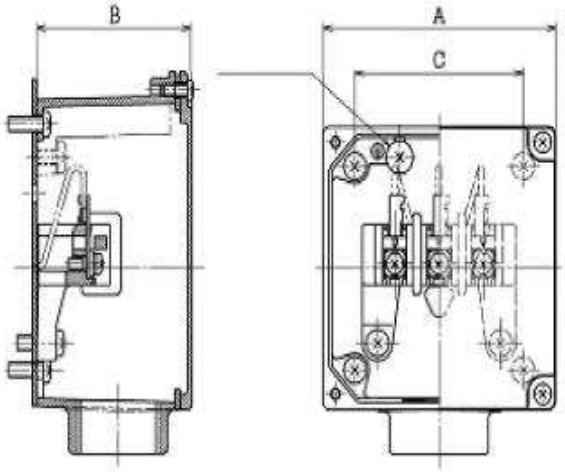
ขนาดมิติ KD	22	28	36	45	52	65	78	92
ขนาดเรียกท่อร้อยสายกรณีต่อสายด้านท่อร้อยสาย	16	22	28	36	42	54	80	82

(3) แบบใช้นอกอาคารกล่องขั้วต่อสาย (เดอะมอทอล Neo100)

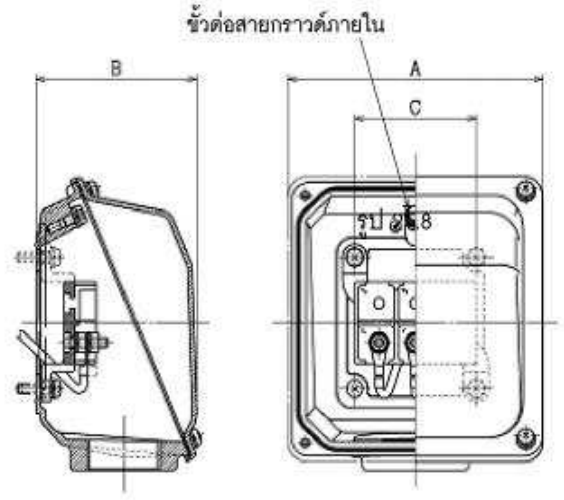
กล่องขั้วต่อชนิดนอกอาคารจะเป็นชนิดแผ่นเหล็กหรือ Aluminum Diecast สำหรับโครงสร้างจะแสดงในรูป 21.11-รูป 21.14 และขนาดมิติกับการใช้งานจะแสดงในตาราง 21.8



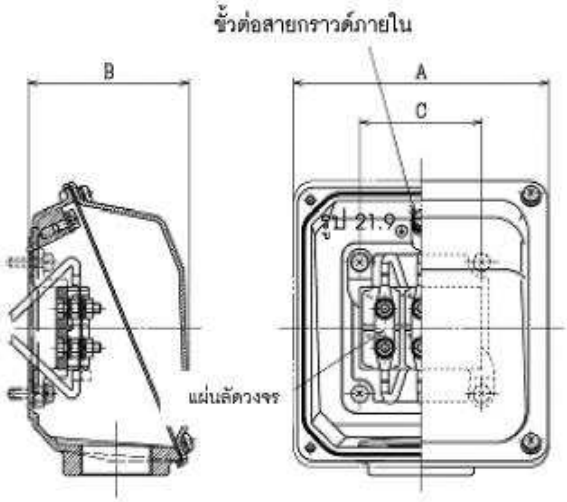
รูป 21.11



รูป 21.12



รูป 21.13



รูป 21.14

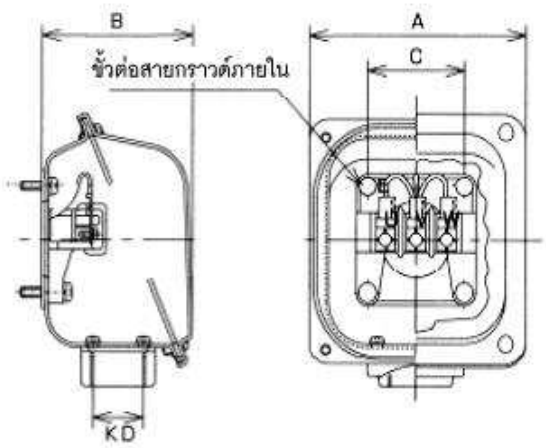
ตาราง 21.8 ตารางแสดงการประยุกต์ใช้กล่องขั้วต่อสายชนิดใช้นอกอาคาร

เบอร์เฟรมที่ใช้	เลขที่รูป	วัสดุของตัวกล่องและฝาครอบ	ขนาดมิติกล่องขั้วต่อสาย		
			A (mm)	B (mm)	C (mm)
71, 80	รูป 21.11	แผ่นเหล็ก	96	56	38
90L, 100L, 112M	รูป 21.12	Aluminium Diecast	95	63	68
132S, 132M	รูป 21.13 (3.7kW) รูป 21.14 (5.5kW, 7.5kW)	Aluminium Diecast	168	106	80
160M, 160L	รูป 21.14	Aluminium Diecast	168	106	80

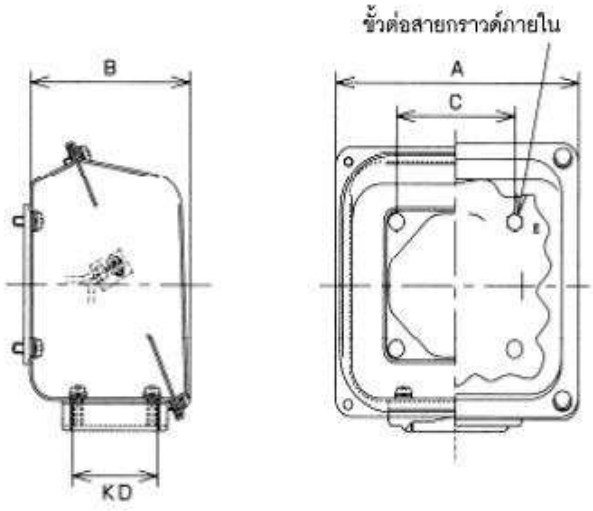
หมายเหตุ) ขนาดมิติ KD จะแสดงในตาราง 21.2 ของหน้า 244

(4) กล่องสายต่อชนิดใช้นอกอาคาร (นอกอาคารเดอะมอทอล Neo100)

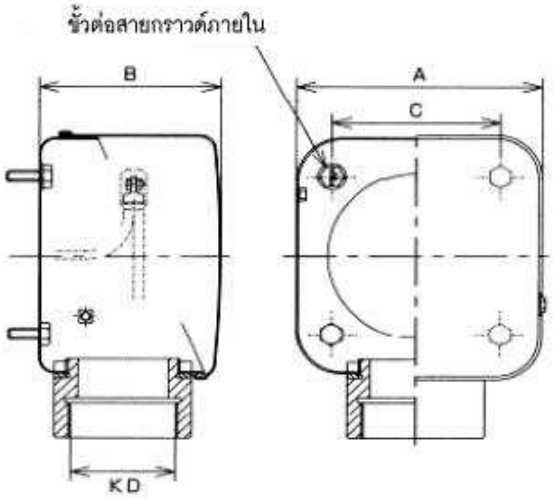
กล่องขั้วต่อสายชนิดใช้นอกอาคารจะเป็นชนิดแผ่นเหล็ก (อย่างไรก็ตามถ้าเป็นเฟรม 180 ขึ้นไปแบบแนวตั้ง อาจใช้ชนิดเหล็กหล่อได้ในบางครั้ง) สำหรับโครงสร้างจะแสดงในรูป 21.15 - รูป 21.17 และขนาดมิติกัการใช้งานจะแสดงในตาราง 21.9



รูป 21.15



รูป 21.16



รูป 21.17

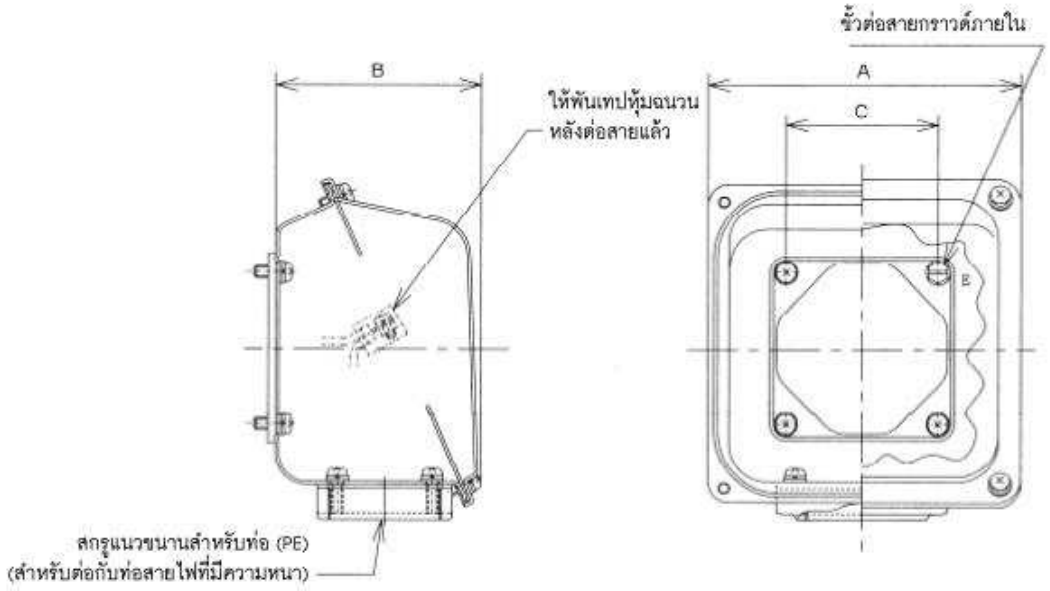
ตาราง 21.9 ตารางแสดงการประยุกต์ใช้กล่องขั้วต่อสายชนิดใช้นอกอาคาร

เบอร์เฟรมที่ใช้	เลขที่รูป	วัสดุของตัวกล่องและฝาครอบ	ขนาดมิติกล่องขั้วต่อสาย		
			A (mm)	B (mm)	C (mm)
71, 80	รูป 21.15	แผ่นเหล็ก	114	76	38
90L, 100L, 112M			114	76	50
132S, 132M	รูป 21.16		167	107	80
160M, 160L			167	107	80
180M			167	107	80
180L	รูป 21.17		195	140	80
200L			195	140	130
225S			195	140	130
250S ขึ้นไป			296	229	130

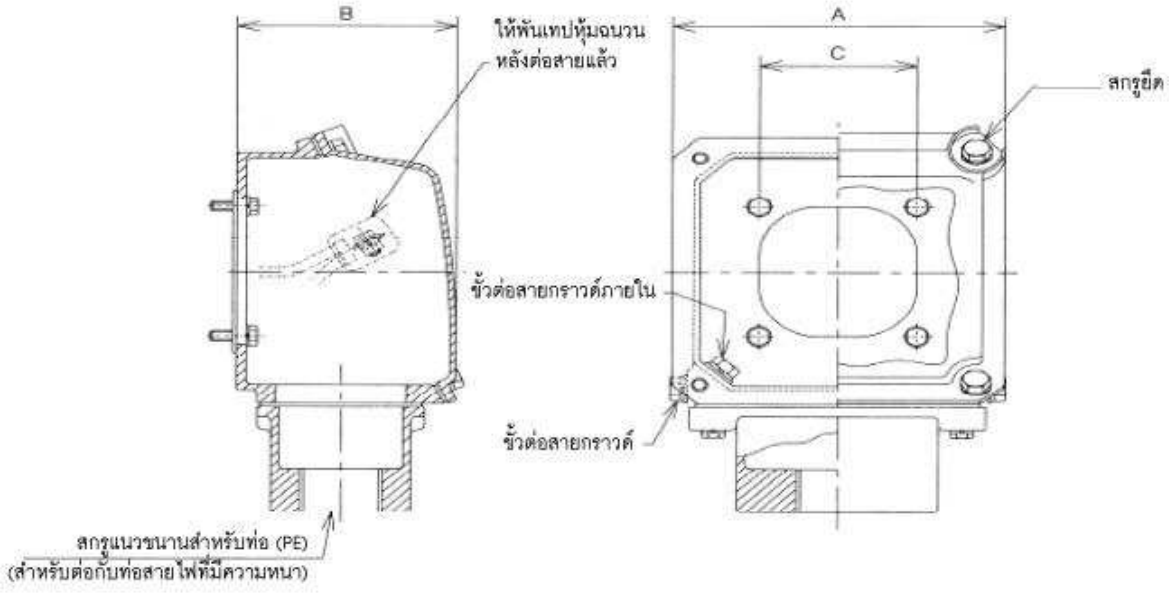
หมายเหตุ) ขนาดมิติ KD จะแสดงในตาราง 22.2 ของหน้า 244

(5) กล่องขั้วต่อสายแบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย

โครงสร้างของกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ทนระเบิดแบบเพิ่มความปลอดภัย จะเป็นดั่งในรูป 21.18 และรูป 21.19 ขนาดมิติและ การใช้งานจะแสดงในตาราง 21.10 มาตรฐานวิธีการเดินสายต่อเข้าตัวเครื่องจะเป็นแบบ Bushing การต่อสายภายในกล่องขั้วต่อสายจะเป็นแบบแร็ก (อย่างไรก็ตาม เบอร์เฟรม 71M -122M จะเป็นแบบแผงต่อสายไฟ) ถ้าเป็นแบบสตัด ต้องมีการตรวจสอบรับรองเพิ่มเติมให้กำหนดระบุมาให้ด้วย



รูป 21.18 กล่องขั้วต่อสายแบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย



รูป 21.19 กล่องขั้วต่อสายแบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย

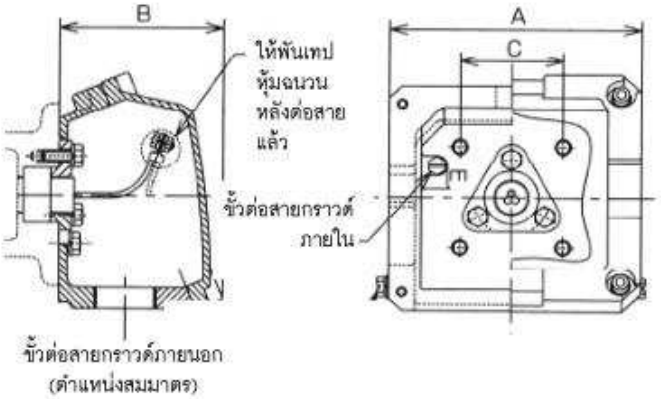
ตาราง 21.10 กล่องขั้วต่อสายแบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย

เบอร์เฟรม	จำนวนโพล			รูปแสดงการใช้งาน	วัสดุของตัวกล่องและฝาครอบ	ขนาดมิติหลักของกล่องขั้วต่อสาย		
	2 โพล	4 โพล	6 โพล			A (mm)	B (mm)	C (mm)
71M	0.4	0.4	-	รูป 21.18	ชนิดแผ่นเหล็ก	114	76	38
80M	0.75	0.75	0.4			114	76	38
90L	1.5	1.5	0.75			114	76	50
100L	2.2	2.2	1.5			114	76	50
112M	3.7	3.7	2.2			114	76	50
132S	5.5	5.5	3.7			167	107	80
132M	-	7.5	5.5			167	107	80
160M	7.5	11	7.5			167	107	80
160L	11	15	11			167	107	80
180M 1	15	-	15			167	107	80
180M	18.5	18.5	-	รูป 21.19	ชนิดเหล็กหล่อ	224	145	80
180L	-	-	18.5			224	145	80
200L	22	22	22			224	145	80
225S	30, 37	30, 37	30			224	145	80
250S	-	-	37			278	205	130
250M	45	45	45			278	205	130
280S	55	55	55			278	205	130
280M	75	75	75			278	205	130
315S	90	90	90			278	205	130
315M	110	110	110			278	205	130
355S	132	132	132			278	205	130

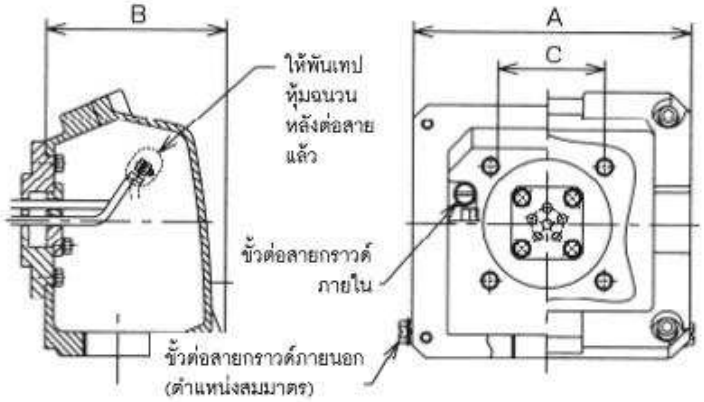
หมายเหตุ) ขนาดมิติ KD จะแสดงในตาราง 22.2 ของหน้า 244

(6) กล่องขั้วต่อสายแบบป้องกันระเบิดทนความดัน

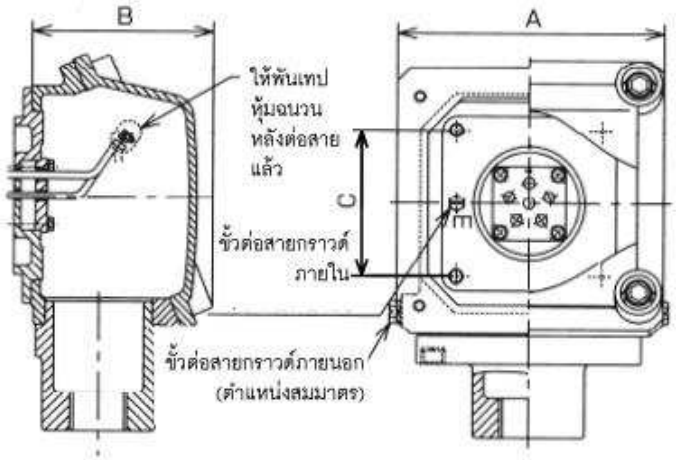
โครงสร้างของกล่องขั้วต่อสายของมอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิดแบบทนความดัน จะเป็นดังในรูป 21.20 - 21.25 ขนาดมิติและการใช้งานจะแสดงในตาราง 21.11 มาตรฐานวิธีการเดินสายต่อเข้าตัวเครื่องจะเป็นแบบแพ็คกิ้งทนความดัน การต่อสายภายในกล่องขั้วต่อสายจะเป็นแบบแร็ก ถ้าเป็นแบบลดัดต้องมีการตรวจสอบรับรองเพิ่มเติม



รูป 21.20 เบอร์เฟรม 112M ลงมา



รูป 21.21 เบอร์เฟรม 132S - 160L



รูป 21.22 เบอร์เฟรม 180M ขึ้นไป

ตาราง 21.11 กล่องขั้วต่อสายแบบป้องกันระเบิดทนความดัน

เบอร์เฟรม	จำนวนโพล			รูปแสดงการใช้งาน	วัสดุของตัวกล่องและฝาครอบ	ขนาดมิติของกล่องขั้วต่อสาย		
	2 โพล	4 โพล	6 โพล			A (mm)	B (mm)	C (mm)
71M	0.4	0.4	-	รูป 21.20	ชนิดเหล็กหล่อ	137	100	50
80M	0.75	0.75	0.4	รูป 21.20		137	100	50
90L	1.5, 2.2	1.5	0.75	รูป 21.20		137	100	50
100L	-	2.2	1.5	รูป 21.20		137	100	50
112M	3.7	3.7	2.2	รูป 21.20		137	100	50
132S	5.5, 7.5	5.5	3.7	รูป 21.21		202	129	80
132M	-	7.5	5.5	รูป 21.21		202	129	80
160M	11, 15	11	7.5	รูป 21.21		202	129	80
160L	18.5	15	11	รูป 21.21		202	129	80
180L	22	18.5, 22	15	รูป 21.22		240	161	130
200L	30	30	18.5, 22	รูป 21.22		240	161	130
225S	37, 45	37, 45	30	รูป 21.22		240	161	130
225S	55	55	37	รูป 21.22		240	161	130
250S	75, 90	75, 90	45, 55	รูป 21.22		305	215	170
280S	110, 132	110, 132	75, 90	รูป 21.22		305	215	170
315S	-	-	110, 132	รูป 21.22		305	215	170

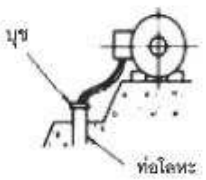
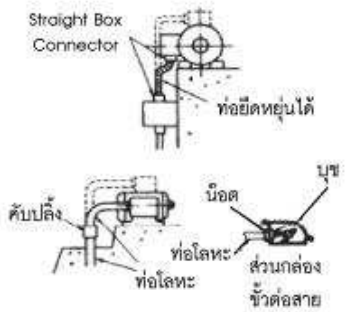
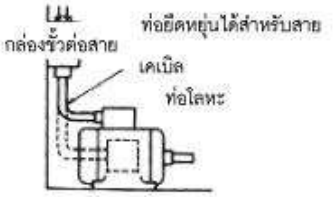
หมายเหตุ) ขนาดมิติ KD จะแสดงในตาราง 22.2 ของหน้า 244

22. วิธีการต่อสายไฟกับภายนอกและขนาดมิติ KD

22-1 วิธีการต่อสายไฟกับภายนอก

กล่องขั้วต่อสายจะใช้เพื่อทำการต่อสายกับแหล่งจ่ายไฟภายนอก โดยจะมีโครงสร้างรูปแบบต่างๆ เช่น รูน็อต หรือ Conduit (วิธีต่อยึดสกรูท่อร้อยสาย) Conduit Packing, Bellmouth Packing, แกลนด์ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ประเภทสายไฟจากภายนอกจะสามารถแยกแยะออกได้ดังแสดงในตาราง 22.1

ตาราง 22.1 ประเภทสายไฟจากภายนอกและวิธีต่อสาย

วิธีต่อสาย		การใช้งาน	ประเภทสายไฟจากภายนอก (ใช้งานทั่วไป)	ตัวอย่างวิธีต่อสายของสายไฟจากภายนอก
(รูน็อต)	Rubber Bush	ทั่วไป	600V สายไฟหุ้มฉนวนพีวีซี 600V สายไฟหุ้มฉนวนยาง	
	ไม่มี Rubber Bush	ทั่วไป	600V สายไฟหุ้มฉนวนพีวีซี 600V สายไฟหุ้มฉนวนยาง	
(วิธีต่อสายด้วยสกรูท่อร้อยสาย) (Conduit)		แบบใช้นอกอาคาร	600V สายไฟหุ้มฉนวนพีวีซี 600V สายไฟหุ้มฉนวนยาง	
		แบบป้องกันระเบิด	สายไฟหุ้มฉนวน	
วิธี Conduit Packing		แบบใช้นอกอาคาร	สายเคเบิลคาไบรด์	
		แบบป้องกันระเบิด	สายเคเบิลหุ้มยาง หรือพลาสติก	ถ้าเป็นแบบป้องกันระเบิด จะใช้ Flexible Fitting แบบป้องกันระเบิดทนความดัน และแบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย
วิธี Bellmouth Packing		แบบใช้นอกอาคาร	สายเคเบิลคาไบรด์	
		※แบบป้องกันระเบิด	สายเคเบิลคาไบรด์แบบเคลื่อนที่ได้	
วิธีแกลนด์สำหรับใช้กับเรือ		ใช้กับเรือ	สายเคเบิลหุ้มด้วยท่อเหล็ก	

หมายเหตุ) 1. มาตรฐานของแบบใช้งานทั่วไป แบบใช้นอกอาคาร และแบบป้องกันระเบิด จะอยู่ในเครื่องหมาย ( )

2. เครื่องหมาย ※ จะใช้ในกรณีที่สายเคเบิลที่ต่อเข้ามามอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น สำหรับใช้กับการเจาะเหมืองถ่านหิน เป็นต้น

3. กรณีใช้วิธีต่อสายด้วยสกรูว์ท่อร้อยสายกับแบบใช้นอกอาคาร ต้องระมัดระวังอย่างให้น้ำเข้าส่วนการเชื่อมต่อจากส่วนภายในท่อโลหะกับด้านในของกล่องขั้วต่อสาย

4. สำหรับแบบป้องกันระเบิด ถ้าต้องการใช้วิธีการต่อสายกับภายนอกที่ไม่อยู่ในตาราง 22.1 จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนโครงสร้างตรงช่องต่อของกล่องขั้วต่อสาย ให้ทำการปรึกษาสอบถาม

22-2 ขนาดมิติ KD ของกล่องขั้วต่อสายแบบใช้นอกอาคาร แบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย แบบป้องกันระเบิดทนความดัน

(1) การเรียกท่อร้อยสายของวิธีเชื่อมต่อตัวสกรูยึดท่อร้อยสาย

ตาราง 22.2 การเรียกท่อร้อยสายของวิธีเชื่อมต่อด้วยสกรูยึดท่อร้อยสาย

เบอร์เฟรมหรือเอ้าท์พุต	ขนาดมิติ KD (การเรียกสกรูแนวขนาดสำหรับท่อ)	
	มาตรฐาน	การเรียกสกรูที่สามารถระบุกำหนดได้
	การเรียกสกรูแนวนอนสำหรับท่อ	
71M, 80M, 90L	PF3/4	FF1/2, PF1
100L, 112M	PF1	PF3/4
132S, 132M	PF1 1/4	PF3/4, PF1
160M, 160L	PF1 1/2	PF1-1/4, PF2
เมื่อใส่ขนาดต่ำกว่า 15kW กับเฟรม 180M ขึ้นไป	PF1 1/2	PF1-1/4
18.5kW, 22kW, 30kW	PF2	PF2-1/2
37kW, 45kW	PF2 1/2	PF3
55kW	PF3	PF2, PF2-1/2
75kW, 90kW	PF2 1/2	PF3, PF3-1/2
110kW, 132kW	PF3	PF4

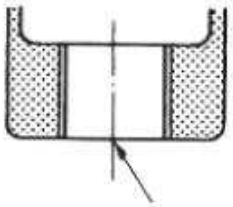
หมายเหตุ) 1. ถ้าเป็นรุ่นมาตรฐานขนาดต่ำกว่า 55kW ทั้งรุ่น 200V และรุ่น 400V จะมีขนาดมิติ KD เหมือนกันขนาด 55kW ขึ้นไปจะแสดงของรุ่น 400V

2. เบอร์เฟรมต่ำกว่า 160L จะเป็นมาตรฐานเบอร์เฟรม 180 M ขึ้นไปจะเป็นมาตรฐานเอ้าท์พุต อย่างไรก็ตาม 18.5 kW-2P จะใช้ PF2 เป็นมาตรฐาน

3. การเรียกท่อร้อยสายโลหะอย่างหนาที่ต่อเข้าได้ จะแสดงในตาราง 22.3

22.3 ท่อร้อยสายอย่างหนาที่ต่อเข้าได้

การเรียกสกรูแนวขนานสำหรับท่อ	การเรียกท่อร้อยสายโลหะอย่างหนาที่ต่อเข้าได้
PF1/2	16
PF3/4	22
PF1	28
PF1 1/4	36
PF1 1/2	42
PF2	54
PF2 1/2	70
PF3	82
PF3 1/2	92
PF4	104



สกรูแนวขนานสำหรับท่อ (PF)
(สำหรับท่อกับท่อสายไฟโลหะอย่างหนา)

(2) ขนาดมิติ ของชนิด Conduit Packing ของแบบป้องกันระเบิด เพิ่มความปลอดภัยตามข้อบังคับใหม่/แบบใช้นอกอาคาร

เบอร์เฟรม หรือเอ้าท์พุต

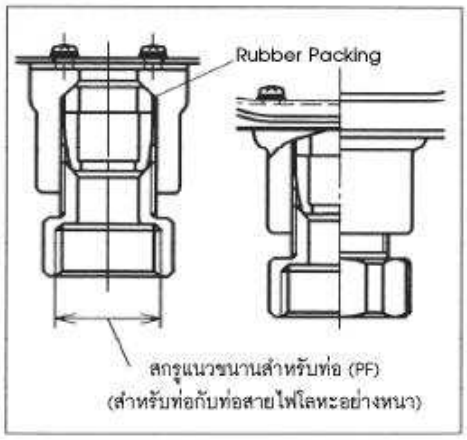
ตาราง 22.4 ขนาดมิติ KD ชนิด Conduit Packing มาตรฐาน

เบอร์เฟรมหรือเอ้าท์พุต	ขนาดมิติ KD	
	มาตรฐาน	การเรียกสกรูที่สามารถระบุกำหนดได้
	ขนาดมิติ KD	
71M	10PF3/4	10PF1/2, 10PF1, 12PF3/4, 12PF1, 14PF1, 16PF1
80M, 90L	10PF3/4	10PF1/2, 10PF1, 12PF3/4, 12PF1, 14PF1, 16PF1
100L, 112M	10PF1	10PF1/2, 10PF3/4, 12PF3/4, 12PF1, 14PF1, 16PF1
132S, 132M	14PF1-1/4	10PF1/2, 10PF3/4, 12PF3/4
160M, 160L, 180M ขึ้นไป เมื่อใส่ขนาดต่ำกว่า15kW ที่เฟรม	20PF1-1/4	10PF1, 12PF1, 14PF1, 16PF1, 18PF1-1/4

หมายเหตุ) เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อป้องกัน ให้เลือกที่มีขนาดมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสายเคเบิลที่ต่อเสร็จแล้ว 1.5 เท่า

ตาราง 22.5 เส้นผ่าศูนย์กลางภาย นอกสายเคเบิลที่ต่อเสร็จเรียบร้อยกับขนาดมิติ KD

ขนาดมิติ KD	ย่านเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสายเคเบิลที่ต่อเสร็จแล้ว (mm)	
10	10 ขึ้นไป	12.5 ลงมา
12	12.6 ขึ้นไป	16 ลงมา
14	14 ขึ้นไป	16.5 ลงมา
	※ 14 ขึ้นไป	20.5 ลงมา
16	16.6 ขึ้นไป	20 ลงมา
20	※ 20 ขึ้นไป	24.5 ลงมา
	※ 20.6 ขึ้นไป	26 ลงมา
22	※ 24.6 ขึ้นไป	30 ลงมา



1. เครื่องหมาย ※ ใช้แสดงเบอร์เฟรม132S ขึ้นไป

2. เมื่อจะสั่งซื้อต้องตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของสายเคเบิลกับขนาด Conduit ให้ถูกต้อง

(3) ขนาดมิติของ Conduit Packing ของแบบป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัยตามมาตรฐานข้อบังคับเดิม (eG3) แบบป้องกันระเบิดทนความดัน (d2G4)

ตาราง 22.6 ขนาดมิติ KD Conduit Packing มาตรฐาน

เบอร์เฟรมหรือเอ้าท์พุต	ขนาดมิติ KD	
	มาตรฐาน	การเรียกลกรูที่สามารถระบุกำหนดได้
	ขนาดมิติ KD	
71M	10PF3/4	10PF1/2, 10PF3/4, 10PF1, 12PF3/412PF1/2, 12PF1, 14PF3/4, 14PF1, 16PF3/4, 16PF1
80M, 90L	10PF3/4	
100L, 112M	10PF1	
132S, 132M	14PF1-1/4	12PF1, 14PF1, 16PF1, 16PF1-1/4, 18PF1, 18PF1-1/4, 18PF1-1/2, 20PF1, 20PF1-1/4, 20PF1-1/2, 24PF1-1/4, 24PF1-1/2
160M, 160L, 180Mขึ้นไปเมื่อใส่ขนาดต่ำกว่า15kW ที่เฟรม	20PF1-1/4	
18.5kW, 22kW	24PF1-1/2	16PF1, 18PF1, 18PF1-1/4, 20PF1-1/2, 24PF2
30kW	32PF2	18PF1-1/4, 20PF1-1/4, 24PF2, 28PF2
37kW, 45kW	32PF2-1/2	
55kW	44PF3	36PF2-1/2, 40PF2-1/2
75kW, 90kW	32PF2-1/2	32PF2, 44PF3
110kW, 132kW	48PF3	

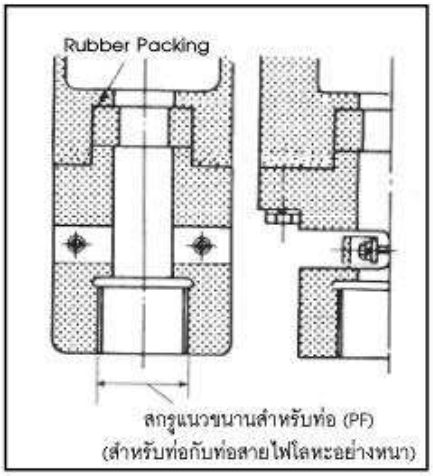
หมายเหตุ) 1. ถ้าเป็นรุ่นมาตรฐานขนาดต่ำกว่า 55kW ทั้งรุ่น 200V และรุ่น 400V จะมีขนาดมิติ KD เหมือนกัน แต่ขนาด 75 kW ขึ้นไปจะแสดงของรุ่น 400V

2. เบอร์เฟรมต่ำกว่า 160 L จะเป็นมาตรฐานเบอร์เฟรม 180M ขึ้นไปจะเป็นมาตรฐานเอ้าท์พุต

3. เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อป้องกันให้เลือกที่มีขนาดมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสายเคเบิลที่ต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว 1.5 เท่า

ตาราง 22. 7 เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสายเคเบิลขนาดมิติ KD

ขนาดมิติ KD	ย่านเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสายเคเบิลที่ต่อเสร็จแล้ว (mm)	
10	10 ขึ้นไป	ไม่เกิน 12
12	12 ขึ้นไป	ไม่เกิน 14
14	14 ขึ้นไป	ไม่เกิน 16
16	16 ขึ้นไป	ไม่เกิน 18
18	18 ขึ้นไป	ไม่เกิน 20
20	20 ขึ้นไป	ไม่เกิน 24
24	24 ขึ้นไป	ไม่เกิน 28
28	28 ขึ้นไป	ไม่เกิน 32
32	32 ขึ้นไป	ไม่เกิน 36
36	36 ขึ้นไป	ไม่เกิน 40
40	40 ขึ้นไป	ไม่เกิน 44
44	44 ขึ้นไป	ไม่เกิน 48
48	48 ขึ้นไป	ไม่เกิน 52

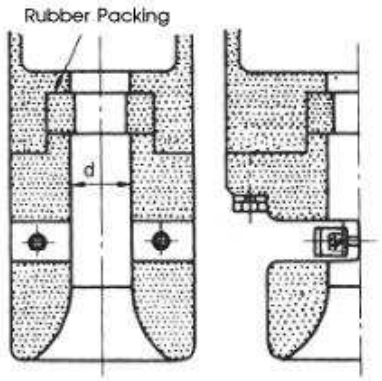


ลกรูแนวขนานสำหรับท่อ (PF)
(สำหรับท่อกับท่อสายไฟโลหะอย่างหนา)

22-3 ขนาดมิติชนิด d ของ Bellmouth Packing

ตาราง 22.8

เบอร์เฟรมหรือเอ้าท์พุต	ขนาดมิติ KD
	(mm)
71M, 80M	16 ขึ้นไป ไม่เกิน 18
90L, 100L	18 ขึ้นไป ไม่เกิน 20
112M, 132S	20 ขึ้นไป ไม่เกิน 24
132M, 160M	24 ขึ้นไป ไม่เกิน 28
160L	32 ขึ้นไป ไม่เกิน 36
18M ขึ้นไป เมื่อใส่ขนาดต่ำกว่า 15kW ที่เฟรม	32 ขึ้นไป ไม่เกิน 36
18.5kW	32 ขึ้นไป ไม่เกิน 36
22kW	36 ขึ้นไป ไม่เกิน 40
30kW	44 ขึ้นไป ไม่เกิน 48
37kW, 75kW	48 ขึ้นไป ไม่เกิน 52
45kW, 90kW	52 ขึ้นไป ไม่เกิน 58
55kW, 110kW	58 ขึ้นไป ไม่เกิน 64
132kW	44 ขึ้นไป ไม่เกิน 48X2



หมายเหตุ) 1. ถ้าเป็นรุ่นมาตรฐานขนาดต่ำกว่า 55 kW ทั้งรุ่น 200V และรุ่น 400V จะมีขนาดมิติเหมือนกันแต่ขนาด 75 kW ขึ้นไป จะแสดงของรุ่น 400V

2. เบอร์เฟรมต่ำกว่า 160L จะเป็นมาตรฐานเบอร์เฟรม 180 M ขึ้นไปจะเป็นมาตรฐานเอ้าท์พุต

23. ตัวอักษร/วัสดุป้ายแสดง

(1) ถึงจะไม่มีการระบุกำหนด ก็จะมีการติดป้ายแสดงดังต่อไปนี้เป็นมาตรฐาน

ตาราง 23.1

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">ประเภท</th><th colspan="3">มาตรฐาน</th><th rowspan="2">อธิบาย</th><th rowspan="2">วัสดุคุณสมบัติเปลี่ยนรูป</th></tr>
<tr><th>อักษร</th><th colspan="2">วัสดุ</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">ป้ายแสดงคุณสมบัติ</td><td rowspan="2">อังกฤษ</td><td>หุ้มปิด 55kW ลงมา</td><td>Polyolefin พิเศษ</td><td rowspan="2">แสดงคุณสมบัติต่างๆ ที่มี เช่น แบบชนิด เอาท์พุต จำนวนโพลอัตรา แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟ เป็นต้น</td><td rowspan="2">อลูมิเนียม สเตนเลส</td></tr>
<tr><td>หุ้มปิด 75kWขึ้นไป</td><td>อลูมิเนียม สเตนเลส</td></tr>
<tr><td colspan="2">ป้ายแสดงวิธีเชื่อมต่อ</td><td>อังกฤษ</td><td colspan="2">อลูมิเนียมหรือกระดาษอาร์ต</td><td>เมื่อมีการแสดงวิธีต่อสาย ของขั้วต่อสาย หรือมีการสตาร์ทแบบ Y-Δ แบบแรงดันไฟฟ้า 2 แหล่งเป็นต้น</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ป้ายสำรอง</td><td>ตัวอักษร</td><td>รูป</td><td colspan="2">โพลีเอสเธอร์
อลูมิเนียม
สเตนเลส</td><td>เมื่อมีการแสดงทิศทางการหมุน มีการกำหนดทิศทางของใบพัดด้านนอก</td><td>สเตนเลส</td></tr>
<tr><td>ป้ายแสดงการรับรอง</td><td>ญี่ปุ่น</td><td colspan="2">สเตนเลส</td><td>ใช้แสดงมาตรฐานข้อบังคับ เช่น มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด โดยแสดงตามที่กฎหมายกำหนด</td><td>สเตนเลส</td></tr>
<tr><td>ป้ายแสดงข้อควรระวัง</td><td>ญี่ปุ่น</td><td colspan="2">กระดาษอาร์ต
อลูมิเนียม
สเตนเลส</td><td>ป้ายแสดงการอัดจาระบี หรือมีอุปกรณ์ประเภทหยุดเพลา เป็นต้น</td><td>–</td></tr>
</table>

ถ้าต้องการคุณสมบัติเปลี่ยนรูป ให้ระบุจากตาราง 23.2

ตาราง 23. 2 คุณสมบัติตัวอักษร

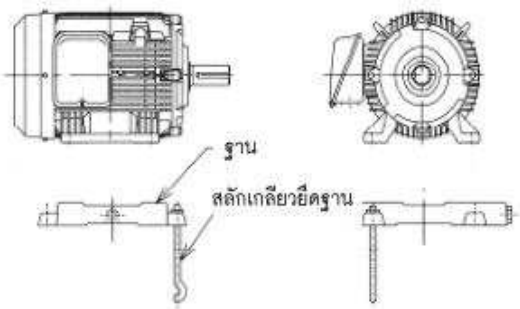
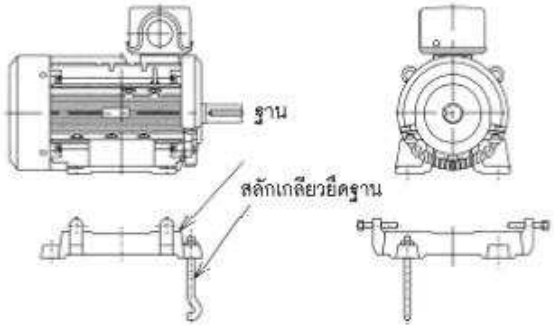
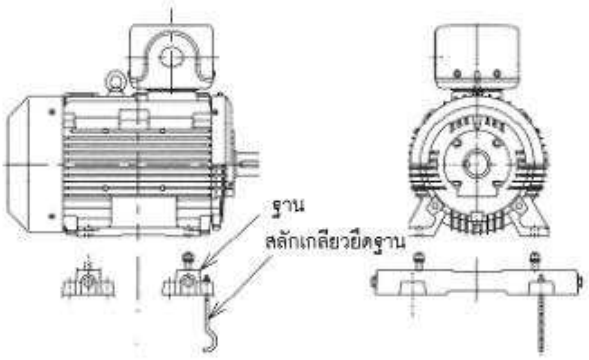
	ไม่ระบุ	ญี่ปุ่น	อังกฤษ	รัสเซีย
ป้ายแสดงคุณสมบัติ	อังกฤษ	ญี่ปุ่น	อังกฤษ	รัสเซีย
ป้ายแสดงวิธีเชื่อมต่อ	อังกฤษ	ญี่ปุ่น	อังกฤษ	รัสเซีย
ป้ายสำรอง	ญี่ปุ่น	ญี่ปุ่น	อังกฤษ	รัสเซีย

(2) สามารถกำหนดระบุป้ายแสดงดังต่อไปนี้ได้

	ประเภท	วัสดุ	อธิบาย
สำรอง	ป้ายอักษร	อลูมิเนียมหรือกระดาษอาร์ต	เมื่อมีการแสดงทิศทางการหมุนทิศทางใบพัดด้านนอก ถึงไม่มีการระบุก็จะติดมาให้ด้วย
	ป้ายแสดงน้ำหนัก	อลูมิเนียมหรือกระดาษอาร์ต	แสดงน้ำหนัก

24. ฐานติดตั้งมอเตอร์

สามารถระบุสั่งฐาน และสลักเกลียวยึดฐานเพิ่มเติมได้

B-132M ลงมา	 รูป 24.1
B-160M - B-200L	 รูป 24.2
BR-225 ขึ้นไป	 รูป 24.3

หมายเหตุ) นอกเหนือจากฐานและสลักเกลียวยึดฐานแล้ว จะเป็นรูปอ้างอิง ลักษณะรูปร่างของมอเตอร์จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดเอ๊าท์พุต ซึ่งอาจไม่เหมือนในรูปได้

ตาราง 24.1 การใช้ฐานของมอเตอร์มาตรฐาน

ขนิดหุ้มปิดมีดใบพัดระบาย (kW)			ขนิดป้องกันละออง (kW)			ชื่อฐานที่ใช้	หมายเลขรูปภาพ
2 โพล	4 โพล	6 โพล	2 โพล	4 โพล	6 โพล		
0.2	0.2	–	–	–	–	B-200HK	รูป 24.1
0.4	0.4	–	–	–	–	B-71	
0.75	0.75	0.4	–	–	–	B-80	
1.5, 2.2	1.5	0.75	–	–	–	B-90L	
–	2.2	1.5	–	–	–	B-100L	
3.7	3.7	2.2	–	–	–	B-112M	
5.5, 7.5	5.5	3.7	–	–	–	B-132S	
–	7.5	5.5	–	–	–	B-132M	
–	11	7.5	–	–	–	B-160M	รูป 24.2
–	15	11	–	–	–	B-160L	
–	18.5, 22	15	–	22, 30	15, 18.5	B-180M	
–	30	18.5, 22	–	37, 45	22, 30	B-180L	
–	–	–	–	55	37, 45	B-200M	
–	37, 45	30, 37	–	–	–	B-200L	
–	55	45	–	75, 90	55, 75	BR-225	รูป 24.3
–	75, 90	55, 75	–	110, 132	90, 110	BR-2528	
–	110, 132	90, 110	–	–	132		
–	–	132	–	–	–	BR-3135	
–	–	–	–	–	–		

25. สีทา

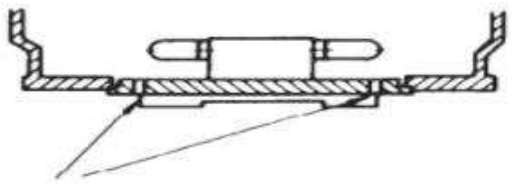
1. สีมาตรฐานของมอเตอร์ฮิตาชิจะเป็นรีเกลเกร (มันเซล 8.5Y5.1/0.3 (ค่าอ้างอิง) นอกจากนี้ ยังสามารถกำหนดระบุสีทาชนิดพิเศษได้
2. ในการระบุสีทา จะสะดวกมากถ้าใช้หมายเลขสีของเอกสารตัวอย่างสีมาตรฐาน ของสมาคมอุตสาหกรรมวัสดุทาสีญี่ปุ่น อย่างไรก็ตามการปรับสีทาอาจไม่ตรงสี ในปัจจุบันได้ ถ้าต้องการให้มีสีเดียวกันกับเครื่องจักร ขอแนะนำให้ทำการต่อมอเตอร์เข้ากับเครื่องจักรให้เสร็จก่อนจากนั้นจึงทำการทาสีไปพร้อมกัน
3. เมื่อจะระบุสีทา ถ้าใช้แผ่นสีตัวอย่าง จะทำให้การปรับสีทำได้อย่างถูกต้อง
4. นอกจากสีมาตรฐานแล้ว ยังสมารถทาสีร่วมกับสารประเภทกรดพาทลิก ฟินอล อะคริลิกเรซินได้ ในกรณีเช่นนี้ให้ทำการตรวจสอบส่วนหน้า และให้กำหนดระบุด้วย

26. รูระบาย

ทำไมรูระบายถึงจำเป็น

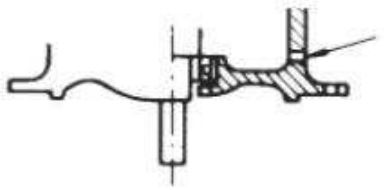
ที่การป้องกันความชื้นประเภท 1 ความชื้นสัมพันธ์รอบบริเวณมอเตอร์ตามปกติจะมีค่าใกล้เคียง 100% ซึ่งอาจทำให้เกิดการรวมตัวเป็นหยดน้ำที่ปลายขดลวดได้ มอเตอร์สำหรับกระบวนที่ใช้น้ำยาขัดประเภท 1, ประเภท 2 ในระหว่างที่ใช้น้ำน้ำยาขัด อาจมีน้ำยาขัดบางส่วนกระเด็นเข้าไปภายในมอเตอร์ ดังนั้นจึงมีการเตรียมรูระบายตรงส่วนด้านล่างของมอเตอร์ และนานๆ ครั้งจะทำการถอดปลั๊กออก เพื่อเป็นการระบายน้ำเพื่อไม่ให้กลายเป็นน้ำแข็ง อย่างไรก็ตามก็จะเกิดความยุ่งยากขึ้น ดังนั้นจะมีการเปิดรูระบายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5mm ซึ่งจะเป็นการทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภายนอกมอเตอร์เท่ากัน ส่งผลให้ไม่เกิดน้ำแข็งรวมทั้งสามารถระบายน้ำออกจากส่วนภายในของมอเตอร์ได้

แบบแนวนอน



2 จุดที่ส่วนด้านล่างโครงเสื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูระบาย ϕ5

แบบแนวตั้ง



3 จุดที่ส่วนด้านล่างของเอ็นด์แบร็กเก็ต

โมเดลที่มีการทำรูระบายไว้เป็นมาตรมีดังนี้

(ถึงไม่ระบุก็จะทำเอาไว้)

(1) แบบหุ้มปิดมีใบพัดระบาย กรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์ประเภท 1

(2) แบบหุ้มปิดมีใบพัดระบาย กรรมวิธีทนต่อน้ำยาขัดประเภท 1 และประเภท 2

ถ้าต้องการรูระบายสำหรับโมเดลอื่นๆ ให้ทำการกำหนดระบุ

5 ส่วนรายละเอียดข้อมาตรฐานข้อบังคับ

1. ค่าประสิทธิภาพ 254

2. คุณลักษณะทอร์ก 257

3. ระดับเสียงรบกวน 258

4. เอ๊าท์พุตและการเลือกใช้เบอร์เฟรม 259

5. วิธีติดตั้งมอเตอร์ 260

6. การเปลี่ยนเป็นระบบหน่วยสากล 262

1 ค่าประสิทธิภาพ (JIS C 4210, JIS C 4212, IEC 60034-20)

1-1 มอเตอร์มาตรฐาน (JIS C 4210-2001)

ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์มาตรฐาน จะกำหนดโดย JIS C 4210-2001 (มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟส ความดันต่ำใช้งานทั่วไป) ที่เอ๊าท์พุตอัตรา จะมีค่าตัวเลขมากกว่าที่แสดงในตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์มาตรฐาน (หน่วย : %)

เอ๊าท์พุตอัตรา kW	มอเตอร์แบบหุ้มปิด			มอเตอร์แบบมีการป้องกัน		
	จำนวนโพล			จำนวนโพล		
	2	4	6	2	4	6
0.2	54.5	56.0	-	-	-	-
0.4	62.0	63.5	62.0	-	-	-
0.75	68.0	69.5	68.0	68.0	69.5	68.0
1.5	74.5	75.5	74.5	74.5	75.5	74.5
2.2	77.0	78.5	77.0	77.0	78.5	77.0
3.7	80.0	81.0	80.0	80.0	81.0	80.0
5.5	82.0	82.5	82.0	82.0	82.5	82.0
7.5	83.0	83.5	83.0	83.0	83.5	83.0
11	84.0	84.5	84.0	84.0	84.5	84.0
15	85.0	85.5	84.5	85.0	85.5	84.5
18.5	85.5	86.0	85.0	85.5	85.5	85.0
22	86.0	86.5	85.5	86.0	86.0	85.5
30	86.5	87.0	86.0	86.5	86.5	86.0
37	87.0	87.5	86.5	87.0	87.0	86.5

1-2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (JIS C 4212-2000)

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะกำหนดโดย (มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกความดันต่ำ 3 เฟส ความดันต่ำใช้งานทั่วไป) เอ๊าท์พุตอัตรา จะมีค่าตัวเลขมากกว่าที่แสดงในรารัง 1.2

ตาราง 1.2 ค่าประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (มอเตอร์แบบหุ้มปิด) (วิธีโหลดจริง : %)

เอ๊าท์พุตอัตรา kW	จำนวนโพล	2		4		6	
	ความถี่	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz
	แรงดันไฟฟ้า	200V หรือ 400V	220V หรือ 400V	200V หรือ 400V	220V หรือ 400V	200V หรือ 400V	220V หรือ 400V
0.2		70.0	71.0	72.0	74.0	-	-
0.4		76.0	77.0	76.0	78.0	73.0	76.0
0.75		77.5	78.5	80.5	82.5	78.5	80.0
1.5		83.0	84.0	82.5	84.0	83.0	84.5
2.2		84.5	85.5	85.5	87.0	84.5	86.0
3.7		87.0	87.5	86.0	87.5	86.0	87.0
5.5		88.0	88.5	88.5	89.5	88.0	89.0
7.5		88.5	89.0	88.5	89.5	88.5	89.5
11		90.0	90.2	90.2	91.0	89.5	90.2
15		90.0	90.2	90.6	91.0	89.5	90.2
18.5		90.6	91.0	91.7	92.4	91.0	91.7
22		91.0	91.0	91.7	92.4	91.0	91.7
30		91.4	91.7	92.4	93.0	91.7	92.4
37		92.1	92.4	92.4	93.0	91.7	92.4
45		92.4	92.7	92.7	93.0	92.4	93.0
55		92.7	93.0	93.3	93.6	93.3	93.6
75		93.6	93.6	94.1	94.5	93.6	94.1
90		94.3	94.5	94.1	94.5	93.9	94.1
110		94.3	94.5	94.1	94.5	94.5	95.0
132		94.8	95.0	94.5	95.0	94.5	95.0
160		94.8	95.0	94.8	95.0	94.5	95.0

หมายเหตุ 1) ค่าประสิทธิภาพของ 200V 60Hz ไม่มีการกำหนดเอาไว้แต่โดยทั่วไปจะต่ำลงไปเล็กน้อยเมื่อเทียบ 220V 60Hz

หมายเหตุ 2) วิธีคำนวณคุณลักษณะของประสิทธิภาพ จะใช้วิธีโหลดจริง (Real Load Method)

1-3 คลาสประสิทธิภาพของมาตรฐานข้อบังคับ (IEC 60034-30 : 2008)

เพื่อการปรับมาตรฐานข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับคลาสประสิทธิภาพของแต่ละประเทศทั่วโลกให้เป็นไปในแนวทิศทางเกี่ยวกัน จึงได้มีการจัดทำ IEC6003434-30 : 2008 (คลาสประสิทธิภาพของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระจอก 3 เฟสความเร็วเดียว (รหัส IE) ขึ้นมาในปี 2008 คลาสจะแบ่งออกได้ 3 ประเภทดังต่อไปนี้ โดยมีมาตรฐานข้อบังคับค่าประสิทธิภาพแต่ละวัน)

มาตรฐานข้อบังคับนี้มีแผนที่จะทำเป็นมาตรฐานข้อบังคับ JIS

รหัส IE	ประเภท
IE 1	ประสิทธิภาพมาตรฐาน
IE 2	ประสิทธิภาพสูง
IE 3	ประสิทธิภาพพรีเมี่ยม

(1) ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพมาตรฐาน (IE1)

ตาราง 1.3 ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพมาตรฐาน (IE1) 50Hz

หน่วย : %

เอ้าท์พุตอัตรา PN (kW)	จำนวนโพล		
	2	4	6
0.75	72.1	72.1	70.0
1.1	75.0	75.0	72.9
1.5	77.2	77.2	75.2
2.2	79.7	79.7	77.7
3	81.5	81.5	79.7
4	83.1	83.1	81.4
5.5	84.7	84.7	83.1
7.5	86.0	86.0	84.7
11	87.6	87.6	86.4
15	88.7	88.7	87.7
18.5	89.3	89.3	88.6
22	89.9	89.9	89.2
30	90.7	90.7	90.2
37	91.2	91.2	90.8
45	91.7	91.7	91.4
55	92.1	92.1	91.9
75	92.7	92.7	92.6
90	93.0	93.0	92.9
110	93.3	93.3	93.3
132	93.5	93.5	93.5
160	93.8	93.8	93.8
200~375	94.0	94.0	94.0

ตาราง 1.4 ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพมาตรฐาน (IE1) 60Hz

หน่วย : %

เอ้าท์พุตอัตรา PN (kW)	จำนวนโพล		
	2	4	6
0.75	77.0	78.0	73.0
1.1	78.5	79.0	75.0
1.5	81.0	81.5	77.0
2.2	81.5	83.0	78.5
3.7	84.5	85.0	83.5
5.5	86.0	87.0	85.0
7.5	87.5	87.5	86.0
11	87.5	88.5	89.0
15	88.5	89.5	89.5
18.5	89.5	90.5	90.2
22	89.5	91.0	91.0
30	90.2	91.7	91.7
37	91.5	92.4	91.7
45	91.7	93.0	91.7
55	92.4	93.0	92.1
75	93.0	93.2	93.0
90	93.0	93.2	93.0
110	93.0	93.5	94.1
150	94.1	94.5	94.1
185~375	94.1	94.5	94.1

(2) ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพสูง (IE2)

ตาราง 1.5 ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพสูง (IE2) 50Hz

หน่วย : %

เอ้าท์พุตอัตรา PN (kW)	จำนวนโพล		
	2	4	6
0.75	77.4	79.6	75.9
1.1	79.6	81.4	78.1
1.5	81.3	82.8	79.8
2.2	83.2	84.3	81.8
3	84.6	85.5	83.3
4	85.8	86.6	84.6
5.5	87.0	87.7	86.0
7.5	88.1	88.7	87.2
11	89.4	89.8	88.7
15	90.3	90.6	89.7
18.5	90.9	91.2	90.4
22	91.3	91.6	90.9
30	92.0	92.3	91.7
37	92.5	92.7	92.2
45	92.9	93.1	92.7
55	93.2	93.5	93.1
75	93.8	94.0	93.7
90	94.1	94.2	94.0
110	94.3	94.5	94.3
132	94.6	94.7	94.6
160	94.8	94.9	94.8
200~375	95.0	95.1	95.0

ตาราง 1.6 ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพสูง (IE2) 60Hz

หน่วย : %

เอ้าท์พุตอัตรา PN (kW)	จำนวนโพล		
	2	4	6
0.75	75.5 a)*	82.5	80.0
1.1	82.5	84.0	85.5
1.5	84.0	84.0	86.5
2.2	85.5	87.5	87.5
3.7	87.5	87.5	87.5
5.5	88.5	89.5	89.5
7.5	89.5	89.5	89.5
11	90.2	91.0	90.2
15	90.2	91.0	90.2
18.5	91.0	92.4	91.7
22	91.0	92.4	91.7
30	91.7	93.0	93.0
37	92.4	93.0	93.0
45	93.0	93.6	93.6
55	93.0	94.1	93.6
75	93.6	94.5	94.1
90	94.5	94.5	94.1
110	94.5	95.0	95.0
150	95.0	95.0	95.0
185~375	95.4	95.4 b)	95.0

(3) ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพพรีเมี่ยม (IE3)

ตาราง 1.7 ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพพรีเมี่ยม (IE3) 50Hz

หน่วย : %

เอ้าท์พุตอัตรา PN (kW)	จำนวนโพล		
	2	4	6
0.75	80.7	82.5	78.9
1.1	82.7	84.1	81.0
1.5	84.2	85.3	82.5
2.2	85.9	86.7	84.3
3	87.1	87.7	85.6
4	88.1	88.6	86.8
5.5	89.2	89.6	88.0
7.5	90.1	90.4	89.1
11	91.2	91.4	90.3
15	91.9	92.1	92.1
18.5	92.4	92.6	91.7
22	92.7	93.0	92.2
30	93.3	93.6	92.9
37	93.7	93.9	93.3
45	94.0	94.2	93.7
55	94.3	94.6	94.1
75	94.7	95.0	94.6
90	95.5	95.2	94.9
110	95.2	95.4	95.1
132	95.4	95.6	95.4
160	95.6	95.8	95.6
200~375	95.8	96.0	95.8

ตาราง 1.8 ประสิทธิภาพเป็นทางการของประสิทธิภาพพรีเมี่ยม (IE3) 60Hz

หน่วย : %

เอ้าท์พุตอัตรา PN (kW)	จำนวนโพล		
	2	4	6
0.75	77.0 a)	85.5	82.5
1.1	84.0	86.5	87.5
1.5	85.5	86.5	88.5
2.2	86.5	89.5	89.5
3.7	88.5	89.5	89.5
5.5	89.5	91.7	91.0
7.5	90.2	91.7	91.0
11	91.0	92.4	91.7
15	91.0	93.0	91.7
18.5	91.7	93.6	93.0
22	91.7	93.6	93.0
30	92.4	94.1	94.1
37	93.0	94.5	94.1
45	93.6	95.0	94.5
55	93.6	95.4	94.5
75	94.1	95.4	95.0
90	95.0	95.4	95.0
110	95.0	95.8	95.8
150	95.4	96.2	95.8
185~375	95.8	96.2	95.8

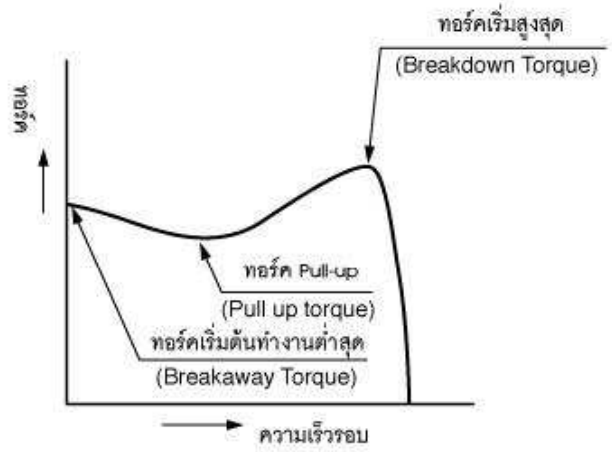
2. คุณลักษณะทอร์ค (JIS C 4210-2001)

คุณลักษณะทอร์คของคุณสมบัติมาตรฐานจะกำหนดใน โดยมีค่าตามแสดงในตาราง 2.1 (ทอร์คเริ่มต้นทำงานต่ำสุด ทอร์ค Pull-up และทอร์คสูงสุดจะมีการกำหนดไว้ในที่นี้)

ตาราง 2. 1 คุณลักษณะทอร์คของมอเตอร์

เอ๊าท์พุต อัตรา kW	เทียบกับทอร์คอัตรา								
	2 โพล			4 โพล			6 โพล		
	ทอร์คเริ่มต้นทำงานต่ำสุด	ทอร์ค Pull-up	ทอร์คเริ่มสูงสุด	ทอร์คเริ่มต้นทำงานต่ำสุด	ทอร์ค Pull-up	ทอร์คเริ่มสูงสุด	ทอร์คเริ่มต้นทำงานต่ำสุด	ทอร์ค Pull-up	ทอร์คเริ่มสูงสุด
0.2	1.9	1.3	2.0	2.0	1.4	2.0	–	–	–
0.25	1.9	1.3	2.0	2.0	1.4	2.0	–	–	–
0.37	1.9	1.3	2.0	2.0	1.4	2.0	–	–	–
0.4	1.9	1.3	2.0	2.0	1.4	2.0	1.7	1.2	1.7
0.55	1.9	1.3	2.0	2.0	1.4	2.0	1.7	1.2	1.7
0.75	1.8	1.2	2.0	1.9	1.3	2.0	1.7	1.2	1.8
1.1	1.8	1.2	2.0	1.9	1.3	2.0	1.6	1.1	1.9
1.5	1.8	1.2	2.0	1.9	1.3	2.0	1.6	1.1	1.9
2.2	1.7	1.1	2.0	1.8	1.2	2.0	1.6	1.1	1.9
3.7	1.6	1.1	2.0	1.7	1.2	2.0	1.5	1.1	1.9
5.5	1.5	1.0	2.0	1.6	1.1	2.0	1.5	1.1	1.9
7.5	1.5	1.0	2.0	1.6	1.1	2.0	1.5	1.1	1.8
11	1.4	1.0	2.0	1.5	1.1	2.0	1.4	1.0	1.8
15	1.4	1.0	2.0	1.5	1.1	2.0	1.4	1.0	1.8
18.5	1.3	0.9	1.9	1.4	1.0	1.9	1.4	1.0	1.8
22	1.3	0.9	1.9	1.4	1.0	1.9	1.4	1.0	1.8
30	1.2	0.9	1.9	1.3	1.0	1.9	1.3	1.0	1.8
37	1.2	0.9	1.9	1.3	1.0	1.9	1.3	1.0	1.8

หมายเหตุ) เอ๊าท์พุตอัตรา 0.2kW, 0.25kW, 0.37kW, 0.4kW และ 0.55kW จะมีเฉพาะมอเตอร์ IP4X เท่านั้น (ชนิดหุ้มปิด)



รูป 2.1 อธิบายคำศัพท์คุณลักษณะทอร์ค

3. ระดับเสียงรบกวน (JEM1313)

JEM1313 (ระดับเสียงรบกวนของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบนำแบบกรงกระรอก 3 เฟสความดันต่ำใช้งานทั่วไป) มาตรฐานข้อบังคับระดับเสียงรบกวน จะแสดงค่าในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ระดับเสียงรบกวน

หน่วย d B (คุณลักษณะ A)

เอ้าท์พุตอัตรา	ชนิดหุ้มปิด				ชนิดป้องกัน			
kW	2 โพล	4 โพล	6 โพล	8 โพล	2 โพล	4 โพล	6 โพล	8 โพล
0.2	66	59	–	–	–	–	–	–
0.4	69	61	60	–	–	–	–	–
0.75	73	63	61	–	63	58	58	–
1.5	75	67	61	–	67	58	58	–
2.2	77	68	63	–	68	62	60	–
3.7	80	72	65	–	71	65	62	–
5.5	83	74	68	–	75	67	64	–
7.5	84	77	70	–	76	69	67	–
11	87	78	72	–	78	72	69	–
15	87	82	74	–	80	74	72	–
18.5	90	82	77	–	82	76	74	–
22	90	82	79	–	86	76	74	–
30	91	84	81	77	88	79	77	75
37	91	85	81	77	88	79	77	75
45	93	86	83	79	90	82	80	76
55	93	86	83	79	90	82	80	76
75	94	89	86	82	92	85	82	79
90	94	89	86	82	92	85	82	79
110	94	89	86	82	92	85	82	79
132	95	92	87	–	93	87	84	–
160	95	92	87	–	93	87	84	–
200	95	92	–	–	94	88	–	–

4. เอ๊าท์พุตและการเลือกใช้เบอร์เฟรม (JEM1400)

ใน JEM1400 (ขนาดมิติของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟสความดันต่ำใช้งานทั่วไป) จะมีการกำหนดมาตรฐานการประยุกต์ใช้เอ๊าท์พุตของมอเตอร์มาตรฐานกับขนาดมิติและเบอร์เฟรมอยู่ การเลือกใช้เบอร์เฟรมของแต่ละเอ๊าท์พุตจะแสดงในตาราง 4.1 และ 4.2

นอกจากนี้แล้ว ใน JIS C 4210 (มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟสคำดันต่ำใช้งานทั่วไป) 37kW มอเตอร์มาตรฐานขนาดต่ำกว่า 37kW การประยุกต์ใช้เอ๊าท์พุตกับเครื่องหมายขนาดมิติ และเบอร์เฟรม จะเหมือนกับมาตรฐานข้อบังคับของ JEM1400

ตาราง 4.1 การใช้เบอร์เฟรมของมอเตอร์แบบหุ้มปิด

เบอร์เฟรม	เอ๊าท์พุตอัตรา			
	2 โพล	4 โพล	6 โพล	8 โพล
63M	0.2	0.2	-	-
71M	0.4	0.4	-	-
80M	0.75	0.75	0.4	-
90M	1.5 2.2	1.5	0.75	-
100L	-	2.2	1.5	-
112M	3.7	3.7	2.2	-
132S	5.5 7.5	5.5	3.7	-
132M	-	7.5	5.5	-
160M	11 15	11	7.5	-
160L	18.5	15	11	-
180M	22	18.5 22	15	-
180L	30	30	18.5 22	-
200L	37 45	37 45	30 37	-
225S	55	55	45	30
250S	75	75	55	37
250M	90	90	75	45
280S	110	110	90	55
280M	132	132	110	75
315S	160	160	132	90
315M	200	200	160	110

ตาราง 4.2 การใช้เบอร์เฟรมของมอเตอร์แบบมีการป้องกัน

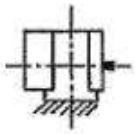
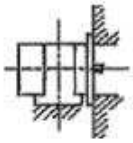
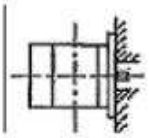
เบอร์เฟรม	เอ๊าท์พุตอัตรา			
	2 โพล	4 โพล	6 โพล	8 โพล
80M	0.75	0.75	-	-
90M	1.5 2.2	1.5	0.75	-
100L	-	2.2	1.5	-
112M	3.7	3.7	2.2	-
132S	5.5 7.5	5.5	3.7	-
132M	-	7.5	5.5	-
160M	11 15	15 18.5	7.5	-
160L	18.5 22	15 18.5	11	-
180M	30	22 30	15 18.5	-
180L	37 45	55	22 30	-
200M	55	55	37 45	30
225S	75	75	55	37
225M	90	90	75	45
250S	110	110	90	55
250M	132	132	110	75
280S	160	160	132	90
280M	200	200	160	110

5. วิธีติดตั้งมอเตอร์ (JEM 1408)

เพื่อเป็นการแสดงวิธีติดตั้งของมอเตอร์ให้ถูกต้อง จะได้กำหนดมาตรฐานไว้ใน JEM1408 (แบบโครงสร้างของเครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนทั่วไป และสัญลักษณ์แสดงการติดตั้ง) ตัวอย่างจะแสดงในตาราง 5.1 และตาราง 5.2

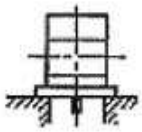
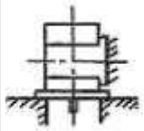
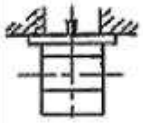
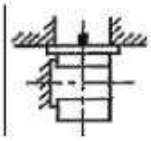
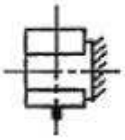
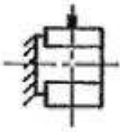
แสดงสัญลักษณ์ของ IEC60034-7 (มี CODE I กับ CODE II)

ตาราง 5.1 แนวการติดตั้ง (แกนแนวนอน)

การติดตั้ง / มาตรฐานข้อบังคับ						
	ติดตั้งบนฐานสิ่งปลูกสร้าง	ติดตั้งบนฐานสิ่งปลูกสร้างด้วยขาติดตั้ง และพร้อมกับมีการติดตั้งหน้าแปลน	ติดตั้งด้วยหน้าแปลน	ติดตั้งกับผนังมองจากด้านต่อเชื่อมขาติดตั้งอยู่ด้านซ้าย	ติดตั้งกับผนังมองจากด้านต่อเชื่อมขาติดตั้งอยู่ด้านขวา	ติดตั้งกับผนังมองจากด้านต่อเชื่อมขาติดตั้งอยู่ด้านบน
JEM 1408	IMB 3	IMB 35	IMB 5	IMB 6	IMB 7	IMB 8
IEC 60034-7	IMB 3	IMB 35	IMB 5	IMB 6	IMB 7	IMB 8
	IM 1001	IM 2001	IM 3001	IM 1051	IM 1061	IM 1071

หมายเหตุ) ส่วนบนของ IEC60034-7 จะเป็น CODE I ส่วนล่างจะเป็น CODE II

ตาราง 5.2 แนวการติดตั้ง (แกนแนวตั้ง)

การติดตั้ง / มาตรฐานข้อบังคับ						
	ติดตั้งส่วนล่างหน้าแปลน	ติดตั้งกับผนังและยังติดตั้งส่วนล่างหน้าแปลน	ติดตั้งส่วนบนหน้าแปลน	ติดตั้งกับผนังและยังติดตั้งส่วนบนหน้าแปลน	ติดตั้งกับผนังแกนชี้ลง	ติดตั้งกับผนังแกนชี้ขึ้น
JEM 1408	IM V_1	IM V_{15}	IM V_3	IM V_{36}	IM V_5	IM V_6
IEC60034-7	IM V_1	IM V_{15}	IM V_3	IM V_{36}	IM V_5	IM V_6
	IM 3011	IM 2011	IM 3031	IM 2031	IM 1011	IM 1031

หมายเหตุ) ส่วนบนของ IEC60034-7 จะเป็น CODE I ส่วนล่างจะเป็น CODE II

• วิธีการติดตั้งและแบบชนิด

สำหรับวิธีการติดตั้งมอเตอร์มาตรฐานใช้งานทั่วไป ถ้าตลับลูกปืนเป็นโมเดลลูกปืนมีซีลต้องระมัดระวังดังต่อไปนี้

1. หลีกเลี่ยงการติดตั้งบนเพดานเพื่อความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการสั่นสะเทือน หรือโมเดลที่มีเอ๊าท์พุตสูงฯลฯ เพราะจะทำให้เกิดปัญหา
2. ถ้ามีการเพิ่มโหลดแรงฉุดที่ไม่ใช่มู่เล่ย์ หรือคับปลิ้งที่ตลับลูกปืนของมอเตอร์แบบแกนชี้ขึ้น หรือกรณีมีการเพิ่มโหลดแรงฉุดที่ไม่ใช่เกียร์ หรือคับปลิ้งที่ตลับลูกปืนของมอเตอร์แบบแกนชี้ลง กรณีแกนชี้ลงต่อด้วยสายพาน จะต้องพิจารณาอายุการใช้งานของตลับลูกปืน นอกจากนี้ ถ้าเป็นแบบแกนชี้ขึ้นแล้วมีเพิ่มโหลดแรงฉุด ก็มีความจะเป็นต้องเปลี่ยนโครงสร้างตลับลูกปืนเล็กน้อย ในกรณีนี้ให้ทำการปรึกษา
3. สำหรับมอเตอร์ชนิดใช้งานนอกตัวอาคาร (IP55) จะมีการสมมุติว่าแกนเอ๊าท์พุตของส่วนโครงสร้างหน้าแปลนรวมอยู่ในตัวเครื่องจักร ดังนั้น ที่ส่วนทะลุผ่านแกนเอ๊าท์พุตจะไม่มีการทำเป็นโครงสร้างป้องกันน้ำ/ป้องกันฝุ่นละอองที่เทียบเท่ากับ IP55 ดังนั้นให้ระมัดระวังในการใช้งาน
4. โครงสร้างป้องกันน้ำ เช่น มอเตอร์ใช้นอกอาคาร เป็นต้น จะมีการจัดทำรูถอดระบายน้ำเอาไว้ให้ด้วย ในการติดตั้งใช้งานที่มีรูปร่างแตกต่างออกไปจากวิธีติดตั้งมาตรฐาน บางครั้งจะต้องเปลี่ยนทิศทางของรูถอดระบายน้ำ ให้ทำการปรึกษาบริษัท
5. การติดตั้งโดยใช้ขาตั้งกับขนาดเบอร์เฟรมมากกว่า 180M ขึ้นไปหรือโมเดลหน้าแปลนติดตั้งเป็นทิศแกนชี้ขึ้น แกนชี้ลง หรือเมื่อติดตั้งบนผนัง พยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้มีการเพิ่มแรงดันที่สลักเกลียวติดตั้งที่ส่วนขาของมอเตอร์ ควรมีอินโลว์ (In-low) หรือตัวช่วยดัน โมเดลของตลับลูกปืนชนิดเปลี่ยนจาระบีได้ จะมีทิศทางการเติมจาระบีแตกต่างกันออกไปตามชนิดแกนแนวนอน หรือแกนแนวตั้ง เนื่องจากมีความจำเป็นจะต้องผลิตพร้อมกับวิธีการติดตั้ง กรณีนี้ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

ประเภทของวิธีการติดตั้งจะแสดงในตาราง 5.1 และ 5.2 นอกจากนี้ โครงสร้างแบบ Drip-Proof จะขึ้นอยู่กับทิศทางการติดตั้งด้วย

6. การเปลี่ยนเป็นระบบหน่วยสากล

6-1 ระบบของหน่วยวัด

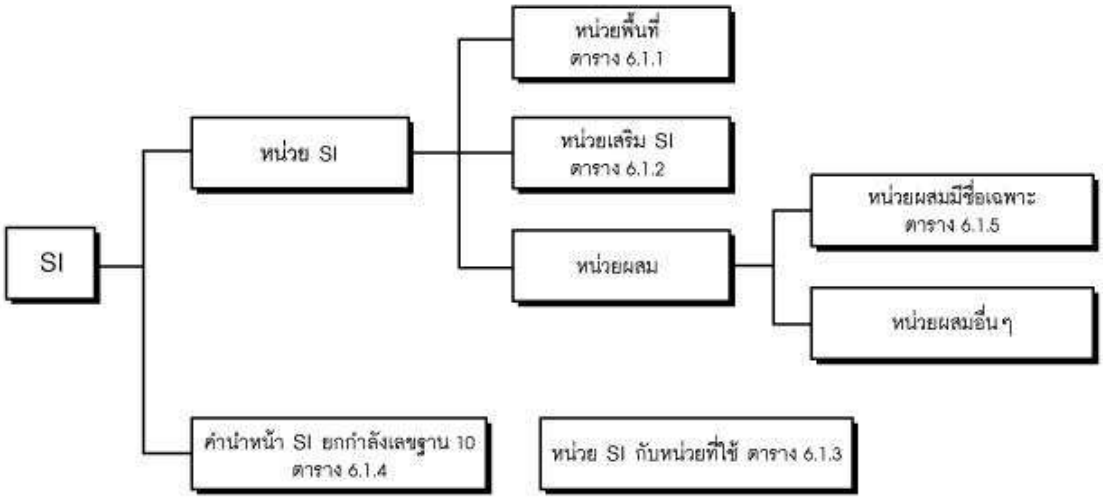
SI : International System of Units

- มาตรฐานข้อบังคับ ที่เกี่ยวข้อง JIS Z 8202

  JIS Z 8203

  จัดทำ ISO 1000 : 1988-07-21

ตาราง 6.1 โครงสร้างของระบบหน่วยวัด



ตาราง 6.1.1 หน่วยพื้นฐาน

หน่วยวัด	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
ความยาว	เมตร	m
น้ำหนัก	กิโลกรัม	kg
เวลา	วินาที	s
กระแสไฟ	แอมป์	A
อุณหภูมิ	องศาเคลวินหรือเซลเซียสหรือองศา	K°C
ปริมาณสาร	โมล	mol
ระดับแสง	แคนเดอลาร์	cd

ตาราง 6.1.2 หน่วยเสริม

หน่วยวัด	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
องศามุม	เรเดียน	rad
มุมทรงบิดิ	Steradian	sr

ตาราง 6.1.3 หน่วย SI กับหน่วยที่ใช้

หน่วยวัด	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
เวลา	นาที ชั่วโมง วัน	min h d
มุมแนวราบ	องศา นาที วินาที	° ' "
ปริมาตร น้ำหนัก	ลิตร ตัน	l, L t

ตาราง 6.1.1 หน่วยพื้นฐาน

เลขยกกำลังหน่วย	คำนำหน้า	
	ชื่อ	สัญลักษณ์
10^{18}	เอกซะ	E
10^{15}	เพตะ	P
10^{12}	เทระ	T
10^{9}	จิกะ	G
10^{6}	เมกะ	M
10^{3}	กิโล	k
10^{2}	เฮกโต	h
10^{1}	เดะคะ	da
10^{-1}	เดซิ	d
10^{-2}	เซนติ	c
10^{-3}	มิลลิ	m
10^{-6}	ไมโคร	μ
10^{-9}	นาโน	n
10^{-12}	พิโค	p
10^{-15}	เฟมโต	f
10^{-18}	อัตโต	a

หมายเหตุ : ต้องปรับตัวเลขให้มีย่านค่า 0.1-1,000 แล้วจึงใช้คำนำหน้า

ตาราง 6.1.5 หน่วยผสมที่มีชื่อเฉพาะ

หน่วย	ชื่อหน่วย	ชื่อหน่วย	เป็นการผสมผสานระหว่างหน่วยพื้นฐานกับหน่วยเสริม หรือผสมผสานกับหน่วยผสมอื่นๆ
ความถี่	เฮิรตซ์	Hz	$1Hz = 1s^{-1}$
แรง	นิวตัน	N	$1N = 1kg \cdot m/s^2$
แรงดัน, แรงเค้น	ปาสคาล	Pa	$1Pa = 1N/m^2$
พลังงาน, งาน, ความร้อน	จูล	J	$1J = 1N \cdot m$
อัตราการทำงาน, อัตรางาน, แรงขับเคลื่อน, แรงงานไฟฟ้า	วัตต์	W	$1W = 1J/s$
ประจุไฟฟ้า, ปริมาณไฟฟ้า	คูลอมบ์	C	$1C = 1A \cdot s$
ศักย์ไฟฟ้า, ความต่างศักย์ไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า, แรงเคลื่อนไฟฟ้า	โวลต์	V	$1V = 1J/C$
ความจุไฟฟ้า, คาปาซิแตนซ์	ฟารัด	F	$1F = 1C/V$
ความต้านทาน (ไฟฟ้า)	โอห์ม	Ω	$1\Omega = 1V/A$
ค่าความนำ (ของไฟฟ้า)	ซีเมนส์	S	$1S = 1\Omega^{-1}$
ฟลักซ์แม่เหล็ก	เวเบอร์	Wb	$1Wb = 1V \cdot s$
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก, ความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก	เทสลา	T	$1T = 1Wb/m^2$
ความเหนี่ยวนำไฟฟ้า	เฮนรี่	H	$1H = 1Wb/A$
อุณหภูมิเซลเซียล	องศาหรือองศาเซลเซียส	°C	$t°C = (t+273.15)k$
วัดปริมาณแสง	ลูเมน	lm	$1lm = 1cd \cdot sr$
ความสว่าง	ลักส์	lx	$1lx = 1lm/m^2$
กัมมันตภาพรังสี	เบ็กเกอเรล	Bq	$1Bq = 1s^{-1}$
การกระจายพลังงานมวล, ปริมาณรังสี	เกร	Gy	$1GY = 1J/kg$
ปริมาณรังสีสมมูล	ซีเวอร์ต	Sy	$1Sv = 1J/kg$

ตาราง 6.2 ตารางการคำนวณเพื่อเป็นหน่วย SI ของหน่วยที่สำคัญ

• แรงดัน

Pa	bar	kgf/cm²	atm	mmH_2O หรือ mmAq	mmHg หรือ Torr
1	1×10^{-5}	$1.019\ 72 \times 10^{-5}$	$9.869\ 23 \times 10^{-6}$	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$	$7.500\ 62 \times 10^{-3}$
1×10^{5}	1	$1.019\ 72$	$9.869\ 23 \times 10^{-1}$	$1.019\ 72 \times 10^{4}$	$7.500\ 62 \times 10^{2}$
$9.806\ 65 \times 10^{4}$	$9.806\ 65 \times 10^{-1}$	1	$9.678\ 41 \times 10^{-1}$	1×10^{4}	$7.355\ 59 \times 10^{2}$
$1.013\ 25 \times 10^{5}$	$1.013\ 25$	$1.033\ 23$	1	$1.033\ 23 \times 10^{4}$	$7.600\ 00 \times 10^{2}$
$9.806\ 65$	$9.806\ 65 \times 10^{-6}$	1×10^{-4}	$9.678\ 41 \times 10^{-6}$	1	$7.355\ 59 \times 10^{-2}$
$1.333\ 22 \times 10^{2}$	$1.333\ 22 \times 10^{-3}$	$1.359\ 51 \times 10^{-3}$	$1.315\ 79 \times 10^{-3}$	$1.359\ 51 \times 10$	1

• แรงเค้น

Pa	MPa หรือ N/mm^2	kgf/mm^2	kgf/cm^2
1	1×10^{-6}	$1.019\ 72 \times 10^{-7}$	$1.019\ 72 \times 10^{-6}$
1×10^{6}	1	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$	$1.019\ 72 \times 10$
$9.806\ 65 \times 10^{6}$	$9.806\ 65$	1	1×10
$9.806\ 65 \times 10^{4}$	$9.806\ 65 \times 10^{-2}$	1×10^{-2}	1

• งาน พลังงาน ความร้อน

J	kW·h	Kgf·m	kcal
1	$2.777\ 78 \times 10^{-7}$	$1.019\ 72 \times 10^{-1}$	$2.388\ 89 \times 10^{-4}$
$3.600\ 00 \times 10^{6}$	1	$3.670\ 98 \times 10^{5}$	$8.600\ 00 \times 10^{2}$
$9.806\ 65$	$2.724\ 07 \times 10^{-6}$	1	$2.342\ 70 \times 10^{-3}$
$4.186\ 05 \times 10^{3}$	$1.162\ 79 \times 10^{-3}$	$4.268\ 58 \times 10^{2}$	1

• อัตรางาน (งาน / แรงขับเคลื่อน) การไหลความร้อน

kW	kgf·m/s	PS	kcal / h
1	$1.019\ 72 \times 10^{2}$	$1.359\ 62$	$8.600\ 00 \times 10^{2}$
$9.806\ 65 \times 10^{-3}$	1	$1.333\ 33 \times 10^{-2}$	$8.433\ 71$
$7.355\ 00 \times 10^{-1}$	$7.500\ 00 \times 10$	1	$6.325\ 29 \times 10^{2}$
$1.162\ 79 \times 10^{-3}$	$1.185\ 72 \times 10^{-1}$	$1.580\ 95 \times 10^{-2}$	1

ตาราง 6.3 การเปลี่ยนหน่วยหลัก ๆ

หน่วย	สัญลักษณ์หน่วยของหน่วยเดิม	หน่วย SI และสัญลักษณ์หน่วยของหน่วยที่ใช้ได้	ค่าการคำนวณ
ความยาว	μ	μm	1μ = 1μm
ค่าความเร่ง	Gal G	m/s^{-1} m/s^{-2}	1Gal = 10^{-2}m/s^2 1G = 9.806 65m/s^2
ความถี่	c/s.c	Hz	1c/s = 1Hz
ความเร็วรอบ/ความเร็วรอบ	rpm	s^{-1} หรือ min^{-1}, r/min, rpm ✱(1)	1rpm = 1min^{-1}
น้ำหนัก มวล ปริมาณการไหลของน้ำหนัก ปริมาณการไหลของมวล ค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ	kgf - kgf/s - kgf/m^3 - m^3/kgf	- kg - kg/s - kg/m^3 m^3/kg	ค่าตัวเลขจะเหมือนกัน ค่าตัวเลขจะเหมือนกัน ค่าตัวเลขจะเหมือนกัน ค่าตัวเลขจะเหมือนกัน
โหลด แรง โมเมนต์ของแรง	kgf kgf dYn kgf·m	N N N N·m	1kgf = 9.806 65N 1kgf = 9.806 65N 1dym = 10^{-5}N 1kgf·m = 9.806 65N·m
แรงดัน	kgf/cm^2 at (ความดันอากาศโรงงาน) atm (ความดันอากาศ) mH_2O, mAq mmHg Torr	Pa หรือ bar ✱(2) Pa Pa Pa Pa Pa	1kgf/cm^2 = 9.806 65x10^4 Pa = 0.980 665 bar 1at = 9.806 65x10^4 Pa 1atm = 1.013 25x10^5 Pa 1mH_2O = 9.806 65x10^3 Pa 1mmHg = 133.322 Pa 1Torr = 133.322 Pa
แรงเค้น สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น	kgf/mm^2P kgf/cm^2P kgf/m^2P	Pa หรือ N/m^{2-1} Pa หรือ N/m^{2-1} Pa หรือ N/m^{2-1}	1kgf/mm^2 = 9.806 65x10^6 Pa = 9.806 65x10^6 Nm^2 1kgf/cm^2 = 9.806 65x10^4 Pa = 9.806 65x10^4 Nm^2 1kgf/m^2 = 9.806 65 Pa = 9.806 65N/m^2 1kgf/cm^2 = 9.806 65x10^4 N/m^2
พลังงาน-งาน	kgf·m erg	J J	1kgf·m = 9.806 65 J 1erg = 10^{-7} J
อัตราส่วน แรงขับเคลื่อน	kgf·m/s PS	W W	1kgf·m/s = 9.806 65 W 1PS = 0.735 5kW
ค่าแรงกระแทก ค่าแรงกระแทก Charpy ค่าแรงกระแทก Izod	$kgf·m/cm^2$ $kgf·m/cm^2$	J/m^2 J/m^2	1$kgf·m/cm^2$ = 9.806 65x10^4 J/m^2 1$kgf·m/cm^2$ = 9.806 65x10^4 J/m^2
ความหนืด ความหนืดจลน์	P St	Pa·s m^2·s	1P = 0.1Pa·s 1St = 10^{-4} m^2/s
อุณหภูมิเทอร์โม ช่วงอุณหภูมิ	°K deg	K K ✱(3)	1° K = 1K 1deg = 1K
ค่าความร้อน ความจุความร้อน ความร้อนจำเพาะ/ความจุความร้อนจำเพาะ เอนโทรปี เอนโทรปีจำเพาะ พลังงานภายใน (เอนโทรปี)	cal cal/°C cal/(kgf·°C) cal/°K cal/(kgf·°K) cal	J1 J/K ✱(3) J/(kg·K) ✱(3) J/K J/(kg·K) J1	1cal = 4.186 05J 1cal/°C = 4.186 05J/K 1cal/(kgf·°C) = 4.186 05J/(kgf·K) 1cal/°K = 4.186 05J/K 1cal/(kg·°K) = 4.186 05J/(kg·K) 1cal = 4.186 05J

หน่วย	สัญลักษณ์หน่วยของหน่วยเดิม	หน่วย SI และสัญลักษณ์หน่วยของหน่วยที่ใช้ได้	ค่าการคำนวณ
พลังงานภายในจำเพาะ (เอนโทรปีจำเพาะ) การไหลของความร้อน ความหนาแน่นการไหลของความร้อน อัตราการถ่ายเทความร้อน สัมปสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	cal/kgf cal/h cal/(hm^2) cal/(hm°C) cal/(hm^2 °C)	J/kg W W/m^2 W/(m·K)✻(3) W/(m^2·K)✻(3)	1cal/kgf = 4.186 05J/kg 1kcal/h = 1.162 79W 1kcal/(h·m^2) = 1.162 79W/m^2 1kcal/(h·m·°C) = 1.162 79W/(m·K) 1kcal/(h·m^2·°C) = 1.162 79W/(m^2·K)
ความแรงของสนามแม่เหล็ก ฟลักซ์ ความหนาแน่นฟลักซ์	Oe Mx Gs, G	A/m Wb T	1Oe = $10^3/(4\pi)$A/m 1MZx = 10^{-8} Wb 1Gs = 10^{-4} T
กัมมันตภาพรังสี, อัตราการสลาย การกระจายพลังงานมวล/ ปริมาณรังสี ปริมาณแสง ปริมาณรังสีสมมูล	Ci ✻(4) rad✻(4) R✻(4) em✻(4)	Bq Gv C/kg Sv	1Ci = 3.7x10^{10}Bq 1rad = 10^{-2} GY 1R = 2.58x10^{-4} C/kg 1rem = 10^{-2} Sv

หมายเหตุ (1) ไม่อยู่ในมาตรฐานข้อบังคับ ISO จึงไม่ใช้เป็นคุณสมบัติสากล
(2) ใช้สำหรับข้อกำหนดสากลในสาขาที่ใช้ bar และสภาพบรรยากาศที่มีความดันสูง
(3) ใช้ "°C" แทน "K" ได้
(4) ในปัจจุบัน เป็นหน่วยที่ใช้ร่วมกับหน่วย SI ได้

หน่วย	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์หน่วย	ค่าในหน่วย SI
(ระบบ CGS) พลังงานของงาน	เอิก	erg	1erg = 10^{-7}J
แรง	ดิน	dyn	1dYn = 10^{-5}N
ความหนืด	ปัวส์	P* (1)	1P = 1dyn·s/cm^2 = 0.1Pa·s
ความหนืดจลน์	สโตรก	St* (1)	1St = 1cm^2/s = 10^{-4}m^2/s
ความหนาแน่นฟลักซ์	เก๊าส์	Gs, G	1Gs = 10^{-4}T
ความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	Oersted	Oe	1Oe = $10^3/(4\pi)$A/m
ฟลักซ์	แมกซ์เวล	Mx	1Mx = 10^{-8}Wb
(ระบบแรงขับเคลื่อน) แรง	กิโลกรัมน้ำหนัก	kgf	1kgf = 9.806 65N
แรงดัน	กิโลกรัมน้ำหนัก ตารางเซนติเมตร	(2) kgf/cm^2	1kgf/cm^2 = 9.806 65x10^4 Pa
(ระบบแท่งน้ำ (ปรอท)) แรงดัน	ทอร์ เมตรแท่งน้ำ มิลลิเมตรแท่งปรอท	Torr mH$_2$O mmHg✻(3)	1Torr = (10^{13}25/760)Pa = 133.322Pa 1mH$_2$O = 9.806 65x10^3 Pa 1mmHg = 1.333 22x10^2 Pa
(ระบบแคลอรี่) ความร้อน	แคลอรี่	cal	1cal = 4.186 05J
(ชื่อเฉพาะ) ความยาว	ไมครอน	μ	1μ = 1μm = 10^{-6}m
ความหนาแน่นฟลักซ์	แกมมา	γ	1γ = 1nT = 10^{-9} T

หมายเหตุ (1) ในมาตรฐานข้อบังคับของ ISO เขียนบอกว่า "**อยู่ในส่วนของระบบ CGS ดังนั้นจึงไม่ควรใช้หน่วย SI**" แต่อย่างไรก็ตาม ในมาตรฐานข้อบังคับ JIS นั้น อนุโลมให้ใช้ได้
(2) สำหรับสเกลวัดหรือคำสั่งเกี่ยวกับระบบความดัน เพื่อเหตุผลด้านความเรียบร้อยและรักษาความปลอดภัย ถ้าหน่วยไหนที่มีความยุ่งยากในการเปลี่ยนเป็นสเกลหน่วย SI เท่านั้นที่ให้ใช้ค่าตามมาตรฐานข้อบังคับนั้นได้
(3) สำหรับสเกลวัดหรือคำสั่งเกี่ยวกับเครื่องวัดความดันเท่านั้นที่ ให้ใช้ค่าตามมาตรฐานข้อบังคับนั้นได้

ตาราง 6.5 อักษรกรีซ

ตัวใหญ่	ตัวเล็ก	วิธีอ่าน	การใช้งานโดยทั่วไป
A	α	อัลฟา	มุม สัมปสิทธิ์ พื้นที่ผิว
B	β	เบตา	มุม สัมปสิทธิ์
Γ	γ	แกมมา	มุม ความถ่วงจำเพาะ อัตราการนำไฟฟ้า
Δ	δ	เดลต้า	การเปลี่ยนค่าเล็กน้อย ความหนาแน่น
E	ε	เอปซิลอน	(อักษรตัวเล็ก) ค่าฐานของลอการิทึมธรรมชาติ = 2. 71828 ค่าต่ำๆ อัตราเหนี่ยวนำ
Z	ζ	ซีตา	(อักษรตัวใหญ่) อิมพีแด้นซ์, แกนตั้งฉาก
H	η	เอตา	(อักษรตัวใหญ่) ค่าสัมประสิทธิ์ Hysteresis, (อักษรตัวเล็ก) ประสิทธิภาพ
Θ	θ	ธีต้า	มุม ความต่างเฟส เวลาคงที่
I	ι	ไอโอตา	
K	κ	แคปปา	(อักษรตัวเล็ก)อัตราเหนี่ยวนำ
Λ	λ	แลมบ์ดา	(อักษรตัวเล็ก)ความยาวคลื่น
M	μ	มิว	(อักษรตัวเล็ก)อัตราการทะลุผ่านของแม่เหล็ก อัตราการขยายของหลอดสุญญากาศ ตัวย่อของไมโคร
N	υ	นิว	(อักษรตัวเล็ก)อัตราการต้านแม่เหล็ก
Ξ	ξ	ไซ	
O	o	โอไมครอน	
Π	π	ไพ	อัตรารอบทรงกลม (3.14159.....)
P	ρ	โร	อัตราความต้านทาน
Σ	σ	ซิกมา	(อักษรตัวใหญ่) แสดงผลรวมของตัวเลข, (อักษรตัวเล็ก) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
T	τ	เทา	เวลาคงที่ ความต่างเฟสเชิงเวลา, ทอร์ค (แรงหมุน)
Y	υ	อุปไซลอน	
Φ	ϕ, φ	ฟี	ฟลั๊กซ์, มุมนำหรือมุมตาม
X	χ	ไค	(อักษรตัวใหญ่) รีแอคแต้นซ์
Ψ	φ	พไซ	อิเล็กทริกสแต็ค ความต่างเฟส ความเร็วมุม
Ω	ω	โอเมก้า	(อักษรตัวใหญ่) สัญลักษณ์หน่วยของโอห์ม, (อักษรตัวเล็ก) ความเร็วมุม = $2\pi f$

ตาราง 6.6 ไฟฟ้า, แม่เหล็ก, แสง, และอื่นๆ

หน่วย	หน่วย	สัญลักษณ์	หน่วย	หน่วย	สัญลักษณ์
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	A	ความจุไฟฟ้าลดิต	ฟาหรัด	F
แรงดันไฟฟ้า	โวลต์	V	สัมปสิทธ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	เฮนรี่	H
ความต้านทานไฟฟ้า	โอห์ม	Ω	ฟลั๊กแม่เหล็ก	เวเบอร์	Wb
อัตราการนำ	โม	℧	ความเข้มฟลั๊กแม่เหล็ก	แอมแปร์ต่อครั้ง	AT/m
ความจุไฟฟ้า	คูลอน	C	Magnetzation Force	ทุกๆ เมตร	A/m
	ตอนอยู่ในหน่วยแอมป์แป	Ah	Magnetomotive Force	แอมแปร์ต่อครั้ง	AT, A
กำลังไฟฟ้า	วัตต์	W	ความถี่	เฮิร์ต	Hz
Active Power	โวลต์*แอมแปร์	VA	ความดังเสียง	ฮอร์น	P
Reactive Power	บาร์	Var	การเพิ่มและลดทอน	เดซิเบล	dB
งานทานไฟฟ้า	จูล	J	ปริมาณแสง	ลูเมน	lm
	เมื่อเป็นวัตต์	Wh	ระดับแสง	แคนเดอลา	cd
			ความสว่าง	ลักส์	LX

ตาราง 6.7 การเปลี่ยนหน่วย

ชื่อหน่วย	หน่วยเดิม	หน่วย SI	การคำนวณค่า
ค่าความเร่ง	G	m/s^2	$1G = 9.806\ 65 m/s^2$
น้ำหนัก	kgf	-	ค่าตัวเลขจะเหมือนกัน
มวล	-	kg	ค่าตัวเลขจะเหมือนกัน
แรง, น้ำหนัก	kgf	N (นิวตัน)	1kgf = 9.80665N
ทอร์ค (โมเมนต์ของแรง)	kgf·m	N·m	1kgf·m = 9.80665N·m
พลังงาน, งาน	kgf·m	J (จูล)	1kgf·m = 9.80665J

6 ส่วนการคำนวณข้อมูลเทคนิค

1. สูตรที่เกี่ยวข้อง 268

2. เวลาเริ่มการทำงานกับโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด 269

3. วิธีเลือกมอเตอร์พร้อมเบรก 272

1. สูตรที่เกี่ยวข้อง

(1) สูตรที่เกี่ยวข้อง

1. 1HP = 0.746kW　　1PS = 0.736kW

2. กระแสไฟ (แอมแปร์) = $\frac{\text{แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)}}{\text{ความต้านทาน (โอห์ม)}}$

3. ค่าประสิทธิภาพ = $\frac{A}{\sqrt{2}}$ 0.707A　　A : ค่าสูงสุด

4. กำลังไฟฟ้า
   - = แรงดันไฟฟ้า x กระแสลลับ　　ไฟฟ้ากระแสตรง
   - = แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟ x ตัวประกอบกำลัง　　1 เฟส
   - = $\sqrt{3}$ x แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟ x ตัวประกอบกำลัง　　3 เฟส

5. ประสิทธิภาพ = $\frac{\text{เอ๊าท์พุต}}{\text{อินพุต}}$ x 100%　　$\frac{\text{อินพุต–การสูญเสีย}}{\text{อินพุต}}$ x 100%

6. ตัวประกอบกำลัง = $\frac{\text{อินพุต}}{\text{กระแสไฟ x แรงดันไฟฟ้า}}$ x 100%　　1 เฟส

   ตัวประกอบกำลัง = $\frac{\text{อินพุต}}{\sqrt{3} \text{ x กระแสไฟ x แรงดันไฟฟ้า}}$ x 100%　　1 เฟส

7. ความรวดเร็ว = $\frac{120 \text{ x f (ความถี่)}}{\text{P (จำนวนโพล)}}$

8. สลิป (%) = $\frac{\text{ความเร็วรอบ–ความเร็วโหลดเต็มพิกัด}}{\text{ความเร็วรอบ}}$ x 100%

	หน่วยเดิม	หน่วย SI
9. กำลังไฟฟ้า : P	P : $1.027 \times T \times N \times 10^{-3}$ (KW) T : ทอร์ค (Kgf•m) N : ความเร็วรอบ (min^{-2})	P : $0.105 \times T \times N \times 10^{-3}$ (KW) T : ทอร์ค (N•m) N : ความเร็วรอบ (min^{-2})
10. ทอร์ค : T	$T = 974 \times \frac{\text{P (กำลังไฟฟ้า)}}{N}$ (Kgf•m)	$T = 9550 \times \frac{\text{P (กำลังไฟฟ้า)}}{N}$ (N•m)
11. เวลาเร่งความเร็ว : ta	$ta = \frac{GD^2 \times N}{375 \times (T_m - T_L)}$ (S) GD^2 : การเอาชนะแรงเฉื่อย (Kgf•m^2) N : ความเร็วรอบ (min^{-2}) T_m : ทอร์คความเร็ว (Kgf•m) T_L : ทอร์คโหลด (Kgf•m)	$ta = \frac{J \times N}{9.55 \times (T_m - T_L)}$ (S) J : โมเมนต์ความเฉื่อย (Kgf•m^2) N : ความเร็วรอบ (min^{-2}) T_m : ทอร์คความเร็ว (N•m) T_L : ทอร์คโหลด (N•m)
12. เวลาลดความเร็ว : tb	$tb = \frac{GD^2 \times N}{375 \times (T_b - T_L)}$ (S) Tb : ทอร์คเบรก (Kgf•m)	$tb = \frac{J \times N}{9.55 \times (T_m - T_L)}$ (S) Tb : ทอร์คเบรก (N•m)

13. โมเมนต์ความเฉื่อย : J　　$J = \frac{1}{4} \cdot GD^2$ (Kg•m^2)

GD^2 : การเอาชนะแรงเฉื่อย (Kg•m^2)

2. เวลาเริ่มการทำงานและโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด

2.1 โมเมนต์ความเฉื่อย J

โมเมนต์ความเฉื่อย J คือความเฉื่อย (การเอาชนะแรงเฉื่อย) ของมอเตอร์และตัวหมุนจะเป็นค่าที่ใช้บอกว่าจะถึงความเร็วสูงสุดได้หรือไม่ เมื่อใช้แรงที่คงที่แรงหนึ่งมาสตาร์ททำงาน ถ้าโมเมนต์ความเฉื่อย J สูง การเพิ่มความเร็วให้ได้ตามที่ต้องการต้องใช้เวลาในระหว่างการเพิ่มความเร็วนี้จะมีปัญหาจากการเพิ่มความร้อนจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในวัตถุตัวนำโรเตอร์ โหลดประเภทโบรเวอร์ เครื่องเพรส ฯลฯ จะมีค่าโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลดสูง ในกรณีนี้ต้องใช้เวลานานในการสตาร์ท หรือหมุนไปกลับ ความถี่การหยุด/สตาร์ทบ่อย ต้องทำการตรวจสอบโมเมนต์ความเฉื่อย J ประกอบการเลือกใช้มอเตอร์เวลาสตาร์ทการสูญเสียตอนสตาร์ทและโมเมนต์ความเฉื่อย J สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

2.2 การคำนวณเวลาสตาร์ท

เวลาที่มอเตอร์ใช้จากตอนเริ่มหมุนจนถึงความเร็วรอบอัตรา (เวลาสตาร์ท) สามารถคำนวณได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$t = \frac{\Sigma J \times N}{9.55\,(T_m - T_L)} \quad (s) \qquad \text{.....(1)}$$

ในที่นี้ T : เวลาสตาร์ท (S)

ΣJ : ผลรวมโมเมนต์ความเฉื่อยJ ของมอเตอร์กับโหลด ($Kg{\cdot}m^2$)

N : ความเร็วรอบอัตราต่อนาที (min^{-1})

Tm : ทอร์คเฉลี่ยของมอเตอร์ตอนเร่งความเร็ว (N·m)

Tl : ทอร์คที่ต้องใช้เฉลี่ยของโหลดตอนเร่งความเร็ว (N·m)

2.3 การคำนวณค่าความร้อนตอนสตาร์ท

$$Q = \frac{1}{182.5}\,\Sigma J{\cdot}N^2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{T_m}{T_m - T_L} \quad (J) \qquad \text{.....(2)}$$

ในที่นี้ Q : ความร้อนตอนสตาร์ท (J)

R_1 : ความเร็วรอบอัตราต่อนาที (Ω)

R_2 : ความต้านทานของโรเตอร์ที่คำนวณจากทางด้านสเตเตอร์ (Ω)

การเพิ่มอุณหภูมิของมอเตอร์ และปริมาณความร้อนเกือบจะเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน หากทำการสตาร์ทบ่อยครั้ง จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น

ในการใช้งานรูปแบบดังกล่าว จำเป็นที่จะต้องเลือกอันที่เหมาะสมต่อระดับการใช้งานดังต่อไปนี้

(1) คลาสทนความร้อนที่สูง

(2) มีการออกแบบมอเตอร์ที่มีค่าความเฉื่อยโมเมนต์ J ต่ำ (ถ้าเทียบโมเมนต์ความเฉื่อยของเครื่องจักรกับโมเมนต์ความเฉื่อย J ของมอเตอร์ แล้วมีค่ามากกว่าอย่างชัดเจน ก็จะไม่มีประโยชน์

(3) ใช้เบอร์เฟรมที่สูง อันที่เพิ่มความจุความร้อนของมอเตอร์

(4) ความต้านทานทุติยภูมิสูง

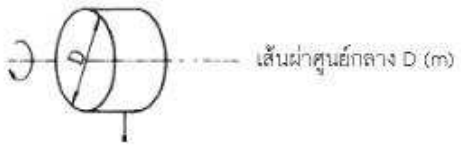
(5) ใช้มอเตอร์ระบายความร้อนอีกตัว

(6) นอกจากที่กล่าวไปในข้างต้นแล้ว กรณีที่มีความถี่การสตาร์ทบ่อย นอกจากจะเกิดความร้อนแล้ว ยังมีผลกระทบทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ และขั้วต่อสั้นลงด้วย

2.4 การคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อย J

(1) กรณีของทรงกลม (รูป 2.1)

โมเมนต์ความเฉื่อย J = 1/8 WD^2 ($kg \cdot m^2$).....(3) (a)

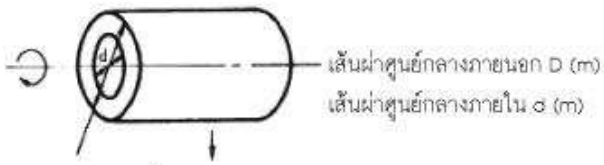


น้ำหนัก W (Kg)

รูป 2.1

(2) กรณีรูปทรงกระบอก (รูป 2.1)

โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด = 1/8 $W(D^2+d^2)$ ($kg \cdot m^2$).....(3)(b)



น้ำหนัก W (Kg)

รูป 2.2

2-5. การคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด กรณีความเร็วรอบต่างออกไป และกรณีเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

(1) กรณีหมุนทำงาน (รูป 2.3)

กรณีความเร็วรอบของโหลดกับความเร็วรอบมอเตอร์ต่างกันออกไป จะคำนวณเป็นเหมือนกันแกนมอเตอร์ธรรมดา สามารถคำนวณได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$J_M = J_L \times \left(\frac{N_L}{N_M}\right)^2 \quad \text{.....(4)}$$

ในที่นี้ J_m : โมเมนต์ความเฉื่อยJ ของโหลดที่คำนวณเป็นแกนมอเตอร์ ($kg \cdot m^2$)

J_L : โมเมนต์ความเฉื่อยJ ของโหลด J($kg \cdot m^2$)

N_m : ความเร็วรอบของมอเตอร์ (min^{-1})

N_L : ความเร็วรอบของแกนมอเตอร์ (min^{-1})

กรณีโหลดดังตัวอย่างรูป 2.3 จะคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อย J ของแกนหมุนแต่ละอันออกมา และนำมาคำนวณรวมกันเป็นค่าของแกนมอเตอร์

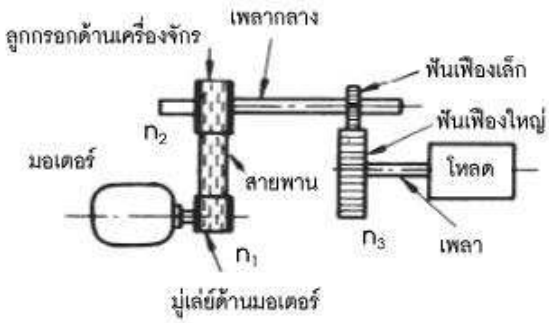
$$J_m = J_1 + \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 J_2 + \left(\frac{n_3}{n_1}\right)^2 J_3 \quad \text{.....(5)}$$

ในที่นี้ JM : ผลรวมโมเมนต์ความเฉื่อยJ ของโหลดที่คำนวณเป็นแกนมอเตอร์ (kg·m²)

J_1 : โมเมนต์ความเฉื่อย J ของมู่เล่ย์จากแกน n_1 (kg)

J_2 : โมเมนต์ความเฉื่อย J ของมู่เล่ย์จากแกน n_2 เพลากลางเป็นเฟืองเล็ก J (kg·m²)

J_3 : โมเมนต์ความเฉื่อย J ของเฟืองใหญ่ที่ได้จากแกน n_3 และโหลด (kg·m²)



รูป 2.3

(2) กรณีเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง (รูป 2.4)

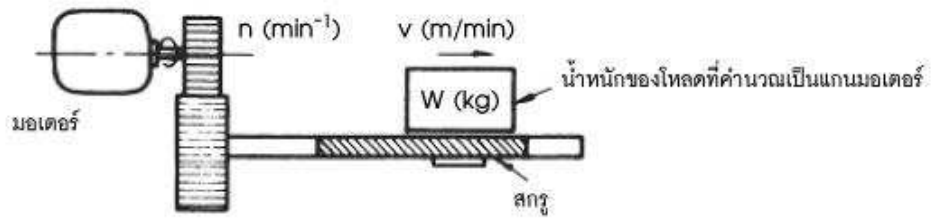
$$J_M = \frac{1}{4\pi^2 n^2} WV^2 \ (kg \cdot m^2) \quad \text{.....(6)}$$

ในที่นี้ J_M : โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลดที่คำนวณเป็นแกนมอเตอร์ J(kg·m²)

W : น้ำหนักโหลด (kg)

V : ความเร็วโหลด (m/min^{-1})

n : ความเร็วรอบของมอเตอร์ (min^{-1})



รูป 2.4

3. วิธีการเลือกมอเตอร์พร้อมเบรก

ในวิธีการเลือกมอเตอร์พร้อมเบรก จะประกอบด้วยวิธีการเลือกจากทอร์คเบรกที่จำเป็นต้องใช้ เวลาการเบรกและระยะเบรก สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

นอกจากนี้ เบรกจะทำงานเมื่อจะหยุดโหลด (ของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย) โดยเบรกแต่ละอันจะมีการกำหนดปริมาณงานที่ทนได้ (ปริมาณเบรกที่ยอมรับได้) ให้ทำการเลือกมอเตอร์พร้อมเบรกที่เหมาะสมที่สุดกับโหลด โดยดูจากความถี่ของการทำงานและโหลดที่ใช้

(1) การคำนวณหาทอร์คที่จำเป็นต้องใช้

- **คำนวณจากทอร์คอัตรา (%) ของมอเตอร์**

$$T_b = \alpha\ T_m = \alpha \times \frac{9.55 \times 10^3 \times P}{N}$$

T_b : ทอร์คเบรก (N·m)

α : การคงสภาพโหลด $\alpha \geq 1.5$, สำหรับทั่วไป = 0.8–1.5

T_M : ทอร์คอัตรา (N·m)

N : ความเร็วรอบ (min^{-1})

P : เอ๊าท์พุตอัตราของมอเตอร์ (kW)

หมายเหตุ) ตั้งแต่ตรงนี้ไปจะไม่ขออธิบายสัญลักษณ์ที่เหมือนกัน

- **คำนวณเวลาหยุด**

$$T_b = \frac{\Sigma J \times N}{9.55 \times t_b} \pm T_L$$

ΣJ : ผลรวมของโมเมนต์ความเฉื่อย J ที่คำนวณเป็นแกนมอเตอร์ ($kg \cdot m^2$)

t_b : วลาหน่วงหยุดการเบรก (S)

T_L : ทอร์คเบรก (N·m)

※ กรณีทอร์คโหลดไปเพิ่มความเร็วให้กับแกนเอ๊าท์พุตของมอเตอร์ เช่นกรณีการม้วนยกลงของเครื่อง Winch ให้คำนวณโดยใช้ + T_L ขึ้นไป

(2) คำนวณเวลาการเบรก

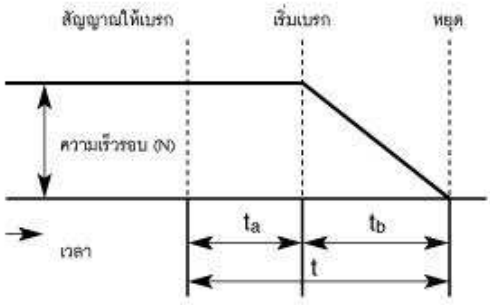
$$t = t_a + t_b$$

$$t_b = \frac{\Sigma J \times N}{9.55 \times (T_b \pm T_L)}$$

t : เวลาการเบรก (S)

t_a : เวลาหน่วงการหยุด (S)

T_L : ทอร์คโหลด (N·m)



หมายเหตุ) 1. กรณีทอร์คไปเพิ่มความเร็วให้กับแกนเอ๊าท์พุตของมอเตอร์ เช่นกรณีการม้วนยกลงของเครื่อง Winch ให้คำนวณโดยใช้ (T_b-T_L)

2. ค่าเวลาหน่วงการเบรก ta ให้ดูอ้างอิงใน "11-5 **วงจรต่อสาย**" หน้า 75

(3) การคำนวณระยะเบรก

$$S = (t_a + \frac{1}{2} \times t_b) \times V$$

S : ระยะเบรก (mm)

V : ความเร็วทำงาน (mm/s)

หมายเหตุ) สมการนี้จะใช้กับการลดความเร็วที่คงที่ เช่น สายพาน รถเข็นทั่วไป เป็นต้น

(4) การคำนวณปริมาณงานเบรก อัตรางานเบรก

- **การคำนวณปริมาณงานเบรก**

$$E_a = \frac{\Sigma J \times N^2}{182} \times \frac{T_b}{T_b \pm T_L}$$

E_a : ปริมาณงานเบรกต่อ 1 ครั้ง (J)

※ กรณีทอร์คโหลดไปเพิ่มความเร็วให้กับแกนเอ้าท์พุตของมอเตอร์เช่นกรณีการม้วนยกลงของเครื่อง Winch ให้คำนวณโดยใช้ + T_L ขึ้นไป

- **การคำนวณอัตรางานเบรก**

$$P_b = \frac{1}{60} \times E_a \times n$$

Pb : อัตรางานเบรก (W)

n : ความถี่การใช้ (ครั้ง/min)

เบรกแต่ละอันจะมีการกำหนดว่าอัตรางานเบรกที่ยอมรับได้ไว้อยู่แล้ว ผลที่ได้รับจากการคำนวณของสูตรข้างต้น ขอให้ได้ต่ำกว่าค่าดังต่อไปนี้ (ให้ดูอ้างอิงในเบรก FA ; ตาราง 11.2 (หน้า 63) เบรก HBA ตาราง 11.4 (หน้า 67) เบรก NA ; ตาราง 11.10 (หน้า 77) นอกจากนี้แล้ว เมื่อปรับให้โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลดเท่ากับโมเมนต์ความเฉื่อยของส่วนมอเตอร์แล้ว ความถี่ที่ยอมรับได้ของส่วนมอเตอร์พร้อมเบรก จะแสดงในตารางดังต่อไปนี้ ให้ทำการเลือกใช้ตามค่าที่เหมาะสม ถ้าค่าความถี่การใช้มากกว่าค่าดังกล่าวนี้ ให้ทำการการติดต่อกับสำนักงานหรือโรงงานผลิต

ตาราง 3.1 ความถี่ที่ยอมรับได้ของมอเตอร์พร้อมเบรก

(ครั้ง/ชั่วโมง)

โมเดล		เอ้าท์พุตมอเตอร์ (kW)									
		0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15
มอเตอร์พร้อมเบรก FA	40% ED	–	900	600	395	–	–	–	–	–	–
	60% ED	–	845	505	320	–	–	–	–	–	–
มอเตอร์พร้อมเบรก HBA	40% ED	300	1,000	800	500	400	250	180	140	★80	★50
★มอเตอร์พร้อมเบรก HBF	60% ED	300	700	800	450	350	210	160	125	★70	★40
มอเตอร์พร้อมเบรก NA	40% ED	–	630	700	395	270	225	–	–	–	–
	60% ED	–	585	630	320	215	185	–	–	–	–
โมเม้นต์ความเฉื่อยของโหลด J(kg·m²)		0.00125 (0.0005)	0.00128	0.00205	0.0045	0.00875	0.0143	0.0325	0.04	0.0875	0.12

หมายเหตุ 1. เป็นค่าของขั้วมอเตอร์ 50 Hz โมเดล 6โพล ก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่กรณี 60Hz จะมีค่าประมาณ 70%

2. ความถี่การใช้เป็นค่ารวมของมอเตอร์และเบรก ดังนั้นเครื่องจักรแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกันออกไป

3. % ED คือค่าอัตราเวลาโหลด เมื่อนำไปใช้งานแบบซ้ำกลับไปมา

4. 11kW, 15kW จะใช้เบรก HBF (★)

1. อัตรางานเบรกที่ยอมรับได้ ต่อ 1 ครั้ง

แม้ความถี่การใช้จะน้อย เช่น เครื่องแรงเหวี่ยง แต่ปริมาณงานเบรกต่อ 1 ครั้งมีมากกว่า ในบางเงื่อนไขการใช้งาน กรณีเบรก FA, เบรก HBA, เบรก HBF, เบรก NA ให้ทำการเลือกเบรก โดยให้ปริมาณงานเบรก ต่อ 1 ครั้ง มีค่ามากกว่า 2 เท่า ของอัตรางานที่ยอมรับได้

(5) การคำนวณอายุ Lining

$$L = \frac{\Sigma E}{E_o}$$

L : จำนวนครั้งอายุ Lining(ครั้ง)

ΣE : อายุ Lining (ปริมาณงานเบรก) (J)

E_o : ปริมาณงานเบรกต่อ 1 ครั้ง (J)

(6) อื่นๆ

• **สภาวะแวดล้อมใช้งาน**

ต้องให้อุณหภูมิรอบบริเวณต่ำกว่า 40°C ความเร่งการสั่นต่ำกว่า 0.5G (4. 9m/s²) ถ้ามีค่าเกินนี้และเป็นสถานที่นำไฟฟ้าได้ หรือมีฝุ่นละออง ทำให้การติดต่อสอบถามเพิ่มเติม ลงมา

• **สถานที่ติดตั้ง**

ให้เลือกสถานที่/พื้นที่ ที่ทำให้สามารถตรวจสอบบำรุงรักษาได้ง่าย หลังติดตั้งใช้งาน อย่างน้อยที่สุดต้องเลือกพื้นที่ที่สามารถเปิดฝาครอบเบรกได้ (สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมให้ดูในแคตาล็อกมอเตอร์พร้อมเบรก)

• **เกี่ยวกับความปลอดภัย**

กรณีนำมอเตอร์พร้อมเบรกไปใช้กับงานประเภทขึ้นลง เช่น ม้วนยกปั่นจั่นขึ้นและลง และยกลิฟต์ขึ้นลงเป็นต้น ให้ใช้เบรกที่มีโครงสร้างต่างออกไป เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

• **เกี่ยวกับเครื่องสำรอง**

มอเตอร์พร้อมเบรกจะประกอบดังขึ้นส่วนที่สึกกร่อน และมีอายุการใช้งาน เช่น Lining เป็นต้น กรณีนี้ ให้ทำการเปลี่ยนเครื่องสำรองเอาไว้ด้วย

MEMO

1. การต่อสายมอเตอร์ 278

2. วิธีเชื่อมต่อ 281

3. วิธีการหล่อลื่นตลับลูกปืน 291

4. จาระบีสำหรับตลับลูกปืน 292

5. ขั้วต่อกราวด์ 294

6. การตรวจสอบมอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมและการบันทึก 295

7 ส่วนการบริการ

7. การวิเคราะห์ปัญหาของมอเตอร์ 297

8. การใช้งานมอเตอร์เกียร์ 300

9. เอกสารบันทึก 304

9-1 ใบติดต่อคุณสมบัติสายพานและมู่เล่ย์ 304

9-2 เกี่ยวกับการประกัน 305

1. การต่อสายของมอเตอร์

ในการต่อสายมอเตอร์ ให้ใช้อุปกรณ์ต่อสายที่มีคุณภาพสูง และทำตามข้อบังคับการเดินสายภายใน มาตรฐานเทคนิคอุปกรณ์ไฟฟ้า และบริษัทจ่ายไฟ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การต่อสายที่มีระยะไกล ให้ระมัดระวังในเรื่องแรงดันไฟฟ้าตก ในกรณีเช่นนี้ตัด ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าตกต่ำกว่า 2%

นอกจากนี้ ขั้วต่อสายสำหรับกราวด์ จะมีอยู่ที่ส่วนภายในหรือภายนอกของกล่องขั้วต่อสาย หรือมีอยู่ที่ใต้เฟรม ดังนั้นจึงต้องทำการต่อสายกราวด์ทุกครั้ง

ฟิวส์แบบทั่วไป จะใช้ป้องกันในการเดินสาย ไม่สามารถนำมาป้องกันมอเตอร์ได้ ในป้องกันมอเตอร์ 1 เฟส ป้องกันการทำงานติดขัด ป้องกันการโอเวอร์โหลด ให้ใช้รีเลย์ 3 E เทอร์มอลรีเลย์ เบรกเกอร์สำหรับมอเตอร์

การต่อสายโดยทั่วไปของมอเตอร์จะแสดงในตาราง 1.1 นอกจากนี้ กรณีของชนิด 3 เฟส 4 เส้น ให้ต่อสายกลางเข้ากับขั้วต่อกราวด์ที่อยู่ภายในกล่องขั้วต่อสาย หลังจากต่อสายเสร็จแล้ว ต้องทำการปิดฝาครอบกล่องขั้วต่อสายเสมอ

ตาราง 1.1 การต่อสายไฟมอเตอร์ (รุ่น 200V) <ส่วนที่ 1>[2]

เอ้าท์พุต (kW)	แรงดันไฟ (V)	※ แอมมิเตอร์ (A)	※※ ความหนาต่ำสุดของสายไฟ		※※ ความหนาต่ำสุดของสายดิน	ความจุฟิวส์มือ (ชนิด B) (A)		ความจุสวิทช์มือ (A)		ชนิดสวิทช์แม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับสายต่อโดยตรง, Y-△	ชนิดหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับการสตาร์ทแบบ Y-△		ความจุเบรกเกอร์สำหรับการต่อสาย (A)	
			สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△		สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△	สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△		สำหรับสตาร์ (Y)	สำหรับเดลต้า (△)	สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△
0.4	200	5 (10)	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—	B) SH8C-T	—	—	15	—
0.75	200	5 (10)	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—	B) SH10C-T	—	—	15	—
1.5	200	10 (15)	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—	B) SH11-T	—	—	15	—
2.2	200	10 (15)	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	20	—	30	—		—	—	30	—
3.7	200	15 (30)	2.0mm(3.5mm²)	—	2.0mm(3.5mm²)	30	—	30	—	B) SH20-T	—	—	30	—
5.5	200	30 (60)	2.6mm(5.5mm²)	2.6mm(5.5mm²)	2.6mm(5.5mm²)	50	30	60	30	B) SH25-T	H20	B) H20-T	50	50
7.5	200	30 (60)	3.2mm(8.0mm²)	3.2mm(8.0mm²)	2.6mm(5.5mm²)	75	50	100	60 B	B) SH35-T	H20	B) H25-T	50	50
11	200	60 (100)	14mm²	14mm²	14mm²	100	75	100	100	B) SH50-T	H20	B) H35-T	75	75
15	200	60 (100)	22mm²	14mm²	14mm²	100	100	100	100	B) SH65C-T	H25	B) H50-T	100	100
18.5	200	100 (150)	30mm²	22mm²	22mm²	150	100	200	100	SH80C-T	H35	B) H50-T	100	125
22	200	100 (200)	30mm²	22mm²	22mm²	150	100	200	100	SH100C-T	H35 H	H65C-T	150	150
30	200	150 (300)	50mm²	30mm²	22mm²	200	150	200	200	SH125C-T	H50 H	H80C-T	200	200
37	200	150 (300)	80mm²	50mm²	22mm²	200	150	200	200	SH150C-T	H65C H	H100C-T	225	225
45	200	200 (400)	100mm²	60mm²	38mm²	—	—	300	200	SH200C-T	H65C H	H125C-T	225	350
55	200	200 (400)	125mm²	80mm²	38mm²	—	—	300	300	SH250C-T	H80C H	H150C-T	350	400
75	200	300 (500)	200mm²	125mm²	38mm²	—	—	400	300	SH300C-T	H125C H	H200C-T	500	600
90	200	400 (600)	250mm²	200mm²	38mm²	—	—	600	400	SH500C-T	H150C H	H250C-T	600	700

ข้อควรระวังรวม

หมายเหตุ 1. เครื่องหมาย ※ สำหรับ 200V ให้ใช้แอมป์มิเตอร์เสกลเกินขนาด (เสกลปกติ)

2. ความหนาของสายไฟตามตารางข้างต้น จะใช้สำหรับต่อไฟมอเตอร์ 1 เครื่อง กรณีที่ใช้มอเตอร์ 2 เครื่องต่อเข้ากับวงจรอันเดียวกัน ให้ทำการแยกปรึกษาเครื่องหมาย ※※ ขนาดที่แสดงใน ( ) จะไม่มีในข้อบังคับ เป็นค่าที่แสดงกรณีที่ใช้สายเกลียว (ค่าเท่ากันระหว่างสตาร์ทโดยตรง, Y-△)

3. ความจุเบรกเกอร์สำหรับการต่อสาย จำเป็นที่จะต้องใช้คุณสมบัติด้านแหล่งจ่ายไฟ สายไฟที่ใช้และอื่นๆ ประกอบการพิจารณาร่วมด้วย ค่าที่แสดงอยู่ในตารางนี้เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิง สำหรับเงื่อนไขการสตาร์ท จะเลือกค่าในช่วง 500% (600%) ของกระแสโหลดเต็ม

ตาราง 1.1 การต่อสายไฟมอเตอร์ (รุ่น 400V) <ส่วนที่ 2>

เอ้าท์พุต (kW)	แรงดันไฟ (V)	※ แอมมิเตอร์ (A)	※※ ความหนาต่ำสุดของสายไฟ		※※ ความหนาต่ำสุดของสายดิน	ความจุฟิวส์มือ (ชนิด B) (A)		ความจุสวิทช์มือ (A)		ชนิดสวิทช์แม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับสายต่อโดยตรง, Y-△	ชนิดหน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับการสตาร์ทแบบ Y-△		ความจุเบรกเกอร์สำหรับการต่อสาย (A)	
			สตาร์ทโดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△		สตาร์ท โดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△	สตาร์ท โดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△		สำหรับสตาร์ (Y)	สำหรับเดลต้า (△)	สตาร์ท โดยตรง	สตาร์ทแบบ Y-△
0.4	400	5	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—	B) SH10B-RT	—	—	15	—
0.75	400	5	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—	B) SH11-RT	—	—	15	—
1.5	400	10	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—		—	—	15	—
2.2	400	10	1.6mm(2.0mm²)	—	1.6mm(2.0mm²)	15	—	15	—		—	—	15	—
3.7	400	15	1.6mm(2.0mm²)	—	2.0mm(3.5mm²)	15	—	30	—		—	—	20	—
5.5	400	30	1.6mm(2.0mm²)	1.6mm(2.0mm²)	2.6mm(5.5mm²)	30	20	30	30	B) SH20-RT	H20	B) H20-T	30	30
7.5	400	30	2.0mm(3.5mm²)	2.0mm(3.5mm²)	2.6mm(5.5mm²)	40	30	60	30	B) SH20-RT	H20	B) H20-T	30	30
11	400	60	2.6mm(5.5mm²)	2.6mm(5.5mm²)	14mm²	50	30	60	30	B) SH25-RT	H20	B) H20-T	50	50
15	400	60	3.2mm(8.0mm²)	2.6mm(5.5mm²)	14mm²	75	50	100	60	B) SH35-RT	H20	B) H25-T	50	50
18.5	400	100	14mm²	2.6mm(5.5mm²)	22mm²	75	50	100	60	B) SH50-RT	H25	B) H35-T	50	75
22	400	100	14mm²	3.2mm(8.0mm²)	22mm²	100	75	100	100	B) SH50-RT	H35	B) H50-T	75	75
30	400	150	22mm²	14mm²	22mm²	100	100	100	100	SH65-RT	H35	B) H50-T	100	100
37	400	150	30mm²	22mm²	22mm²	150	100	200	100	SH80C-RT	H50	H65C-T	100	125
45	400	200	50mm²	22mm²	38mm²	150	—	200	100	SH100C-RT	H65C	H65C-T	150	150
55	400	300	50mm²	30mm²	38mm²	150	—	200	200	SH125C-RT	H65C	H80C-T	175	175
75	400	300	80mm²	50mm²	38mm²	150	—	300	200	SH150C-RT	H80C	H100C-T	225	225
90	400	400	100mm²	60mm²	38mm²	150	—	300	200	SH200C-RT	H100C	H125C-T	225	350
110	400	500	125mm²	80mm²	38mm²	—	—	400	300	SH250C-RT	H125C	H150C-T	350	400
132	400	500	200mm²	100mm²	38mm²	—	—	400	300	SH300C-RT	H200C	H200C-T	500	600

ข้อควรระวังรวม

หมายเหตุ 1. ให้ใช้ 400V

2. ความหนาของสายไฟตามตารางข้างต้น จะใช้สำหรับต่อไฟมอเตอร์ 1 เครื่อง กรณีที่ใช้มอเตอร์ 2 เครื่องต่อเข้ากับวงจรอันเดียวกัน ให้ทำการแยกปรึกษาเครื่องหมาย ※※ ขนาดที่แสดงไน ( ) จะไม่มีในข้อบังคับ เป็นค่าที่แสดงกรณีที่ใช้สายเกลียว (ค่าเท่ากันระหว่างสตาร์ทโดยตรง, Y-△)

3. ความจุเบรกเกอร์สำหรับการต่อสาย จำเป็นที่จะต้องใช้คุณสมบัติด้านแหล่งจ่ายไฟ สายไฟที่ใช้และอื่นๆ ประกอบการพิจารณาร่วมด้วย ค่าที่แสดงอยู่ในตารางนี้เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิง สำหรับเงื่อนไขการสตาร์ท จะเลือกค่าในช่วง 500% (600%) ของกระแสโหลดเต็ม

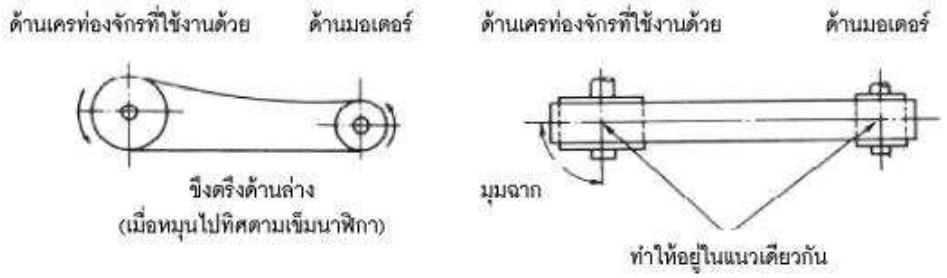
2. วิธีเชื่อมต่อ

วิธีเชื่อมต่อมอเตอร์เข้ากับโหลดจะประกอบไปด้วย การต่อด้วยสายพาน และต่อตรงด้วยคับปลิ้งเป็นต้น ในที่นี้จะอธิบายประเภทและข้อควรระวังในการใช้งานต่างๆ

2-1 ต่อด้วยสายพานขนาน

(1) เหมาะกับมอเตอร์กับเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยมีระยะห่างจากกันมาก ให้ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ย์ประมาณ 5-6 เท่า

(2) มีการขึงสายพานให้ตรึงตรงด้านล่าง และปล่อยให้โค้งหย่อนตรงด้านบน การทำเช่นนี้จะทำให้การสลิปของสายพานน้อยและส่งผ่านแรงขับเคลื่อนได้ดี



รูป 2.1 วิธีการตรึงสายพาน

2-2 ต่อด้วยสายพาน V

(1) ข้อควรระวังในการต่อด้วยสายพาน V

การต่อด้วยสายพานในปัจจุบันส่วนใหญ่จะใช้มู่เล่ย์ V อย่างไรก็ตาม การเลือกและวิธีการตรึงของเล่ย์กับสายพาน มีข้อควรระวังดังต่อไปนี้

1) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของมู่เล่ย์ V กับคุณสมบัติมู่เล่ย์ V ที่ใช้กับแต่ละเอ้าท์พุต และจำนวนโพล จะแสดงในตาราง 2.4 (สายพานมาตรฐาน) และตาราง 2.5 สายพานหน้ากว้างแคบ ถ้าใช้สายพานจำนวนมากหรือน้ำหนักการโค้งหย่อนของสายพาน มีค่ามากเกินไป จะทำให้แกนตลับของลูกปืนเกิดความเสียหายขึ้นได้ ให้ระมัดระวังในการใช้งานด้วย

2) ให้ทำการติดตั้ง โดยทำให้แกนของมอเตอร์และเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยขนานกันแนวเส้นแกนกลางที่ทำให้มู่เล่ย์ทั้งสองตั้งฉากในแนวเส้นเดียวกัน

3) ให้เลือกสัดส่วนการหมุนที่ทำให้มุมสัมผัสระหว่างสายพาน V กับมู่เล่ย์มีมากกว่า 140 องศา นอกจากนี้ค่าขีดจำกัดของความเร็วในการใช้งานของสายพาน V จะเป็น 30m/s สำหรับสายพานมาตรฐานและ 40 m/s สำหรับสายพานหน้ากว้างแคบ

4) จุดถ่วงน้ำหนักสายพาน (ของน้ำหนักมู่เล่ย์) ให้พยายามปรับให้อยู่กึ่งกลางที่ด้านในจากค่าในตาราง 2.4 และตาราง 2.5 และอย่าให้เพลาทำงานหนักเกินไป

5) เมื่อใช้สายพานมากกว่า 2 เส้นขึ้นไป ต้องเลือกสายพาน V ที่มีความยาวเฉลี่ยเท่ากัน (ให้ทำการสั่งออเดอร์ "Matched set" กับทางผู้ผลิตสายพาน)

(2) วิธีการการคำนวณแรงตรึงและน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนของสายพาน V

ถ้าใช้สายพาน V และมู่เล่ย์ V ที่ไม่อยู่ในตาราง 2.4 และ 2.5 สามารถคำนวณน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนของสายพาน V ได้ตามสมการดังต่อไปนี้

แรงขับเคลื่อน เพื่อการออกแบบ $H_D=K\cdot H_K(kW)$ .....(1)

ในที่นี้ K : สัมปสิทธิ์โอเวอร์โหลดของเครื่องจักร (ดูอ้างอิงในตาราง 2.2)

H_K: เอ๊าท์พุตอัตราของมอเตอร์ (kW)

ความเร็วสายพาน $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \times \frac{1}{1000}$ (m/s) .....(2)

ในที่นี้ d : เส้นผ่าศูนย์กลางพิชมู่เล่ย์ของด้านมอเตอร์ (mm)

n : ความเร็วรอบของมอเตอร์ (min^{-1})

แรงตรึงเริ่มแรก ต่อสายพาน 1 เส้น $T_S = 0.9\left\{\left[\frac{2.5-F\theta}{F\theta}\right]\frac{500H_D}{N\cdot V} + w\cdot V^2\right\}$ (N) .....(3)

ในที่นี้ $F\theta$: สัมปสิทธิ์ชดเชยจากมุมสัมผัส ตาราง (2.3)

H_D : แรงขับเคลื่อนเพื่อการออกแบบ (kW) (สมการ (1))

V : ความเร็วสายพาน (m/s) (สมการ(2))

N : จำนานสายพาน

w : น้ำหนักต่อความยาวหน่วยของสายพาน(kg/m) (ตาราง 2.1)

g : ความเร่งแรงโน้มถ่วง 9.8(m/s^2)

ตาราง 2.1 น้ำหนักต่อความยาวหน่วยของสายพาน (w) และค่าคงที่สายพาน (Y)

ประเภทสายพาน	A	B	C	D	3V	5V	8V
w(kg/m)	0.12	0.20	0.37	0.67	0.08	0.20	0.50
Y(N)	14.7	19.6	29.4	58.8	19.6	49.0	98.0

น้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนต่อสายพาน 1 เส้น

กรณีต่อ 1 เส้น $T_d = \frac{G\cdot T_s + \frac{t}{L}Y}{16}$ (N) .....(4)

ในที่นี้ T_S : แรงตรึงเริ่มแรกต่อสายพาน 1 เส้น (N)(สมการ (3))

L : ความยาวทั้งหมดของสายพาน (Amm)

Y : ค่าคงที่สายพาน (N)(ตาราง 2. 1)

t : ความยาวของสแปนของสายพาน (ระยะระหว่างการสัมผัส)(mm)(ดูอ้างอิงในรูป 2.2)

G : สัมปสิทธิ์การตรึงของสายพาน เมื่อตรึงสายพานอันใหม่ G=1.3–1.5

เมื่อตรึงสายพานอันใหม่ G=1.0–1.3

กรณีหลายเส้น $T_d = \frac{G\cdot T_s + Y}{16}$ (N) .....(5)

นอกจากนี้ถ้าน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อน Td(N) ที่คำนวณได้จากสูตร (4), (5) มีค่ามากกว่าในตารางตาราง 2.4 และตาราง 2.5 จะทำให้เกิดโอเวอร์โหลดที่แกน หรือตลับลูกปืน กรณีนี้ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท

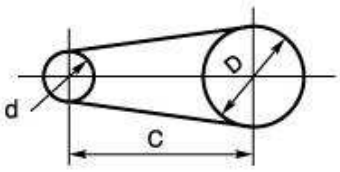
นอกจากนี้ให้หน้า P304 จะมีใบแจ้งติดต่อคุณสมบัติสายพาน/มู่เล่ย์อยู่ ให้นำมาใช้งานได้

ตาราง 2.2 สัมปสิทธิ์โอเวอร์โหลดของเครื่องจักร (K)

ประเภทของโหลด		ประเภทมอเตอร์	มอเตอร์แบบกรงกระรอก 3 เฟส			มอเตอร์แบบกรงกระรอก 3 เฟส ทอร์คสูง มอเตอร์ 1 เฟส, มอเตอร์แบบพันขอลวด 3 เฟส, คลัช, Line Shaft		
			เวลาทำงานใน 1 วัน (h)			เวลาทำงานใน 1 วัน (h)		
			3–5	8–10	16–24	3–5	8–10	16–24
โหลดเปลี่ยนแปลงน้อยมาก	เครื่องกวน (ของเหลว) โบพัด,โบรเวอร์ (จนถึง 7.5 kW) ปั๊มหอยโข่ง คอมเพรสเซอร์แรงเหวี่ยง		1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
โหลดเปลี่ยนแปลงน้อย	ลายพานส่ง (ทราย, ถ่านหิน เป็นต้น) โบพัด, เครื่องนวดแป้ง (7. 5kW ขึ้นไป) เครื่องปั่นไฟ, Line Shaft, เครื่องซักผ้า, เพลา Machine Tools, เครื่องพิมพ์		1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
โหลดเปลี่ยนแปลงมาก	ลายพานส่ง (บาสเก็ต, สกรู) ปั๊ม Plunger คอมเพรสเซอร์ (เคลื่อนที่กลับไปกลับมา) เครื่องเป่า Hammer Mill, รูล, เครื่องมือ, เครื่องมือช่างไม้		1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
โหลดเปลี่ยนแปลงมาก	Clusher มิล (Bdl, Rod) Hoist เครื่องสำหรับโรงอุสาหกรรมผลิตยาง (Roll Calpnder)		1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตาราง 2.3 สัมปสิทธิ์ขดเขยจากมุมสัมผัส (F ϕ)

$\frac{D-d}{C}$	มุมสัมผัสมู่เล่ย์ต่ำสุด	ตาราง 2.3 สัมปสิทธิ์ขดเขย (Fϕ)	
0.00	180	1.0	D : เส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch มู่เล่ย์ด้านเครื่องที่ใช้งานด้วย (mm)
0.10	174	0.99	d : เส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch มู่เล่ย์ด้านมอเตอร์ (mm)
0.20	169	0.97	C : ระยะห่าง ระหว่างแกน (mm)
0.30	163	0.96	
0.40	157	0.94	
0.50	151	0.93	
0.60	145	0.91	
0.70	139	0.89	



ตาราง 2.4 คุณสมบัติระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของมู่เล่ย์-V กับสายพาน-V (มุมหน้าสัมผัส : 140°, อัตราการหมุน 2.04) และน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนของสายพาน (สายพานมาตรฐาน) <ส่วนที่ 1>

เอ๊าท์พุต (kW)	2 โพล							4 โพล						
	มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)		มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)	
	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตรึงสายพานใหม่	เมื่อตรึงซ่อมสายพาน	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตรึงสายพานใหม่	เมื่อตรึงซ่อมสายพาน
0.4	75	20	A	1	10	4.4~5.4	3.4~4.4	75	20	A	1	10	6.9~7.8	5.4~6.9
0.75	80	20	A	1	10	6.9~7.8	5.4~6.9	80	20	A	1	10	10.8~12.7	8.8~10.8
1	–	–	–	–	–	–	–	90	35	A	2	17.5	7.8~9.8	5.9~7.8
1.5	80	35	A	2	17.5	7.8~8.8	5.9~7.8	90	35	A	2	17.5	10.8~11.8	7.8~10.8
2.2	90	35	A	2	17.5	9.8~10.8	7.8~9.8	100	35	A	2	17.5	13.7~15.7	10.8~13.7
3.7	90	50	A	3	25	9.8~11.8	7.8~9.8	112	50	A	3	25	13.7~15.7	10.8~13.7
5.5	112	50	A	3	25	12.7~14.7	9.8~12.7	125	63	B	3	31.5	18.6~21.6	14.7~18.6
7.5	132	50	A	3	25	14.7~17.6	11.8~14.7	150	63	B	3	31.5	21.6~24.5	16.7~21.6
11	–	–	–	–	–	–	–	160	82	B	4	41	22.5~25.5	17.6~22.5
15	–	–	–	–	–	–	–	170	101	B	5	50.5	23.5~26.5	17.6~23.5
18.5	–	–	–	–	–	–	–	200	101	B	5	50.5	25.5~28.4	19.6~25.5
22	–	–	–	–	–	–	–	224	101	B	5	50.5	27.4~31.4	21.6~27.4
30	–	–	–	–	–	–	–	224	136	C	5	68	39.2~45.1	30.4~39.2
37	–	–	–	–	–	–	–	224	162	C	6	81	40.2~46.1	31.4~40.2
45	–	–	–	–	–	–	–	265	162	C	6	81	44.1~51.0	34.3~44.1
55	–	–	–	–	–	–	–	265	187	C	7	93.5	46.1~52.9	36.3~46.1
75	–	–	–	–	–	–	–	315	213	C	8	106.5	51.0~58.8	39.2~51.0
90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
110	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
132	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ 1. ตามภาพด้านขวา เมื่อต้องใส่โหลด (Td) ตามค่าที่อยู่ในตารางที่สายพาน 1 เส้น ให้ทำการปรับระยะห่างระหว่างแกนที่ทำให้ความหย่อนของสายพาน (δ) มีค่า 1.6mm ต่อความยาวสแปน 100mm

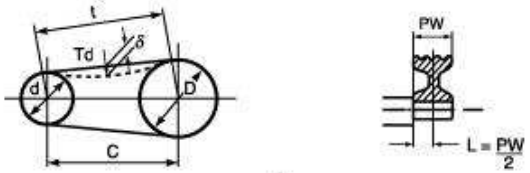
(ตัวอย่างเช่น เมื่อความยาวสแปนเป็น 100mm δ = 1.6 x 1,000 / 100 = 16mm

$\delta = 1.6t/100$ (mm)

t = ความยาวสแปนของสายพาน (mm)

$$t = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

หมายเหตุ 2. จุดโหลดสายพาน จะมีค่าเป็น L ตามที่แสดงในภาพด้านล่าง



รูปที่ 2.2

ตาราง 2.4 คุณสมบัติระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของมู่เล่ย์-V กับสายพาน-V (มุมหน้าสัมผัส : 140°, อัตราการทบุน 2.04) และน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนของสายพาน (สายพานมาตรฐาน) <ส่วนที่ 2>

เอ๊าท์พุต (kW)	6 โพล							8 โพล						
	มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)		มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)	
	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตรึงสายพานใหม่	เมื่อตรึงซ่อมสายพาน	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตรึงสายพานใหม่	เมื่อตรึงซ่อมสายพาน
0.4	80	20	A	1	10	8.8~9.8	6.9~8.8	80	20	A	1	10	11.8~12.7	8.8~11.8
0.75	80	35	A	2	17.5	8.8~9.8	6.9~8.8	80	35	A	2	17.5	10.8~12.7	8.8~10.8
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1.5	100	35	A	2	17.5	13.7~15.7	10.8~13.7	95	50	A	3	25	12.7~14.7	9.8~12.7
2.2	100	50	A	3	25	12.7~14.7	10.8~12.7	112	50	A	3	25	15.7~17.6	11.8~15.7
3.7	125	63	B	3	31.5	17.6~20.6	13.7~17.6	132	63	B	3	31.5	22.5~25.5	17.6~22.5
5.5	150	63	B	3	31.5	22.5~24.5	16.7~22.5	150	82	B	4	41	21.6~24.5	16.7~21.6
7.5	150	82	B	4	41	22.5~25.5	17.6~22.5	150	101	B	5	50.5	23.5~27.4	18.6~23.5
11	170	101	B	5	50.5	23.5~27.4	18.6~23.5	200	101	B	5	50.5	26.5~30.4	20.6~26.5
15	224	101	B	5	50.5	25.5~29.4	19.6~25.5	224	111	C	4	55.5	40.2~46.1	31.4~40.2
18.5	224	111	C	4	55.5	39.2~45.1	30.4~39.2	224	136	C	5	68	40.2~46.1	31.4~40.2
22	224	136	C	5	68	38.2~43.1	29.4~38.2	250	136	C	5	68	43.5~49.0	33.3~43.5
30	265	136	C	5	68	44.1~51.0	34.3~44.1	265	162	C	6	81	46.1~52.9	36.3~46.1
37	265	162	C	6	81	45.1~51.9	35.3~45.1	280	187	C	7	93.5	46.1~52.9	36.3~46.1
45	280	187	C	7	93.5	45.1~51.9	35.3~45.1	315	187	C	7	93.5	51.0~57.8	39.2~51.0
55	300	213	C	8	106.5	46.1~52.9	36.3~46.1	355	196	D	5	98	81.3~93.1	62.7~81.3
75	355	233	D	6	116.5	78.4~90.2	60.8~78.4	400	233	D	6	116.5	84.3~97.0	65.7~84.3
90	400	233	D	6	116.5	86.2~100	67.6~86.2	450	233	D	6	116.5	92.1~106	71.5~92.1
110	400	270	D	7	135	89.2~103	69.6~89.2	450	270	D	7	135	95.1~110	74.5~95.1
132	475	270	D	7	135	99.0~114	77.4~99.0	450	344	D	9	172	90.2~104	70.6~90.2

หมายเหตุ 1. ตามภาพด้านขวา เมื่อต้องใส่โหลด (Td) ตามค่าที่อยู่ในตารางที่สายพาน 1 เส้น ให้ทำการปรับระยะห่างระหว่างแกนที่ทำให้ความหย่อนของสายพาน (δ) มีค่า 1.6mm ต่อความยาวสแปน 100mm

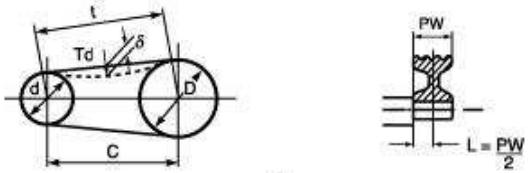
(ตัวอย่างเช่น เมื่อความยาวสแปนเป็น 100mm δ = 1.6 x 1,000 / 100 = 16mm

$\delta = 1.6t/100$ (mm)

t = ความยาวสแปนของสายพาน (mm)

$$t = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

หมายเหตุ 2. จุดโหลดสายพาน จะมีค่าเป็น L ตามที่แสดงในภาพด้านล่าง



รูปที่ 2.2

ตาราง 2.5 คุณสมบัติระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของมู่เล่ย์-V กับสายพาน-V (มุมหน้าสัมผัส : 140°, อัตราการหมุน 2.04) และน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนของสายพาน (สายพานหน้าแคบ) <ส่วนที่ 1>

เอ๊าท์พุต (kW)	2 โพล							4 โพล						
	มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)		มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)	
	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตรึงสายพานใหม่	เมื่อตรึงซ่อมสายพาน	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตรึงสายพานใหม่	เมื่อตรึงซ่อมสายพาน
0.4	71	17.4	3V	1	8.7	4.4~4.9	3.4~4.4	71	17.4	3V	1	8.7	6.9~7.8	5.4~6.9
0.75	71	17.4	3V	1	8.7	6.9~7.8	5.9~6.9	71	17.4	3V	1	8.7	12.7~14.7	9.8~12.7
1	–	–	–	–	–	–	–	75	27.7	3V	2	13.9	10.8~12.7	7.8~10.8
1.5	75	17.4	3V	1	8.7	12.7~14.7	9.8~12.7	75	27.7	3V	2	13.9	12.7~14.7	9.8~12.7
2.2	75	17.4	3V	1	8.7	17.6~20.6	13.7~17.6	75	27.7	3V	2	13.9	17.6~20.6	13.7~17.6
3.7	75	27.7	3V	2	13.9	15.7~17.6	12.7~15.7	100	27.7	3V	2	13.9	22.5~25.5	17.6~22.5
5.5	75	38	3V	3	19	15.7~17.6	12.7~15.7	100	38	3V	3	19	21.6~25.5	16.7~21.6
7.5	80	48.3	3V	4	24.2	14.7~17.6	11.8~14.7	125	38	3V	3	19	23.5~27.4	18.6~23.5
11	–	–	–	–	–	–	–	125	48.3	3V	4	24.2	26.5~30.4	20.6~26.5
15	–	–	–	–	–	–	–	125	69	3V	6	34.5	23.5~27.5	18.6~23.5
18.5	–	–	–	–	–	–	–	140	69	3V	6	34.5	26.5~30.4	20.6~26.5
22	–	–	–	–	–	–	–	160	69	3V	6	34.5	27.4~31.4	21.6~27.4
30	–	–	–	–	–	–	–	180	78	5V	4	39	51.9~59.8	41.2~51.9
37	–	–	–	–	–	–	–	200	78	5V	4	39	57.8~66.6	45.1~57.8
45	–	–	–	–	–	–	–	224	78	5V	4	39	62.7~72.5	49.0~62.7
55	–	–	–	–	–	–	–	224	96	5V	5	48	61.7~70.6	48.0~61.7
75	–	–	–	–	–	–	–	250	113	5V	6	56.5	63.7~73.5	50.0~63.7
90	–	–	–	–	–	–	–	280	113	5V	6	56.5	69.6~79.4	53.9~59.6
110	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
132	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ 1. ตามภาพด้านขวา เมื่อต้องใส่โหลด (Td) ตามค่าที่อยู่ในตารางที่สายพาน 1 เส้น ให้ทำการปรับระยะห่างระหว่างแกนที่ทำให้ความหย่อนของสายพาน (δ) มีค่า 1.6mm ต่อความยาวสแปน 100mm

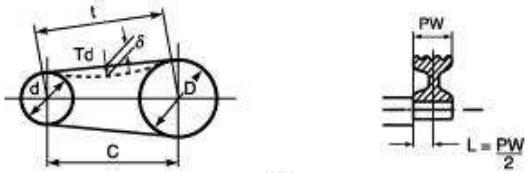
(ตัวอย่างเช่น เมื่อความยาวสแปนเป็น 100mm δ = 1.6 x 1,000 / 100 = 16mm

$\delta = 1.6t/100$ (mm)

t = ความยาวสแปนของสายพาน (mm)

$$t = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

หมายเหตุ 2. จุดโหลดสายพาน จะมีค่าเป็น L ตามที่แสดงในภาพด้านล่าง



รูปที่ 2.2

ตาราง 2.5 คุณสมบัติระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของมู่เล่ย์-V กับสายพาน-V (มุมหน้าสัมผัส : 140°, อัตราการหมุน 2.04) และน้ำหนักถ่วงการโค้งหย่อนของสายพาน (สายพานหน้าแคบ) <ส่วนที่ 2>

เอ๊าท์พุต (kW)	6 โพล							8 โพล						
	มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)		มู่เล่ย์ (mm)		สายพาน		จุดโหลดสายพาน L (mm)	โหลดหย่อนสายพาน : Td (N/เส้น)	
	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตึงสายพานใหม่	เมื่อตึงซ่อมสายพาน	เส้นผ่าศก. มู่เล่ย์ (ค่าต่ำสุด)	ความกว้าง (ค่าสูงสุด)	รูปร่าง	จำนวน		เมื่อตึงสายพานใหม่	เมื่อตึงซ่อมสายพาน
0.4	71	17.4	3V	1	8.7	9.8~11.8	7.8~9.8	75	17.4	3V	1	8.7	12.7~14.7	9.8~12.7
0.75	71	17.4	3V	1	8.7	17.6~19.6	13.7~17.6	75	27.7	3V	2	13.9	12.7~13.7	9.8~12.7
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1.5	75	27.7	3V	2	13.9	17.6~20.6	13.7~17.6	80	2.7	3V	2	13.9	22.5~25.5	17.6~22.5
2.2	90	27.7	3V	2	13.9	21.6~24.5	16.7~21.6	90	38	3V	3	19	19.6~22.5	14.7~19.6
3.7	100	38	3V	3	19	21.6~25.5	16.7~21.6	125	38	3V	3	19	23.5~26.5	17.6~23.5
5.5	140	38	3V	3	19	23.5~26.5	18.6~23.5	140	48.3	3V	4	24.2	23.5~26.5	17.6~23.5
7.5	140	48.3	3V	4	24.2	23.5~27.4	18.6~23.5	140	58.6	3V	5	29.3	25.5~28.4	19.6~25.5
11	140	58.6	3V	5	29.3	27.4~31.4	21.6~27.4	160	68.9	3V	6	34.5	26.5~30.4	20.6~26.5
15	160	69	3V	6	34.5	27.4~31.4	21.6~27.4	180	61	5V	3	30.5	65.7~75.5	51.0~65.7
18.5	180	61	5V	3	30.5	61.7~70.6	48.0~61.7	180	78	5V	4	39	60.8~69.6	47.0~60.8
22	180	78	5V	4	39	54.9~63.7	43.1~54.9	200	78	5V	4	39	64.7~74.5	51.0~64.7
30	224	78	5V	4	39	60.8~69.6	47.0~60.8	224	96	5V	5	48	63.7~72.5	50.0~63.7
37	224	78	5V	4	39	73.5~84.3	56.8~73.5	250	96	5V	5	48	69.6~80.4	54.9~69.6
45	224	96	5V	5	48	71.5~82.3	55.9~71.5	250	113	5V	6	56.5	70.6~81.3	54.9~70.6
55	250	113	5V	6	56.5	66.6~76.4	51.9~66.6	280	113	5V	6	56.5	77.4~88.2	59.8~77.4
75	315	113	5V	6	56.5	72.5~83.3	56.8~72.5	355	113	5V	6	56.5	83.3~96.0	64.7~83.3
90	355	113	5V	6	56.5	78.4~89.2	60.8~78.4	355	124	8V	4	62	154~176	120~154
110	355	124	8V	4	62	147~170	115~147	400	124	8V	4	62	168~192	130~168
132	400	124	8V	4	62	159~182	124~159	450	124	8V	4	62	179~206	139~179

หมายเหตุ 1. ตามภาพด้านขวา เมื่อต้องใส่โหลด (Td) ตามค่าที่อยู่ในตารางที่สายพาน 1 เส้น ให้ทำการปรับระยะห่างระหว่างแกนที่ทำให้ความหย่อนของสายพาน (δ) มีค่า 1.6mm ต่อความยาวสแปน 100mm

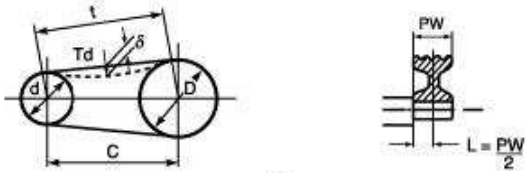
(ตัวอย่างเช่น เมื่อความยาวสแปนเป็น 100mm δ = 1.6 x 1,000 / 100 = 16mm

δ = 1.6xℓ/100 (mm)

t = ความยาวสแปนของสายพาน (mm)

$$t = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

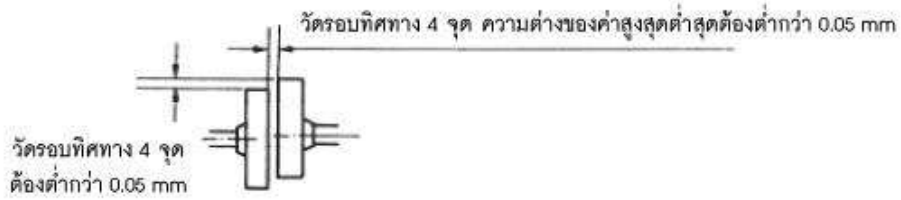
หมายเหตุ 2. จุดโหลดสายพาน จะมีค่าเป็น L ตามที่แสดงในภาพด้านล่าง



รูปที่ 2.2

2-3 การต่อโดยตรง

ในการต่อตรง ความถูกต้องแม่นยำในการต่อคับปลิ้งเข้าไปโดยตรงเป็นสิ่งสำคัญมาก ให้ดูรูป 2.3 ประกอบ



รูป 2. 3 ความถูกต้องของการต่อโดยตรงด้วยคับปลิ้ง

หมายเหตุ) เกียร์คับปลิ้ง (ต่อโดยตรง)

ถึงแม้เกียร์คับปลิ้งไม่ต้องการความถูกต้องแม่นยำในการเชื่อมต่อมากนักก็ตาม แต่ค่าความถูกต้องแม่นยำที่แนะนำไว้ในแคตาล็อกของคับปลิ้ง อาจไม่เพียงพอที่ทำให้แกนมีความแข็งแรงในบางโมเดล ดังนั้นให้ปรับให้ได้ตามค่าความถูกต้องของการต่อโดยตรงตามที่แสดงไว้ในรูป 2.3 นอกจากนี้แล้ว ยังต้องระมัดระวังเหมือนกับกรณีต่อด้วยโซ่ ซึ่งอาจจะกล่าวถึงต่อไปด้วย สินค้าผลิตในการคาดคะเนเบอร์เฟรม 250 (เทียบเท่า 75kW4P) ขึ้นไป จะมีการใช้ โรลเลอร์แบริ่งที่ด้านโหลด การต่อโดยตรงด้วยคับปลิ้งจะไม่ค่อยเหมาะนัก ขอให้ทำการสั่งโดยเปลี่ยนลูกปืนแทน

2-4 การต่อด้วยเกียร์

การที่ทำการต่อด้วยเกียร์จะต้องทำการประกอบใส่ให้ทั้งแกนมอเตอร์และแกนเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยอยู่ขนานกัน และซี่ฟันของเกียร์เข้าได้กันพอดี กรณีที่เส้นผ่าศูนย์กลาง Pinion Pitch ด้านมอเตอร์ มีค่าต่ำกว่า 4 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์แกน จะทำให้เกิดทอร์คบิดงอที่แกน ดังนั้น จำเป็นที่จะต้อง คำนวณความแข็งแรงของแกนมอเตอร์ ขอให้ปรึกษากับทางบริษัท จุดสำคัญกรณีต่อด้วยเกียร์ก็คือ การปรับค่าแบ็คลัช (ช่องว่างระหว่างพื้นผิวซี่ฟันตอนที่เฟืองขบเข้ากัน) และจุดกระทบฟัน

(1) แบ็คลัช

แบ็คลัชจะใช้ชิกเกจในการปรับ เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม ถ้าแบ็คลัชมีค่าน้อยเกินไปจะทำให้ซี่ก่อนหน้าและซี่ถัดไปขัดกันเองทำให้เกิดการสั่นสะเทือน และเสียงรบกวน และถ้ามีค่ามากเกินไป จะทำให้เกิดดารกระแทกมาก โดยทั่วไป ถ้าเป็นโมเดลเฟือง m = 1~5 แบ็คลัชควรมีค่าประมาณ 0.1~0.5mm

(2) จุดกระทบฟัน

ที่ฟันเฟืองจะมีรอยมันวาวจากการขบกันเพื่อทำการหมุน ให้ทำการปรับให้ตรงกลางของขอบฟันที่มีรอยกระทบ 50% ขึ้นไป

ตัวอย่างที่ไม่ดี

(รอยกระทบไปด้านใดด้านนึง)

ตัวอย่างที่ดี

(รอยกระทบอยู่ตรงกลาง)

2-5 การต่อด้วยโซ่

กรณีต่อด้วยโซ่ ต้องทำให้แกนมอเตอร์และเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยทำงานคู่ขนานกันไปบนพื้นระนาบเดียวกัน และถ้าสปร็อกเก็ตตั้งไม่ได้ฉากกับพื้นผิวระนาบนั้น จะทำให้เกิดการสะเทือนและเสียงรบกวนเกิดขึ้น ส่งผลให้อายุการทำงานของโซ่สั้นลง มีแรงที่มากเกินไปเพิ่มไปที่แกนของมอเตอร์ และตลับลูกปืน และทำให้เกิดผลกระทบที่เสียหายได้ นอกจากนี้ ถ้าตรึงโซ่หย่อนไป จะทำให้เกิดแรงกระแทกตอนเริ่มต้นทำงานมาก อาจเกิดอุบัติเหตุ เช่น แกนมอเตอร์เสียหายได้ ดังนั้นให้ระมัดระวังในการใช้งานตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) **สปร็อกเก็ต**

1) ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch ของสปร็อกเก็ตที่ติดเข้ากับมอเตอร์มีค่าน้อยเกินไป (เลือกจำนวนซี่ฟันน้อยเกินไป) จะทำให้น้ำหนักถ่วงการตรึงมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้แล้ว ยิ่งจุดถ่วงน้ำหนักของแกนใกล้กับปลายแกนมากเท่าใด โมเมนต์งอตัวจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากน้ำหนักถ่วงการตรึง ดังนั้นให้เลือกใช้อันที่มี จำนวนซี่ฟันเหมาะสม และถ้าเป็นไปได้ให้พยายามปรับจุดน้ำหนัก ให้เยื้องมากทางด้านฐานจากจุดกึ่งกลางแกน การออกแบบใหม่ที่ไม่เคยมีของจริงมาก่อน ให้อ้างอิงค่าประกอบการออกแบบ

2) ถ้าไม่มีความถูกต้องของส่วนต่างๆ เช่น รูปฟันของ สปร็อกเก็ต Pitchฯลฯ จะทำให้มีการทำงานโดยปราศการการหล่อลื่น และอายุการใช้งานก็จะสั้นลง ดังนั้นให้ทำการติดต่อขอซื้อจากผู้ผลิตเฉพาะทาง รวมทั้งโซ่ด้วย

3) ถ้าสปร็อกเก็ตเป็นแบบบอสด้านเดียว ระหว่างการทำงานอาจมีความเป็นไปได้ ที่จะมีการเคลื่อนที่ไปทางด้านบอสที่ติดอยู่ ดังนั้น ให้ทำการขันยึดไปทางแกนให้แน่นหนา

(2) ประกบมอเตอร์เข้ากับสปร็อกเก็ต ของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยตรงตำแหน่งสเกลหรือ Straight Edge พร้อมกับกำหนดตำแหน่งที่ทำให้ไม่เกิดช่องว่าง

(3) **การจัดวาง**

เมื่อต่อด้วยโซ่ การจัดวางของมอเตอร์กับโหลดที่ใช้งานด้วย ควรให้แนวพื้นระนาบขนานกัน รวมถึงแกนของทั้งคู่ด้วย ถ้าต้องเอียงขอให้ต่ำกว่ามุม 60 องศา และจำเป็นต้องให้เกิดการหย่อนของโซ่ตรงทางด้านล่าง

(4) **อัตราความเร็ว**

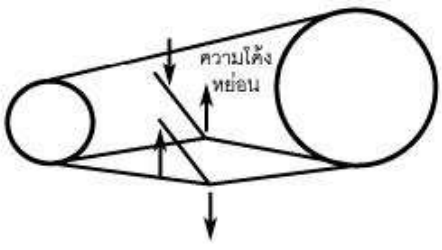
โดยปกติทั่วไปจะให้เป็น 1:7 ถ้าเป็นความเร็วต่ำ สามารถใช้ได้ถึง 1:10 อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดก็ตาม มุมของโซ่ที่เกิดจากสปร็อกเก็ต ต้องให้มากกว่า 120 องศาขึ้นไป

(5) **ระยะห่างระหว่างแกน**

โดยทั่วไปแล้วระยะห่างระหว่างแกนทั้งสองของการขับเคลื่อน และทำงานต้องมีค่าประมาณ30 ~ 50 เท่าของความยาว Pitch ของโซ่ กรณีของโหลดที่มีทอร์คพัลส์ให้เลือกค่าที่ต่ำกว่า 20 เท่า

(6) **การกระแทกของการต่อด้วยโซ่**

ถ้าโซ่หย่อนจะเกิดแรงกระแทกมหาศาลเกิดขึ้นตอนสตาร์ท และหยุดทำงาน ขอให้ปรับความตึงให้มีค่าที่เหมาะสม ความโค้งหย่อนของโซ่โดยปกติทั่วไปจะให้มีค่าประมาณ 4% ของความยาวสแปน กรณีมีความถี่การสตาร์ทบ่อยครั้ง หรือกรณีการหมุนกลับอาจตรึงโดยให้มีค่าประมาณ 2% นอกจากนี้แล้ว ต้องตรวจสอบดูไม่ให้โซ่หลุดระหว่างการทำงานจากแรงกระแทกนั้น นอกจากความหย่อนของโซ่แล้วก็จะมีโมเมนต์ความเฉื่อยจากเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย โดยจะมากน้อยแตกต่างกันออกไปตามค่าคงที่สปริงของระยะการส่งถ่ายพลัง ถ้าเป็นอันที่เคยมีผลลัพธ์จากการใช้มาก่อนก็ไม่เป็นไร แต่ถ้าชนิดใหม่ๆ ขอให้ปรึกษากับบริษัทก่อน



(7) การหล่อลื่น

ในการหล่อลื่นโซ่นั้น ขอให้เลือกวิธีการหล่อลื่นโดยใช้สารหล่อลื่นที่เหมาะสมตามเงื่อนไขของประเภทโซ่ สภาวะแวดล้อม การใช้งาน ขอให้ทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตโซ่

2.6 ในกรณีดังต่อไปนี้ ให้ทำการคิดค่อโดยกรอกค่าตัวเลขตามด้านล่างนี้มาให้ด้วย

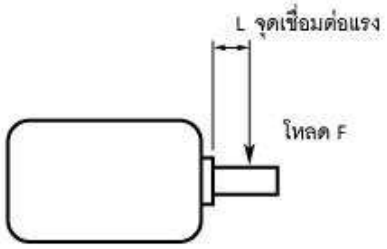
(1) ต่อด้วยสายพาน และไม่อยู่ในตารางคุณสมบัติมาตรฐาน 2.4 หรือตาราง 2.5

(2) กรณีต่อด้วยเกียร์

(3) กรณีต่อด้วยโซ่

กรณีส่งถ่ายแรงทอร์คอัตราที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch ที่ต่ออยู่กับโหลดมีค่าน้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch ของมู่เล่ย์มาตรฐาน และนอกจากนี้จุดเชื่อมต่อแรง L มีค่ามากกว่า PW/2 ของค่ามาตรฐาน (ดูตาราง 2.4, 5.5 ประกอบ)

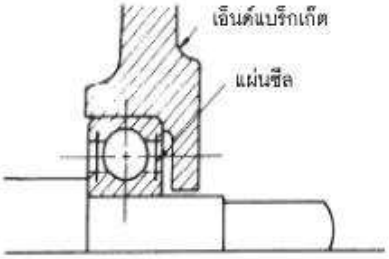
โหลดที่ใช้เป็นประจำ F		N
โหลดสูงสุด F		N
ระยะจนถึงจุดเชื่อมต่อแรง		mm
สัมประสิทธิ์การกระแทก		



3. วิธีการหล่อลื่นตลับลูกปืน

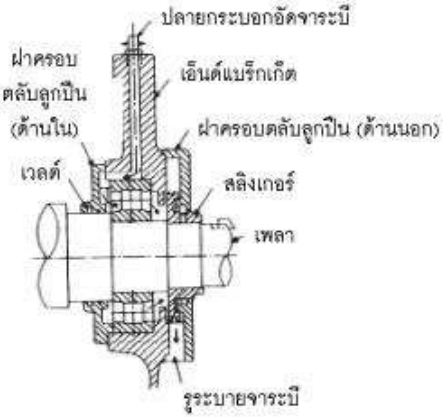
3-1 ซีลตลับลูกปืน

วิธีการที่ใช้ในมอเตอร์ใช้งานทั่วไปคือประกอบไปด้วยแผ่นซีล 2 ข้างแล้วจัดจาระบีเข้าไปเพื่อทำการกล่อลื่น



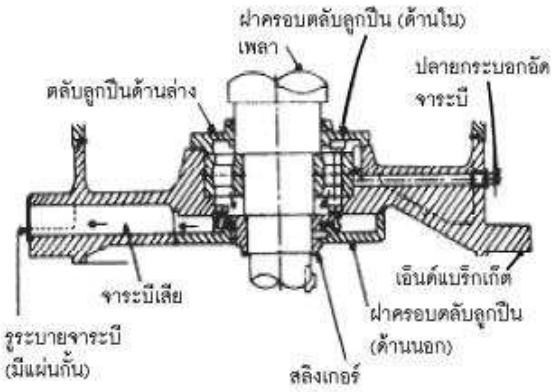
3-2 ชนิดเปลี่ยนจาระบี

วิธีที่ใช้สำหรับงานที่มีเอ้าท์พุตสูงหรือความเร็วรอบสูง จาระบีอันใหม่จะถูกอัดเข้าจากทางปลายกระบอกอัดจาระบี และจาระบีเก่าจะออกไปทางรูระบายจาระบีที่อยู่ด้านล่าง (โมเดลที่ใช้วิธีนี้ให้ดูในตารางหมายเลยตลับลูกปืนในคตาล็อก) ทางลูกค้ายังสามารถกำหนดเลือกไม่ให้มีการระบายจาระบีออกคือวิธีการหยุดจาระบีไม่ให้ระบายได้



3-3 ชนิดเปลี่ยนจาระบีแกนแนวตั้ง

ชนิดเปลี่ยนจาระบีแกนแนวตั้ง จะใช้กับงานที่มีเอ้าท์พุตสูงหรือความเร็วรอบสูงที่เป็นแกนแนวตั้ง จาระบีใหม่จะถูกอัดเข้าจากทางปลายกระบอกอัดจาระบี และจาระบีเก่าจะถูกระบายออกไปทางจาระบีเสีย ในป้ายแสดงข้อความระมัดระวัง จะบอกว่าถ้าเติมจาระบี 6 ครั้งแล้วหรือครบ 2 ปีแล้วให้ทำการกำจัดจาระบีออกโดยการเปิดแผ่นกันออก เขี่ยจาระบีทิ้งโดยใช้แท่งอะไรก็ได้ (โมเดลที่ใช้วิธีนี้ ให้ดูในตารางหมายเลขตลับปืนในคตาล็อก)



4. จาระบีสำหรับตลับลูกปืน

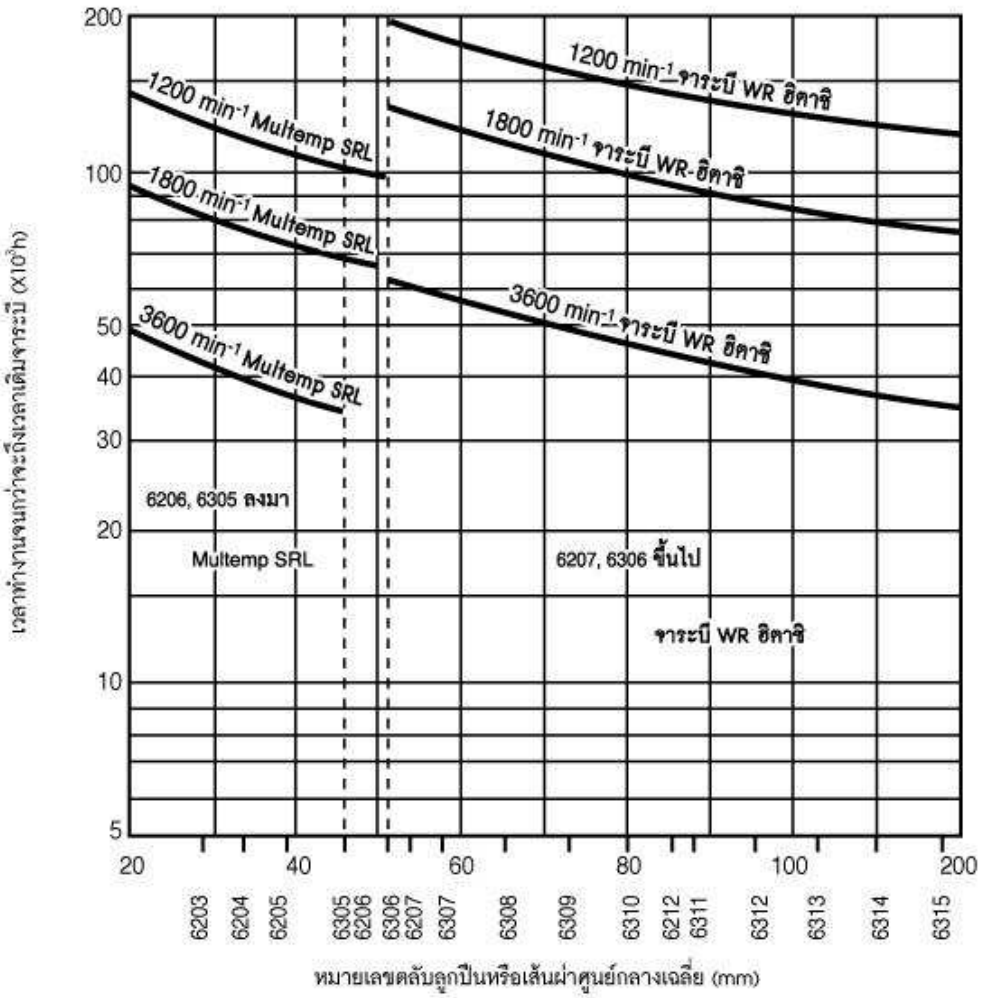
4-1 ตลับลูกปืนและอายุการใช้งานจาระบี

อายุการใช้งานของตลับลูกปืน จะขึ้นอยู่กับผลกระทบจากโหลด และจากการเสื่อมสภาพของจาระบี โดยปกติทั่วไป อายุการใช้งานของตลับลูกปืนจะดูจากการเสื่อมสภาพของจาระบีเป็นหลัก

อายุการใช้งานจาระบีจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากกับอุณหภูมิและความเร็วรอบ รวมทั้งได้รับผลกระทบอย่างง่ายดายจากสภาพบรรยากาศรอบบริเวณ ดังนั้นต้องระมัดระวังอย่างมาก เมื่อจะเลือกใช้งาน

(1) ซีลแบริ่ง

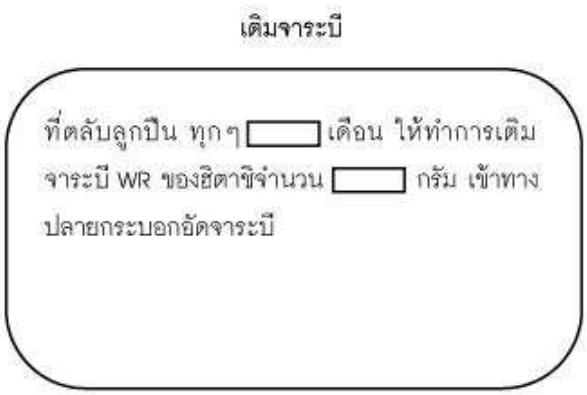
ตลับลูกปืนมอเตอร์ของฮิตาชิที่มีความสามารถทำงานโดยไม่ต้องเปลี่ยนน้ำมันได้เป็นเวลายาวนาน จะเรียกว่าซีลแบริ่ง ในสภาพการใช้งานทั่วไปไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแม้แต่น้อย จาระบีที่ใช้ในซีลแบริ่ง จะใช้ Multemp SRL ชนิดลิเธียมทนความร้อน และชนิดโซเดียมแบบพิเศษ (จาระบี WR ฮิตาชิ) ที่มีอายุการใช้งานยาวนานประมาณ 4 เท่าของชนิดลิเธียมทั่วไป อย่างไรก็ตาม อายุการใช้งานโดยประมาณจะขึ้นอยู่กับขนาดตลับลูกปืนและจำนวนรอบหมุน ดังแสดงในรูป 4.1 ที่เห็นคือกรณีอุณหภูมิตลับลูกปืนเป็น 65 °C อายุการใช้งานจาระบีจะเปลี่ยนไปอย่างมากตามค่าอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้ว ทุกๆ 10°C ที่เพิ่มขึ้น อายุการใช้งานจะลดลง 1/2



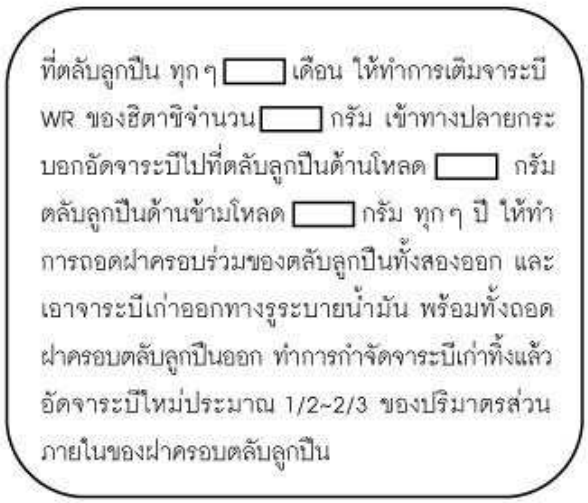
รูป 4.1 อายุการใช้งานจาระบีของซีลแบริ่ง (65°C)

(2) ชนิดเปลี่ยนจาระบี

โมเดลที่มีเอ้าท์พุตสูง (ดูอ้างอิงในตาล็อก) จะมีการใช้ชนิดเปลี่ยนจาระบี กรณีนี้ ในป้ายแสดงข้อควรระวังตามที่แสดงในรูป 4.2 และ 4.3 ให้ทำการเติมจาระบีตามรายละเอียด ในป้ายแสดงนั้น



รูป 4.2 ตัวอย่างหนึ่งของป้ายแสดงข้อควรระวัง (ชนิดแกนแนวนอน)



รูป 4.3 ตัวอย่างหนึ่งของป้ายแสดงข้อควรระวัง (ชนิดแกนแนวตั้ง)

อย่างไรก็ตาม ถ้าอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่นละอองมาก หรือกรณีอุณหภูมิของตลับลูกปืนสูงกว่า 75°C จำเป็นที่ต้องเติมจาระบีเร็วกว่าปกติ ถ้าอุณหภูมิของตลับลูกปืนสูงกว่า 75°C ทุกๆ 10°C ที่เพิ่มสูงขึ้น อายุการใช้งานจะลดลงครึ่งหนึ่ง

4-2 อุณหภูมิสภาพแวดล้อม และประเภทการใช้จาระบี

ตาราง 4.1 อุณหภูมิสภาพแวดล้อม และประเภทการใช้จาระบี

เขตอุณหภูมิ	อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (°C)	ประเภทของจาระบี
สำหรับอุณหภูมิที่ต่ำ	-60~-40	จาระบีซิลิกอนสำหรับอุณหภูมิต่ำ (SH33L)
	-50 - 0	ISO FLEY SUPER (LDS 18)
	-40~+30	มัลเทมป์ (SRL)
มาตรฐาน	-30 ~ +40	เซลล์อัลวาเนียร์ (NO 2), มัลตินอค (NO 2),
		มัลเทมป์ (SRL), จาระบี WR ฮิตาชิ (No.3)
สำหรับอุณหภูมิที่สูง	+40~+100	มัลเทมป์ (SLR)
	+40~+120	จาระบี WR ฮิตาชิ (No.3)
	+40~+130	ยูเรียกรีส (เซลล์สตาบินากรีส RL2)
	+60~+140	ยูเรียกรีส (RL2)
	+60~+150	ยูเรียกรีส (ENS)
	+150~+180	※ จาระบีซิลิสกอนสำหรับอุณหภูมิสูง (SH44M)

หมายเหตุ 1. เครื่องหมาย ※ คือแบบ 2 โพล ไม่สามารถใช้ได้กับหมายเลขตลับลูกปืน 6309 ขึ้นไป

2. กรณีอุณหภูมิตลับลูกปืนมากกว่า 120°C ขึ้นไป จำเป็นต้องใช้ตลับลูกปืนทนความร้อน

3. การใช้งานจาระบีจะถูกแยกแยะจากอุณหภูมิตลับลูกปืน

ถ้าต้องการกำหนดระบุจาระบีที่นอกเหนือจากในตาราง 4.1 ให้สอบถามเจ้าของยี่ห้อจาระบีหรือทางผู้ผลิต

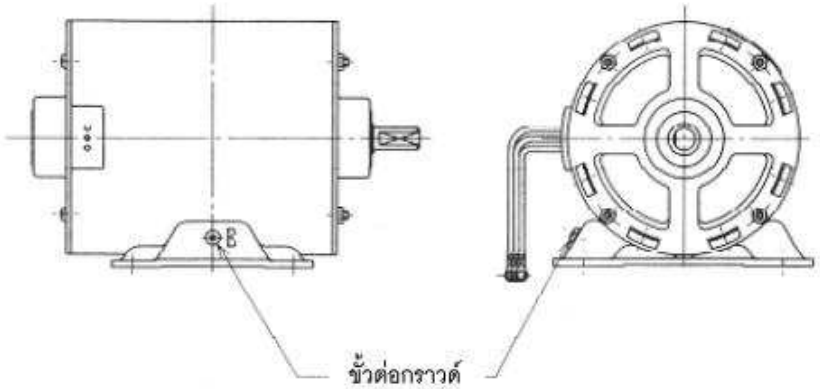
5. ขั้วต่อกราวด์

5-1 กรณีขั้วต่อสายอยู่ตรงกล่องขั้วต่อสาย

ในมอเตอร์จะมีการเตรียมขั้วต่อกราวด์ไว้ที่ส่วนภายในกล่องขั้วต่อสาย สำหรับชนิดป้องกันระเบิดเพิ่มความปลอดภัย (ตามข้อบังคับใหม่) และชนิดป้องกันระเบิดทนความดันจะมีการเตรียมขั้วต่อกราวด์ ไว้ที่ด้านนอก

5-2 กรณีเตรียมขั้วต่อกราวด์ ที่เฟรม

สำหรับอันที่ไม่มีกล่องขั้วต่อสาย จะมีการเตรียมขั้วต่อกราวด์ไว้ที่เฟรม โดยปกติทั่วไปจะมีการเตรียมไว้ในตำแหน่งตามที่แสดงในภาพด้านล่าง



6. การตรวจสอบมอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุม และการบันทึก

การตรวจสอบบำรุงรักษามอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมจะประกอบไปด้วยการตรวจสอบประจำวัน และการตรวจสอบประจำสัปดาห์หรือประจำเดือน รายละเอียดรายการตรวจสอบจะอยู่ในตาราง 6.1 และ 6.2 รายการตรวจสอบดังกล่าวเหล่านี้ ให้ทำการแยกเป็นประเภทและเก็บค่าการบันทึกเอาไว้ นอกจากนี้แล้ว ก็ให้ทำการเก็บบันทึกการตรวจสอบที่ทำเป็นครั้งคราวเอาไว้ด้วยเช่นกัน

บันทึกเหล่านี้จะมีประโยชน์ต่อการควบคุมดูแลอุปกรณ์อย่างมาก ถ้าเกิดมีอุบัติเหตุขึ้น ก็สามารถใช้เป็นเอกสารสำคัญในการตรวจหาสาเหตุที่เกิดขึ้นได้

ตาราง 6.1 จุดสังเกตสำหรับการบำรุงรักษาและตรวจสอบมอเตอร์

ประเภท	การตรวจสอบประจำวัน	การตรวจสอบประจำปี (6 เดือน ถึง 2 ปี)
เป้าหมาย / ส่วน	ทำการตรวจสอบว่าสภาพการทำงานโดยทั่วไปมีความผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่	ตรวจสอบโดยการแยกประกอบ ทำการซ่อมแซมส่วนที่เสียหายจากผลการตรวจสอบที่ได้ หรือจุดที่สงสัยมาก่อนหน้านั้น
ตลับลูกปืนและสารหล่อลื่น	1. เสียงตลับลูกปืน 2. การสั่นสะเทือน 3. อุณหภูมิ	1. เติมและเปลี่ยนจาระบีของตลับลูกปืน 2. ตรวจสอบตลับลูกปืน
สลิปริงก์, ตัวยึดแปรง, แปรงถ่าน และอุปกรณ์ต่อลัดวงจร	1. ระดับประกายไฟของแปรง 2. ความยาวของแปรง 3. การเคลื่อนที่ของแปรง 4. ส่วนการสัมผัสสำหรับต่อลัดวงจร 5. สภาพพื้นผิวของสลิปริงก์	1. ซ่อมแซมโดยการลบส่วนที่หยาบของสลิปริงก์ 2. เปลี่ยนส่วนการสัมผัสสำหรับต่อลัดวงจร 3. ตรวจสอบตัวยึดแปรง
สเตเตอร์	1. สภาพการถ่ายเทอากาศ 2. มี/ไม่การเพิ่มอุณหภูมิที่ผิดปกติ 3. การสั่นสะเทือน 4. เสียงรบกวน 5. กระแสไฟโหลดและการเปลี่ยนแปลง	1. กำจัดฝุ่นละออง 2. ความหลวมของสลักเกลียวและน็อตที่ขันยึดในตำแหน่งต่าง ๆ 3. เส้นลวดในขดลวด การหลวมของลิ่ม(Wedge) 4. ระดับความเสื่อมสภาพของฉนวน 5. ทาเคลือบเงาถ้าจำเป็น 6. ความต้นทานฉนวน 7. ความถูกต้องของตำแหน่งการรวาง
โรเตอร์	1. การสั่นสะเทือน 2. เสียงรบกวน 3. สภาพการตรึงสายพาน	1. การหลวมและการเคลื่อนที่ของลวดผูก (Binding Wire) (แบบพันขดลวด) 2. การหลวกของบัดกรีที่ส่วนเชื่อมต่อขดลวด 3. ระดับความเสื่อมสภาพของฉนวน (แบบพันขดลวด) 4. ตรวจสอบแกนเหล็ก บาร์ เอ็นด์ของโรเตอร์ 5. กำจัดฝุ่นละออง 6. ความหลวมของสลักเกลียวและน็อตที่ขันยึดในตำแหน่งต่าง ๆ 7. การสึกหรอและรอบที่ส่วนเชื่อมต่อกับตลับลูกปืน 8. ความต้นทานฉนวน (แบบพันขดลวด) 9. ทาเคลือบเงาถ้าจำเป็น (แบบพันขดลวด) 10. ตรวจสอบความบาลานซ์

ตาราง 6.2 จุดสังเกตสำหรับการบำรุงรักษาและตรวจสอบอุปกรณ์ควบคุม

ประเภท	การตรวจสอบประจำวัน	การตรวจสอบประจำปี (6 เดือน ถึง 2 ปี)
เบรก HBA เบรก FA เบรก NA เบรก HBF	1. เสียงผิดปกติตอนเคลื่อนที่	1. ตรวจสอบสโตรก 2. ตรวจสอบทอร์คเบรก 3. การสึกกร่อนของไลนิ่ง (Lining), Moving Plate, Fix Plate
แม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับปั้นจั่น **เบรก**	1. กลิ่นแปลกปลอม 2. ส่วนการเชื่อมติดส่วนต่างๆ 3. สโตรกแม่เหล็กไฟฟ้า	1. การสึกกร่อนของพิน และรูพิน 2. การสึกกร่อนของส่วนรับสต๊อปเปอร์ 3. ตรวจสอบฝุ่นยาง 4. ตรวจสอบและทำความสะอาดพื้นผิวแม่เหล็กไฟฟ้า
เบรก CF **(เซอร์โวลิฟต์เบรก)**	1. ส่วนการเชื่อมติดส่วนต่างๆ 2. สโตรกของเซอร์โวลิฟต์	1. การสึกกร่อนของพิน และรูพิน 2. เปลี่ยนน้ำมันของเซอร์โวลิฟต์ 3. เปลี่ยนซีลน้ำมัน 4. การสึกกร่อนของคัน (ยก) เซอร์โวลิฟต์
คอนโทรลเลอร์	1. ความสะอาด	1. Cam Switches / เติมจาระบี 2. การสึกกร่อนของ Cam Switches / ตลับลูกปืน
ตัวต้านทานสำหรับสตาร์ท **ตัวต้านทานทุติยภูมิ**	1. สิ่งแปลกปลอม	1. ฉนวน 2. กริดเปลี่ยนรูป / เปลี่ยนสี

7. การวิเคราะห์ปัญหาของมอเตอร์

ในการบำรุงดูแลรักษามิเตอร์ในเบื้องต้นนั้น ได้อธิบายไปแล้ว อย่างไรก็ตามในบางเหตุการณ์ ต้องดำเนินมาตรการที่เหมาะสมในช่วงเวลาที่เหมาะเจาะ

ในตาราง 7.1 - 7.2 จะเป็นตัวอย่างของการวิเคราะห์สาเหตุความผิดปกติของมอเตอร์ และการดำเนินการมาตรการแก้ไขอย่างรวดเร็ว ให้ใช้เป็นข้อมูลประกอกเพื่อให้ดำเนินการได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้แล้ว หากต้องการข้อมูลเชิงเทคนิค ให้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญตามจุดสถานีบริการของฮิตาชิ

ตาราง 7.1 การตรวจวิเคราะห์มอเตอร์และการแก้ไขในทันท่วงที (1)

• มอเตอร์ 3 เฟสแบบกรงกระรอก

ปรากฏการณ์ / สาเหตุ		เสียงผิดปกติ	การหมุนผิดปกติ	การสั่นสะเทือน	ความร้อนเกิน: เฟรม	ความร้อนเกิน: ตลับลูกปืน	รีเลย์เทอร์มอลทำงาน	เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงาน	กระแสไฟฟ้ารั่ว	ความต้านทานฉนวนลดลง	การแก้ไขในเบื้องต้น
การวางตำแหน่ง	ตำแหน่งวาง การต่อตรง การต่อด้วยสายพานมีปัญหา	○		◎		○					จัดวางตำแหน่งให้ถูกต้องแม่นยำ
	สายพานตึงมากเกินไป					◎					ปรับแรงตึงของสายพานให้ถูกต้อง
	การประกอบใส่ชิ้นส่วนเช่นมู่เล่ย์ ดีย์ฯลฯ หลวม	○		○							ใช้อันที่เหมาะสม
การต่อสาย	ต่อสายกราวด์ (อาร์ค) ไม่เรียบร้อยสมบูรณ์								◎		ต่อสายกราวด์ (อาร์ค) ตามมาตรฐานข้อบังคับ
	ความจุของเซอร์กิตเบรกเกอร์ สวิทช์ ไม่เหมาะสม				○ หมายเหตุ 3			◎			เปลี่ยนไปใช้ตามมาตรฐานข้อบังคับ
	สายไฟขาด		○								ซ่อมแซมสายไฟ
	อุปกรณ์สตาร์ท หน้าสัมผัสสวิทช์ไม่ดี		○		○ หมายเหตุ 3						ปรับส่วนการสัมผัส
สภาวะแวดล้อม	การระบายความร้อนแย่ลงเนื่องจากมีสิ่งสกปรก				○						ทำความสะอาดบ่อยๆ
	อุณหภูมิรอบบริเวณสูง				◎	○	◎				ปรับอากาศให้โหลเวียนได้สะดวก หรือปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	ความชื้นสัมพัทธ์รอบบริเวณสูง									◎	ปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	ฝุ่นละออง หรือสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เข้าไปข้างใน					○			○	◎	หาวิธีป้องกัน ทำการตรวจสอบโดยถอดประกอบ
	เปียกชุ่มไปด้วยน้ำ หรือน้ำมันปริมาณมาก					○			○	◎	
	มีการสั่นสะเทือนจากภายนอก และการกระแทกสูง			◎							
แหล่งจ่ายไฟ	ทำงานด้วยไฟเฟสเดียว	◎	◎	○	◎		◎	○			ทำการตรวจสอบดูส่วนการเชื่อมต่อต่างๆ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์, สวิทช์, สายขั้วต่อฯลฯ
	แรงดันไฟฟ้าตกมาก	○	○		◎		◎				ทำการตรวจสอบจุดต่างๆ เช่นความหนาของสายไฟ ความยาว ฯลฯ ทำการปรึกษากับบริษัทจ่ายไฟ
	แรงดันไฟฟ้าไม่บาลานซ์	○	○		○		○				ทำการตรวจสอบโหลดที่อยู่ในระบบแหล่งจ่ายไฟนั้น
โหลด	โอเวอร์โหลด		○		◎		◎	○			ลดโหลดให้น้อยลง ตรวจสอบตลับลูกปืนฝั่งเครื่องจักร
	ความถี่การสตาร์ทสูง				◎		○				ลดจำนวนรอบหมุนตอนสตาร์ท ปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	โมเมนต์ความเฉื่อยของโหลดสูง				◎		○				ปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	Thrust จากฝั่งเครื่องจักร	○		○		◎					แก้ไขการประกอบติดตั้ง
	โหลดเสียดุลภาพมาก	○		◎		○					ปรับให้มีความสมดุลมากขึ้น เช่นการทำความสะอาด Liner ให้มากขึ้น
	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย	○		◎							ตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย
การวางตำแหน่ง หมายเหตุ 2				◎		◎	○				ร้องขอให้ทาง (SS) มาทำการตรวจสอบ
การวางตำแหน่ง หมายเหตุ 2		○	○		○		◎	◎	○		ร้องขอให้ทาง (SS) มาทำการตรวจสอบ

หมายเหตุ) 1.เครื่องหมาย ◎ คือปรากฏการณ์กับสาเหตุมีความสัมพันธ์กันมาก เครื่องหมาย ○ คือมีความสัมพันธ์กัน

2. กรณีนี้ จำเป็นต้องทำการตรวจสอบหาสาเหตุที่แท้จริง และกำจัดออกไป

3. สวิทช์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์สตาร์ทมีความร้อนเกิดขึ้น

4. (SS) คือ Service Station

ตาราง 7.2 การตรวจวิเคราะห์มอเตอร์และการแก้ไขในทันท่วงที (2)

• ชนิดสตาร์ทแบบผสม, ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท, คอนเดนเซอร์มอเตอร์ชนิดคอนเดนเซอร์สตาร์ท

ปรากฏการณ์ / สาเหตุ		เสียงผิดปกติ	การหมุนผิดปกติ	การสั่นสะเทือน	ความร้อนเกิน: เฟรม	ความร้อนเกิน: ตลับลูกปืน	รีเลย์เทอร์มอลทำงาน	เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงาน	กระแสไฟฟ้ารั่ว	ความต้านทานฉนวนลดลง	การแก้ไขในเบื้องต้น
การวางตำแหน่ง	ตำแหน่งวาง การต่อตรง การต่อด้วยสายพานมีปัญหา	○		◎		○					จัดวางตำแหน่งให้ถูกต้องแม่นยำ
	สายพานตึงมากเกินไป					◎					ปรับแรงตึงของสายพานให้ถูกต้อง
	การประกอบโล่ขึ้นส่วนเช่นมู่เล่ย์ คีย์ฯลฯ หลวม	○		○							ใช้อันที่เหมาะสม
การต่อสาย	ต่อสายกราวด์ (อาร์ค) ไม่เรียบร้อยลมบูรณ์								◎		ต่อสายกราวด์ (อาร์ค) ตามมาตรฐานข้อบังคับ
	ความจุของเซอร์กิตเบรกเกอร์ สวิทช์ไม่เหมาะสม				○ [3]			◎			เปลี่ยนไปใช้ตามมาตรฐานข้อบังคับ
	สายไฟขาด		○					○			ซ่อมแซมสายไฟ
	อุปกรณ์สตาร์ท หน้าสัมผัสสวิทช์ไม่ดี		○		○ [3]						ปรับส่วนการสัมผัส
	แรงดันไฟฟ้าตกมาก	○	○		◎		◎				ทำการตรวจสอบจุดต่างๆ เช่นความหนาของสายไฟ ความยาว ฯลฯ ทำการปรึกษากับบริษัทจ่ายไฟ
สภาวะแวดล้อม	การระบายความร้อนแย่ลงเนื่องจากมีสิ่งสกปรก				○						ทำความสะอาดบ่อยๆ
	อุณหภูมิรอบบริเวณสูง				◎	○	◎				ปรับอากาศให้ไหลเวียนได้สะดวก หรือปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	ความชื้นสัมพัทธ์รอบบริเวณสูง									◎	ปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	ฝุ่นละออง หรือสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เข้าไปข้างใน					○			○	◎	หาวิธีป้องกัน ทำการตรวจสอบโดยถอดประกอบ
	เปียกชุ่มไปด้วยน้ำ หรือน้ำมันปริมาณมาก					○			○	◎	
	มีการสั่นสะเทือนจากภายนอก และการกระแทกสูง			◎							
โหลด	โอเวอร์โหลด		○		◎		◎	○			ลดโหลดให้น้อยลง ตรวจสอบตลับลูกปืนฝั่งเครื่องจักร
	ความถี่การสตาร์ทสูง				◎		○				ลดจำนวนรอบหมุนตอนสตาร์ท ปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	โมเมนต์ความเฉื่อยของโหลดสูง				◎		○				ปรึกษา (SS) สำนักงาน หรือโรงงาน
	Thrust จากฝั่งเครื่องจักร	○		○		◎					แก้ไขการประกอบติดตั้ง
	โหลดเสียดุลภาพมาก	○		◎		○					ปรับให้มีความสมดุลมากขึ้น เช่นการทำความสะอาด Liner ให้มากขึ้น
	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย	○		◎							ตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย
ตลับลูกปืนผิดปกติ หมายเหตุ 2		◎		◎		◎	○				ร้องขอให้ทาง (SS) มาทำการตรวจสอบ
การสูญเสียที่ขดลวดมอเตอร์ หมายเหตุ 2		○	○		○		◎	◎	○		ร้องขอให้ทาง (SS) มาทำการตรวจสอบ

หมายเหตุ) 1.เครื่องหมาย ◎ คือปรากฏการณ์กับสาเหตุมีความสัมพันธ์กันมาก เครื่องหมาย ○ คือมีความสัมพันธ์กัน

2. กรณีนี้ จำเป็นต้องทำการตรวจสอบหาสาเหตุที่แท้จริง และกำจัดออกไป

3. สวิทช์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์สตาร์ทมีความร้อนเกิดขึ้น

4. (SS) คือ Service Station

8. การใช้งานมอเตอร์เกียร์

8-10 เกี่ยวกับน้ำมันหล่อลื่น

(1) การเติมน้ำมัน

มอเตอร์เกียร์ที่เป็นโมเดลหล่อลื่นด้วยจาระบี จะมีการเติมจาระบีเอาไว้แล้วตอนส่งออกจากโรงงานจึงไม่ต้องเติมน้ำมัน การเติมน้ำมันของผลิตภัณฑ์โมเดลหล่อลื่นด้วยน้ำมัน ต้องให้ได้กึ่งกลางของเครื่องวัดระดับผิวน้ำมันห้ามเติมน้ำมันมากเกินไป หรือน้อยเกินไป

(2) การเปลี่ยนสารหล่อลื่น

โมเดลหล่อลื่นด้วยจาระบีให้ตั้งเวลาการเปลี่ยนไว้ที่ประมาณ 20,000 ชั่วโมง กรณีที่นำไปใช้งานในที่ที่มีสภาพโซกโซน เช่นมีอุณหภูมิสูง หรือทำงานต่อเนื่องเป็นต้น ให้ตั้งเวลาการเปลี่ยนไว้ที่ประมาณ 10,000 ชั่วโมง จะทำให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น สำหรับโมเดลหล่อลื่นด้วยน้ำมัน หลังจากใช้งานไปแล้ว 500 ชั่วโมงแรก ให้ทำการเปลี่ยนน้ำมันอันใหม่ ดังแสดงในตาราง 8-1 หลังจากนั้นจึงให้ทำการเปลี่ยนน้ำมันทุก ๆ 2,000 ชั่วโมง

(3) จาระบีสำหรับมอเตอร์เกียร์

ในโมเดลหล่อลื่นด้วยจาระบีจะมีการอัดจาระบีดังต่อไปนี้เอาไว้คือ นิปเปโกะ SEP-0 ของนิปปอนโคยอุณหภูมิใช้งานบริเวณ -20°C~40°C ถ้านอกเหนือจากสภาพบรรยากาศดังกล่าวให้ทำการสอบถามเพิ่มเติม

(4) น้ำมันหล่อลื่นสำหรับมอเตอร์

ตาม JIS K2219 (น้ำมันเกียร์) จะแบ่งมาตรฐานออกได้ 2 ประเภท (เติมสารเพิ่มความดันให้สูงมากขึ้น) ตาราง 8.1 จะแสดงคลาส

ผลิตภัณฑ์ของแต่ละผู้ผลิต นอกจากนี้แล้วจะไม่มีการเติมน้ำมันหล่อลื่นเอาไว้ตอนส่งออกจากโรงงาน ดังนั้นให้ทำการเติมน้ำมันหล่อลื่นก่อนนำไปใช้งาน

8-2 วิธีเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย

(1) วิธีการต่อตรง

มอเตอร์เกียร์ฮิตาชิจะเหมาะที่สุดเมื่อใช้วิธีการต่อตรง

(2) วิธีต่อด้วยสายพานหรือโซ่

กรณีนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่องจักรที่ใช้งานด้วย หรือลดความเร็วเพื่อใช้งานที่ความเร็วต่ำ ให้ระมัดระวังดังต่อไปนี้

1) เกี่ยวกับเส้นผ่าศูนย์กลางสปร็อกเก็ตของโซ่ และเส้นผ่าศูนย์กลางเกียร์

เมื่อทำการประกอบสปร็อกเก็ตของโซ่หรือเกียร์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแกนเอ๊าท์พุต

สปร็อกเก็ตของเกียร์ } เส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch ≧ 3X เส้นผ่าศูนย์กลางแกนเอ๊าท์พุต

ให้ทำการเลือกสปร็อกเก็ต และเกียร์ให้ได้ตามค่าดังกล่าว

(3) เกี่ยวกับการตรึงโซ่

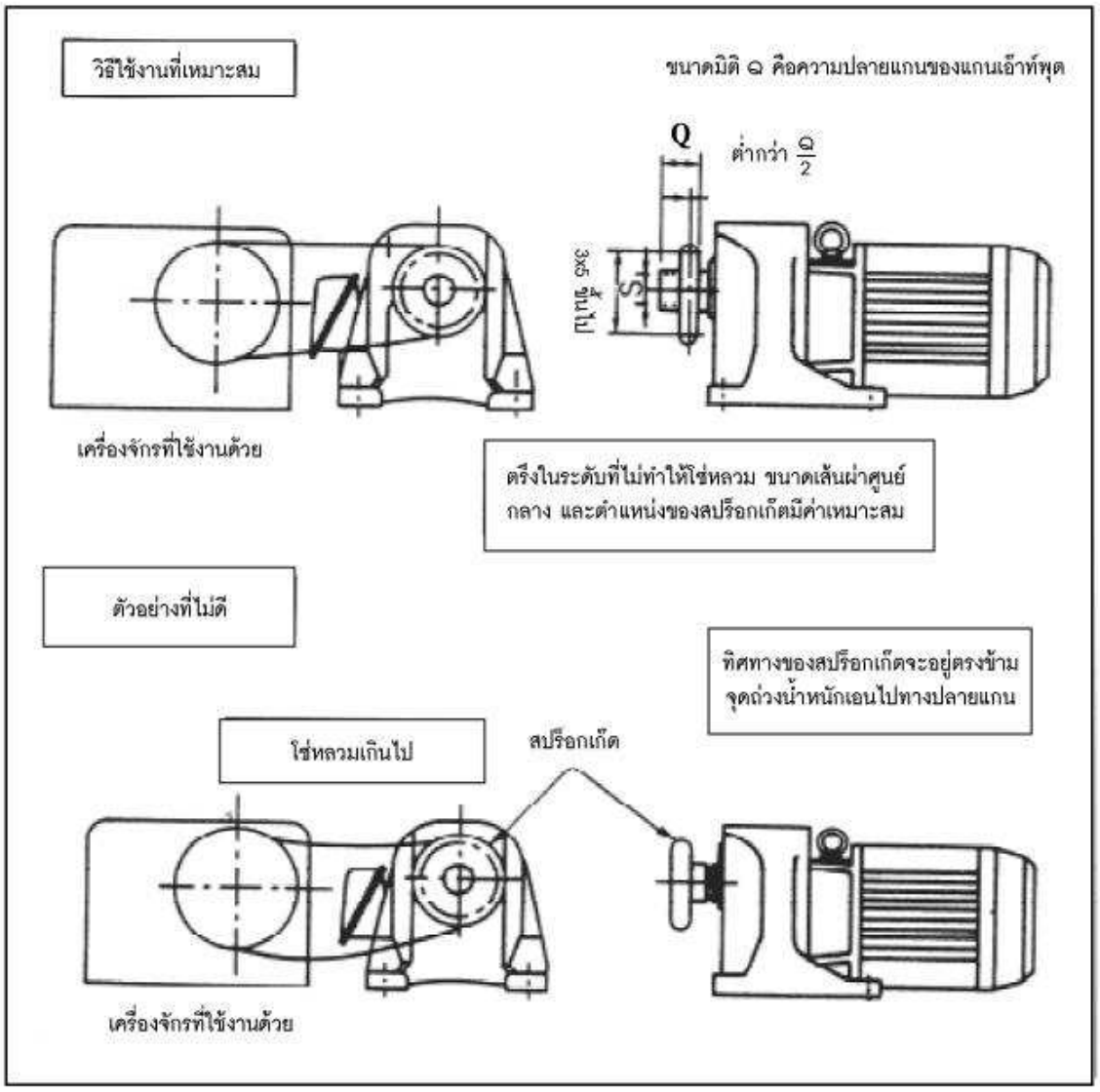
เมื่อทำการต่อโหลดเข้ากับโซ่ใช้งาน ให้ทำการตรึงโซ่ที่ทำให้ไม่เกิดการหย่อน ถ้าปล่อยให้ทำงานโดยโซ่ยังหย่อนอยู่จะทำให้เกิดแรงกระแทกมากตอนเริ่มต้นทำงาน และส่งผลกระทบเสียหายต่อเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยหรือมอเตอร์เกียร์ ถ้าต้องการทำงานโดยใช้วิธีเชื่อมต่อที่นอกเหนือไปจากข้อ (1)~(3) และมีความถี่ในการสตาร์ททำงานบ่อยมาก หรือมีโมเมนต์ความเฉื่อยง ของโหลดสูง ให้ทำการติดต่อสอบถามกับทางบริษัท

8-3 เกี่ยวกับการใช้งานโดยการหมุนกลับ

กรณีใช้มอเตอร์เกียร์ในการหมุนกลับ ให้ทำการหยุดชั่วคราวก่อนโดยใช้เบรก แล้วจึงทำการหมุนกลับ การหมุนกลับโดยการเสียบปลั๊ก จะทำให้เกิดทอร์กระแทกขนาดมาก และจะส่งผลเสียหายต่อเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยหรือมอเตอร์เกียร์ ดังนั้นห้ามทำในลักษณะเช่นนี้

8-4 การวางตำแหน่ง

โมเดลหล่อลื่นด้วยจาระบีจะติดตั้งได้ตามทิศทางที่ต้องการ แต่โมเดลหล่อลื่นด้วยน้ำมันแบบแนวนอนให้ติดตั้งในแนวนอน และแนวตั้งให้ติดตั้งฉาก โมเดลหล่อลื่นด้วยน้ำมันจะมีการใส่น้ำมันหล่อลื่น ถ้าทำการติดตั้งเอียง อาจทำให้น้ำมันหล่อลื่นไหลออกไปด้านนอกจนอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นกรณีต้องติดตั้งเอียงให้ดูอ้างอิงในคตาล็อก และทำการติดตั้งโดยไม่ให้เอียงเกินค่าที่กำหนดไว้ ถ้าต้องการติดตั้งเกินค่าดังกล่าวนี้ให้ทำการปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูล



ตาราง 8.1 น้ำมันหล่อลื่นสำหรับมอเตอร์เกียร์

• ตารางการเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นของแต่ละบริษัทสำหรับซีรี่ย์ GA (11kW)

อุณหภูมิรอบบริเวณ	0~10°C		0~40°C
น้ำมันเกียร์ JIS / ผลิตภัณฑ์ของแต่ละบริษัท	ISO VG 100 (ประเภท 2 เลขที่ 3)	ISO VG 150 (ประเภท 2 เลขที่ 4)	ISO VG 220 (ประเภท 2 เลขที่ 5)
อิเดะมิทซึโคซัง	ดัฟนี่ซูเปอร์เกียร์ออยล์ 100 ดัฟนี่แมคานิคออยล์ 100	ดัฟนี่ซูเปอร์เกียร์ออยล์ 150 ดัฟนี่แมคานิคออยล์ 150	ดัฟนี่ซูเปอร์เกียร์ออยล์ 220 ดัฟนี่แมคานิคออยล์ 180, 220
โซวะเชลล์ออยล์	เชลล์โอมูลาออยล์ 100	เชลล์โอมูลาออยล์ 150	เชลล์โอมูลาออยล์ 220
เจแปนอิเนอร์จี้	JOMO เรดัคตาส 100	JOMO เรดัคตาส 150	JOMO เรดัคตาส 220
ชิงนิปปอนออยล์	โบนน็อค M100	โบนน็อค M150	โบนน็อค M220
คอสโมออยล์	คอสโมเกียร์ SE100	คอสโมเกียร์ SE150	คอสโมเกียร์ SE220
โมบิลออยล์	โมบิลเกียร์ 629	โมบิลเกียร์ 629	โมบิลเกียร์ 630
เซเนรอลออยล์	เซเนรอล SP เกียร์รอล 100	เซเนรอล SP เกียร์รอล 150	เซเนรอล SP เกียร์รอล 220
เอสโซสแตนดาร์ดออยล์	สปาร์ตัน EP100	สปาร์ตัน EP150	สปาร์ตัน EP220

หมายเหตุ) 1. ถ้าอุณหภูมิรอบบริเวณมีค่า 0~20°C, ให้ใช้เชลล์เทอราส T15 (ของโซวะเชลล์ออยล์)
ถ้าอุณหภูมิสูงมากๆ หรือต่ำมากๆ ให้ทำการปรึกษากับทางบริษัท
2. น้ำมันหล่อลื่นจะไม่ได้ให้มาด้วยกับตัวมอเตอร์เกียร์ ให้ดูตารางข้างบนประกอบการเลือกใช้งาน

• ตารางการเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นของแต่ละบริษัทสำหรับ Planet Series

อุณหภูมิรอบบริเวณ	-20°C~0°C	0~40°C
น้ำมันเกียร์ JIS / ผลิตภัณฑ์ของแต่ละบริษัท	ISO VG 46 (ประเภท 2 เลขที่ 1)	ISO VG 220 (ประเภท 2 เลขที่ 5)
อิเดะมิทซึโคซัง	ดัฟนี่แมคานิคออยล์ 52	ดัฟนี่ซูเปอร์เกียร์ออยล์ 220 ดัฟนี่แมคานิคออยล์ 180, 220
โซวะเชลล์ออยล์	เชลล์โอมูลาออยล์ 52	เชลล์โอมูลาออยล์ 220
เจแปนอิเนอร์จี้	–	JOMO เรดัคตาส 220
ชิงนิปปอนออยล์	–	โบนน็อค M220
คอสโมออยล์	–	คอสโมเกียร์ SE220
โมบิลออยล์	–	โมบิลเกียร์ 630
เซเนรอลออยล์	–	เซเนรอล SP เกียร์รอล 220
เอสโซสแตนดาร์ดออยล์	–	สปาร์ตัน EP220

หมายเหตุ) น้ำมันหล่อลื่นจะไม่ได้ให้มาด้วยกับตัวมอเตอร์เกียร์ ให้ดูตารางข้างบนประกอบการเลือกใช้งาน

ตาราง 8.2 ลักษณะความบกพร่อง/สาเหตุ/การแก้ไขของมอเตอร์เกียร์

ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไข
เสียงดังมาก	• ล้อเฟืองสึกกร่อนหรือบิดงอผิดปกติ • ลูกปืน (Ball Bearing) ของส่วนมอเตอร์เสียหาย • เกิดรีโซแนนซ์กับแท่นยึดติดตั้ง • กล่องตลับลูกปืนสึกกร่อนมาก	• ให้ทำการเปลี่ยนล้อเฟือง • ให้ทำการเปลี่ยนลูกปืน (Ball Bearing) • ปรับแท่นยึดติดตั้งให้แข็งแรงขึ้น • ให้ทำการเปลี่ยนกล่องแบริ่ง
เคสเสียหาย ซี่ฟันล้อเฟืองเสียหาย	• โมเมนต์ความเฉื่อย J ของโหลด สูงมาก • ความถี่การสตาร์ทบ่อย • โซ่ตรึงเกินไปหรือหย่อนเกินไป • ทำงานแบบปลั๊กกิ้ง • สปร็อกเก็ตถูกอัดเข้ากับปลายแกน	• เลือกใช้โมเดลอื่นจากในแคตาล็อกที่ค่าอยู่ในย่านที่ยอมรับได้ • ให้ปรับความตรึงของโซ่ให้น้อยลงนิดหน่อย • ให้หยุดหมุนก่อนจึงค่อยทำการหมุนกลับ • ให้อัดเข้าโดยต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวแกน
น้ำมันรั่ว	• ใส่น้ำมันมากเกินไป • ส่วนของมอเตอร์เอียงไปทางด้านล่าง • ขนย้ายโดยมีการเอียงตัวอุปกรณ์หลังเติมน้ำมัน	• ให้เอาออกด้วยมือ เมื่อหยุด ให้เติมเข้าไปให้ได้ระดับประมาณกึ่งกลางของเครื่องวัดผิวน้ำมัน • ให้เอาออกด้วยมือ ปรับใช้งานโดยอยู่ต่ำมุมที่ยอมรับได้ตามที่ระบุไว้ในคตาล็อก • ให้เอาออกด้วยมือ หลังจากติดตั้งแล้วจึงค่อยเติมด้วยมือหรือขนย้ายโดยไม่ให้เอียง
น้ำมันจาระบี	• ซีลน้ำมันและแกนสึกกร่อนหรือเป็นรอย	• ให้ทำการเปลี่ยนซีลน้ำมันหรือแกน
การเพิ่มอุณหภูมิสูง	• ความถี่การสตาร์ทบ่อย • โอเวอร์โหลด • รูระบายอากาศของฝาครอบปลายอุดตัน	• ปรับให้อยู่ในค่าช่วงที่ยอมรับได้ตามที่ระบุไว้ในคตาล็อก • ปรับโหลดให้ต่ำกว่าค่าอัตรา • ให้ทำความสะอาดผงหรือฝุ่นละอองในรูระบายอากาศ

นอกจากนี้แล้ว หากต้องการรายละเอียด ให้ดูในคู่มือการใช้งานมอเตอร์เกียร์ฮิตาชิ

9. เอกสารแนบบันทึก

เอกสารบันทึก 1. ใบติดต่อคุณสมบัติสายพานและมู่เล่ย์ (ขอให้ทำการถ่ายเอกสารนี้ เมื่อจะนำไปใช้งาน)

ใบติดต่อคุณสมบัติสายพานและมู่เล่ย์

ถ้าคุณสมบัติสายพานมีค่ามากกว่าค่าที่แสดงในคตาล็อกหรือ
น้ำหนักโค้งหย่อนสายพานมีค่ามาก ให้ใช้ใบเอกสารนี้ประกอบการติดต่อ
และจะทำการพิจารณาความแข็งแรงของแกน และอายุใช้งานของตลับลูกปืน

(ชื่อบริษัท)

คุณ..... วันที่.....เดือน.....ปี.....

บันทึก

1. การใช้งาน.....

2. โมเดล.....kw แบบขนิด....., โพล, ...V,.....Hz

3. คุณสมบัติสายพาน

ประเภทของสายพาน A, B, C, D, 3V, 5V, 8V, (อื่นๆ.....)
(ให้ล้อมรอบด้วย)

จำนวนสายพาน = [ ] เส้น

4. คุณสมบัติล้อเฟือง

เส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch มู่เล่ย์ด้านโหลด ..... D = [ ] mm

เส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch มู่เล่ย์ด้านมอเตอร์..... d = [ ] mm

ระยะแกนกลางระหว่างล้อเฟือง.....C = [ ] mm

ขนาดของส่วนเป็นขั้นกับแกนมอเตอร์ถึงปลายมู่เล่ย์..... a = [ ] mm

(a = 0 ได้จะดีมาก)

ความกว้างมู่เล่ย์มอเตอร์.....PW = [ ] mm

จุดโหลดจากแรงตรึงสายพาน.....L = [ ] mm

※ (ให้คิดว่า $L = a + \frac{PE}{2}$)

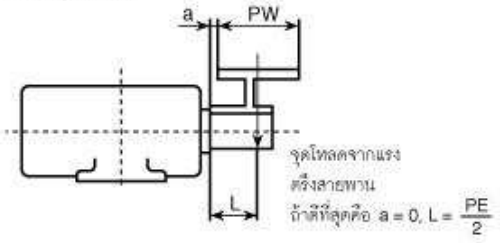
5. เกี่ยวกับการตรึงสายพาน

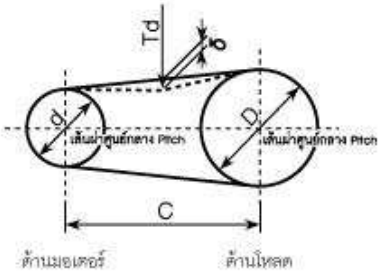
ถ้ากำหนดโหลดตรึงสายพาน เช่นส่วนที่ติดตั้งอยู่แล้ว และน้ำหนักโค้งหย่อนไว้แล้ว ให้แจ้งให้ทราบด้วย

น้ำหนักโค้งหย่อนสายพาน.....Td = ( ) N/เส้น (หรือ kgf/เส้น)

ปริมาณการโค้งหย่อนสายพาน..... δ = ( ) mm

6. ภาพอธิบายสัญลักษณ์





หมายเลขสั่งซื้อ (เลขที่).....

หมายเลขผลิต.....

เอกสารแนบบันทึก 2 เกี่ยวกับการรับประกัน

1. ระยะเวลารับประกัน และขอบเขตการรับประกัน

ระยะเวลารับประกันของสินค้านำส่งคือ 1 ปี นับจากทำการส่งมอบไปยังสถานที่ที่ระบุไว้ในการสั่งซื้อ ในระหว่างระยะเวลารับประกันนี้ หากใช้ผลิตภัณฑ์ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขการใช้งานตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานแล้วเกิดมีความเสียหายเกิดขึ้น ทางเราจะรับผิดชอบในการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหาย หรือซ่อมแซมโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขด้านล่างนี้จะไม่ถือว่าอยู่ในขอบเขตการรับประกัน

(1) กรณีฝั่งผู้ใช้มีการปฏิบัติ และใช้งานไม่เหมาะสม

(2) กรณีสาเหตุความเสียหายไม่ใช่จากสินค้าที่นำส่งมอบ

(3) กรณีทำการถอดประกอบหรือซ่อมแซมที่ไม่ใช่ผู้นำส่ง

(4) กรณีไม่ใช่ต้นเหตุจากผู้นำส่งเช่น จากภัยธรรมชาติ ไฟไหม้

นอกจากนี้แล้วคำว่ารับประกันในที่นี้มีความหมายคือ การรับประกันเฉพาะอุปกรณ์ที่นำส่งมอบเท่านั้น ความเสียหายที่เกิดจากสินค้านำส่งชำรุดจะไม่รวมอยู่ในนี้ด้วย และการรับประกันนี้ใช้ได้เฉพาะภายในประเทศเท่านั้น

2. การซ่อมแซมแบบมีค่าใช้จ่าย

หลังระยะเวลารับประกัน (1 ปี) ทั้งการตรวจสอบและซ่อมแซมจะคิดค่าใช้จ่ายเสมอ นอกจากนี้แล้วถึงแม้อยู่ในระยะเวลารับประกัน หากให้ทำการซ่อมแซมความเสียหายที่อยู่นอกเหนือขอบเขตการรับประกันรวมทั้งการตรวจสอบหาสาเหตุจะคิดค่าใช้จ่ายด้วย ให้ทำการติดต่อสอบถามกับผู้ขายหรือสถานที่บริการ

ดัชนี

(อังกฤษ)	AC มอเตอร์เซอร์โว	136
	ซีรี่ย์ CA	15, 104
	เครื่องหมาย CE	195
	ECOHEART	139
	คำสั่ง EC	195
	กฎ EP	200
	ซีรี่ย์ GA	14, 104
	มอเตอร์เกียร์ HA	104
	เครื่องหมาย IC	173
	IE2	200, 256
	IE3	200, 256
	IEC	198
	เครื่องหมาย IP	173
	มอเตอร์ IX	101
	JEC	197
	JEM	197
	JIS	196
	ขนาดมิติ KD	243
	NEMA	198, 204
	มอเตอร์ PM	136
	SI	262
	UL	198
	ต่อด้วยสายพาน V	281
(1)	มอเตอร์ชนิดทนระเบิดแบบเพิ่ม	
	ความปลอดภัย	10, 54, 172, 190, 239
	โหลดไม่สมดุล	125, 209, 212, 214
	มอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์	98
	อุปกรณ์ไฟฟ้าปั้นจั่นอินเวอร์เตอร์	91
	มอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร	139
	ซีลน้ำมัน	132, 226
	มอเตอร์ชนิดใช้นอกอาคาร	7, 20, 261
	ขีดจำกัดการเพิ่มอุณหภูมิ	187
(2)	ระเบียบข้อบังคับต่างประเทศ	198
	สกรูเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	222
	ความเร็วรอบ	144 ~ 152, 161, 268
	ทิศทางการหมุน	194
	วิธีการต่อสายไฟกับภายนอก	243
	เวลาการเพิ่มความเร็ว	268
	การควบคุมแบบหน้าสัมผัส	85
	คีย์	224
	การสูญเสียที่เครื่องจักร	25
	ระเบียบข้อบังคับ	196
	สถานที่อันตราย	46
	ต่อด้วยเกียร์	288, 300
	มอเตอร์เกียร์	12, 104, 300
	จำนวนโพล	161
	โมเมนต์ความเฉื่อยที่ยอมรับได้	155
	เวลาจำกัดที่ยอมรับได้	54
	ความถี่ที่ยอมรับได้	274
	มอเตอร์เกียร์สำหรับโหลดสม่ำเสมอ	15, 104
	สายขั้วต่อ	184, 229
	จาระบี	291, 292
	ชนิดเปลี่ยนจาระบี	20, 35, 291, 293
	มอเตอร์ปั้นจั่น	84
	การต่อสาย	184
	การป้องกันการดักร่อนในการขัด	131
	เวลาการลดความเร็ว	268
	มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	8, 25, 200, 254
	มอเตอร์สำหรับ Machine Tools	130
	ความแม่นยำในการทำงาน	131
	ภาพโครงสร้าง	62, 66, 71, 76, 103
	มอเตอร์ความเร็วสูง	81
	ค่าประสิทธิภาพ	144 ~ 152, 254, 268
	ระบบหน่วยสากล	262
	Conduit	243
	แบบ Conduit Packing	244 ~ 246
	ชนิดทำงานด้วยคอนเดนเซอร์	9, 134
	คอนเดนเซอร์สตาร์ท	9, 134, 173, 186, 299
	มอเตอร์สำหรับคอมเพรสเซอร์	128
(3)	เดอะมอเตอร์	18
	เดอะมอเตอร์ Neo100	18, 173, 231, 235
	มอเตอร์เซอร์โว	136
	ทอร์คสูงสุด	144 ~ 152, 257
	ตัวเก็บเสียง	39
	ชนิด 3 คอนแทคเตอร์	189
	สตาร์ทโดยตรง	189
	ซีลแบริ่ง	20, 35, 291, 292
	วัสดุแกน	223
	แผ่นกระทบปลายแกนหมุน	221
	รูปร่างปลายแกน	220
	เวลาเริ่มการทำงาน	269, 153
	ทอร์คเริ่มต้นทำงาน	144 ~ 152, 257
	วิธีการสตาร์ท	189
	บรรยากาศ	187, 293
	มอเตอร์เกียร์สำหรับโหลดขนาดใหญ่	104
	ผลการประหยัดพลังงาน	28, 98
	การสูญเสียจากการเผาไหม้	298, 299
	การตรวจวิเคราะห์มอเตอร์และการแก้ไขในทันท่วงที	297
	ค่าการสั่น	208
	ระดับการสั่น	207
	มอเตอร์ใช้ในน้ำ	108
	วิธีการสตาร์ทชนิดสตาร์เดลต้า	155, 189
	สเปซฮีตเตอร์	193
	สลิป (Slip)	161, 268
	โหลดแรงฉุด	157

	ความถูกต้องของขนาด	215
	เวลาการเบรก	272
	ขั้วต่อกราวด์	196, 294
	ทอร์คโหลดทั้งหมด	144 – 152, 16
(4)	มอเตอร์ชนิดป้องกันการระเบิด	
	แบบทนความดัน	10, 57
	คลาสทนความร้อน	187
	มอเตอร์ทนความร้อน	44
	มอเตอร์สำหรับใช้งานเวลาสั้นๆ	41
	กล่องขั้วต่อสาย	30, 55, 58, 113, 230
	มอเตอร์ 1 เฟส	9, 134, 194
	การต่อด้วยโซ่	289
	มอเตอร์เกียร์สำหรับโหลดขนาดกลาง	12, 104
	การต่อโดยตรง	288, 300
	การควบคุมโดยตรง	85
	อัตรา	178, 182
	เอ้าท์พุตอัตรา	160
	คุณลักษณะทอร์คลดต่ำลง	100
	วิธีฉนวน	44, 187
	คุณลักษณะเอ้าท์พุตอัตรา	100
	มอเตอร์ชนิดเสียงรบกวนต่ำ	37
	คุณลักษณะทอร์คอัตรา	100
	การสูญเสียที่แกนเหล็ก	25
	แรงดันไฟฟ้าตก	278, 298
	แรงดันไฟฟ้าไม่บาลานซ์	208, 298
	กฎความปลอดภัยเครื่องใช้ไฟฟ้า	197
	การตรวจสอบ	59, 295
	เบรกแม่เหล็กไฟฟ้า	61
	ชนิดการเชื่อมต่อสกรูยึดท่อร้อยสาย	243
	มอเตอร์สำหรับไฟฟ้ากำลัง	116
	ความเร็วซิงโครนัส	161, 268
	การสูญเสียที่ขดลวด	25
	ชนิดกรงกระรอกพิเศษ	173
	ทิศทางตามเข็มนาฬิกา	194
	สีทา	251
	วิธีติดตั้ง	21, 171, 260
	รูระบาย	192, 252
(5)	โครงสร้างป้องกันการระเบิดแบบ	
	ใช้ความดันภายใน	48
	ชนิด 2 คอนแทคเตอร์	189
	รูสกรูว์	220
	ขนาดรูน็อต	232, 234, 243
(6)	เฮอร์เมติคมเตอร์	79
	การต่อสาย	278
	ก๊าซที่ระเบิดได้	46
	มอเตอร์สำหรับเรือ	113
	การคำนวณการเกิดความร้อน	269
	ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา	194
	การใช้งานแบบกลับไปมา	41, 178
	มอเตอร์ใช้งานทั่วไป	18
	การสูญเสียจากสเตรย์โหลด	25
	ต่อด้วยสายพานขนาน	281
	มอเตอร์แบบ Built-in	79
	มอเตอร์สำหรับพัดลม/โบรเวอร์	123
	มู่เล่ย์	281
	โมเมนต์ความเฉื่อยโหลด	269
	อัตราเวลาโหลด	41, 181
	การควบคุมแบบผสม	85
	วัสดุมีฤทธิ์กัดกร่อน	34
	ชนิดกรงกระรอกธรรมดา	171, 173
	มอเตอร์พร้อมมีเบรก	11, 61
	ทอร์คเบรก	272
	วิธีการสตาร์ทแบบสปลิทเฟส	134, 173, 186
	ฐาน	249
	มอเตอร์สำหรับอินเวอร์เตอร์เวคเตอร์	102
	ความโค้งสายพาน	281
	ชนิด Bellmouth Packing	243, 247
	กรรมวิธีป้องกันความชื้นสัมพัทธ์	191
	มอเตอร์ชนิดป้องกันการกัดกร่อน	33
	มอเตอร์ชนิดป้องกันฝุ่น	32
	มอเตอร์ชนิดป้องกันน้ำ	29
	โครงสร้างป้องกันน้ำ	29, 225
	ระเบียบข้อบังคับป้องกันการระเบิด	60
	โครงสร้างป้องกันการระเบิด	48, 49, 52
	วิธีการป้องกัน	163, 171
	มอเตอร์สำหรับปั๊ม	117
(7)	มอเตอร์ปั่นจั่นแบบพันขดลวด	85
	เบรกแบบไม่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า	61
	การแสดงป้ายชื่อ	183, 199
(8)	มอเตอร์สำหรับปั๊มไฮดรอลิก	121
	สำหรับการส่งออก	195
(9)	อายุไลนิ่ง (Lining)	274
	แบบเร็ก	229
	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	144 – 152, 268
	แกนคู่	217
	วิธีการระบายความร้อน	165, 196
	ชนิด Excitation Brake	61
	สารทำความเย็น	165
	วิธีเชื่อมต่อ	281