

การเลือกอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า

นายธัมรัตน์ พรหมเพ็ญรังษี

อนุกรรมการและเลขานุการ

คณะอนุกรรมการร่างมาตรฐานออกแบบและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, วสท

เลขาธิการ สมาคมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไทย

อุปนายก สมาคมผู้ตรวจสอบอาคาร

วุฒิวิศวกรไฟฟ้า วฟก.818/ ACPE.01242-TH

กรรมการผู้จัดการ บริษัท นอร์ธพลัส จำกัด

เนื้อหาการเลือกอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า

- ▶ อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)
 - General
 - Type
 - Selectivity (Coordination)
 - Setting
- ▶ ชนิดของแผงไฟฟ้าย่อย (Panelboard)
- ▶ ระดับชั้นการป้องกัน (Ingress Protection , IP)

อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

- General

อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

- ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน IEC 60947-2 หรือ IEC 60898 มีรายละเอียดดังนี้
1. ต้องเป็นแบบปลด (off) ได้โดยอิสระและต้องปลดสับได้ด้วยมือ ถึงแม้ว่าปกติการปลดสับจะทำโดยวิธีอื่นก็ตาม
 2. ต้องมีเครื่องหมายแสดงอย่างชัดเจนว่าอยู่ในตำแหน่งสับหรือปลด
 3. ถ้าเป็นแบบปรับตั้งได้ต้องเป็นแบบการปรับตั้งค่ากระแสหรือเวลา โดยในขณะใช้งานกระทำได้เฉพาะผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง
 4. ต้องมีเครื่องหมายแสดงพิกัดของแรงดัน กระแส และความสามารถในการตัดกระแสที่เห็นได้ชัดเจนและถาวรหลังจากติดตั้งแล้ว หรือเห็นได้เมื่อเปิดแผ่นกันหรือฝาครอบ

มาตรฐาน Circuit Breaker

ว.ส.ท. แนะนำให้ใช้งานตามมาตรฐาน IEC แบ่งเป็น

1. IEC 898 หรือ IEC 60898

- สำหรับบ้านอยู่อาศัย และ อาคารทั่วไป เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรย่อย (Branch Circuit)

2. IEC 947-2 หรือ IEC 60947-2

- สำหรับงานอุตสาหกรรม ใช้งานในเชิงพาณิชย์ เป็นอุปกรณ์ป้องกันสายป้อนและสายเมน

	IEC 60898	IEC 60947-2
User	Residential	Factory
Rate voltage	$\leq 440 \text{ Vac}$	$\leq 1,000 \text{ Vac}$
Rate current	Min = 6 A	By the manufacturer
	Max = 125 A	
Ultimate short circuit breaking capacity <i>Icu</i>	$I_{cu} = I_{cn}$ (1.5 kA – 25 kA)	By the manufacturer
Service short circuit breaking capacity <i>Ics</i>	0.5 – 1.0 I_{cu}	0.25 – 1.0 I_{cu}
Thermal Trip	1.13 I_n – 1.45 I_n	1.05 I_n – 1.30 I_n
Magnetic Trip	B: Trip > 3 - 5 I_n	By the manufacturer
	C: Trip > 5 - 10 I_n	
	D: Trip > 10 - 20 I_n	

Table 7 – Time-current operating characteristics

Test	Type	Test current a.c.	Test current d.c.	Initial condition	Limits of tripping or non-tripping time	Result to be obtained	Remarks
a	B, C	$1,13 I_n$		Cold*	$t \geq 1 \text{ h } (I_n \leq 63 \text{ A})$ $t \geq 2 \text{ h } (I_n > 63 \text{ A})$	<u>No tripping</u>	
b	B, C	$1,45 I_n$		Immediately following test a	$t < 1 \text{ h } (I_n \leq 63 \text{ A})$ $t < 2 \text{ h } (I_n > 63 \text{ A})$	<u>Tripping</u>	Current steadily increased within 5 s
c	B, C	$2,55 I_n$		Cold*	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s } (I_n \leq 32 \text{ A})$ $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s } (I_n > 32 \text{ A})$	Tripping	
d	B C	$3 I_n$ $5 I_n$	$4 I_n$ $7 I_n$	Cold*	$0,1 < t < 45 \text{ s } (I_n \leq 32 \text{ A})$ $0,1 < t < 90 \text{ s } (I_n > 32 \text{ A})$ $0,1 < t < 15 \text{ s } (I_n \leq 32 \text{ A})$ $0,1 < t < 30 \text{ s } (I_n > 32 \text{ A})$	Tripping	Current established by closing an auxiliary switch
e	B C	$5 I_n$ $10 I_n$	$7 I_n$ $15 I_n$	Cold*	$t < 0,1 \text{ s}$	Tripping	Current established by closing an auxiliary switch

* The term "cold" means without previous loading, at the reference calibration temperature.

b) Opening under overload conditions

1) Instantaneous or definite time-delay operation

The release shall cause tripping of the circuit-breaker with an accuracy of $\pm 10\%$ of the tripping current value of the current setting for all values of current setting of the overload release.

2) Inverse time-delay operation

Conventional values for inverse time-delay operation are given in table 6.

At the reference temperature (see 4.7.3) and at 1,05 times the current setting (see 2.4.37 of Part 1), i.e. with the conventional non-tripping current (see 2.5.30 of Part 1), the opening release being energized on all phase poles, tripping shall not occur in less than the conventional time (see 2.5.30 of Part 1) from the cold state, i.e. with the circuit-breaker at the reference temperature.

Moreover, when at the end of the conventional time the value of current is immediately raised to 1,30 times the current setting, i.e. with the conventional tripping current (see 2.5.31 of Part 1), tripping shall then occur in less than the conventional time later.

NOTE The reference temperature is the ambient air temperature on which the time-current characteristic of the circuit-breaker is based.

Table 6 Characteristics of the opening operation of inverse time-delay over-current opening releases at the reference temperature

All poles loaded		Conventional time
Conventional non-tripping current	Conventional tripping current	h
1,05 times current setting	1,30 times current setting	2*
* 1 hour when $I_n \leq 63$ A		

Choice of rated current in terms of ambient temperature

The rated current of a circuit-breaker is defined for operation at a given ambient temperature, in general:

- 30 °C for domestic-type CBs
- 40 °C for industrial-type CBs

Performance of these CBs in a different ambient temperature depends mainly on the technology of their tripping units (see Fig. H40).

Uncompensated thermal magnetic tripping units

Circuit-breakers with uncompensated thermal tripping elements have a tripping-current level that depends on the surrounding temperature. If the CB is installed in an enclosure, or in a hot location (boiler room, etc.), the current required to trip the CB on overload will be sensibly reduced. When the temperature in which the CB is located exceeds its reference temperature, it will therefore be "derated". For this reason, CB manufacturers provide tables which indicate factors to apply at temperatures different to the CB reference temperature. It may be noted from typical examples of such tables (see Fig. H41) that a lower temperature than the reference value produces an up-rating of the CB. Moreover, small modular-type CBs mounted in juxtaposition, as shown typically in Figure H27, are usually mounted in a small closed metal case. In this situation, mutual heating, when passing normal load currents, generally requires them to be derated by a factor of 0.8.

กรณี CB ถูกใช้งานที่อุณหภูมิแวดล้อมมากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนด ก็จะต้องใช้ตัวคูณลดหรือคูณเพิ่มเพื่อปรับค่าพิกัดของ CB ให้ถูกต้องตามตารางตัวอย่าง

กรณี CB ติดตั้งในแผงไฟ ตู้ Load Center ที่ปิดมิดชิดซึ่งจะเกิดความร้อนในตัวเองเมื่อใช้งานปกติ แนะนำให้ใช้ตัวคูณลดที่ 0.8

iC60a, iC60H: curve C. iC60H: curves B and C (reference temperature: 30 °C)

Rating (A)	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
1	1.05	1.02	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85
2	2.08	2.04	2.00	1.96	1.92	1.88	1.84	1.80	1.74
3	3.18	3.09	3.00	2.91	2.82	2.70	2.61	2.49	2.37
4	4.24	4.12	4.00	3.88	3.76	3.64	3.52	3.36	3.24
6	6.24	6.12	6.00	5.88	5.76	5.64	5.52	5.40	5.30
10	10.6	10.3	10.0	9.70	9.30	9.00	8.60	8.20	7.80
16	16.8	16.5	16.0	15.5	15.2	14.7	14.2	13.8	13.5
20	21.0	20.6	20.0	19.4	19.0	18.4	17.8	17.4	16.8
25	26.2	25.7	25.0	24.2	23.7	23.0	22.2	21.5	20.7
32	33.5	32.9	32.0	31.4	30.4	29.8	28.4	28.2	27.5
40	42.0	41.2	40.0	38.8	38.0	36.8	35.6	34.4	33.2
50	52.5	51.5	50.0	48.5	47.4	45.5	44.0	42.5	40.5
63	66.2	64.9	63.0	61.1	58.0	56.7	54.2	51.7	49.2

Compact NSX100-250 equipment with TM-D or TM-G trip units

Rating (A)	Temperature (°C)												
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
16	18.4	18.7	18	18	17	16.6	16	15.6	15.2	14.8	14.5	14	13.8
25	28.8	28	27.5	25	26.3	25.6	25	24.5	24	23.5	23	22	21
32	36.8	36	35.2	34.4	33.6	32.8	32	31.3	30.5	30	29.5	29	28.5
40	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34
50	57.5	56	55	54	52.5	51	50	49	48	47	46	45	44
63	72	71	69	68	66	65	63	61.5	60	58	57	55	54
80	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68
100	115	113	110	108	105	103	100	97.5	95	92.5	90	87.5	85
125	144	141	138	134	131	128	125	122	119	116	113	109	106
160	184	180	176	172	168	164	160	156	152	148	144	140	136
200	230	225	220	215	210	205	200	195	190	185	180	175	170
250	288	281	277	269	263	256	250	244	238	231	225	219	213

Cr. Electrical installation guide 2016
According to IEC international standards
Schneider Electric S.A

Circuit Breaker คือ

อุปกรณ์ปลดวงจรระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดอันเนื่องมาจาก

1. Short-circuit
2. Overload

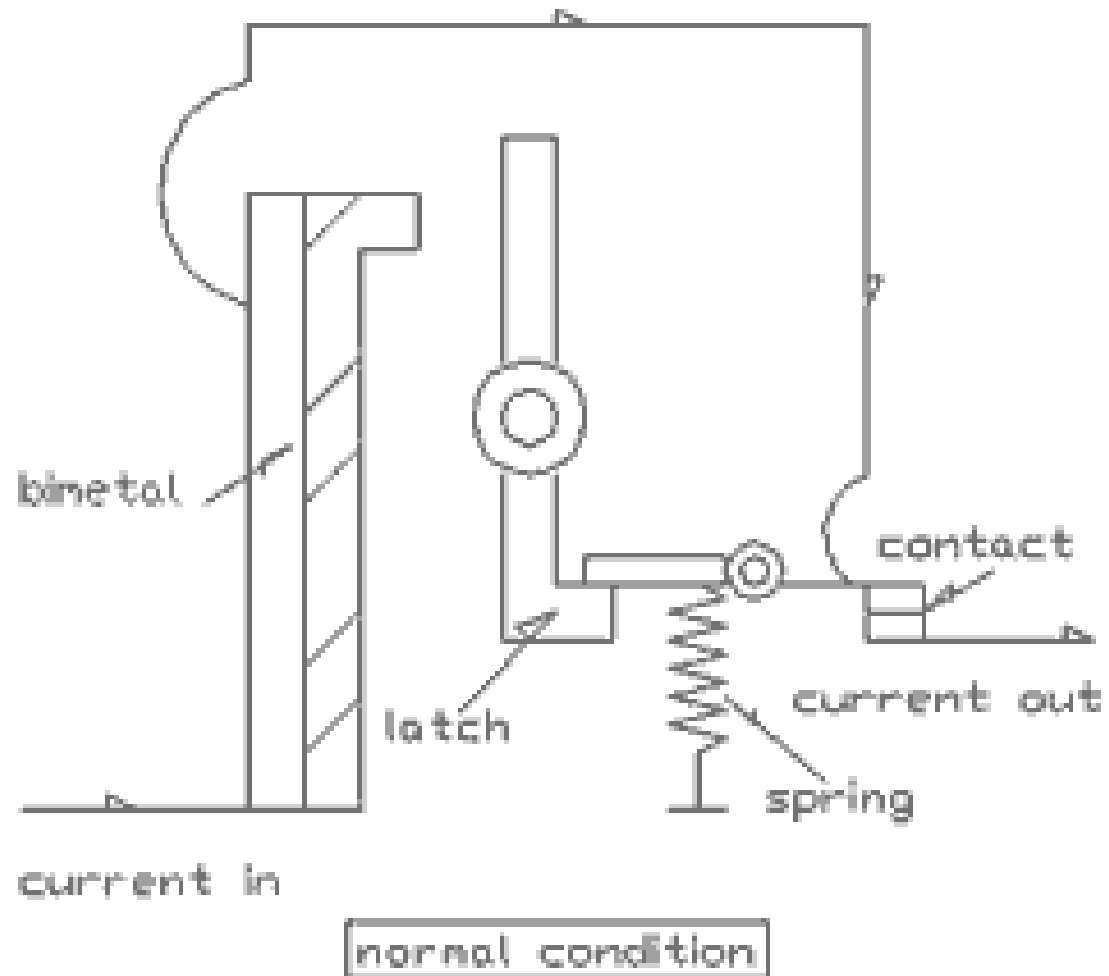
ประเภทการทำงานของ Circuit Breaker

1. Thermal Trip
2. Magnetic Trip
3. Thermal - Magnetic Trip
4. Solid State Trip

Thermal Trip

- ▶ แผ่นโลหะไบเมทัล 2 แผ่น ทำจากโลหะต่างชนิดกัน เกิดการโก่งตัวเมื่อเกิดความร้อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
- ▶ เหมาะกับการใช้ป้องกัน สภาวะโหลดเกิน
- ▶ ความไวในการทริป ขึ้นกับ ปริมาณกระแสและระยะเวลาที่กระแสไหลผ่าน

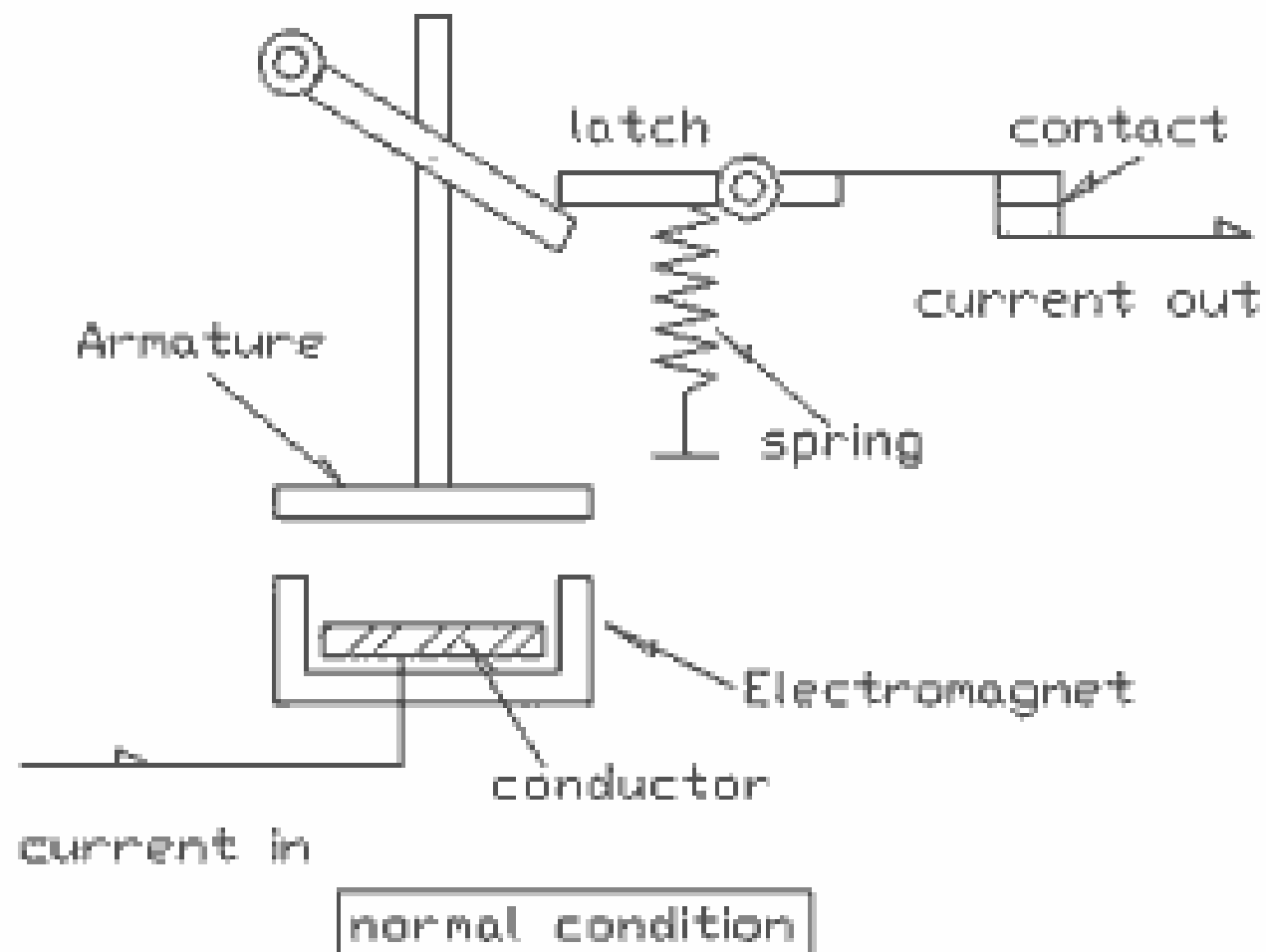
Thermal Trip



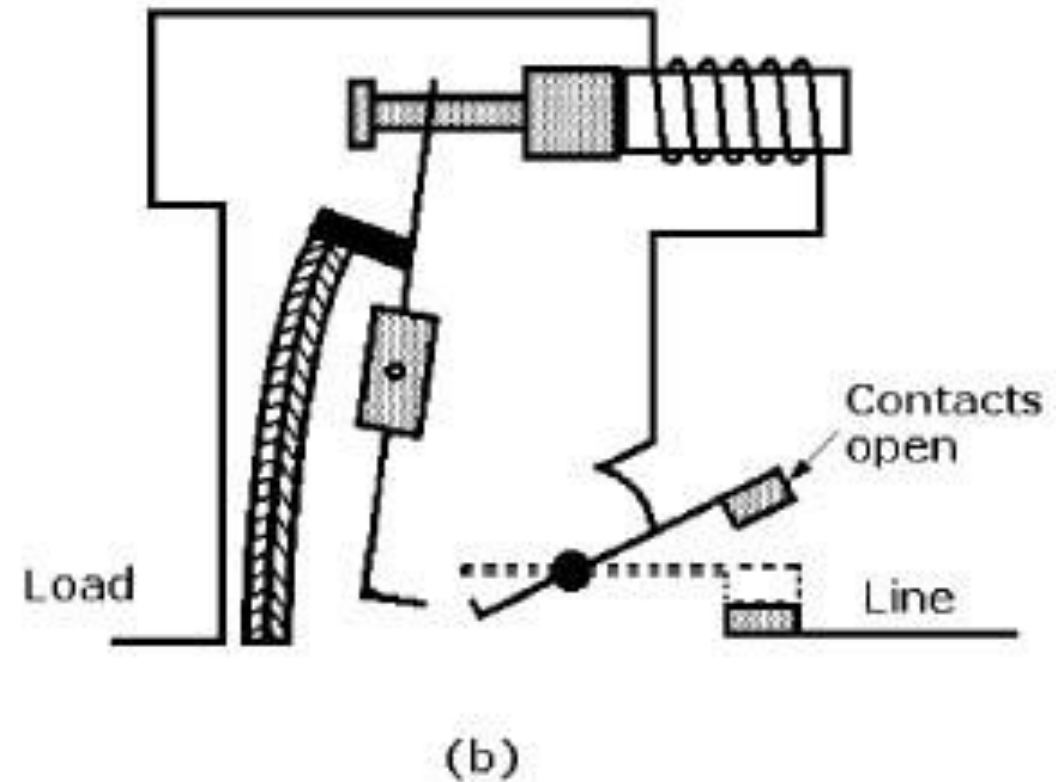
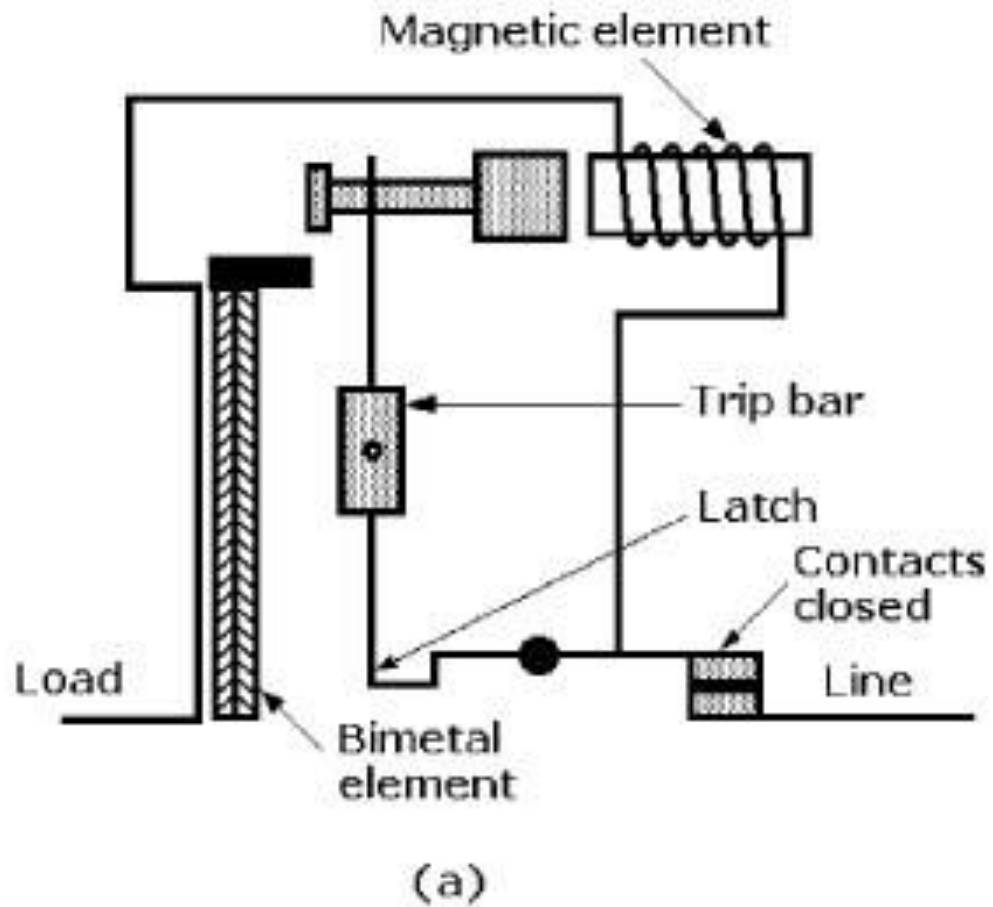
Magnetic Trip

- ▶ การทริปโดยอำนาจสนามแม่เหล็ก
- ▶ ทริปทันทีที่กระแสไหลถึงจุดที่ปรับตั้งไว้

Magnetic Trip



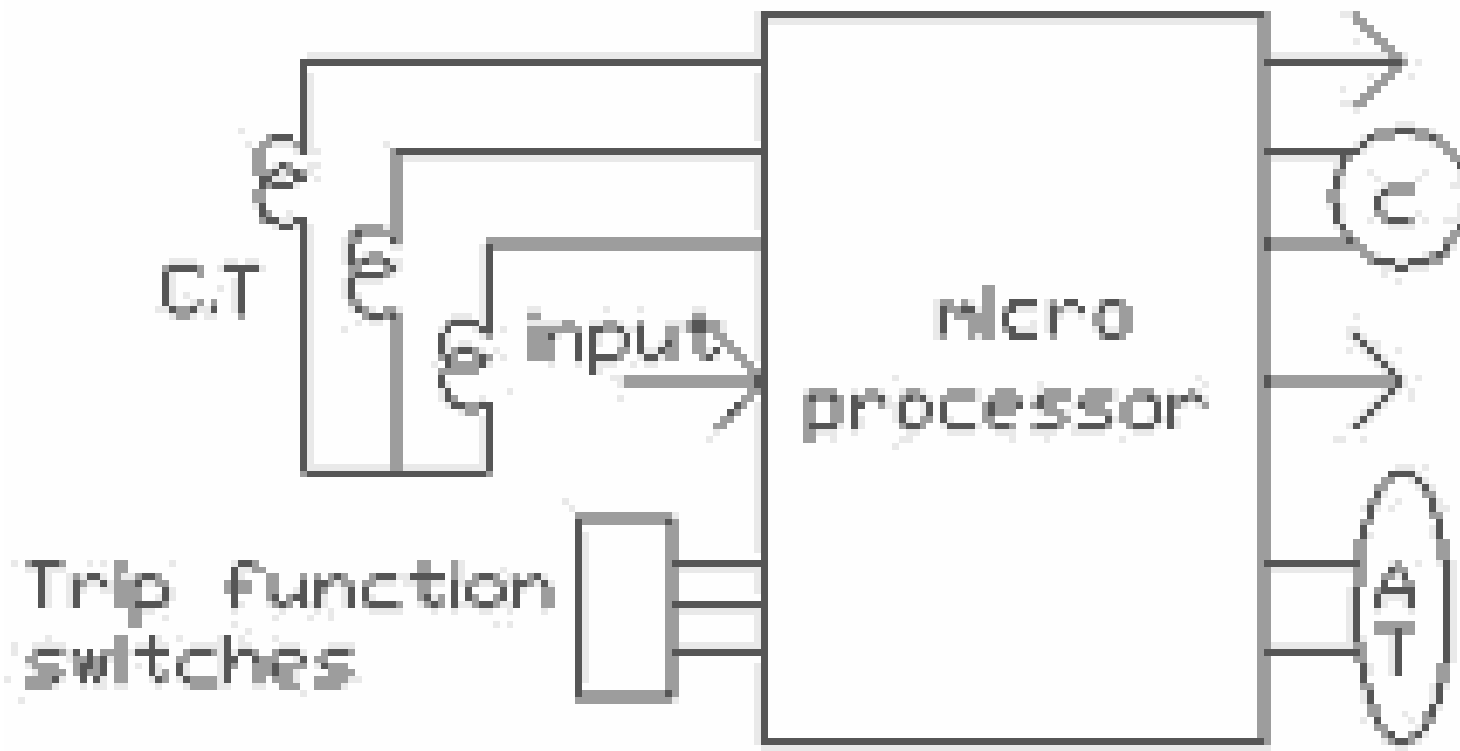
Thermal - Magnetic Trip



Solid State Trip

- ▶ นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ▶ มีเฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่
- ▶ สามารถปรับตั้งค่ากระแสทริป ให้ทำงานในย่านต่างๆได้

Solid State Trip



อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน (ระบบแรงต่ำ) Circuit Breaker

CB ตาม IEC 60947-2

- Air Circuit Breaker (ACB)
- Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

CB ตาม IEC 60898

- Miniature Circuit Breaker (MCB)

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947)

- ▶ **Moulded case circuit breaker:** a Circuit-Breaker having a supporting housing of moulding insulating material forming an integral part of the Circuit-Breaker (IEC 60947-2 def. 2.5)
- ▶ **Air circuit breaker:** a circuit-breaker in which the contacts open and close in air at atmospheric pressure (IEC 60947-2 def. 2.7) *[a Circuit-Breaker having a supporting housing of moulding insulating material and a metallic frame forming an integral part of the Circuit-Breaker]*

Air Circuit Breaker (ACB)

- ▶ นิยมใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกัน สายเมน
- ▶ มีขนาดถึง 6300 A
- ▶ ราคาสูง
- ▶ มีทั้งชนิด Fixed Type และ With Draw able (Draw Out Type)
- ▶ พิกัดกระแส (IEC 60947-2) 630, 1,000, 1,250, 1,600, 2,000, 2,500, 3,200, 4,000, 5,000 และ 6,300 AF
- ▶ พิกัดกระแสลัดวงจร 65, 85, 100 และ 130 kA (ที่ 500 VAC)

ACB สามารถแบ่งชนิดตามการติดตั้งได้ 2 ชนิด คือ

1) แบบติดตั้งยึดติดกับที่ (Fixed Type)

ติดตั้งให้ติดกับ Main Circuit โดยยึดติดด้วยสกรูอย่างแข็งแรง เวลาถอดออกเพื่อซ่อมบำรุง จะต้องดับไฟและใช้เวลามาก



ACB สามารถแบ่งชนิดตามการติดตั้งได้ 2 ชนิด คือ

2) แบบดึงออกได้ With Drawable (Draw Out Type)

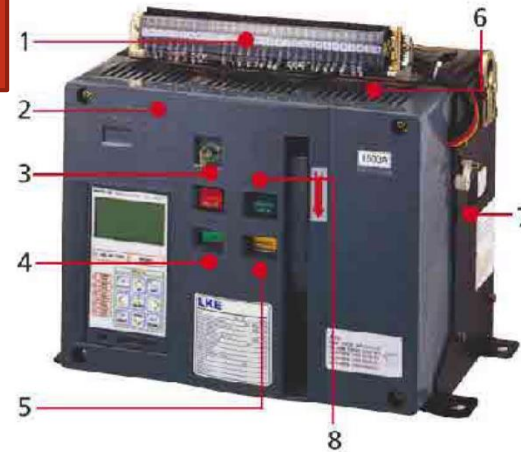
ติดตั้งบนโครงล้อเลื่อนที่สามารถเลื่อนไปตามรางที่เตรียมไว้ ส่วนสัมผัสของ ACB กับ Main Circuit จะต้องเป็นแบบพิเศษเพื่อให้การสัมผัสที่แน่นหนา ซึ่งจะทำให้กระแสสามารถไหลผ่านได้สะดวก การซ่อมบำรุง ACB แบบนี้ ทำได้สะดวกรวดเร็วและสามารถลดเวลาการดับไฟฟ้าได้



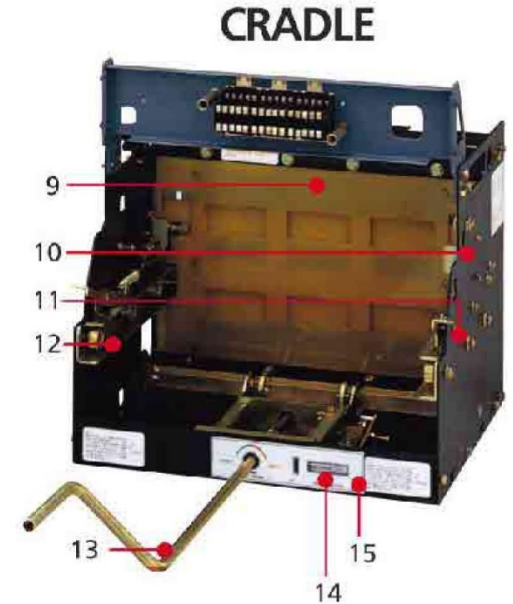
Air Circuit Breaker (ACB)



4P



1. Control terminal block
2. Front cover
3. Trip button
4. On/Off indicator
5. Charging indicator
6. Arc extinguishing chamber
7. Main frame
8. Close button



9. Safety shutter
10. Shutter release lever
11. Drawout lever
12. Drawout rail
13. Drawout handle
14. Drawout locking
15. Drawout position indicator

DRAWOUT TYPE



16. Auto connector
17. Trip locking
18. Digital control unit
19. Lifting hook hole
20. Automatic trip
21. Charging handle
22. Auxiliary rail

Air Circuit Breaker (ACB)



Molded Case Circuit Breaker (MCCB)



Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

► แบ่งการทำงานออกเป็น 2 แบบ

1. Thermal Trip

2. Solid State Trip

มีทั้งแบบ 1P / 2P / 3P

Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

- ▶ นิยมใช้มากที่สุด **
- ▶ ป้องกันสายเมน สายป้อน และวงจรย่อย
- ▶ มีหลายขนาดให้เลือกใช้งาน
- ▶ พิกัดกระแสลัดวงจรสูงพอสมควร
- ▶ ราคาไม่แพงมากนัก
- ▶ พิกัดกระแส (IEC 60947-2) 100-630 AF ในตลาดบางยี่ห้อจะมีถึง 1,600 AF หรือ 2,500 AF
- ▶ พิกัดกระแสลัดวงจร 18, 25, 30, 36, 50, 70 และ 85 kA

Molded Case Circuit Breaker (MCCB)



Miniature Circuit Breaker (MCB)



Miniature Circuit Breaker (MCB)

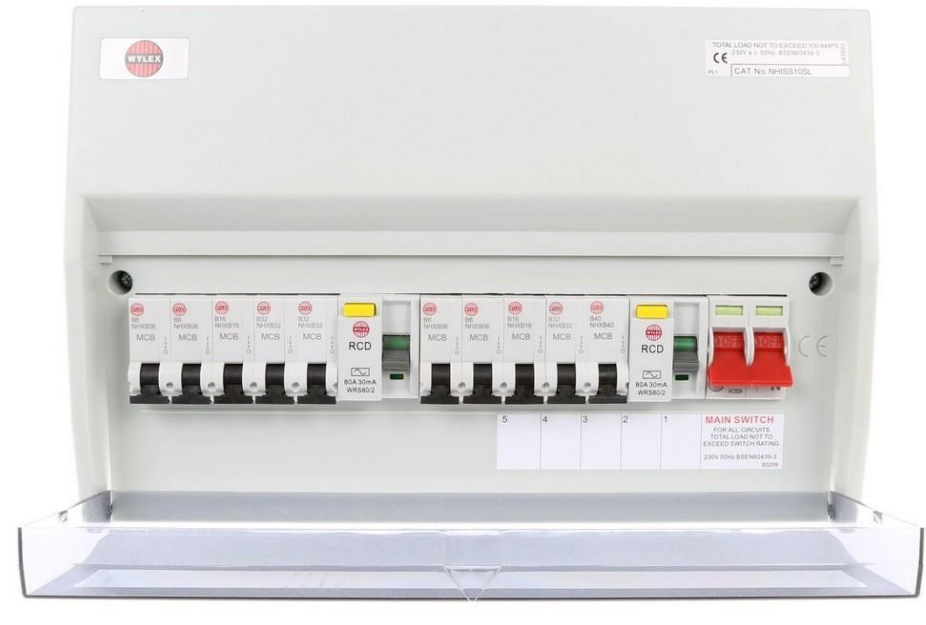
- ▶ นิยมใช้ป้องกันสายวงจรย่อย
- ▶ ราคาถูก
- ▶ ติดตั้งในแผงควบคุมวงจรย่อย
- ▶ พิกัดกระแสใช้งาน (I_n) 6 - 125 A
- ▶ พิกัดกระแสลัดวงจร (I_{cn}) 3 - 25 kA (นิยมใช้ 5 kA และ 10 kA)

Miniature Circuit Breaker (MCB)

- IEC 60898
- IEC 60947-2



Load Center



Consumer Unit

อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

- IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

ค่าพิกัดของ Circuit Breaker

- ▶ Rated operational voltage (U_e)
- ▶ Rated current (I_n) or Ampere Trip (AT)
- ▶ Frame-size rating (I_u) or Ampere Frame (AF)
- ▶ Overload relay trip-current setting (I_{rth} or I_r)
- ▶ Short-circuit relay trip-current setting (I_m)
- ▶ Rated short-circuit breaking capacity (I_{cu} or I_{cn})
- ▶ Service Short Circuit breaking capacity (I_{cs})
- ▶ Rated short-time withstand current of a circuit-breaker (I_{cw})

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Rated operational voltage (U_e):

a rated operational voltage of an equipment is a value of voltage which, combined with a rated operational current, determines the application of the equipment and to which the relevant tests and the utilization categories are referred

(IEC 60947-1 def. 4.3.1.1)

$$U_e \leq 1000 \text{ Vac} / 1500 \text{ Vdc}$$

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Rated operational voltage (U_e)

เป็นค่าแรงดันพิกัดของ CB ที่ออกแบบไว้ให้ใช้งานได้ในสภาวะปกติ โดยไม่มีการรบกวนใดๆ เช่น ฮาร์โมนิก เป็นต้น โดยทั่วไป แรงดันพิกัดจะเป็น 415 V หรือ 240 V หรือ ตามที่ผู้ผลิตกำหนด ทั้งนี้เป็นไปตามมาตรฐาน

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Rated Current (I_n) or Ampere Trip (AT)

- ▶ พิกัดกระแส handle rating หรือ Rated Current (I_n) ซึ่งบอกให้รู้ว่าสามารถทนกระแสใช้งานใน **ภาวะปกติ** ได้สูงสุดเท่าใด
- ▶ มักแสดงค่าไว้ที่ name plate หรือด้ามโยกของเบรกเกอร์
- ▶ Overload relay trip-current setting (I_{rth} or I_r)
กระแสสูงสุดที่ปรับตั้งให้ Thermal-Trip โดยทั่วไปจะปรับตั้งที่ $0.7-1.0 I_n$
- ▶ Short-circuit relay trip-current setting (I_m)
ค่ากระแสลัดวงจรที่ทำให้ Magnetic Trip ของ CB ทำงาน ขึ้นอยู่กับประเภทของ CB (B,C,D ตาม IEC 60898)

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Frame Size Rating or Ampere Frame (AF)

- ▶ พิกัดการทนกระแส(ใช้งาน)สูงสุด (I_n) ของเบรกเกอร์ในรุ่นนั้นๆ
- ▶ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาด AF เดียวกัน จะมีขนาดมิติ (กว้าง x ยาว x สูง) เท่ากัน
- ▶ สามารถเปลี่ยนพิกัด Ampere Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

- ▶ Rated short-circuit breaking capacity (I_{cu} or I_{cn})

พิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของเบรกเกอร์นั้นๆ ปกติกำหนดค่าการทนกระแสเป็น kA.

- ▶ Rated short-time withstand current (I_{cw})

ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดสำหรับเบรกเกอร์ชนิด B (Category B) ที่สามารถทนได้ทั้งผลจากอุณหภูมิ, ความเค้น และ ความเครียดจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น โดยตัวมันเองไม่เสียหายในช่วงเวลาหนึ่ง ตามที่โรงงานผู้ผลิตระบุ ทั้งนี้ จะสามารถปรับตั้งค่าหน่วงเวลาได้

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Ultimate Short Circuit breaking capacity (I_{cu}):

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence do not include the capability of the C.B. to carry its rated current continuously
(IEC 60947-2 def. 4.3.5.2.1)

Test sequence:

- O - 3 min - CO
- dielectric withstand at $2 \cdot U_e$
- verification of overload release at $2.5 \cdot I_r$

Where:

O: Tripping of the circuit breaker under short circuit condition.

CO: Closing by the contactor under short circuit condition and tripping of the CB.

IEC Standard Definitions for CBs

(IEC 60947) - Ratings

Rated short-time withstand current of a circuit-breaker (I_{cw}):

is the value of short-time withstand current assigned to that CB by the manufacturer under specified test conditions. (IEC 60947-2 def. 4.3.5.5.4)

It must be stated when the CB is classified in **category B** and its value must be greater than (IEC 60947-2 table 3) :

$I_u \leq 2500A \Rightarrow$ the greater value between $12 I_u$ and 5 kA

$I_u > 2500A \Rightarrow 30 \text{ kA}$

Category B

Circuit-breakers specifically for selectivity in short circuit conditions in relation to other protection devices in load-side series, i.e. with an intentional delay (adjustable) applicable in short circuit conditions. These circuit-breakers do have a specified rated short-time current.

(IEC 60947-2 table 4)

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

- Rated service short-circuit breaking capacity (I_{cs})
เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าเมื่อเบรกเกอร์ปลดวงจรหลังจากเกิดการลัดวงจรครั้งแรกแล้ว เบรกเกอร์ตัวนั้นจะสามารถทนกระแสลัดวงจร ในครั้งถัดไปได้เท่าเดิมหรือไม่โดยเทียบกับค่า I_{cu} โดยระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่า I_{cu} เช่น 25,50,75 และ 100%

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Service Short Circuit breaking capacity (I_{cs}):

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence include the capability of the C.B. to carry its rated current continuously. (IEC 60947-2 def. 4.3.5.2.2)

The I_{cs} is expressed as a % (25%, 50%, 75%, 100%) of the I_{cu}

Test sequence:

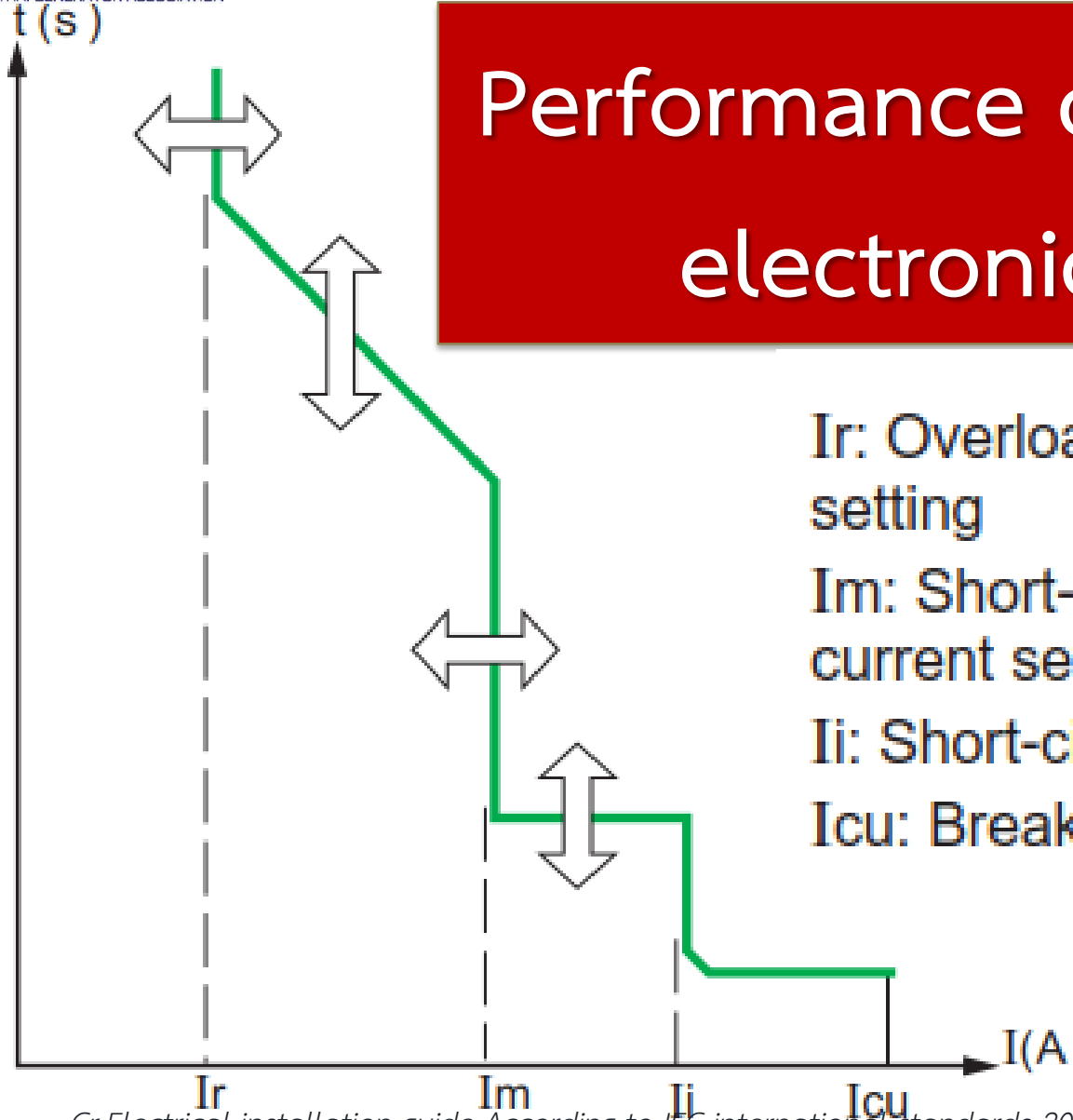
- O - 3 min - CO - 3 min - CO
- dielectric withstand at $2 * U_e$
- verification of temperature rise at I_{th}
- verification of overload release at $1.45 * I_r$
- operational performance capability

Where:

O: Tripping of the circuit breaker under short circuit condition.

CO: Closing by the contactor under short circuit condition and tripping of the CB.

Performance curve of a circuit-breaker electronic protective scheme



- I_r : Overload (thermal or long-delay) relay trip-current setting
- I_m : Short-circuit (magnetic or short-delay) relay trip-current setting
- I_i : Short-circuit instantaneous relay trip-current setting.
- I_{cu} : Breaking capacity

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Rated Short Circuit making capacity (I_{cm}):

making capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence include the capability of the C.B. to make the current corresponding to that rated capacity at the appropriate applied voltage (IEC 60947-2 def. 4.3.5.1)

IEC 60947-2 tab. 2

Table 2 – Ratio n between short-circuit making capacity and short-circuit breaking capacity and related power factor (for a.c. circuit-breakers)

Short-circuit breaking capacity I kA r.m.s.	Power factor	Minimum value required for n $n = \frac{\text{short-circuit making capacity}}{\text{short-circuit breaking capacity}}$
$4,5 \leq I \leq 6$	0,7	1,5
$6 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2,0
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

NOTE – For values of breaking capacity lower than 4,5 kA, for certain applications, see table 11 for the power factor.

$$n_{\min} = I_{cm} / I_{cu}$$

I_{cm} VS. I_p

Sometimes in installations with peak value (I_p) greater than the value stated by the IEC Standard (usually near to the transformer and/or generator), it is necessary to take into account the rated short-circuit making capacity of the circuit-breakers (I_{cm}) in order to verify that:

$$I_p \leq I_{cm}$$

e.g. the short-circuit current of the plant is $I_{cc} = 75\text{kA}$;
the used circuit breaker has an $I_{cu} = 75\text{ kA}$;
according to Table 2, $\cos\varphi_k = 0.2$ and $n = 2.2$ so $I_{cm} = n \times I_{cu} = 165\text{ kA}$

If the $\cos\varphi_k$ of the plant is equal to 0.16 (lower than the standard prescribed value) the evaluated $I_p = 175\text{ kA}$

Since $I_p > I_{cm}$ the CB selected is not correct. A CB with a greater value of I_{cu} ($I_{cu} \geq 175/2.2 = 80\text{ kA}$) shall be used in order to have an I_{cm} value suitable to the peak current of the plant

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Rated insulation voltage (U_i):

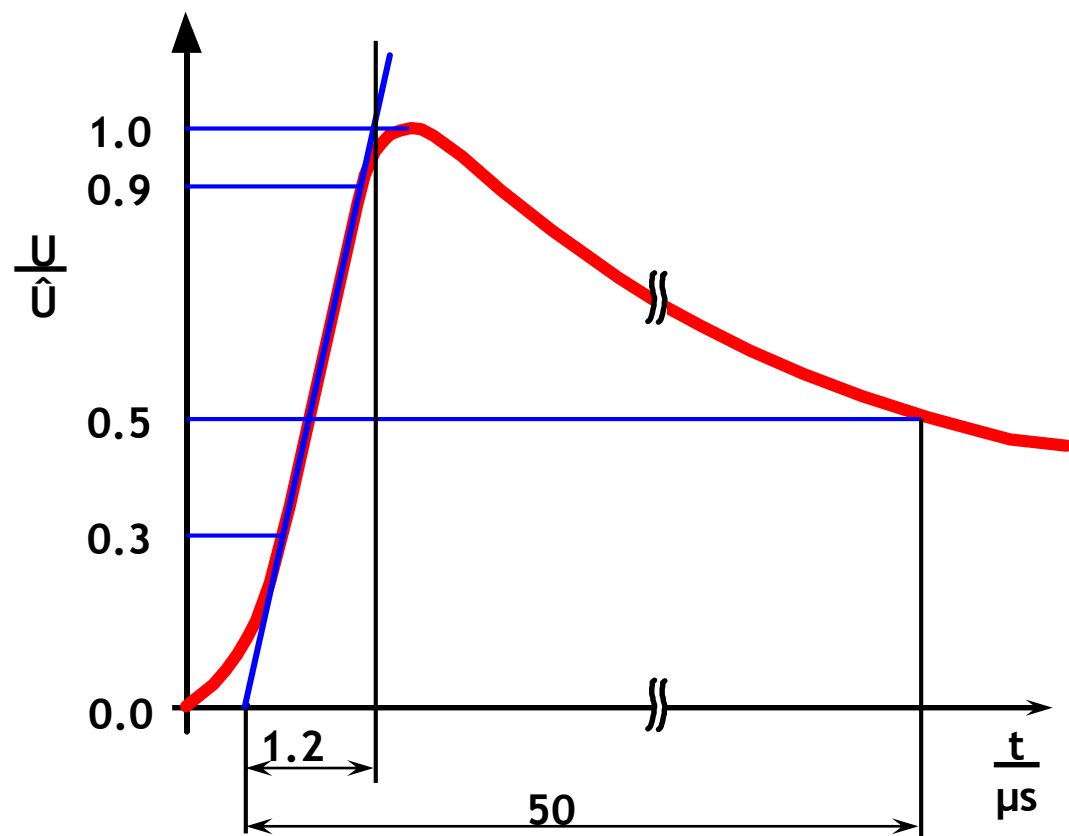
is the value voltage to which dielectric tests and creepage distances are referred. The highest value of U_e is considered for equipments not having a specified U_i . (IEC 60947-1 def. 4.3.1.2) $[U_e \leq U_i]$

Rated Impulse Withstand Voltage (U_{imp}):

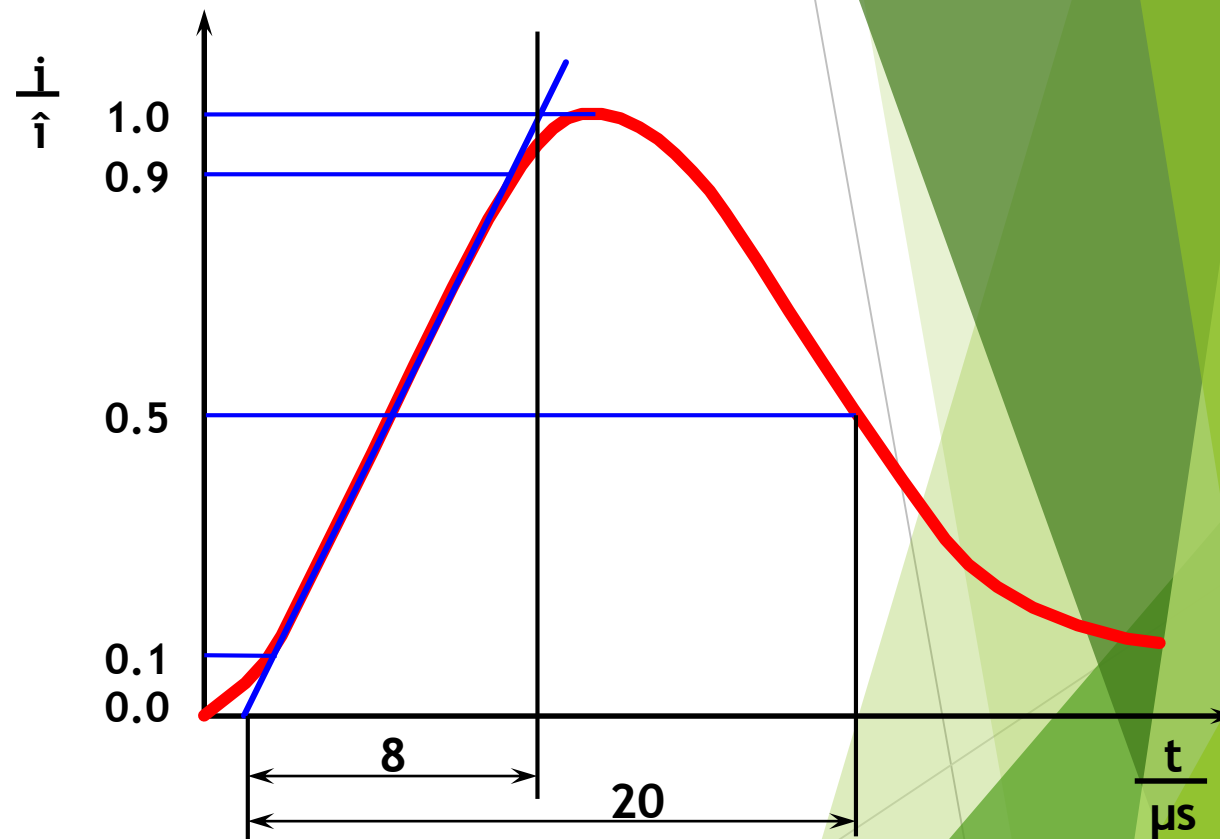
The peak value of an impulse voltage of prescribed form and polarity (1.2/50 μ s) which the equipment is capable of withstanding without failure under specified conditions of test and to which the values of the clearances distances are referred.

(IEC 60947-1 def. 4.3.1.3) $[U_{imp} \geq \text{Transient Plant Overvoltage}]$

Surge Characteristic Curve



Surge-voltage impulse 1.2/50 μs



Surge-current impulse 8/20 μs

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Table 44B – Required rated impulse withstand voltage of equipment

Nominal voltage of the installation ^a V		Required impulse withstand voltage for kV			
Three-phase systems ^b	Single-phase systems with middle point	Equipment at the origin of the installation (impulse withstand category IV)	Equipment of distribution and final circuits (impulse withstand category III)	Appliances (impulse withstand category II)	Specially protected equipment (impulse withstand category I)
–	120-240	4	2,5	1,5	0,8
230/400 ^b 277/480 ^b	–	6	4	2,5	1,5
400/690	–	8	6	4	2,5
1 000	–	Values subject to system engineers			
^a According to IEC 60038.					
^b In Canada and USA for voltages to earth higher than 300 V, the impulse withstand voltage corresponding to the next higher voltage in column one applies.					
Category I is addressed to particular equipment engineering. Category II is addressed to product committees for equipment for connection to the mains. Category III is addressed to product committees of installation material and some special product committees Category IV is addressed to supply authorities and system engineers (see also 443.2.2).					

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

Tmax T2L 160	In=160A Ue=690V Ui=800V Uimp=8kV								IEC 60947-2
Ue (V)	230	400/415	440	500	690	250	500	Made in Italy by ABB SACE CE	
Icu (kA)	150	85	75	50	10	85	85		
Ics (% Icu)	75	75	75	75	75	75	75		
Cat A	~ 50-60Hz					2 P --- 3 P in series			

IEC Standard Definitions for CBs (IEC 60947) - Ratings

SACE E3N 32							I _u =3200A U _e =690V I _{cw} =65kA x 1			
Cat B		50-60 Hz						CEI EN 60947		
U _e	(V)	230	415	440	500	690	250	IEC 947-2		
I _{cu}	(kA)	65	65	65	65	65	65			
I _{cs}	(kA)	65	65	65	65	65	65			

อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

- **IEC Standard Definitions for CBs
(IEC 60947) - CB Curve**

CB Curve

- IEC 60898 / IEC 60947-2 (Modular Type) Type B, C, D
Type B ตัดทันที ที่ $> 3-5 I_n$
Type C ตัดทันที ที่ $> 5 - 10 I_n$
Type D ตัดทันที ที่ $> 10 - 20 I_n$
- IEC 60947-2 – กำหนดโดยผู้ผลิตมี 2 กลุ่ม (Category) A,B
Category A เมื่อเกิดลัดวงจร magnetic trip จะทำงานทันทีโดยไม่มีหน่วงเวลา โดยทั่วไปจะพบใน MCCB (ไม่เหมาะที่จะนำมาทำ Coordination)
Category B จะมีการหน่วงเวลาเมื่อเกิดการลัดวงจรที่กระแสลัดวงจรยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ (I_{cw}) จะพบใน ACB และ MCCB ตัวใหญ่ๆ (เหมาะที่จะนำมาทำ Coordination)

รายละเอียดของเส้นโค้ง (curve) B, C, D

ประเภท	ช่วงที่กระแสไฟฟ้าเกินที่มีการตัดทันที	การนำไปใช้งาน
B	$> 3 \ln$ ถึง $5 \ln$	สำหรับวงจรไฟฟ้าที่ไม่มีกระแสไฟ กระชอก หรือ เสิร์จสวิตช์ซึ่ง
C	$> 5 \ln$ ถึง $10 \ln$	สำหรับวงจรไฟฟ้าที่อาจมีกระแสไฟ กระชอก เช่น ไฟแสงสว่าง มอเตอร์ ขนาดเล็ก เครื่องปรับอากาศ
D	$> 10 \ln$ ถึง $20 \ln$	สำหรับวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟกระชอก สูง เช่น เครื่องเชื่อม เป็นต้น

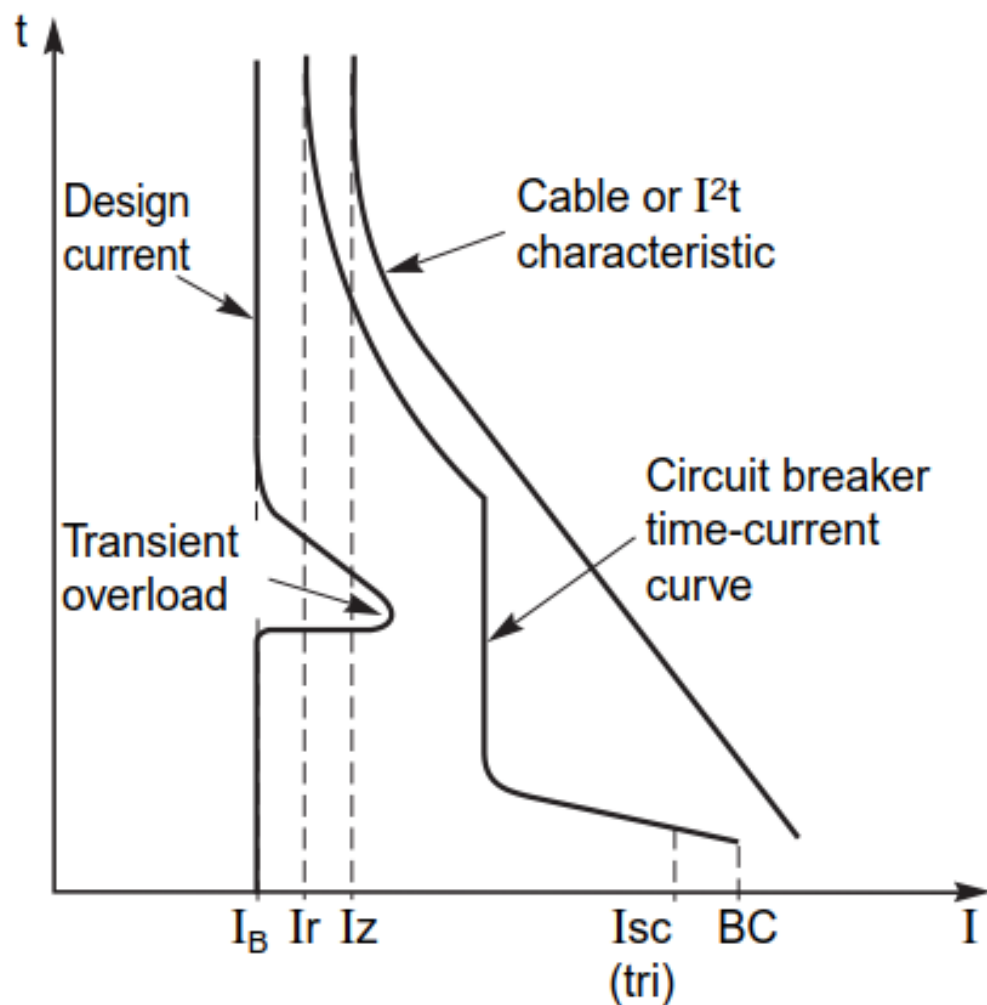


Fig. 3 : Circuit protection using a circuit breaker.

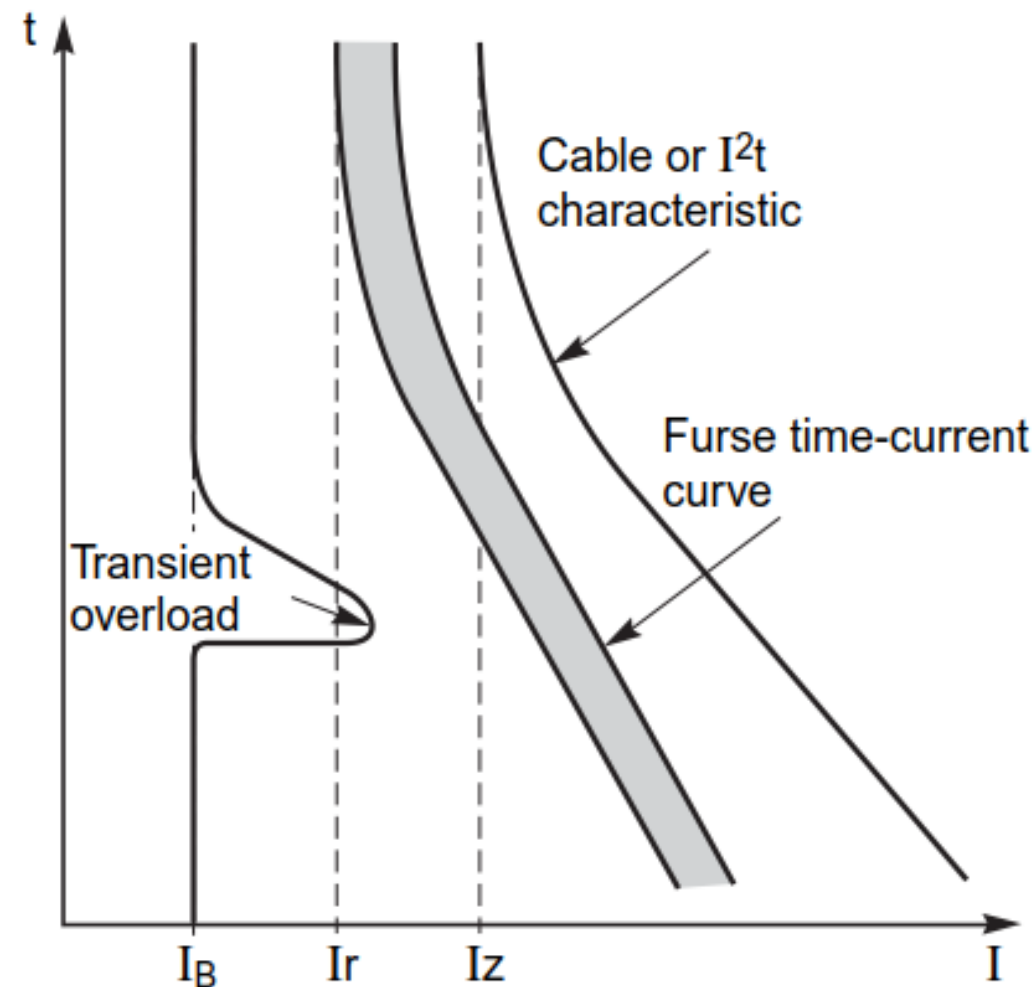
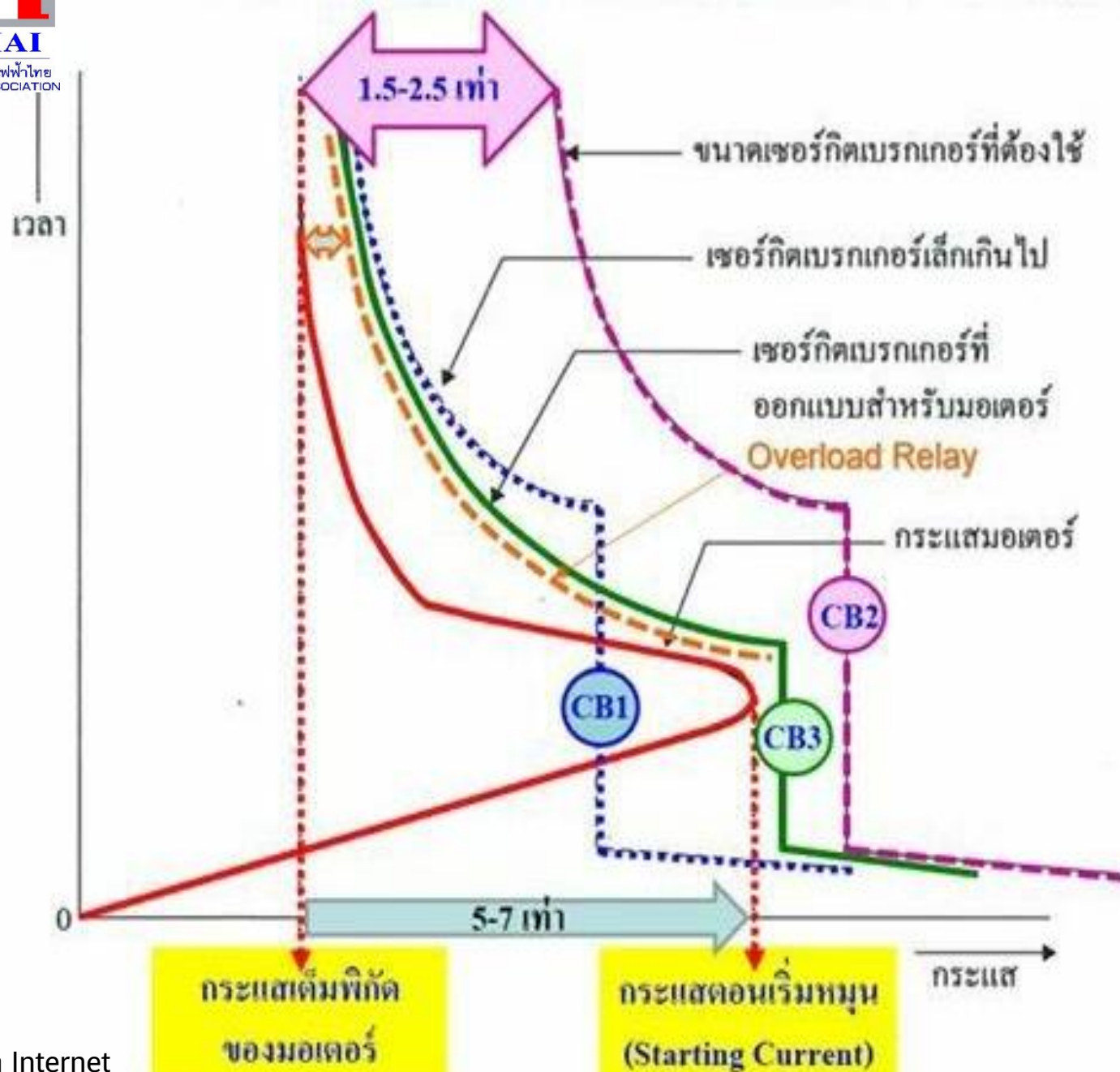


Fig. 4 : Circuit protection using an aM fuse.



CBI : คือ การเลือก CB ที่มีพิคัดคัตวงจรสูงกว่า
ค่ากระแส Full load ของมอเตอร์เพียงเล็กน้อย ผล
คือ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุน กระแสจะสูงถึง 5-7 เท่า
ดังนั้น มอเตอร์จึงอาจจะปลอดวงจรด้วย

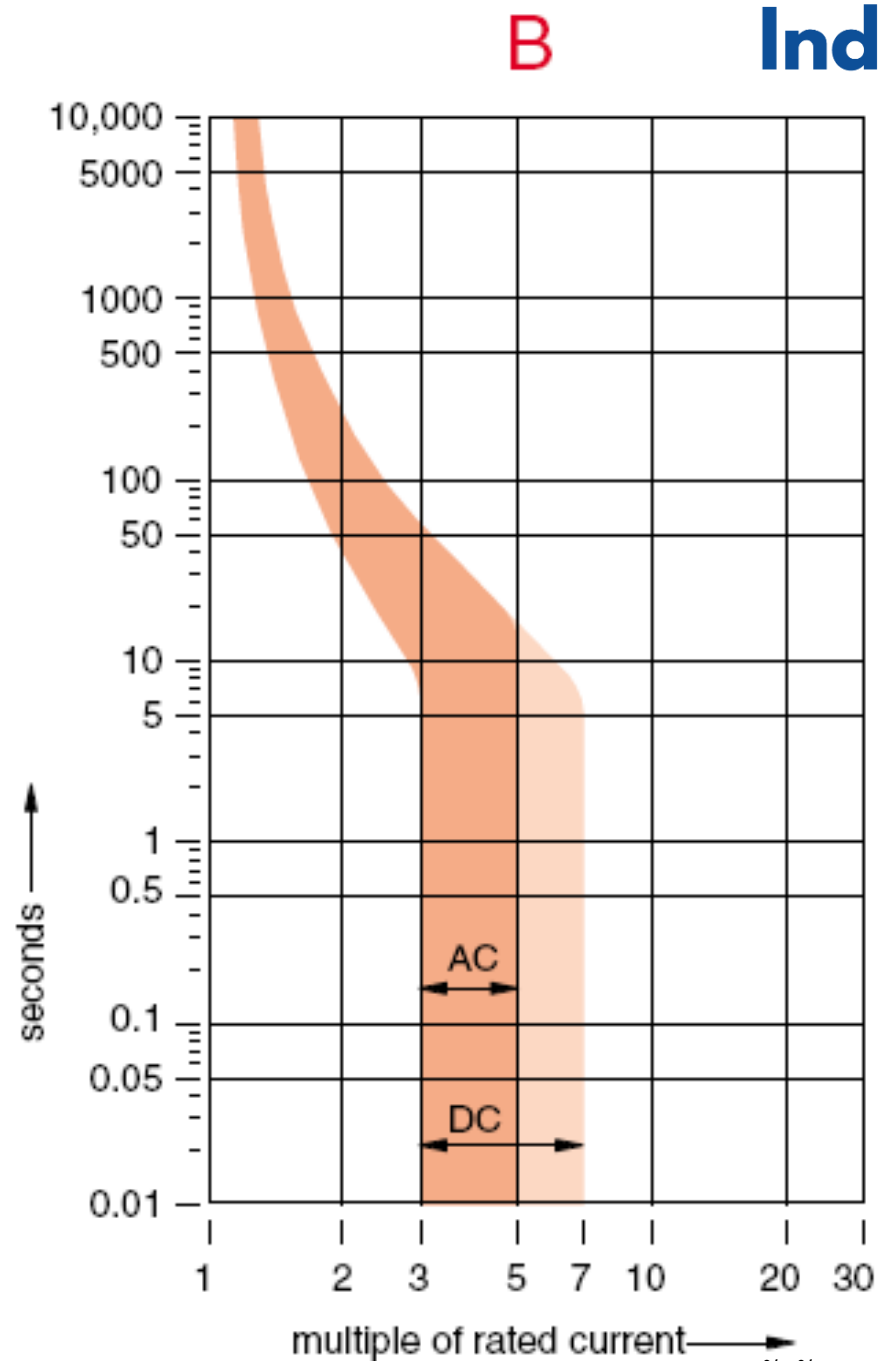
Magnetic trip function

CB2 : คือ การเลือก CB ที่มีพิคัดัดตรงสูงกว่า
ค่ากระแส Full load ของมอเตอร์ 1.5-2.5 เท่าเพื่อ
ป้องกันการปลดวงจรขณะมอเตอร์เริ่มหมุน

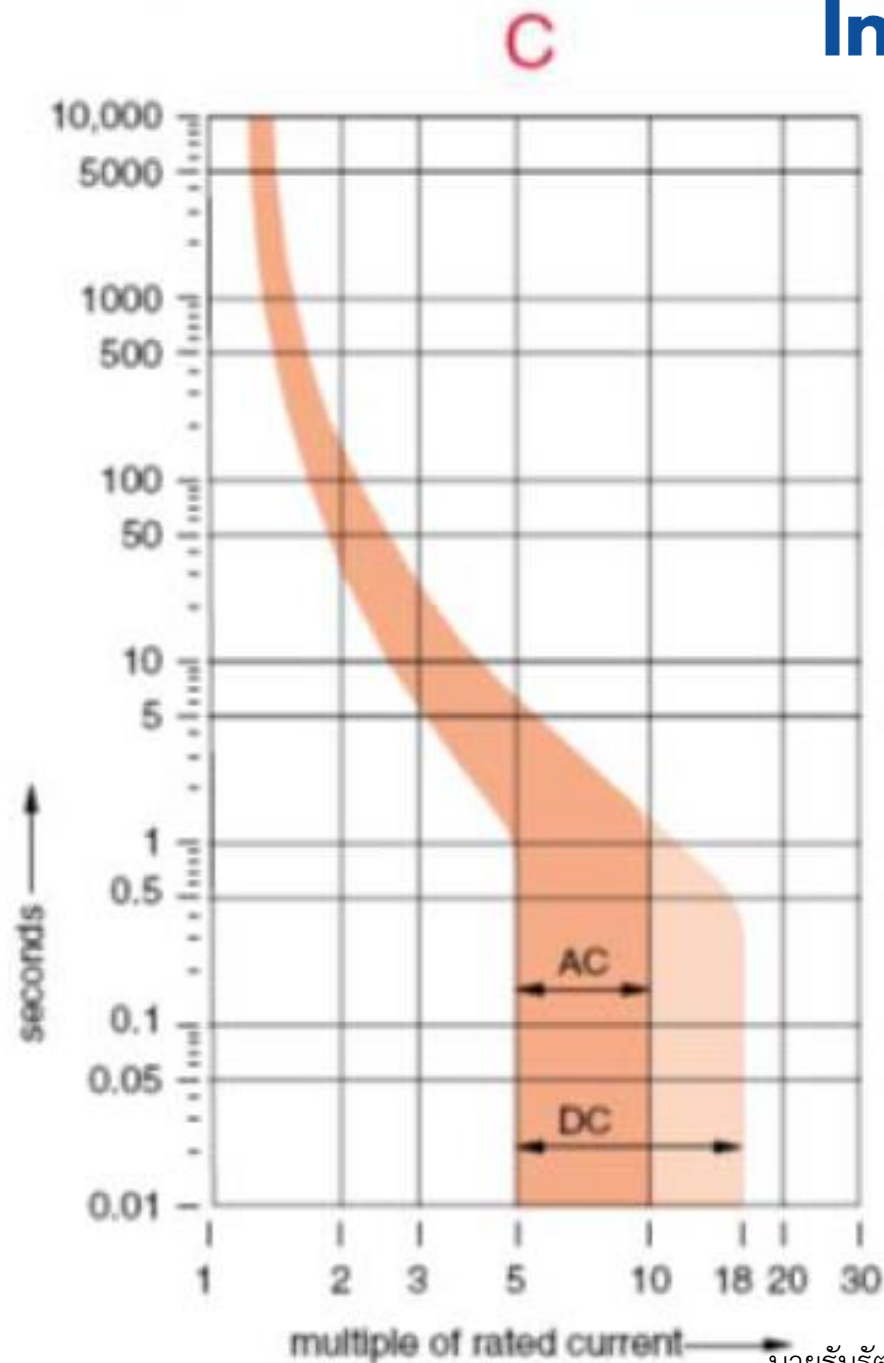
CB3 : คือ เบรกเกอร์ที่ออกแบบมาเพื่อวงจรมอเตอร์โดยเฉพาะ โดยจะคำนวณการปลดวงจรด้วย Magnetic trip function สูงกว่า CB2 เช่น Type-D (MCB) หรือใช้เบรกเกอร์ที่สามารถปรับตั้งค่า Magnetic trip function ได้ (MCCB)

OLR : เมื่อเลือกขนาดเบรกเกอร์ CB2 ให้สูงกว่าพิกัดมอเตอร์ (1.5-2.5 เท่า) จึงต้องมีการติดตั้ง Overload Relay เพื่อป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินพิกัด (ปกติจะตั้งประมาณ 1.25-1.4 เท่า)

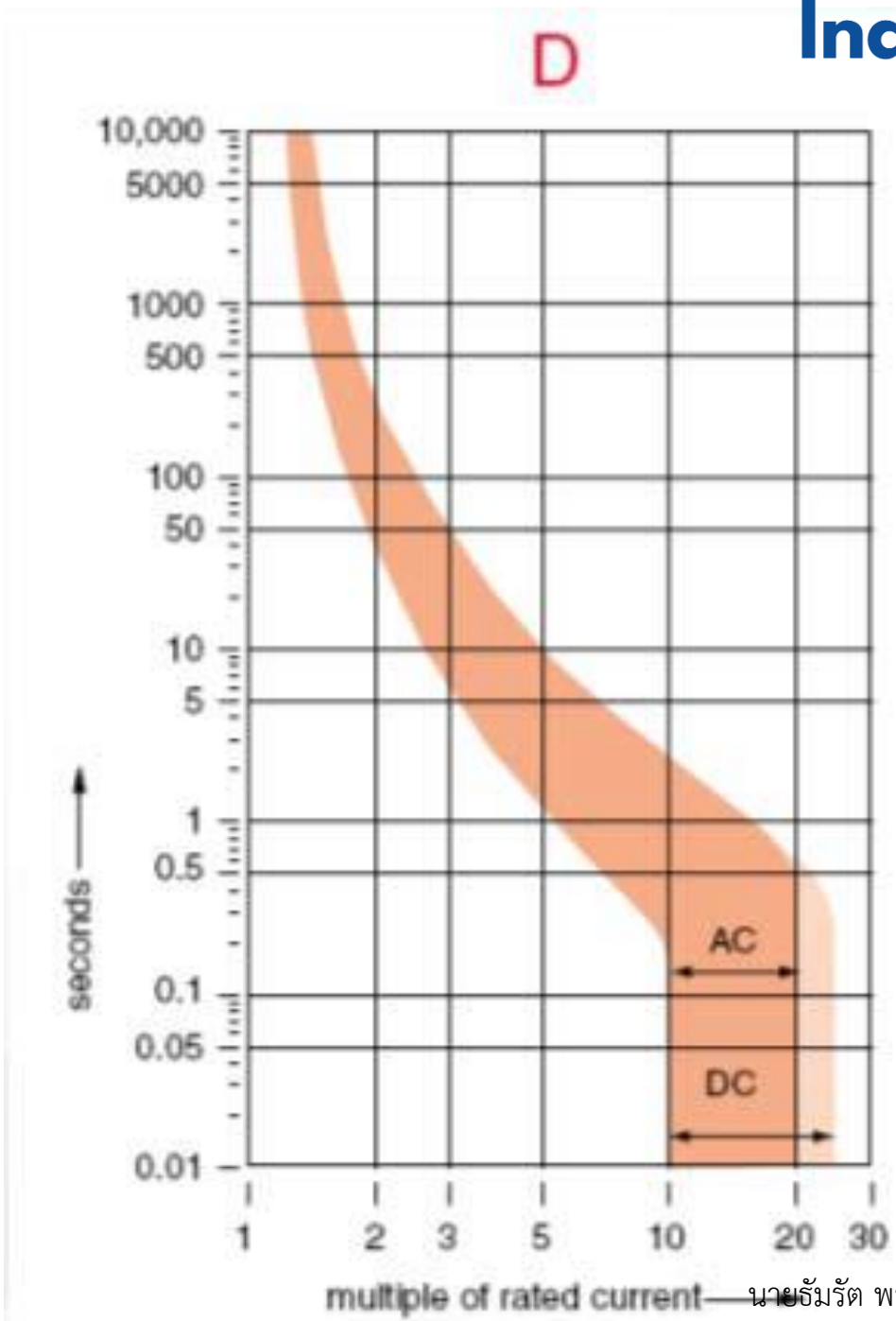
รายละเอียดของ curve B

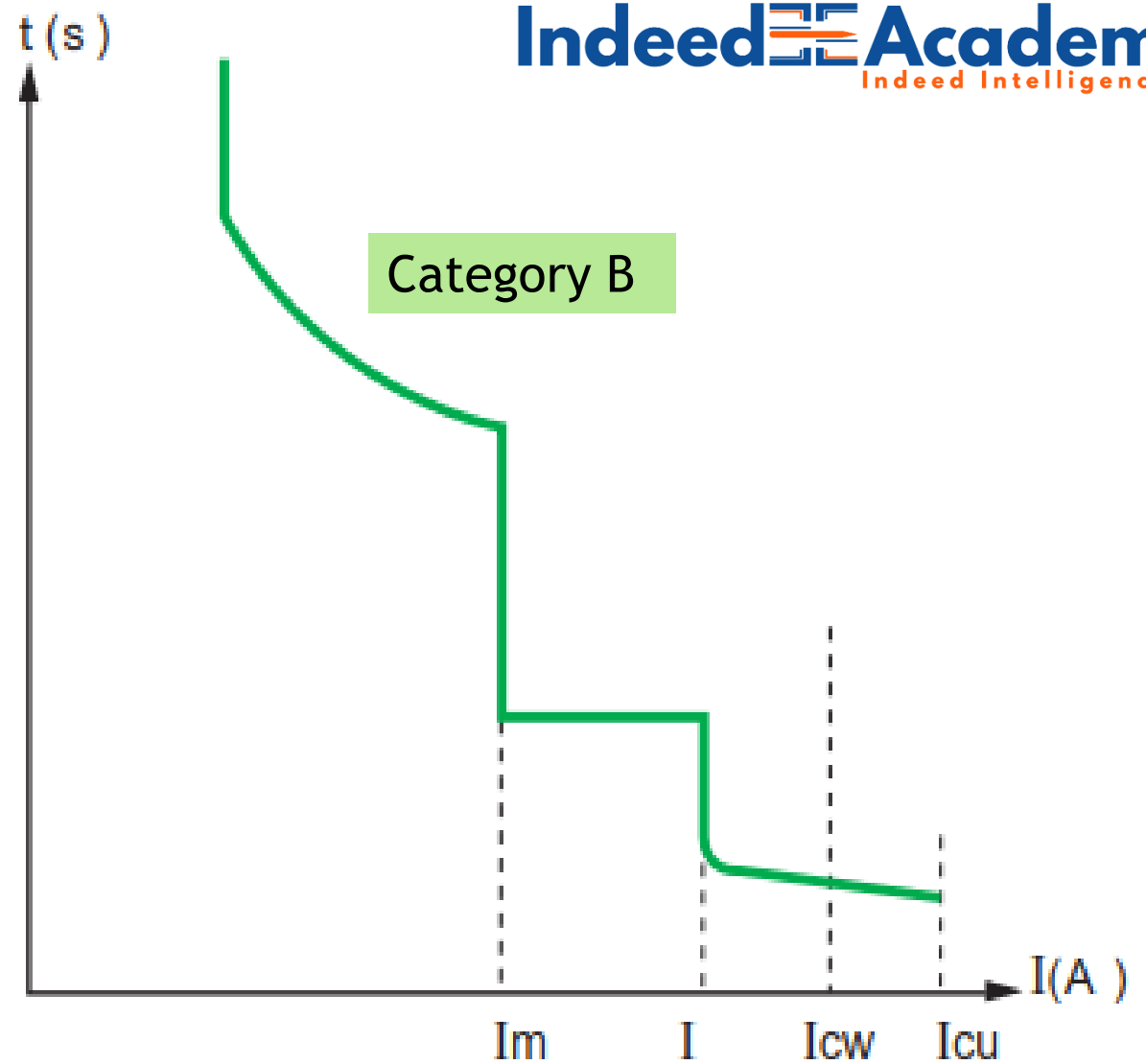
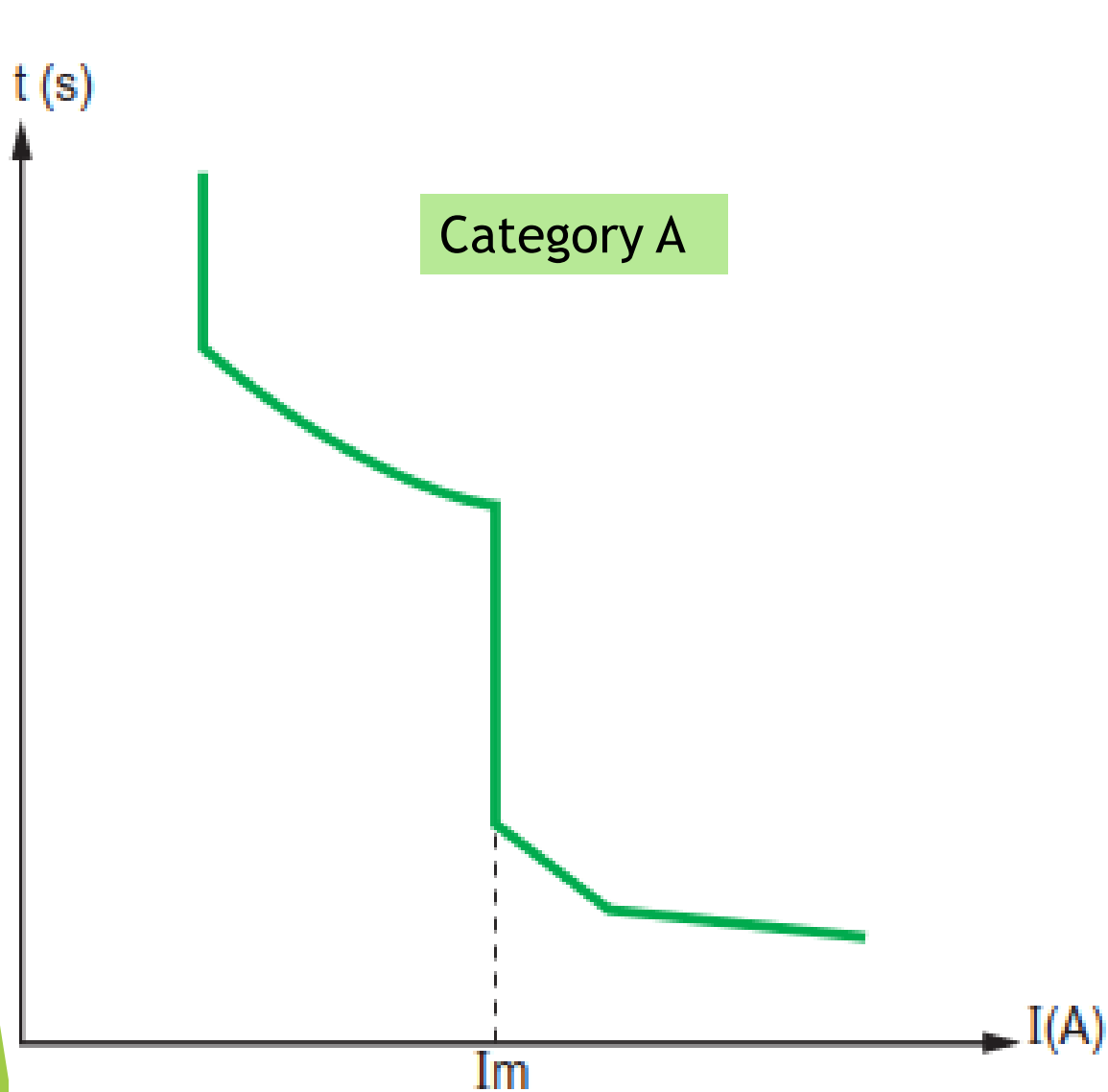


รายละเอียดของ curve C



รายละเอียดของ
curve D





รายละเอียดของ Curve IEC 60947-2

อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Circuit Breaker)

- Low Voltage Selectivity
(Coordination)

Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Agenda

- **Definitions & Standards**
- Selectivity Techniques
- Back-Up Protection

Over-current protective co-ordination of over-current protective devices:

Co-ordination of two or more over-current protective devices in series to ensure overcurrent discrimination (selectivity) and/or back-up protection

“การทำงานประสานกันของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่มีการต่อกันแบบอนุกรม ตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการแยกกันทำงานกรณีเกิดกระแสเกิน และ/หรือ มีการสำรองการป้องกันอย่างเป็นลำดับ”

Over-current discrimination

Co-ordination of the operating characteristics of two or more over-current protective devices such that, on the incidence of over-currents within stated limits, the device intended to operate within these limits does so, while the other(s) does (do) not.

“คุณสมบัติการทำงานประสานกันของอุปกรณ์ป้องกันตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป ในกรณีที่เกิดกระแสเกินภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด โดยที่ให้อุปกรณ์ชุดที่กำหนดไว้ทำงาน อุปกรณ์อื่นที่เหลือไม่ทำงาน”

Back-up protection

Over-current co-ordination of two over-current protective devices in series where the protective device, generally but not necessarily on the supply side, effects the over-current protection with or without the assistance of the other protective device and prevents any excessive stress on the latter.

“การทำงานประสานกันกรณีเกิดกระแสเกินของอุปกรณ์ป้องกันที่ต่อกันเป็นอนุกรม 2 ชุดซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ด้านจ่ายไฟแต่ไม่จำเป็นก็ได้ โดยที่อุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวจะมีส่วนในการป้องกันกระแสเกิน ซึ่งจะมีการช่วยเหลือจากอุปกรณ์ป้องกันอีกชุดหรือไม่ก็ตาม และทำการป้องกันผลเสียใดๆ อันอาจเกิดจากการเกิดจากกระแสเกินนั้นได้ในภายหลัง”

Selectivity (Co-ordination) scope

- Ensuring safety
- Identifying and excluding the only zone involved by the problem
- Limiting the fault effects on other undamaged parts of the installation
- Limiting stresses on components and damages to the affected zone
- Guaranteeing service continuity
- Guaranteeing an adequate replacement
- Supplying personnel and management system with a clear situation
- Reaching a good compromise between

RELIABILITY

SIMPLICITY

ECONOMY

Low voltage selectivity

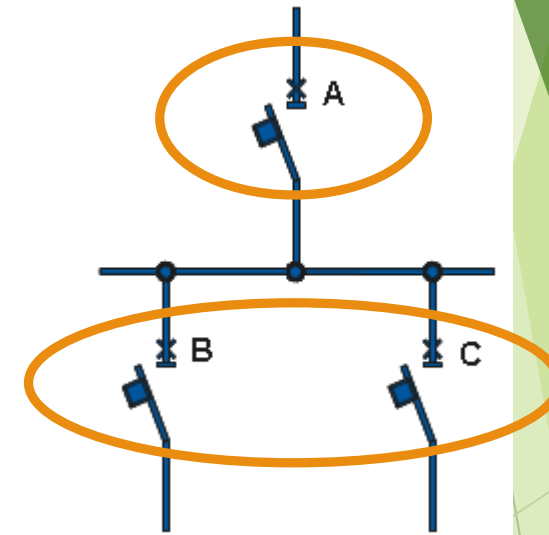
Selectivity definitions & standards

What is selectivity?

Selectivity (or discrimination)

- is a type of coordination of two or more protective devices in series.
- Selectivity is done between one circuit breaker on the supply side and one circuit breaker, or more than one, on the load side.

A is the supply side circuit breaker (or upstream)



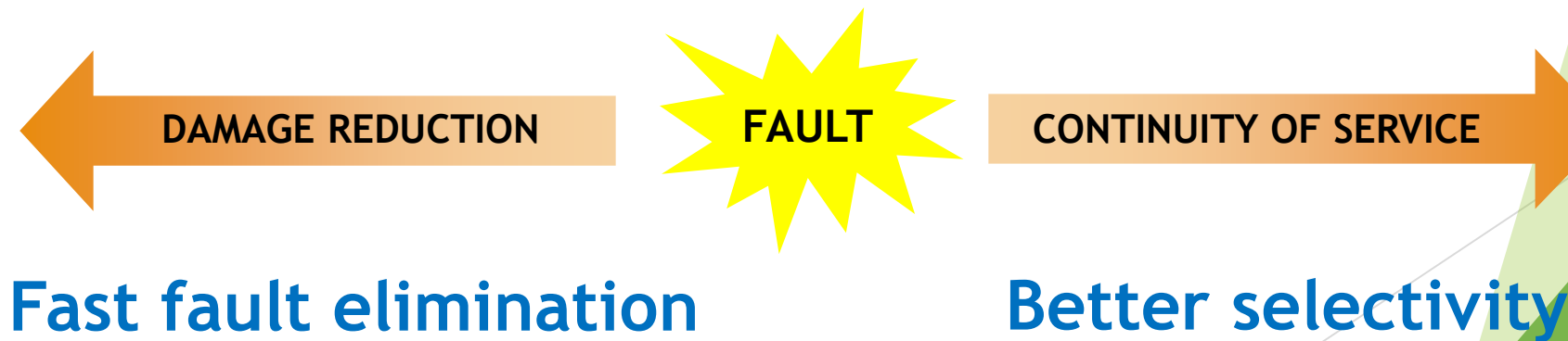
B and C are the load side circuit breakers (or downstream)

Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Philosophy behind selectivity

- Reduce the stress & prevent further damage to the system.
- Minimize the area and duration of the power loss.



Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Main purposes of selectivity

Selective coordination among devices is fundamental for economical and technical reasons

It is studied in order to:

- Rapidly identify the area involved in the problem;
- Contain the effects of a fault by isolating just the affected zone of the network;
- Preserve the continuity of service and good power quality to the sound parts of the network;
- Provide a quick and precise identification of the fault to the personnel in charge of maintenance or to management system, in order to restore the service as rapidly as possible;
- Achieve a valid compromise between reliability, simplicity and cost effectiveness. ⁶⁶

Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Definition of selectivity

*IEC 60947-1 Standard: “Low voltage equipment
Part 1: General rules for low voltage equipment”*

IEC 60947-1
def. 2.5.23

“Trip selectivity (for overcurrent) is a coordination between the operating characteristics of two or more overcurrent protection devices, so that, when an overcurrent within established limits occurs, the device destined to operate within those limits trips whereas the others do not trip”

“การเลือกปลดวงจร (กรณีกระแสเกิน) ของอุปกรณ์ป้องกัน เป็นการประสานกันของคุณสมบัติของอุปกรณ์ตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป กรณีเกิดกระแสเกินภายในค่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์ป้องกันปลายทาง (ชุดที่อยู่ใกล้จุดเกิดเหตุที่สุด) จะต้องทำงาน (ปลดวงจร) ภายใต้ข้อจำกัดนั้น ส่วนอุปกรณ์ชุดอื่นๆ จะไม่ทำงาน (ปลดวงจร)”

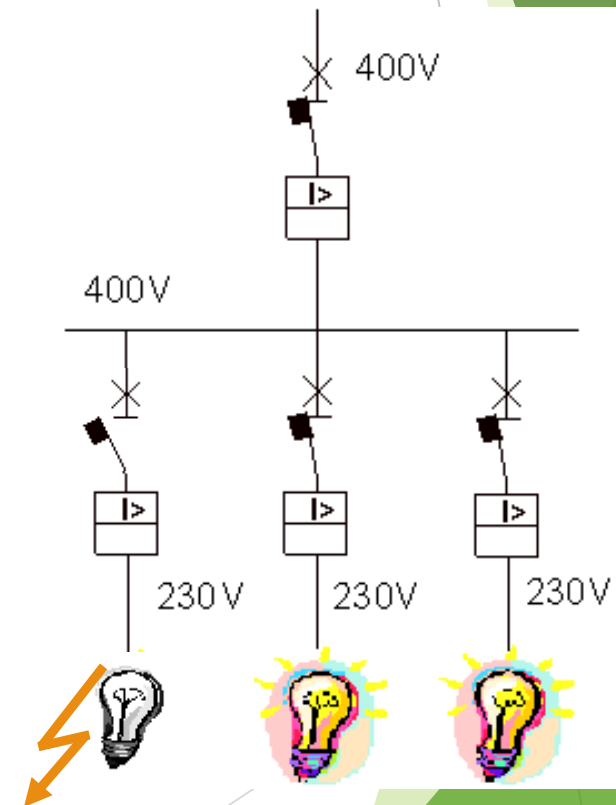
Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Example

If selectivity is provided

- When a fault occurs (Overload or Short-circuit)
- The protection device closes to the fault opens.



Low voltage selectivity

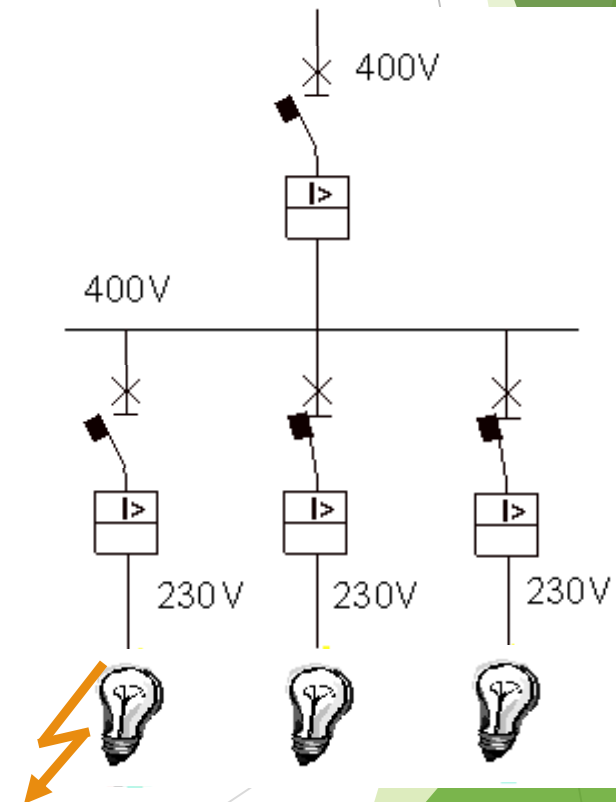
Selectivity definitions & standards

Example

If selectivity is NOT provided

- When a fault occurs (Overload or Short-circuit)
- Both the upstream & downstream protection devices could open.

The whole system will be out of service



Low voltage selectivity

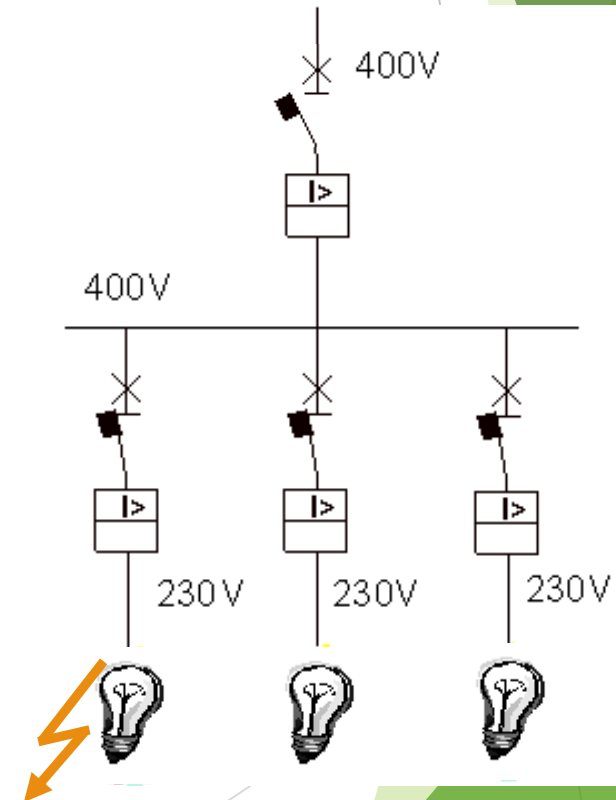
Selectivity definitions & standards

Example

If selectivity is **NOT** provided

- When a fault occurs (Overload or Short-circuit)
- The upstream device could open first before any other devices open.

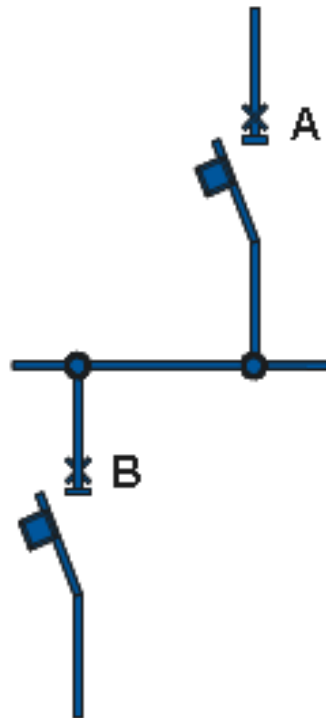
The whole system will be out of service



Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Partial & Total selectivity



IEC 60947-2
def. 2.17.2 - 2.17.3

A and B connected in series:
partial selectivity and total selectivity.

Low voltage selectivity

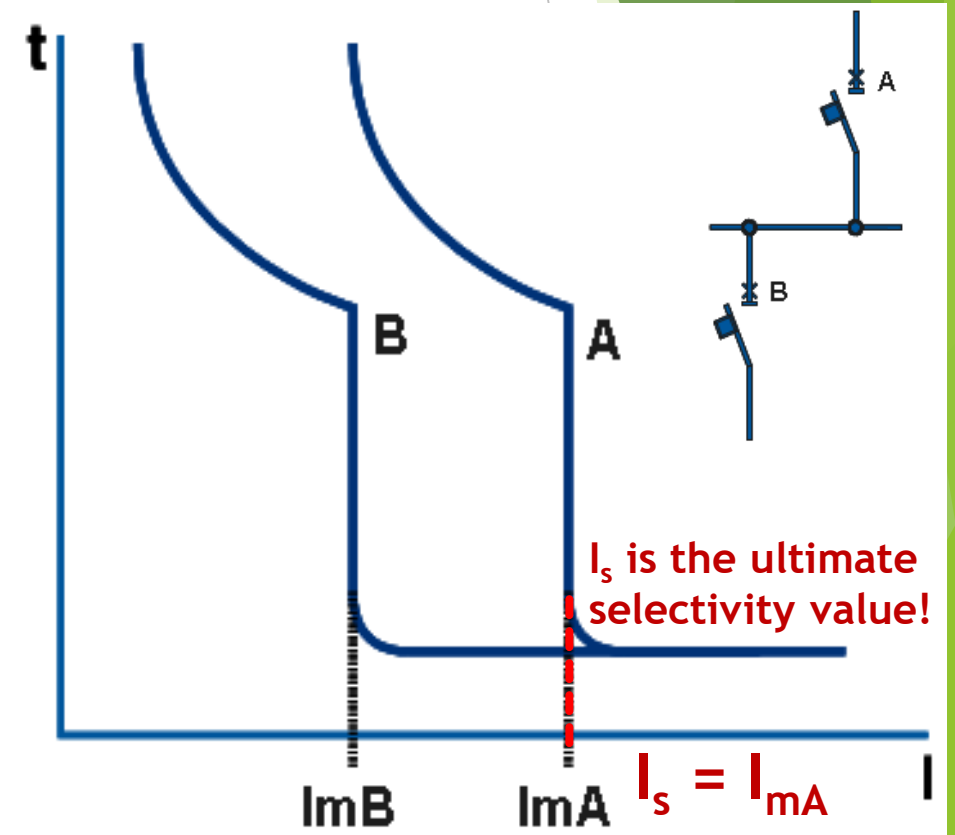
Selectivity definitions & standards

Partial selectivity

“Partial selectivity is an overcurrent selectivity where, in the presence of two protection devices against overcurrent in series, the load side protection device carries out the protection up to a given level of overcurrent, without making the other device trip.”

- B opens only according to fault current lower than a certain current value;
- values equal or greater than I_s will give the trip of both A and B.

$$I_s = I_{mA}$$



Low voltage selectivity

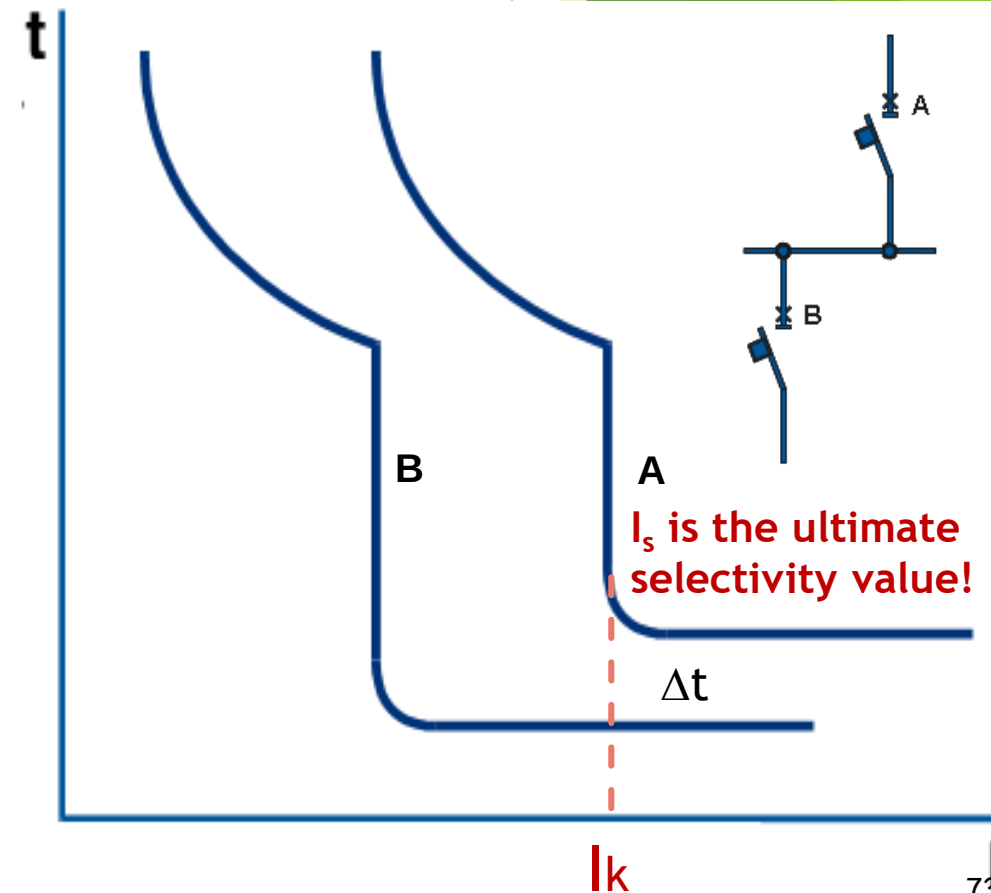
Selectivity definitions & standards

Total selectivity

“Total selectivity is an overcurrent selectivity where, in the presence of two protection devices against overcurrent in series, the load side protection device carries out the protection without making the other device trip.”

- Only B trips for every current value lower or equal to the maximum short-circuit current..

$$I_s = I_k$$



Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

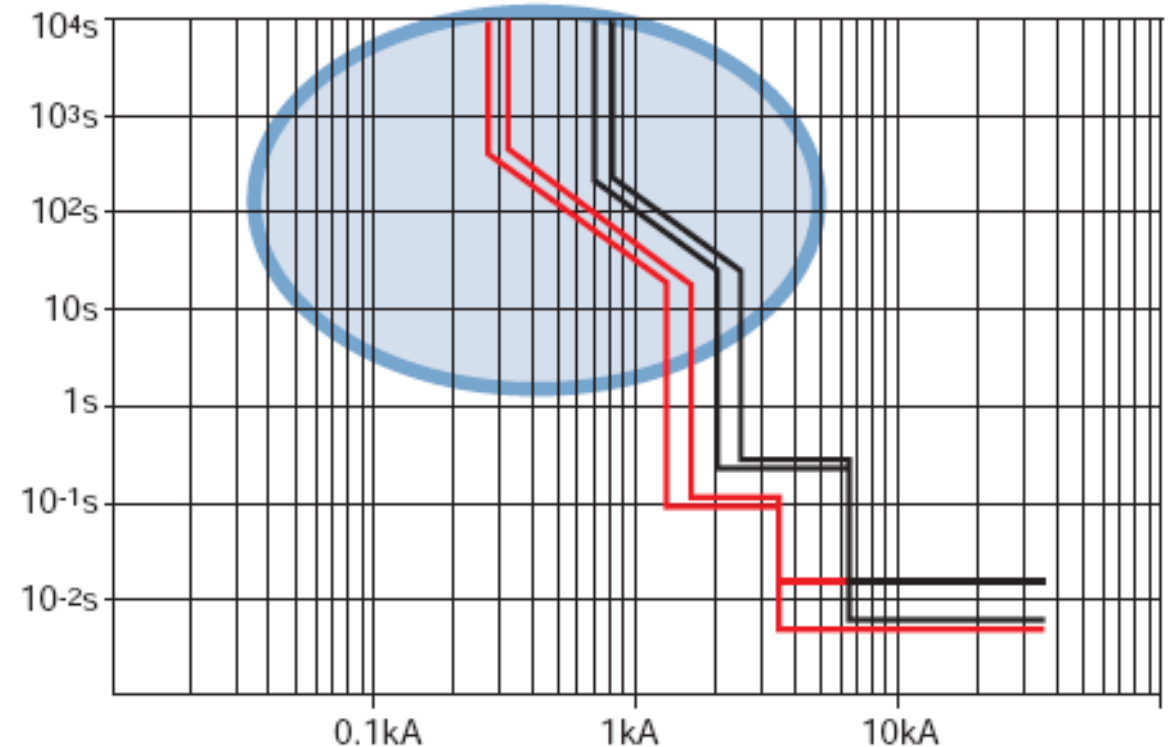
Time-Current Curves

Overload Zone

- Thermal Protection
- L Protection

Time-Current selectivity

Overload Zone = $I_n \div 8-10I_n$



Low voltage selectivity

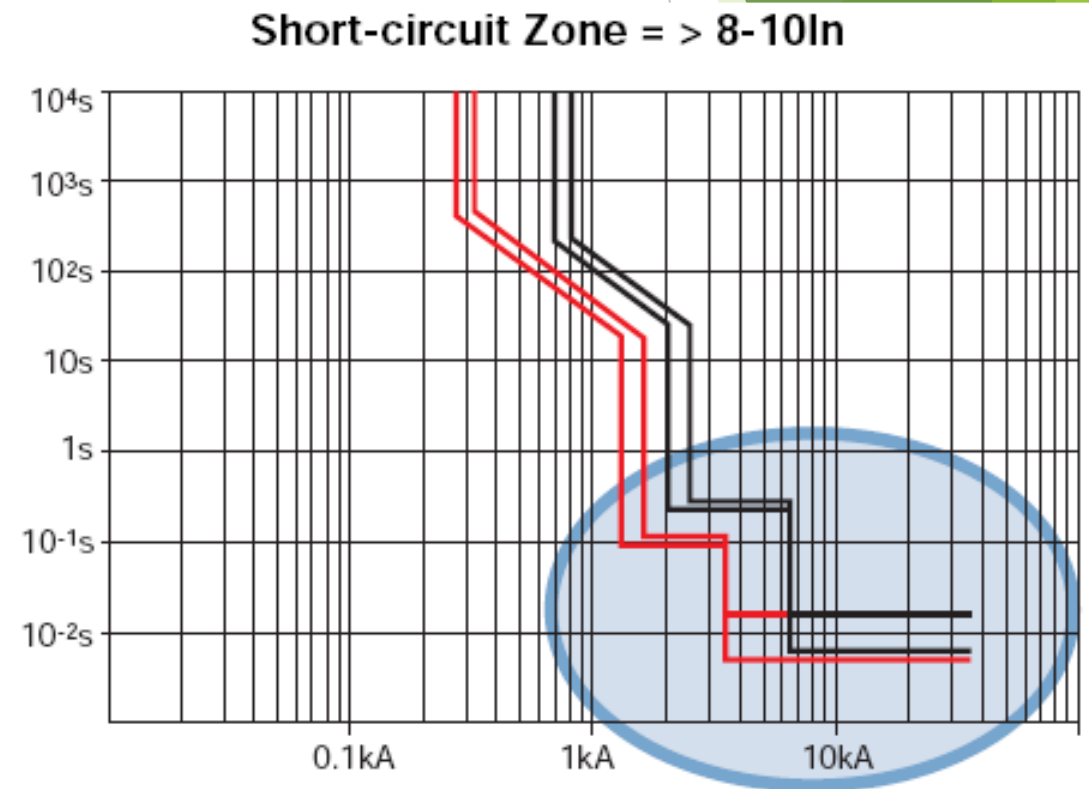
Selectivity definitions & standards

Time-Current Curves

Short-Circuit Zone

- Magnetic protection
- S, D, I & EF Protection

Current, Time, Energy, Zone, Directional
& Zone Directional Selectivity

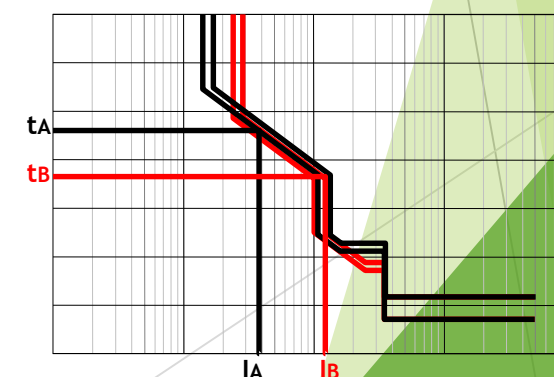
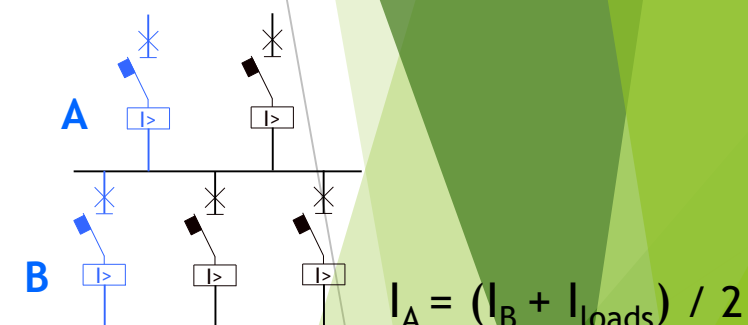
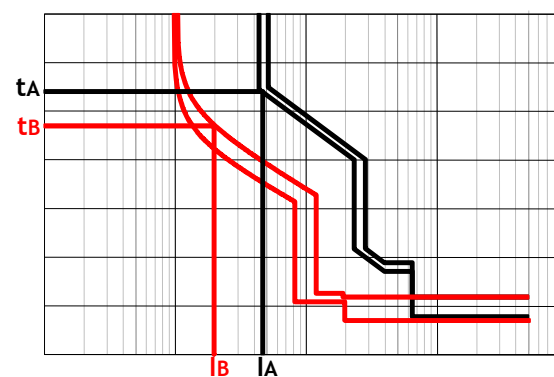
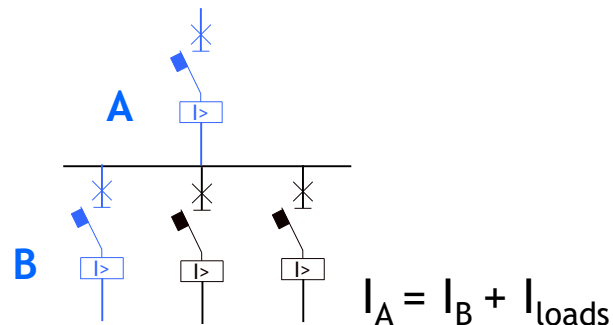
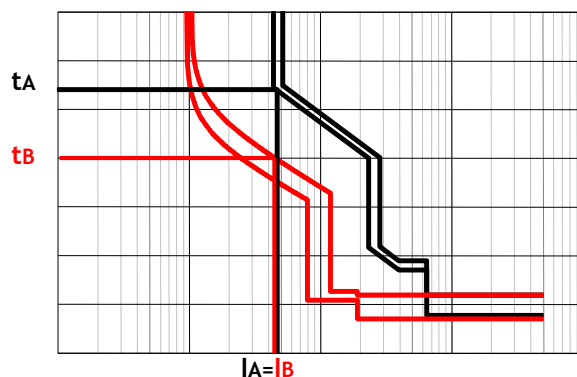
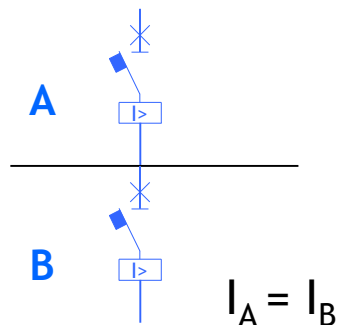


Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Time Current Curves

Real Currents circulating through the circuit breakers



Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Agenda

- Definitions & Standards
- Selectivity Techniques**
- Back-Up Protection

Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Common selectivity techniques

- Current selectivity
- Time selectivity
- Energy selectivity
- Zone (logical) selectivity



Low voltage selectivity

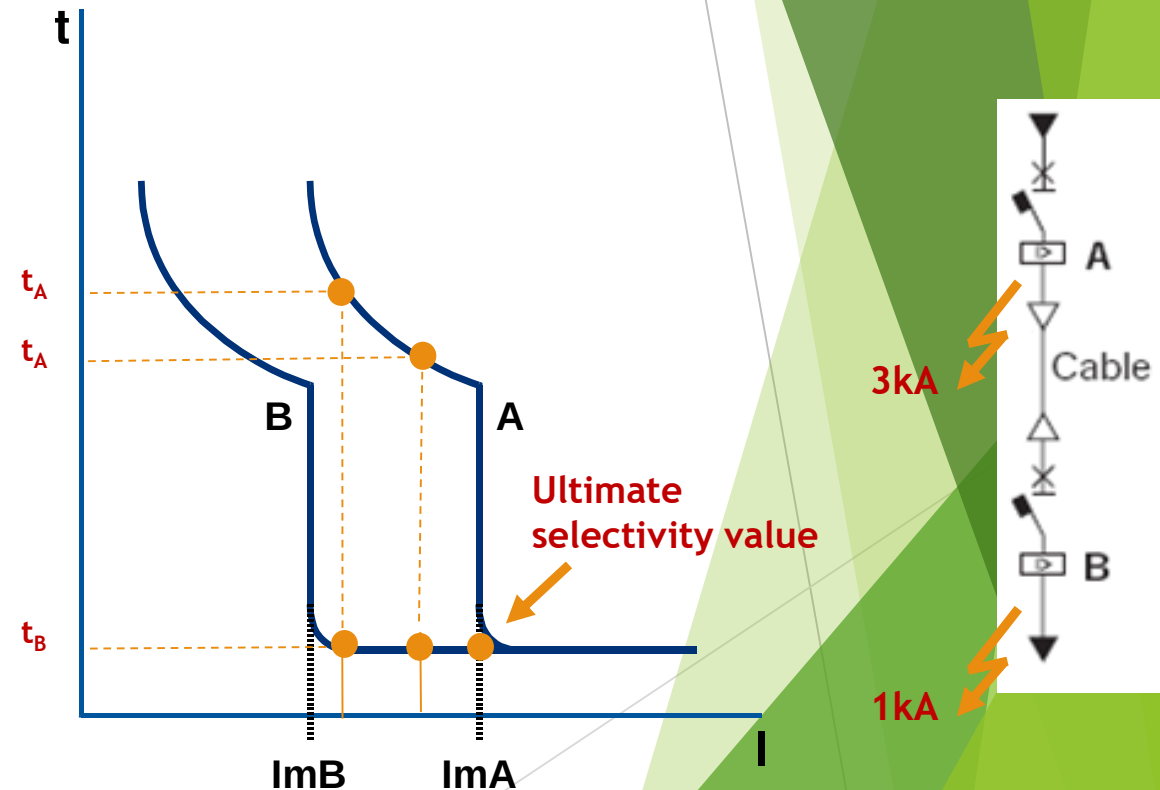
Selectivity techniques

Current selectivity

Basic concept

When the point of fault is closer to the source, the fault current will be higher.

- In order to guarantee selectivity, the protections must be set to different values of current thresholds.
- The ultimate selectivity value is equal to the instantaneous trip threshold of the upstream protection device.
- Other methods are needed to have a total selectivity



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

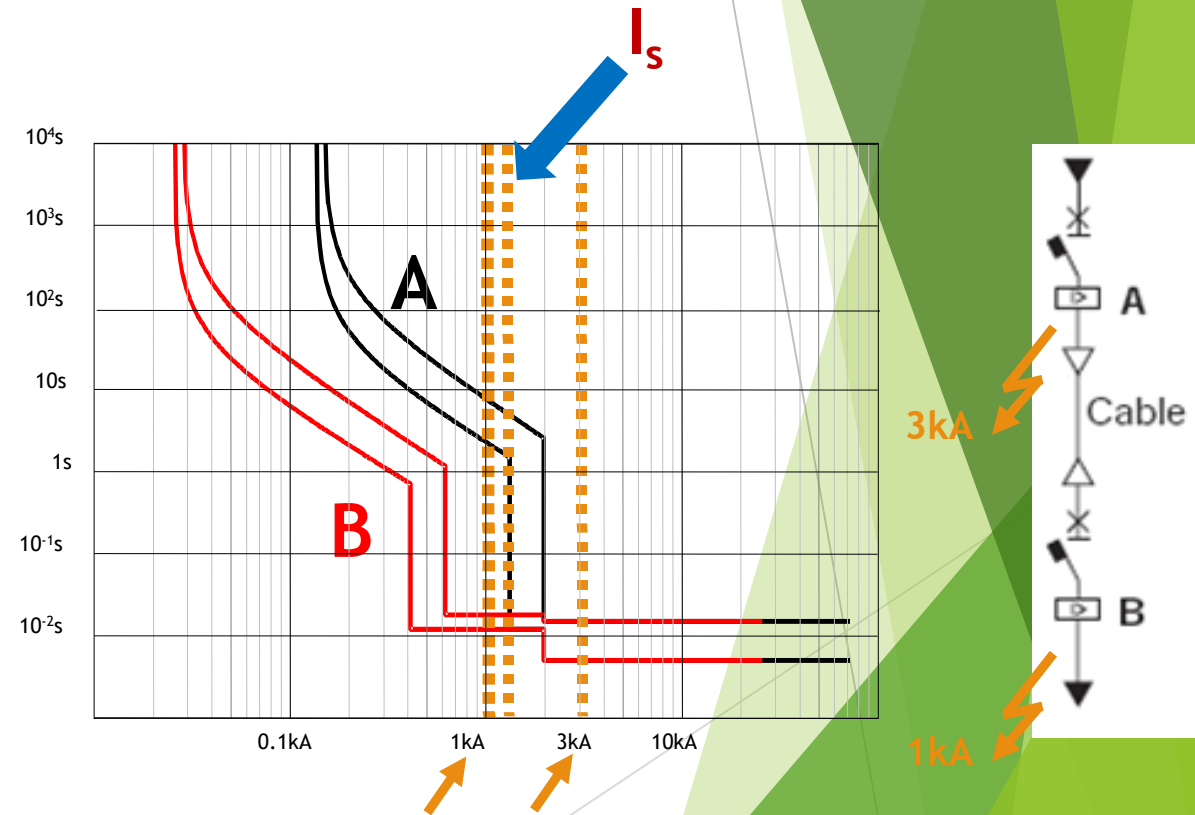
Current selectivity

Example

Circuit breaker A will be set to a value which does not trip for faults which occur on the load side of B. ($I_{3Amin} > 1kA$)

Circuit breaker B will be set to trip for faults which occur on its load side ($I_{3Bmax} < 1kA$)

Here the selectivity is a total selectivity, because it is guaranteed up to the maximum value of the short-circuit current, 1kA.



$$I_s = I_{3Amin}$$

Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Current selectivity

Pros & Cons

CURRENT SELECTIVITY

Cons

Selectivity is often only partial
Current thresholds rise very quickly

Pros

Easy to be realized
Economic
Instantaneous

Low voltage selectivity

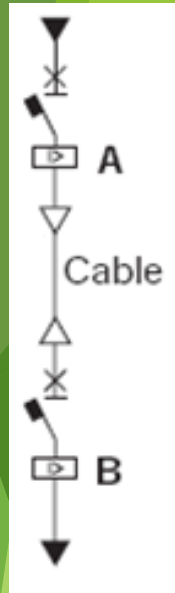
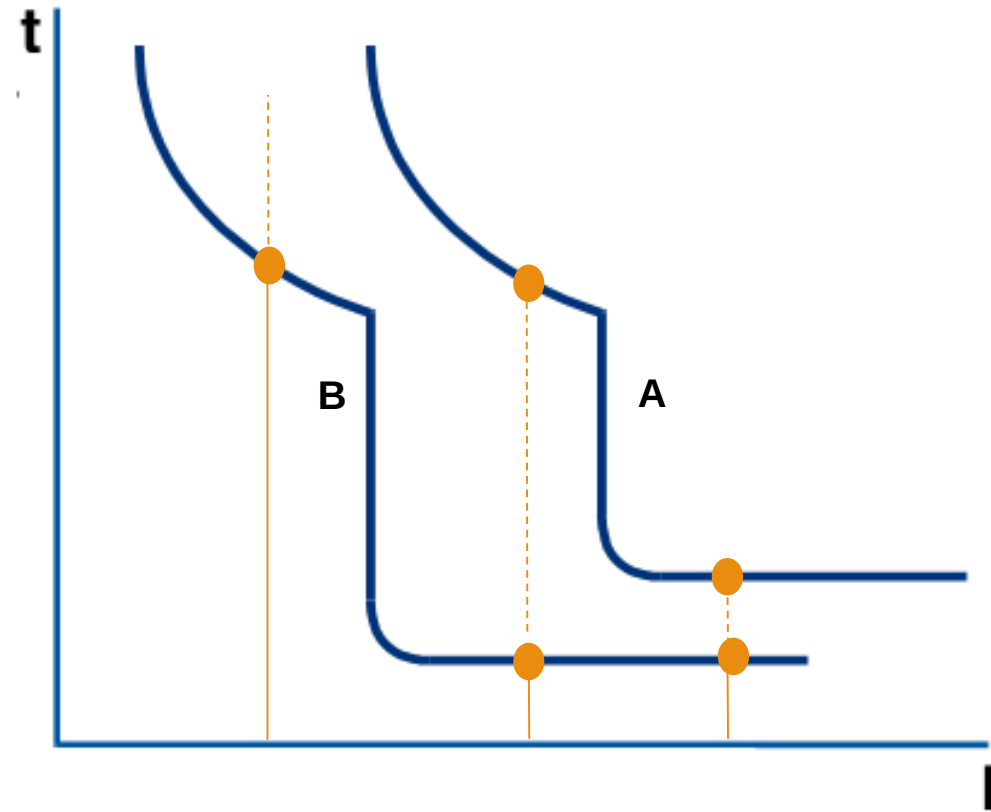
Selectivity techniques

Time selectivity

Basic concept

Time selectivity is based on a trip delay of the upstream circuit breaker, so to let to the downstream protection the time suitable to trip

- **Setting strategy:**
Progressively increase the trip delays getting closer to the power supply source
- **On the supply side:**
The S function is required



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Time selectivity

Example

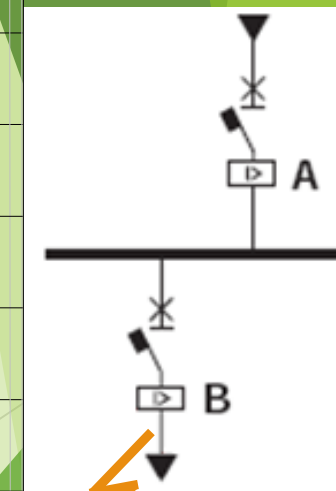
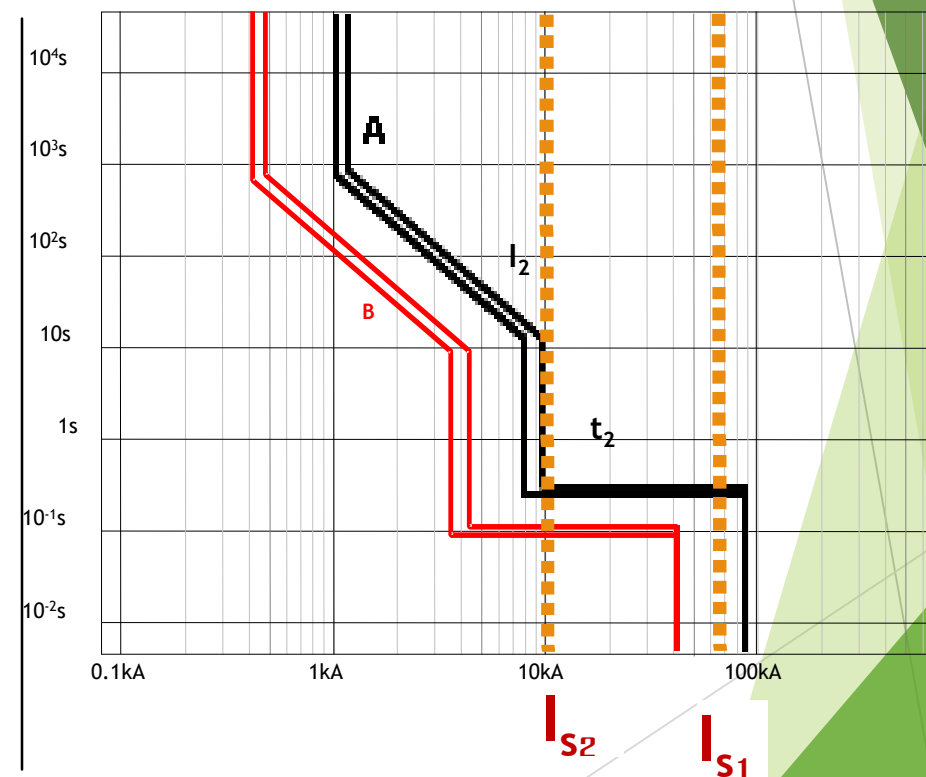
Circuit breaker A will be set with the current threshold I_2 adjusted so as to create an overlapping trip and with a trip time t_2 adjusted so that B always clears the fault before A.

B will be set with an instantaneous trip against short-circuit.

The ultimate selectivity value is:

$$I_{S1} = I_{cWA} \quad (\text{if function I = OFF})$$

$$I_{S2} = I_{3minA} \quad (\text{if function I = ON})$$



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Time selectivity

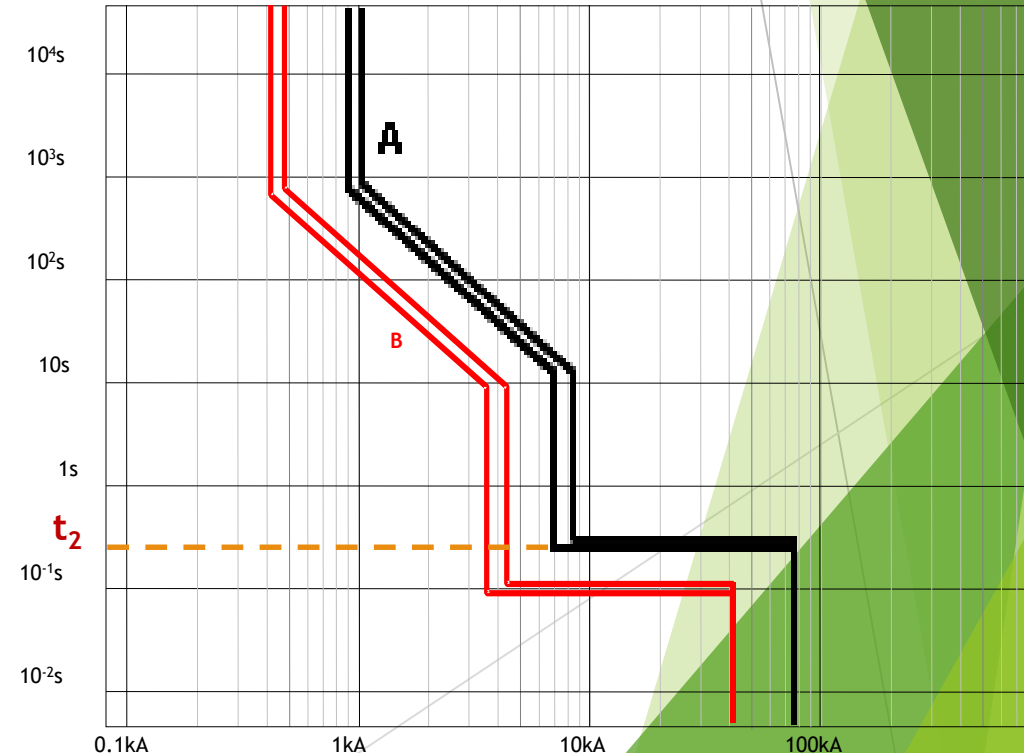
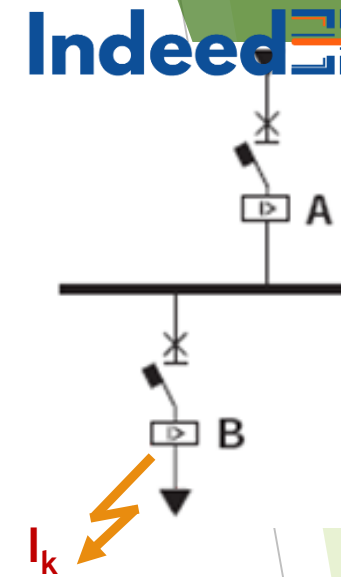
Example

There is a problem with time selectivity!

In the case of fault occurring at the busbars, circuit breaker A takes a delayed trip time t_2

The network must withstand high values of let-through energy!

If there are many hierarchical levels, the progressive delays could be significant!



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Time selectivity

Pros & Cons

TIME SELECTIVITY

Pros

Economic solution
Easy to be realized

Cons

Quick rise of setting levels
High values of let-through energy

Low voltage selectivity

Selectivity techniques

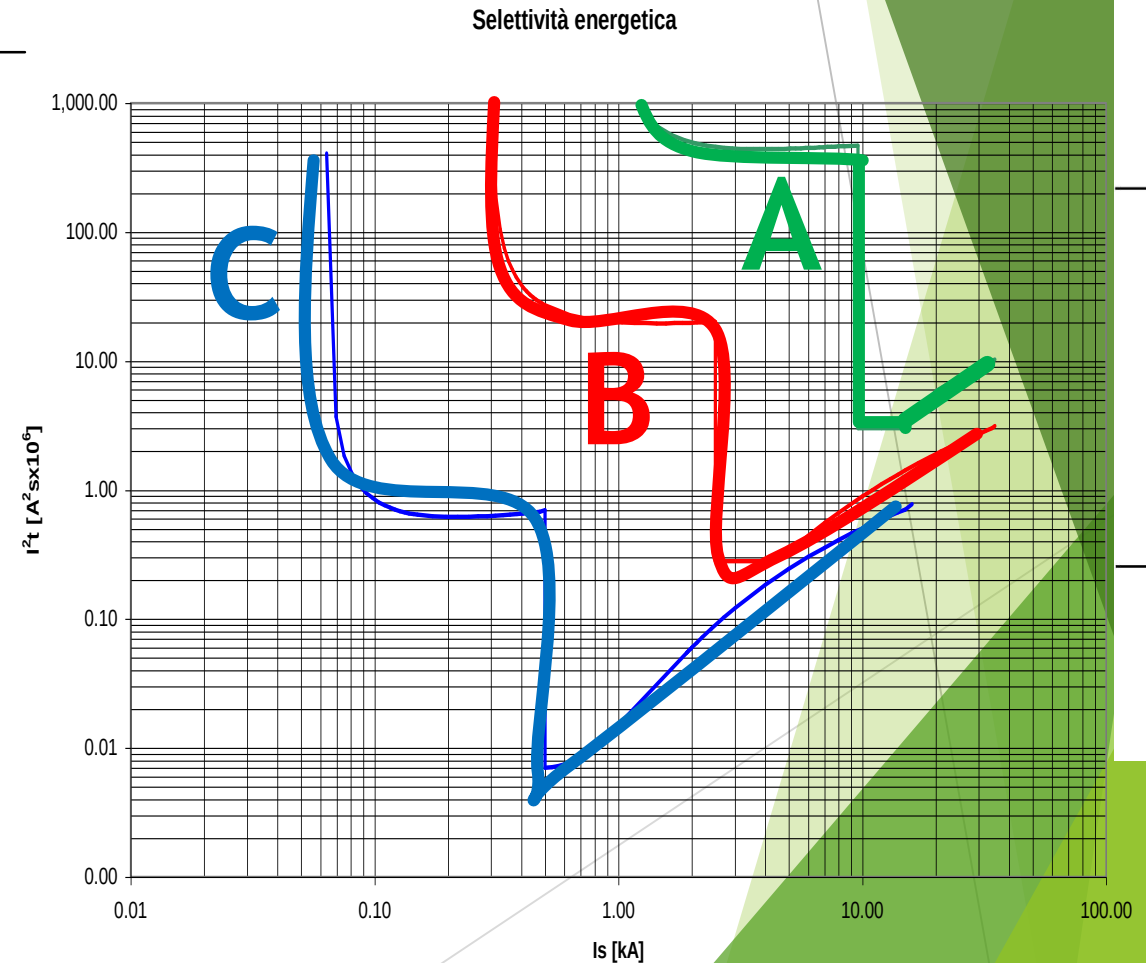
Energy selectivity

Basic concept

Energy selectivity is based on the current-limiting characteristics of some circuit breakers

Current-limiting circuit breaker has an extremely fast trip time, short enough to prevent the current from reaching its peak

The ultimate current selectivity values are given by the manufacturer (Coordination tables)



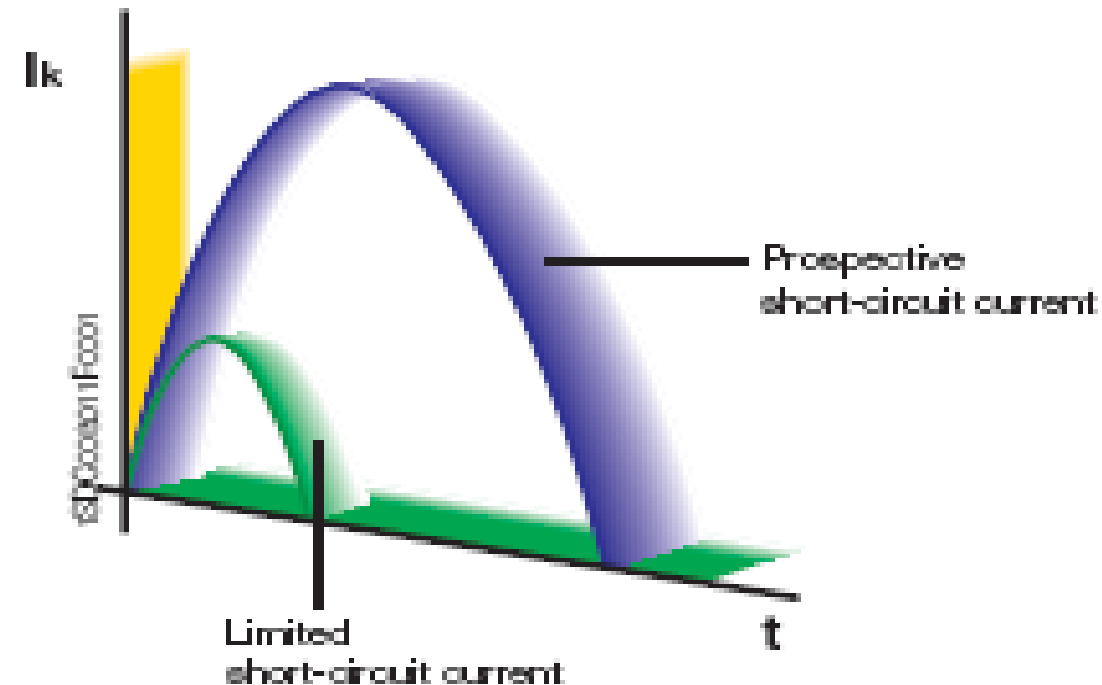
Low voltage selectivity

► Selectivity techniques

Energy selectivity

A circuit-breaker in which the opening of the contacts occurs **after the passage of the peak** of the short-circuit current, or in which the trip occurs with the **natural passage to zero**, allows the system components to be subjected to **high stresses**, of both thermal and dynamic type.

To reduce these stresses, current-limiting circuit-breakers have been designed which are able to start **the opening operation before the short-circuit current has reached its first peak**, and to quickly extinguish the arc between the contacts.



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

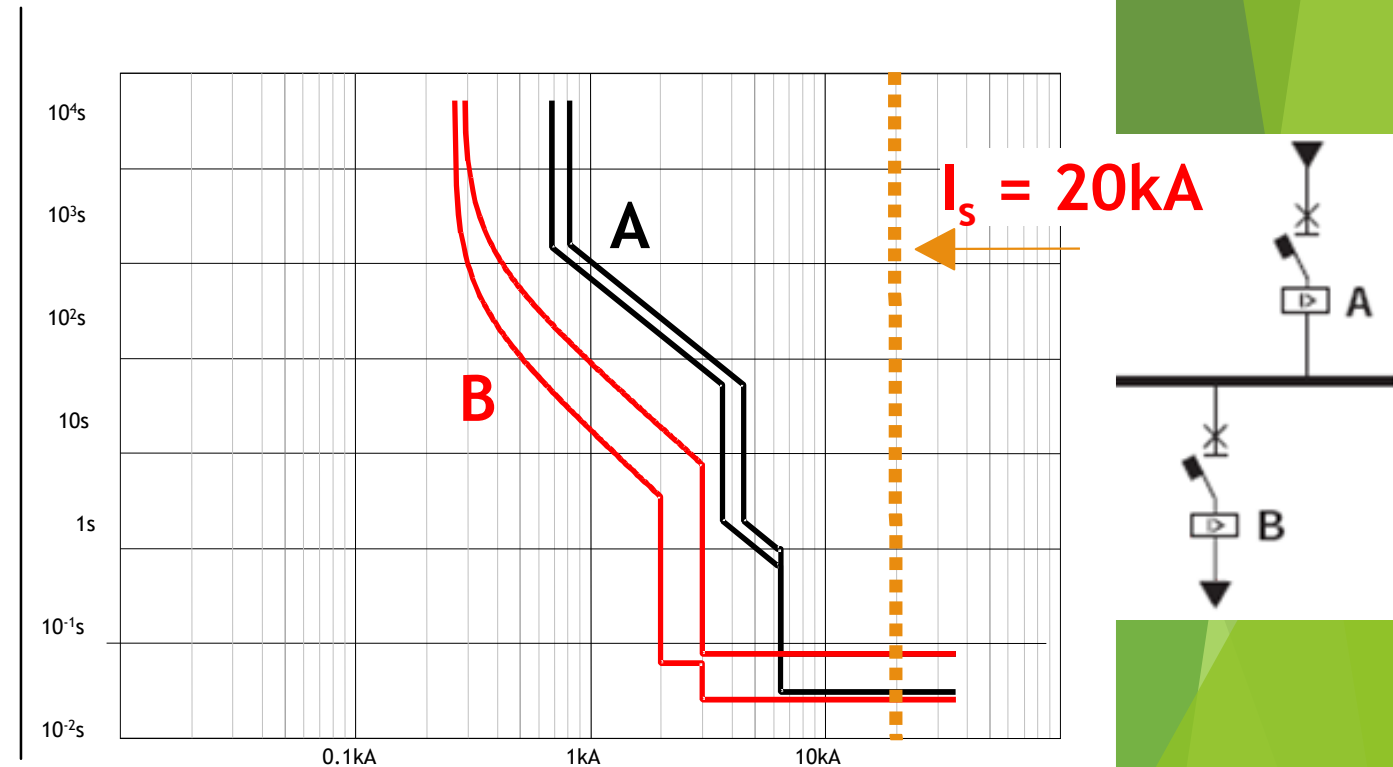
Energy selectivity

Example

Circuit breaker A settings:

I₃ = OFF

S protection is used for time selectivity



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Energy selectivity

Pros & Cons

ENERGY SELECTIVITY

Pros

High selectivity values
Reduced tripping times
Low stress and network disturbance

Cons

Increasing of circuit breakers size

Low voltage selectivity

Selectivity techniques

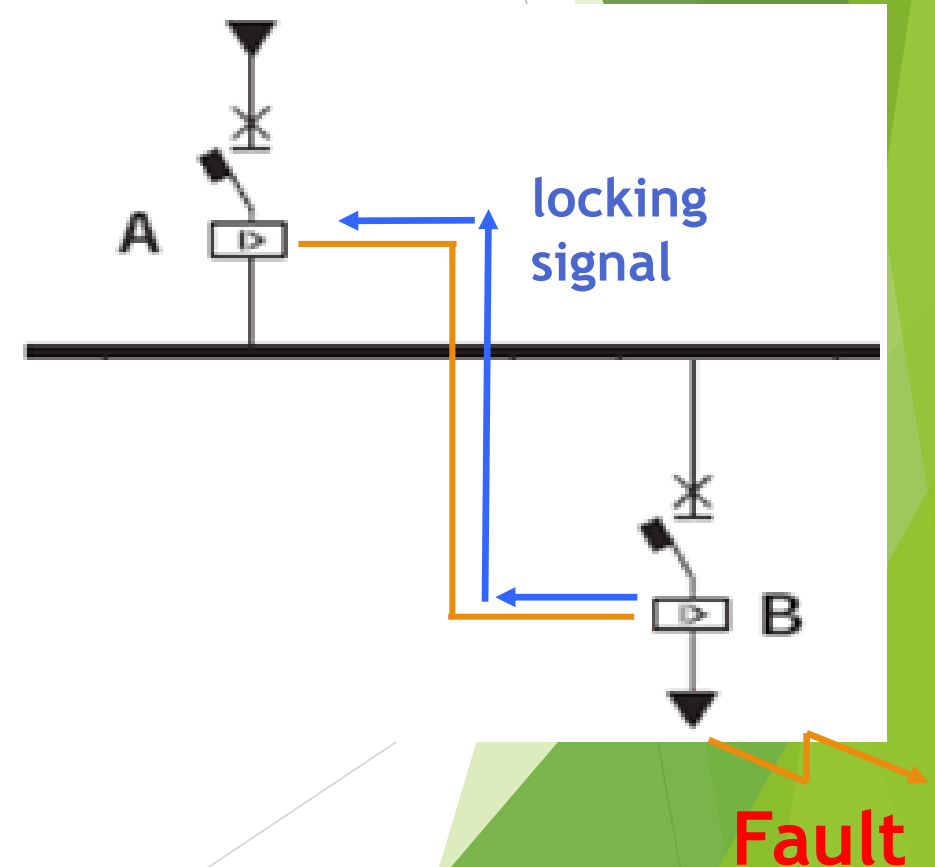
Zone selectivity

Basic concept

Zone selectivity is an evolution of the time selectivity, obtained by means of a electrical interlock between devices

The circuit breaker which detects a fault communicates this to the one on the supply side, sending a locking signal

Only the downstream circuit breaker opens, with no need to increase the intentional time delay



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

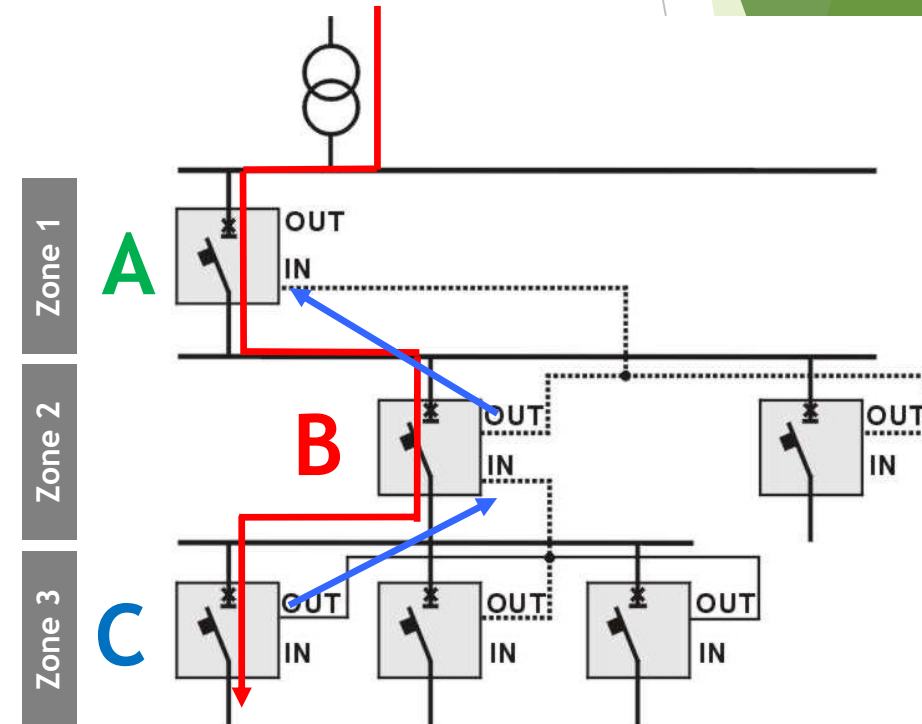
Zone selectivity

Example

A Does not open

B Does not open

C Opens



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Zone selectivity

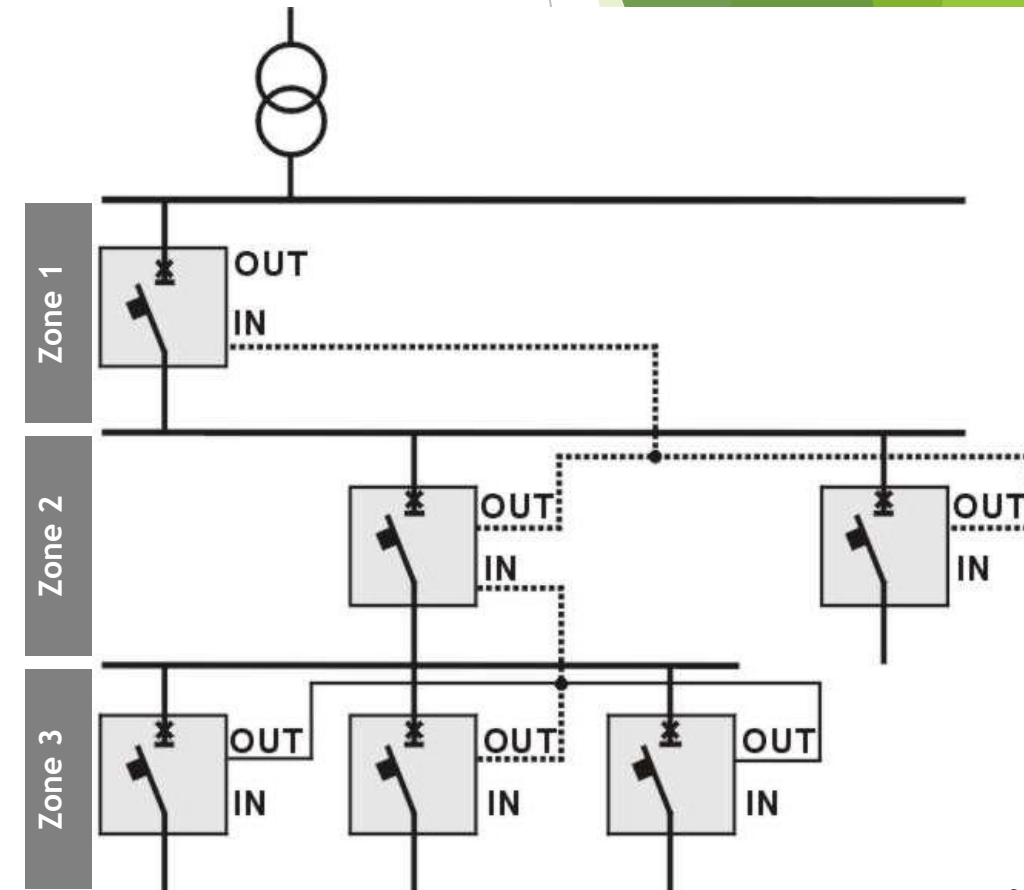
Requirements for Zone Selectivity

- a shielded twisted pair cable
- an external source of 24V
- dedicated trip units

I_s up to 100kA for MCCB

I_s up to I_{cw} for ACB

It is possible to obtain zone selectivity between MCCB and ACB



Low voltage selectivity

Selectivity techniques

Zone selectivity

Pros & Cons

ZONE SELECTIVITY

Pros

- Trip times reduced
- Low thermal and dynamic stress
- High number of hierarchical levels
- Can be made between same size circuit breakers

Cons

- Cost and complexity of the installation
- Additional wiring and components

Low voltage selectivity

Selectivity definitions & standards

Agenda

- Definitions & Standards
- Selectivity Techniques
- Back-Up Protection**

Low voltage selectivity

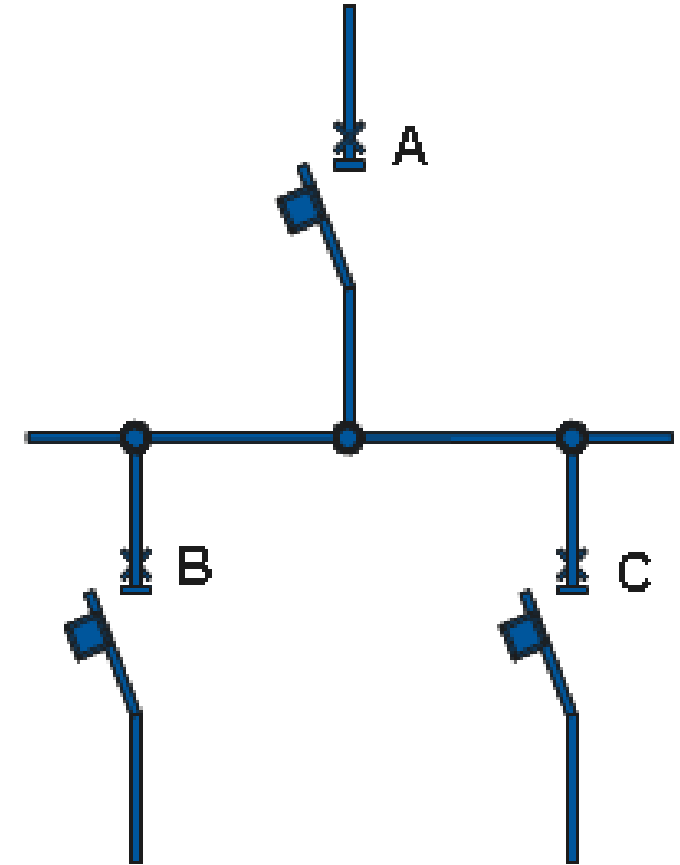
Back-Up Protection (Cascading)

What is Back-Up protection?

Back-Up protection (or Cascading)

Is a type of coordination of two protective devices in series which is done in electrical installations where continuous operation is not an essential requirement.

Back-up protection
excludes the use
of selectivity!!!



Low voltage selectivity

Back-Up Protection (Cascading)

Standards definition

The definition of back-up is given by

IEC 60947-1 Standard: “Low voltage equipment
Part 1: General rules for low voltage equipment”

IEC 60947-1
def. 2.5.24

“Back-up is a coordination of two overcurrent protective devices in series, where the protective device on the supply side, with or without the assistance of the other protective device, trips first in order to prevent any excessive stress on downstream devices”.

“เป็นการทำงานประสานกันของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน 2 ชุดที่ต่อเนื่องกันโดยอุปกรณ์ทางด้านจ่ายไฟจะปลดวงจรก่อน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อโหลด ทั้งนี้ จะมีการทำงานช่วยเหลือกันของอุปกรณ์ป้องกันอื่นหรือไม่ก็ตาม”

Low voltage selectivity

Back-Up Protection (Cascading)

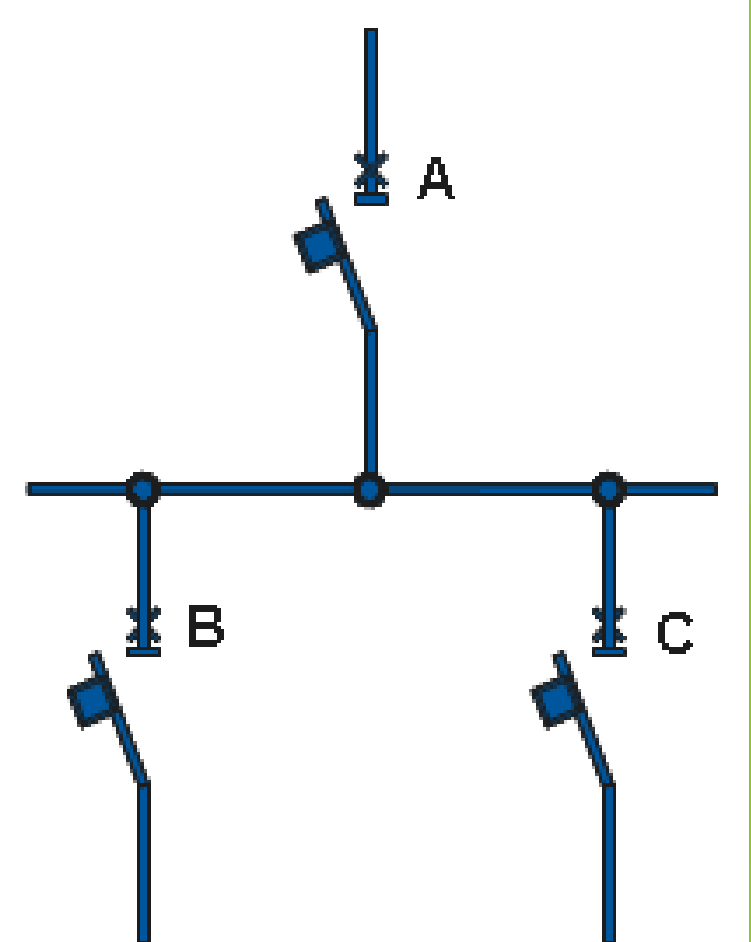
Back-Up protection

Basic concept

Back-up is used by those who need to contain the plant costs

The use of a current-limiting circuit breaker on the supply side permits the installation of lower performance circuit breakers on the load side

Both the continuity of service and the selectivity are sacrificed.

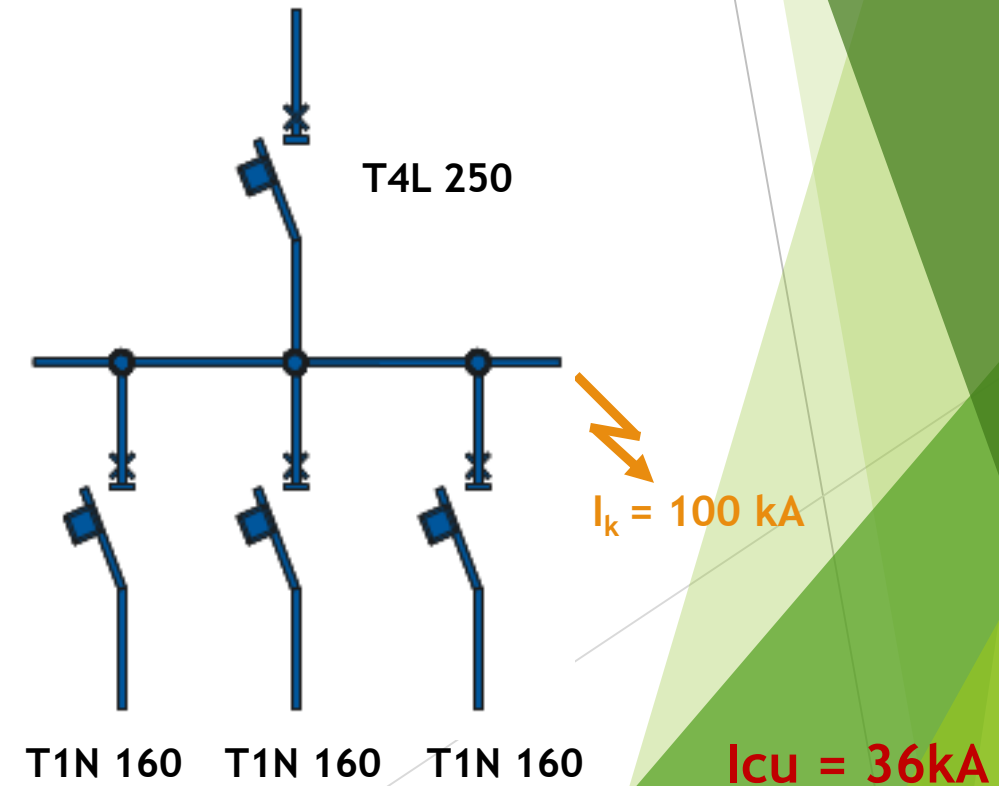
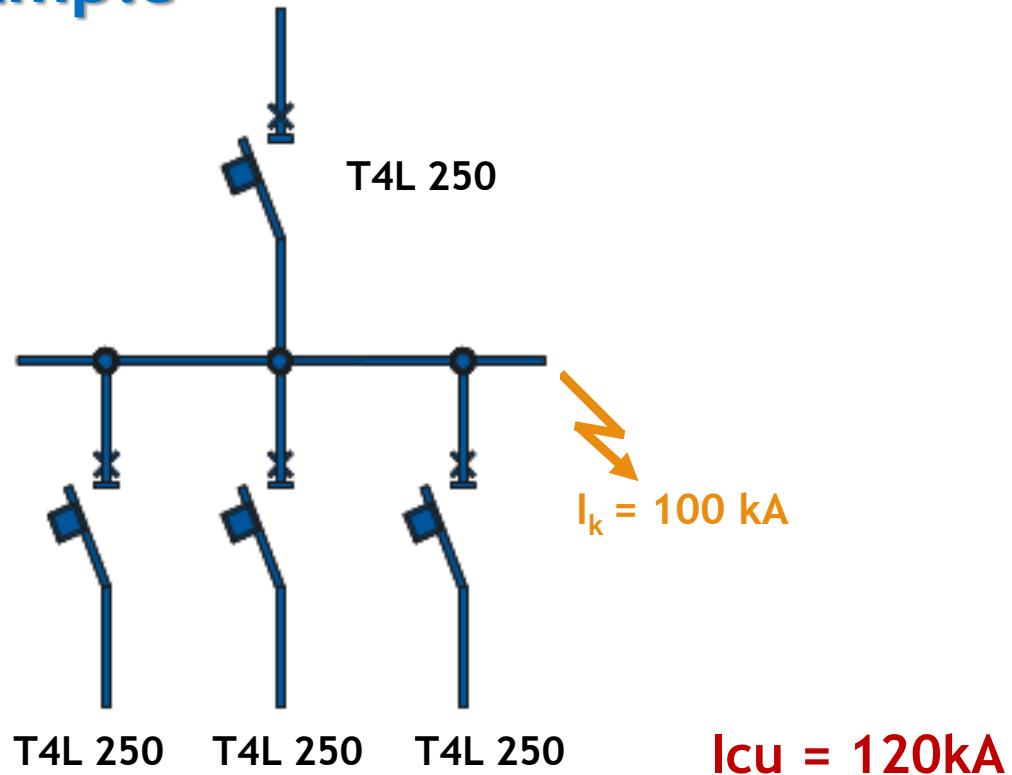


Low voltage selectivity

Back-Up Protection (Cascading)

Back-Up protection

Example



Low voltage selectivity

Back-Up Protection (Cascading)

Back-Up protection table

MCCB - MCCB @ 415 V																																	
		Supply S.	T1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T2	T4	T5	T6	T7	T2	T4	T5	T6	T7	T4	T5						
		Version	C	N						S						H						L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Load S.	Char.	I _{cu} [kA]	25	36						50						65						85	120	100'			200						
T1	B	16	25	36	36	36	30	30	30	50	50	36	36	36		70	40	40	40		85	50	50	50		85	65						
T1	C	25		36	36	36	36	36	36	50	50	40	40	50	50	70	65	65	65	50	85	85	85	70	50	130	100						
T1	N	36								50	50	50	50	50	50	70	65	65	65	50	85	100	100	70	50	200	120						
T2										50	50	50	50	50	50	70	65	65	65	65	85	100	100	85	85	200	120						
T3											50	50	50	50	50		65	65	65	50		100	100	100	50	200	120						
T4												50	50	50	50		65	65	65	50		100	100	65	65	200	120						
T5													50	50	50			65	65	50			100	85	65		120						
T6														50	40				65	40				70	50								
T2	S	50														70	70	70	70	85	100	100	85	85	200	130							
T3																70	70	70			100	100	100		200	150							
T4																70	70	70	70		100	100	85	85	200	150							
T5																	70	70	70			100	85	85		150							
T6																		70					85	85									
T2	H	70																		85	120	120	85	85	200	150							
T4																					120	120	100	100	200	180							
T5																						120	100	100		180							
T6																							100	85									
T2		85																			120	120			200	180							
T4	L	120																								200	200						
T5																											200						

MCCB - MCCB @ 415 V

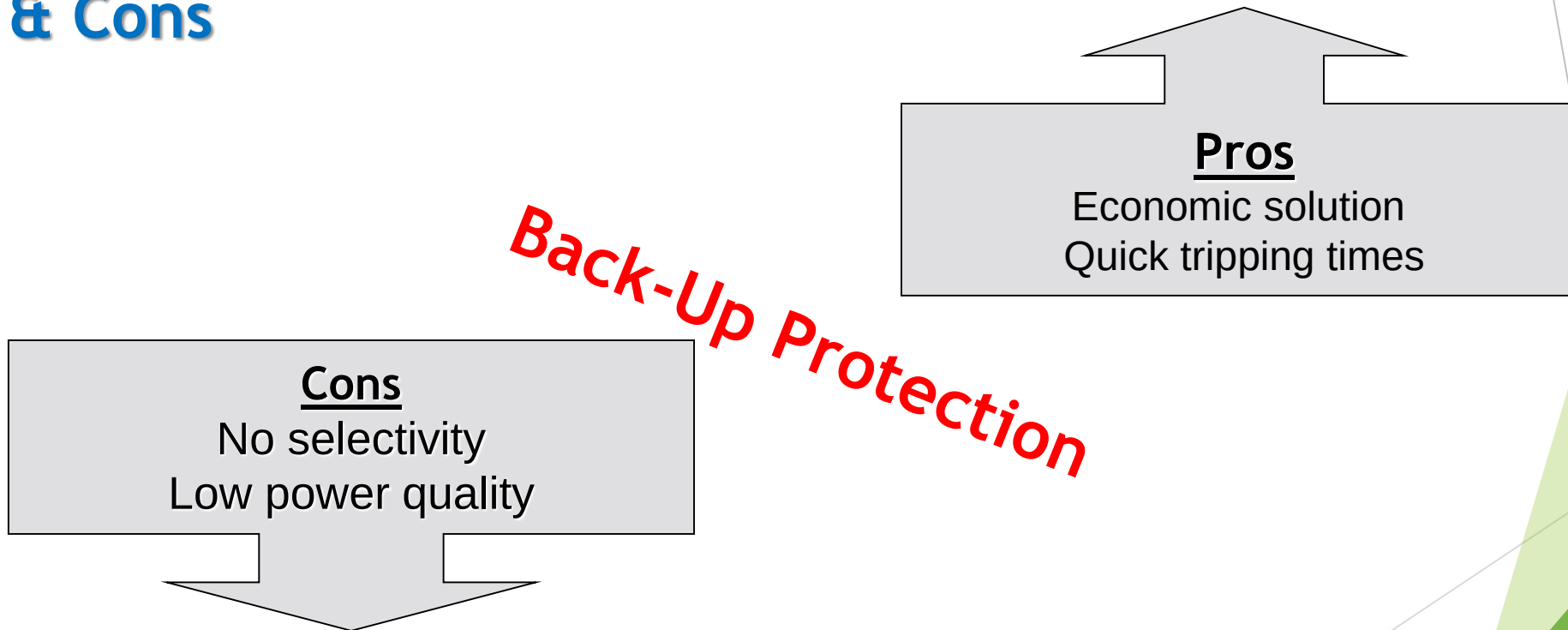
		Supply S.	T1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T2	T4	T5	T6	T7	T2	T4	T5	T6	T7	T4	T5	
		Version	C	N						S							H			L	L		L		V			
Load S.	Char.	I _{cu} [kA]	25	36						50										65	85	120		100 ¹		200		
T1	B	16	25	36	36	36	30	30	30	50	50	36	36	36		70	40	40	40		85	50	50	50		85	65	
T1	C	25		36	36	36	36	36	36	50	50	40	40	50	50	70	65	65	65	50	85	85	85	70	50	130	100	
T1										50	50	50	50	50	50	70	65	65	65	50	85	100	100	70	50	200	120	
T2	N	36								50	50	50	50	50	50	70	65	65	65	65	85	100	100	85	85	200	120	
T3											50	50	50	50	50		65	65	65	50		100	100	100	50	200	120	
T4												50	50	50	50		65	65	65	50		100	100	65	65	200	120	
T5													50	50	50			65	65	50			100	85	65		120	
T6														50	40				65	40				70	50			
T2	S	50															70	70	70	70	85	100	100	85	85	200	130	
T3																		70	70	70			100	100	100		200	150
T4																		70	70	70	70		100	100	85	85	200	150
T5																			70	70	70			100	85	85		150
T6																				70					85	85		
T2	H	70																		85	120	120	85	85	200	150		
T4																						120	120	100	100	200	180	
T5																							120	100	100		180	
T6																								100	85			
T2	L	85																				120	120			200	180	
T4		120																								200	200	
T5																											200	

Low voltage selectivity

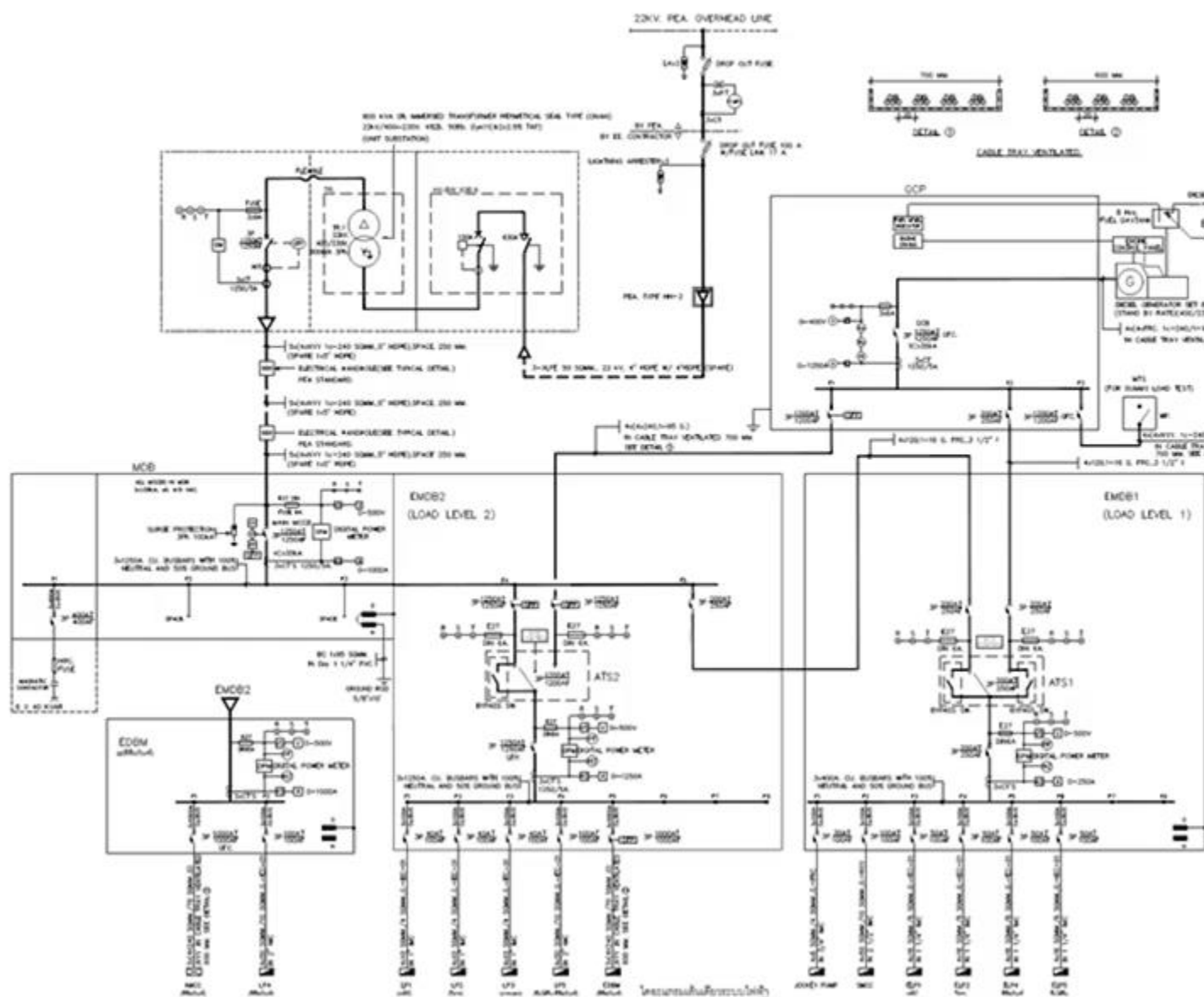
Back-Up Protection (Cascading)

Back-Up protection

Pros & Cons



Example: โครงการพิพิธภัณฑ์ธรรมเจดีย์พระธรรมวิสุทธิมงคล



၁။ အမည်
 ၂။ အဘွား
 ၃။ အမည်
 ၄။ အဘွား
 ၅။ အမည်
 ၆။ အဘွား
 ၇။ အမည်
 ၈။ အဘွား
 ၉။ အမည်
 ၁၀။ အဘွား
 ၁၁။ အမည်
 ၁၂။ အဘွား
 ၁၃။ အမည်
 ၁၄။ အဘွား
 ၁၅။ အမည်
 ၁၆။ အဘွား
 ၁၇။ အမည်
 ၁၈။ အဘွား
 ၁၉။ အမည်
 ၂၀။ အဘွား
 ၂၁။ အမည်
 ၂၂။ အဘွား
 ၂၃။ အမည်
 ၂၄။ အဘွား
 ၂၅။ အမည်
 ၂၆။ အဘွား
 ၂၇။ အမည်
 ၂၈။ အဘွား
 ၂၉။ အမည်
 ၃၀။ အဘွား
 ၃၁။ အမည်
 ၃၂။ အဘွား
 ၃၃။ အမည်
 ၃၄။ အဘွား
 ၃၅။ အမည်
 ၃၆။ အဘွား
 ၃၇။ အမည်
 ၃၈။ အဘွား
 ၃၉။ အမည်
 ၄၀။ အဘွား
 ၄၁။ အမည်
 ၄၂။ အဘွား
 ၄၃။ အမည်
 ၄၄။ အဘွား
 ၄၅။ အမည်
 ၄၆။ အဘွား
 ၄၇။ အမည်
 ၄၈။ အဘွား
 ၄၉။ အမည်
 ၅၀။ အဘွား
 ၅၁။ အမည်
 ၅၂။ အဘွား
 ၅၃။ အမည်
 ၅၄။ အဘွား
 ၅၅။ အမည်
 ၅၆။ အဘွား
 ၅၇။ အမည်
 ၅၈။ အဘွား
 ၅၉။ အမည်
 ၆၀။ အဘွား
 ၆၁။ အမည်
 ၆၂။ အဘွား
 ၆၃။ အမည်
 ၆၄။ အဘွား
 ၆၅။ အမည်
 ၆၆။ အဘွား
 ၆၇။ အမည်
 ၆၈။ အဘွား
 ၆၉။ အမည်
 ၇၀။ အဘွား
 ၇၁။ အမည်
 ၇၂။ အဘွား
 ၇၃။ အမည်
 ၇၄။ အဘွား
 ၇၅။ အမည်
 ၇၆။ အဘွား
 ၇၇။ အမည်
 ၇၈။ အဘွား
 ၇၉။ အမည်
 ၈၀။ အဘွား
 ၈၁။ အမည်
 ၈၂။ အဘွား
 ၈၃။ အမည်
 ၈၄။ အဘွား
 ၈၅။ အမည်
 ၈၆။ အဘွား
 ၈၇။ အမည်
 ၈၈။ အဘွား
 ၈၉။ အမည်
 ၉၀။ အဘွား
 ၉၁။ အမည်
 ၉၂။ အဘွား
 ၉၃။ အမည်
 ၉၄။ အဘွား
 ၉၅။ အမည်
 ၉၆။ အဘွား
 ၉၇။ အမည်
 ၉၈။ အဘွား
 ၉၉။ အမည်
 ၁၀၀။ အဘွား

Low voltage selectivity

Coordination types cross comparison

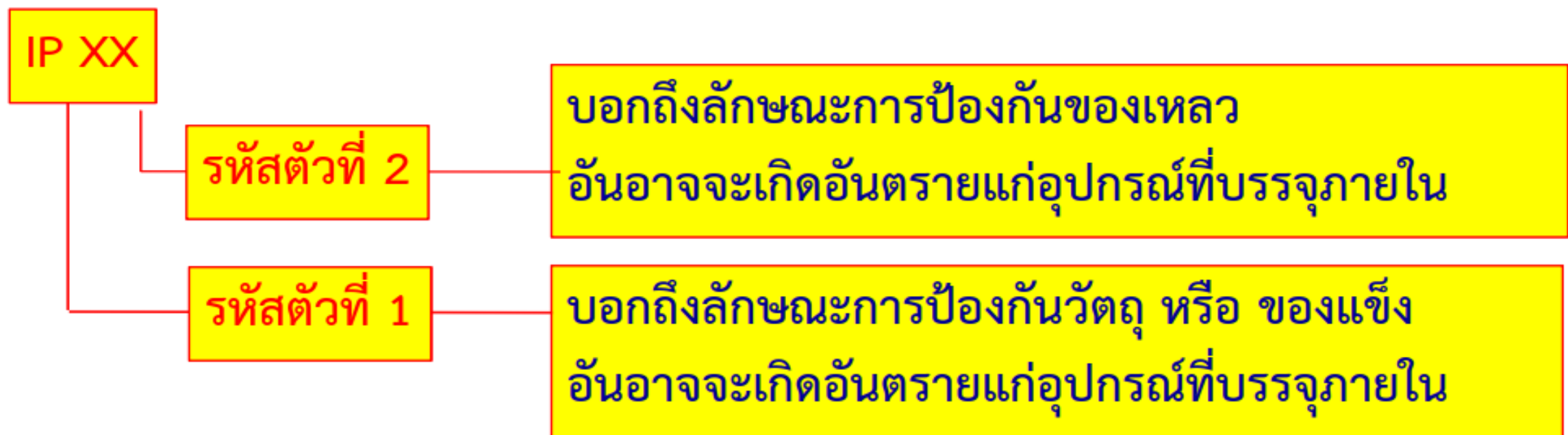
	Back-up	Current	Time current	Energy	Zone
Feasibility	😊	😊	😊	😊	😊
Discrimination Study	😞	😊	😊	😊	😊
Selectivity limit	😞	😞	😊	😊	😊
Nr of selectivity levels	😞	😞	😊	😊	😊
Tripping speed	😊	😊	😞	😊	😊
Thermal stress on the plant	😊	😞	😞	😊	😊
Service quality	😞	😊	😊	😊	😊
Safety	😊	😊	😊	😊	😊
System cost	😊	😊	😊	😊	😞
Plant cost	😊	😊	😞	😊	😊

ระดับการป้องกันของ สิ่งก่อหุ้มบริภัณฑ์

มาตรฐานระดับการป้องกันของสิ่งหล่อหุ้มบริภัณฑ์

IP(Ingress of Protection) คืออะไร

คือความสามารถในการกันของเหลว กับวัตถุ (ของแข็ง) ของอุปกรณ์
ตามมาตรฐาน IEC 60529 หรือ มอก.513-2553



IP [Ingress Protection] Code

IEC 60529 or มอก. 513-2553

พิภคการกันน้ำกันฝุ่น



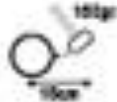
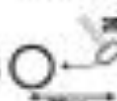
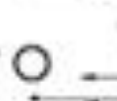
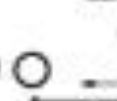
Indeed Academy
Indeed Intelligence

การแบ่งระดับการป้องกัน IP (Ingress Protection) Code เป็นไปตามมาตรฐาน DIN 40050/1980 และ IEC 529

รหัสตัวที่ 1	บอกถึงลักษณะการป้องกันฝุ่นอันอาจจะเกิดอันตรายแก่อุปกรณ์ที่บรรจุภายใน	รหัสตัวที่ 2	บอกถึงลักษณะการป้องกันของเหลวอันอาจจะเกิดอันตรายแก่อุปกรณ์ที่บรรจุภายใน
รหัสหมายเลข	รายการ	รหัสหมายเลข	รายการ
0	ไม่มีการป้องกัน No Protection	0	ไม่มีการป้องกัน No Protection
1 	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 50 มม. เข้าไปได้ Large foreign bodies, diameter greater than or equal to 50 mm.	1 	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาจากด้านบนได้ Vertically falling drops of water
2 	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 12 มม. เข้าไปได้ Medium-size foreign bodies, diameter greater than or equal to 12 mm.	2 	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาจากด้านบนและด้านข้างที่ทำมุมกับแนวตั้งไม่เกิน 15 องศาได้ Obliquely falling drops of water up to 15° towards vertical
3 	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 มม. เข้าไปได้ Small foreign bodies, diameter greater than or equal to 2.5 mm.	3 	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาจากด้านบนและด้านข้างที่ทำมุมกับแนวตั้งไม่เกิน 60 องศาได้ Spray water up to 60° towards vertical
4 	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 1 มม. เข้าไปได้ Grain-shaped foreign bodies, diameter greater than or equal to 1 mm.	4 	สามารถป้องกันหยดน้ำหรือน้ำที่สาดมาจากทุกทิศทุกทาง Splash water from all sides
5 	สามารถป้องกันฝุ่นได้ Dust deposit	5 	สามารถป้องกันการฉีดน้ำจากทุกทิศทุกทาง Jets of water
6 	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์แบบ Ingress of dust	6 	สามารถป้องกันคลื่นน้ำทะเลและการฉีดน้ำอย่างแรง Power jets of water
		7 	สามารถป้องกันอันตรายจากน้ำท่วมชั่วคราวได้ Partial immersion
		8 	สามารถป้องกันอันตรายจากน้ำท่วมได้อย่างถาวร Immersion



ระดับการป้องกันของสิ่งห่อหุ้มบริภัณฑ์

First Digit		Second Digit		Third Digit	
0	No protection	0	No protection	0	No protection
1	Protection against solid matter of 50 mm diameter or greater	1 	Protected against vertically falling water drops	1 	Shockproof to 0.225 joules
2	Protection against solid matter of 12 mm diameter or greater	2	Protected against vertically falling water drops when enclosed tilted up to 15°	2 	Shockproof to 0.375 joules
3	Protection against solid matter of 2.5 mm diameter or greater	3 	Protected against water falling up to 60° off the vertical	3 	Shockproof to 0.5 joules
4	Protection against solid matter of 1 mm diameter or greater	4 	Protected against water falling from all directions	5 	Shockproof to 2 joules
5 	Dustproof	5 	Protected against water falling from all directions	7 	Shockproof to 6 joules
6 	Dust tight	6 	Protected against powerful water jets	9 	Shockproof to 20 joules
		7 	Protected against immersion		
		8 	Protected against prolonged immersion under pressure (depends on condition)		

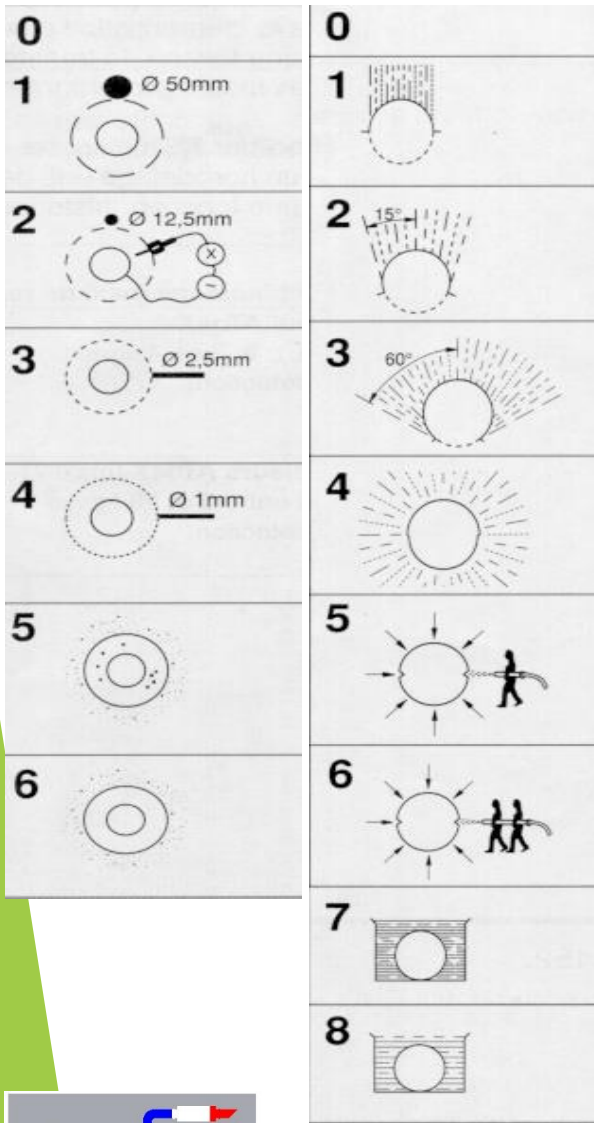
Note : 1 J = 10.2 kgf-cm

IP

In case of only protection of persons is needed, the 2 IP digits are replaced by x. Example: IPxxB.

■ Additional letter (optional): protection of persons against contact with live parts:

- A: protect against access of the back of the hand
- B: protect against access of fingers $\varnothing$ 12 mm
- C: protect against access of a tool $\varnothing$ 2.5 mm
- D: protect against access of a tool $\varnothing$ 0.1 mm.



Enclosure		IEC Type							
		IP23	IP30	IP32	IP55	IP64	IP65	IP66	IP67
NEMA TYPE	1	●							
	2		●						
	3					●			
	3R			●					
	3S					●			
	4							●	
	4X							●	
	6								●
	12				●				
	13						●		

End.

ขอขอบคุณข้อมูล

นายวิเชียร บุษยบัณฑูร

ที่ปรึกษาสมาคมผู้ตรวจสอบอาคาร

ABB

Schneider
Electric



P.M.K. GROUP

EXCLUSIVE DISTRIBUTOR OF PREMIUM
ELECTRICAL PRODUCTS AND INSTRUMENTS

PoweRADE
Your Electrical Solutions