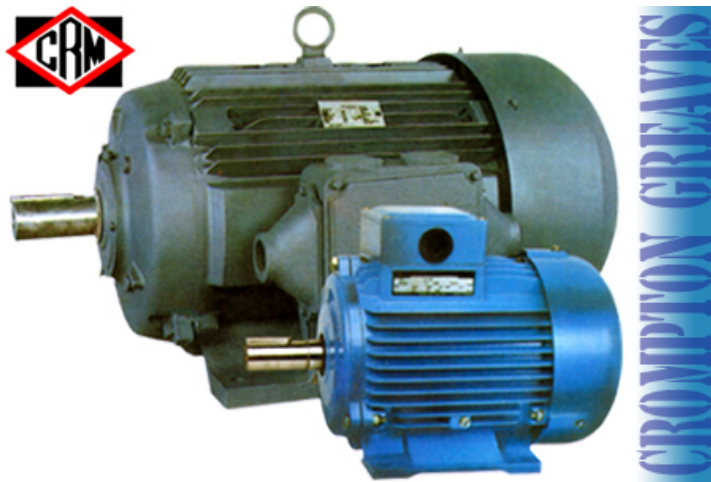


การออกแบบสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

Design for Electrical Motor



ปิยดนัย ภาชนะพรรณ

ชนิดของมอเตอร์ในงานระบบไฟฟ้า

1. มอเตอร์กระแสตรง -Shunt / Series / Compound

2. มอเตอร์กระแสสลับ

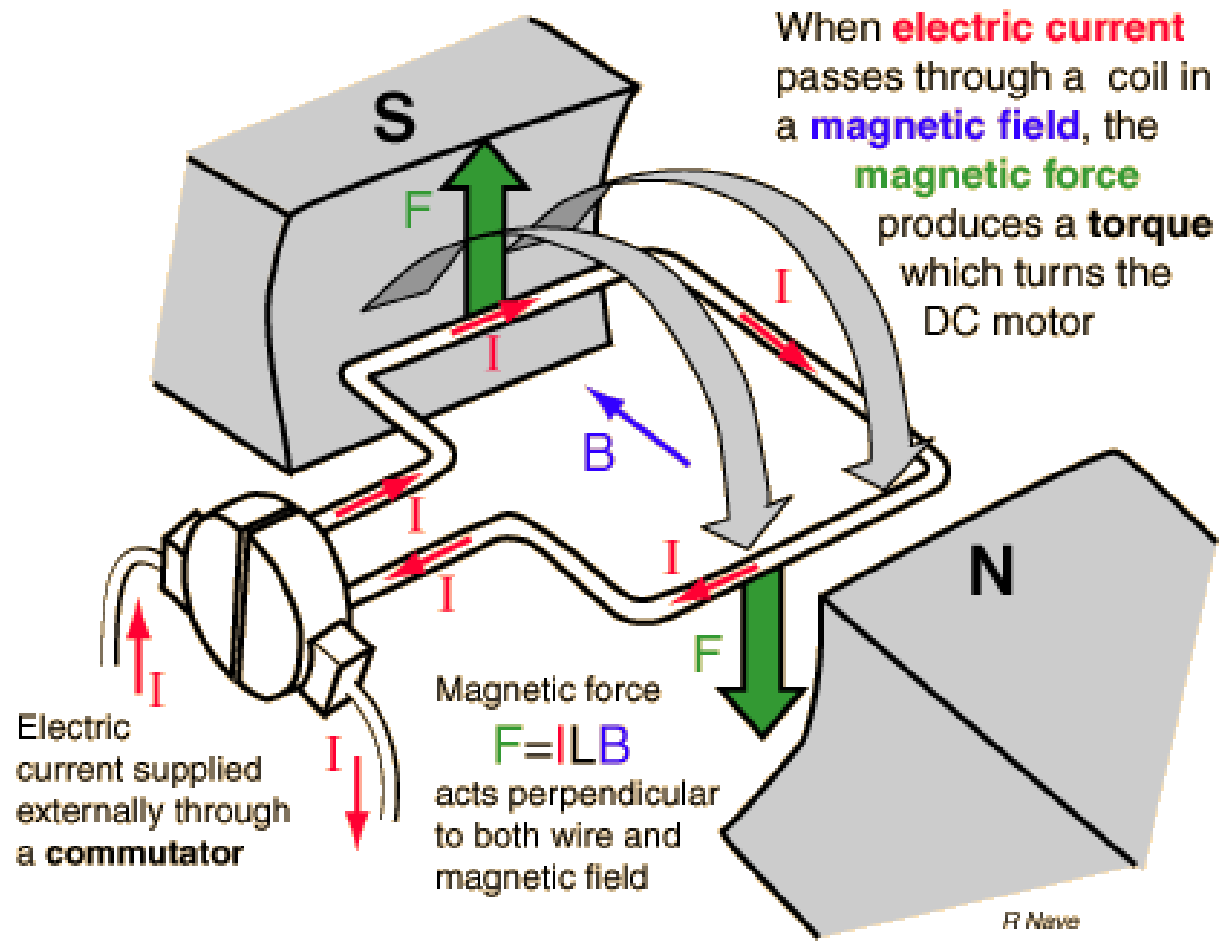
- มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ (Induction Motor)

- กรงกระรอก

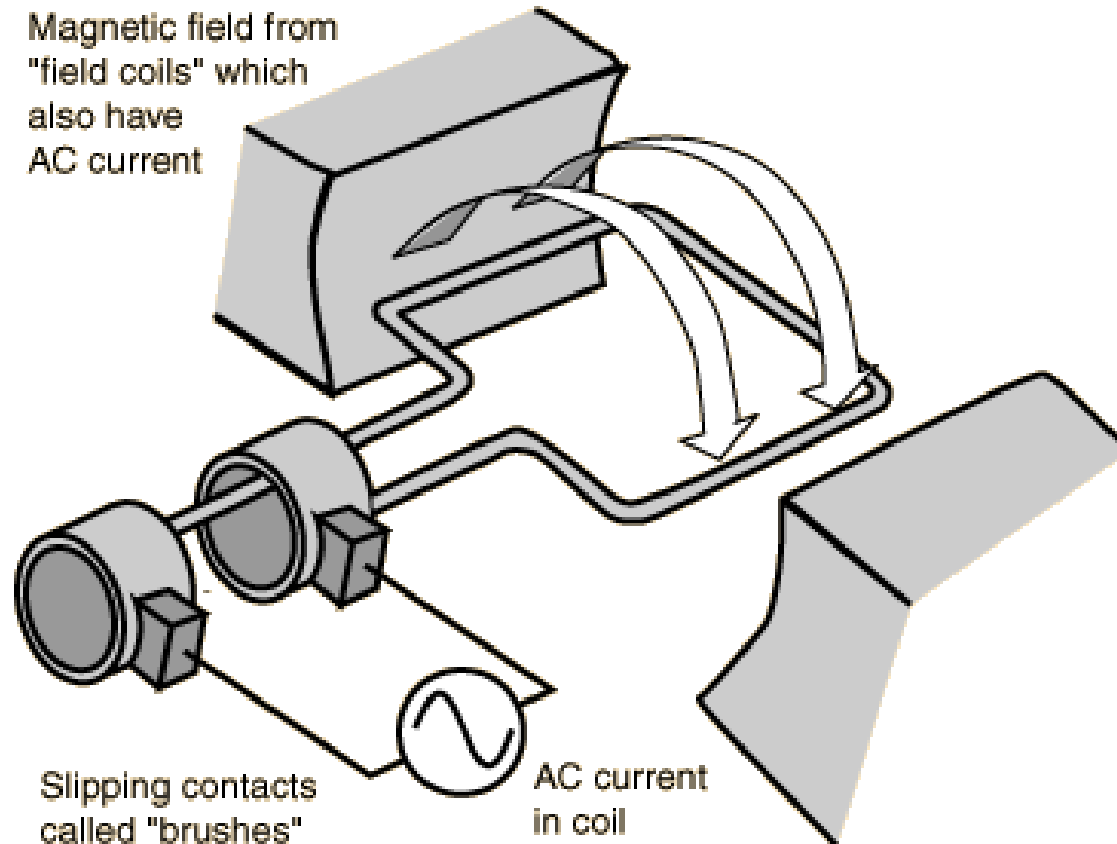
- วาวด์โรเตอร์

- มอเตอร์แบบซิงโครนัส (Synchronous Motor)

มอเตอร์กระแสตรง

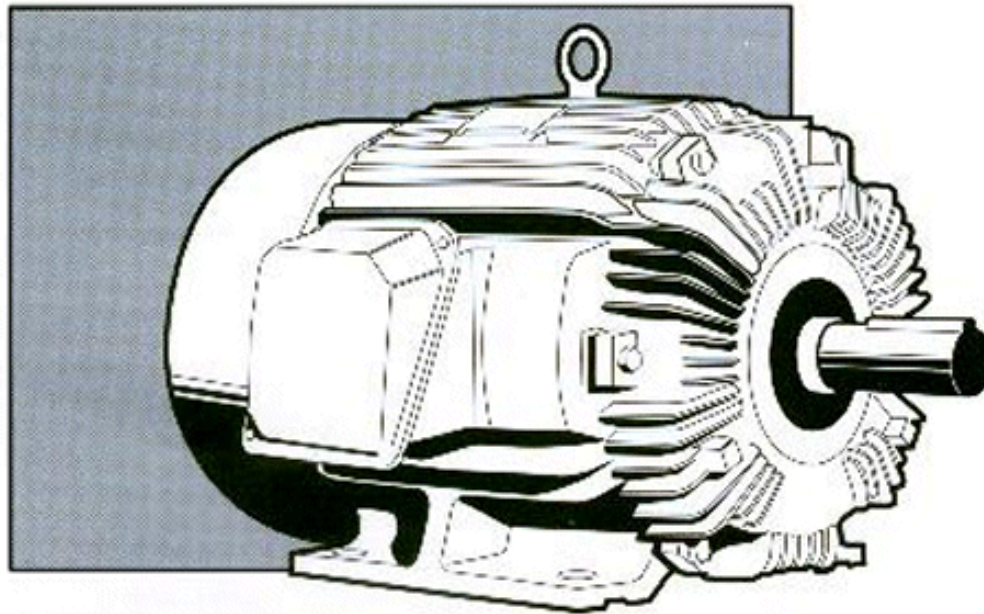


มอเตอร์กระแสลับ



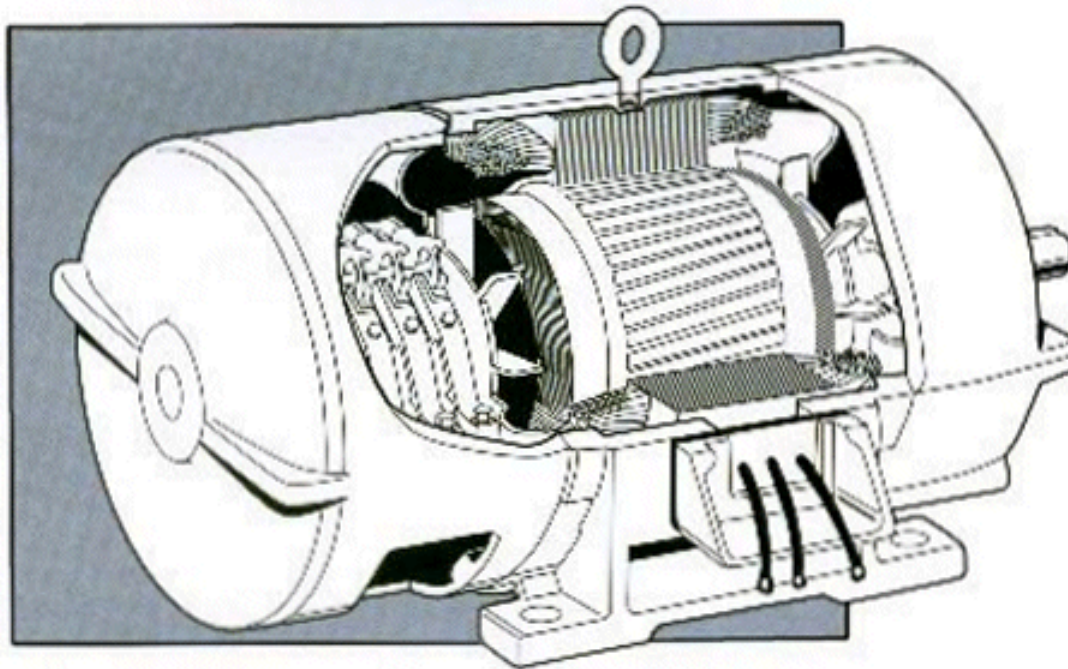
มอเตอร์กรงกระรอก (Squirrel-Cage)

- ใช้กันแพร่หลาย เหมาะสำหรับงานทั่วไป
- ความเร็วคงที่
- กระแสตอนเริ่มทำงานสูง

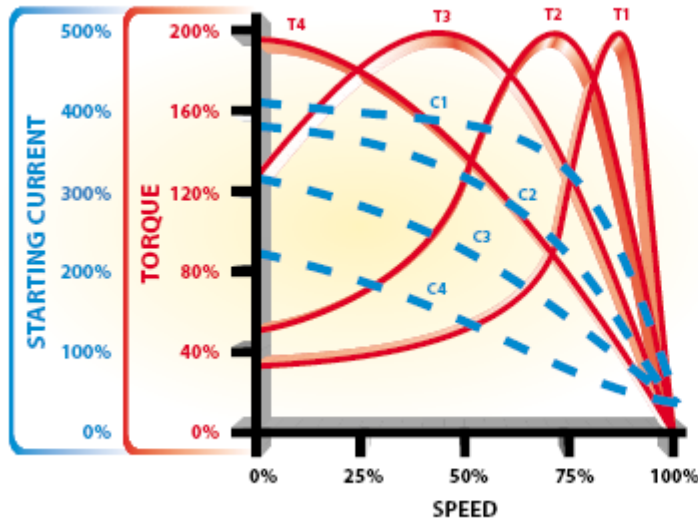


มอเตอร์วาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor)

- สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ ขึ้นอยู่กับโหลดที่ต่อ
- กระแสตอนเริ่มทำงานต่ำ
- เหมาะสำหรับใช้งานแทนมอเตอร์กรงกระรอกขนาดใหญ่ๆ



คุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์



Typical Wound Rotor Motor Characteristics With Varying Resistances

T1/C1 - Low Rotor Resistance / Typical Starting Current

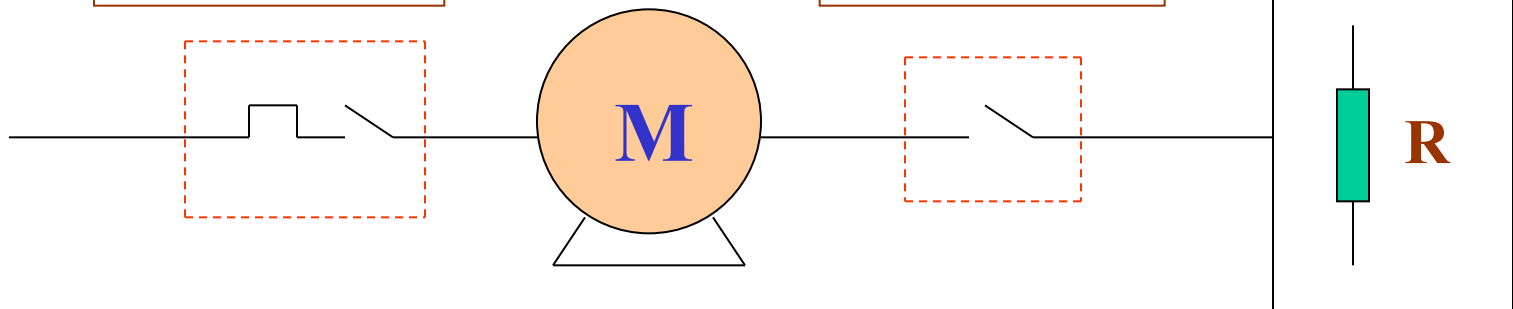
T2/C2 - Moderate Rotor Resistance / Moderate Starting Current

T3/C3 - Moderately High Rotor Resistance / Low Starting Current

T4/C4 - High Rotor Resistance / Very Low Starting Current

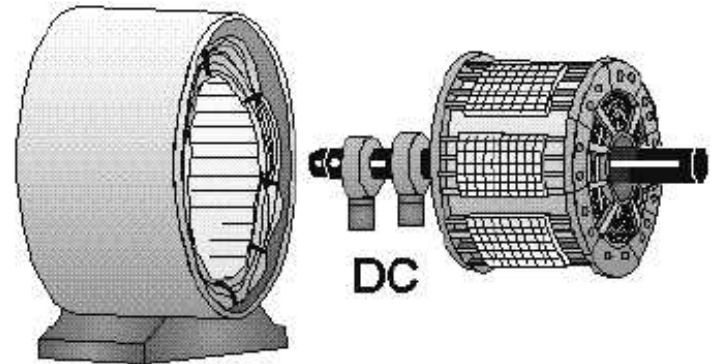
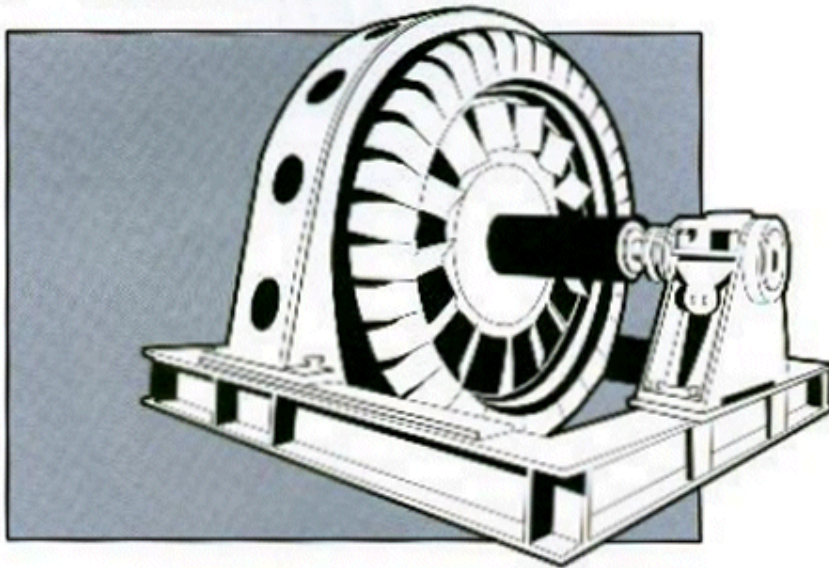
ด้านปฐมภูมิ

ด้านทุติยภูมิ

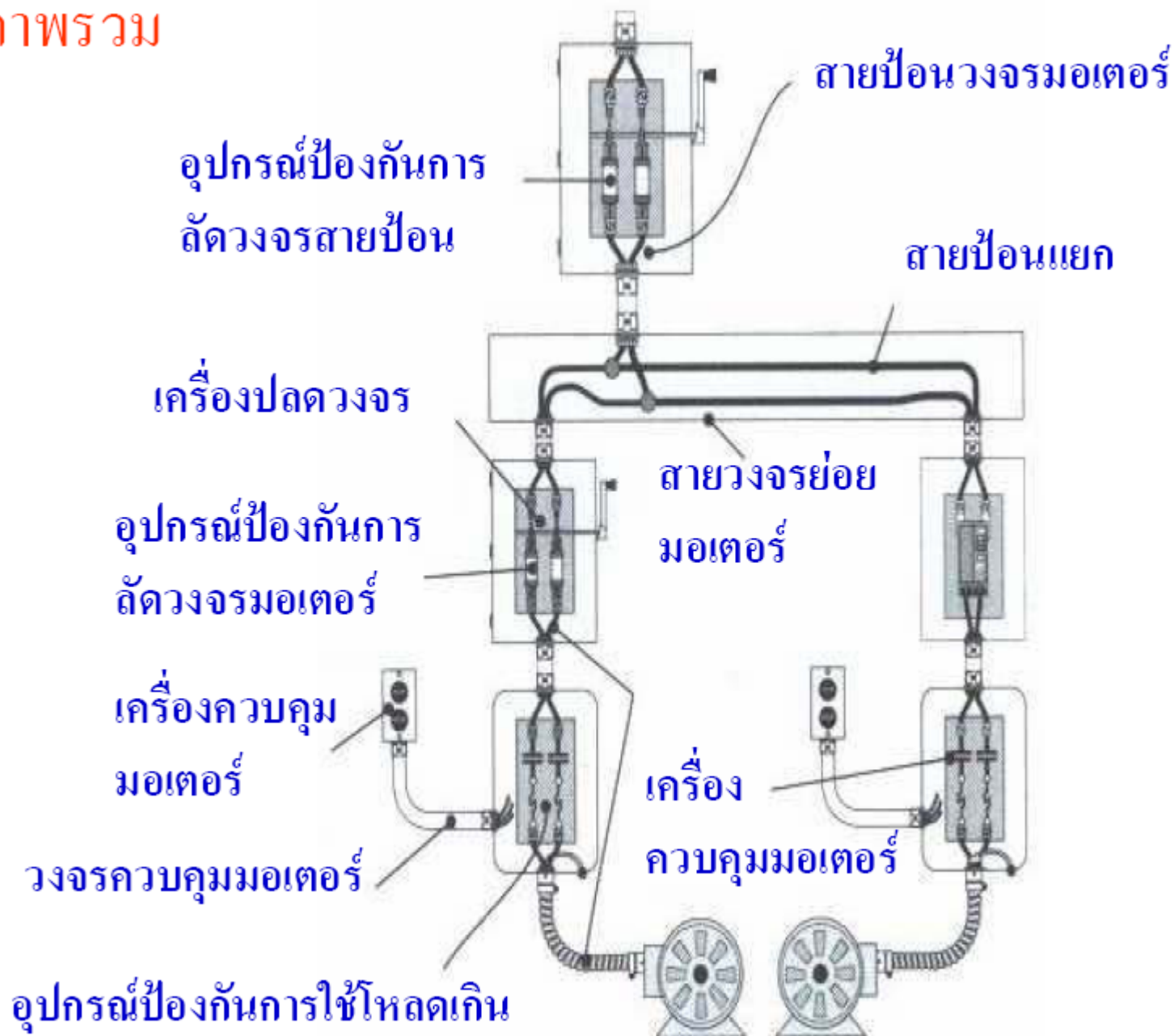


มอเตอร์ซิงโครนัส

- เหมาะสำหรับใช้งานที่ความเร็วคงที่ และไม่ขึ้นกับโหลด
- ใช้กระแส DC ช่วยในการเริ่มทำงาน (DC Excitation)
- สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงค่า Power Factor ของระบบได้



ภาพรวม



สิ่งที่ต้องพิจารณาสำหรับการออกแบบ

จะต้องพิจารณาหาค่าพิกัดต่างๆ ทั้งหมด 6 ส่วน

1. สายไฟฟ้าสำหรับวงจรมอเตอร์
2. การป้องกันการลัดวงจร
3. การป้องกันเนื่องจากภาระโหลดเกิน
4. เครื่องควบคุมมอเตอร์
5. วงจรควบคุมมอเตอร์
6. เครื่องปลดวงจรมอเตอร์

พิกัดกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้า

- การพิจารณาค่าพิกัดต่างๆ สำหรับการออกแบบระบบสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า จะต้องทราบค่าพิกัดกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้าก่อน

1. พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ตามแผ่นป้ายประจำเครื่อง
2. พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ไฟฟ้า

พิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง

(Rated Load Current, FLA)

- ระบุอยู่บนแผ่นป้ายประจำเครื่อง (Name Plate) ของมอเตอร์
- ค่าพิกัดกระแสขณะใช้งานที่พิกัดโหลดปกติ
- ใช้สำหรับหาขนาดอุปกรณ์ป้องกันการใช้โหลดเกิน **

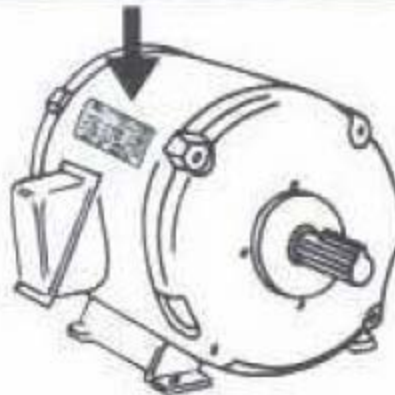
พิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง

(Rated Load Current, FLA)

Nameplate (FLA)



Mikes Motors		SERIAL NO	AB1234	FRAME	OPEN
		SERVICE FACTOR	1.15		
PHASE	1	VOLTS	115/230	FLA	18.6/9.3
CYCLE	60	RPM	1725	°C RISE	40
DUTY	CONT	HP	1 1/2	CODE LETTER	F
		TYPE	ML		
THERMAL PROTECTION		NO	IMPEDANCE PROTECTION	NO	



พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ไฟฟ้า

(Full Load Current, FLC)

- ค่าพิกัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้าใช้เต็มที่ในการทำงานโดยที่มอเตอร์ยังไม่เป็นอันตราย
- หาค่าได้จากตารางพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์แต่ละประเภท (ข้อมูลจาก NEC)
- ใช้สำหรับคำนวณหาขนาดสายวงจรมอเตอร์และอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรมอเตอร์ **

ตาราง FLC ของ DC Motor

ขนาดมอเตอร์		พิกัดแรงดันอาร์เมเจอร์					
kW	HP	90 V.	120 V.	180 V.	240 V.	500 V.	550 V.
0.19	¼	4.0	3.1	2.0	1.6	-	-
0.25	1/3	5.2	4.1	2.6	2.0	-	-
0.37	½	6.8	5.4	3.4	2.7	-	-
0.55	¾	9.6	7.6	4.8	3.8	-	-
0.75	1	12.2	9.5	6.1	4.7	-	-
1.1	1 ½	-	13.2	8.3	6.6	-	-
1.5	2	-	17	10.8	8.8	-	-
2.2	3	-	25	16	12.2	-	-
3.7	5	-	40	27	20	-	-
5.5	7 ½	-	58	-	29	13.6	12.2
7.5	10	-	76	-	38	18	16
11	15	-	-	-	55	27	24
15	20	-	-	-	72	34	31
18.5	25	-	-	-	89	43	38
22	30	-	-	-	106	51	46
30	40	-	-	-	140	67	61
37	50	-	-	-	173	83	75
45	60	-	-	-	206	99	90
55	75	-	-	-	255	123	111
75	100	-	-	-	341	164	148
90	125	-	-	-	425	205	185
110	150	-	-	-	506	246	222
147	200	-	-	-	675	330	294

ตาราง FLC ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 1 เฟส

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชั่น 1 เฟส	
kW	HP	220 V.	240 V.
0.37	0.5	3.9	3.6
0.55	0.75	5.2	4.8
0.75	1	6.6	6.1
1.1	1.5	9.6	8.8
1.5	2	12.7	11.7
1.8	2.5	15.7	14.4
2.2	3	18.6	17.1
3	4	24.3	22.2
4	5	29.6	27.1
4.4	6	34.7	31.8
5.2	7	39.8	36.5
5.5	7.5	42.2	38.7
6	8	44.5	40.8
7	9	49.5	45.4
7.5	10	54.4	50

ตาราง FLC ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส (1)

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 3 เฟส 4 ขั้ว 50/60 Hz						
KW	HP	220-240 V.	380 V.	415 V.	440 V.	500 V.	660 V.	1000 V.
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12

ตาราง FLC ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส (2)

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 3 เฟส 4 ขั้ว 50/60 Hz						
kW	HP	220-240 V.	380 V.	415 V.	440 V.	500 V.	660 V.	1000 V.
18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5
22	30	75	44	40	39	33	25.4	17
25	35	85	52	47	45.3	39.4	30.3	20
30	40	103	60	55	51.5	45	34.6	23
33	45	113	68	60	58	50	39	25
37	50	126	72	66	64	55	42	28
40	54	134	79	71	67	60	44	30
45	60	150	85	80	76	65	49	33
51	70	170	98	90	83	75	57	38
55	75	182	105	100	90	80	61	40
59	80	195	112	105	97	85	66	43
63	85	203	117	115	109	89	69	45
75	100	240	138	135	125	105	82	53
80	110	260	147	138	131	112	86	57
90	125	295	170	165	146	129	98	65
100	136	325	188	182	162	143	107	71
110	150	356	205	200	178	156	118	78
129	175	420	242	230	209	184	135	85
132	180	425	245	240	215	187	140	90

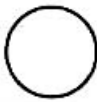
ตาราง FLC ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส (3)

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 3 เฟส 4 ขั้ว 50/60 Hz						
kW	HP	220-240 V.	380 V.	415 V.	440 V.	500 V.	660 V.	1000 V.
140	190	450	260	250	227	200	145	95
147	200	472	273	260	236	207	152	100
150	205	483	280	270	246	210	159	102
160	220	520	300	280	256	220	170	115
180	245	578	333	320	289	254	190	135
185	250	595	342	325	295	263	200	138
200	270	626	370	340	321	281	215	150
220	300	700	408	385	353	310	235	160
250	340	800	460	425	401	360	274	200
257	350	826	475	450	412	365	280	203
280	380	900	510	475	450	400	305	220
295	400	948	546	500	473	416	320	227
300	410	980	565	510	481	420	325	230
315	430	990	584	535	505	445	337	239
335	450	1100	620	550	518	472	355	250
355	480	1150	636	580	549	500	370	262
375	500	1180	670	610	575	527	395	273
400	545	1250	710	650	611	540	410	288

ตัวอย่างที่ 1

จงหาค่า FLA และ FLC ของมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ซึ่งต่อกับระบบ 220 V โดยมีค่าต่างๆตาม Name Plate ดังรูป

XXXXXXXXXXXX	○	Electric
A.C.MOTOR		
MODEL 674	TYPE KC	PHASE 1
HP 1 1/2	HERTZ 50	F.L.A. 15/7.5
VOLTS 110/220		RPM 1425
TEMP. RISE 40 C		L.R.A. 80/40
DUTY RATING CONTINUOUS		SERIAL NO. 018204
CODE D88	S.F. 1.25	F.R. 66

XXXXXXXXXXXX		Electric
A.C.MOTOR		
MODEL 674	TYPE KC	PHASE 1
HP 1 1/2	HERTZ 50	F.L.A. 15/7.5
VOLTS 110/220		RPM 1425
TEMP. RISE 40 C		L.R.A. 80/40
DUTY RATING CONTINUOUS		SERIAL NO. 018204
CODE D88	S.F. 1.25	F.R. 66

- ขนาดมอเตอร์คือ 1.5 แรงม้า

- ระดับแรงดัน 220 V →

FLA 7.5 A.

- มอเตอร์ 1 เฟส ขนาด 1.5 แรงม้า ระดับแรงดัน 220 V

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 1 เฟส	
kW	HP	220 V.	240 V.
0.37	0.5	3.9	3.6
0.55	0.75	5.2	4.8
0.75	1	6.6	6.1
1.1	1.5	9.6	8.8
1.5	2	12.7	11.7
1.8	2.5	15.7	14.4
2.2	3	18.6	17.1
3	4	24.3	22.2
4	5	29.6	27.1
4.4	6	34.7	31.8
5.2	7	39.8	36.5
5.5	7.5	42.2	38.7
6	8	44.5	40.8
7	9	49.5	45.4
7.5	10	54.4	50

ได้ค่า FLC = 9.6 A.

การพิจารณาขนาดสายไฟฟ้า

แยกพิจารณา 2 กรณี

1. กรณีวงจรย่อยมอเตอร์ไฟฟ้าเครื่องเดียว
2. กรณีวงจรประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ามากกว่า 1 ตัว หรือ มอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมกับโหลดอื่น

วงจรย่อยมอเตอร์ไฟฟ้าเครื่องเดียว (1 ตัว)

พิจารณามอเตอร์ 2 ชนิด คือ

- ก. มอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไป (กรงกระรอก, Squirrel-Cage)
- ข. มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดวาวด์โรเตอร์ (Slip - Ring)

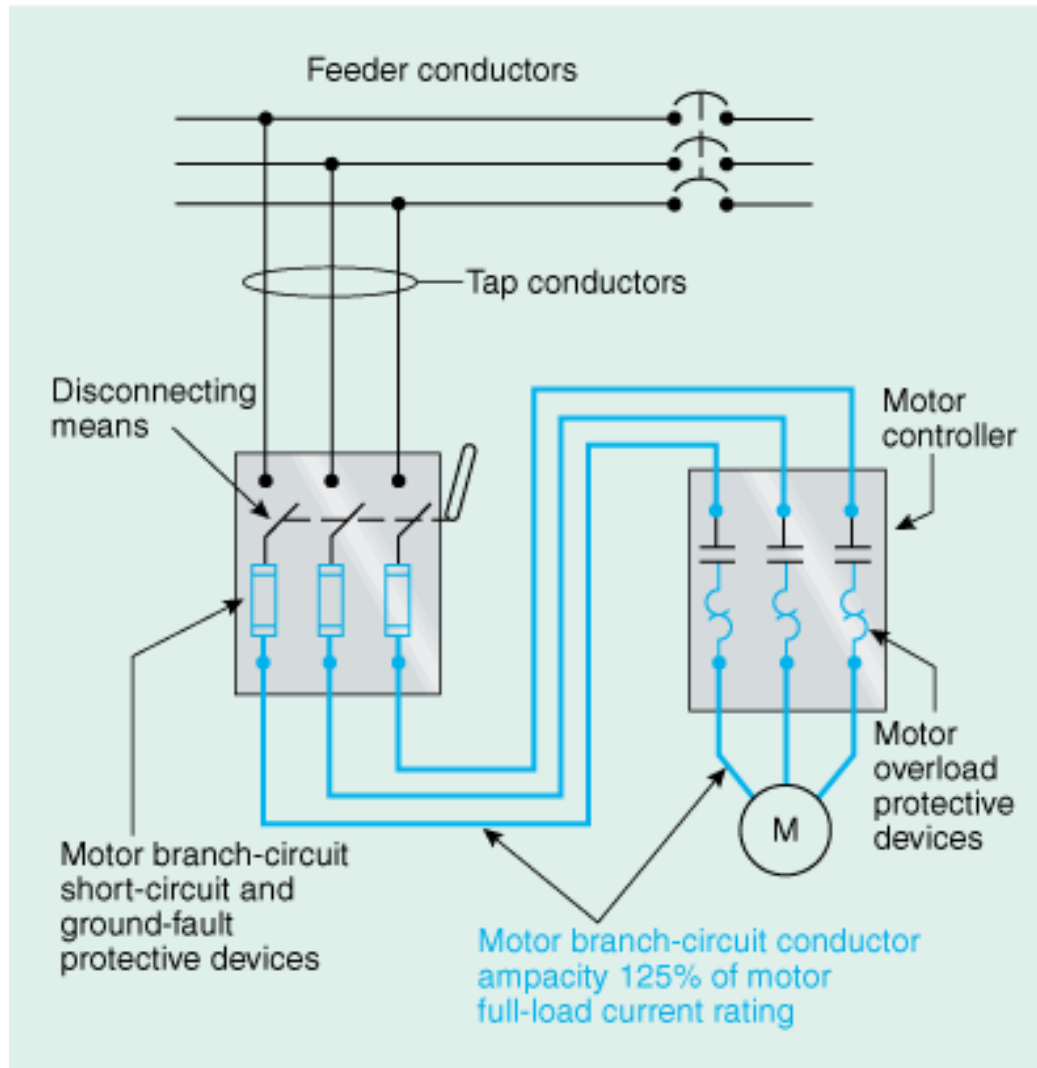
ก. มอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไป

- ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 125 % ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ (125% ของ FLC)

ยกเว้น มอเตอร์ชนิดความเร็วหลายค่าที่นำมาใช้งานประเภท ใช้งานระยะสั้น ใช้งานเป็นระยะ ใช้งานเป็นคาบ และใช้งานที่เปลี่ยนแปลง สายไฟฟ้าจะต้องมีขนาดทนกระแสไม่ต่ำกว่าจำนวนร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง (FLA) ตามตาราง 6-1

- สายของวงจรย่อยมอเตอร์จะต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 1.5 ตร.มม.

การเดินสายมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไป



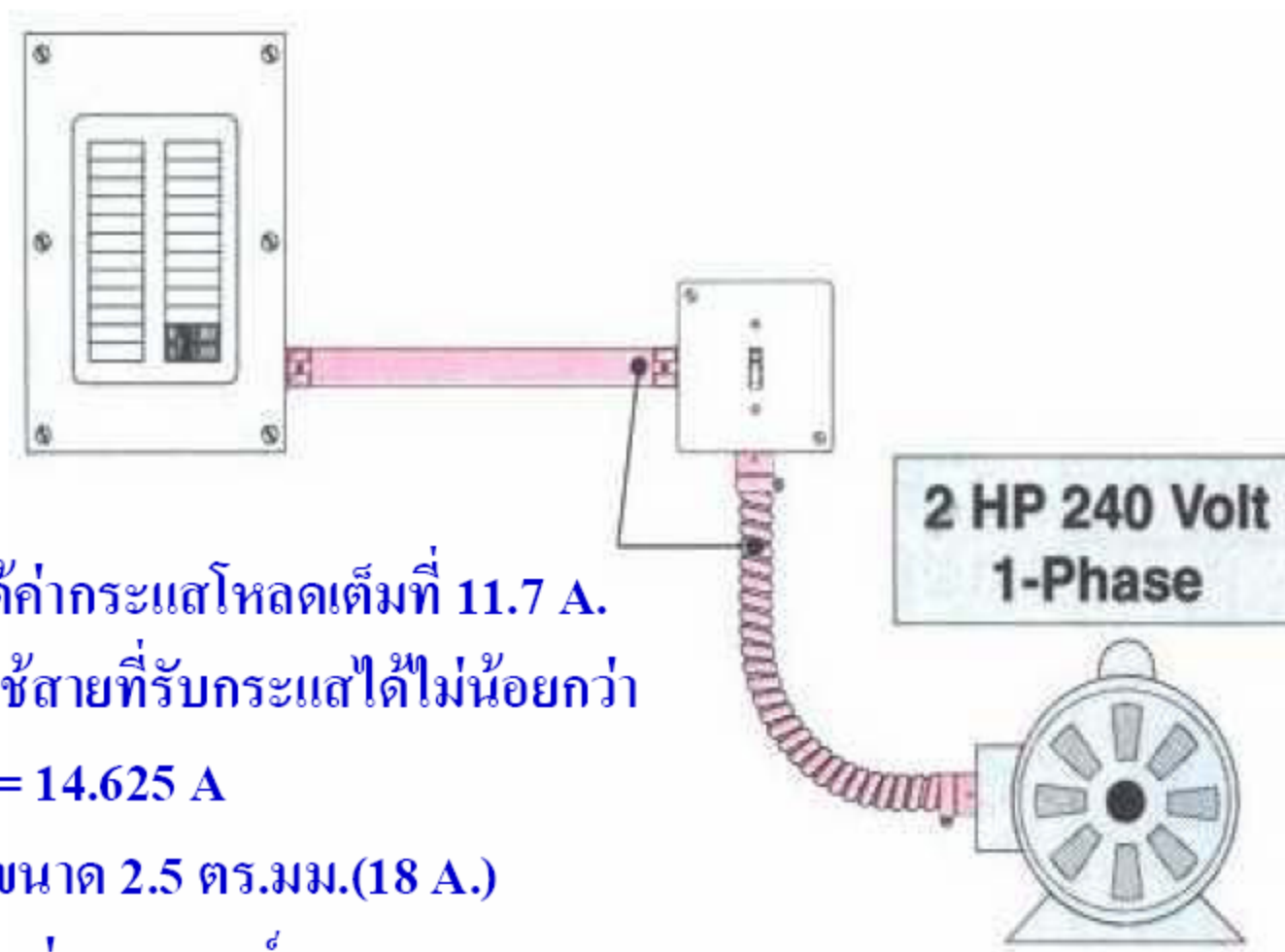
ตารางที่ 6-1

ขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	ร้อยละของฟักัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง			
	มอเตอร์ฟักัด ใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์ฟักัด ใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์ฟักัด ใช้งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์ฟักัด ใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่นมอเตอร์หมุน ปิด-เปิดวาล์ว ฯลฯ	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่นมอเตอร์ลิฟต์ มอเตอร์ปิด-เปิดสะพาน ฯลฯ	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่นมอเตอร์หมุน ลูกกลิ้ง ฯลฯ	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

ตัวอย่างที่ 2

I



เปิดตารางได้ค่ากระแสโหลดเต็มที่ 11.7 A.
ดังนั้นเลือกใช้สายที่รับกระแสได้ไม่น้อยกว่า
 $1.25 \times 11.7 = 14.625 \text{ A}$
เลือกใช้สายขนาด 2.5 ตร.มม.(18 A.)
เป็นสายวงจรย่อยมอเตอร์

ข. มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดวาวด์โรเตอร์

สายไฟฟ้าสำหรับด้านปฐมภูมิ (Stator)

พิจารณาเหมือนกับกรณีมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไป (ก.)

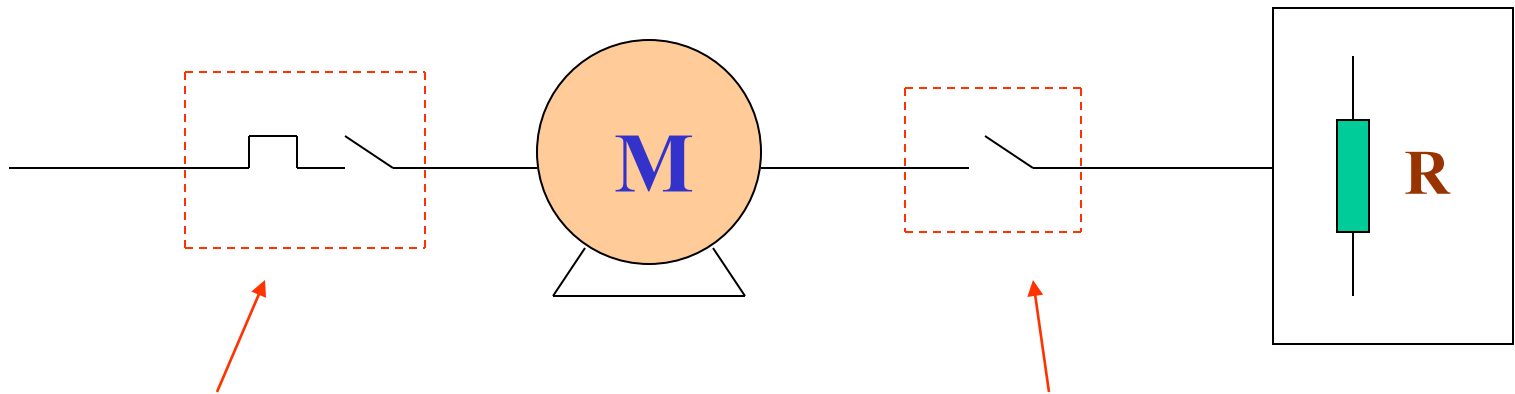
สายไฟฟ้าสำหรับด้านทุติยภูมิ (Rotor)

พิจารณาตามประเภทของมอเตอร์

- ใช้งานประเภทต่อเนื่อง
- ใช้งานไม่ต่อเนื่อง
- มีตัวต้านทานแยกจากเครื่องควบคุม

ด้านปฐมภูมิ

ด้านทุติยภูมิ



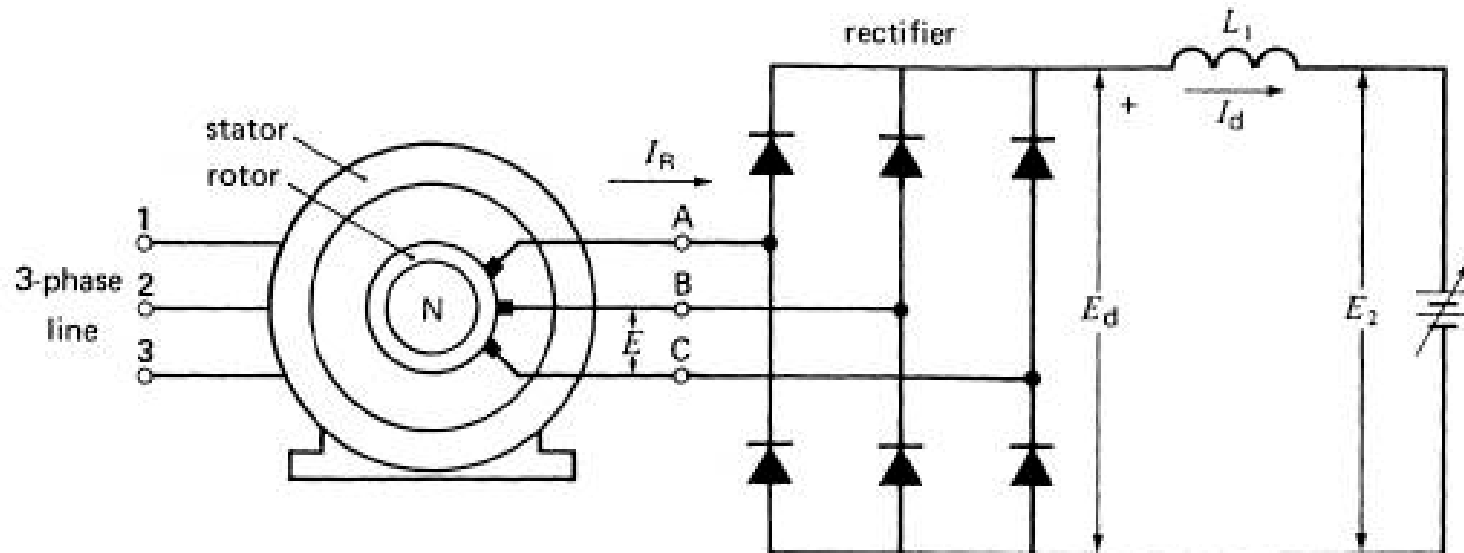
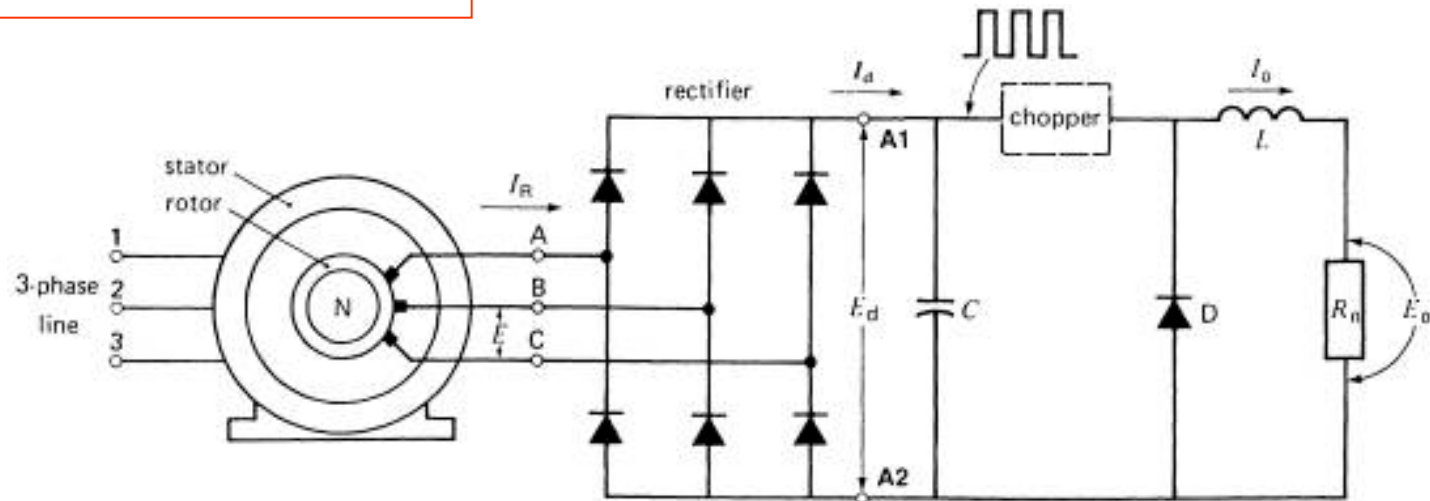
ชุดควบคุมด้านสเตเตอร์

ชุดควบคุมด้านโรเตอร์

- Star-Delta Starting
- Auto-transformer Starting
- Resistance Starting

- ควบคุมความเร็ว


ชุดควบคุมด้านโรเตอร์



สายด้านทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

1. มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง

- สายที่ต่อระหว่างด้านทุติยภูมิของมอเตอร์กับเครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีขนาดกระแส **ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 125** ของกระแสโหลดเต็มที่ (FLA) ที่ด้านทุติยภูมิของมอเตอร์



ดูจาก - แคตาลอก
- nameplate

สายด้านทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

2. มอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

- สายต้องมีขนาดกระแส **ไม่ต่ำกว่า** จำนวนร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่ (FLA) ที่ด้านทุติยภูมิของมอเตอร์ตามตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1

ขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	ร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง			
	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่นมอเตอร์หมุนปิด-เปิดวาล์ว ฯลฯ	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่นมอเตอร์ลิฟต์ มอเตอร์ปิด-เปิดสะพาน ฯลฯ	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่นมอเตอร์หมุนลูกกลิ้ง ฯลฯ	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

สายด้านทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

3. มอเตอร์มีตัวต้านทานอยู่แยกจากเครื่องควบคุม

- สายที่ต่อระหว่างเครื่องควบคุมและตัวต้านทานต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2

ขนาดสายระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์ และ
ตัวต้านทานในวงจรทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

ประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน	ขนาดกระแสของสายคิดเป็นร้อยละ ของกระแสด้านทุติยภูมิที่โหลดเต็มที่
เริ่มเดินอย่างเบา	35
เริ่มเดินอย่างหนัก	45
เริ่มเดินอย่างหนักมาก	55
ใช้งานเป็นระยะห่างมาก	65
ใช้งานเป็นระยะห่างปานกลาง	75
ใช้งานเป็นระยะถี่	85
ใช้งานต่อเนื่องกัน	110

ตัวอย่างที่ 3

มอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์ ขนาด 150 แรงม้า 3 เฟส 380 โวลต์ พิกัด
กระแสต้านปฐมภูมิ 197 A. ด้านทุติยภูมิ 115 A. ชุดตัวต้านทานเป็น
แบบใช้งานต่อเนื่องกัน ติดตั้งแยกจากเครื่องควบคุม จงพิจารณาเลือก
ขนาดของสายไฟฟ้าสำหรับวงจรมอเตอร์ตัวนี้ ถ้าติดตั้งโดยใช้สาย
THW โดยเดินในท่อโลหะเกาะผนัง

ด้านสแตเตอร์

หาพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ (FLC) มอเตอร์ 150 แรงม้า 3 เฟส 380 V
HP 380 V

18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5
22	30	75	44	40	39	33	25.4	17
25	35	85	52	47	45.3	39.4	30.3	20
30	40	103	60	55	51.5	45	34.6	23
33	45	113	68	60	58	50	39	25
37	50	126	72	66	64	55	42	28
40	54	134	79	71	67	60	44	30
45	60	150	85	80	76	65	49	33
51	70	170	98	90	83	75	57	38
55	75	182	105	100	90	80	61	40
59	80	195	112	105	97	85	66	43
63	85	203	117	115	109	89	69	45
75	100	240	138	135	125	105	82	53
80	110	260	147	138	131	112	86	57
90	125	295	170	165	146	129	98	65
100	136	325	188	182	162	143	107	71
110	150	356	205	200	178	156	118	78
129	175	420	242	230	209	184	135	85
132	180	425	245	240	215	187	140	90

FLC = 205 A.

ขนาดสายด้านสเตเตอร์ ต้องไม่น้อยกว่า 125 % ของ FLC

$$= 1.25 \times 205$$

$$= 256.25 \text{ A.}$$

ใช้สาย THW ติดตั้งในท่อโลหะ ขนาด 185 mm^2 ซึ่งทนกระแสได้ 287 A.

ด้านโรเตอร์

กระแสโรเตอร์ตามพิกัดแผ่นป้ายประจำเครื่อง (FLA) **115 A.**

- ชุดตัวต้านทานเป็นแบบใช้งานต่อเนื่องกัน ติดตั้งแยกจากเครื่องควบคุม ขนาดสายระหว่างมอเตอร์และชุดควบคุมด้าน โรเตอร์ไม่น้อยกว่า 125 % ของพิกัดกระแส

$$= 1.25 \times 115$$

$$= 143.75 \text{ A.}$$

****** เลือกใช้สายขนาด 70 mm^2 ซึ่งทนกระแสได้ 148 A.

ด้านโรเตอร์

- ขนาดสายระหว่างชุดควบคุมด้าน โรเตอร์และตัวต้านทานไม่น้อยกว่า 110 % ตามตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2

ขนาดสายระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์ และ
ตัวต้านทานในวงจรทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์

ประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน	ขนาดกระแสของสายคิดเป็นร้อยละ ของกระแสด้านทุติยภูมิที่โหลดเต็มที่
เริ่มเดินอย่างเบา	35
เริ่มเดินอย่างหนัก	45
เริ่มเดินอย่างหนักมาก	55
ใช้งานเป็นระยะห่างมาก	65
ใช้งานเป็นระยะห่างปานกลาง	75
ใช้งานเป็นระยะถี่	85
ใช้งานต่อเนื่องกัน	110

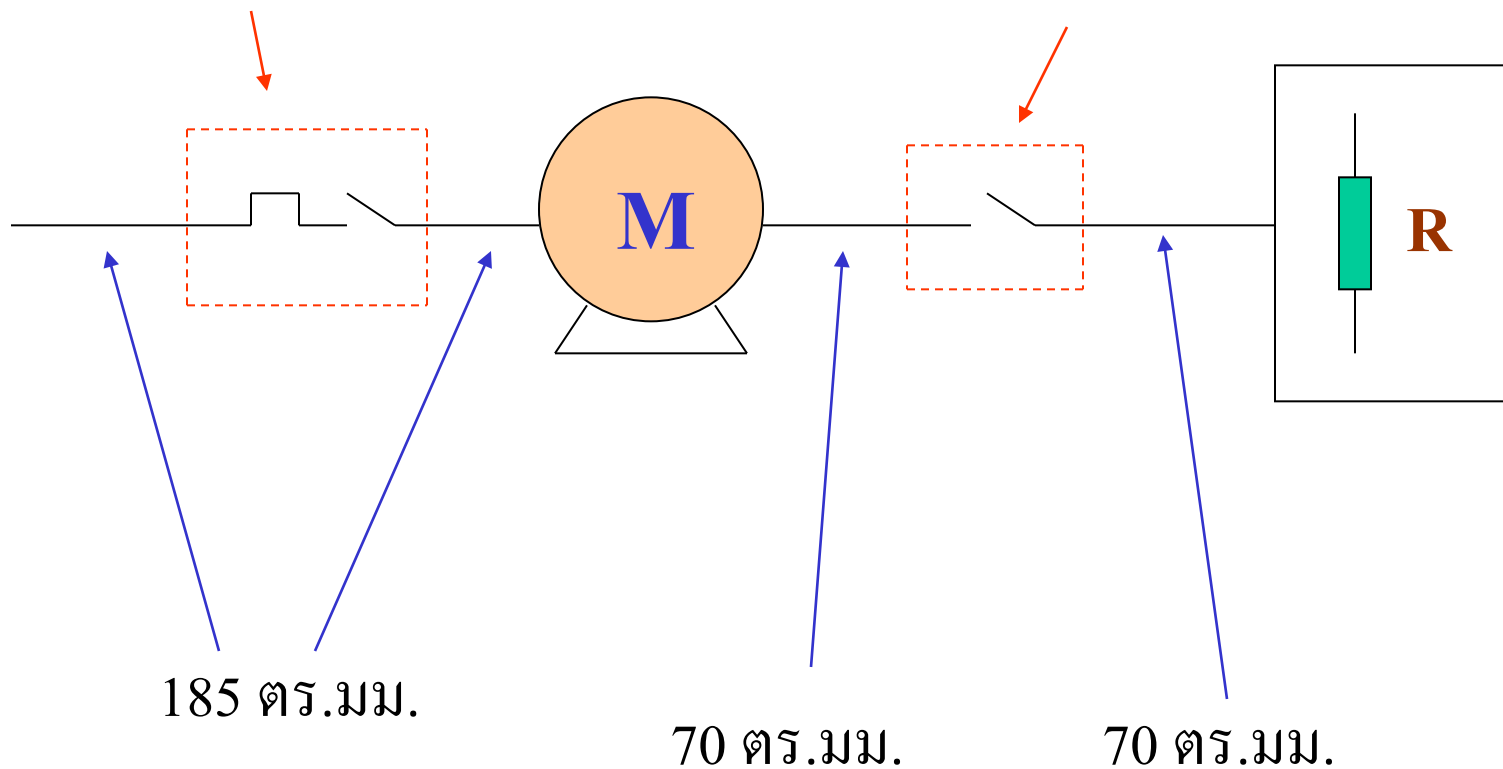
$$= 1.10 \times 115$$

$$= 126.5 \text{ A.}$$

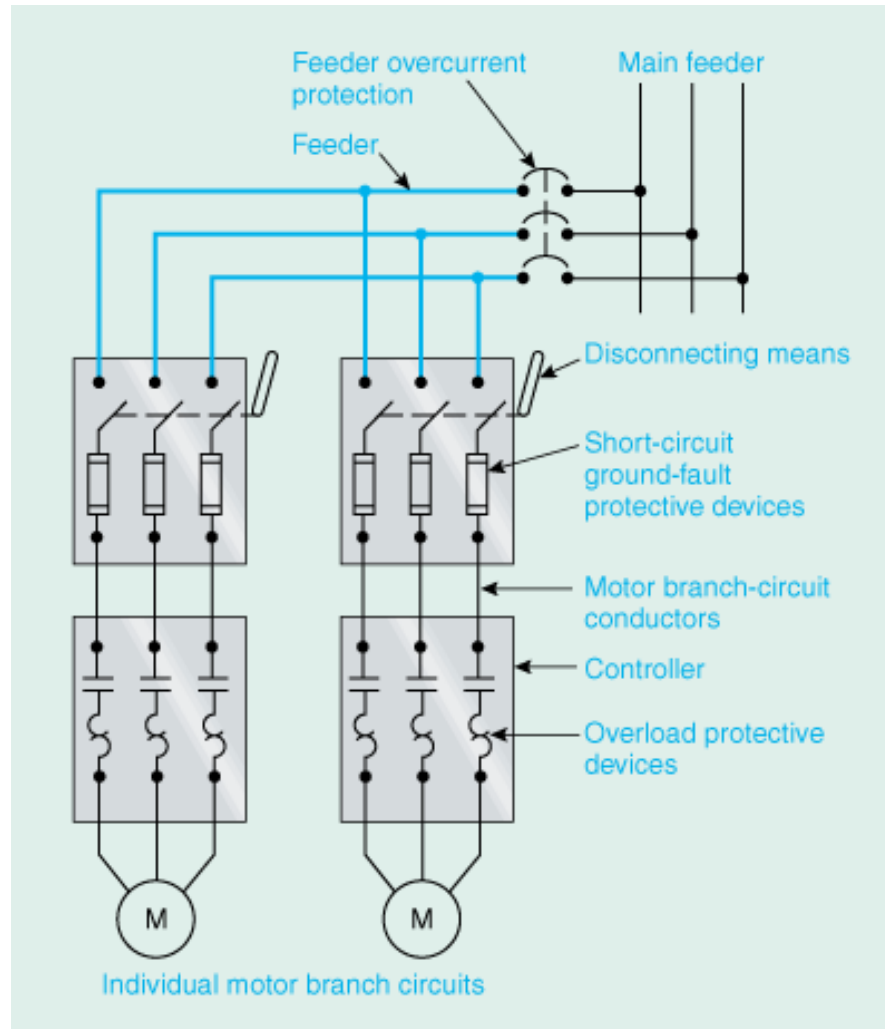
**** เลือกใช้สายขนาด 70 mm^2 ซึ่งทนกระแสได้ 148 A.**

ชุดควบคุมด้านสแตเตอร์

ชุดควบคุมด้านโรเตอร์



สายสำหรับวงจรมอเตอร์หลายตัว



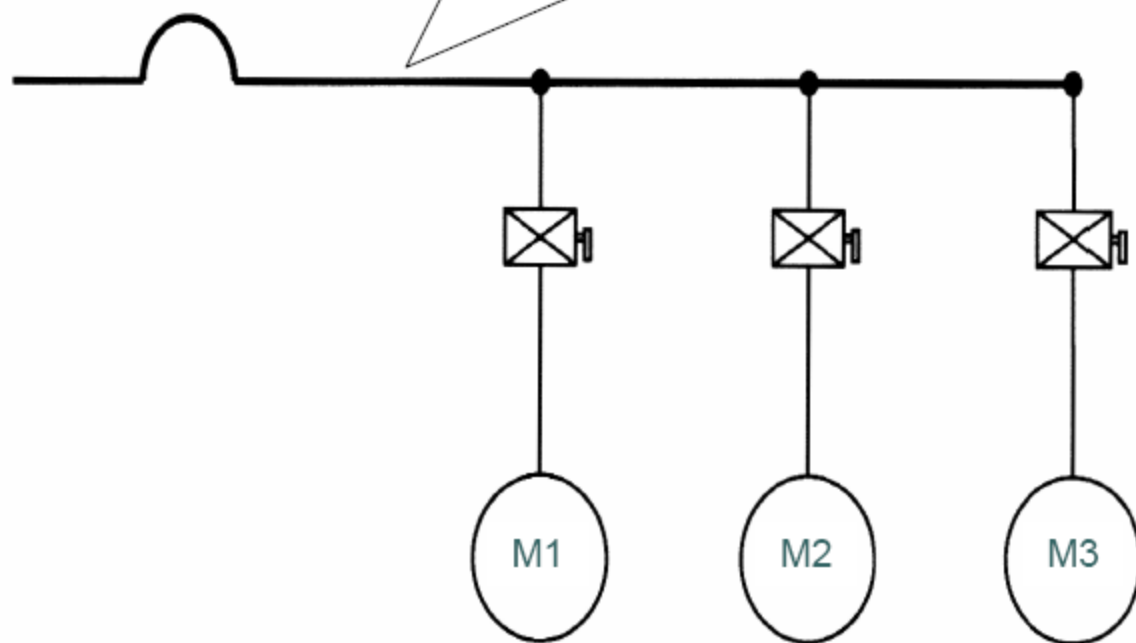
สายสำหรับวงจรมอเตอร์หลายตัว

- สายซึ่งจ่ายกระแสให้แก่มอเตอร์มากกว่า 1 ตัว ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าผลรวมของฟลักัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ทุกตัวบวกกับร้อยละ 25 ของฟลักัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุดในวงจร
ในกรณีที่มอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุดมีหลายตัวให้บวกร้อยละ 25 เพียงตัวเดียว



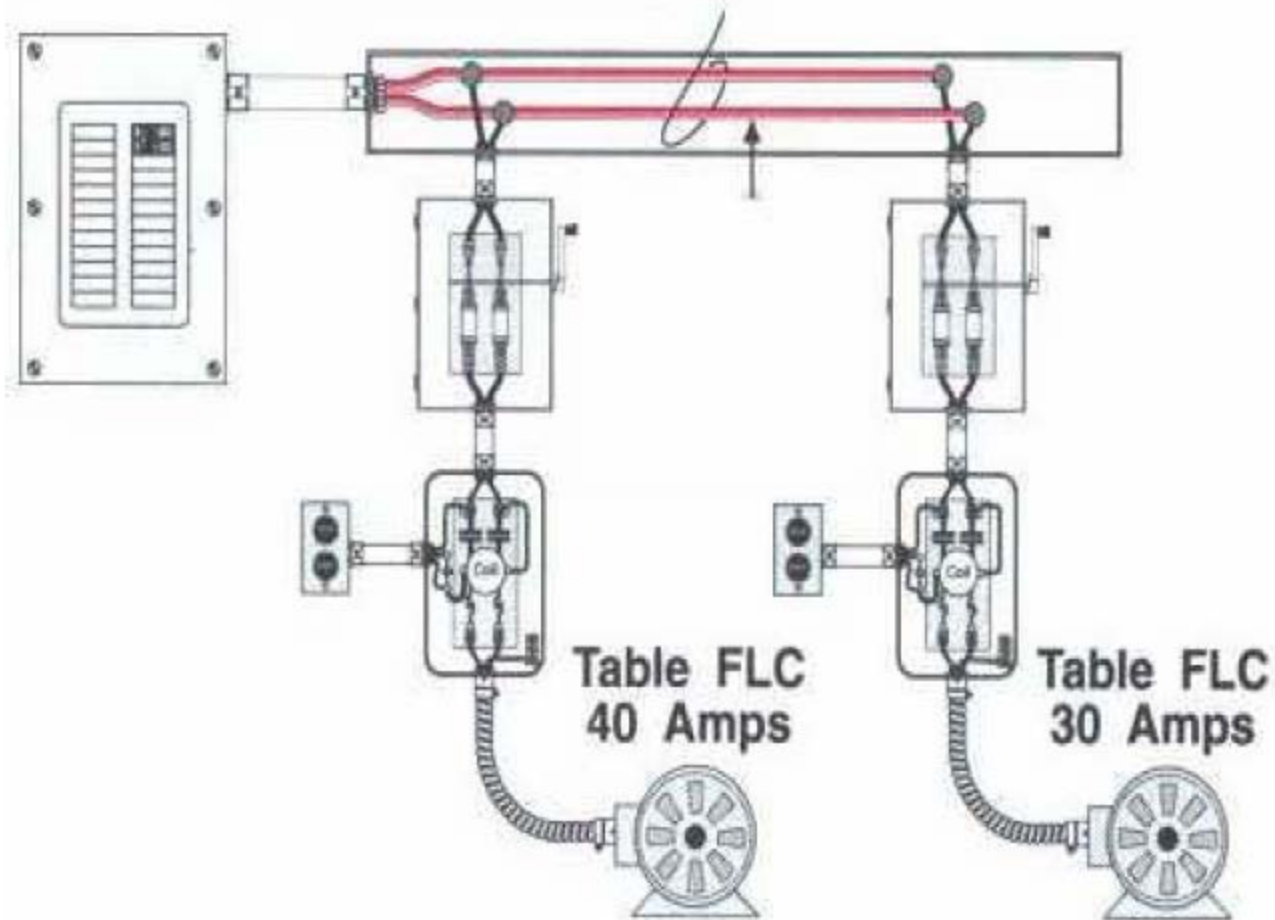
ใช้งานต่อเนื่องทั้งหมด

ขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดกระแสโหลด
เต็มทีของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุดในวงจร + พิกัดกระแส
โหลดเต็มทีของมอเตอร์ตัวอื่นๆที่เหลือ



ตัวอย่างที่ 4

จงหาขนาดสายป้อนวงจรมอเตอร์



(1)

(2)

วิธีทำ

สายป้อนวงจรมอเตอร์ ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 125% ของกระแสโหลดเต็มที่มีมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุดรวมกับกระแสโหลดเต็มที่มีมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุดรวมกับกระแสโหลดเต็มที่มีของมอเตอร์ตัวที่เหลือ

- ดังนั้นขนาดสายจะต้องรับกระแสได้ ไม่น้อยกว่า

$$\geq (1.25 \times 40) + 30$$

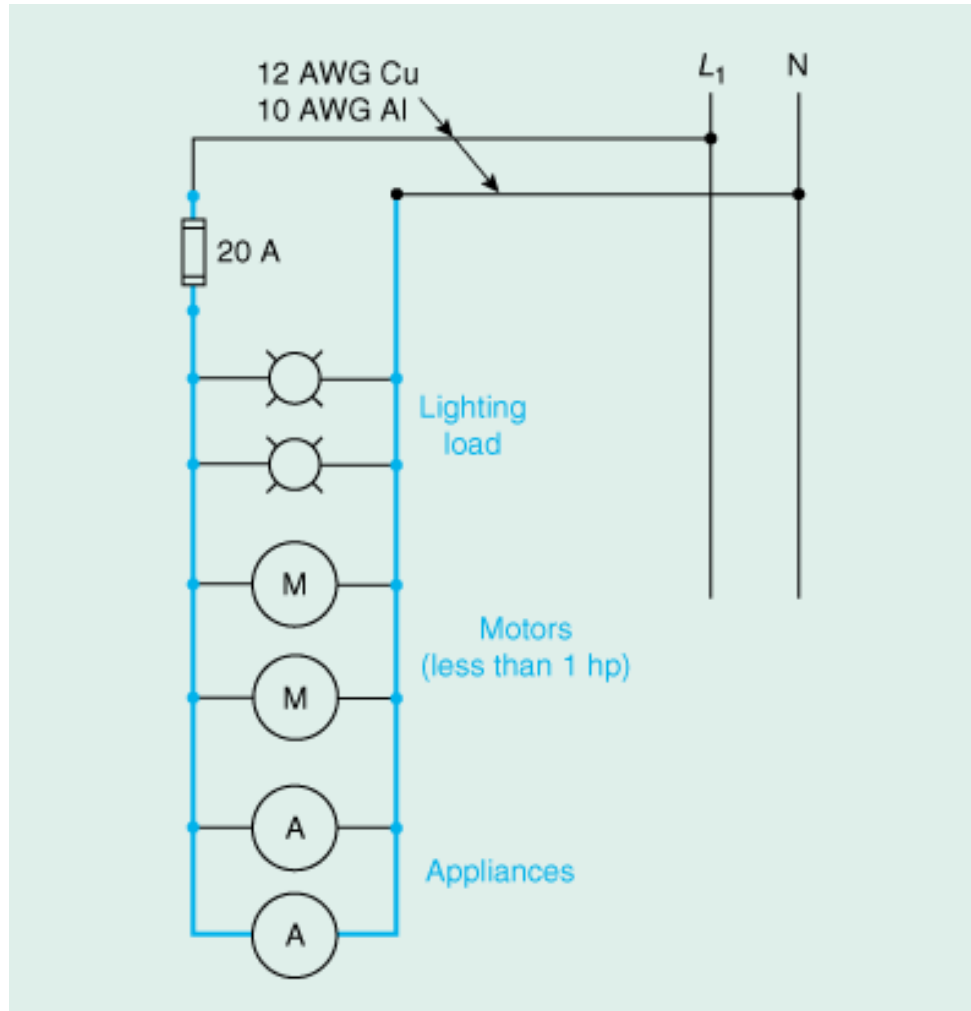
$$\geq 80 \text{ A.}$$

****** เดินในท่อโลหะ ต้องใช้สายขนาด 2 x 35 ตร.มม.

สายสำหรับวงจรมอเตอร์หลายตัว

- ในกรณีที่มียอเตอร์แบบใช้งานไม่ต่อเนื่องปนอยู่ด้วย ในการหาขนาดสายให้ดำเนินการ ดังนี้ :
 - หาขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์แบบ ใช้งานไม่ต่อเนื่อง ตามตารางที่ 6-1
 - หาขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์แบบ ใช้งานต่อเนื่อง โดยใช้ค่าร้อยละ 100 ของฟลักัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์
 - ตรวจค่ากระแสทั้ง 2 ค่าดังกล่าว เมื่อพบว่าค่าตัวใดสูงสุด ให้คูณด้วย 1.25 แล้วบวกด้วยค่าขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ตัวอื่นที่เหลือทั้งหมด จะได้กำหนดขนาดกระแสของสายที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์เหล่านั้น

สายสำหรับวงจรที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ร่วมกับโหลดอื่น



วงจรย่อย 15 – 20 A

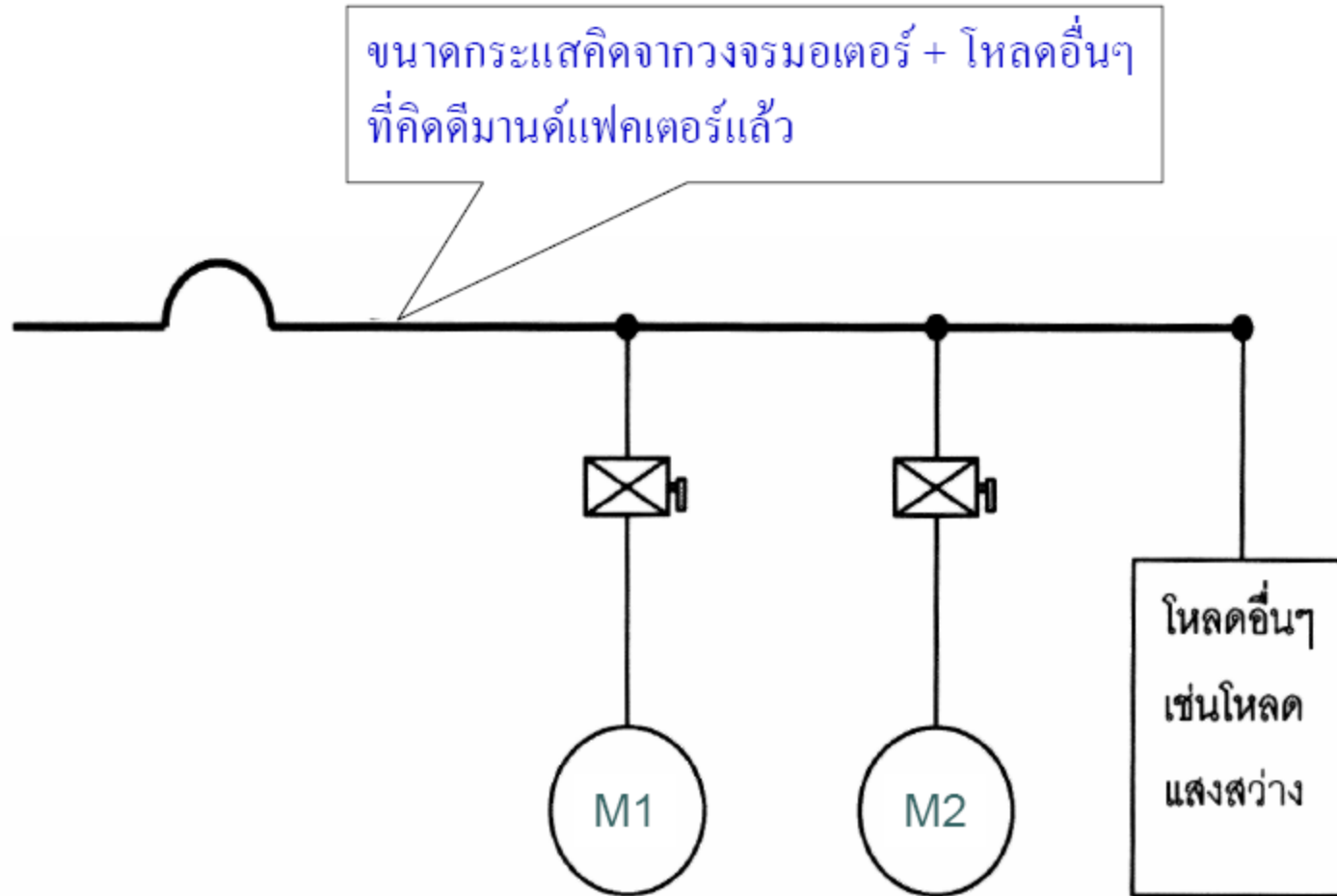
สายสำหรับวงจรที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ร่วมกับโหลดอื่น

- ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าที่คำนวณได้ตามกรณีสายสำหรับมอเตอร์ตัวเดียวหรือสายสำหรับวงจรมอเตอร์หลายตัว บวกกับกระแสความต้องการสำหรับโหลดอื่นๆ ที่กำหนดไว้

**** โหลดอื่นๆ หมายถึง โหลดที่คิดค่าดีมานต์แฟกเตอร์แล้ว**

- แสงสว่าง
- เตารับ

สายสำหรับวงจรที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ร่วมกับโหลดอื่น



ปริมาณแฟกเตอร์ของสายป้อน

- สายป้อนอาจมีขนาดเล็กกว่าที่คำนวณได้ ถ้ามอเตอร์ใช้งานไม่พร้อมกัน โดยสภาพของงาน การผลิตหรือเครื่องจักร

ตัวอย่างที่ 5

จงหาขนาดของสายป้อนวงจรหนึ่งซึ่งจ่ายโหลดให้กับ โหลดแสงสว่าง และมอเตอร์ 2 ตัว ดังนี้

- แผงย่อยแสงสว่าง 380/220 V. 3 เฟส 4 สาย ขนาด 20 kVA (คิดดีมานด์ แฟกเตอร์แล้ว)
- M 1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 380 V ขนาด 25 HP (ใช้งานต่อเนื่อง)
- M 2. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 380 V ขนาด 50 HP (ใช้งานต่อเนื่อง)

โดยการติดตั้งสาย THW เดินในท่อโลหะในอากาศ

วิธีทำ

- หาค่ากระแสของแผงย่อยแสงสว่าง $= \frac{20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380}$
 $= 30.39 \text{ A.}$
- หาค่ากระแสโหลดเต็มที่ของ M1 และ M2 จากตาราง FLC 3 เฟส



HP 380 V.

18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5
22	30	75	44	40	39	33	25.4	17
25	35	85	52	47	45.3	39.4	30.3	20
30	40	103	60	55	51.5	45	34.6	23
33	45	113	68	60	58	50	39	25
37	50	126	72	66	64	55	42	28
40	54	134	79	71	67	60	44	30
45	60	150	85	80	76	65	49	33
51	70	170	98	90	83	75	57	38
55	75	182	105	100	90	80	61	40
59	80	195	112	105	97	85	66	43
63	85	203	117	115	109	89	69	45
75	100	240	138	135	125	105	82	53
80	110	260	147	138	131	112	86	57
90	125	295	170	165	146	129	98	65
100	136	325	188	182	162	143	107	71
110	150	356	205	200	178	156	118	78
129	175	420	242	230	209	184	135	85
132	180	425	245	240	215	187	140	90

$$M 1. = 37 \text{ A.}$$

$$M 2. = 72 \text{ A.}$$

มอเตอร์ M2 ขนาด
ใหญ่ที่สุด

****ขนาดกระแสของสายป้อนต้องไม่น้อยกว่า**

$$\geq (1.25 \times 72) + 37 + 30.39$$

$$\geq 157.39 \text{ A.}$$

เดินสาย THW ในท่อโลหะในอากาศ จะต้องใช้ขนาด

95 ตร.มม.

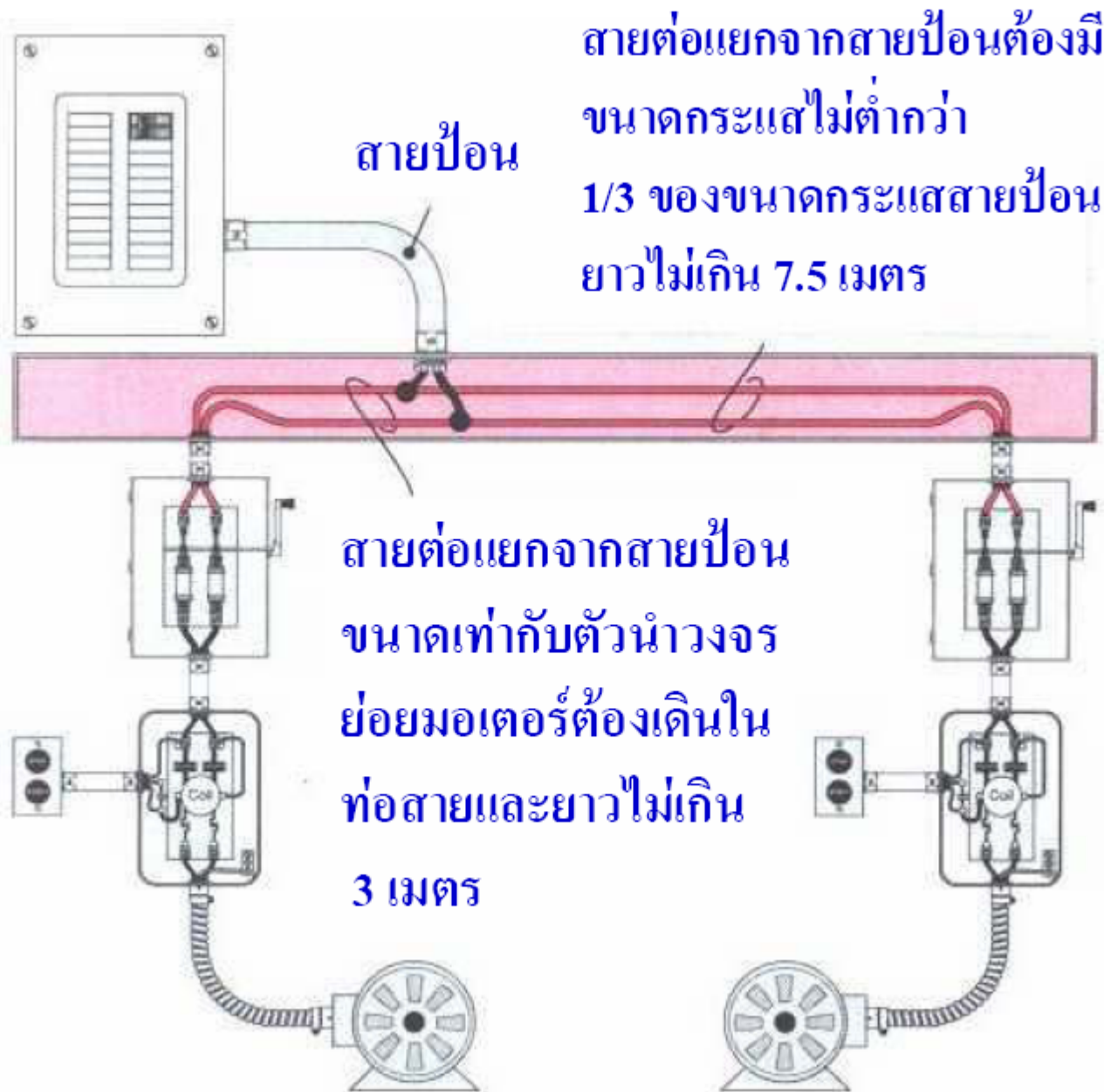
(187 A.)

การต่อสายแยกจากสายป้อน

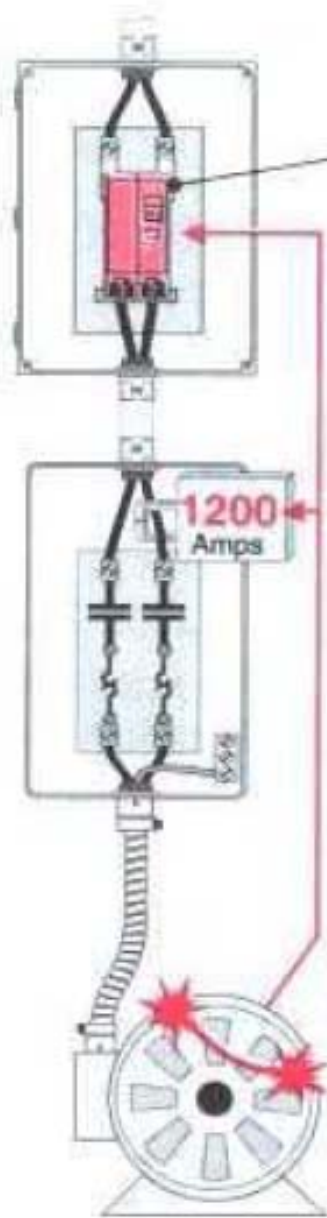
- สายที่ต่อแยกจากสายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าที่คำนวณได้ตามวิธีคำนวณสายสำหรับวงจรมอเตอร์ ต้องต่อเข้ากับเครื่องป้องกันกระแสเกินและต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อดังต่อไปนี้
 - สายตัวนำต้องเดินในท่อสายและยาวไม่เกิน 3 เมตร
 - มีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า $1/3$ ของขนาดกระแสของสายป้อนและมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพความยาวไม่เกิน 7.5 เมตร
 - มีขนาดกระแสเท่ากับสายป้อน



ไม่ต้องมี CB เพิ่ม

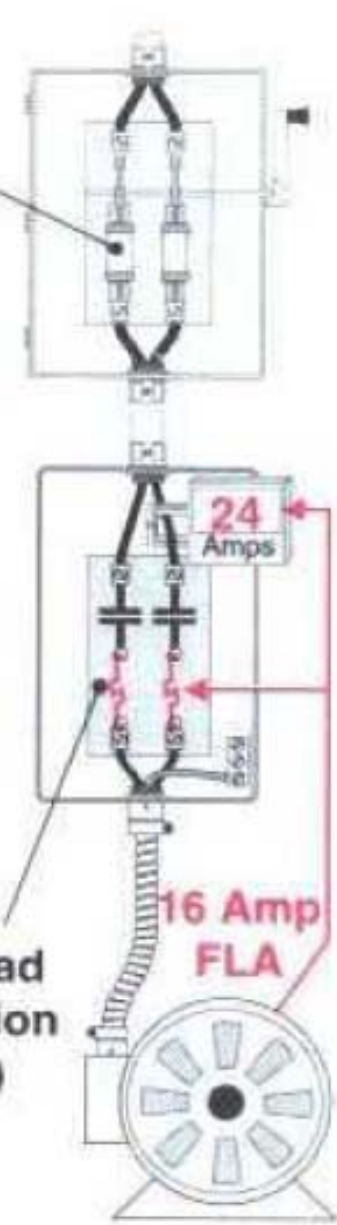


การป้องกันการลัดวงจรของมอเตอร์และวงจรย่อย

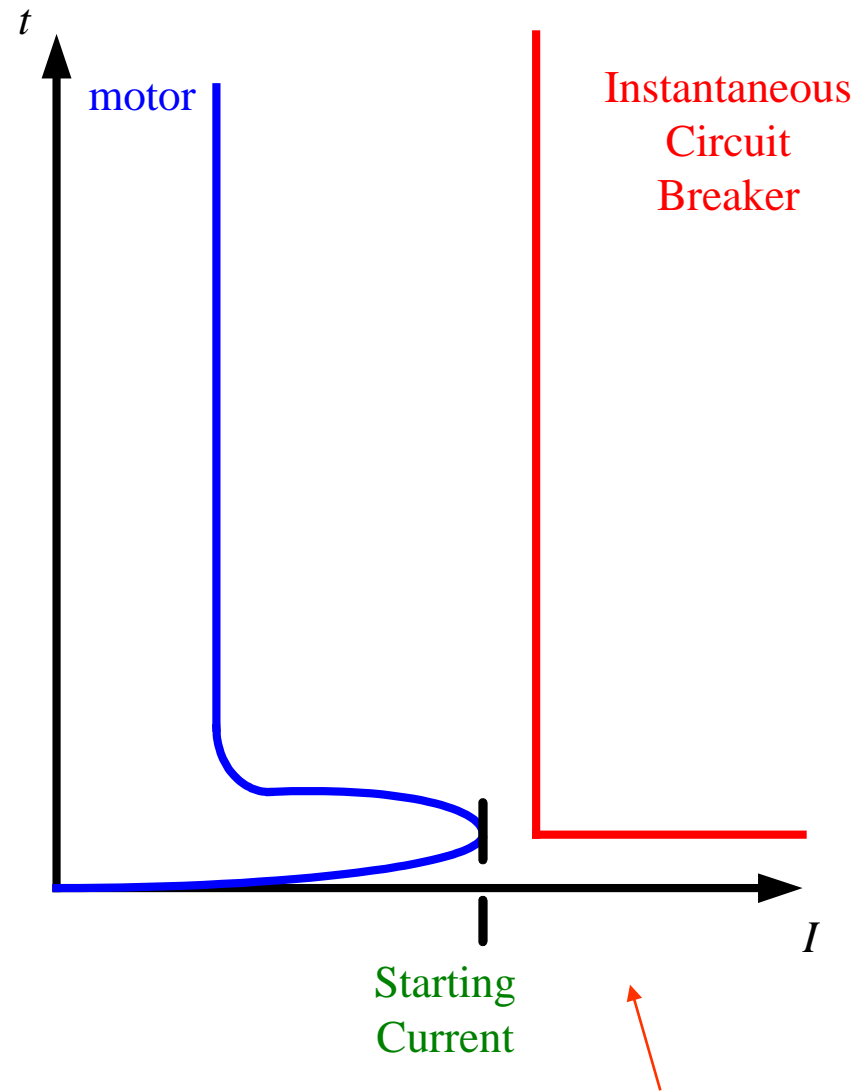
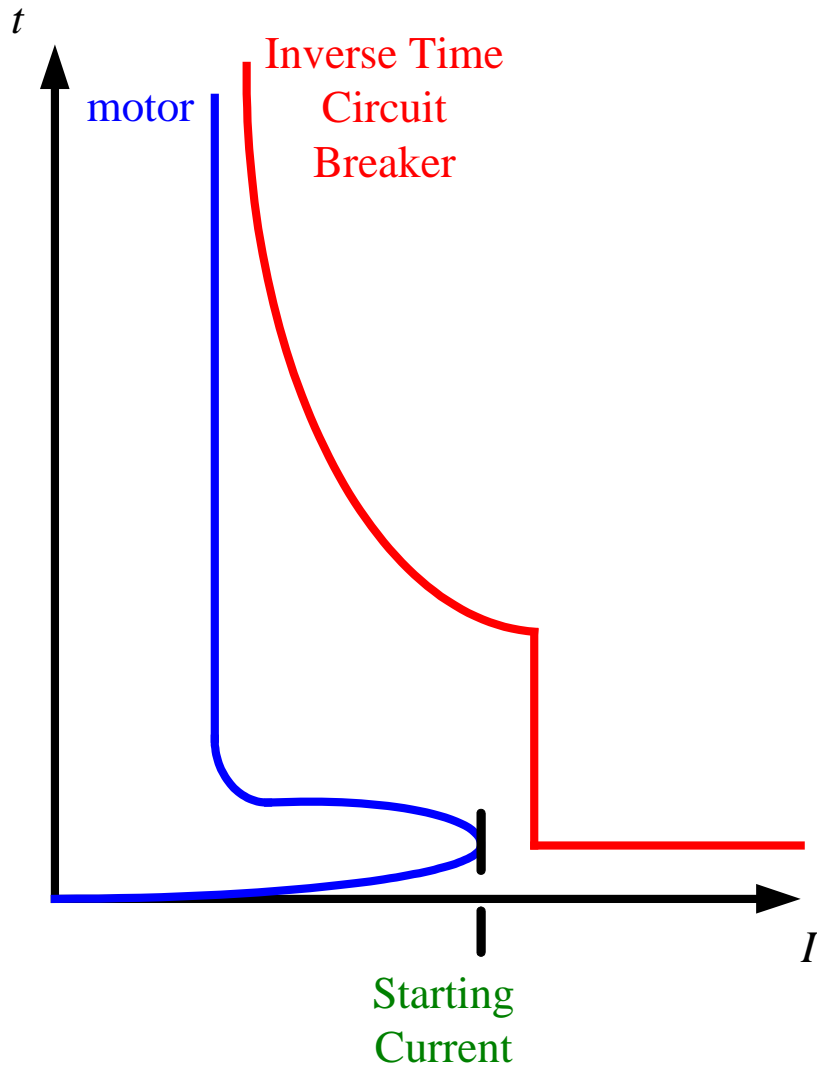


โดยทั่วไปฟิวส์และเซอร์กิต
เบรกเกอร์จะทำหน้าที่ในการ
ป้องกันกระแสลัดวงจรหรือ
การลัดวงจรลงดิน ไม่ได้มี
หน้าที่ในการป้องกันโหลดเกิน
ขนาดของฟิวส์หรือเซอร์กิต
เบรกเกอร์จะมีขนาดมากกว่า
กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์
1.5 - 7 เท่าเพื่อให้เริ่มเดิน
มอเตอร์ได้

**Short or
Ground Fault
Protection**



**Overload
Protection
(O.L.)**



ต้องมี Overload relay ด้วย

ขนาดหรือการปรับตั้งสำหรับวงจรย่อยมอเตอร์

- เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรสำหรับวงจรย่อยมอเตอร์ต้องสามารถทนกระแสเริ่มต้นของมอเตอร์ได้
- มีขนาดหรือการปรับตั้งไม่เกินค่าที่กำหนดในตาราง ว.ส.ท.ที่ 6-3
- ถ้าค่าที่กำหนดในตารางไม่ตรงกับมาตรฐานของฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้ใช้ขนาดตามมาตรฐานที่สูงขึ้นถัดไปได้

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	รายละเอียดของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงออโต กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

ตารางที่ 6-3 (ต่อ)
พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์แบบ กรงกระรอก				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	250
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
มอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์				
ไม่มีรหัสอักษร	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสตรง (แรงดันคงที่)				
ขนาดไม่เกิน 50 แรงม้า				
• ไม่มีรหัสอักษร	150	150	250	150
ขนาดเกิน 50 แรงม้า				
• ไม่มีรหัสอักษร	150	150	175	150

- หมายเหตุ**
- 1) การกำหนดรหัสอักษรให้ดูจากตารางที่ 6-4
 - 2) มอเตอร์ไม่มีรหัสอักษร หมายถึง มอเตอร์ที่ผลิตก่อนมีการกำหนดรหัสอักษรโดย NEMA Standard และมอเตอร์ที่ขนาดเล็กกว่า 1/2 แรงม้า
 - 3) มอเตอร์ที่ผลิตตามมาตรฐานอื่นให้พิจารณาการเปรียบเทียบรหัสอักษรจากตารางที่ 6-4

ตารางที่ 6-4
รหัสอักษรแสดงการเลือกโรเตอร์

รหัสอักษร	เควีเอต่อแรงม้า ขณะเลือกโรเตอร์
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.54
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59



$$\frac{\text{KVA}}{\text{H.P.}}$$

ตารางที่ 6-4 (ต่อ)
รหัสอักษรแสดงการลือกโรเตอร์

รหัสอักษร	เควีเอต่อแรงม้า ขณะลือกโรเตอร์
G	5.6 - 6.29
H	6.3 - 7.09
J	7.1 - 7.99
K	8.0 - 8.99
L	9.0 - 9.99
M	10.0 - 11.19
N	11.2 - 12.49
P	12.5 - 13.99
R	14.0 - 15.99
S	16.0 - 17.99
T	18.0 - 19.99
U	20.0 - 22.39
V	ตั้งแต่ 22.4 ขึ้นไป

กรณีเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรตัดวงจรขณะมอเตอร์เริ่มเดินใน
สภาพการใช้งานปกติ ให้เปลี่ยนขนาดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรให้
สูงขึ้นไปได้ ดังนี้ (5 ข้อ)

1. **ฟิวส์ชนิดไม่หน่วงเวลา (ทำงานไว)** ขนาดไม่เกิน 600 A ให้เปลี่ยน
ขนาดสูงขึ้นไปได้แต่ต้องไม่เกินร้อยละ 400 ของกระแสโหลด
เต็มที่ของมอเตอร์
2. **ฟิวส์ชนิดหน่วงเวลา** ให้เปลี่ยนขนาดสูงขึ้นไปได้แต่ต้องไม่เกิน
ร้อยละ 225 ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

3. **วงจรร้อยของทอร์คมอเตอร์ (Torque Motor)** ขนาดเครื่องป้องกันให้เป็นไปตามพิกัดกระแสที่แผ่นป้ายประจำเครื่อง ถ้าไม่ตรงกับขนาดของฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้ใช้ขนาดตามมาตรฐานที่สูงขึ้นถัดไป

4. **เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาผกผัน (Inverse Time Circuit Breaker)**

- ขนาดไม่เกิน 100 A. ให้เปลี่ยนขนาดสูงขึ้นไปได้อีกแต่ต้องไม่เกินร้อยละ 400 ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

- ขนาดเกิน 100 A. ให้เปลี่ยนขนาดสูงขึ้นไปได้อีกแต่ต้องไม่เกินร้อยละ 300 ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

5. **ฟิวส์ขนาดเกิน 600 A.** ให้เปลี่ยนขนาดสูงขึ้นไปได้แต่ต้องไม่เกิน
ร้อยละ 300 ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

ตัวอย่างที่ 6

จงหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบปลดทันที และ แบบเวลาผกผัน
สำหรับใช้ป้องกันการลัดวงจรของมอเตอร์แบบกรงกระรอก 3 เฟส
380 V. ขนาด 20 HP รหัสอักษร V เริ่มเดิน โดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่

วิธีทำ

- หาขนาดกระแสโหลดเต็มที่
- หาขนาดฟิวส์อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรจากตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6.3 พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (แอมแปร์)

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 3 เฟส 4 ขั้ว 50/60 Hz						
kW	HP	220-240 V.	380 V.	415 V.	440 V.	500 V.	660 V.	1000 V.
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12

FLC =

30 A

หาขนาดพิกัดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร จากตาราง ว.ส.ท. 6-3

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	รายละเอียดของกระแสไหลลัดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานใน	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีเลย์มอเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงออโต				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดทันที

เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาผกผัน

- ขนาด CB แบบปลดทันที $\leq 700\% \times 30$
 $\leq 210 \text{ A.}$

**** เลือกใช้ CB แบบปลดทันที ขนาด 200 A. ป้องกันการลัดวงจรมอเตอร์**

- ขนาด CB แบบเวลาผกผัน $\leq 250\% \times 30$
 $\leq 75 \text{ A.}$

**** เลือกใช้ CB แบบเวลาผกผัน ขนาด 70 A. ป้องกันการลัดวงจรมอเตอร์**

ตัวอย่างที่ 7

จงหาขนาด CB แบบเวลาผกผัน สำหรับป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์กรงกระรอก 3 เฟส 380 V 10 HP ไม่ทราบรหัสอักษร แต่มีค่ากระแสลัดวงจร 52 A. เริ่มเดินโดยผ่านหม้อแปลงออโต้

วิธีทำ

- หาขนาดกระแสโหลดเต็มที่
- หาขนาดฟิวส์อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรจากตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6.3 พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (แอมแปร์)

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 3 เฟส 4 ขั้ว 50/60 Hz						
kW	HP	220-240 V.	380 V.	415 V.	440 V.	500 V.	660 V.	1000 V.
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12

FLC = 15.5 A

หาขนาดพิกัดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร จากตาราง ว.ส.ท. 6-3

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	รายละเอียดของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงขอโต กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

วิธี 1 หาค่าจากการเลือกโรเตอร์
ตารางที่ 6-4

วิธี 2 ดูจากบรรทัดไม่มีรหัสอักษร
ในตาราง

วิธีที่ 1

$$\begin{aligned}\text{ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะล๊อคโรเตอร์} &= \sqrt{3} \times V \times I \\ &= \sqrt{3} \times 380 \times 52 \\ &= 34.23 \text{ kVA}\end{aligned}$$

** อัตราส่วน KVA ต่อ แรงม้าขณะล๊อคโรเตอร์

$$\begin{aligned}&= \frac{34.23}{10} \\ &= 3.42\end{aligned}$$

หารหัสอักษรจากตาราง ว.ส.ท. ที่ 6-4

ตารางที่ 6-4
รหัสอักษรแสดงการลือกโรเตอร์

รหัสอักษร	เควีเอต่อแรงม้า ขณะลือกโรเตอร์
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.54
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59

3.42

พบว่า

มอเตอร์อยู่ในย่านรหัสอักษร B

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลามากัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงออโต กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

ขนาด CB ชนิดเวลาพิกัด

$$\leq 15.5 \times 200\%$$

$$\leq 31 \text{ A.}$$

**** เลือกใช้ CB ขนาด 30 A.**

วิธีที่ 2

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลามกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มทีหรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงขอโต กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• <u>ไม่มีรหัสอักษร</u>	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

ขนาด CB ชนิดเวลาพิกัด

$$\leq 15.5 \times 200\%$$

$$\leq 31 \text{ A.}$$

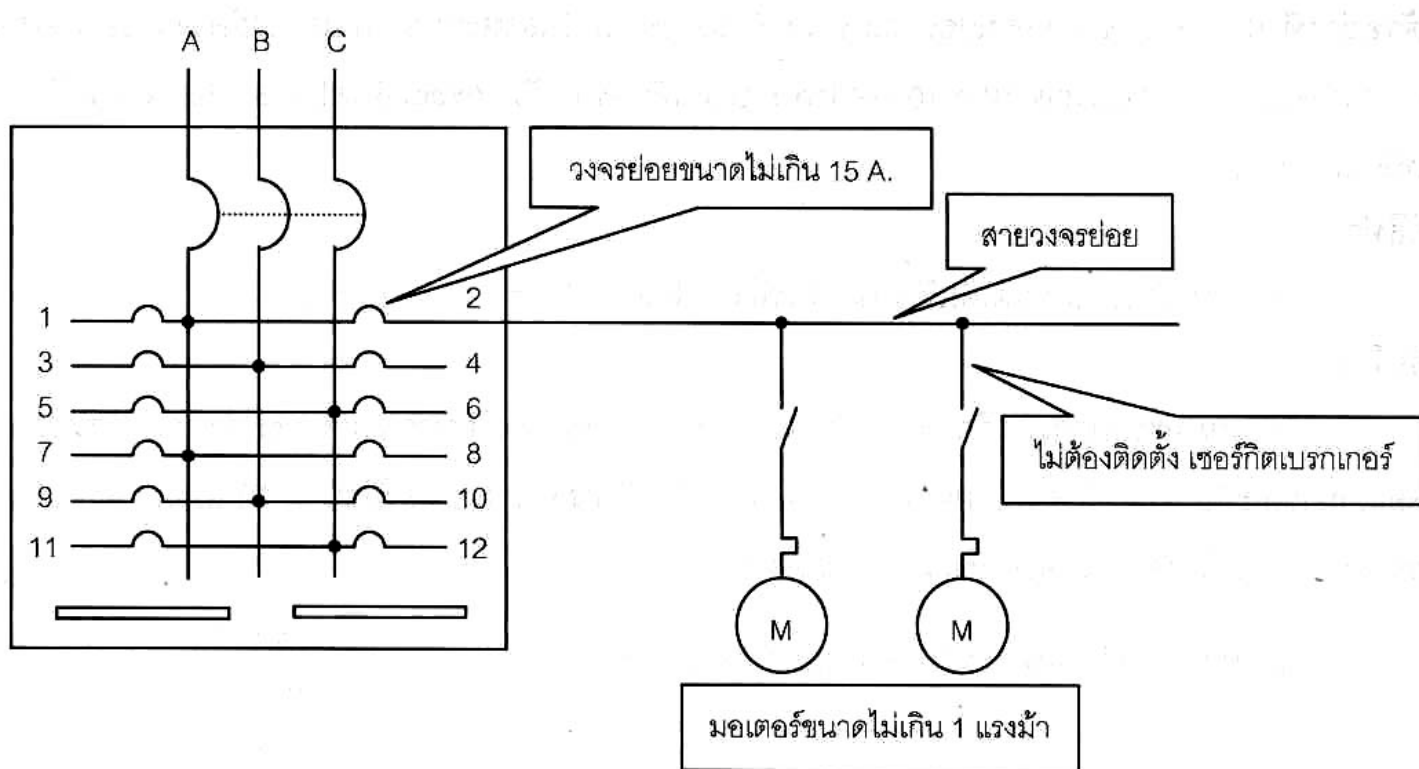
**** เลือกใช้ CB ขนาด 30 A.**

วงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง

• สำหรับวงจรย่อยขนาดไม่เกิน 15 A. อนุญาตให้จ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าเครื่องเดียว หรือหลายเครื่องได้ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินประจำแต่ละเครื่อง ถ้ามอเตอร์เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้ทุกข้อ

1. กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์แต่ละตัวไม่เกิน 6 A.
2. ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของมอเตอร์แต่ละเครื่องที่ระบุไว้ที่เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องไม่น้อยกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย
3. มอเตอร์แต่ละเครื่องมีการติดตั้งเครื่องป้องกันโหลดเกิน

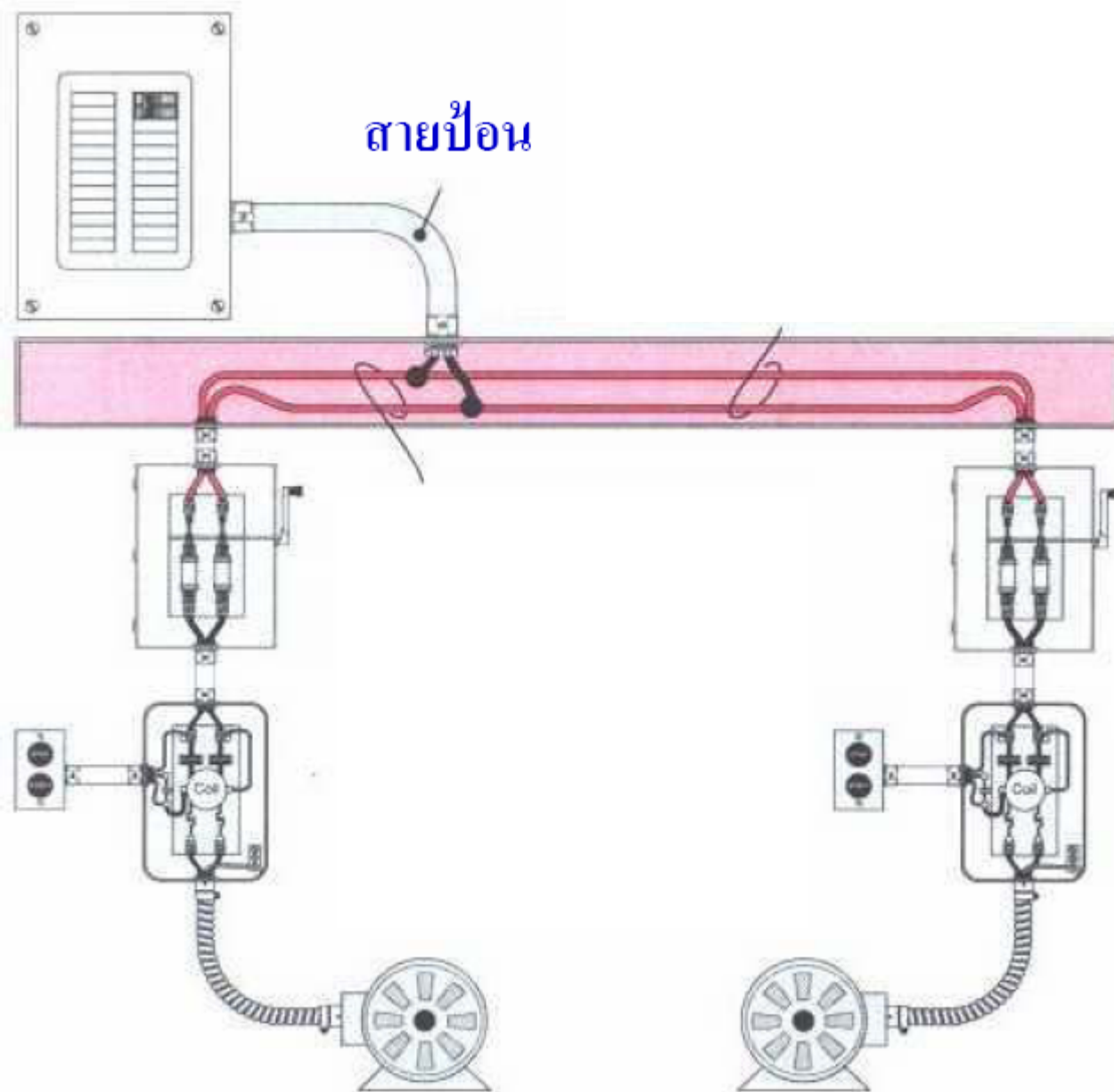
วงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง



ขนาดหรือการปรับตั้งสำหรับสายป้อนมอเตอร์

แบ่งเป็น 2 กรณี

1. สายป้อนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรมอเตอร์
2. สายป้อนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดซึ่งมีมอเตอร์ต่อร่วมกับโหลดไฟฟ้ากำลังหรือแสงสว่าง



1. สายป้อนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรมอเตอร์

ก. มอเตอร์ที่ติดตั้งไว้แล้ว

เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของสายป้อนต้องมีขนาดไม่เกิน
พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์
ที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่มบวกกับผลรวมของพิกัดกระแสโหลดเต็มตัวของ
มอเตอร์เครื่องอื่นๆ ในกรณีที่มีมอเตอร์เครื่องที่ใหญ่ที่สุดมากกว่า 1
เครื่อง การคำนวณให้เลือกเพียงเครื่องเดียวเป็นเครื่องที่ใหญ่ที่สุด

1. สายป้อนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรมอเตอร์

ข. การสำรองสำหรับการติดตั้งในอนาคต

ในโครงการขนาดใหญ่ ซึ่งออกแบบสายป้อนสำรองไว้เพื่อเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงในอนาคต พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของสายป้อน อนุญาตให้มีขนาดได้ไม่เกินขนาดกระแสของสายป้อน

2. สายป้อนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดซึ่งมีมอเตอร์ต่อร่วมกับโหลด ไฟฟ้ากำลังหรือแสงสว่าง

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินจะต้อง
เพียงพอที่จะจ่ายโหลดให้กับไฟฟ้าแสงสว่างหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า บวก
ด้วยขนาดกระแสของมอเตอร์ตามที่คำนวณได้

ตัวอย่างที่ 8

จงหาขนาด CB ชนิดเวลาผกผัน สำหรับใช้ป้องกันกระแสลัดวงจรของสายป้อน และป้องกันวงจรมอเตอร์แต่ละตัวเมื่อโหลดของสายป้อนประกอบด้วย

M1 มอเตอร์กรงกระรอก 3 เฟส 380 V 10 HP รหัสอักษร V เริ่มเดิน โดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่

M2 มอเตอร์กรงกระรอก 3 เฟส 380 V 10 HP รหัสอักษร V เริ่มเดิน โดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่

M3 มอเตอร์กรงกระรอก 3 เฟส 380 V 5 HP รหัสอักษร B เริ่มเดิน โดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่

แผงย่อยจ่ายโหลดอื่นๆ ขนาด 20 kVA

หาค่าฟัดกระแสโหลดเต็มที

ตารางที่ 6.3 ฟัดกระแสโหลดเต็มทีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส (แอมแปร์)

ขนาดมอเตอร์		มอเตอร์อินดักชัน 3 เฟส 4 ขั้ว 50/60 Hz						
kW	HP	220-240 V.	380 V.	415 V.	440 V.	500 V.	660 V.	1000 V.
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12

M1, M2 ขนาด 10 HP ค่า FLC = 15.5 A.

M3 ขนาด 5 HP ค่า FLC = 7.7 A.

กระแสโหลดของแผงย่อยที่จ่ายโหลดอื่นๆ

$$I_{load} = \frac{20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 30.39 \quad \text{A.}$$

ขนาด CB ชนิดเวลาพักฟื้น ของมอเตอร์ M1, M2 (รหัส V, รับแรงดันเต็มที)

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	รายละเอียดของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไ	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลามกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มทีหรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงออโต				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

ขนาด CB ชนิดเวลาพักฟื้น

$$\leq 15.5 \times 250\%$$

$$\leq 38.75 \text{ A.}$$

**** เลือกใช้ CB ขนาด 35 A.**

ขนาด CB ชนิดเวลาพักฟื้น ของมอเตอร์ M3(รหัส B, รับแรงดันเต็มที่)

ตารางที่ 6-3

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย
และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลามากขึ้น
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับ แรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัว ต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรง กระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดิน โดยผ่านหม้อแปลงออโต				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

ขนาด CB ชนิดเวลาพักฟื้น

$$\leq 7.7 \times 200\%$$

$$\leq 15.4 \text{ A.}$$

**** เลือกใช้ CB ขนาด 14 A.**

พบว่ามอเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุด 2 ตัว มีค่า FLC 15.5 A ซึ่งใช้ CB ขนาด 35 A สามารถหาขนาด CB ของสายป้อนได้ดังนี้

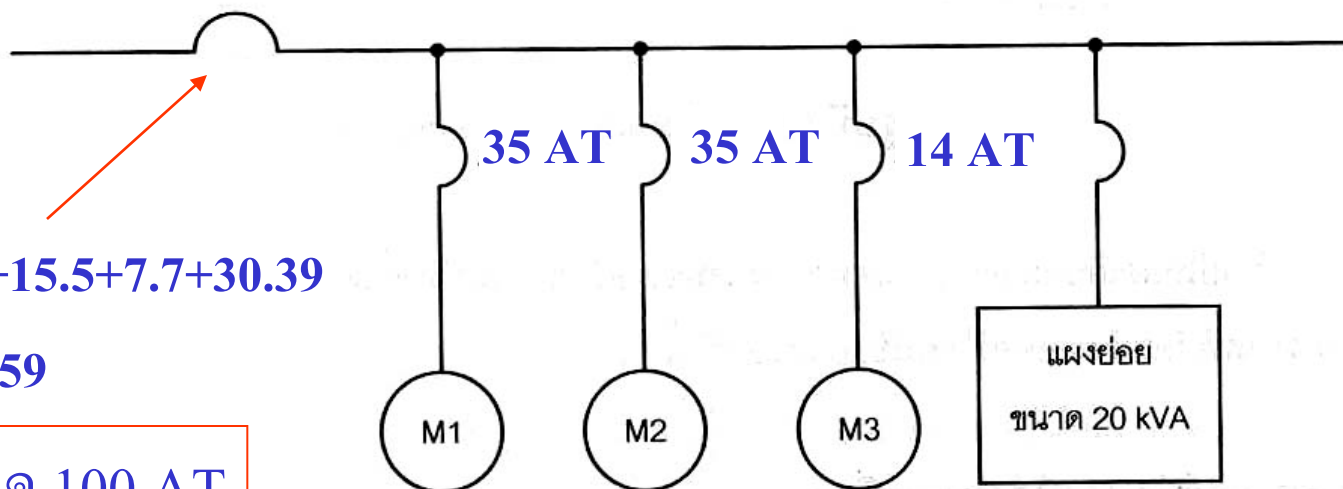
เครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของสายป้อนต้องมีขนาดไม่เกิน พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของมอเตอร์ที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่มบวกกับผลรวมของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เครื่องอื่นๆ บวกกับโหลดอื่นๆ ในระบบ

$$\begin{aligned}\text{ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์} &= 35 + 15.5 + 7.7 + 30.39 \\ &= 87.59 \text{ A.}\end{aligned}$$

**** เลือกใช้ CB ขนาด 100 A. สำหรับป้องกันการลัดวงจรสายป้อน**

$$CB = 35 + 15.5 + 7.7 + 30.39$$
$$= 87.59$$

เลือกขนาด 100 AT



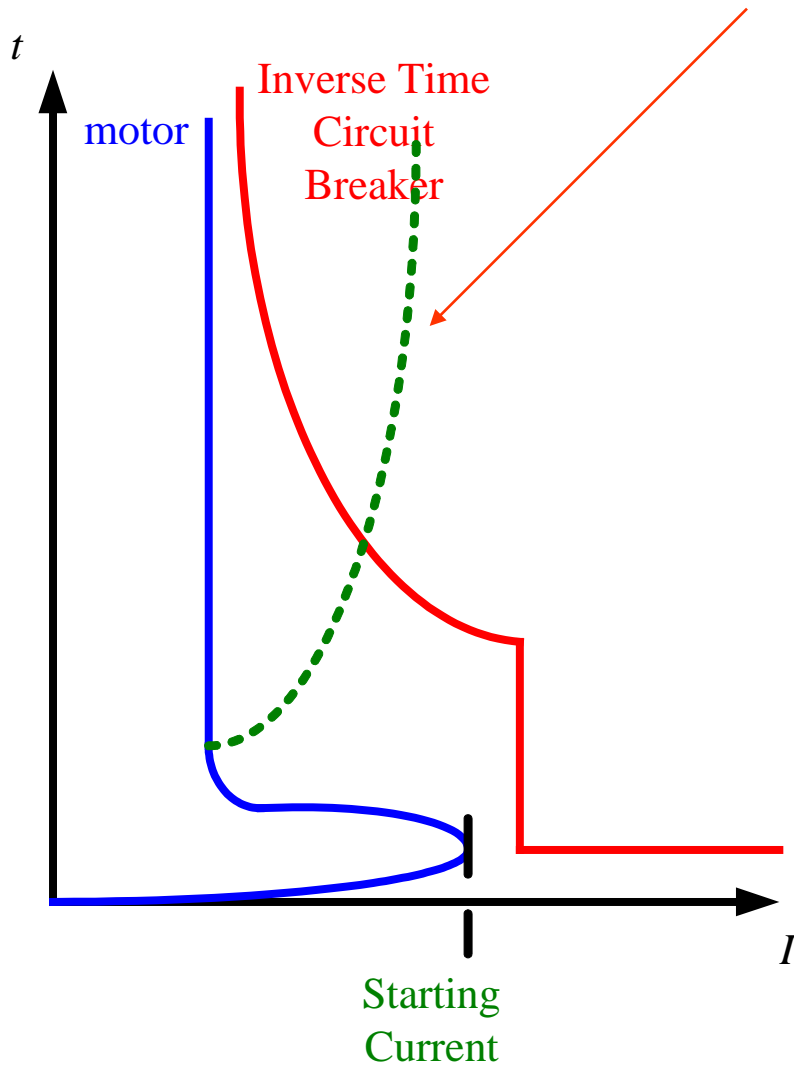
การป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์และวงจรย่อย



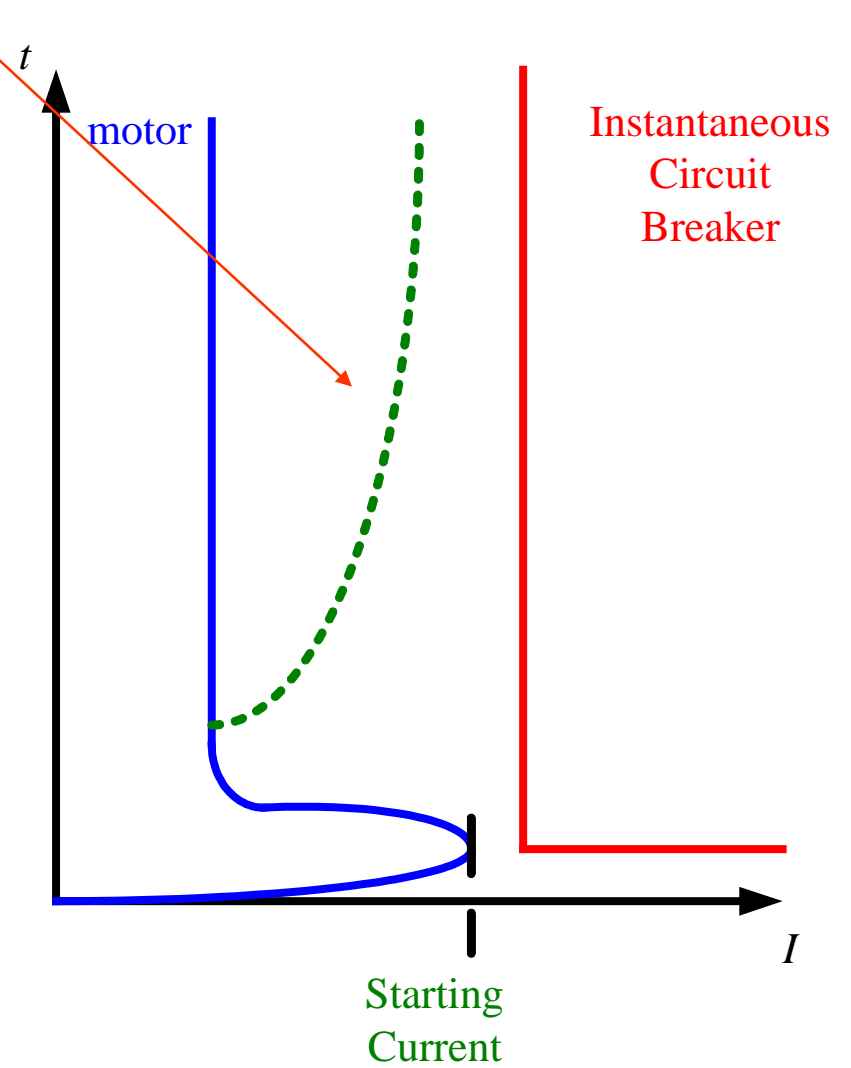
การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (Overload Protection)

- ใช้งานมอเตอร์เกินกำลัง → เกิดความร้อนสูง → ลุกไหม้ได้
- กระแสเกินพิกัดของมอเตอร์ไม่สูงพอที่จะสั่งให้ฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงาน
- ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ได้แก่ รีเลย์โอเวอร์โหลด (Overload Relay)
- หาขนาดอุปกรณ์จากค่ากระแส FLA

Overload Current



ฟิวส์ / CB ทำงาน



ฟิวส์ / CB ไม่ทำงาน

การป้องกันการใช้งานเกินกำลัง (Overload Protection)

แบ่งเป็น

- มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง

- มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า
- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินไม่อัตโนมัติ
- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินอัตโนมัติ
- มอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์

- มอเตอร์ใช้งานเป็นระยะและที่คล้ายกัน

มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง

- มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า

มอเตอร์แต่ละตัวต้องมีการป้องกันการใช้งานเกินกำลังด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้



ก - ง

- มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า

ก. เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังติดตั้งแยกต่างหากจากตัวมอเตอร์และทำงานสัมพันธ์กับกระแสของมอเตอร์ ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังต้องไม่เกินร้อยละพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ (FLA) ดังนี้

ชนิดมอเตอร์	ร้อยละ
• มอเตอร์ที่ระบุตัวประกอบใช้งาน (Service Factor) ไม่น้อยกว่า 1.15	125
• มอเตอร์ที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40 °C	125
• มอเตอร์อื่นๆ	115

• มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า

ข. เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกินกำหนดที่ติดตั้งไว้ที่ตัวมอเตอร์ ซึ่งได้ออกแบบเพื่อป้องกันมอเตอร์เสียหายจากอุณหภูมิสูงเกินกำหนด เนื่องจากการใช้งานเกินกำลังหรือเริ่มเดินไม่สำเร็จ ต้องตัดกระแสที่เข้ามอเตอร์ไม่เกินร้อยละของฟลักัดกระแส โหลดเต็มที (FLA) ดังนี้

ชนิดมอเตอร์	ร้อยละ
• มอเตอร์ที่มีกระแส โหลดเต็มทีไม่เกิน 9 A.	170
• มอเตอร์ที่มีกระแส โหลดเต็มทีตั้งแต่ 9.1 ถึง 20 A.	156
• มอเตอร์ที่มีกระแส โหลดเต็มทีเกินกว่า 20 A.	140

- มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า

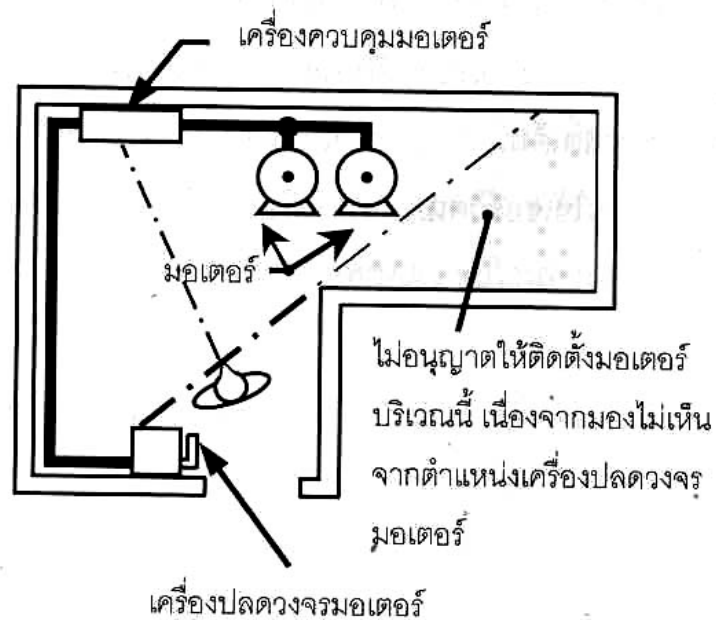
ค. อนุญาตให้ใช้เครื่องป้องกันติดตั้งที่ตัวมอเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของมอเตอร์เนื่องจากเริ่มเดินไม่สำเร็จได้ ถ้ามอเตอร์ประกอบอยู่กับบริภัณฑ์ซึ่งได้ออกแบบให้ในสภาพปกติไม่ปล่อยให้มอเตอร์ใช้งานเกินกำลัง

ง. มอเตอร์ที่มีขนาดเกินกว่า 1,500 แรงม้า ต้องติดตั้งเครื่องตรวจจับอุณหภูมิสูงไว้ในตัวมอเตอร์ ซึ่งจะตัดกระแสเข้ามอเตอร์ออกเมื่ออุณหภูมิของมอเตอร์สูงเกินกำหนด

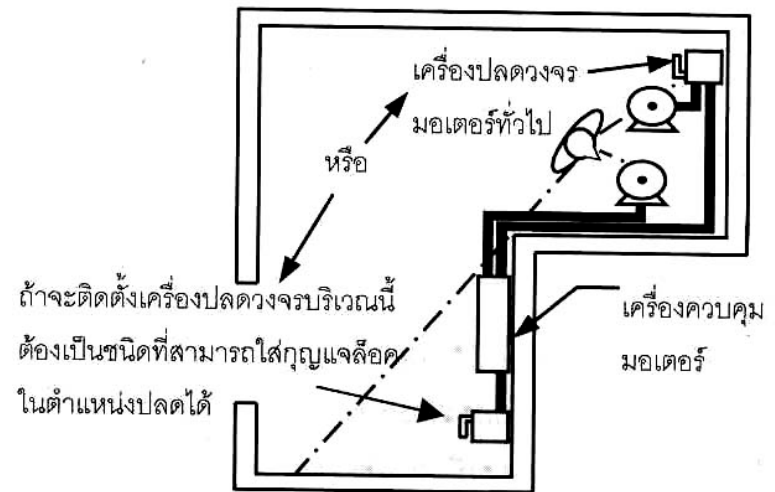
มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มต้นไม่อัตโนมัติ

ก. มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า ไม่ได้ติดตั้งถาวร อยู่ในที่ซึ่งมองเห็นได้จากเครื่องควบคุมมอเตอร์ และห่างกันจากเครื่องควบคุมมอเตอร์ไม่เกิน 15 เมตร ให้ใช้เครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสายและดินของวงจรย่อย ที่มีขนาดตามที่กำหนดในเรื่องการป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างสายและป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์ เป็นเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์ได้ วงจรย่อยดังกล่าวต้องมีขนาดไม่เกิน 20 A.



มองเห็นได้



มองไม่เห็น

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินไม่อัตโนมัติ

ข. มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า ติดตั้งถาวร อยู่ในที่ซึ่งมองไม่เห็นจากเครื่องควบคุมมอเตอร์ หรือห่างจากเครื่องควบคุมมอเตอร์เกินกว่า 15 เมตร ต้องมีการป้องกันตามข้อกำหนดของมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินอัตโนมัติ (หั่วข้อถัดไป)

มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินอัตโนมัติ

มอเตอร์แต่ละตัวต้องมีการป้องกันการใช้งานเกินกำลังด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้



ก - ง

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มต้นอัตโนมัติ

ก. เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง ติดตั้งแยกต่างหากจากตัวมอเตอร์และทำงานสัมพันธ์กับกระแสของมอเตอร์ ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังนี้ให้เป็นไปตามข้อกำหนดเดียวกับของมอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินอัตโนมัติ

ข. เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกินกำหนด ที่ติดตั้งที่ตัวมอเตอร์ซึ่งได้ออกแบบเพื่อป้องกันมอเตอร์เสียหายจากความร้อนเกิน กำหนด เนื่องจากการใช้งานเกินกำลังหรือเริ่มเดินไม่สำเร็จและเครื่องตัดกระแสเข้ามอเตอร์ **ต้องติดตั้งแยกต่างหากจากตัวมอเตอร์** และวงจรควบคุมทำงานด้วยอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับตัวมอเตอร์ต้องจัดให้กระแสเข้ามอเตอร์ถูกตัดออกเมื่อวงจรควบคุมถูกตัด

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินอัตโนมัติ

ค. ให้ถือว่ามอเตอร์ได้มีการป้องกันที่เหมาะสมแล้ว ถ้ามอเตอร์
ประกอบอยู่กับบริภัณฑ์ซึ่งได้ออกแบบให้ในสภาพปกติไม่ปล่อยให้
มอเตอร์ใช้งานเกินกำลัง หรือบริภัณฑ์นี้ทำงานร่วมกับวงจรควบคุม
อย่างอื่นที่ป้องกันมอเตอร์เสียหายเนื่องจากเริ่มเดินไม่สำเร็จ

- มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินอัตโนมัติ

ง. ในกรณีที่มอเตอร์มีอิมพีแดนซ์สูงเพียงพอ ที่จะไม่เกิดความร้อนสูงเนื่องจากเริ่มเดินไม่สำเร็จ และถ้ามอเตอร์เป็นประเภทเริ่มเดินไม่อัตโนมัติประกอบอยู่กับบริภัณฑ์ ซึ่งได้ออกแบบให้ป้องกันมอเตอร์เสียหายเนื่องจากความร้อนเกิน ยอมให้มีการป้องกันตาม**กรณีที่ 1** ของมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เริ่มเดินไม่อัตโนมัติได้



ใช้อุปกรณ์ป้องกันวงจรย่อย ป้องกันโหลดเกินได้ แต่ขนาดวงจรไม่เกิน 20 A

มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง

- มอเตอร์ชนิดวาวด์โรเตอร์

ด้านคุณสมบัติของวาวด์โรเตอร์ชนิดกระแสสลับ รวมทั้งสายไฟ เครื่องควบคุม ตัวต้านทาน ฯลฯ อนุญาตให้ใช้เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์(สเตรเตอร์) เป็นเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของวงจรด้านคุณสมบัติได้

มอเตอร์ใช้งานเป็นระยะและที่คล้ายกัน

มอเตอร์ใช้งานระยะสั้น ใช้งานเป็นระยะ ใช้งานเป็นคาบ หรือ ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง ตามที่แสดงในตารางที่ 6-1 อนุญาตให้ใช้เครื่อง ป้องกันการลัดวงจรระหว่างสายและป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อย ซึ่งมีขนาดหรือพิกัดปรับตั้งไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 6-3 เป็นเครื่อง ป้องกันการใช้งานเกินกำลังได้ ในการพิจารณาให้ถือว่ามอเตอร์ใช้งาน เป็นแบบต่อเนื่อง นอกจากในสภาพของโหลด หรือสภาพการใช้งาน บังคับให้มอเตอร์ใช้งานได้อย่างไม่ต่อเนื่อง

การเลือกรีเลย์โหลดเกิน (Overload Relay)

ในที่ซึ่งรีเลย์โหลดเกิน ซึ่งเลือกตามข้อกำหนดที่กล่าวมาแล้วมีค่าไม่เพียงพอสำหรับการเริ่มต้นหรือสำหรับโหลด อนุญาตให้ใช้รีเลย์โหลดเกินขนาดสูงกว่าถัดไปได้ แต่ต้องไม่เกินร้อยละของฟลักัดกระแสโหลดเต็ม (FLA) ดังนี้

ชนิดมอเตอร์	ร้อยละ
• มอเตอร์ที่ระบุตัวประกอบใช้งาน (Service Factor) ไม่น้อยกว่า 1.15	140
• มอเตอร์ที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40 °C	140
• มอเตอร์อื่นๆ	130

ตัวอย่างที่ 9

มอเตอร์แบบกรงกระรอก 3 เฟส 380 V. ขนาด 25 HP มีค่ากระแสโหลดเต็มที่บนแผ่นป้ายประจำเครื่อง 32 A. และระบุนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นขณะใช้งาน (Temp. rise) 30°C ควรเลือกขนาดปรับตั้งรีเลย์โหลดเกิดอย่างไร

วิธีทำ

- มอเตอร์ 25 HP (>1 แรงม้า)

• มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า

ก. เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังติดตั้งแยกต่างหากจากตัวมอเตอร์และทำงานสัมพันธ์กับกระแสของมอเตอร์ ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังต้องไม่เกินร้อยละพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ ดังนี้

ชนิดมอเตอร์	ร้อยละ
• มอเตอร์ที่ระบุตัวประกอบใช้งาน (Service Factor) ไม่น้อยกว่า 1.15	125
• มอเตอร์ที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40 °C	125
• มอเตอร์อื่นๆ	115

กรณีนี้ !!

กระแสไหลคเต็มที่บนแผ่นป้ายประจำเครื่อง (FLA) = 32 A.

- ขนาดปรับตั้งรีเลย์ไหลคเกิน $\leq 1.25 \times 32$
 ≤ 40 A.

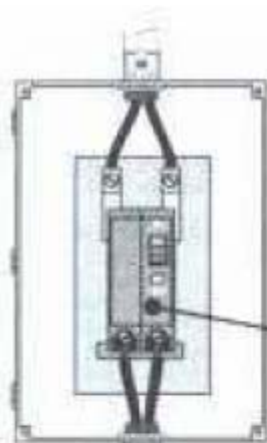
กรณีขนาดปรับตั้งรีเลย์โหลดเกิน มีค่าไม่เพียงพอสำหรับการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ อนุญาตให้ใช้รีเลย์โหลดเกินขนาดสูงกว่าถัดไปได้ แต่ต้องไม่เกินร้อยละของฟลักัดกระแสโหลดเต็มที่ (FLA) ดังนี้

ชนิดมอเตอร์	ร้อยละ
• มอเตอร์ที่ระบุตัวประกอบใช้งาน (Service Factor) ไม่น้อยกว่า 1.15	140
• มอเตอร์ที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40 °C	140
• มอเตอร์อื่นๆ	130

• ขนาดปรับตั้งรีเลย์โหลดเกิน $\leq 1.40 \times 32$
 $\leq 44.8 \text{ A.}$

ตัวอย่างที่ 10

จงหาขนาดสายวงจรย่อยมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 1 เฟส 2 สาย 220 V. ซึ่งมีค่าฟลักัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง 15 A. พร้อมทั้งอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่เหมาะสม โดยเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดเวลาผกผันเป็นอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร

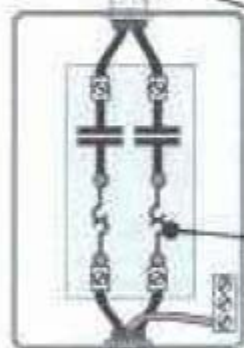
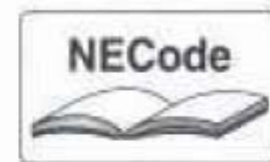


FLC

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดเวลา

ผกผันขนาด 50 A.

(2.5 x 18.6)

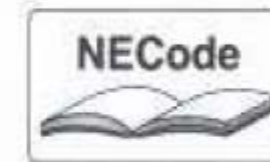


FLC

สายวงจรย่อยมอเตอร์ใช้

สายขนาด 2 x 4 ตร.มม.

(1.25 x 18.6 A. = 23.25 A.)

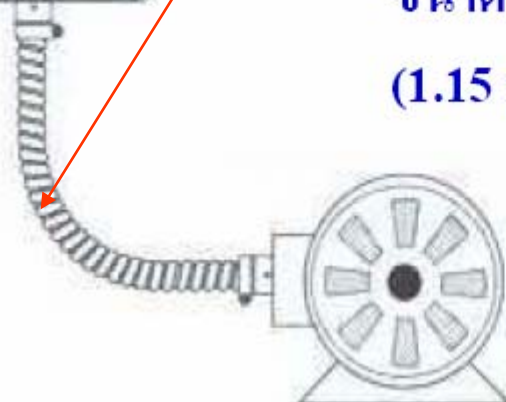
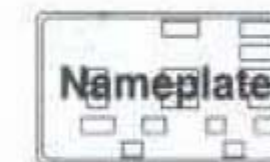


FLA

อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

ขนาด 17.25 A.

(1.15 x 15)



มอเตอร์ 1 เฟส 220 V. 3 แรงม้า

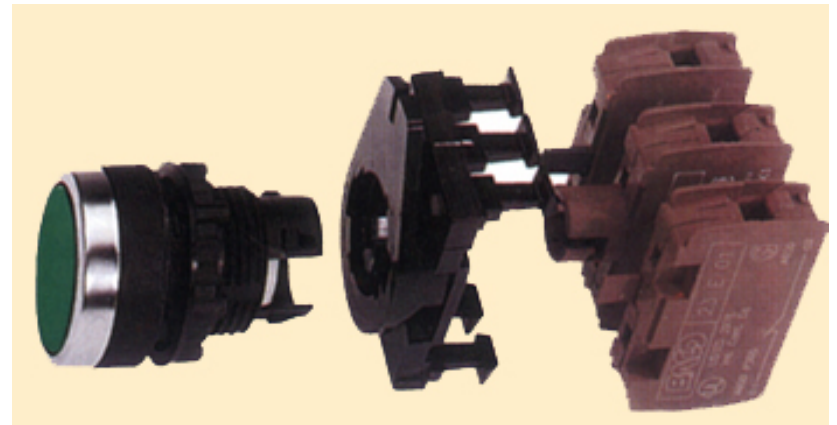
ค่ากระแสฟัดบนแผ่นป้าย 15 A.

ค่ากระแสโหลดเต็มที่ 18.6 A.(FLC)

เครื่องควบคุมมอเตอร์

- เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับสั่งเดินและหยุดมอเตอร์
- มักใช้ Magnetic Contactor เป็นอุปกรณ์สั่งการ
- การควบคุมพื้นฐานมี 2 ลักษณะ
 1. เริ่มใช้งานมอเตอร์ด้วยการต่อไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง
 2. เริ่มเดินเครื่องด้วยวิธีการลดแรงดัน

Magnetic Contactor



1. เริ่มใช้งานมอเตอร์ด้วยการต่อไฟฟ้าเข้ามอเตอร์โดยตรง

- กระแสเริ่มเดินเครื่องมีค่าสูงมาก (ประมาณ 6 เท่า FLA)
- แรงบิดเริ่มต้นของมอเตอร์จะมีค่าสูงด้วย → จุดโหลดหนักๆดี
- นิยมใช้กับมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 10 HP
- กรณีใช้กับมอเตอร์ขนาดใหญ่ → เกิดปัญหาแรงดันตกในระบบ

2. เริ่มต้นเครื่องด้วยวิธีการลดแรงดัน

เป็นวิธีลดกระแสเริ่มต้นเครื่อง โดยใช้การลดแรงดันตอนเริ่มเดินมอเตอร์ มีหลายวิธีเช่น

1. การเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์ท - เคลต้า
2. การเริ่มต้นเครื่องด้วยหม้อแปลงออโต้
3. การเริ่มต้นเครื่องด้วยความต้านทาน

ฟีกัดของเครื่องควบคุมมอเตอร์

เครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีฟีกัดแรงม้าไม่ต่ำกว่าฟีกัดแรงม้าของมอเตอร์ โดยมีข้อยกเว้นดังนี้

1. มอเตอร์ฟีกัดไม่เกิน 2 แรงม้า ใช้แรงดันไม่เกิน 416 A. อนุญาตให้ใช้สวิตช์แบบใช้งานทั่วไปที่มีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 2 เท่าของกระแสใช้งานมอเตอร์แทนเครื่องควบคุมได้
2. เครื่องควบคุมสำหรับทอร์กมอเตอร์ (Torque Motor) ต้องมีขนาดกระแสใช้งานต่อเนื่องไม่น้อยกว่าขนาดกระแสที่ระบุไว้ที่มอเตอร์

ระดับการใช้งาน Magnetic Contactor ตาม IEC 947-4-1

Kind of current	Utilization categories	Typical applications
A.C.	AC-1	Non-inductive or slightly inductive loads, resistance furnaces
	AC-2	Slip-ring motors: starting, switching off
	AC-3	Squirrel-case motors: starting, switching off motors during running ¹⁾
	AC-4	Squirrel-cage motors: starting, plugging, inching
	AC-5a	Switching of electric discharge lamp controls
	AC-5b	Switching of incandescent lamps
	AC-6a	Switching of transformers
	AC-6b	Switching of capacitor banks
	AC-7a ³⁾	Slightly inductive loads in household appliances and similar applications
	AC-7b ³⁾	Motor-loads for household applications
	AC-8a	Hermetic refrigerant compressor motor ²⁾ control with manual resetting of overload releases
	AC-8b	Hermetic refrigerant compressor motor ²⁾ control with automatic resetting of overload releases
D.C.	DC-1	Non-inductive or slightly inductive loads, resistance furnaces
	DC-3	Shunt-motors: starting, plugging, inching Dynamic breaking of d.c. motors
	DC-5	Series- motors: starting, plugging, inching Dynamic breaking of d.c. motors
	DC-6	Switching of incandescent lamps

1) AC-3 category may be used for occasional inching (jogging) or plugging for limited time periods such as machine set-up; during such limited time periods the number of such operators should not exceed five per minute or more than ten in a 10-min period.

2) Hermetic refrigerant compressor motor is a combination consisting of a compressor and a motor, both of which are enclosed in the same housing with no external shaft or shaft seals, the motor operating in the refrigerant.

3.) For AC-7a and AC-7b, see IEC 1095

Magnetic Contactor SC-8N 180			FUJI ELECTRIC			
AC1 - Ith - 260A		200-240	380-440	500-550	600-660	V~
JEM LR BV	AC3-1-1-0	45	90	110	—	kW
NK: 84T429	AC4	37	75	90	—	kW
IEC VDE	AC3	55	90	130	132	kW
BS		182	180	180	150	A
Fuji Electric Co., Ltd.						

- สามารถใช้กับโหลดแบบ AC1, AC3 และ AC4 ได้
- ถ้าใช้แบบ AC3 ที่แรงดัน 380 V จะใช้กับมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 90 kW

เครื่องปลดวงจรมอเตอร์ ← (ใช้ร่วมกับฟิวส์)

- ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าในวงจรมอเตอร์
- ใช้ปลดวงจรมอเตอร์ออกในกรณีฉุกเฉินหรือเพื่อซ่อมบำรุง
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 115 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ (FLC) และต้องเป็นสวิตช์สำหรับโหลดประเภท Inductive
- ทั่วไปนิยมใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเซฟตี้สวิตช์เป็นเครื่องปลดวงจรมอเตอร์ แต่มีข้อยกเว้นสำหรับการใช้งานดังนี้

ข้อยกเว้นที่ 1

มอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 1/8 แรงม้า อนุญาตให้ใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยเป็นเครื่องปลดวงจรได้

ข้อยกเว้นที่ 2

สำหรับมอเตอร์ติดตั้งประจำที่ขนาดไม่เกิน 2 แรงม้า แรงดันไม่เกิน 416 V อนุญาตให้ใช้ สวิตช์ใช้งานทั่วไปที่มีฟิวส์กระแสไม่ต่ำกว่า 2 เท่าของฟิวส์กระแสโหลดเต็มชื่อของมอเตอร์เป็นเครื่องปลดวงจรได้

ข้อยกเว้นที่ 3

มอเตอร์ขนาด 2-100 แรงม้า เครื่องปลดวงจรสำหรับมอเตอร์
ซึ่งใช้เครื่องควบคุมแบบหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer Type
Controller) อนุญาตให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้
ถ้ามีสภาพดังต่อไปนี้ทุกประการ



ข้อยกเว้นที่ 3 (ต่อ)

1. เป็นมอเตอร์ที่หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังทางด้านโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. เครื่องควบคุมมอเตอร์สามารถตัดกระแสล๊อคโรเตอร์ได้ มีเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังที่มีพิกัดหรือขนาดปรับตั้งไม่เกินร้อยละ 125 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์และต้องเป็นชนิดที่ปลดวงจรออกเมื่อไม่มีไฟ (No — Voltage Release)
3. ฟิวส์ที่แยกเป็นส่วนต่างหากหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเวลาผกผันที่มีขนาดหรือการปรับตั้งไม่เกินร้อยละ 150 ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เป็นเครื่องป้องกันวงจรย่อยมอเตอร์

ข้อยกเว้นที่ 4

มอเตอร์กระแสนตรงติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 40 แรงม้า หรือ มอเตอร์กระแสสลับติดตั้งประจำที่ขนาดเกิน 100 แรงม้า อนุญาตให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้ ถ้ามีป้ายเตือนว่า “ห้ามสับหรือปลดขณะมีโหลด” และมีอุปกรณ์ป้องกันการปลดสับโดยพลั้งเผลอ เช่น กุญแจ

ข้อยกเว้นที่ 5

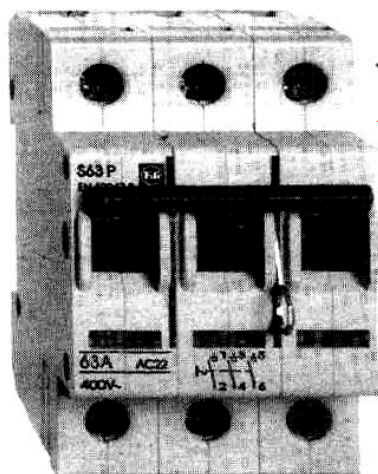
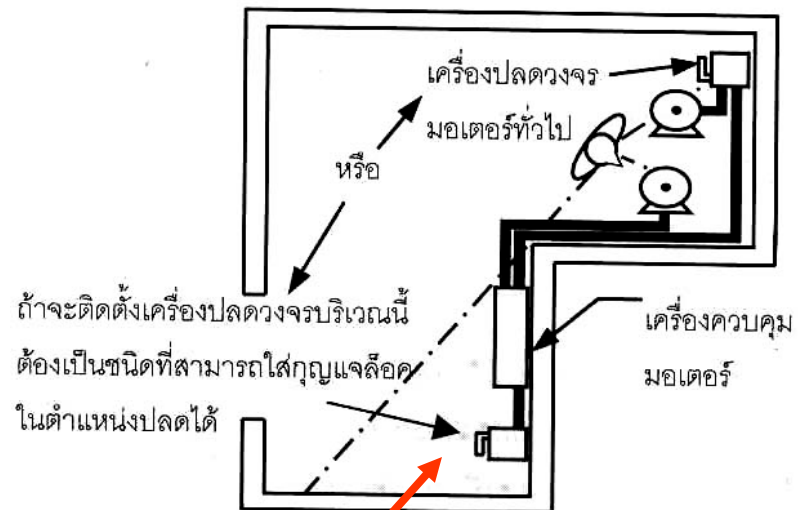
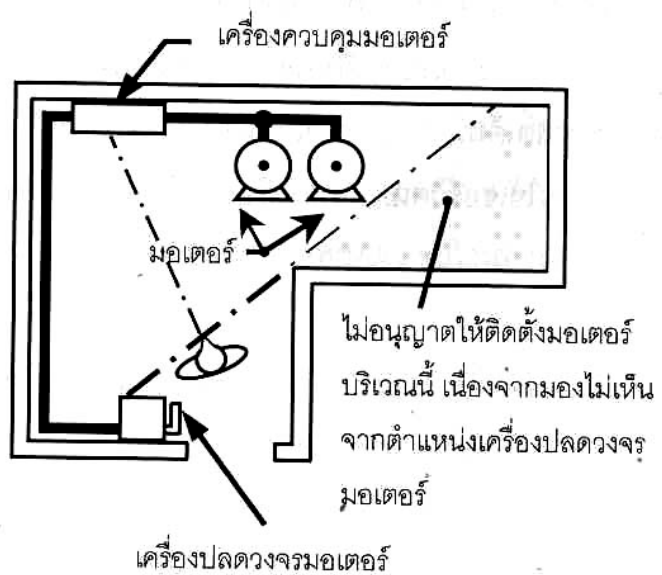
มอเตอร์แบบต่อด้วยสายและเต้าเสียบ อนุญาตให้ใช้เต้าเสียบเป็นเครื่องปลดวงจรได้

ข้อยกเว้นที่ 6

ทอร์กมอเตอร์ (Torque Motor) อนุญาตให้ใช้สวิตช์ใช้งานทั่วไป เป็นเครื่องปลดวงจรได้

ข้อกำหนดเครื่องปลดวงจรมอเตอร์

- ต้องติดตั้งในที่ซึ่งมองเห็นได้จากที่ตั้งเครื่องควบคุมมอเตอร์และห่างไม่เกิน 15 เมตร
- ต้องติดตั้งในที่ซึ่งมองเห็นได้จากที่ตั้งมอเตอร์และเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับอยู่ด้วย
- ถ้าเครื่องปลดวงจรติดตั้งในที่ที่ไม่สามารถมองเห็นได้หรือระยะเกิน 15 เมตร จะต้องเป็นชนิดที่สามารถใส่กุญแจล็อกเครื่องปลดวงจรในตำแหน่งปลดได้



เครื่องปลดวงจรชนิดใส่กุญแจล็อกในตำแหน่งปลดได้

การใช้สวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นทั้งเครื่องควบคุมและ เครื่องปลดวงจร

อนุญาตให้ใช้ได้ ถ้าสามารถปลดตัวนำเส้นไฟได้หมด และมีเครื่องป้องกัน
กระแสเกิน (อาจเป็นฟิวส์ของวงจรย่อย) ที่สามารถปลดตัวนำทุกสายเส้นไฟ
ได้ และ เป็นสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งดังต่อไปนี้

1. Air-Break Switch ชนิดปลดสับด้วยมือที่ก้านสวิตช์โดยตรง
2. เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาพกผัน ชนิดปลดสับที่ก้าน CB โดยตรง
3. สวิตช์น้ำมัน ใช้สำหรับวงจรในระบบแรงต่ำและไม่เกิน 100 A. วงจรที่
ระดับแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสสูงกว่านี้ จะใช้ได้เมื่อได้รับความเห็นชอบ
จากการไฟฟ้าฯ