ISO 9001:2008
CERTIFIED

การออกแบบเบื้องต้นสำหรับผู้ควบคุมงานสนาม (ไฟฟ้า)

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Circuit Breaker

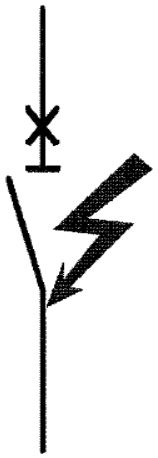
โดย

นายอนิรุทธ์ พิมพ์บุตร

(ฝ่ายวิศวกรรม)

วันเสาร์ที่ 14 พฤศจิกายน 2552

CIRCUIT BREAKER คืออะไร ?



" อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดวงจรได้ภายใต้สภาพวงจรไฟฟ้าปรกติ และสามารถตัดกระแสได้โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปรกติทางไฟฟ้า เช่น การใช้โหลดเกิน (Overload) และการลัดวงจรไฟฟ้า (Short circuit) เป็นต้น"

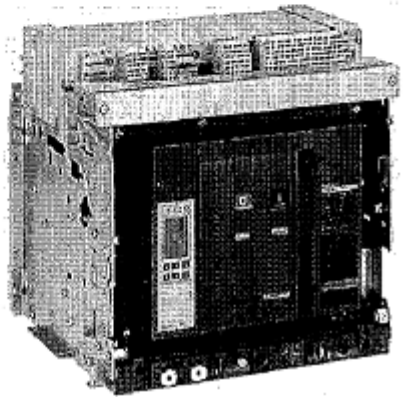
(นิยามตามมาตราฐาน IEC947-2)

ชนิดของเซอร์กิตเบรคเกอร์แรงต่ำ (< 1000 V)

1. MCB - Miniature Circuit Breaker
0.5-125A

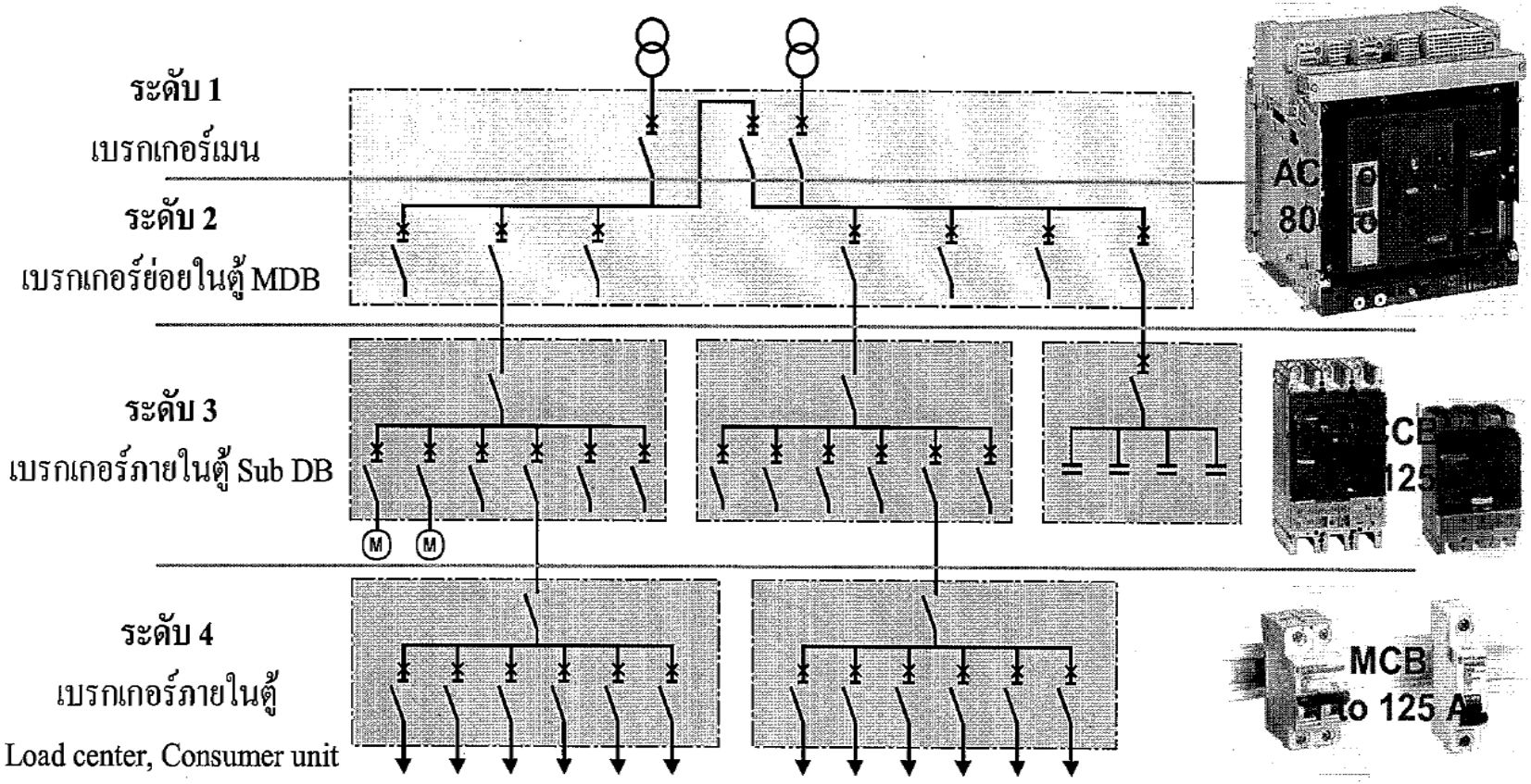
2. MCCB - Molded Case Circuit Breaker
15-3200A

3. ACB - Air Circuit Breaker
800-6300A



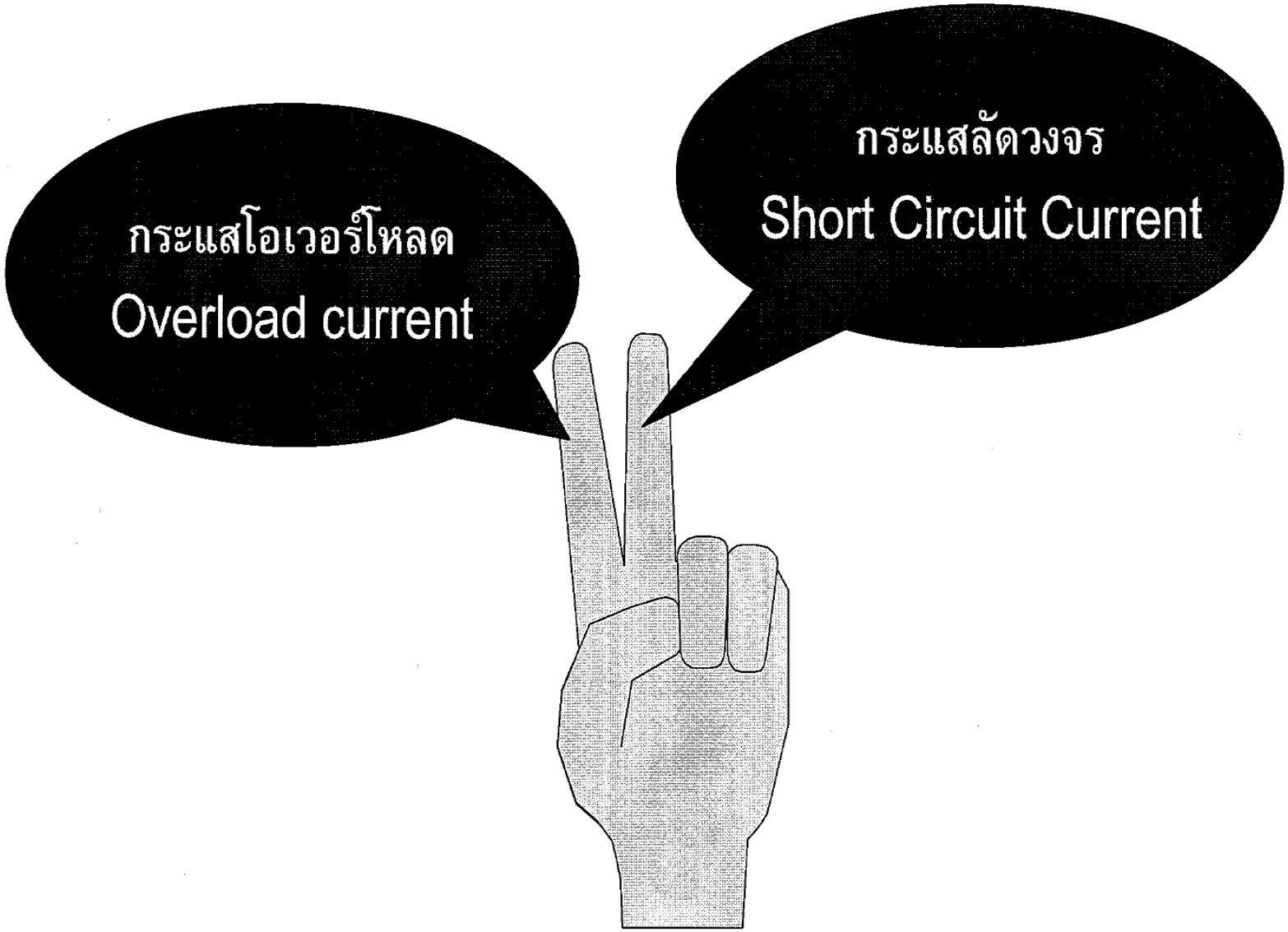
บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

โครงสร้างของระบบไฟฟ้า



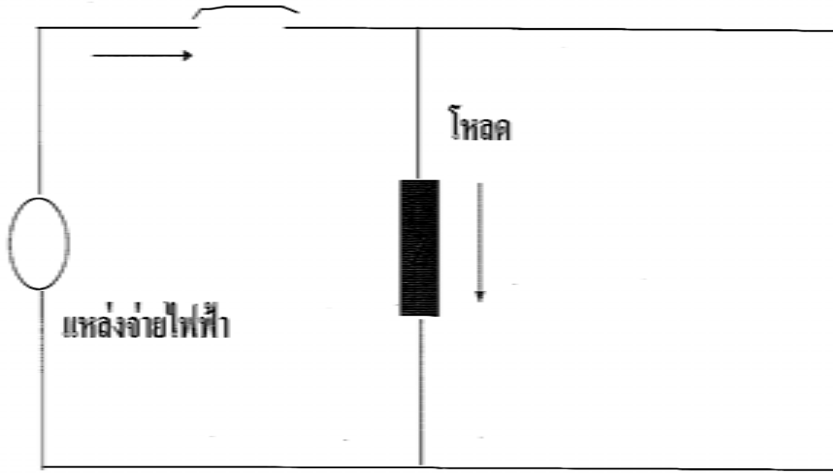
โหลด-LOAD

กระแสเกินแบ่งได้ 2 ประเภท



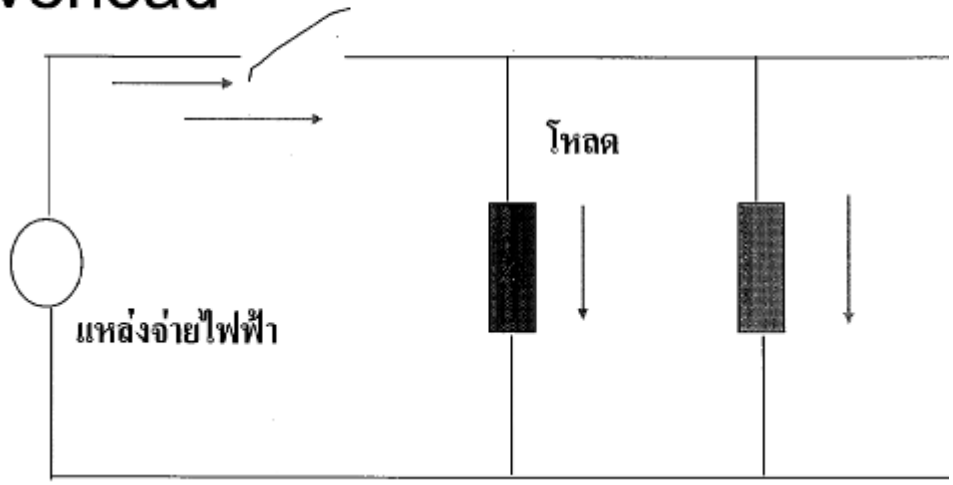
ภาวะปรกติ

Normal



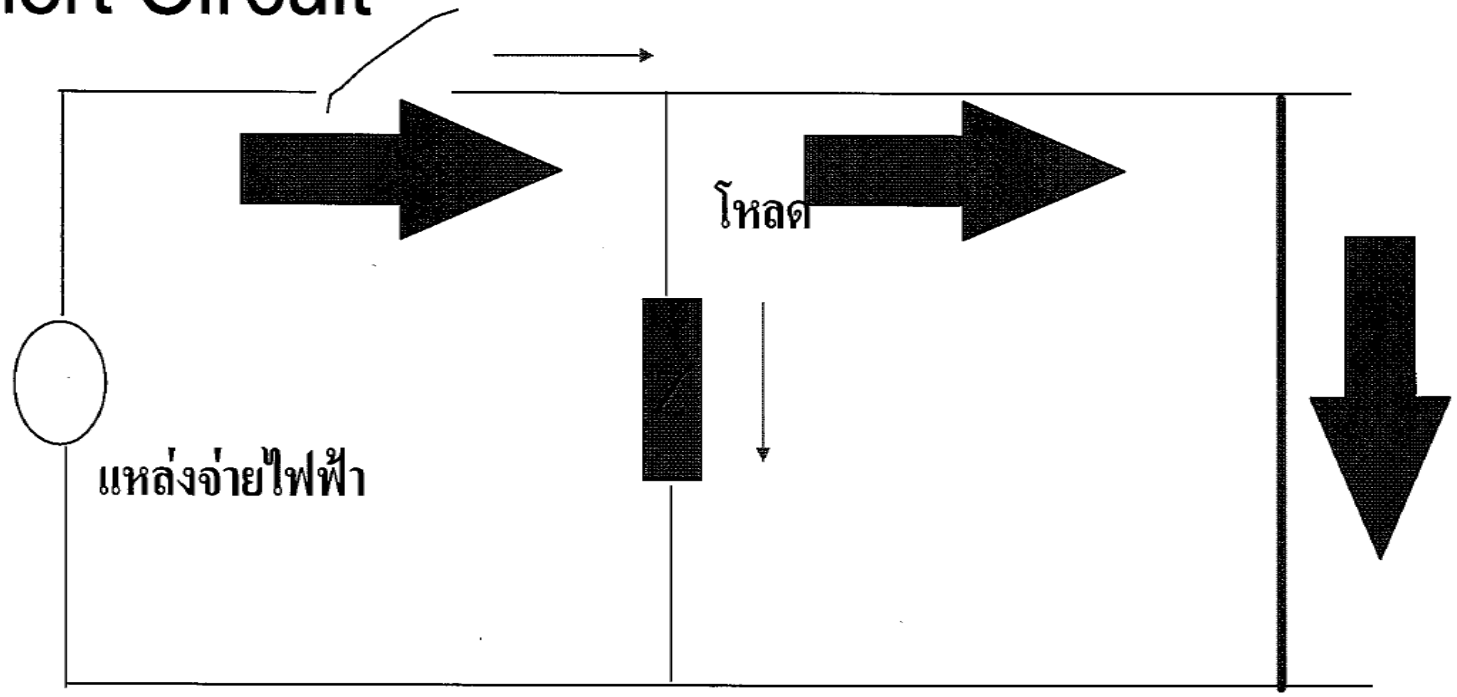
ภาวะโอเวอร์โหลด

Overload



ภาวะกระแสลัดวงจร

Short Circuit



หลักการที่ Circuit Breaker ใช้ในการตรวจจับและตัดกระแสเกิน

แบ่งได้เป็น 2 หลักการคือ....

- **Thermal-Magnetic trip unit**
- **Electronic trip unit**

Thermal-Magnetic trip unit

การตัดวงจรโดยอาศัยผลทางความร้อน และสนามแม่เหล็ก

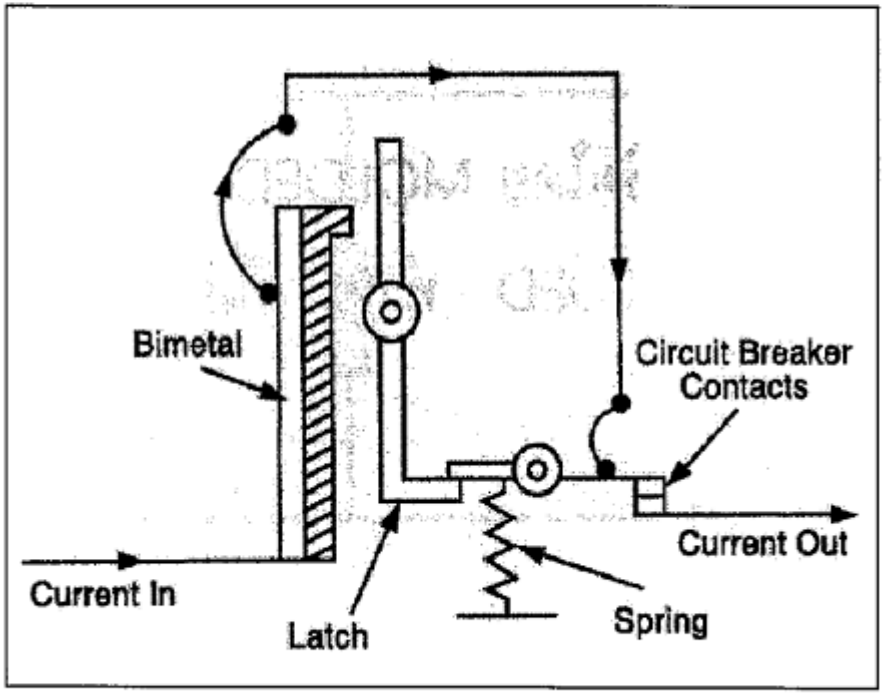
ประกอบด้วยอุปกรณ์ปลดวงจร 2 ส่วน

1. **Thermal Unit.** (ทำหน้าที่ป้องกัน **Overload**)
2. **Magnetic Unit.** (ทำหน้าที่ป้องกัน **Short Circuit**)

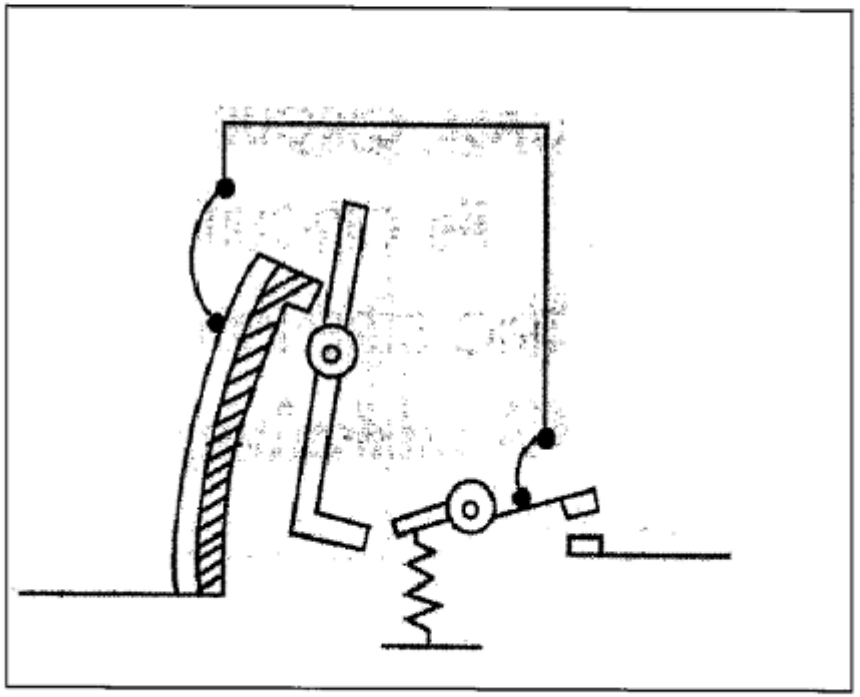
บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

Thermal-Magnetic trip unit

■ หลักการทำงานของกลไกที่ใช้ผลทางความร้อน (**Thermal unit**)



ภาวะปรกติ

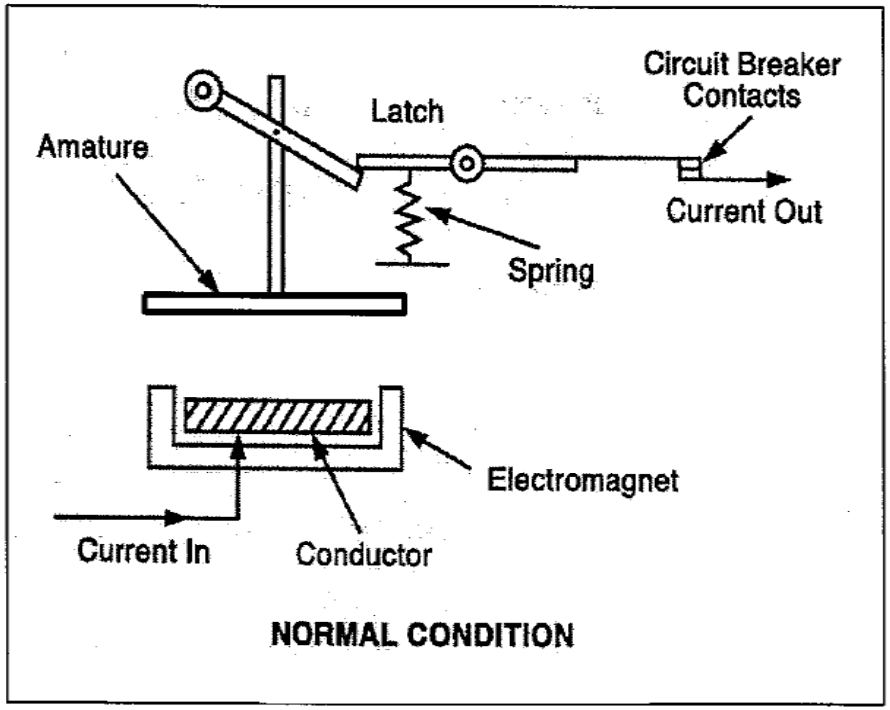


ภาวะเกิดกระแสเกิน (**Overload**)

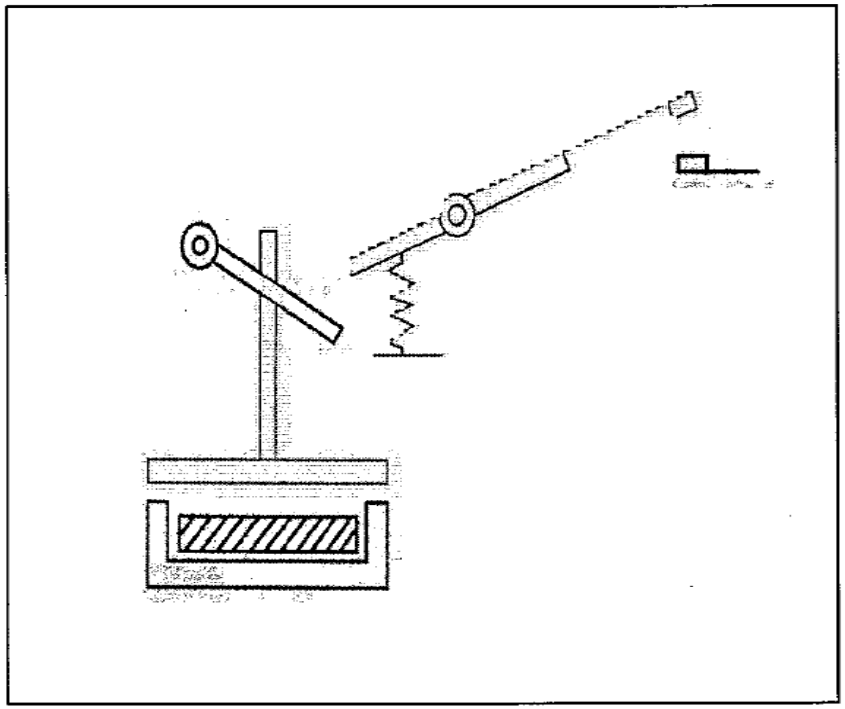
บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

Thermal-Magnetic trip unit

■ หลักการทำงานของกลไกที่ใช้ผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic unit)

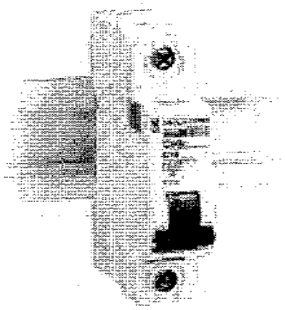


ภาวะปรกติ



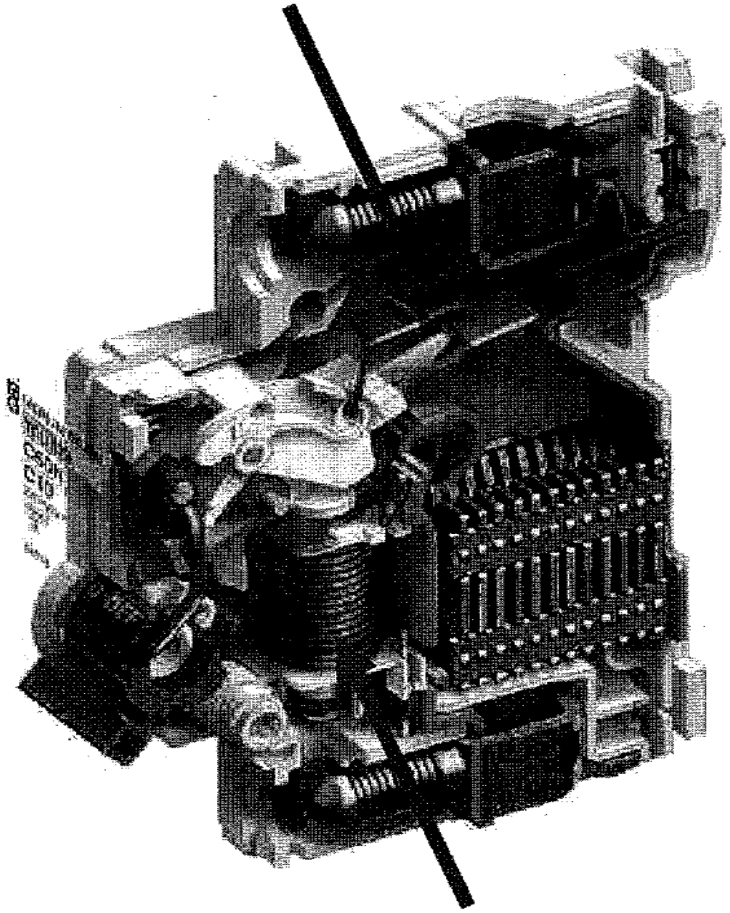
ภาวะเกิดกระแสลัดวงจร Short circuit

ของจริง...



เบรกเกอร์ MCB รุ่น multi 9

ส่วนป้องกันโอเวอร์โหลด

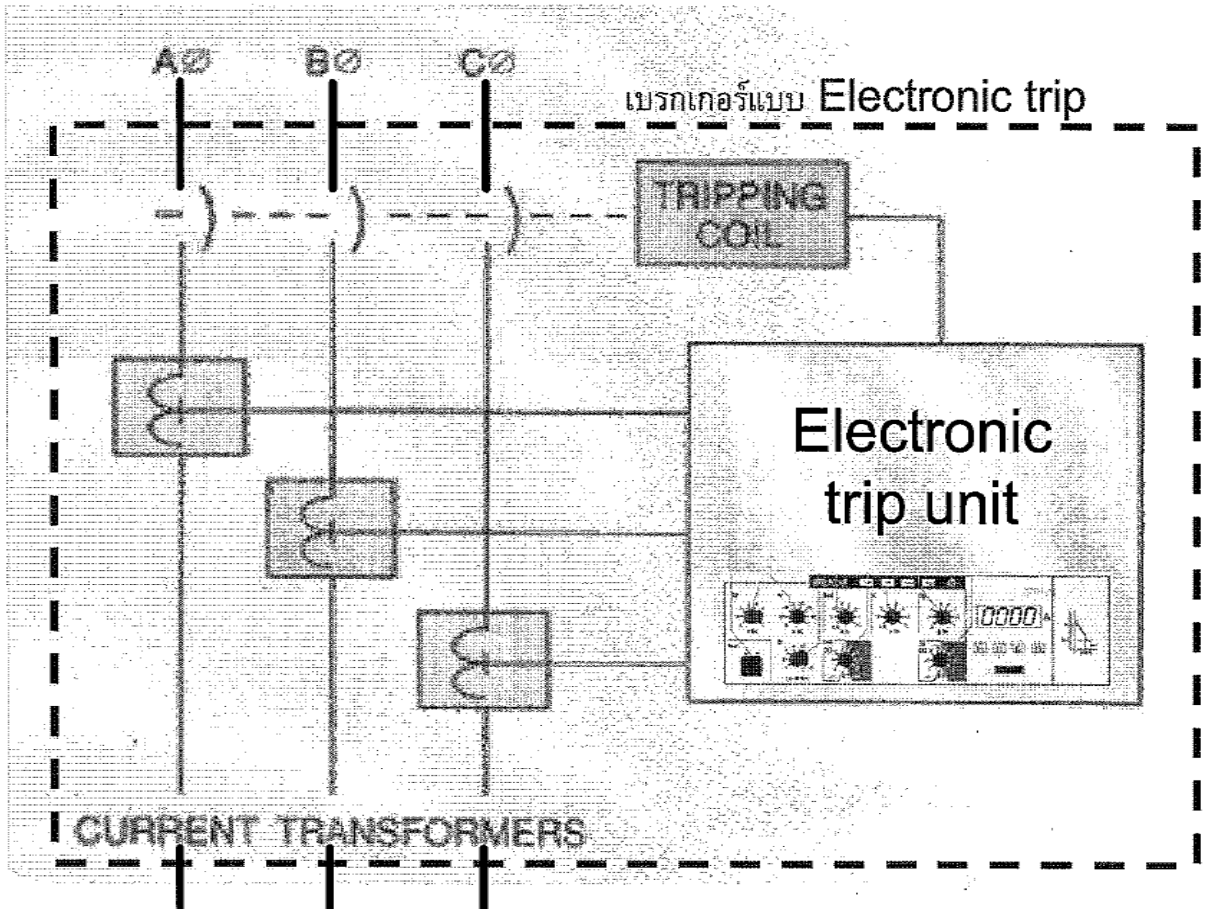


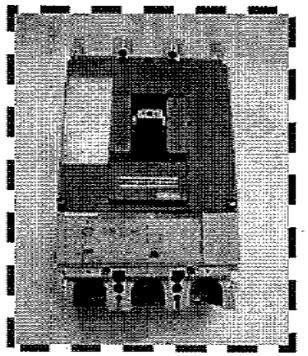
ส่วนป้องกันกระแสลัดวงจร

Electronic trip unit

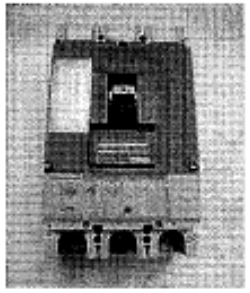
"ใช้ CT ภายในตัวเบรคเกอร์ และวงจรอิเลคทรอนิค ในการคำนวณค่ากระแส"

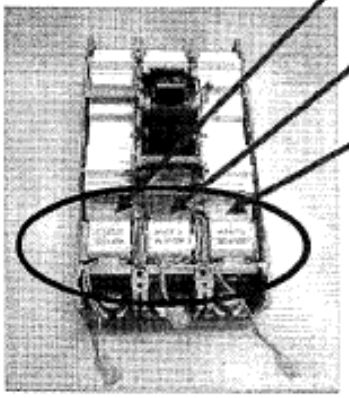
Electronic trip unit

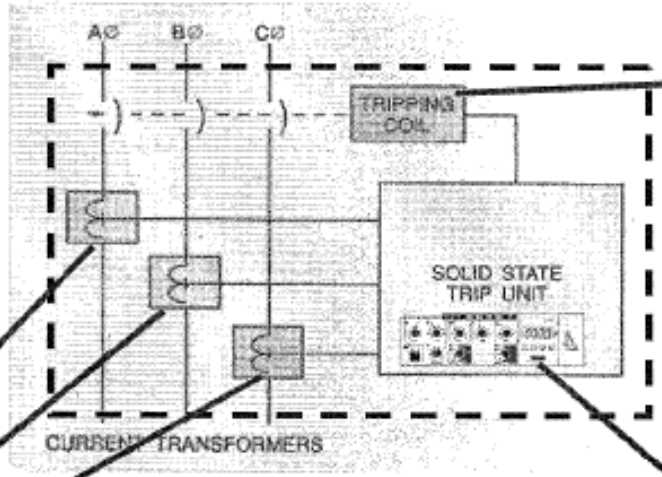


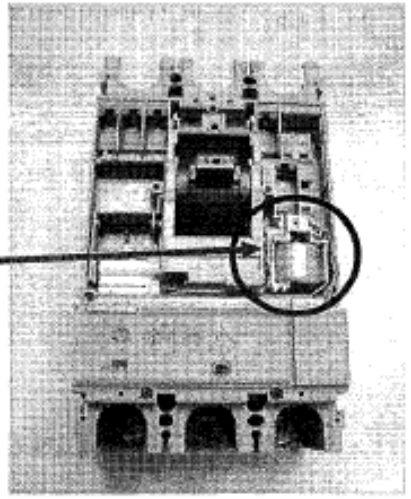


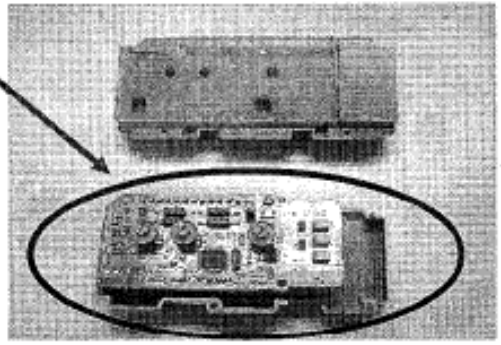
ของจริง...






AØ
BØ
CØ
TRIPPING COIL
SOLID STATE TRIP UNIT
CURRENT TRANSFORMERS



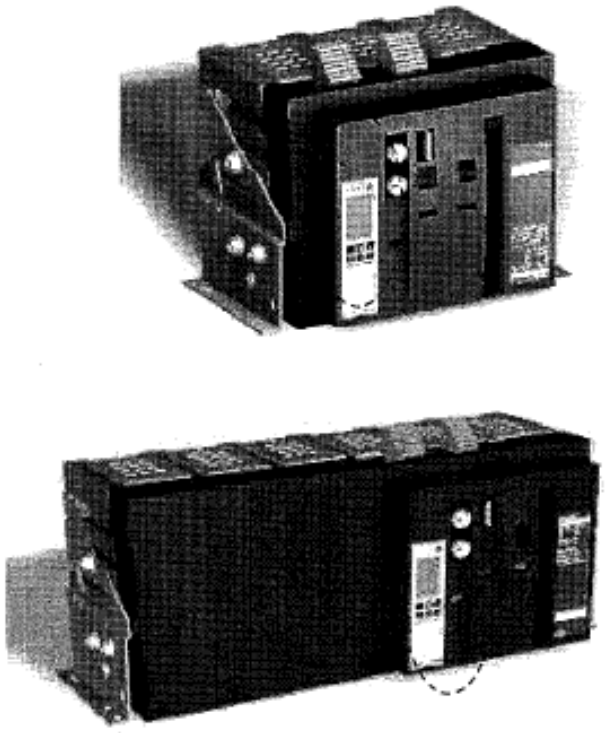


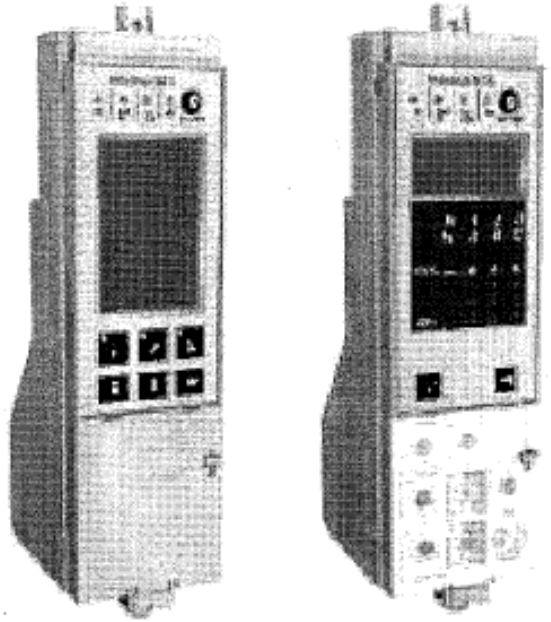
Electronic trip unit

ข้อดีของ Electronic trip unit

- สามารถปรับระดับกระแสทริปได้ละเอียดกว่า รวมทั้งสามารถปรับค่าหน่วงเวลาได้ (time delay)
- มี **Fault indicator** แสดงสาเหตุการปลดวงจร
- มี **Pre-trip alarm** เตือน เมื่อเบรคเกอร์ใกล้จะเกิดการทริป เนื่องจากปริมาณกระแสใช้งาน ใกล้เคียงกับพิกัดกระแสโอเวอร์โหลด
- มีฟังก์ชั่นของแอมมิเตอร์ เพาเวอร์มิเตอร์ บางรุ่นสามารถวัดฮาร์โมนิคได้

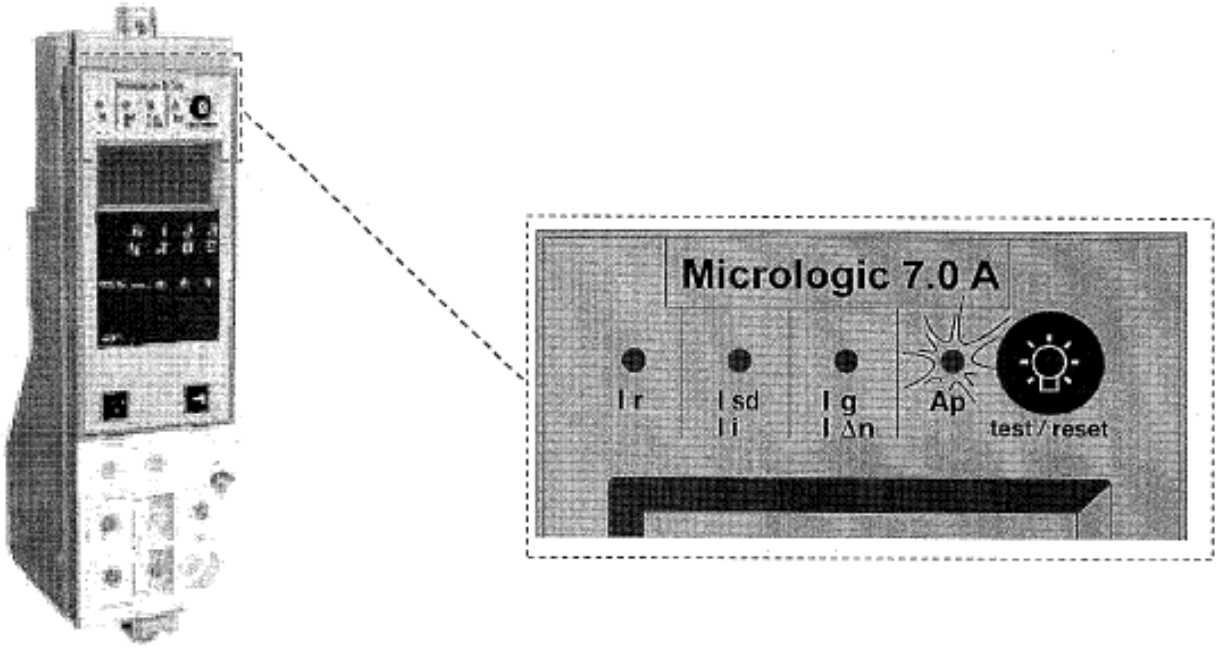
ACB with electronic trip unit



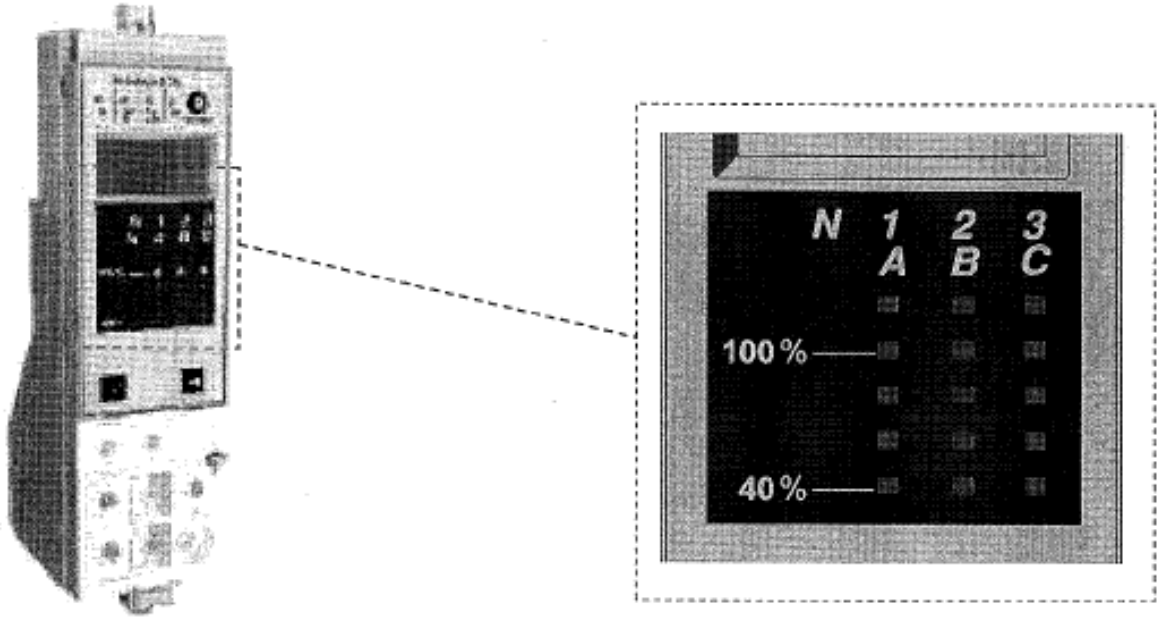


Micrologic trip unit

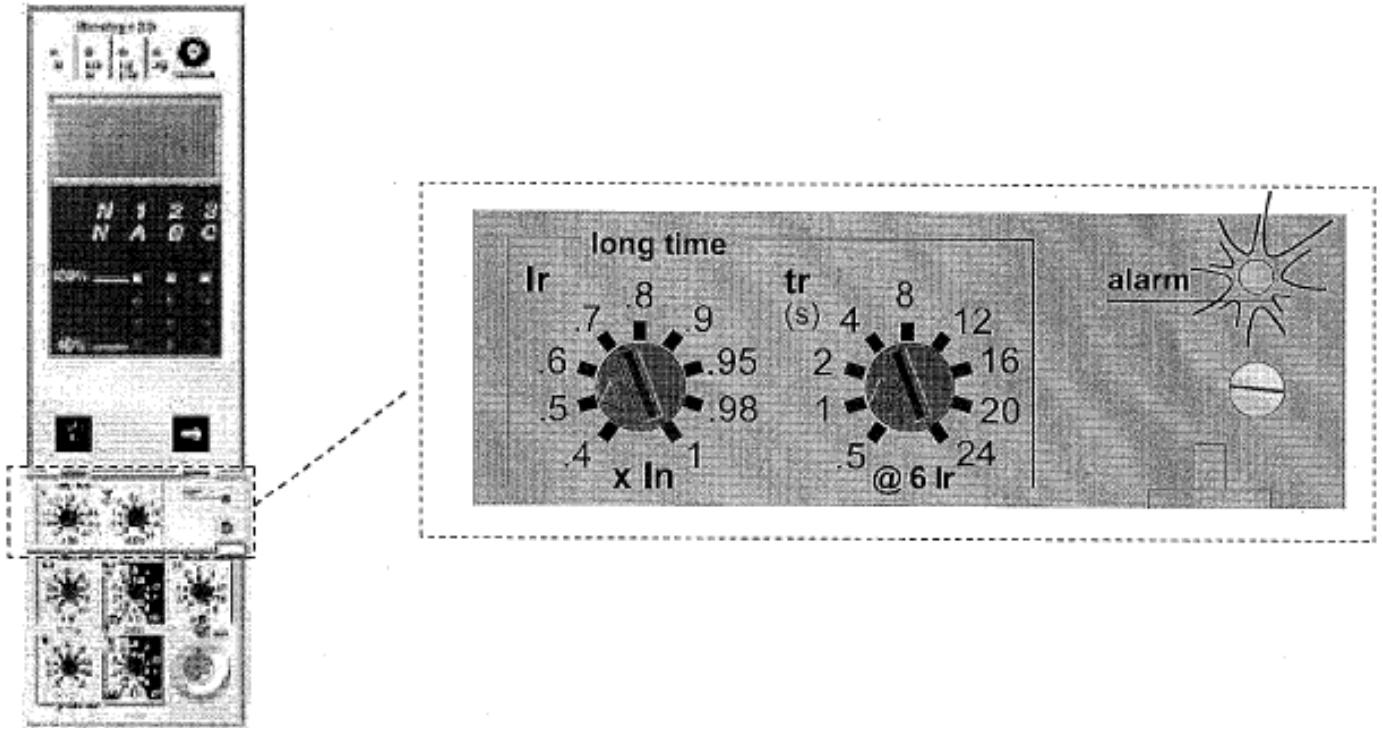
Fault Indicator



Ammeter



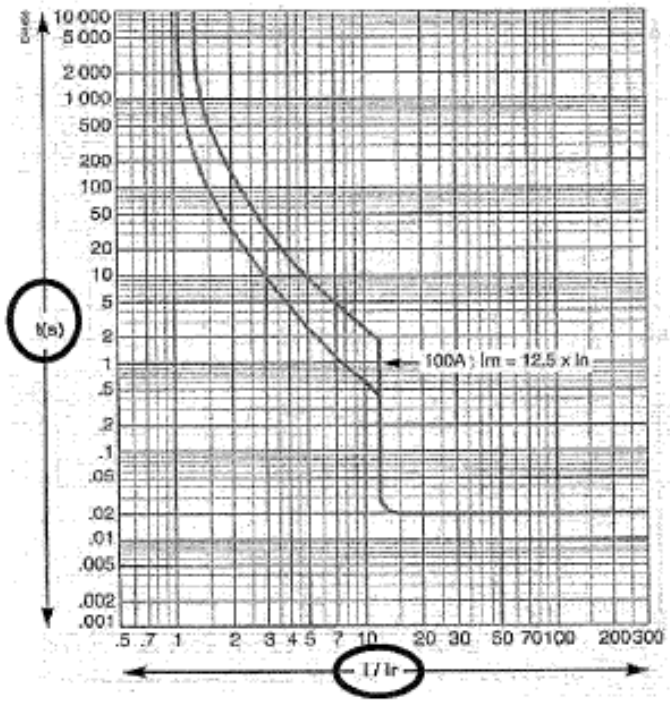
Pre-trip alarm



Tripping Curves
กราฟแสดงการทำงานของเบรกเกอร์

- **<u>เวลา</u>** ในการตัดวงจรของเบรกเกอร์ (Tripping time) แสดงเวลาในการตัดวงจร มีหน่วยเป็นวินาที อยู่ในแนวแกนตั้งของกราฟ

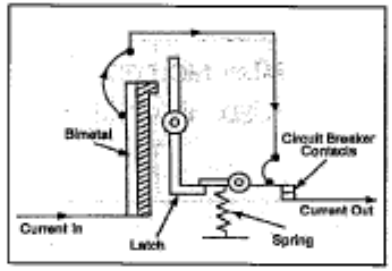
- ปริมาณ **<u>กระแส</u>** ที่ไหลผ่านเบรกเกอร์ แสดงปริมาณกระแสที่ไหลผ่านเบรกเกอร์ โดยกราฟจะ **แสดงเป็นจำนวนเท่าของค่าแอมป์ทริป**ของเบรกเกอร์ มีหน่วยเป็นแอมป์ อยู่ในแนวแกนนอนของกราฟ

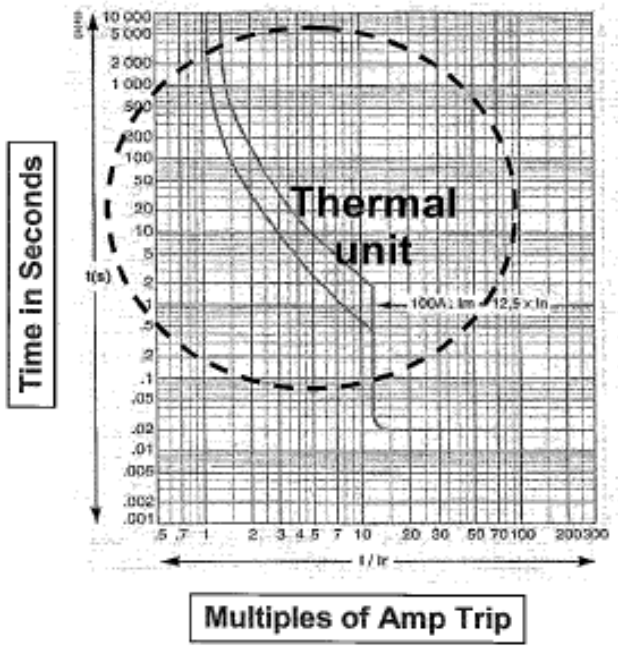


บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

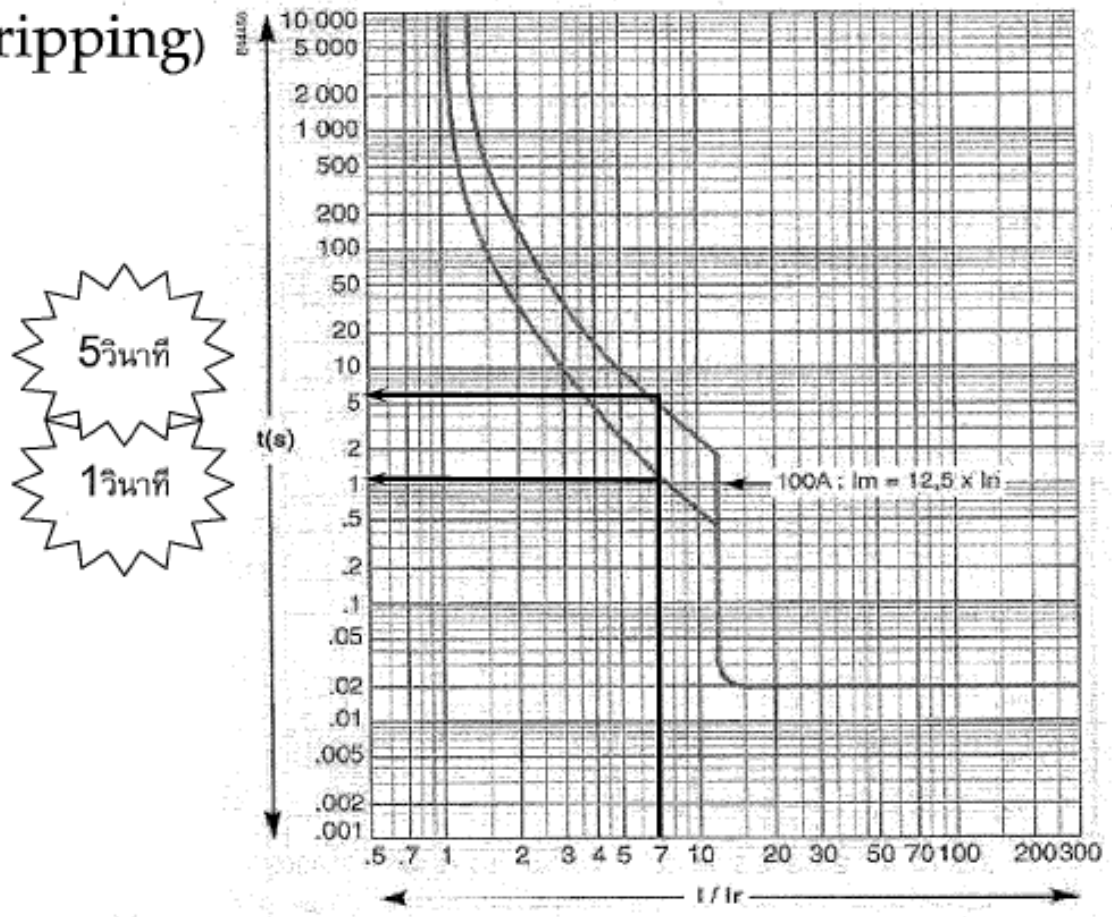
การตัดวงจรโดยอาศัยผลทางความร้อน (Thermal Tripping)

- เส้นกราฟจะอยู่ช่วงบนซ้ายของกราฟ
- ระดับกระแสที่เบรกเกอร์ทำงานจะอยู่ระหว่าง 1-10 เท่าของค่าแอมป์ทริป
- แผ่น bimetal จะทำงาน (โก่งงอ) เมื่อกระแสเกินไหลผ่าน แล้วทำให้เกิดความร้อน
- กระแสยิ่งไหลผ่านมากเท่าไร เบรกเกอร์ยิ่งตัดวงจรเร็วมากขึ้นเท่านั้น



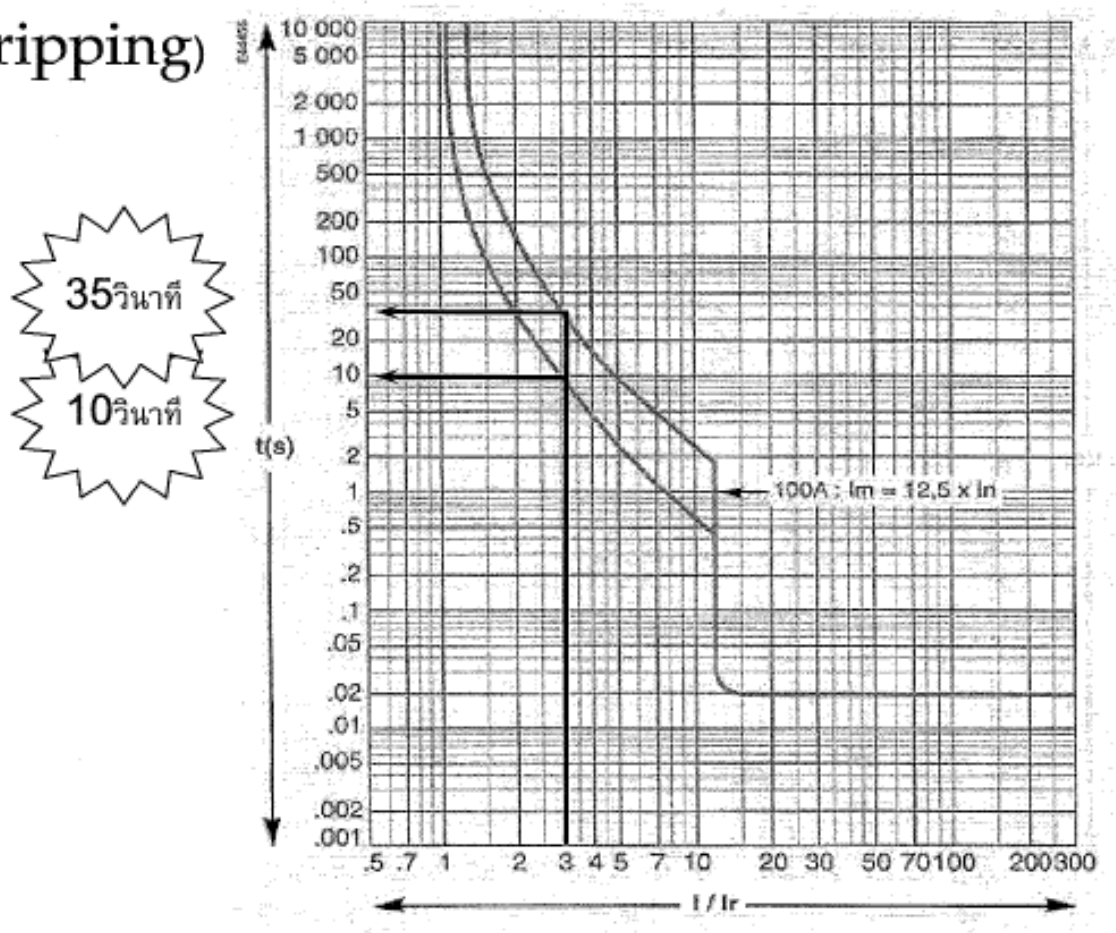


การตัดวงจรโดยอาศัยผลทางความร้อน
(Thermal Tripping)



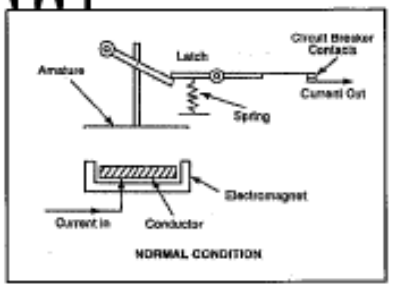
การตัดวงจรโดยอาศัยผลทางความร้อน

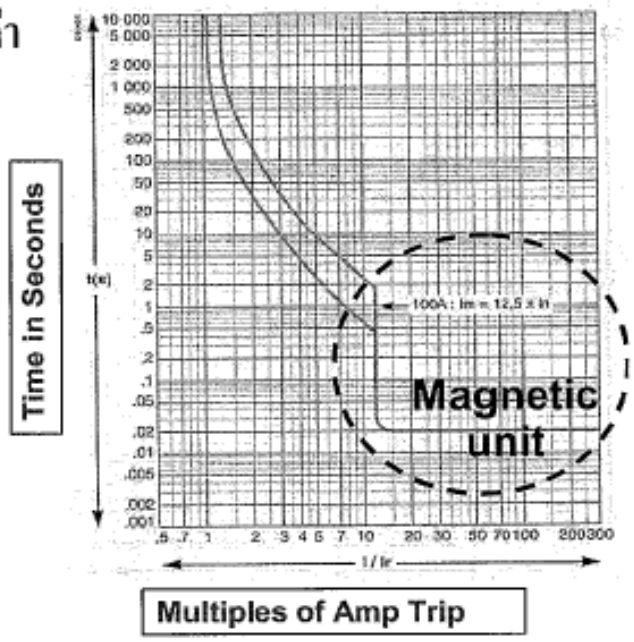
(Thermal Tripping)



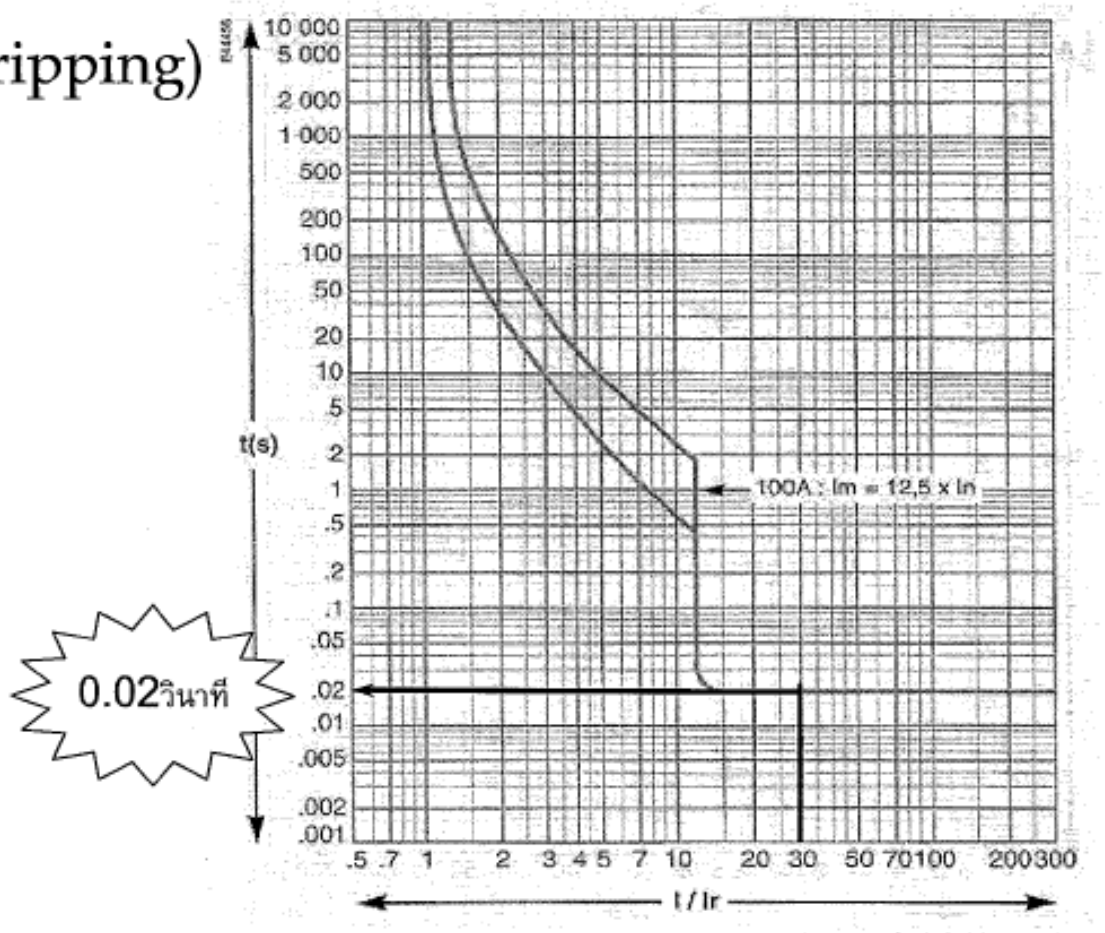
การตัดวงจรโดยอาศัยผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic tripping)

- เส้นกราฟแสดงอยู่บริเวณทางขวาด้านล่าง
- ระดับกระแสที่เบรกเกอร์ตัดวงจรจะอยู่ตั้งแต่10 เท่าของค่าแอมป์ทริปขึ้นไป
- สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำงาน เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวเบรกเกอร์
- การตัดวงจรของเบรกเกอร์ จะทำงานทันที ไม่มีการหน่วงเวลา

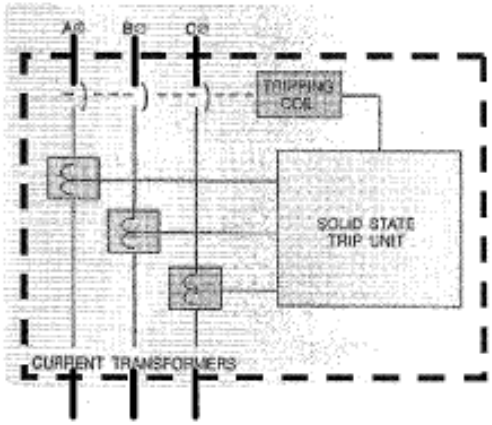


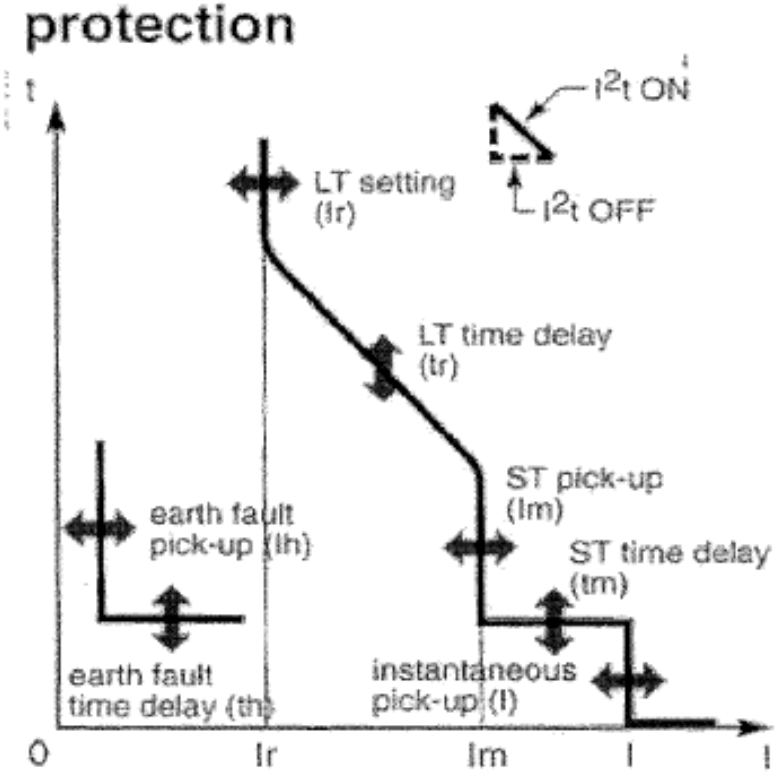


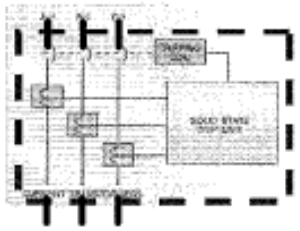
การตัดวงจรโดยอาศัยผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic tripping)



กราฟแสดงการทำงานของเบรกเกอร์ แบบ Electronic trip unit

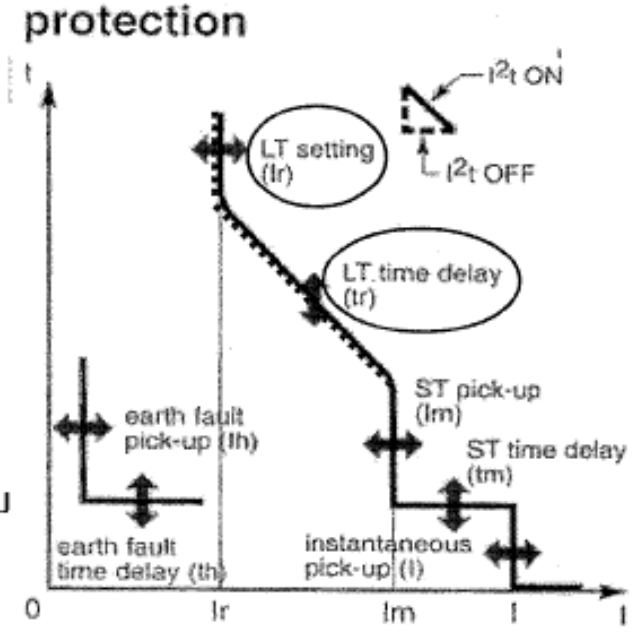


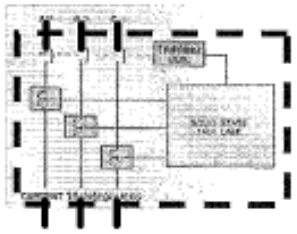




Electronic trip unit

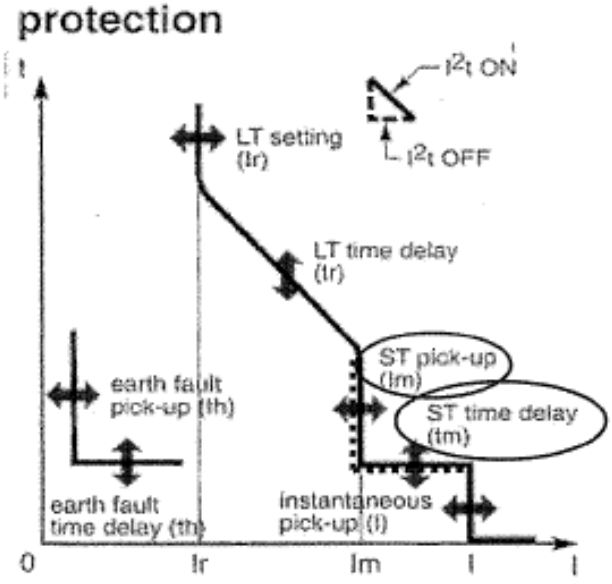
- Long-time setting
  - เป็นการจำลองการทำงานของแผ่น Bimetal ในเบรกเกอร์แบบ Thermal-Magnetic
  - เบรกเกอร์จะทำงานเมื่อเกิด Overload
  - เป็นตัวกำหนดขนาดแอมป์ทริปของเบรกเกอร์
  - ป้องกันความเสียหายของฉนวนสายไฟฟ้า
- Long-time delay
  - ปรับตั้งเวลาในการตัดวงจรของเบรกเกอร์ หลังจากตรวจจับกระแสโอเวอร์โหลดแล้ว

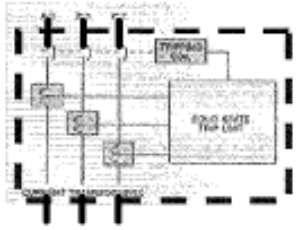




Electronic trip unit

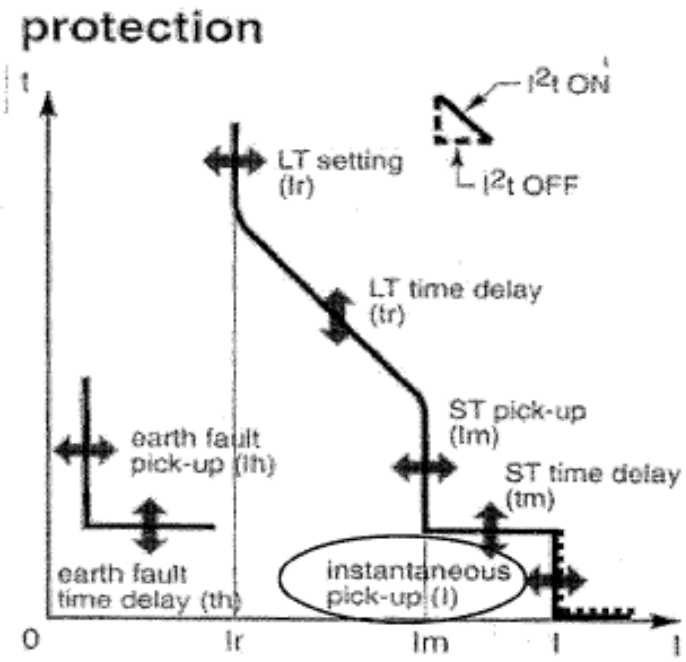
- Short-time pickup
  - ใช้ปรับตั้งปริมาณกระแสลัดวงจร เพื่อประโยชน์ในการทำ Coordination
  - ป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นในระบบ :
    - ป้องกันกระแสสูงๆ ทำลายความเป็นฉนวนของสายไฟฟ้า
    - ป้องกันการหลอมละลายของสายไฟฟ้า
- Short-time delay
  - ปรับตั้งเวลาในการตัดวงจรของเบรกเกอร์ หลังจากตรวจจับกระแสลัดวงจรแล้ว เพื่อประโยชน์ในการทำ Coordination

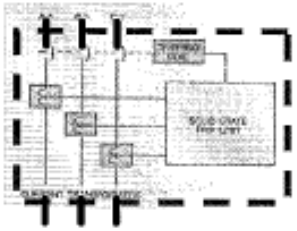




Electronic trip unit

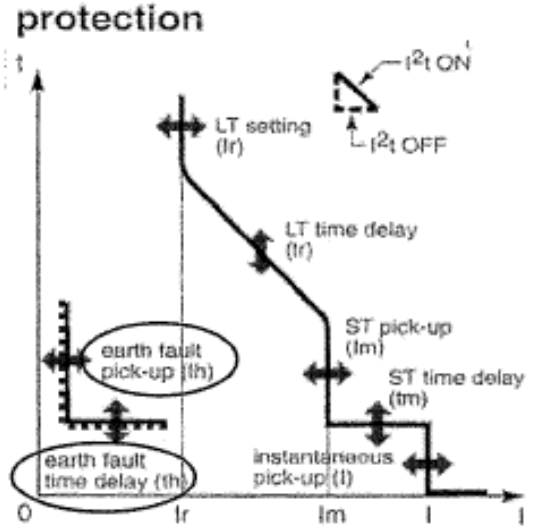
- Instantaneous pickup
  - เป็นการจำลองการทำงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในเบรกเกอร์แบบ Thermal-Magnetic
  - เบรกเกอร์ตัดวงจรทันที ไม่มีการหน่วงเวลา
  - ป้องกันอันตรายอันจะเกิดจากการบิดตัวของตัวนำ (Electrodynamic) หลังจากเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้า





Electronic trip unit

- Ground-fault pickup
  - จุดที่เบรกเกอร์ เริ่มตรวจจับปริมาณกระแสลัดวงจรลงดิน
- Ground-fault delay
  - ปรับตั้งเวลาในการตัดวงจรของเบรกเกอร์ หลังจากตรวจจับกระแสลัดวงจรลงดินแล้ว

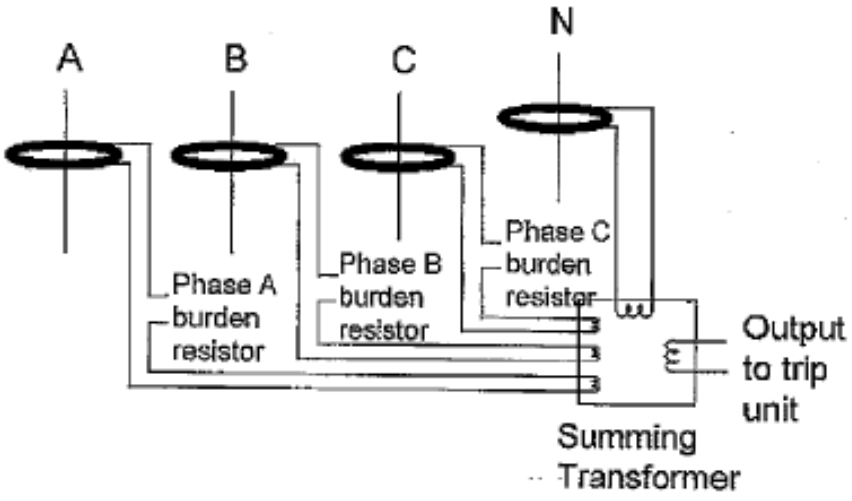


Ground-fault Protection Equipment

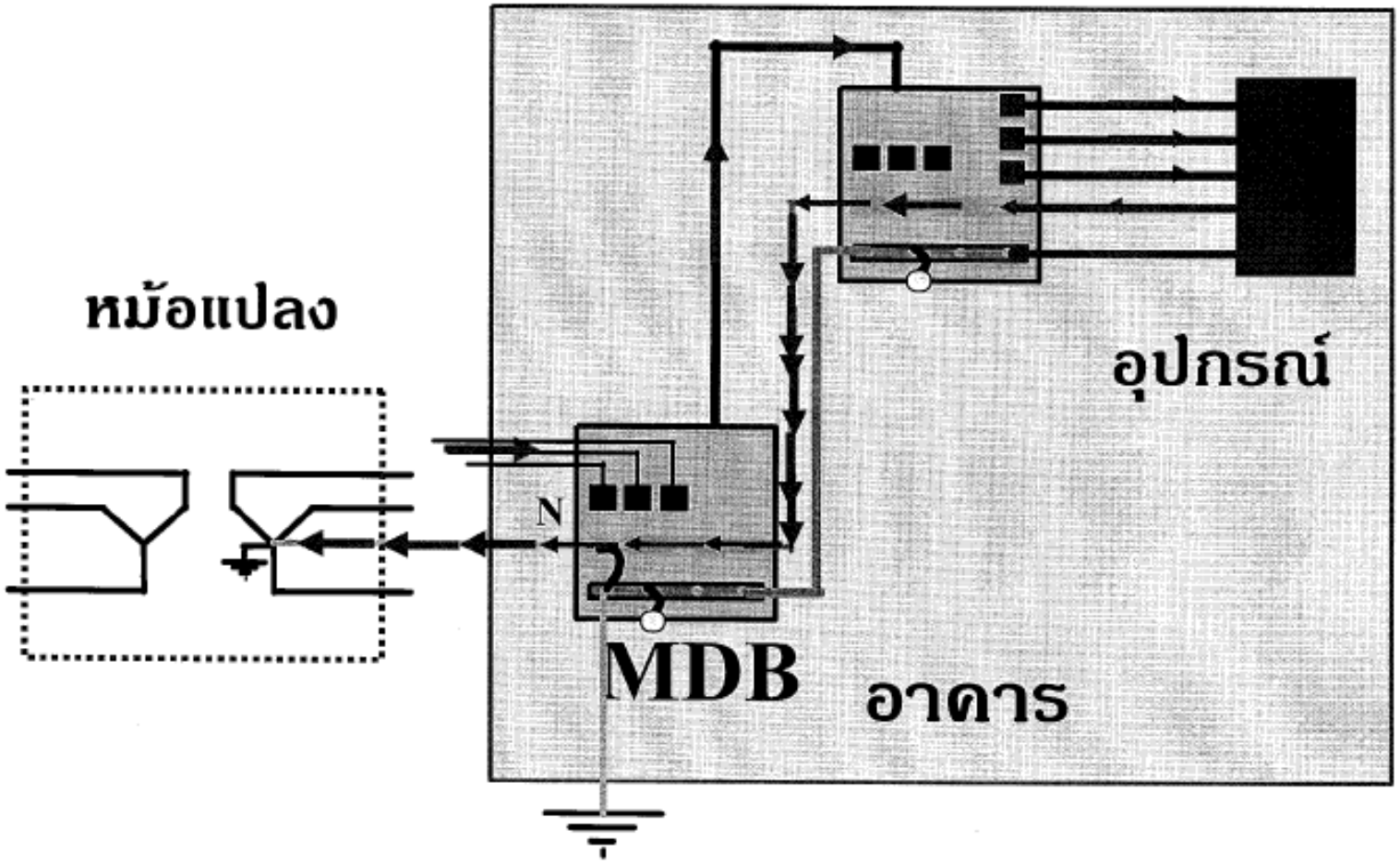
ระบบตรวจจับกระแสลัดวงจรลงดิน (Ground Fault Sensing)

แบบ Residual

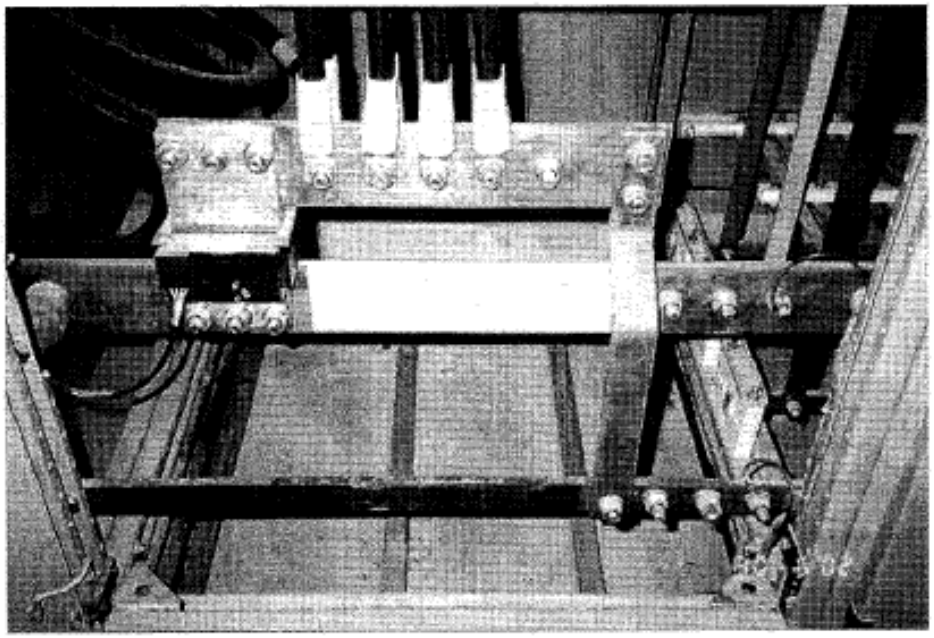
- สายแต่ละเส้นจะถูกตรวจวัดกระแสด้วยหม้อแปลงกระแส (CT) โดยเฟส A, B, C จะติดตั้งในตัวเบรกเกอร์ ส่วนในสายนิวทรัล จะติดตั้งแยกต่างหาก แล้วเดินสายกลับมาที่ตัวเบรกเกอร์



ทำไมต้องมีการต่อลงดินที่ต้นทางที่เดียว



Ground Fault Protection



ศัพท์ต่างๆเกี่ยวกับ Circuit Breaker

- **In - Rated Current**
- **AT (AMP TRIP)**
- **AF (AMP FRAME)**
- **POLE**
- **IC, kA**
- **PUSH TO TRIP**
- **TRIPPING CURVE**
- **Coordination/Discrimination**
- **ACCESSORIES**

Amp Trip (AT)

มักเรียกทับศัพท์ว่า “แอมป์ทริป” (หน่วย : แอมแปร์ A)
หากกระแสที่ไหลผ่านเบรคเกอร์นั้น มีค่าสูงกว่าค่าแอมป์ทริปของเบรคเกอร์ เบรกเกอร์จะตัดวงจร(ทริป)เพื่อป้องกันกระแสเกิน

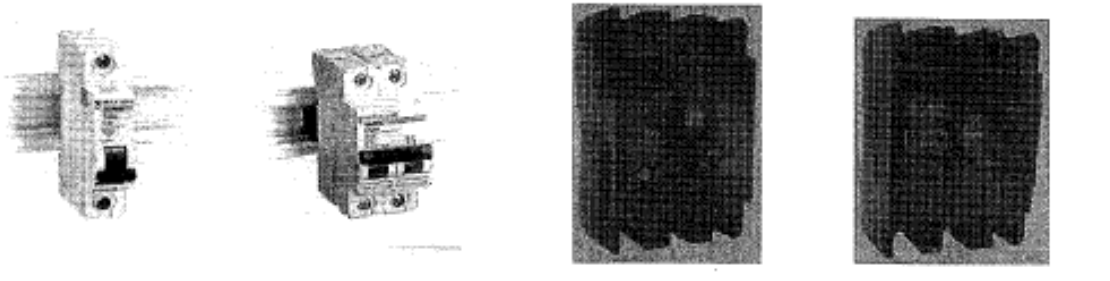
เช่น

เบรคเกอร์ที่มีค่าแอมป์ทริป 100A

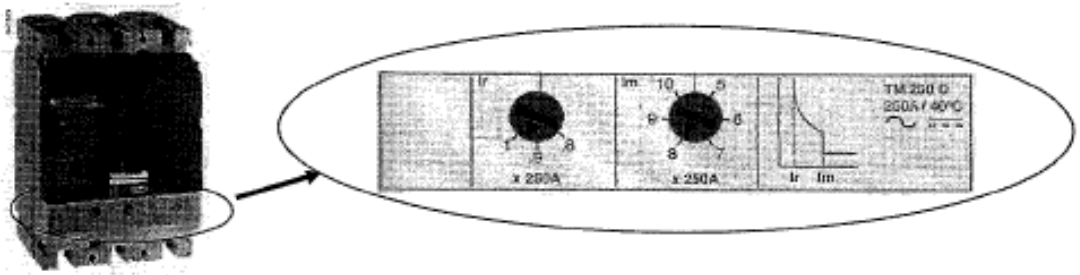
หากมีกระแส 0-100A ไหลผ่าน → เบรกเกอร์จะไม่ทริป
หากมีกระแส 130Aคงที่ ไหลผ่าน → เบรกเกอร์จะทริปภายในเวลา 2 ชั่วโมง
หากมีกระแส 20,000Aไหลผ่าน → เบรกเกอร์จะทริปโดยทันที

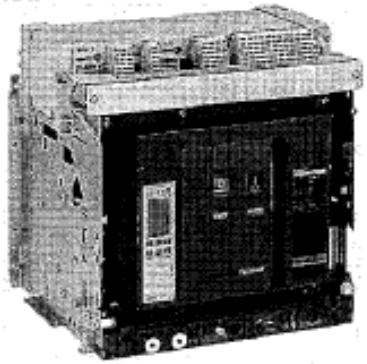
เบรกเกอร์มี 2 ประเภท คือ

1.) เบรคเกอร์แบบที่ปรับค่าแอมป์ทริป**ไม่ได้** - (AT = In พิกัดกระแส)

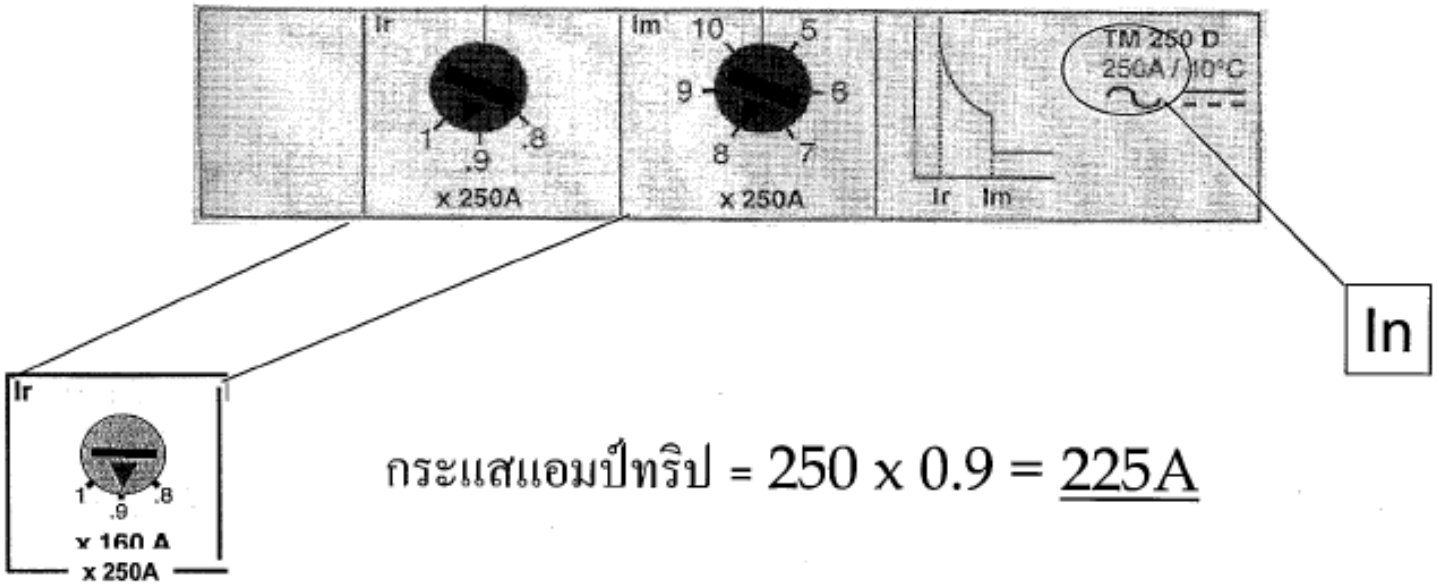


2.) เบรคเกอร์แบบที่ สามารถปรับค่าแอมป์ทริป**ได้**





ตัวอย่าง การปรับกระแสแอมป์ทริป



กระแสแอมป์ทริป = 250 x 0.9 = 225A

หมายเหตุ บางรุ่นสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0.4 ถึง 1 เท่า

Amp Frame (AF)

- “ขนาดกระแสแอมป์ทริปสูงสุดที่เซอร์กิตเบรคเกอร์รุ่นนั้นมีจำหน่าย”

เช่น 30 AT/100 AF

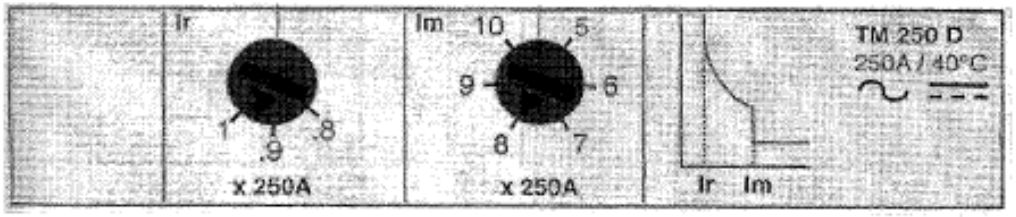
60 AT/100 AF

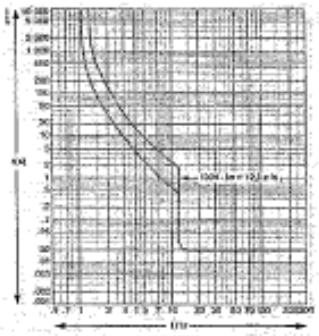
100 AT/100 AF

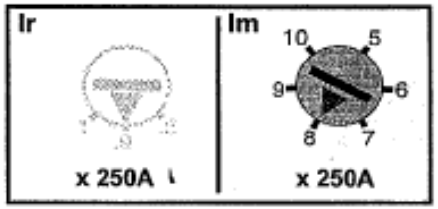
Short circuit protection threshold – Im

(หน่วย : แอมแปร์ A)

คือระดับกระแสที่เบรคเกอร์จะตัดวงจรทันทีไม่มีการหน่วงเวลา เพื่อป้องกันกระแสลัดวงจร



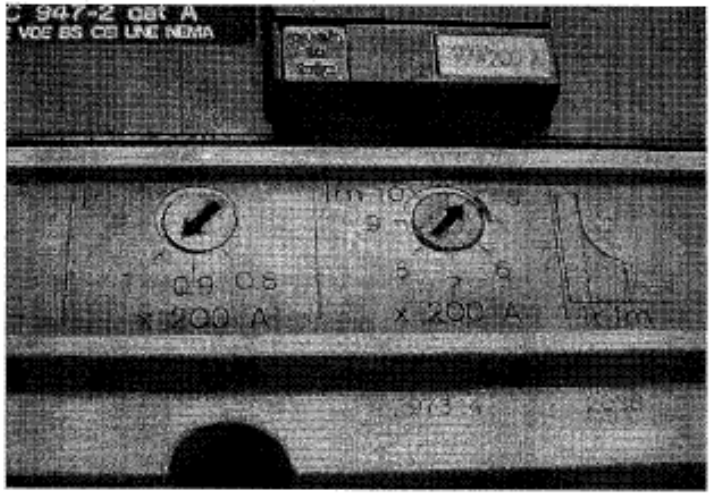




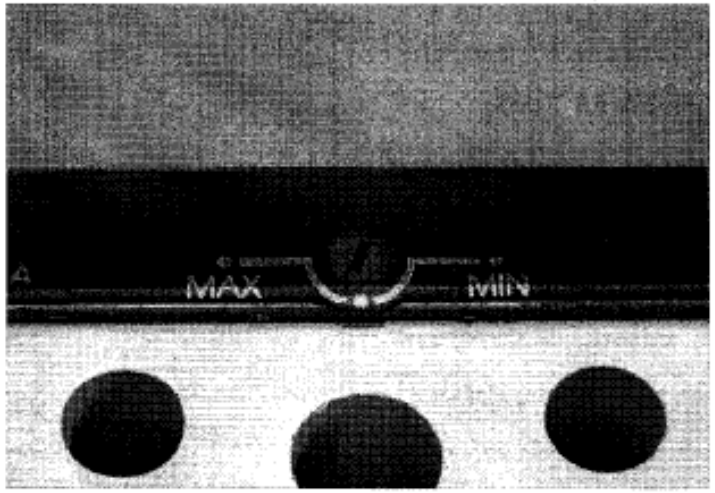
กระแส Im= 250 x 8 = 2,000A

แสดงว่าหากมีกระแสไหลผ่านเบรคเกอร์ มากกว่า 2,000A เบรกเกอร์จะตัดวงจรโดยทันที ไม่มีการหน่วงเวลา

ตัวอย่างการปรับกระแส Im

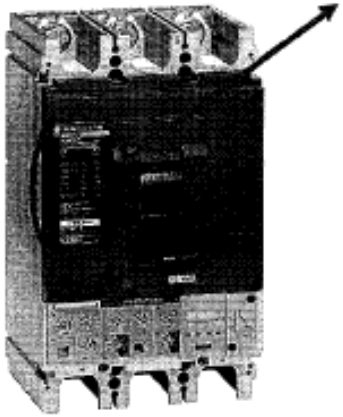


Merlin Gerin



เบรกเกอร์อื่นๆ

บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED



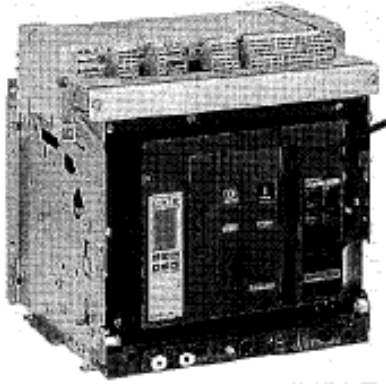
MERLIN GERIN
compact
NS160 H
Ui 750V. Uimp 8kV.

Ue (V)		Icu (kA)
220/240	~	100
380/415	~	70
440	~	65
500/525	~	50
660/690	~	10
250	⎓	85

Ics = 100% Icu
cat A
IEC 947.2
UTE VDE BS CEI UNE NEMA

ค่าต่าง ๆตาม IEC947-2

บนตัว breaker



MERLIN GERIN
masterpact
M22 H2

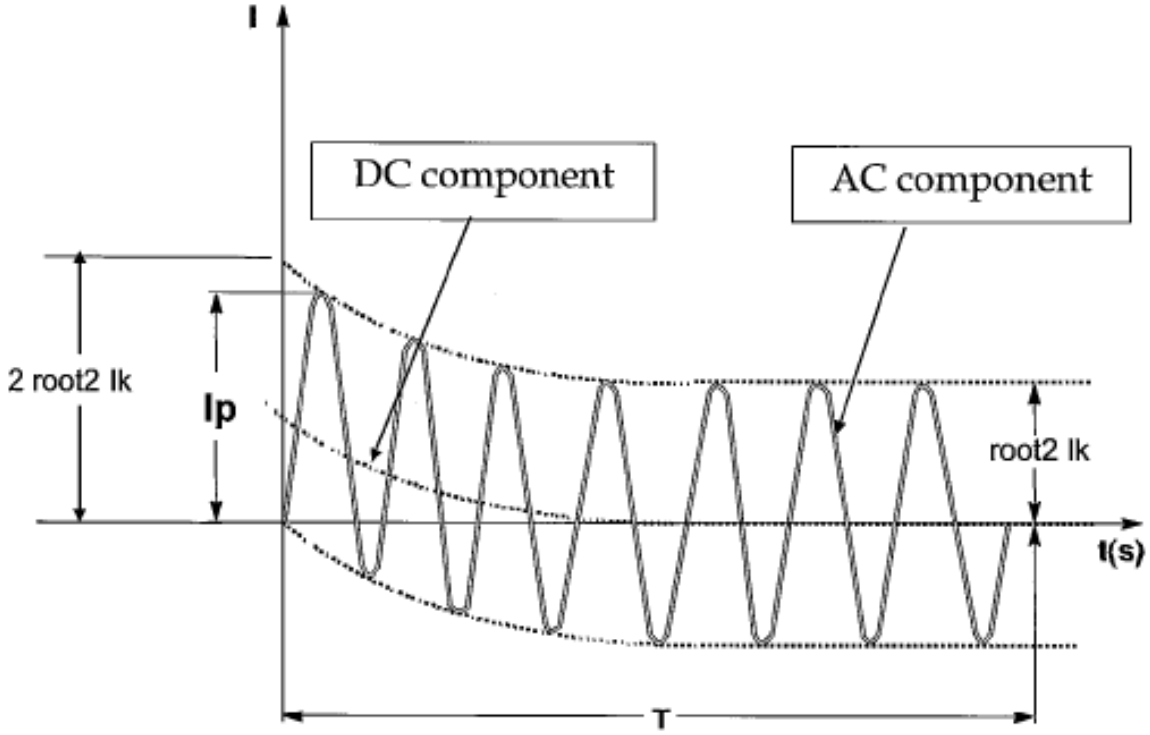
Ui	1000V~	50/60Hz
Ue	380/440V	480/690V
Icu	100kA	85kA
Ics	100kA	85kA
Icw	75kA 1s	

IEC 947-2

Rated **ultimate** short-circuit breaking capacity - Icu

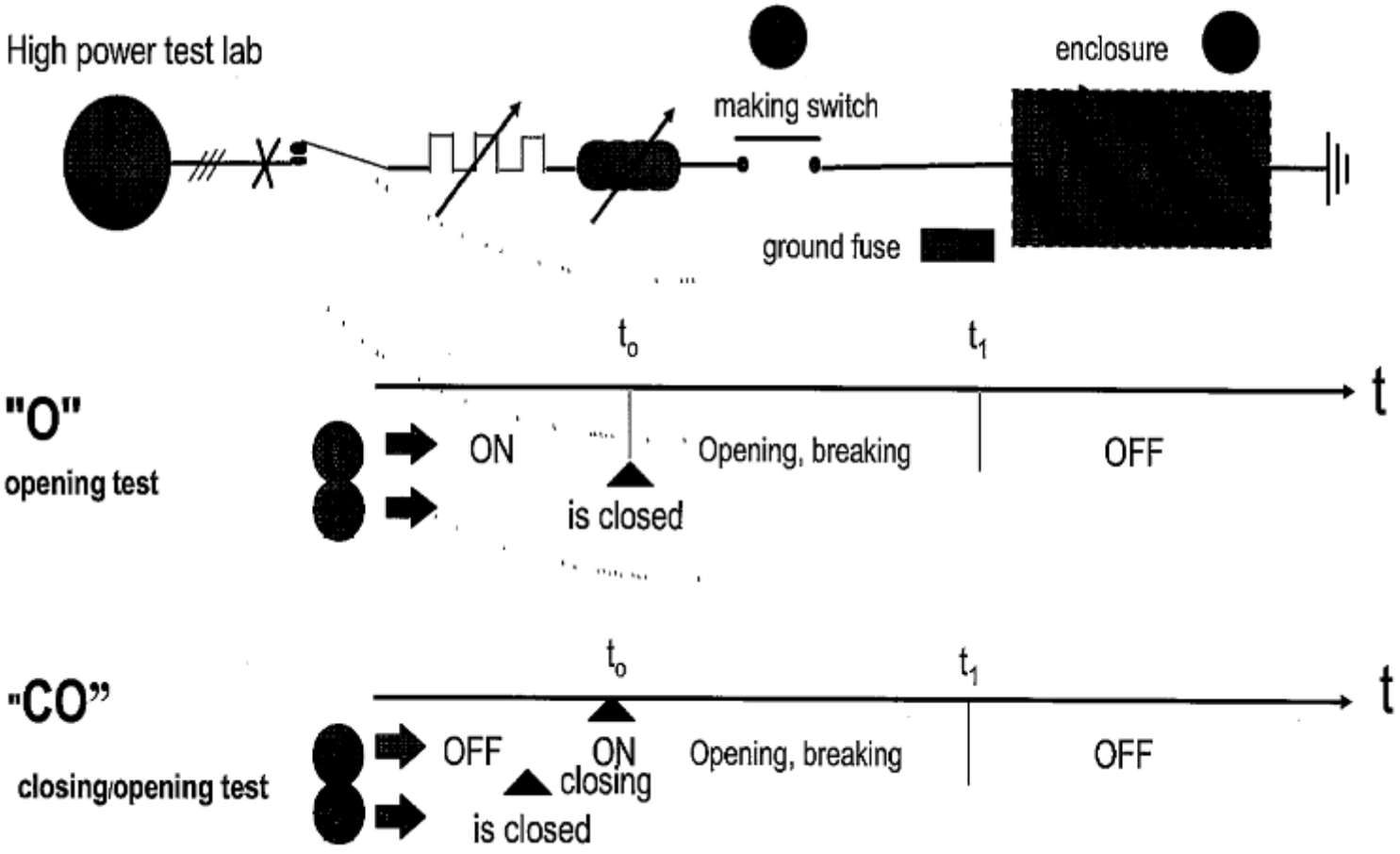
คือระดับกระแสลัดวงจร 3 เฟสสูงสุดที่ breaker สามารถป้องกันได้ ที่ระดับแรงดัน (Ue) ต่างๆ

(แสดงเป็นค่า RMS ของ AC component)



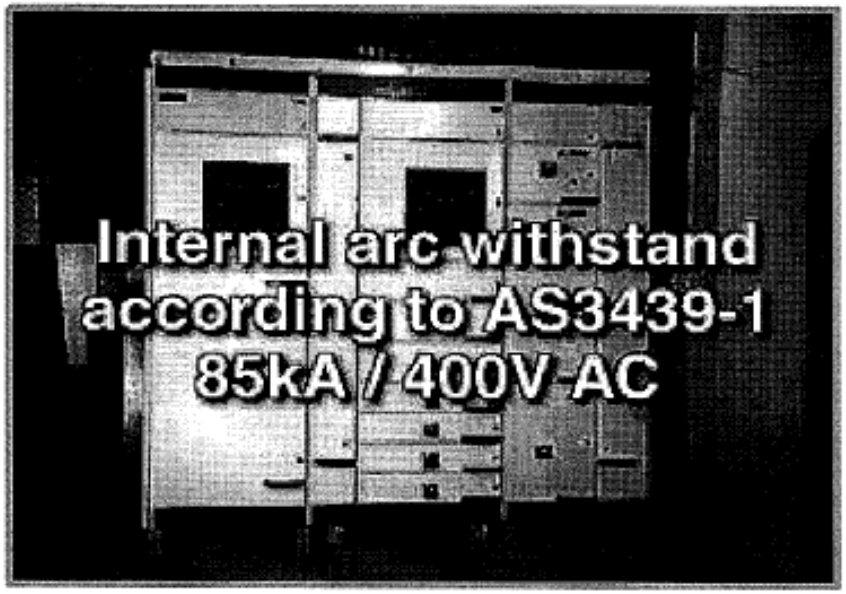
การทดสอบค่า Icu

[redacted]

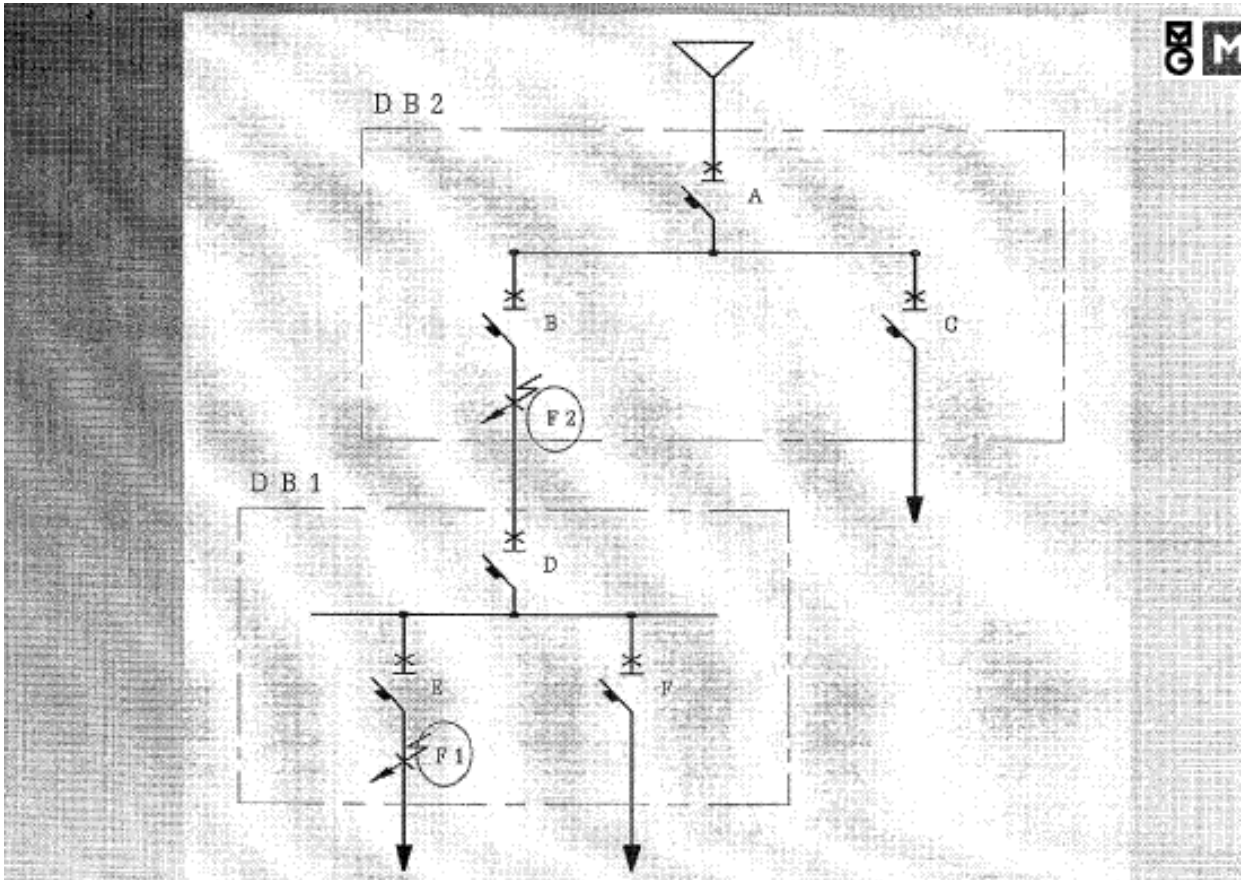


- Icu (Ultimate Breaking Capacity)

  “ขนาดกระแสสูงสุดที่เซอร์กิตเบรคเกอร์สามารถปลดวงจรได้”



- เซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวจะต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Icu) เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรสูงสุดที่มีได้ (Maximum Available Fault Current) ณ. จุดติดตั้ง
- ตาม IEC 947-2 กระแสที่ใช้คือ I_{CU} (Ultimate Short Circuit Breaking Current) โดยพิจารณาตัวอย่าง ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าอย่างง่าย



รูปที่ 1 ตัวอย่าง **Single-Line Diagram** ของระบบไฟฟ้าอย่างง่าย

Rated **service** short-circuit breaking capacity - Ics

คือ ระดับกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ breaker สามารถป้องกันได้ 3 ครั้ง โดยใช้ขั้นตอนทดสอบ "O" - รอ 3 นาที - "CO" - รอ 3 นาที - "CO" แล้ว breaker **ยังสามารถใช้งานต่อได้โดยปรกติ**

(แสดงค่าเป็นจำนวน % ของค่า Icu)

ค่า Ics ตามที่มาตรฐาน IEC กำหนดมีได้ต่างๆกันได้แก่

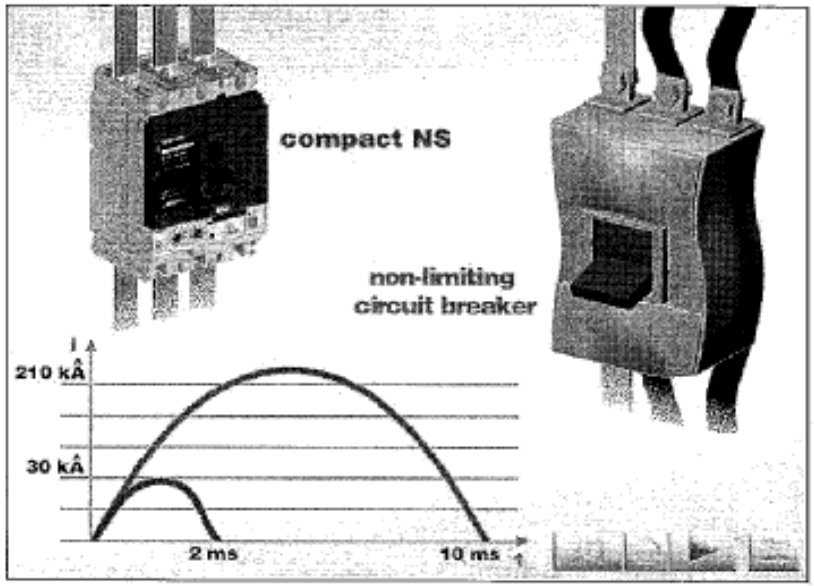
25% ของ Icu
50% ของ Icu
75% ของ Icu
100% ของ Icu

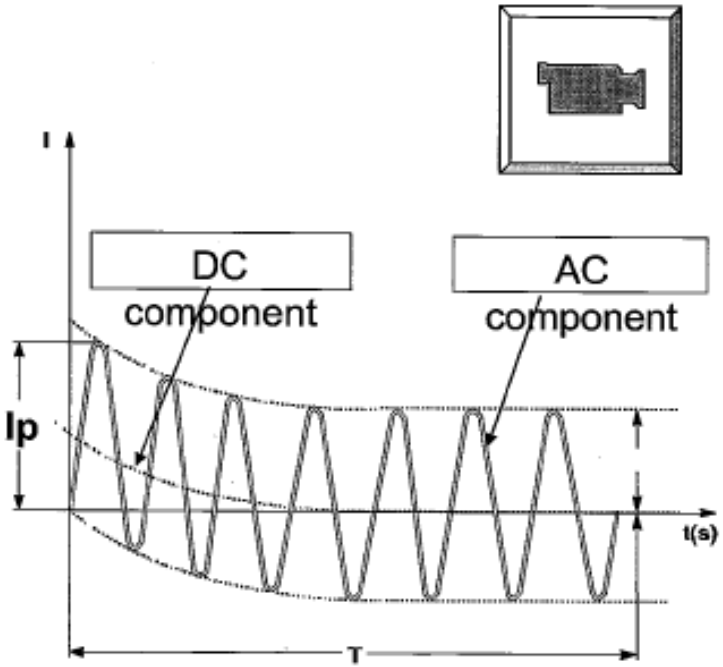
Breaker ที่มีค่า Ics สูงๆ ช่วยเพิ่มความต่อเนื่องของระบบไฟฟ้าอย่างไร ?

Breaker ที่ติดในตู้เมน (MBD) หรืออยู่ใกล้หม้อแปลงควรจะเลือกใช้ แบบที่มีค่า Ics = 100 % Icu

- Breaker ภายในตู้เมน (MDB) ซึ่งอยู่ใกล้หม้อแปลง มีโอกาสที่จะพบกับกระแสลัดวงจรที่มีขนาดสูงใกล้เคียงกับค่า Icu หรือ กระแสลัดวงจร 3 เฟส มากกว่า breaker ที่อยู่ภายในตู้ย่อย

เทคโนโลยี Current limiting ช่วยให้ค่า Ics = 100 % Icu

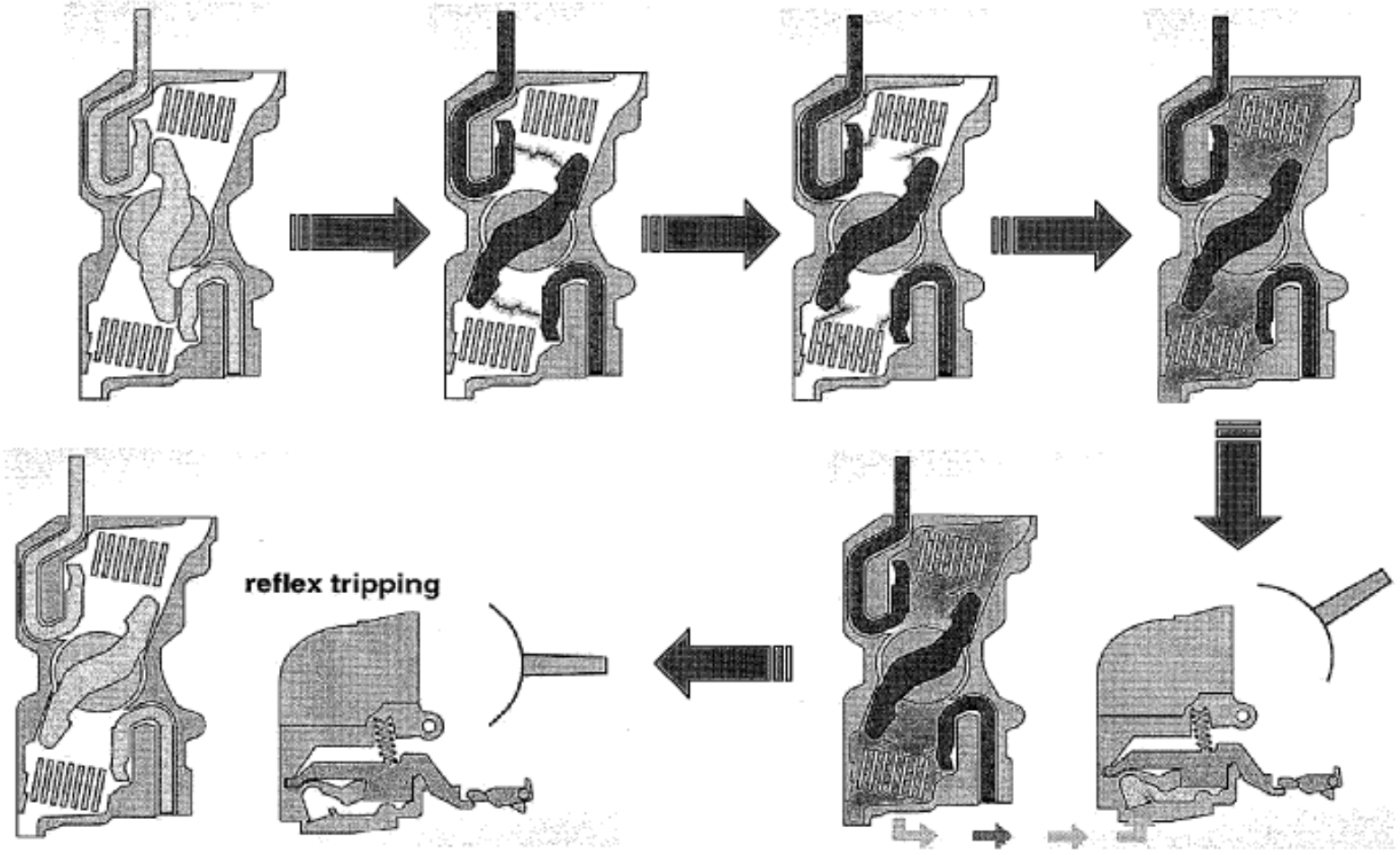


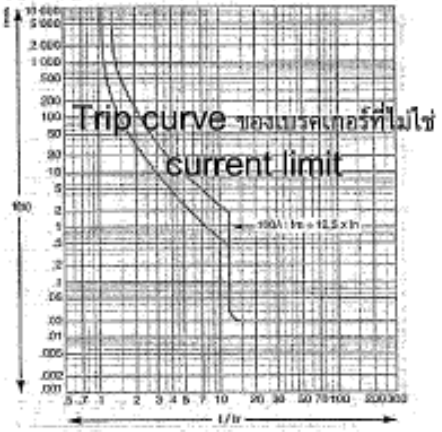


บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

Compact NS

ตัดกระแสลัดวงจรด้วยเวลาเพียง 0.002 วินาที !





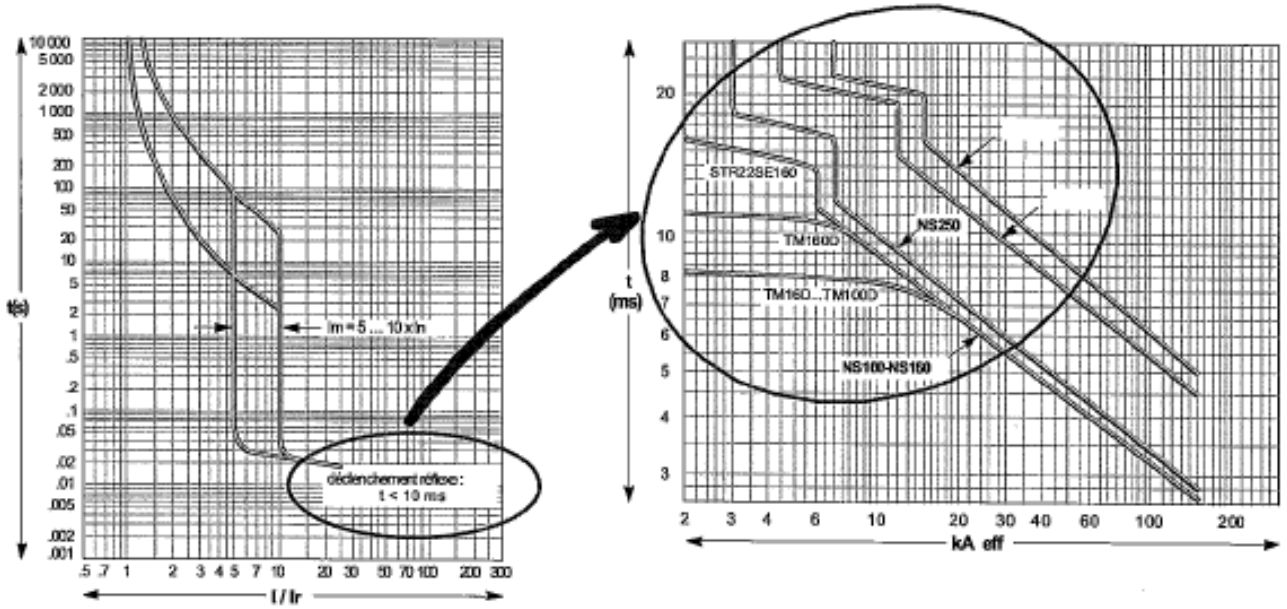
Compact NS

- Isc < 25 In

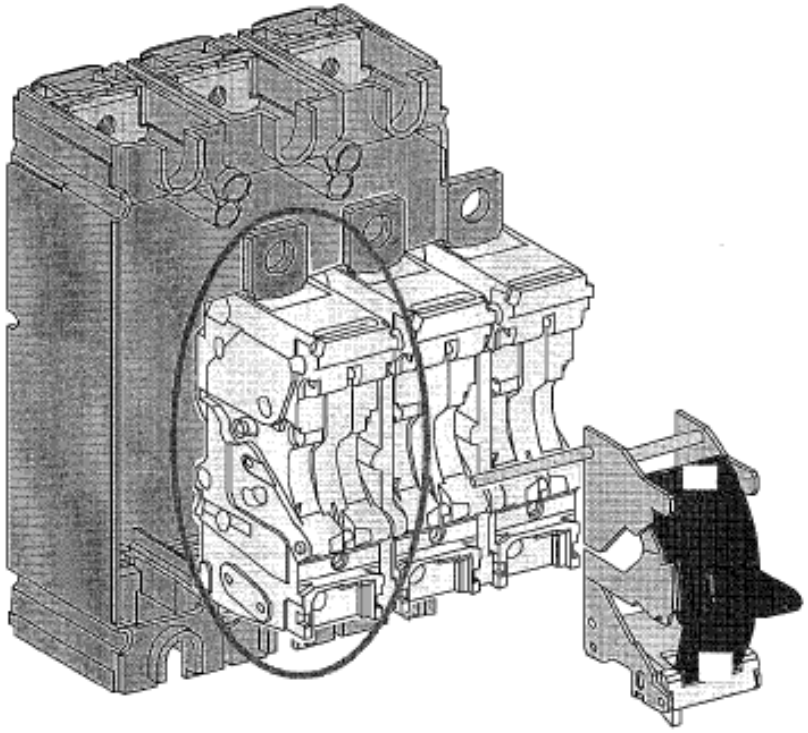
Thermal magnetic ทำงาน

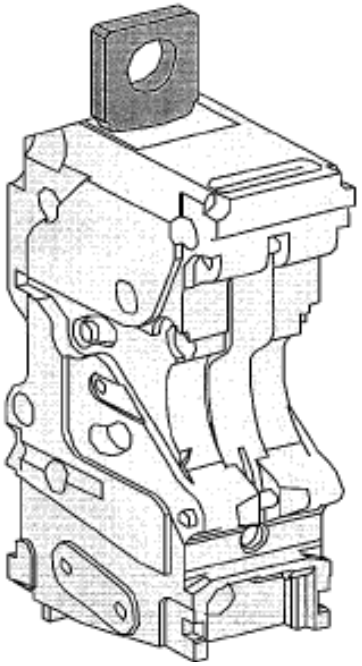
- Isc > 25 In

"Reflex tripping" ทำงาน



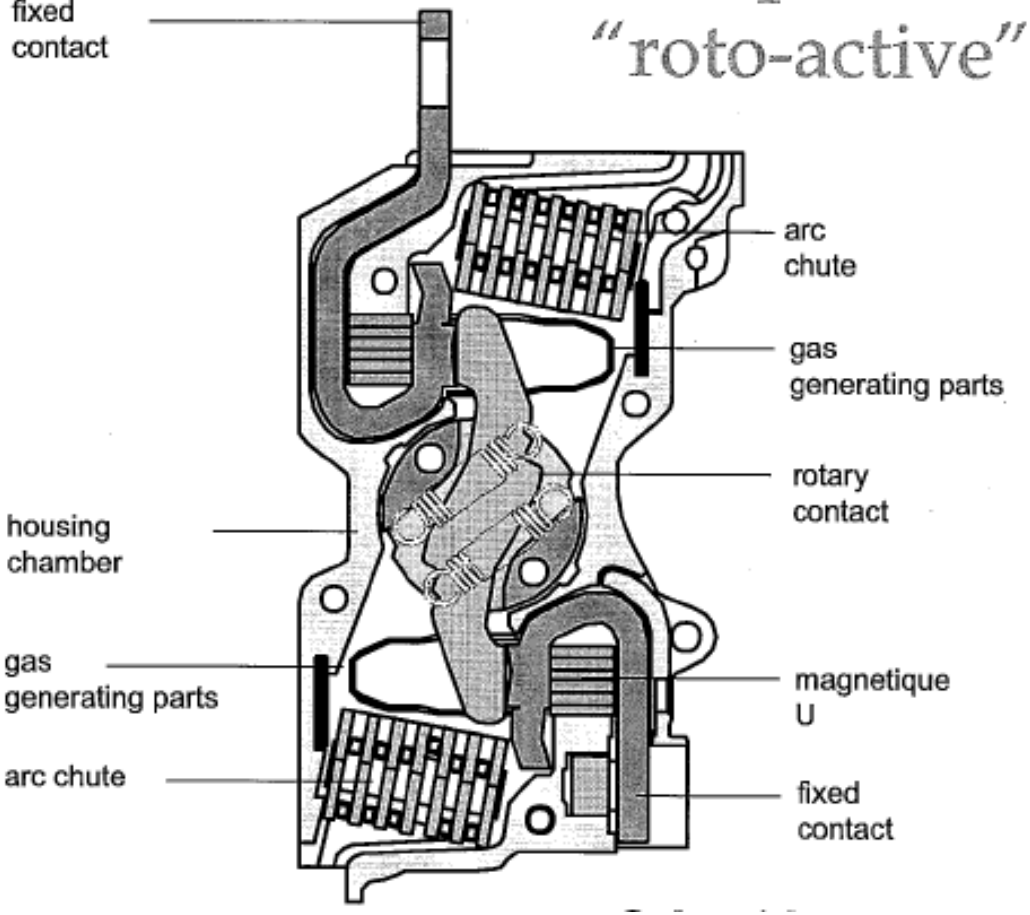
Compact NS
"roto-active"

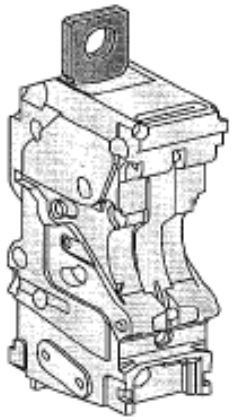


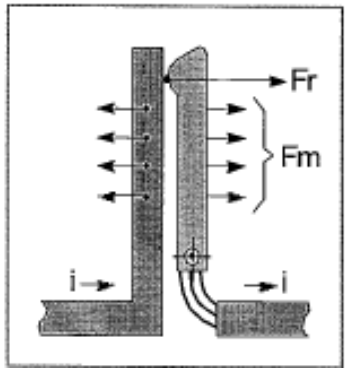


บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

Compact NS
"roto-active"

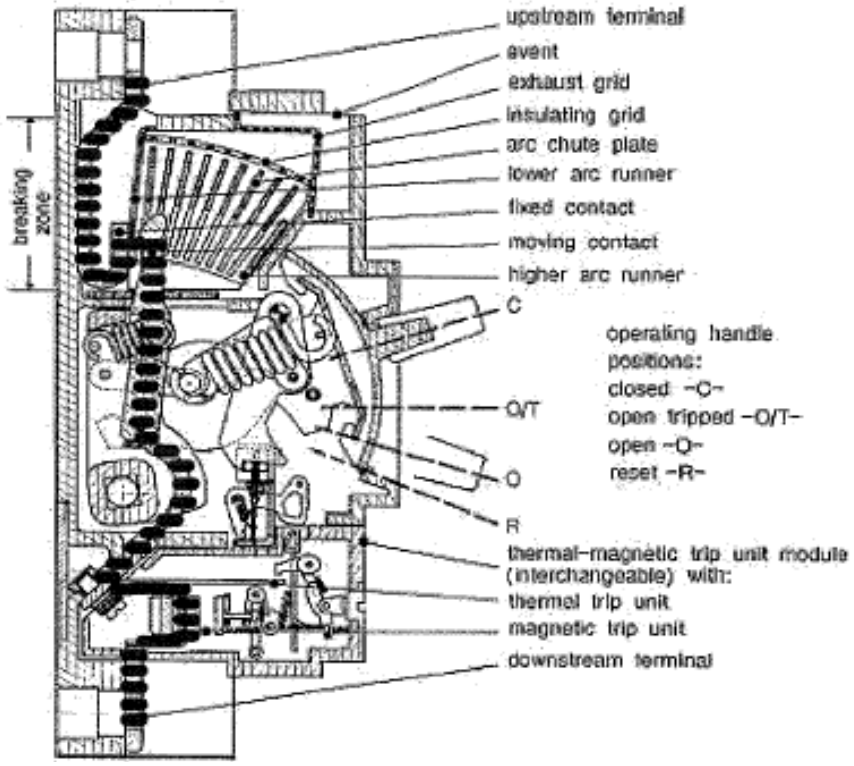


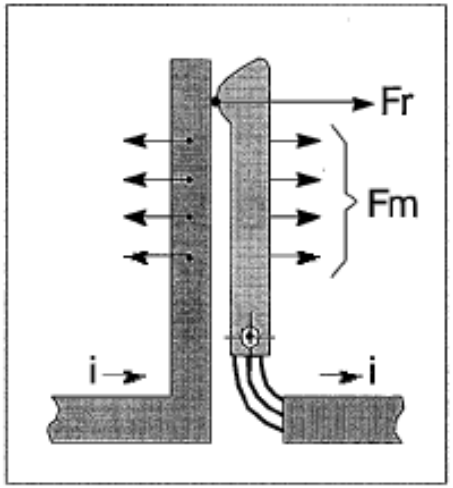




บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

MCCB (molded case CB) ทั่วๆไป



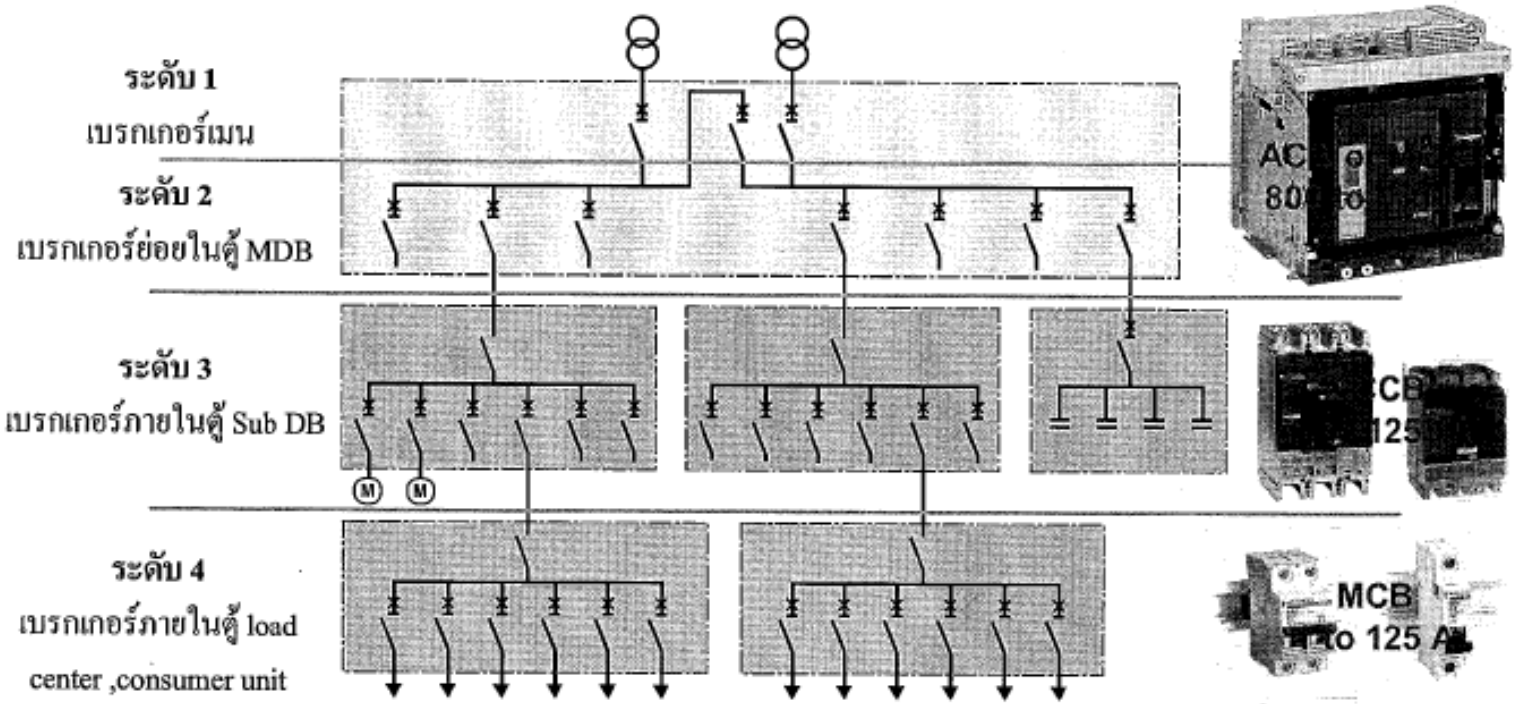


ค่า Ics ของ Breaker ทั่วๆไปในท้องตลาด...

	MG
Air circuit breaker (ACB) Ics = 100% Icu	100% Icu
Molded case circuit breaker (MCCB) Ics = 75% Icu หรือ 50% Icu	100% Icu
Miniature circuit breaker (MCB) Ics = 50% Icu หรือ 25% Icu	75% Icu

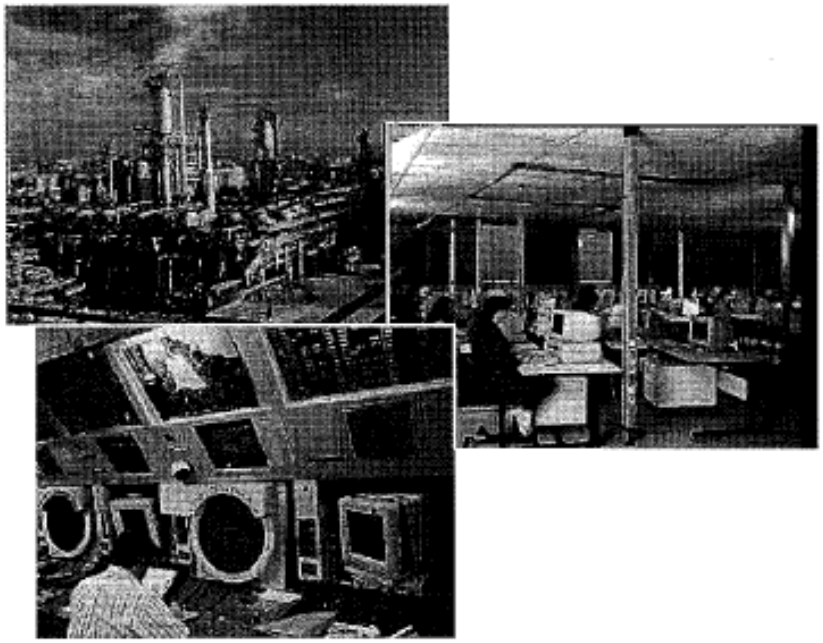
บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

โครงสร้างของระบบไฟฟ้า



โหลด-LOAD

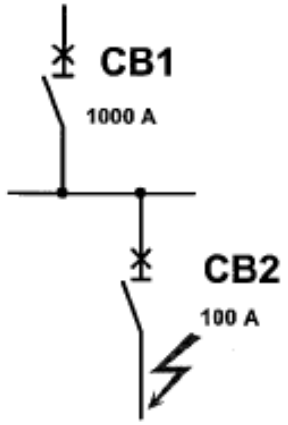
ความต่อเนื่องของระบบไฟฟ้า...ใครๆก็ต้องการ



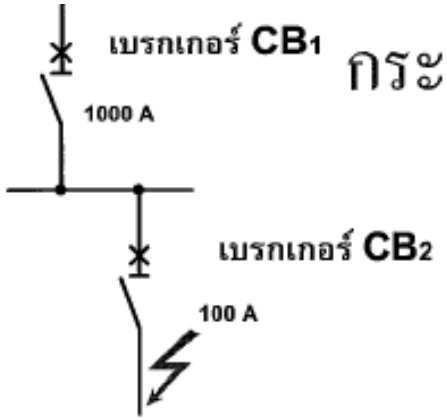
- ลดต้นทุนการผลิต
- เพิ่มปริมาณการผลิต
- คุณภาพของสินค้า

หลักการพิจรณาว่าเบรคเกอร์ 2 ตัวได้ Discrimination กันหรือไม่ ?

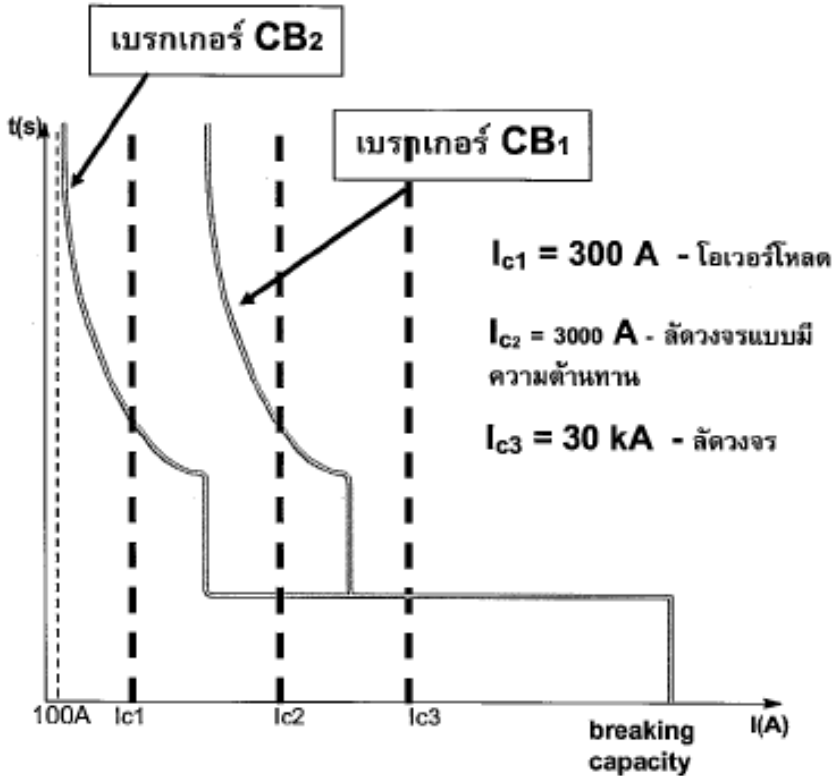
- พิจรณา Tripping curve ที่ละช่วงว่าทับกันหรือไม่ ?
  - ช่วงกระแสโอเวอร์โหลด (Overload)
  - ช่วงกระแสลัดวงจรต่ำๆ (Impedance short circuit)
  - ช่างกระแสลัดวงจรสูงๆ (Solid short circuit)



กระแสเกินในระบบไฟฟ้ามีหลายระดับ



- โอเวอร์โหลด : I < 10 In
- ลัดวงจรแบบมีความต้านทาน :10 In > Icc > 30 In
- ลัดวงจร : In > 30 In

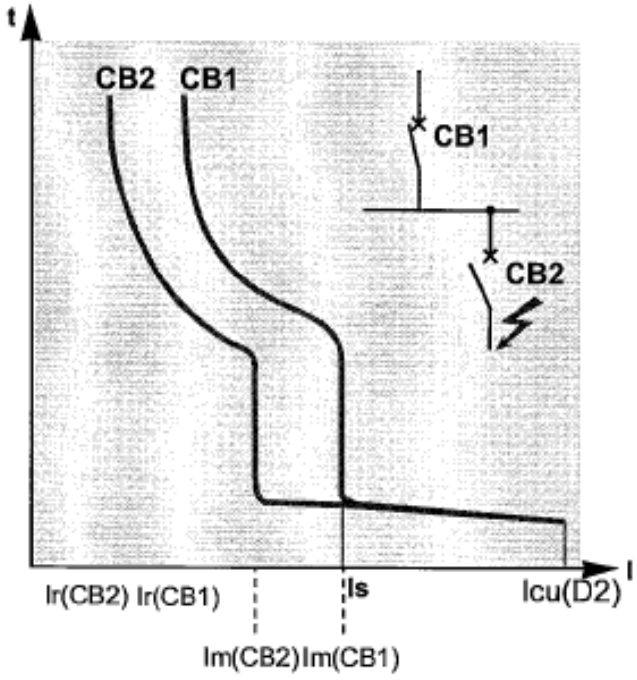


บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

หลักการ Current discrimination

❑ Discrimination limit **Is = Im(CB1)**

❑ หลักการ Current discrimination จะใช้ได้ดีมาก กับตู้ Load center, Consumer unit (เพราะพิกัดกระแส CB1 กับ CB2 ห่างกันมาก และกระแสลัดวงจรต่ำ)



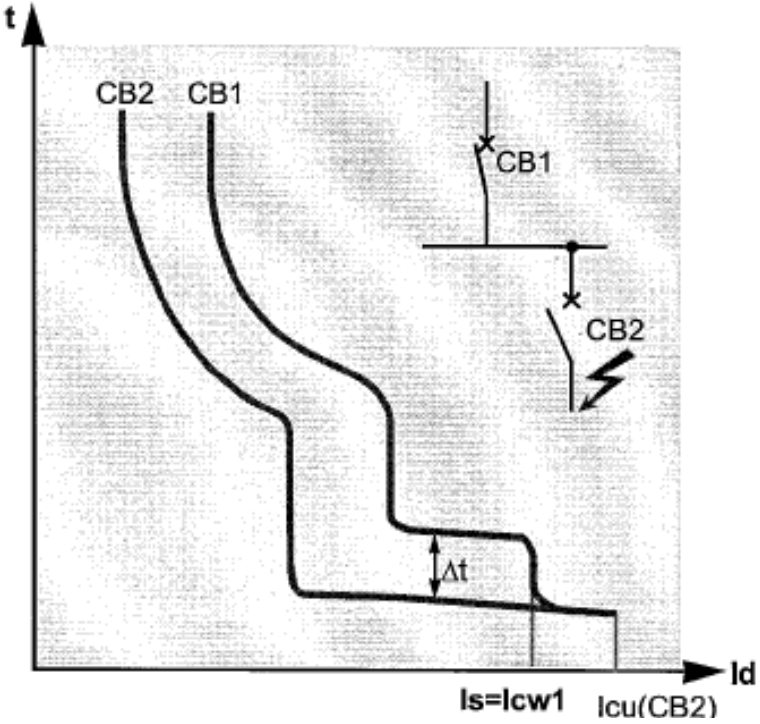
$$\frac{\text{Ir ของ CB1}}{\text{Ir ของ CB2}} > 2$$

$$\frac{\text{Im ของ CB1}}{\text{Im ของ CB2}} > 2$$

Note : Merlin Gerin
Im(**CB1**)/Im(**CB2**) >1.5

การทำ Discrimination ในช่วงกระแสลัดวงจรต่ำๆ

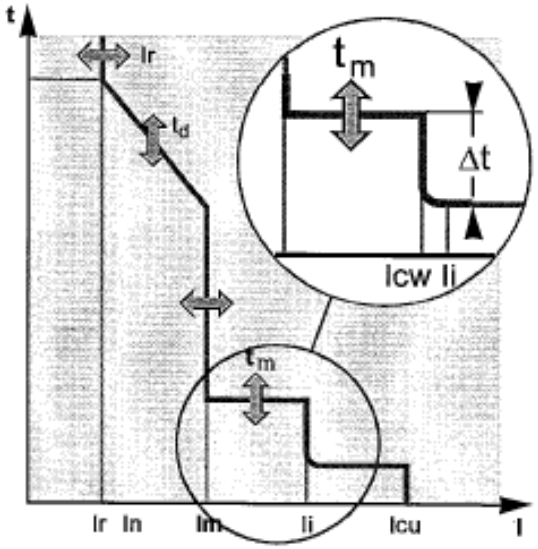
- ใช้หลักการ <u>time discrimination</u>



มาตรฐาน IEC947-2

แบ่งอุปกรณ์ป้องกันเซอร์กิตเบรคเกอร์ออกเป็น 2 ประเภท

- **Category A**
- **Category B**



เบรกเกอร์ **category B** :

- เป็นเบรคเกอร์ที่มี time delay ทำให้สามารถทำ time discrimination กับเบรคเกอร์ตัวล่างได้
- ค่า Icw บอกระดับกระแส (kA)ที่สามารถทนได้ในช่วง time delay (0.05 ,0.1 ,0.25 ,0.5 ,1 sec)
- พิกัดกระแส 800-6300 A

เบรกเกอร์ **category A** :

- ไม่มีการกำหนดค่า Icw
- สามารถทำ discrimination แบบ current discrimination ได้
- พิกัดกระแส 1-630 A

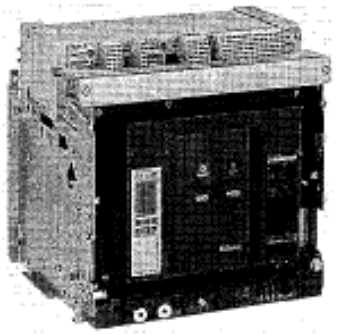
การทำ Discrimination ในช่วงกระแสลัดวงจร

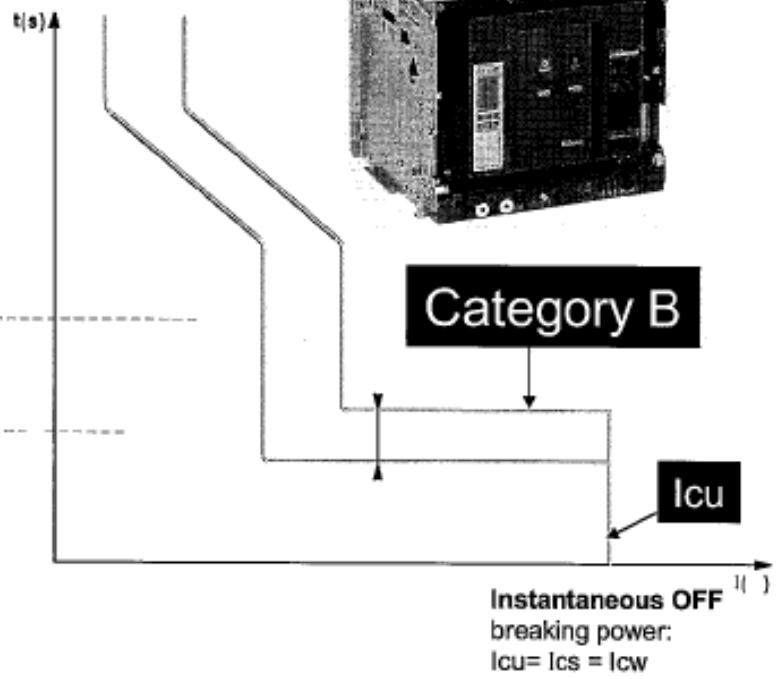
- ใช้หลักการ <u>time discrimination</u>

- ยิ่งใช้เบรคเกอร์ category B ที่มีค่า Icw สูงเท่าใด discrimination ก็ยิ่งดีเท่านั้น ...
  (ใกล้เคียง total discrimination)

Icw = Icu

- ถ้า Icw = Icu
  จะได้ total discrimination !





บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

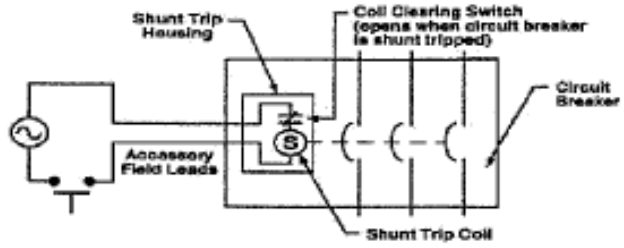
ตัวอย่างตาราง Discrimination

upstream															
	Compact circuit breaker		NS100N/H/L		NS160N/H/L		NS250N/H/L		NS400N/H/L		NS630N/H/L	
	TM-D trip unit		80	100	125	160	200	250	400		630	
downstream circuit breaker		TM-D										
multi 9	C60N	10 to 25										
		32 to 40										
		63										
Compact	NS80H-MA	2.5 to 80										
	NS100N	16 to 100										
	NS160N	16 to 160										
	NS250N	16 to 250										

อุปกรณ์ประกอบสำหรับเซอร์กิตเบรคเกอร์

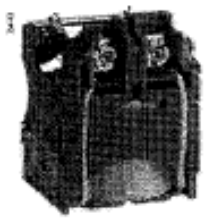
- SHUNT TRIP
- UNDERVOLT RELEASE (UVR)
- UNDERVOLT RELEASE WITH TIME DELAY
- AUXILIARY SWICH
- ALARM SWITCH
- HANDLE PADLOCK
- KEY LOCKS
- MOTER OPERATE

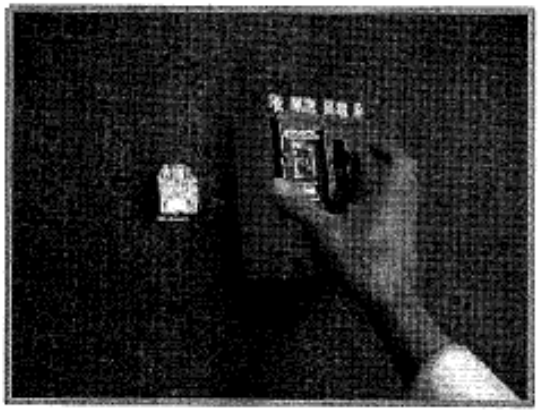
Shunt Trip



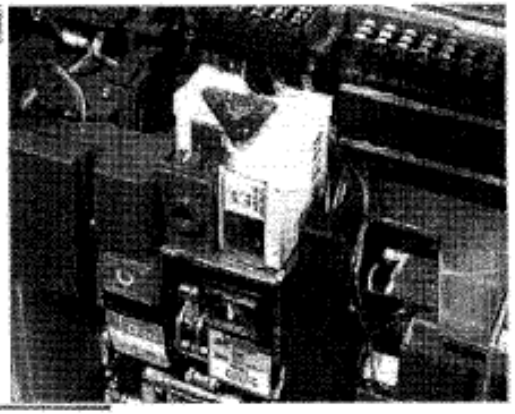
SHUNT TRIP WIRING DIAGRAM
COLOR CODE: BLACK LEADS

- จะปลดวงจรเซอร์กิตเบรคเกอร์ เมื่อ Coil shunt trip ได้รับ Voltage
- สามารถนำไปต่อกับระบบอื่นเพื่อนำมาสั่งปลดวงจรได้





For MCCB



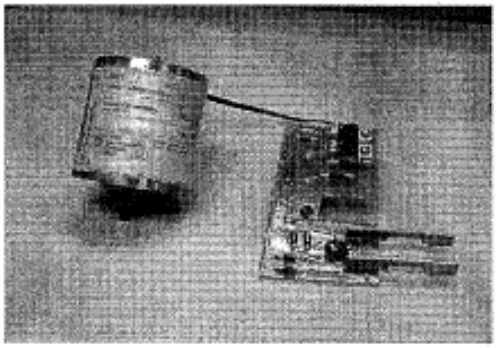
For ACB

Undervoltage Release (UVR)

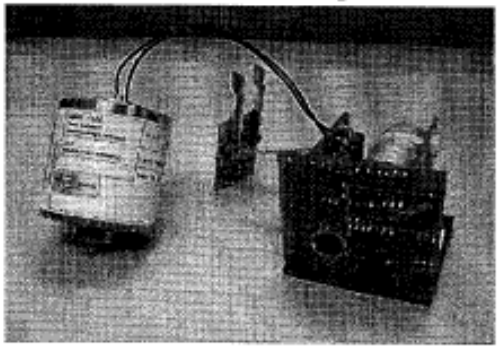
- ปลดวงจรเมื่อ voltage ตกต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้
- ส่วนใหญ่จะใช้งานคู่กับ under/over voltage relay
- มีทั้งแบบที่มี และไม่มี Time delay

การไฟฟ้าแนะนำให้เลือกใช้งานแบบที่มี Time delay

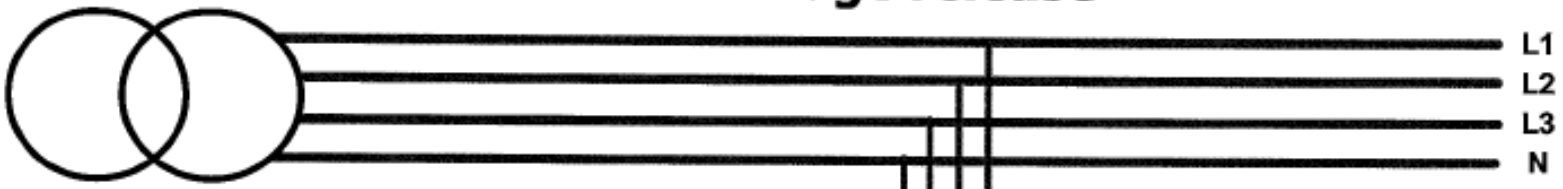
ไม่มี Time delay

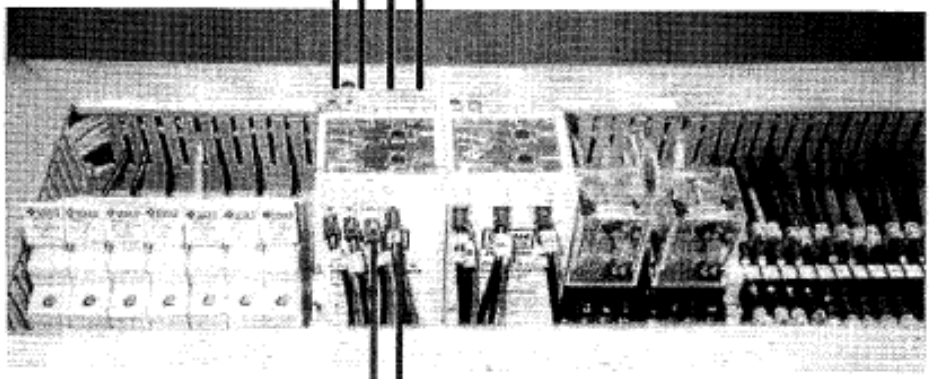


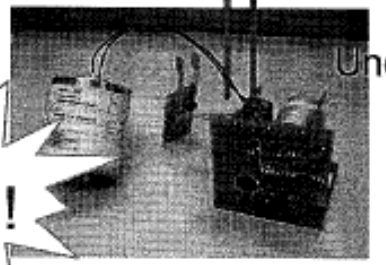
มี Time delay



Phase protection relay with under voltage release



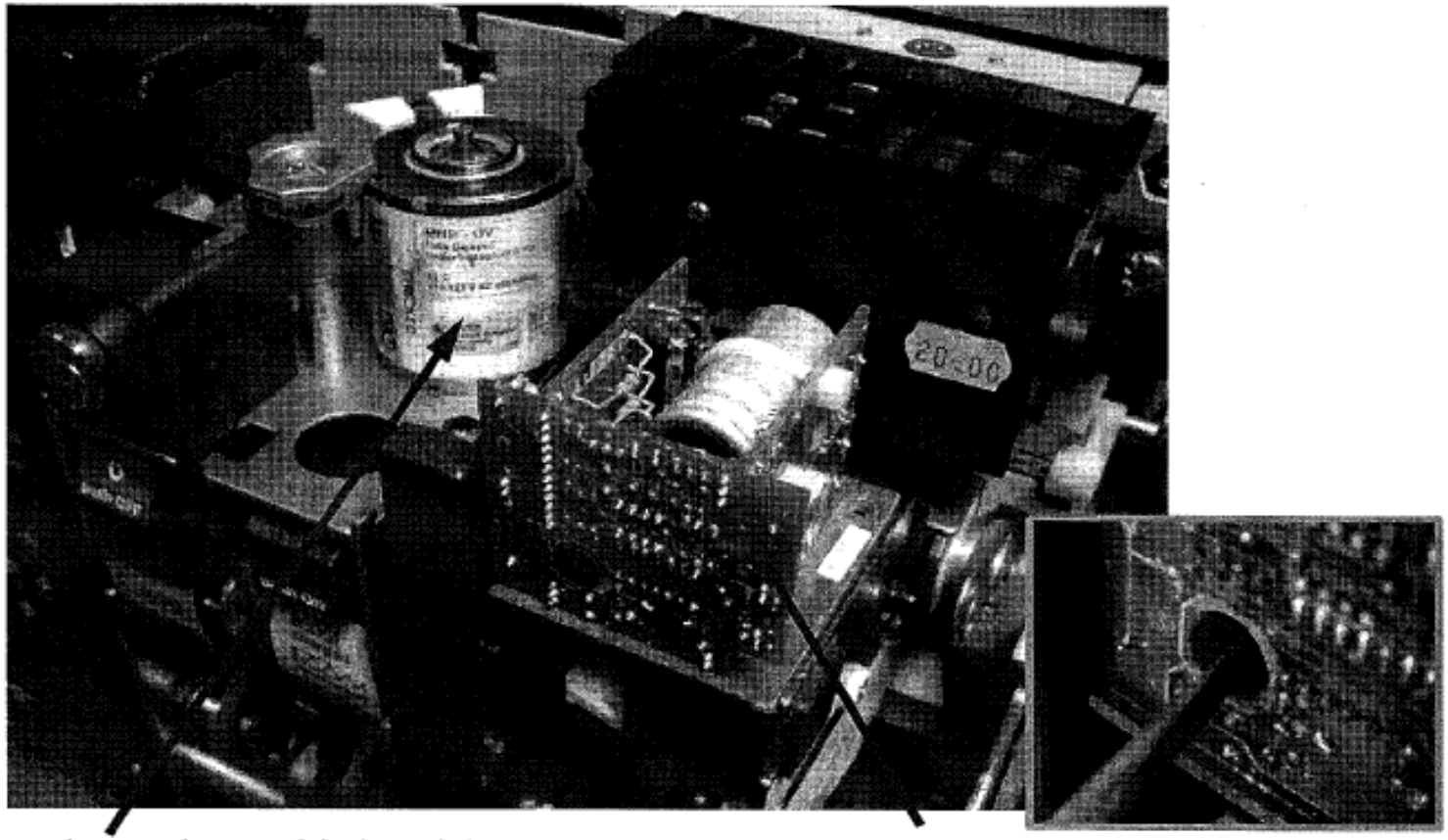




Under volt. แบบมี time delay

Good !

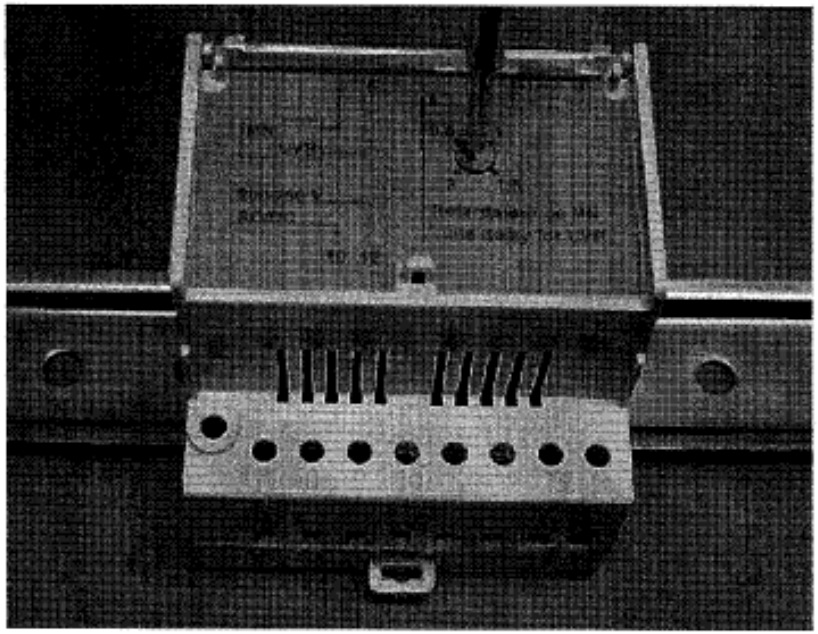
Undervoltage Release With Time Delay



Under voltage release with time delay

Control board ของตัว Under voltage

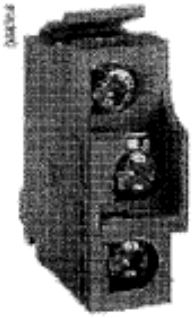
Undervoltage Release With Time Delay



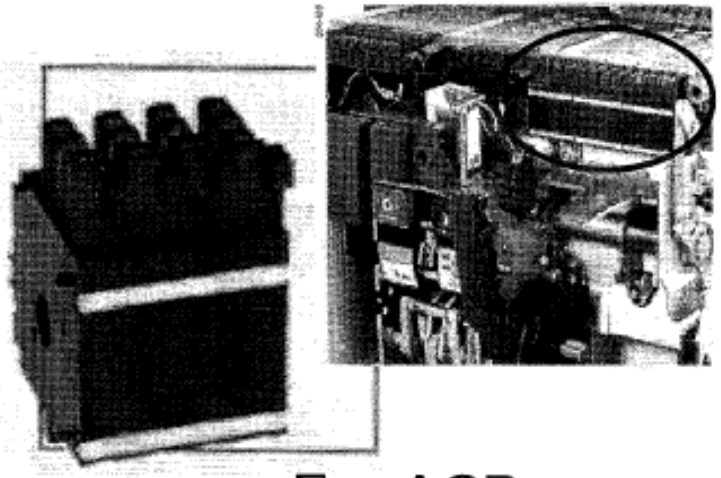
แบบติดตั้งภายนอกตัวเบรคเกอร์

Auxiliary Switch

- เมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปลี่ยนสถานะ (on-off) จะทำให้หน้าสัมผัสช่วยเปลี่ยนสถานะด้วย



For MCCB

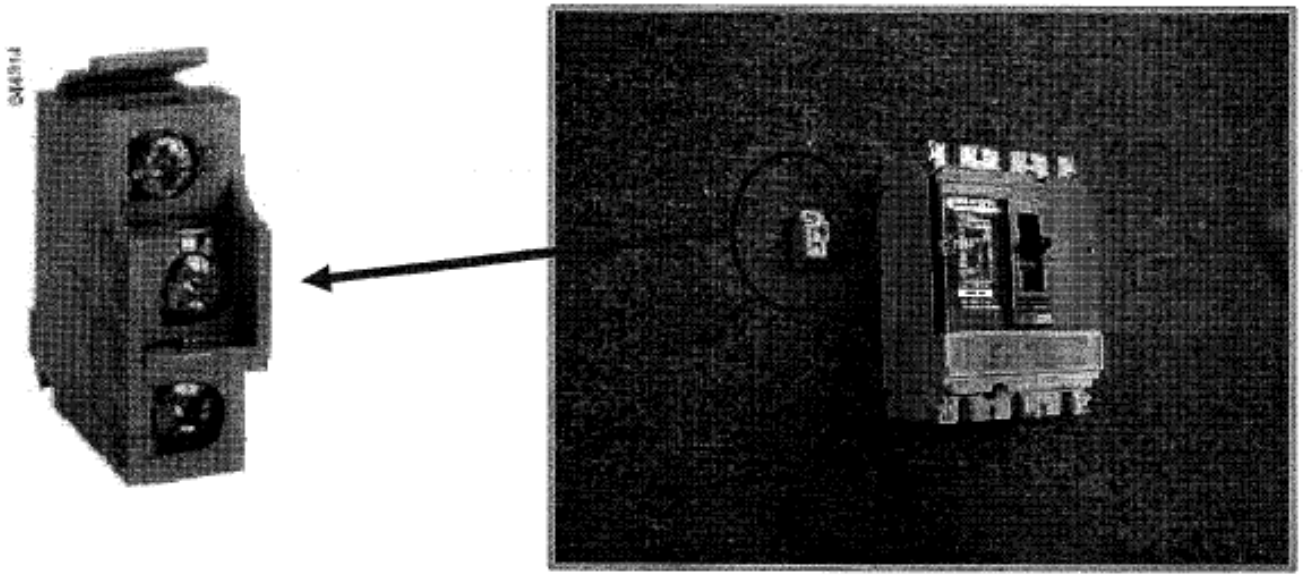


For ACB

บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED
ISO 9001:2000 CERTIFIED

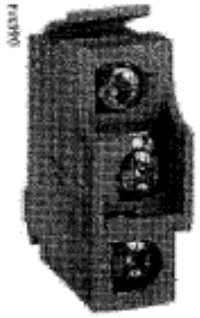
Auxiliary Switch (ต่อ)

- เมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปลี่ยนสถานะ (on-off) จะทำให้หน้าสัมผัสช่วยเปลี่ยนสถานะด้วย



Alarm Switch

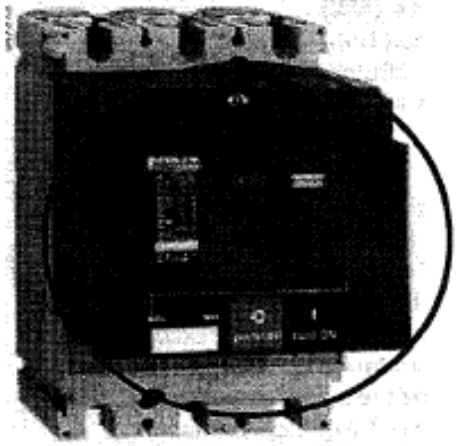
- หน้าสัมผัสช่วยจะเปลี่ยนสถานะเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ทริป เนื่องจากเกิด **Fault** ขึ้นในระบบ **(Overload, Short circuit)**

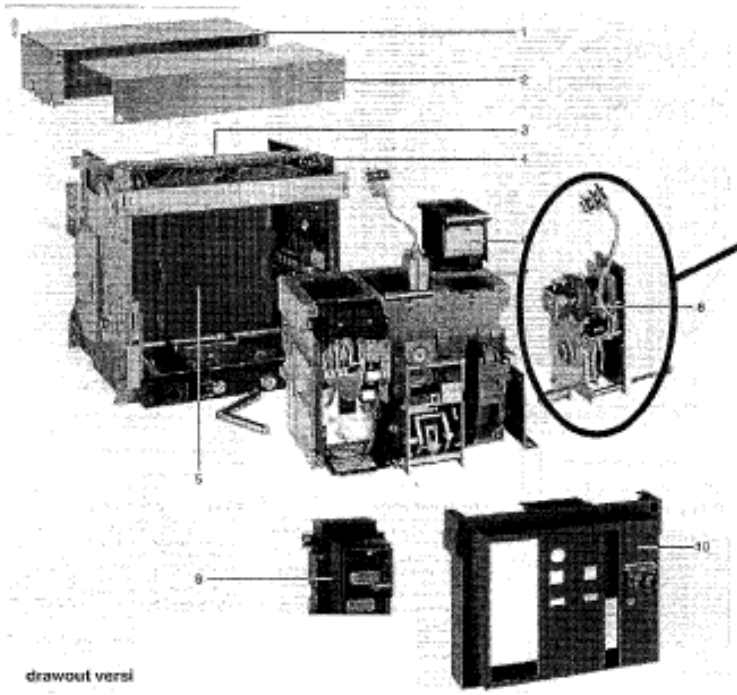


For MCCB

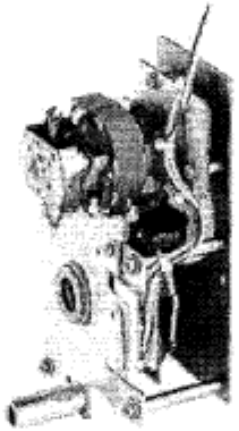
Motor Operate

- ผู้ใช้สามารถสั่ง ON-OFF เบรกเกอร์ได้จากห้องคอนโทรล โดยไม่ต้องไปที่หน้าตัวเบรคเกอร์





drawout versi



Handle Padlock

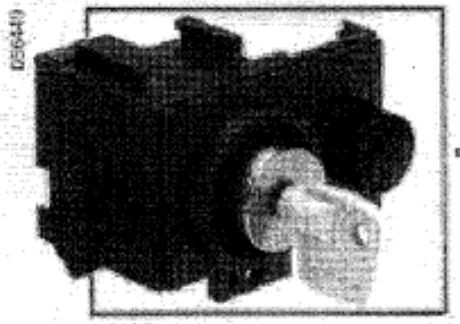
- ติดตั้งเพื่อกันการ ON เซอร์กิตเบรคเกอร์
- ล็อกไว้ในตำแหน่ง OFF เท่านั้น *ไม่สามารถล็อกไว้ในตำแหน่ง ON*

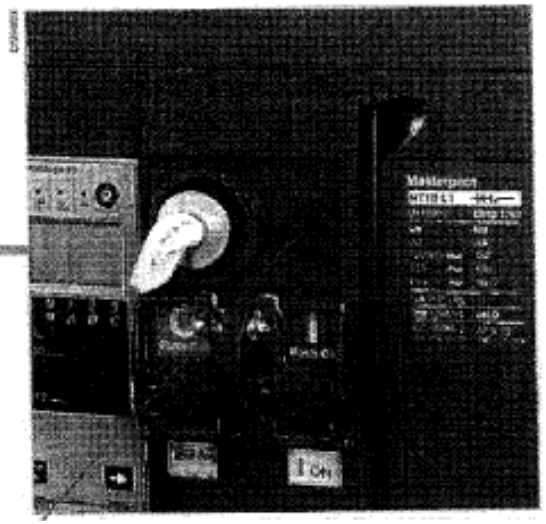
For MCCB

For ACB

Key Locks

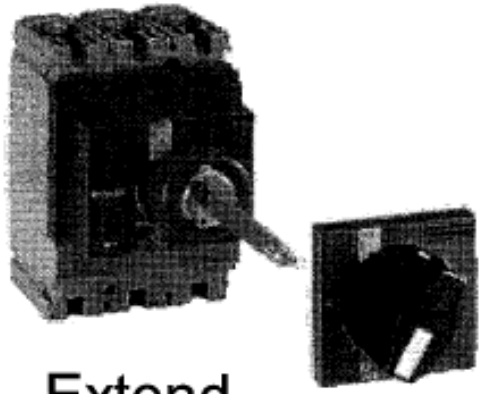
- ติดตั้งเพื่อกันการ ON เซอร์กิตเบรคเกอร์
- ล็อกไว้ในตำแหน่ง OFF เท่านั้น *ไม่สามารถล็อกไว้ในตำแหน่ง ON*





Rotary Handle

- นิยมใช้กับเบรคเกอร์ที่ควบคุมมอเตอร์
- สามารถล็อคเบรคเกอร์ที่ตำแหน่ง OFF ได้ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่ม



Extend

Direct

บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด
iECM COMPANY LIMITED

ขอบคุณครับ

ท่านใดมีปัญหาสามารถถามได้ครับ