



6.1.5 อุปกรณ์ตัดตอน, อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า

อุปกรณ์ตัดตอนหรืออุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีหน้าที่ตัดตอนวงจรไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยมือ เมื่อวงจรไฟฟ้านั้นเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าขึ้น เช่น เกิดการลัดวงจรไฟฟ้า หรือเกิดการรั่วของกระแสไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ายังสามารถตัดตอนวงจรไฟฟ้าที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด

อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดตอนวงจรเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิน หรือเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า เพื่อป้องกันตัวอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และสายส่งไฟฟ้า เช่น ป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้า ป้องกันสายเคเบิลไม่ให้เกิดความเสียหายจากกระแสไฟฟ้าในระบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ ได้แก่ ฟิวส์ และสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าเหล่านี้มีหลักการทำงานตัดตอนวงจรโดยอาศัยความร้อนที่เกิดจากขนาดของกระแสไฟฟ้า เช่นการทำงานด้วยโลหะคู่ หรือทำงานด้วยการหลอมตัว และ/หรือทำงานตัดตอนวงจรด้วยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า

อุปกรณ์ตัดตอนกระแสไฟฟ้า

1. ฟิวส์ (FUSE)

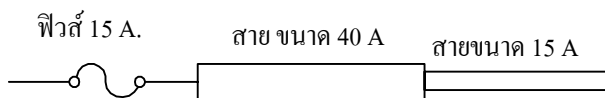
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายจะเกิดความร้อน ทั้งนี้เพราะสายไฟมีความต้านทานถ้ากระแสมีจำนวนมากขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นในสายก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ ถ้าสูงมากๆ จะทำให้ฉนวนหุ้มสายเสียหายและเกิดไฟไหม้ได้

ในวงจรไฟฟ้าหนึ่งๆ หมายความรวมถึงสายไฟที่เดินออกจากสายเมน (Main) ตรงไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเป็นมอเตอร์ หรือหลอดไฟ หรืออุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งเมื่อต่อเข้ากับสายไฟแล้วทำให้จะมีกระแสไฟไหลผ่านสายไฟนั้น ดังนั้นขนาดสายไฟที่ใช้จะต้องมีขนาดที่ทนต่อกระแสของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเบื้องต้นก็คือ ฟิวส์ (Fuse) สมมติว่าหลอดไฟชนิดหนึ่งกินกระแสไฟ 18 A ดังนั้นถ้าเลือกใช้สายไฟ VAF ที่ 60°C ต้องมีขนาด 2.5 มม² เป็นอย่างต่ำขนาดของฟิวส์ที่ใช้ป้องกันวงจร จะต้องไม่สูงกว่า 18 A ด้วย



Fuse

รูป 6-1 สัญลักษณ์ของฟิวส์

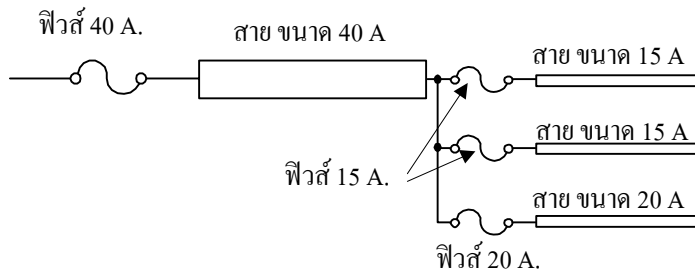


รูป 6-2 ฟิวส์ต้องมีขนาดสูงสุดเท่ากับขนาดของสายไฟเส้นเล็กที่สุดในวงจร



ถ้าวงจรหนึ่งใช้สายไฟหลายขนาดร่วมกัน ขนาดของฟิวส์ที่เลือกใช้ในวงจรนี้ จะต้องมีความ
เท่ากับสายไฟเส้นเล็กสุดของวงจรเป็นอย่างสูง ดังรูป 6-2 ขนาดของฟิวส์ซ้ายมือ จะมีขนาดสูงสุด
เท่ากับขนาดของสายเส้นเล็กสุดขวามือ

ส่วนรูปที่ 6-3 วงจรย่อยทั้ง 3 ทางขวามือกินกระแสไฟรวมกันเท่ากับ 50 A แต่สายเมนทนกระแสได้
40 A ดังนั้นขนาดของฟิวส์ที่จะต้องเลือกใช้ เพื่อป้องกันสายเมน จะต้องมีความสูงสุดไม่เกิน 40 A
ด้วย



รูปที่ 6-3 การเลือกขนาดของฟิวส์ให้เหมาะสมกับสายเมน

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้สำหรับตัดวงจรไฟฟ้าที่เกิดการลัดวงจรขึ้นโดยอาศัยการ
หลอมละลายโลหะตัวนำที่เป็นสะพานไฟฟ้าของฟิวส์ในสภาวะการใช้งานกระแสไฟฟ้าปกติ ซึ่ง
สามารถแบ่งชนิดของฟิวส์ตามโครงสร้าง และการใช้งานได้ดังนี้

ฟิวส์เส้น

ใช้ป้องกันวงจรไฟฟ้าทั่วๆ ไป ซึ่งทำด้วยโลหะผสมเป็นเส้นกลมหรือเส้นแบนเล็กมีจุด
หลอมเหลวต่ำ ฟิวส์แต่ละขนาดจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้จำนวนหนึ่งเท่านั้น ถ้ามีกระแสไหลเกิน
ขนาด ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ฟิวส์ขาด (Blow) ฟิวส์ชนิดนี้จะใช้กับสวิตช์คัทเอาท์ (Cut Out) ตาม
บ้านพักทั่วไป

ฟิวส์หลอด มาตรฐาน VDE 0820

ฟิวส์หลอด เป็นฟิวส์ที่มีความละเอียด มีขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 1 mA ถึง 10 A ใช้
สำหรับป้องกันเครื่องใช้ไฟฟ้าจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร และกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด



รูปที่ 6-4 ลักษณะโครงสร้างของฟิวส์หลอด

ลักษณะโครงสร้างของตัวหลอดเป็นรูปทรงกระบอกโดยมากทำด้วยแก้ว มีขนาด
เส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 5 mm ถึง 30 mm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพิกัดกระแสไฟฟ้า และมีหน้าสัมผัสที่ส่วนหัว



และส่วนท้ายของตัวหลอดฟิวส์จากฟิวส์หลอดเป็นฟิวส์ขนาดเล็กดังนั้นขีดความสามารถในการตัดตอนวงจรจึงถูกจำกัดให้ต่ำลง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

ตารางที่ 6-1 การจัดกลุ่มฟิวส์หลอดตามความสามารถในการตัดตอน

กลุ่มฟิวส์หลอด	ความสามารถในการตัดตอน (IC) หน่วย A
B	50
C	80
D	300
E	1000
G	1500

ฟิวส์หลอดได้แบ่งออกเป็นชนิดตัดไวเป็นพิเศษในการตัดตอนวงจร ใช้ตัวอักษร FF บอกรายละเอียดและชนิดทนเป็นพิเศษได้ใช้ตัวอักษร TT นอกจากนี้ฟิวส์หลอดยังมีชนิดทน T ทนปานกลาง M และตัดไว F ถ้าขนาดของกระแสไฟฟ้าสูงถึง 1.5 เท่าของฟิวส์หลอด หลอดจะใช้เวลาหลอมละลายขาดเป็นชั่วโมง แต่ถ้าเป็นกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ฟิวส์หลอดจะใช้เวลาในการหลอมละลายขาดน้อยกว่า 30 ms สำหรับฟิวส์หลอดชนิดไวเป็นพิเศษ และมากกว่า 300 ms สำหรับฟิวส์หลอดชนิดทนเป็นพิเศษ

การบอกข้อมูลทางเทคนิคบนตัวฟิวส์หลอด ตัวอย่างเช่น F 2.5/250 D หมายถึง : ฟิวส์หลอดชนิดตัดไวฟิวส์หลอดกระแสไฟฟ้า 2.5 A สำหรับแรงดันไฟฟ้า ถึง 250 V และมีความสามารถในการตัดตอนวงจร 300 A

ปลั๊กฟิวส์ (Plug Fuse)

ฟิวส์ชนิดนี้จะบรรจุอยู่ในกระบอกที่ทำด้วยกระเบื้องกลวงปิด ดังรูปที่ 9-5 และแบ่งออกได้เป็น 2 แบบด้วยกันคือ

- ปลั๊กฟิวส์แบบที่ขาดทันที เมื่อมีกระแสไหลเกินขนาด เป็นแบบที่ใช้ร่วมกับสวิตช์คัทเอาท์ที่ใช้อยู่ตามบ้านทั่วไป เส้นฟิวส์ในกระบอกกระเบื้องดังกล่าวนี้ จะมีทรายบรรจุอยู่โดยรอบ และมีหลายขนาดด้วยกัน เช่น 10 , 16 , 20 , 25 , 35 , 100 A เป็นต้น เมื่อฟิวส์ขาดแผ่นโลหะเล็กๆ ด้านบนจะหลุดออก



รูปที่ 6-5 ก) ปลั๊กฟิวส์ขนาด 35 และ 100 A ข) ฝาครอบและฐานฟิวส์

- ปลั๊กฟิวส์แบบขาดช้า (Time-delay Fuse or Slo-lag Fuse) หมายความว่า เมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินขนาดจะไม่ขาดทันที มีลักษณะดังรูป 6-6 ปลั๊กฟิวส์แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ป้องกันวงจรมอเตอร์ มากกว่าวงจรแสงสว่างธรรมดา



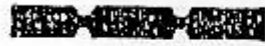
รูปที่ 6-6 ปลั๊กฟิวส์แบบขาดช้า

คาร์ทริดจ์ฟิวส์ (Cartridge Fuse)

ฟิวส์แบบนี้ใช้ร่วมกับเซฟตี้สวิตช์ (Safety Switch) ลักษณะของฟิวส์ชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 6-7 แบบหนึ่งเรียกว่า แบบเฟอร์รูล (Ferrule Type) และอีกแบบหนึ่งเรียกว่าแบบใบมีด (Knife Blade Type) ถ้าเป็นชนิดที่ขาดทันที เมื่อมีกระแสไฟเกินขนาดไหลผ่าน แบบเฟอร์รูลขนาดตั้งแต่ 1 – 60 A สำหรับแบบใบมีดมีขนาดตั้งแต่ 70 – 600 A และถ้าเป็นชนิดที่ขาดช้า (Slo-lag) จะมีลักษณะเหมือนกับรูปที่ 6-7 ทุกอย่าง นอกจากนี้คาร์ทริดจ์ฟิวส์ ยังมีทั้งชนิดที่เปลี่ยนฟิวส์ใหม่ได้ และชนิดที่เปลี่ยนฟิวส์ใหม่ไม่ได้ แต่ทั้ง 2 แบบ ก็มีลักษณะเหมือนกัน โดยปลายทั้ง 2 ด้านของกระบอกฟิวส์สามารถที่จะถอดได้และลักษณะของเส้นฟิวส์ที่ใช้ แสดงดังรูปที่ 6-8 คาร์ทริดจ์ฟิวส์แบบขาดช้าจะใช้ร่วมกับวงจรมอเตอร์มากกว่าวงจรแบบอื่น เพราะเพราะตอนเริ่มหมุนมอเตอร์จะกินกระแสสูง จึงไม่นิยมใช้ชนิดขาดทันที



รูปที่ 6-7 คาร์ทริดจ์ฟิวส์



ก. แบบเพอร์วูล



ข. แบบใบมีด

รูปที่ 6-8 เส้นฟิวส์สำหรับคาร์ทริดจ์ฟิวส์

เมื่อต้องการจะลดขนาดของฟิวส์ ให้ทนกระแสได้น้อยลงเช่นจะลดจากขนาด 60 A เป็น 30 A ทำได้โดยการใช้อะแดปเตอร์ ดังรูปที่ 6-10 เพราะถ้าฟิวส์มีขนาดกระแสต่ำฟิวส์จะมีขนาดเล็กและสั้นลง สำหรับการดึงฟิวส์ออกจากฐานฟิวส์ในเซฟตี้สวิตช์ จะต้องใช้ที่ดึงฟิวส์ (Fuse Puller) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 6-11 เพราะฐานฟิวส์จะบีบกระบอกฟิวส์หรือใบมีดของกระบอกฟิวส์ไว้นานมาก



รูปที่ 6-10 อะแดปเตอร์สำหรับลดขนาดของคาร์ทริดจ์ฟิวส์



รูปที่ 6-11 ที่ดึงฟิวส์

ข้อพิจารณาในการเลือกขนาดของฟิวส์

ฟิวส์ป้องกันขायงานไฟฟ้า จะต้องสามารถป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าของขायงานไม่ให้เกิดความเสียหายจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้ เช่น ป้องกันสายเคเบิล และสวิตช์แยกวงจร เป็นต้น

ฟิวส์สำหรับป้องกันวงจรที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า จะต้องคำนึงกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดินมอเตอร์ ด้วยซึ่งฟิวส์ภายใต้สภาวะนี้ต้องไม่เกิดการหลอมละลายเด็ดขาด

2. เซอร์กิตเบรคเกอร์ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรคเกอร์ หมายถึง “ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเปิด – ปิด วงจรโดยอัตโนมัติ และสามารถเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไหลเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยที่ตัวมันเองไม่เกิดความ

เสียหาย ” จากคำนิยามข้างต้นจะเห็นได้ว่าการใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเกี่ยวข้องกับกระแสเกินเป็นหลัก ดังนั้นก่อนอื่นเราต้องมาทำความเข้าใจกับคำว่า กระแสเกิน ก่อน

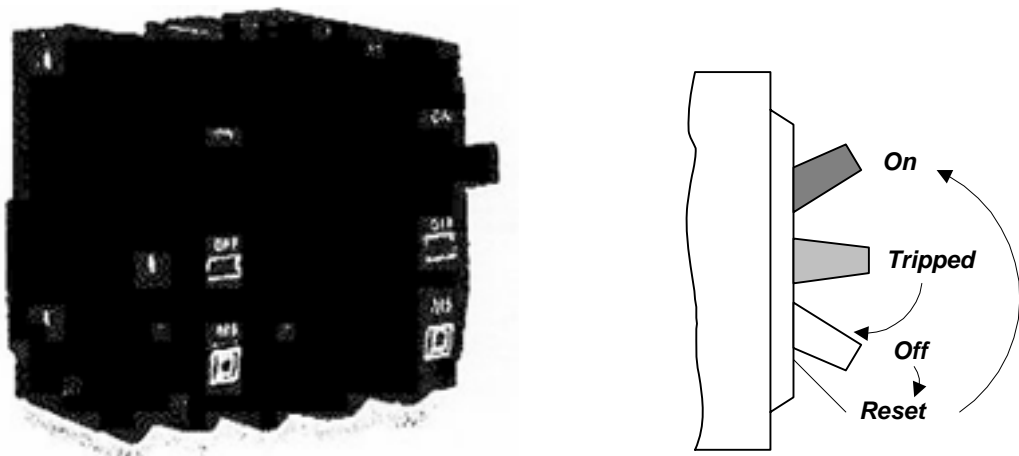
กระแสเกิน (Over Current) กระแสเกินแบ่งออกได้ 2 ประเภท

ก. OVERLOAD CURRENT

เกิดจากการเพิ่ม LOAD เข้าไปในวงจรทำให้วงจรนั้นกินกระแสไฟมากกว่าปกติ ทำให้สายไฟในวงจรร้อนซึ่งสายไฟจะละลายได้ หากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันจะทำให้เกิดไฟไหม้ได้

ข. SHORT CIRCUIT CURRENT

เกิดจากตัวนำไฟฟ้าลัดวงจรกันเอง หรือลัดวงจรลงดิน ทำให้เกิดกระแสปริมาณสูงไหลในระบบ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากเครียดทางความร้อน (Thermal Stress) และความเครียดทางกล (Mechanical Stress) ซึ่งจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้



รูปที่ 6-12 Circuit Breaker

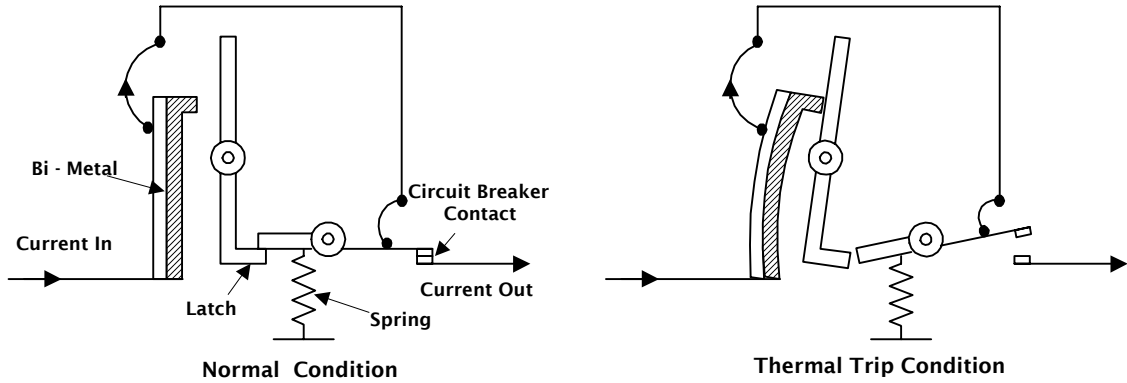
Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

Molded Case Circuit Breaker คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ห่อหุ้มปิดมิดชิดด้วย Molded 2 ส่วน ซึ่งได้ทดสอบ Dielectric Strength ก่อนออกจำหน่าย ตัว Molded ทำหน้าที่เป็นฉนวนห่อหุ้มเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้ โดยส่วนใหญ่ทำจาก Phenolic

เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบนี้มีหน้าที่หลักอยู่ 2 อย่าง คือทำหน้าที่เป็นสวิตช์โดยการเปิด - ปิดด้วยมือ และเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการลัดวงจรหรือกระแสไหลเกิน เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์เปิดวงจรเพื่อกำจัดฟอลท์ออกจากกระแสนั้น ด้ามโยกจะเลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่ง Trip ซึ่งจะอยู่กึ่งกลางระหว่าง On และ Off ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขณะนี้เซอร์กิตเบรกเกอร์กำลังเปิดวงจรอยู่ และเมื่อฟอลท์ได้ถูกกำจัดออกจากระบบแล้วก็สามารถเปิดวงจรใหม่ได้ โดยการ Reset แล้วเลื่อนกลับไปยังตำแหน่ง On อีกครั้ง การทำงานลักษณะนี้เรียกว่า Quick Make , Quick Break

Thermal Magnetic CB

Thermal Magnetic CB คือ MCCB ชนิดหนึ่งที่มีอุปกรณ์สำหรับปลดดวงจรอยู่ 2 ส่วนคือ ก. Thermal Unit ในส่วนนี้ใช้สำหรับปลดดวงจรเมื่อเกิดกระแสไหลตเกินดังรูปที่ 6-13

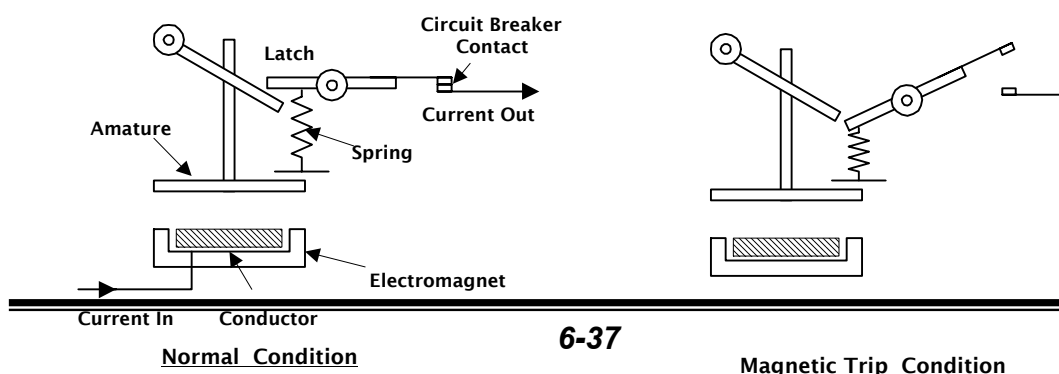


รูปที่ 6-13 แสดงลักษณะการตัดดวงจรของ Thermal Unit

จากรูปที่ 6-13 เมื่อกระแสไหลตเกินไหลผ่าน Bimetal (โลหะ 2 ชนิดซึ่งมีสัมประสิทธิ์ทางความร้อนไม่เท่ากัน) จะเกิดความร้อนขึ้นทำให้ Bimetal งอตัวไปปลดอุปกรณ์ทางกลทำให้ CB ปลดดวงจร ซึ่งเรียกว่าเซอร์กิตเบรคเกอร์ Trip การปลดดวงจรโดยใช้ Thermal Unit จะใช้เวลาในการปลดดวงจรพอสมควร ขึ้นกับขนาดของกระแสและความร้อนที่จะทำให้ Bimetal งอตัว ดังนั้นหากเกิดกระแสปลดดวงจรขึ้นจะต้องมีอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งเพื่อใช้ปลดดวงจรอย่างรวดเร็วเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้น

Magnetic Unit

ส่วนนี้จะใช้สำหรับปลดดวงจรเมื่อเกิดกระแสปลดดวงจร ดังรูปที่ 6-14





รูปที่ 6-14 แสดงลักษณะการตัดวงจรของ Magnetic Unit

จากรูปที่ 6-14 เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือกระแสสูงๆ ประมาณมากกว่า 8 – 10 เท่า ขึ้นไป ไหลผ่านจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและเกิดแรงขึ้นสามารถดึงอุปกรณ์ทางกลทำให้ CB ปลดวงจรโดยใช้เวลาในการปลดวงจรรวดเร็วมากยังไม่ทันที่จะเกิดความเสียหายแก่ระบบ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ปลดวงจรทั้ง 2 ตัว เพื่อทำหน้าที่ปลดวงจร ไม่สามารถที่จะมีแค่ Thermal Unit เพียงอย่างเดียว หรือ Magnetic Unit เพียงอย่างเดียว เพื่อป้องกันกระแสเกินทั้งกระแสโหลดเกินและกระแสลัดวงจร

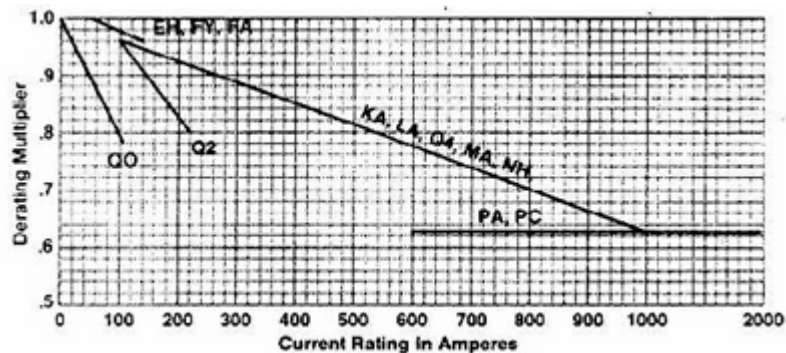
การพิจารณาค่าพิกัดกระแสเมื่อใช้ในสภาวะต่าง ๆ

เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Molded Case ถูกออกแบบมาให้ใช้งานที่อุณหภูมิ 40°C และความถี่ที่ 50/60 Hz และหากนำไปใช้ในสภาวะอื่นๆ การทำงานและพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจเปลี่ยนแปลงไปจากภาวะปกติได้

1. ผลเนื่องจากความถี่

ในกรณีของเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Thermal Magnetic ผลของความถี่จะแยกพิจารณาในกรณีของ Thermal Unit และ Magnetic Unit

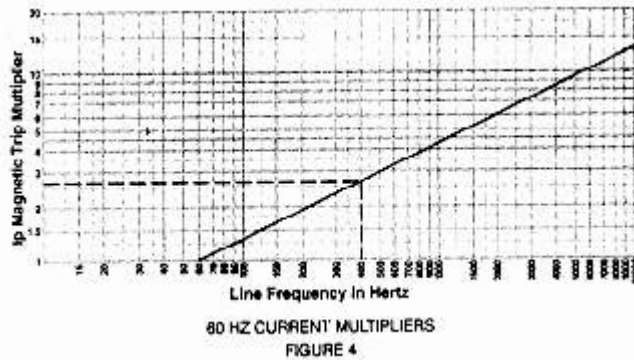
กรณีของ Thermal Unit ที่ความถี่ต่ำกว่า 50/60 Hz เราไม่ต้องนำมาคิดค่าเปลี่ยนแปลงค่ากระแสพิกัดได้ เนื่องจากมีผลน้อย แต่ในกรณีที่ความถี่สูงกว่า 50/60 Hz จำเป็นต้องนำมาคิด และที่นำไปใช้งานในกรณีความถี่สูงๆ ที่ใช้มากคือ 400 Hz เป็นความถี่สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าบนเครื่องบิน ดังรูปแสดงกราฟที่ใช้ที่ใช้ในกรณีความถี่ 400 Hz ซึ่งแสดงค่าตัวคูณกับค่ากระแสพิกัด ซึ่งจะเห็นว่าที่ความถี่สูงมากขึ้นค่ากระแสพิกัดจะมีค่าลดลง โดยจะต้องนำเอาค่าตัวคูณที่อ่านได้จากกราฟคูณกับพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์



รูปที่ 6-15 แสดงผลเนื่องจากความถี่ที่มีต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์



กรณีของ Magnatic ที่ความถี่สูงกว่า 50/60 Hz ค่ากระแสที่ทำให้ Magnetic Unit ทำงานจะมีค่ามากกว่าปกติ ดังรูปที่ 6-16



รูปที่ 6-16 ผลเนื่องจากความถี่ที่สูงกว่า 50/60 Hz ต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์

2. ผลเนื่องจากอุณหภูมิ

2.1 ที่อุณหภูมิระหว่าง 25°C ถึง 40°C ค่ากระแสพิกัดจะไม่เปลี่ยน ใช้ค่าตามที่ระบุได้เลย

2.2 ที่อุณหภูมิระหว่าง - 10°C ถึง 24°C เบรกเกอร์ที่ใช้งานอยู่ในอุณหภูมิช่วงนี้จะรับค่ากระแสพิกัดได้มากขึ้นกว่าที่ระบุได้ โดยไม่ตัดวงจรออก นั่นคือการ Trip ผิดพลาด หากโหลดเกินพิกัดเซอร์กิตเบรกเกอร์จะไม่ปลดวงจรแต่หากว่าต้องการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์นี้ป้องกันอุปกรณ์และสายให้ถูกต้อง การที่ค่ากระแสพิกัดเพิ่มที่อุณหภูมิต่ำลงนั้นจะต้องถูกนำมาพิจารณาด้วย

2.3 ที่อุณหภูมิระหว่าง 41°C ถึง 60°C เบรกเกอร์ที่ใช้งานอยู่ในอุณหภูมิช่วงนี้จะมีค่าพิกัดกระแสลดลงจากค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งจะทำให้เบรกเกอร์ปลดวงจรก่อนค่าที่กำหนด

3. ผลเนื่องจากความสูงของพื้นที่

เมื่อใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Thermal – Magnetic Unit ที่ระดับความสูงมากๆ จากระดับน้ำทะเลจะต้องมีการปรับค่าใหม่ทั้งกระแสพิกัด และแรงดันพิกัดด้วย เนื่องจากที่ความสูงมากๆ การระบายความร้อนจะทำได้ยากขึ้นจึงทำให้ค่ากระแสพิกัดลดลง และแรงดันพิกัดก็จะมีค่าลดลงด้วย เนื่องจากค่าไดอิเล็กตริกของอากาศลดลง จากตารางที่ 6-3 เป็นการแสดงค่าความสูงที่มีผลกับค่ากระแสพิกัดและแรงดันพิกัด ซึ่งค่านี้เซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละยี่ห้อจะมีไม่เหมือนกัน

ตารางที่ 9.3 แสดงผลที่เกิดกับค่ากระแสพิกัดและแรงดันพิกัดที่ความสูงต่างๆ กัน

Altitude Multiplier		
Altitude	Current	Voltage
0 – 6,600 ft	1	1
6,600 – 8,500 ft	0.99	0.95



8,500 – 13,000 ft	0.96	0.80
13,000 – 30,000 ft	0.75	0.40

4. ผลเมื่อใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง

ในกรณีที่น่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปใช้ในระบบไฟฟ้ากระแสตรง ตัว Thermal Unit จะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ตัว Magnetic Unit นั้นจะมีผลเปลี่ยนไปเนื่องจากกราฟคุณลักษณะของส่วน Magnetic Unit สร้างขึ้นโดยใช้ค่า RMS ของกระแสสลับ ในขณะที่เมื่อระบบเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะมีค่าตัวคูณค่าหนึ่ง ซึ่งต้องนำมาคูณเข้ากับค่ากระแสที่ทำให้ตัว Magnetic ทำงาน ซึ่งจะมีผลให้ค่านั้นโดยทั่วไปมีค่ามากกว่าเดิม

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์

ก) **AMP TRIP (AT)** คือ พิกัดกระแส หรือ Handle Rating ส่วนใหญ่จะแสดงไว้ที่ Name Plate หรือที่ด้ามคันโยกของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ปรับค่าไม่ได้ จะสังเกตตัวเลขบนบริเวณด้ามคันโยกได้ การกำหนดค่า AT ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตาม 1990 NEC Paragraph 240 – 6 กำหนดดังนี้

15 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50 , 60 , 70 , 80 , 90 , 100 , 110 , 125 , 150 , 175 , 200 , 225 , 250 , 300 , 350 , 400 , 450 , 500 , 600 , 700 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 3000 , 4000 , 5000 , 6000 A

ซึ่งบางครั้งอุปกรณ์ป้องกันของผู้ผลิตไม่มีค่าตรงตามที่ระบุไว้ จะต้องใช้ค่าที่ใกล้เคียง เช่น ระบุในแบบ CB 15 A เวลาเลือกใช้ ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด เช่น เลือกใช้ SQUARE D จะต้องใช้ CB 16 A

ตารางที่ 6-4 แสดงรายละเอียดการเลือกรุ่นต่างๆ เพื่อการใช้งาน

ขนาด แอมป์	AC Magnetic Trip Settings Amperes		One Pole		Two Pole		Three Pole		ขนาด สาย
	Hold	Trip	Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคา	Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคา	Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคา	
FAL 100 Ampere Frame			ทนกระแสฉับพลันได้ 18 KA				Standard Interrupting 18 KA		
15	275	600	FAL 14015		FAL 24015		FAL 34015		



บทที่ 6 : การออกแบบระบบไฟฟ้า

20	275	600	FAL 14020	1,600.-	FAL 24020	3,400.-	FAL 34020	3,600.	2.5 – 25
30	275	600	FAL 14030		FAL 24030		FAL 34030		
40	400	850	FAL 14040		FAL 24040		FAL 34040		
50	400	850	FAL 14050	FAL 24050	FAL 34050	2.5 – 50			
60	800	1450	FAL 14060	FAL 24060	FAL 34060				
70	800	1450	FAL 14070	FAL 24070	FAL 34070				
80	800	1450	FAL 14080	FAL 24080	FAL 34080				
90	900	1450	FAL 14090	FAL 24090	FAL 34090				
100	900	1450	FAL 14100	FAL 24100	FAL 34100				

ข.) AMP FRAME (AF) คือ ขนาด AT สูงสุดที่ CB ในรุ่นนั้นมีจำหน่ายและเป็นขนาดพิกัดของส่วนประกอบภายนอกหรือว่าโครงของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถทนกระแสได้ เช่น CB ขนาด 125 AT / 250 AF แสดงว่า CB รุ่นนั้นมี CB รุ่น 250 AT / 250 AF เป็นพิกัดกระแสสูงสุดจำหน่าย ซึ่งจริงๆ แล้วเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั้ง 2 รุ่น ใช้ Molded และอุปกรณ์ประกอบชนิดเดียวกัน จะแตกต่างกันก็คือ การตั้งค่าของอุปกรณ์ปลดวงจรซึ่งต้องทำการทดสอบก่อนส่งออกจำหน่าย ซึ่งสรุปได้ว่าค่า AMP FRAME แสดงค่าทางกายภาพด้วย

ค่า AF ระบุโดยค่ามาตรฐาน NEMA มีขนาดดังนี้
50 , 100 , 255 , 250 , 400 , 600 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 4000 , 5000 AF

ค.) POLE หรือ ขั้ว เป็นตัวบ่งบอกว่า CB นี้เป็น 1 Phase หรือ 3 Phase
1 POLE หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 Phase โดยจะใช้ป้องกันสาย Line อย่างเดียว
2 POLE หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 Phase โดยจะใช้ป้องกันสาย Line และ Neutral
3 POLE หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 Phase โดยจะใช้ป้องกันสาย Line
4 POLE หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 Phase โดยจะใช้ป้องกันสาย Line และ Neutral



ง.) IC หรือ INTERRUPTING CAPACITY

หมายถึง กระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CB นั้นสามารถปลดวงจรได้ โดยตัวมันเองไม่ได้รับความเสียหาย ส่วนใหญ่จะระบุหน่วยเป็น KV สังเกตได้จาก Name Plate ของ CB

ในการเลือกใช้อุปกรณ์ และระบบไฟฟ้านั้น นอกจากจะคำนึงถึงกระแสขณะใช้งานตามปกติแล้ว ยังจะต้องคำนึงถึงกระแสขณะลัดวงจรด้วย การลัดวงจร หมายถึง การที่วงจรไฟฟ้าเกิดความผิดปกติโดยอุบัติเหตุหรือความไม่ตั้งใจ ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรไฟฟ้าที่มีค่าลดลง ส่งผลให้กระแสไหลมากกว่ากระแสปกติหลายเท่า กระแสลัดวงจรจะทำให้เกิดความเครียดทางกล (Mechanical Stress) และความเครียดทางความร้อน (Thermal Stress) ขึ้น ซึ่งสามารถส่งผลทำให้อุปกรณ์เสียหาย และเป็นอันตรายต่อคนได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงต้องคำนึงถึงผลของกระแสลัดวงจรเพื่อจะได้ป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้

จ.) **PUSH TO TRIP** ปุ่มสำหรับทดสอบอุปกรณ์ทางกลที่ใช้สำหรับปลดวงจร เนื่องจากเซอร์กิตเบรกเกอร์หลังจากที่ติดตั้งภายในแผงไฟฟ้า ภายใน 2 – 3 ปี อาจจะไม่เคยเกิดกระแสเกินขึ้นสักครั้ง สปริงยังมีแรงดึงอุปกรณ์ปลดวงจรได้ทันทีหรือเปล่า ซึ่งปุ่ม PUSH TO TRIP นี้มีความจำเป็นไว้ทดสอบอุปกรณ์ปลดวงจรภายใน โดยทั่วไปจะทดสอบปีละครั้ง

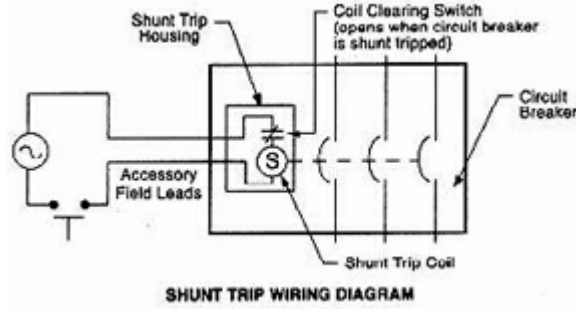
ฉ.) **TRIPPING CURVE** คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลาปลดวงจร ซึ่งบางครั้งเราเรียก Curve นี้ว่า I – T Curve โดยกราฟนี้มี Scale ในลักษณะของ Log โดยแกน X แสดงจำนวนเท่าของพิกัดกระแส แกน Y แสดงค่าเวลาในหน่วยวินาที Tripping Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่นจะไม่เหมือนกัน

ช.) **COORDINATION** คือ การจัดลำดับการปลดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อที่จะทำให้การป้องกันในระบบไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเลือกขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และการปรับตั้งค่าอุปกรณ์ป้องกันให้เหมาะสม

เมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินเกิดขึ้นในระบบป้องกันไฟฟ้าที่มีการจัดลำดับการป้องกัน (Coordination) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แล้ว เซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ควบคุมอยู่ในจุดผิดปกติ ควรจะต้องเปิดวงจร แต่ถ้าไม่มีการจัด Coordination ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในระบบไฟฟ้านั้น เมื่อมีการใช้กระแสเกิน (Overcurrent) เกิดขึ้น อาจจะมีผลทำให้ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ถัดขึ้นไปด้านบน (Upstream) เปิดวงจรซึ่งจะรบกวนบริเวณอื่นไม่เกี่ยวข้อง

ซ.) **ACCESSORIES** คืออุปกรณ์ประกอบของเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อเพิ่มความสามารถของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยทั่วไปที่ใช้อยู่ในห้องตลาดมีดังนี้

- Shunt Trip ทำหน้าที่สั่งปลดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อ Coil Shunt Trip ได้รับศักดาจากระบบอื่น ดังรูปที่ 6-17

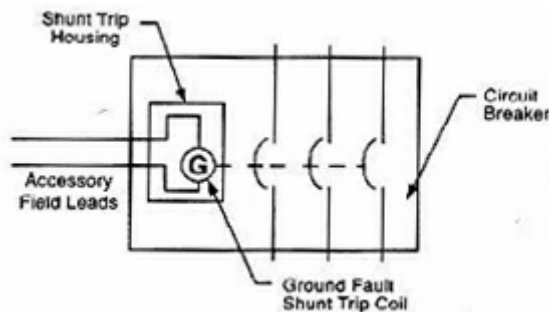


รูปที่ 6-17

จากรูปที่ 6-17 หากนำสายคู่ที่ต่อจาก Coil Shunt Trip ไปต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายและสวิตช์ เป็นหน้าสัมผัสช่วยของระบบอื่นก็สามารถทำได้

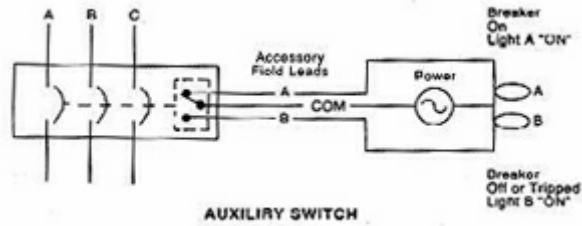
- **UnderVoltage Release (UVR)** เป็นอุปกรณ์สั่งปลดวงจรเมื่อศักดาของระบบตกต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ส่วนใหญ่จะใช้คู่กับ Under / Over Voltage Relay หากเมนเซอร์กิตเบรคเกอร์ของโครงการติด Under Volt จะต้องมีย Relay Time ด้วย เนื่องจากไฟจากการไฟฟ้าเกิน เซอร์กิตเบรคเกอร์จะกระพริบ และเซอร์กิตเบรคเกอร์จะยังไม่ควรปลดวงจร โดยควรมี Delay time 3 วินาที

- **Ground Fault Shunt Trip** เป็นอุปกรณ์สั่งปลดวงจรเมื่อมีกระแสรั่วออกจากระบบเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ โดยมี Coil Ground Fault ต่ออยู่ภายในเซอร์กิตเบรคเกอร์ ซึ่งจะต่อออกมาจากระบบ Sensing



รูปที่ 6-18 Ground Fault Shunt Trip

- **Auxiliary Switch** เป็นอุปกรณ์หน้าสัมผัสช่วย ซึ่งอยู่ในเซอร์กิตเบรคเกอร์โดยจะเปลี่ยนสถานะเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ ON หรือ OFF/TRIP บางครั้งจะนำเอา Auxiliary Switch ไปใช้งานควบคุมกับวงจร Control หรือวงจร Interlock ต่างๆ ด้วย



รูปที่ 6-19 Auxiliary Switch

- **Alarm Switch** เป็นอุปกรณ์หน้าสัมผัสช่วยซึ่งจะเปลี่ยนสถานะเมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร (Trip)

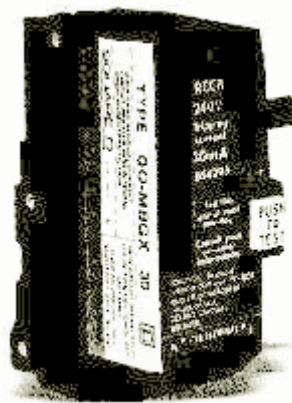
- **Handle Padlock** สำหรับล็อกเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON หรือ OFF หากอยู่ในตำแหน่ง ON และเซอร์กิตเบรกเกอร์เกิด Trip ตามโยกจะอยู่ในตำแหน่ง Trip Free

- **Motor Operate** เป็นมอเตอร์ที่ใช้สำหรับ ON/OFF เซอร์กิตเบรกเกอร์

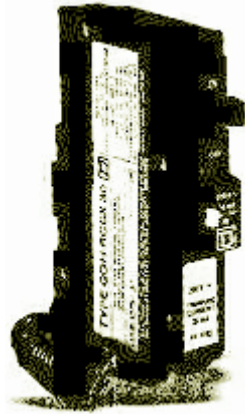
3. EARTH LEAKAGE CIRCUIT BREAKER (ELCB)

Earth Leakage Circuit Breaker หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Miniature CB ชนิดหนึ่ง (เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็กใช้ติดตั้งในตู้ควบคุมไฟฟ้า) ซึ่งภายในตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ นอกเหนือจากที่ประกอบด้วย Thermal และ Magnetic แล้ว ยังมีอุปกรณ์สำหรับเช็คกระแสว่ามีรั่วออกจากวงจรหรือไม่ ซึ่งหากมีกระแสไฟรั่วออกจากวงจรมากกว่าค่าที่กำหนดไว้จะสั่งปลดวงจรทันที โดยส่วนใหญ่จะมีขนาด 10 mA

โดยทั่วไป Earth Leakage CB. ในท้องตลาดจะมีให้เลือกทั้งชนิดใช้ Main ของแผงไฟฟ้า คือ ELCB 2 Pole ดังรูปที่ 30.1 หรือใช้เป็นอุปกรณ์กันรั่วเฉพาะจุด 1 Pole ดังรูปที่ 30.2 ซึ่งส่วนใหญ่จะต่อกับเครื่องทำน้ำร้อน เครื่องซักผ้า ฯลฯ

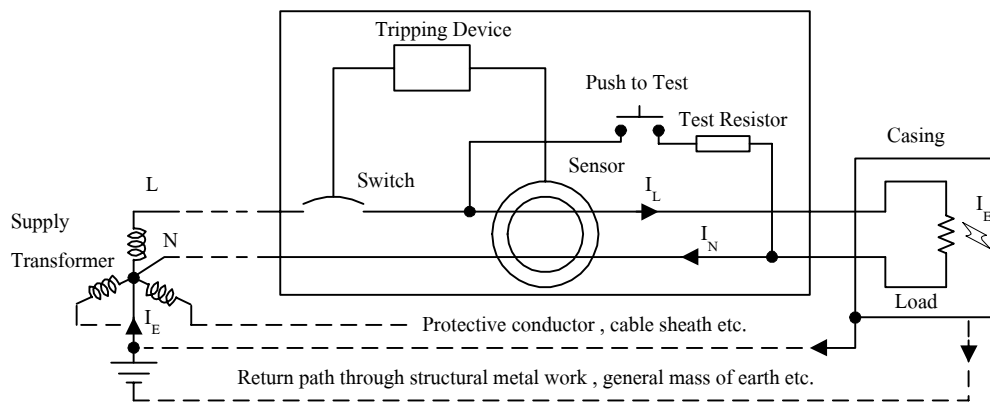


รูปที่ 9-20 Main Earth Leakage 2 Pole



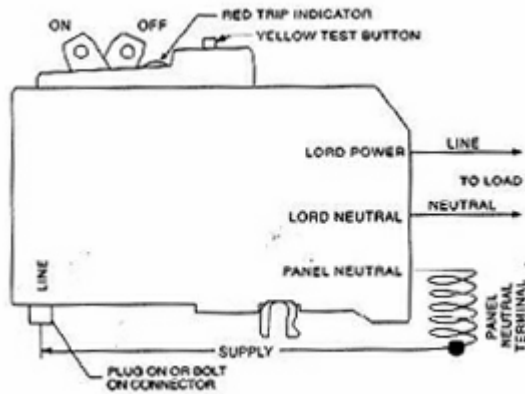
รูปที่ 9-21 Earth Leakage 1 Pole

วงจรการทำงานของ Earth Leakage CB.



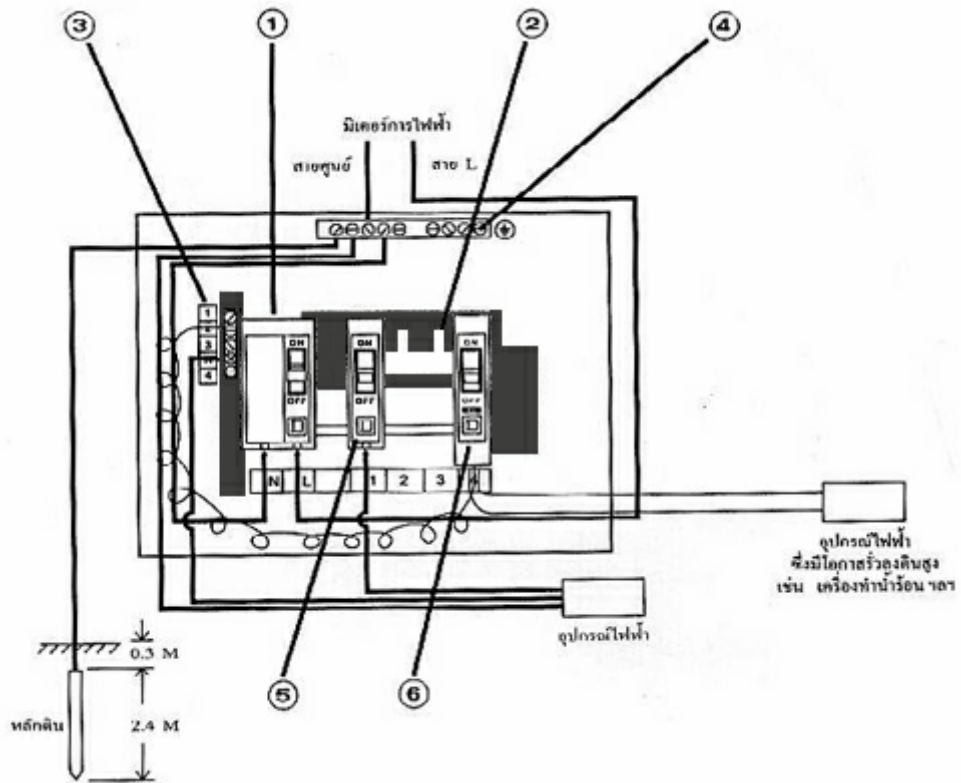
รูปที่ 6-22 วงจรการทำงานของ ELCB

การทำงาน : ภายในตัว CB จะมีตัว Sensor ทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสที่จ่ายไปโหลด (I_L) และกระแสไหลกลับ (I_N) ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ หากมีค่ากระแสรั่วออกจากระบบ I_L จะไม่เท่ากับ I_N ทำให้เกิดผลต่างระหว่างกระแสขึ้นใน Sensor เหนี่ยวนำทำให้ Tripping Device สั่งปลดวงจร



รูปที่ 6-23 วิธีการต่อ Earth Leakage CB. ของ SQUARE D

วิธีการติดตั้ง Consumer Unit ที่มีสายดิน



รูปที่ 6-26 การติดตั้ง Consumer Unit ที่มีสายดิน

1. เมน 2 สาย 10 kA มีขนาดแอมแปร์ให้เลือกตามมิเตอร์ของการไฟฟ้า
2. Bus Bar สำหรับวงจรขนาด 100 A ด้วยระบบ Plug – in
3. Neutral Lug (N) มีช่องเข้าสายเท่ากับจำนวนวงจรย่อยของรุ่นนั้น ๆ
4. Ground Bar (G)
5. ลูดย่อย 1 Pole



6. ลูดย่อยกันจุดเฉพาะ 1 Pole