เอกสารแนวทางการสอบเลื่อนระดับ

ใบอนุญาตเป็นสามัญวิศวกร สาขา

วิศวกรรมไฟฟ้า

เรื่อง

แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์

สารบัญ

แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ 1

ประเภทของการทดสอบตามมาตรฐาน IEC 60439-1 และ มอก. 1436-2540 2

การทวนสอบโดยการออกแบบ 4

การทวนสอบโดยการคำนวณ 12

การทวนสอบโดยการประยุกต์ใช้กฎการออกแบบ 12

การทวนสอบโดยการเปรียบเทียบกับการออกแบบอ้างอิง 13

การทวนสอบโดยการทดสอบ 13

การทวนสอบโดยการทดสอบประจำ 13

Commissioning Test หรือการทดสอบความพร้อมก่อนการใช้งาน 17

การติดตั้งแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ 17

การบำรุงรักษาแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ 17

อุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ 19

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ 19

2. ฟิวส์ 36

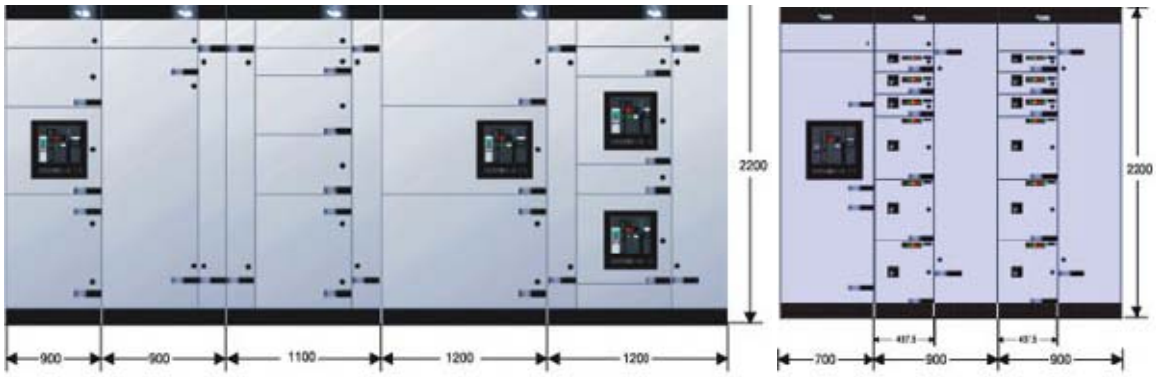
3. เครื่องตัดไฟรั่ว 39

แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์
(Low-voltage switchgear and Controlgear)

แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ หรือชุดประกอบสำเร็จควบคุมไฟฟ้าแรงดันต่ำ (ตาม มอก. 1436) หรือแผงบริภัณฑ์ประธานรวมแรงดันต่ำ (MDB : Main Distribution Board) หรือตู้ควบคุมไฟฟ้า หรือ Distribution Board (DB) หรือแผงสวิตช์ฯต่างๆ โดยในอดีตตั้งแต่ปี 2540 ที่ได้ออกมาตรฐาน มอก. 1436 มากว่า 17 ปี (คิด ณ. ปี 2557) ที่ได้ผลิตและทดสอบตาม IEC 60439-1 และ/หรือ มอก.1436 ที่มี 2 แบบ (แบบ Type-Tested Assembly และแบบ Partial Type-Tested Assembly) โดยแบบ Type-Tested Assembly น่าจะเป็นคำตอบของการเลือกผู้ผลิตที่ได้มาตรฐาน เพื่อบรรลุเป้าหมายด้านวิศวกรรม ในเรื่องความปลอดภัย ความเชื่อถือได้ ความมั่นคง ความมีเสถียรภาพ ต่อระบบไฟฟ้า และที่ขาดไม่ได้ คือ การประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์

เหตุผลที่กล่าวข้างต้นในเรื่องการประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์ เพราะผู้ผลิตแผงสวิตช์ฯ ส่วนใหญ่จะมีการวิจัยและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และผู้ผลิตนั้นๆ จะเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ อยู่แล้ว ซึ่งผู้ผลิตดังกล่าวจะมีการจำหน่ายและใช้งานอยู่ทั่วโลก ซึ่งก็จะเป็นไปตามหลักทางเศรษฐศาสตร์ คือ การผลิตแบบเป็นจำนวนที่ทำให้เกิดจุดคุ้มทุน (Economics of scale) ดังนั้นหากผู้ผลิตใดที่มีปริมาณในการขายแผงสวิตช์ฯ หรืออุปกรณ์ป้องกันมากๆ ผู้ผลิตนั้นๆ ก็จะทำให้เกิดศักยภาพด้านคุณภาพของสินค้าและการประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งรวมถึงการทำ Licensee กับผู้ผลิตที่ได้รับการทวนสอบโดยตรงจาก Licensor ด้วย

MDB (แผงบริภัณฑ์ประธานรวมแรงดันต่ำ) เป็นหัวใจที่สำคัญอย่างมากสุด เพราะเป็นศูนย์รวมของระบบไฟฟ้าที่ควบคุมวงจร หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งนี้มาตรฐาน IEC 60439-1 ยังรวมไปถึงแผงสวิตช์ฯ ต่างๆ ด้วย เช่น Main Distribution Boards, Distribution Switchboards, Power Factor Correction Cubicle, Pump & Motor Starter Cubicle, Variable Speed Drives Cubicle เป็นต้น ดังนั้นหากแผงสวิตช์ฯ ทุกๆ แผงสวิตช์ฯ ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบ (TTA) มา ก็จะเรียกได้ว่า แผงสวิตช์ฯ ทั้งระบบไฟฟ้านี้เป็น **Fully Type-Tested Assembly**



ภาพประกอบ แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ ตาม IEC 60439-1, IEC61439-2,3 แบบ **Type-Tested Assembly**

ประเภทของการทดสอบ ตามมาตรฐาน IEC60439-1 และ มอก. 1436-2540 โดยสรุป ดังนี้

<u>แบบที่ 1</u> Type-Tested low-voltage switchgear and controlgear Assembly (TTA)

แผงสวิตช์ฯ แรงดันต่ำแบบที่ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบ เป็นแผงสวิตช์ฯ แรงดันต่ำที่ได้ประกอบให้ตรงตามแบบหรือระบบที่ปราศจากการบิดเบือน คือ มีการทดสอบอย่างละเอียดทุกข้อตามตารางที่ 7 ของ IEC 60439-1 (อันนี้ยังไม่รวมการทดสอบปลีกย่อยอีกมายมายนะ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ รวมถึงวัสดุต่างๆ พวกน๊อต ยาง หรือ shield เป็นต้น ที่ต้องผ่านการทดสอบมาก่อนประกอบเป็นแผงสวิตช์ฯ)

โดยลักษณะของการใช้งานจริงตาม Single line กับโครงการต่างๆ ของท่านนั้น ให้เป็นไปตามแบบที่ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบ (TTA) เช่น ในหัวข้อเรื่องขีดจำกัดของอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในส่วนของเมนบัสบาร์ ยกตัวอย่างที่เมนบัสบาร์พิกัดกระแสไฟฟ้า 5000A ก็หมายความว่า ในการทดสอบเมนบัสบาร์ ก็จะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ 5000A ให้บัสบาร์ตามข้อกำหนดของมาตรฐานฯ โดยบัสบาร์นั้นจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยไม่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกินข้อกำหนด หรือมีอุณหภูมิสูงขึ้นเกินกว่า 105 องศาเซลเซียส แบบที่ไม่ต้องมีการติดพัดลม หรือการระบายอากาศเพิ่มเติม เมื่อนำไปใช้จริง ก็ไม่จำเป็นต้องติดพัดลมเพิ่มเติม จากที่เคยทดสอบไว้ (โดยมีสภาพแวดล้อมการใช้งานที่ปกติ) เป็นต้น

<u>แบบที่ 2</u> Partially Type-Tested low-voltage switchgear and controlgear Assembly (PTTA)

แผงสวิตช์ฯ แรงดันต่ำแบบที่ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบ<u>เป็นบางส่วน</u> คือ ทำการทดสอบบางส่วนและไม่ได้ทำการทดสอบอีกมากมายหลายส่วน โดยใช้ตัวเลขจากการคำนวณแทนการทดสอบ การตรวจพินิจด้วยสายตา การทวนสอบก็ตาม โดยปัจจุบัน IEC 61439 จะไม่นำมากล่าวถึงอีกเลย

ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดเจนว่าแผงสวิตช์ฯ ที่ผ่านการทดสอบ แบบ Fully Type-Tested Assembly หรือ Type-Tested Assembly จะสร้างความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัย และความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ามากกว่าแบบ Partial Type-Tested Assemble

การออกมาตรฐานใหม่ IEC 61439-1,2 มาทนแทน ความผิดพลาด หรือความเสียหาย ได้มีการปรับเปลี่ยน เพิ่มเติมที่มากขึ้นจาก มาตรฐาน IEC60439-1 เพื่อให้ตรงกับความปลอดภัย ความเชื่อถือได้ ความสะดวก และหลักการทางเศรษฐศาสตร์โดยมีการเปลี่ยนเป็น IEC 61439 ที่มี series หรือส่วนย่อยๆ ดังต่อไปนี้

– IEC 61439-1: General rules
– IEC 61439-2: Power switchgear and controlgear ASSEMBLIES (PSC-ASSEMBLIES)
– IEC 61439-3: Distribution boards (to supersede IEC 60439-3)
– IEC 61439-4: ASSEMBLIES for construction sites (to supersede IEC 60439-4)
– IEC 61439-5: ASSEMBLIES for power distribution (to supersede IEC 60439-5)
– IEC 61439-6: Busbar trunking systems (to supersede IEC 60439-2)

สำหรับแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ หรือชุดประกอบสำเร็จควบคุมไฟฟ้าแรงดันต่ำ (ตาม มอก. 1436 ตั้งแต่ปี 2540) หรือ แผงบริภัณฑ์ประธานรวมแรงดันต่ำ หรือ แผงสวิตช์ฯต่างๆ ที่ได้ใช้ต้นฉบับจาก IEC 60439-1 จะถือได้ว่าแตกต่างกันอย่างมากกับมาตรฐาน IEC 61439-1, IEC 61439-2, IEC 61439-3 และมีรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies : IEC 61439-1 : General rules (แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ : IEC 61439-1 : General rules)

2. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies :
IEC 61439-2 : Power switchgear and controlgear assemblies
(แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ : IEC 61439-2 :)

power switchgear and controlgear assembly (PSC-ASSEMBLY) เป็นแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ ที่ใช้ในการกระจายและควบคุมการใช้พลังงาน สำหรับทุกประเภทของโหลด การใช้งานสำหรับงานอุตสาหกรรม พาณิชย์ การใช้งานที่คล้ายกัน ที่มีการทำงานโดยบุคคลธรรมดา โดยแรงดันไม่เกิน 1000Vac. หรือ 1500Vdc.

Edition แรกของมาตรฐาน IEC 61439-1 โดยได้มีการยกเลิกและแทนที่ Edition 4 ของ IEC60439-1(1999) ถือเป็นการแก้ไขทางเทคนิคอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 ดังต่อไปนี้

- ด้วยแนวทางของ IEC 60439-1ฉบับล่าสุด ได้เปลี่ยนมาเป็นมาตรฐาน IEC 61439-1 ซึ่งจะเป็นส่วนรายละเอียดแบบครอบคลุมทั่วไป
- ใน IEC 61439 และก็จะมีส่วนย่อยอื่นๆ ประกอบเป็น series ตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว
- การทดสอบแบบ TTA (การทดสอบเฉพาะแบบ : ทดสอบทุกข้อ) และ PTTA (การทดสอบบางส่วนบางข้อ) จะถูกกำจัดไป โดยวิธีการในการทวนสอบ
- สามสิ่งที่แตกต่างกัน แต่เทียบเท่าประเภทของการทวนสอบ ความต้องการที่ถูกแนะนำการทวนสอบ โดยการทดสอบ การคำนวณหรือการวัด หรือการทวนสอบความพึ่งพอใจด้วยกฎการออกแบบ
- ความต้องการที่เกี่ยวกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ที่ได้รับการชี้แจง
- the rated diversity factor (RDF) จะถูกครอบคลุมในรายละเอียดมากขึ้น
- ความต้องการจากมาตรฐานสำหรับตู้เปล่า สำหรับไว้ประกอบ (IEC 62208) ที่ต้องมีการจดทะเบียน
- โครงสร้างทั้งหมดของ มาตรฐานที่สอดคล้องกับ ฟังก์ชั่น ใหม่ ที่เป็น " กฎทั่วไป "

มาตรฐาน

ขอบเขตของมาตรฐาน IEC 61439-1 นี้ มีข้อกำหนดและเงื่อนไขในการบริการ ความต้องการในการก่อสร้าง คุณสมบัติทางเทคนิค และความต้องการในการทวนสอบเพื่อแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ และคอนโทรลเกียร์ โดยพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

- การประกอบที่แรงดันไฟฟ้า ไม่เกิน 1000Vac. หรือ 1500Vdc.
- การประกอบที่อยู่กับที่ หรือเคลื่อนที่ โดยมีหรือไม่มี enclosure
- การประกอบที่เจตนาสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อการกำเนิด การส่ง การจำหน่าย การแปลงของพลังงานไฟฟ้า และสำหรับควบคุมพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์บริโภค
- การประกอบที่ถูกออกแบบสำหรับการใช้ภายใต้เงื่อนไขพิเศษและเงื่อนไขการบริการ
- การประกอบที่ถูกออกแบบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องจักร ข้อกำหนดที่มีเสริมสำหรับการประกอบให้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรที่ถูกครอบคลุมโดย IEC 60204 series

มาตรฐานนี้ได้นำมาใช้กับการประกอบทั้งหมด ว่าที่ได้ถูกออกแบบ ผลิต และการทวนสอบ บนพื้นฐานหนึ่งหรือมาตรฐานอย่างเต็มที่และผลิตในแบบปริมาณ

มาตรฐานนี้ไม่สามารถใช้เพียงลำพัง ที่จะระบุประกอบหรือนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการกำหนดร่วมกันมาตรฐานนี้ไม่ได้นำไปใช้กับแต่ละอุปกรณ์ และส่วนประกอบในตัวเอง เช่น การสตาร์ทมอเตอร์ สวิตช์ฟิวส์, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอื่น ๆ ซึ่งจะสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

การทวนสอบ (Verification)

1. การทวนสอบโดยการออกแบบ เป็นการทวนสอบที่ทำในกลุ่มตัวอย่างการประกอบหรือส่วนของการประกอบที่แสดงให้เห็นว่าการออกแบบที่ได้ตรงตามความต้องการของมาตรฐานการประกอบที่เกี่ยวข้อง
   หมายเหตุ การทวนสอบโดยการออกแบบ อาจประกอบด้วยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งวิธีร่วมกัน อันได้แก่ การทดสอบ การคำนวณ การวัดทางกายภาพ หรือการใช้กฎการออกแบบ
2. การทวนสอบโดยการทดสอบ ทำในกลุ่มตัวอย่างประกอบหรือในส่วนของการประกอบที่จะรับรองว่าการออกแบบตรงตามความต้องการของมาตรฐานการประกอบที่เกี่ยวข้อง
   หมายเหตุ การทวนสอบเทียบเท่ากับการทดสอบเฉพาะแบบ Type Tests
3. การประเมินการทวนสอบ การทวนสอบโดยการออกแบบของกฎการออกแบบที่เข้มงวด หรือการคำนวณที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบ หรือ ไปยังส่วนของการประกอบที่จะแสดงให้เห็นว่าการออกแบบที่ตรงตามความต้องการของมาตรฐานการประกอบที่เกี่ยวข้อง
4. การทวนสอบโดยกฎการออกแบบ กฎที่กำหนดสำหรับการออกแบบของการประกอบซึ่งอาจจะนำไปใช้เป็น ทางเลือกในการทวนสอบโดยการทดสอบ
5. Routine test การทวนสอบของแต่ละการประกอบ การดำเนินการในระหว่าง และหรือหลังจากการผลิต เพื่อยืนยันว่า ได้สอดคล้องกับความต้องการของมาตรฐานการประกอบที่เกี่ยวข้อง

ผู้ผลิต จะประกอบด้วย original manufacturer และ assemble manufacturer ผู้ประกอบซึ่งเป็นผู้ประกอบและรับผิดชอบในการประกอบให้เสร็จสมบูรณ์ โดยผู้ผลิตและผู้ประกอบอาจจะเป็นคนละองค์กรกับ original manufacturer การผลิต และ / หรือการประกอบ ผู้ประกอบสามารถดำเนินการนอกเหนือจากผู้ผลิตเดิมได้

การทวนสอบโดยการออกแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อทวนสอบการปฏิบัติของการออกแบบของการประกอบ หรือ การประกอบที่มีความต้องการของมาตรฐานต่อเนื่องชุดนี้ การทดสอบจะต้องได้รับการปฏิบัติเป็นตัวแทน ตัวอย่างของการประกอบในสภาพที่กระจ่างและเป็นเงื่อนไขใหม่ ที่เกี่ยวกับการประกอบการทดสอบ โดยการทดสอบที่ได้ดำเนินการตาม IEC60439 series ก่อนที่จะมีการตีพิมพ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องใน IEC 61439 series และการทดสอบผลลัพธ์ที่ตอบสนองความต้องการของส่วนที่เกี่ยวข้องกับ IEC 61439 การทวนสอบเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องทำซ้ำ เพื่อยืนยันในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของอุปกรณ์ตัดตอน (switching) ในการประกอบ ที่ได้เลือกให้สอดคล้องกับการเลือกใช้และตามคำแนะนำของผู้ผลิต

การทวนสอบการออกแบบ จะต้องบรรลุผลโดยการประยุกต์ใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมากกว่า 1 วิธีตามการเทียบเท่า และทางเลือกตามความเหมาะสม : การทดสอบ, การคำนวณ, การวัดทางกายภาพ หรือการทวนสอบของกฎการออกแบบ ตามตาราง รายการการทวนสอบโดยการออกแบบ ที่ต้องปฏิบัติตามดังต่อไปนี้

No.	Characteristic to be verified	Clauses or subclauses	Verification options available		
			Verification by testing	Verification by calculation	Verification by design rules
1	Strength of material and parts:	10.2			
	Resistance to corrosion	10.2.2	YES	NO	NO
	Properties of insulating materials:	10.2.3			
	Thermal stability	10.2.3.1	YES	NO	NO
	Resistance of insulating materials to normal heat	10.2.3.2	YES	NO	NO
	Resistance to abnormal heat and fire due to internal electric effects	10.2.3.3	YES	NO	NO
	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	10.2.4	YES	NO	NO
	Lifting	10.2.5	YES	NO	NO
	Mechanical impact	10.2.6	YES	NO	NO
	Marking	10.2.7	YES	NO	NO
2	Degree of protection of enclosures	10.3	YES	NO	YES
3	Clearances and creepage distances	10.4	YES	YES	YES
4	Protection against electric shock and integrity of protective circuits:	10.5			
	Effective continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY & the protective circuit	10.5.2	YES	NO	YES
	Effectiveness of the assembly for external faults	10.5.3	YES	YES	YES
5	Incorporation of switching devices & components	10.6	NO	NO	YES
6	Internal electrical circuits and connections	10.7	NO	NO	YES
7	Terminals for external conductors	10.8	NO	NO	YES
8	Dielectric properties:	10.9			
	Power-frequency withstand voltage	10.9.2	YES	NO	NO
	Impulse withstand voltage	10.9.3	YES	NO	YES
9	Temperature-rise limits	10.10	YES	YES	YES
10	Short-circuit withstand strength	10.11	YES	YES	YES
11	Electromagnetic compatibility (EMC)	10.11	YES	NO	YES
12	Mechanical operation	10.11	YES	NO	NO

ตาราง รายการการทวนสอบโดยการออกแบบ

ประสิทธิภาพการทำงานประกอบ อาจจะได้รับผลกระทบจากการทวนสอบโดยการทดสอบ เช่น การทดสอบกระแสลัดวงจร การทดสอบเหล่านี้ ไม่ควรที่จะดำเนินการประกอบขณะที่กำลังดำเนินการบริการ (service) การประกอบที่ผ่านการทดสอบและได้มาตรฐานของผู้ผลิตแล้ว ไม่จำเป็นต้องผ่านการทวนสอบ

โดยวิธีออกแบบอีก ถ้าผู้ผลิตเดิมได้ให้ข้อกำหนดและข้อแนะนำในการประกอบที่ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว ผู้ประกอบจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดและข้อแนะนำอย่างเคร่งครัด

การทวนสอบการออกแบบจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

1) Constructional requirements

1. Strength of materials and parts การพิจารณาในเรื่องความแข็งแรงของวัสดุและส่วนประกอบ โดยการประกอบจะถูกสร้างขึ้นจากวัสดุที่มีความสามารถในการทนต่อความเครียดทางกล ทางไฟฟ้า ความร้อน และสิ่งแวดล้อม เช่น การผุกร่อน รังสี UV. ที่มีแนวโน้มจะพบในการระบุเงื่อนไขการให้บริการ รูปร่างภายนอกของการประกอบ enclosure อาจจะสร้างขึ้นมาจากวัสดุต่างๆ เช่น ฉนวน โลหะ วัสดุที่เหมาะสมต่างๆ
2. ระดับการป้องกันในเรื่องการกระแทก ระดับการป้องกันสิ่งแปลกแลอมที่เป็นของแข็งและของเหลว IP : IEC60529

ดังตารางแนบ

Degrees of Protection (IP)
พิกัดการป้องกันฝุ่นและน้ำ

การแบ่งระดับการป้องกัน (Degree of protection) หรือ IP เป็นไปตามมาตรฐาน DIN 40050/1980 และ IEC 529

รหัสตัวที่หนึ่งเป็นการแสดงถึงลักษณะ การป้องกันการสัมผัสและอันตราย อันอาจจะเกิดแก่อุปกรณ์ที่บรรจุอยู่ภายใน		รหัสตัวที่สองเป็นการแสดงถึงการป้องกันอุปกรณ์ที่บรรจุอยู่ภายใน อันอาจจะได้รับอันตรายจากพวกของเหลวต่างๆ		รหัสตัวที่สามเป็นการแสดงถึงการป้องกันอุปกรณ์ที่บรรจุอยู่ภายใน อันอาจจะได้รับอันตรายจากการกระแทกทางกล	
รหัสหมายเลข	รายละเอียด	รหัสหมายเลข	รายละเอียด	รหัสหมายเลข	รายละเอียด
0	ไม่มีการป้องกัน	0	ไม่มีการป้องกัน	0	ไม่มีการป้องกัน
1	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 50 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	1	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งได้	1	สามารถป้องกันแรงตกกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 150 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 15 ซม. (การกระแทกของพลังงาน 0.25 จูล)
2	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 12 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	2	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่ง และในแนวที่ทำมุม 15° กับแนวดิ่ง	2	สามารถป้องกันแรงตกกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 250 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 15 ซม. (การกระแทกของพลังงาน 0.375 จูล)
3	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ2.5 มม.ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	3	สามารถป้องกันน้ำฝนที่ตกลงมาได้โดยน้ำฝนนี้อาจตกลงมาในแนวทำมุม 60° กับแนวดิ่ง	3	สามารถป้องกันแรงตกกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 250 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 20 ซม. (การกระแทกของพลังงาน 0.5 จูล)
4	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง มากกว่า 1 มม.ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	4	สามารถป้องกันหยดน้ำหรือน้ำสาดที่มาจากทุกทิศทางได้	5	สามารถป้องกันแรงตกกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 500 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 40 ซม.(การกระแทกของพลังงาน 2 จูล)
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้	5	สามารถป้องกันน้ำที่ถูกฉีดมาตกกระทบได้ในทุกทิศทาง	7	สามารถป้องกันแรงตกกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 1.5 กก. ที่ปล่อยมาจากที่สูง 40 ซม. (การกระแทกของพลังงาน 6 จูล)
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์	6	สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากคลื่นของน้ำทะเลและการฉีดน้ำอย่างแรง	9	สามารถป้องกันแรงตกกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 5 กก. ที่ปล่อยมาจากที่สูง 40 ซม.(การกระแทกของพลังงาน 20 จูล)
		7	สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำท่วมชั่วคราว		
		8	สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำท่วมอย่างถาวรได้		

ตาราง ระดับการป้องกันสิ่งแปลกแลอมที่เป็นของแข็งและของเหลว IP : IEC60529

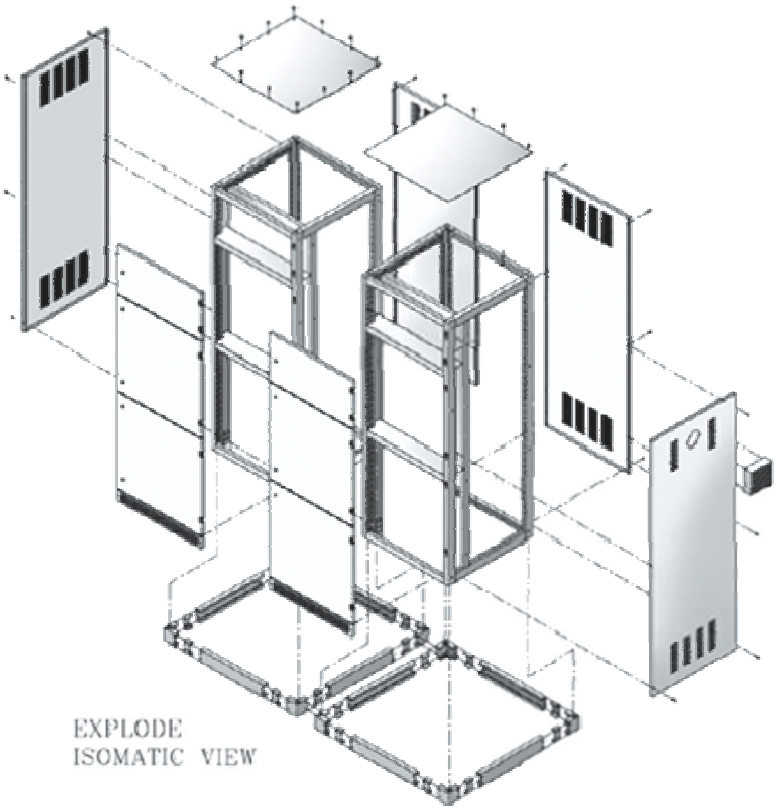
3. Clearances and creepage distances การออกแบบที่พิจารณาถึง ระยะห่างในอากาศ ระยะห่างตามผิวฉนวน ระยะแยกขาดจากแหล่งจ่าย คุณสมบัติไดอิเลคทริก
4. Protection against electric shock การป้องกันไฟฟ้าช็อก จากวัสดุที่เป็นฉนวน เปลือก การป้องกัน fault ในแบบต่างๆ เช่น automatic disconnection การกั้นส่วนไฟฟ้า เงื่อนไขในการปฏิบัติการและการบริการ
5. Incorporation of switching devices and components อุปกรณ์ต่างๆ ที่มารวมกันในส่วนที่ถาวรและเคลื่อนที่ การเลือกใช้อุปกรณ์ การติดตั้ง การเข้าถึง การกั้นตำแหน่งการวาง เป็นต้น ทั้งนี้อุปกรณ์ตัดต่อ อุปกรณ์ป้องกัน รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ จะไม่ขอกล่าวถึง เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นจะต้องได้รับการทดสอบตามมาตรฐานของแต่ละอุปกรณ์ โดยสมบูรณ์แล้ว

รูปแบบต่อไปนี้เป็นรูปแบบของการแยกโดยใช้ที่ขวางกั้นหรือผนังกั้น

IEC 61439 – 1,2 Form (partition) within an assembly

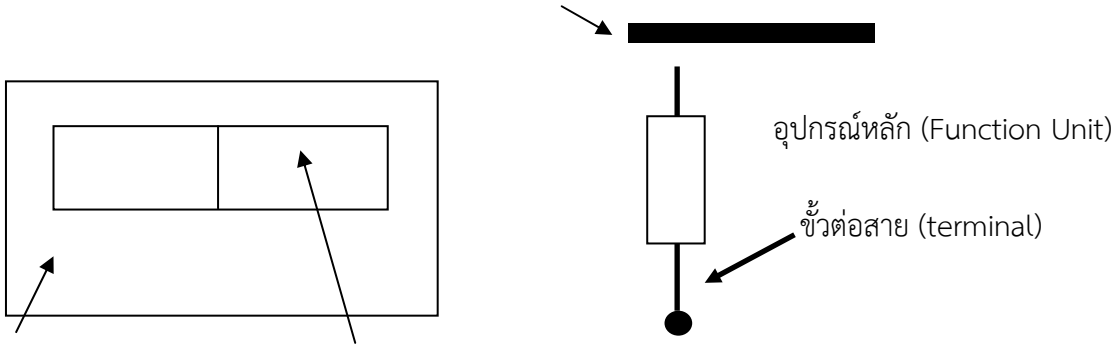
การกั้น : Partition

คือ ส่วนของ Metal-enclosed switchgear and controlgear ที่แยกส่วนต่างๆ ของตู้ ออกจากกันโดย <u>การกั้น</u> ต้องเป็นวัสดุที่เป็นโลหะ หรืออโลหะ เพื่อกั้นส่วนต่างๆ ของตู้ออกจากส่วนที่มีไฟฟ้า



Form จะมีคุณสมบัติในการลดโอกาสการเกิดความผิดปกติ (Fault) อีกทั้งยังเป็นการจำกัดขอบเขตความผิดปกติ (Limit Fault) ที่อาจเกิดขึ้นไม่ให้ลุกลามไปยังช่องหรือส่วนอื่นๆ ภายในตู้สวิตช์บอร์ด ซึ่งคุณลักษณะหรือรูปแบบการแบ่งกั้นแยกส่วนที่มีไฟฟ้า (Live Part) หรือส่วนที่เป็นอันตราย โดยการใช้ Partitions กั้นแยกระหว่างอุปกรณ์หลักออกอย่างชัดเจน การกั้นแยกส่วนต่างๆ ภายในตู้จะพิจารณาดังนี้

รูปการกำหนดสัญลักษณ์ของการกั้น ภายในตู้



ส่วนห่อหุ้ม (enclosure) การกั้นภายใน (Internal Separation)

หมายเหตุ สีของบัสบาร์ ปัจจุบันมีการกำหนดสีให้เป็นไปตามสีของสายไฟฟ้า คือ
ฟ้า ,น้ำตาล ,ดำ ,เทา ,เขียว (N ,L1 ,L2 ,L3 ,PE)

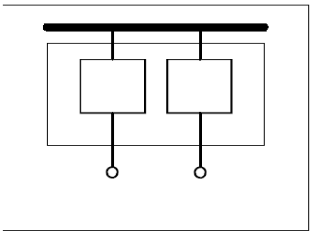
ฟอร์มมีทั้งหมด 7 ฟอร์ม ดังนี้

โดยในแต่ละฟอร์มจะมีรายละเอียดดังนี้

ต้องมีแผ่นอาคิลิค
กั้นด้านหน้า ในส่วนของบัสบาร์และขั้วต่อสาย หรือส่วนใดๆ ที่เป็นตัวนำไฟฟ้า เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

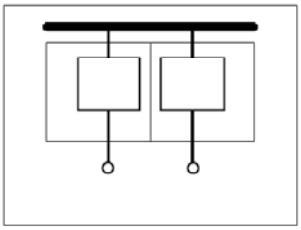
ภายในตู้สวิตช์บอร์ดจะไม่มีการกั้นช่องแบ่งแยกบัสบาร์ออกจากอุปกรณ์และขั้วต่อสายตัวนำภายนอกออกจากกัน ควรมีอาคิลิคกั้นส่วนบัสบาร์และต่อเชื่อม เพื่อความปลอดภัยเมื่อมีการเปิดตู้สวิตช์บอร์ด

Form 2a



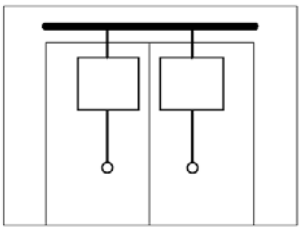
มีการกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ แต่สำหรับขั้วต่อสายตัวนำภายนอก จะอยู่ภายในช่องเดียว หรือใกล้กันกับบัสบาร์

Form 3a



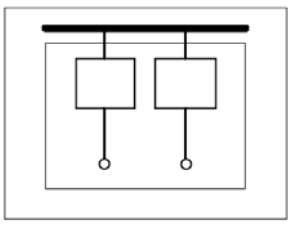
- มีการกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์
- มีการกั้นแยกอุปกรณ์แต่ละ Unit ออกจากกัน
- มีการกั้นแยกขั้วต่อสายตัวนำภายนอก ออกจากอุปกรณ์ แต่จะอยู่ภายในช่องเดียวกันหรือใกล้กับบัสบาร์

Form 4a



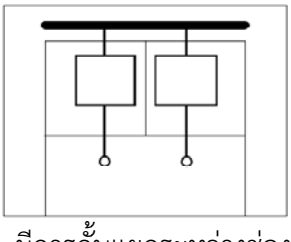
- มีการกั้นแยกอุปกรณ์แต่ละ Unit ออกจากกัน
- มีการกั้นแยกขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอกออกจากบัสบาร์ แต่ขั้วต่อสายดังกล่าวจะอยู่ภายในช่องเดียวกันกับอุปกรณ์

Form 2b



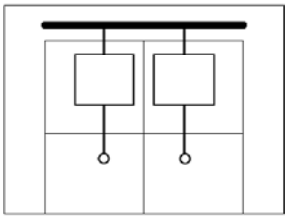
มีการกั้นแยกระหว่างช่องของบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ (Outgoing Unit) และขั้วต่อสายตัวนำภายนอก (Terminal for External Conductor) แต่อุปกรณ์และขั้วต่อสายจะอยู่ภายในช่องเดียวกันโดยไม่มีการกั้น

Form 3b



- มีการกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ (Outgoing Unit)
- มีการกั้นแยกอุปกรณ์ (Outgoing Unit) แต่ละ Unit ออกจากกัน
- มีการกั้นแยกขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก (Terminal for External Conductor) ออกจากบัสบาร์และอุปกรณ์ (Outgoing Unit) แต่ขั้วต่อสายดังกล่าวจะอยู่ภายในช่องเดียวกัน

Form 4b



- มีการกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์
- มีการกั้นแยกอุปกรณ์ (Outgoing Unit) แต่ละ Unit ออกจากกัน
- มีการกั้นแยกขั้วต่อสายสำหรับตัวนำภายนอก (Terminal for External Conductor) ออกจากบัสบาร์และอุปกรณ์ (Outgoing Unit)_และแยก Feeder ออกจากันอย่างชัดเจน

ตารางสรุปฟอร์มตู้และลักษณะการกั้น

การกั้น / Form ตู้	อุปกรณ์ & อุปกรณ์	อุปกรณ์ & บัสบาร์	อุปกรณ์ & ขั้วต่อ	ขั้วต่อ & ขั้วต่อ	ขั้วต่อ & บัสบาร์
Form 1					
Form 2A		X			
Form 2B		X			X
Form 3A	X	X	X		
Form 3B	X	X	X		X
Form 4A	X	X		X	X
Form 4B	X	X	X	X	X

หมายเหตุ

1. ควรมีแผ่นอาคิลิคกั้นในฟอร์ม 1 หรือ ส่วนอื่นๆ ที่จำเป็น เพื่อความปลอดภัย
2. การกั้นจะมีส่วนช่วยป้องกันการลุกลาม ความเสียหายที่อาจจะลุกลามไปยังส่วนอื่นๆ ภายในแผงสวิตช์
3. การเลือกใช้ระดับการกั้นที่สูงๆ หรือ มีการกั้นมากๆ จะทำให้มีการเพิ่มขนาดของอุปกรณ์หรือวัสดุต่างๆ มากขึ้น เนื่องจากต้องมีการคำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อน เพื่อให้แผงสวิตช์นั้นๆ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตามพิกัดที่ใช้งาน ตามพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือพิกัดของบัสบาร์ หรือ อุปกรณ์ วัสดุอื่นๆ ที่ประกอบกัน
4. การกั้น จะมีผลต่อการใช้งาน การติดตั้ง และการบำรุงรักษาแผงสวิตช์ เนื่องจากการกั้นในระดับที่สูงก็จะต้องมีการถอดชิ้นส่วนของส่วนกั้น ออกมาจากแผงสวิตช์ เพื่อการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ของแผงสวิตช์

6. Internal electrical circuits and connections ในส่วนของวงจรหลัก วงจรช่วย ตัวนำเปลือยและที่มีฉนวน การเลือกและการติดตั้งของการป้องกันตัวนำเพื่อลดโอกาสของการเกินกระแสลัดวงจร การแสดงของตัวนำป้องกัน(PE,PEN,N)ของวงจรหลัก
7. Cooling จากธรรมชาติและจากการบังคับการระบายอากาศ
8. Terminals for external conductors

2) Performance requirements

1. Dielectric properties เป็นความสามารถคงทนต่อแรงดันสูงได้ชั่วขณะและความสมบูรณ์ของฉนวนกันความร้อนที่เป็นของแข็ง ที่มีการทวนสอบ โดย power frequency withstand voltage และความสามารถในการทนต่อการแรงดันสูงชั่วขณะเป็นการทวนสอบโดยแรงกระตุ้นให้ทนต่อแรงดันไฟฟ้า
2. Temperature rise limits การจำกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ตามตารางที่ 6 ของมาตรฐาน IEC 61439-1
3. Short circuit protection and short circuit withstand strength การป้องกันการลัดวงจร และความแข็งแรงในการทนต่อการลัดวงจร โดยการประกอบจะต้องมีความสามารถในการทนต่อความร้อน และ dynamic stresses ที่เกิดจากกระแสลัดวงจรไม่เกินค่าพิกัด

   หมายเหตุ

   1. ความตึงเครียดจากกระแสลัดวงจร อาจจะถูกลดลงโดยการใช้ อุปกรณ์จำกัดกระแส (current limiting devices)
   2. การประกอบไว้ใช้สำหรับระบบ IT อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรควรมีความสามารถในการตัดวงจรเพียงพอ ในแต่ละขั้วที่แรงดัน L to L เพื่อจัดการให้ double earth fault หมดไป
   3. เว้นแต่จะระบุเป็นอย่างอื่นใน คู่มือการใช้งาน และการบำรุงรักษาของผู้ผลิต การประกอบที่ได้รับภายใต้การลัดวงจร
4. Electromagnetic compatibility : EMC ตาม Annex J. ใน IEC61439-1
5. Mechanical operation เป็นการทดสอบการทำงานทางกล ในส่วนต่างๆ เพื่อความมั่นใจว่าสามารถทำงานได้เป็นปกติ

การทวนสอบโดยการคำนวณ

วิธีการคำนวณ 2 วิธี ที่ได้เตรียมไว้ ทั้งการกำหนดปริมาณอากาศจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นภายในตู้ ที่มีสาเหตุมาจากำลังสูญเสียของวงจรทั้งหมด และเปรียบเทียบอุณหภูมินี้กับการจำกัดอุปกรณ์ที่ติดตั้ง วิธีการที่แตกต่างกันในทางความสัมพันธ์ระหว่างการส่งผ่านพลังงานที่สูญเสีย และอุณหภูมิที่สูงขึ้นของอากาศภายในตู้เป็นการสืบหาให้แน่ใจ เพราะอุณหภูมิในพื้นที่ที่เกิดขึ้นจริงจากการที่กระแสไหลผ่านส่วนต่างๆ ไม่สามารถคำนวณได้โดยวิธีการเหล่านี้ ข้อจำกัดบางอย่างและความปลอดภัยที่เผื่อไว้เป็นสิ่งที่จำเป็นและมีการรวม ในส่วนต่างๆ ดังนี้

- การประกอบช่องเดี่ยวที่มีพิกัดกระแสไม่เกิน 630

วิธีในการทวนสอบ อุณหภูมิที่สูงขึ้นของการประกอบช่องเดี่ยวจากการจ่ายกระแสทั้งหมดไม่เกิน 630A และพิกัดความถี่ไม่เกิน 60 Hz ที่อาจจะทำได้โดยการคำนวณหากมีเงื่อนไขต่างๆ ครบ เช่น ข้อมูลการสูญเสียพลังงานของอุปกรณ์ ,การกระจายความร้อนจากการสูญเสียพลังงาน ,การระบายความร้อนของอุปกรณ์ที่ทำงานไม่เกินพิกัด 80% การไหลเวียนของอากาศ, ตัวนำกระแสที่เกิน 200A กระแสไหลวนและการสูญเสียของแกนเหล็ก ,ตัวนำทั้งหมด ,อุปกรณ์ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นของอุปกรณ์

- การประกอบหลายช่องที่พิกัดกระแสไม่เกิน 1600A

วิธีในการทวนสอบ ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของการประกอบหลายช่องที่กระแสไม่เกิน 1600A และพิกัดความถี่ไม่เกิน 60 Hz ที่อาจจะทำได้โดยการคำนวณตามวิธีการประมาณค่าหากมีเงื่อนไขต่างๆ ครบ เช่น ข้อมูลการสูญเสียพลังงานของอุปกรณ์, การกระจายความร้อนจากการสูญเสียพลังงาน, การระบายความร้อนของอุปกรณ์ที่ทำงานไม่เกินพิกัด 80% การไหลเวียนของอากาศ, ตัวนำกระแสที่เกิน 200A กระแสไหลวนและการสูญเสียของแกนเหล็ก, ขนาดของตัวนำทั้งหมด, การระบายอากาศตามธรรมชาติของตัวตู้

การทวนสอบโดยการประยุกต์ใช้กฎการออกแบบ

โดยการเปรียบเทียบ จากการประกอบที่ได้รับการทวนสอบด้วยการออกแบบที่ได้ผ่านการทดสอบแล้วใช้รายการตรวจสอบที่เตรียมไว้ในตาราง Short-circuit verification by design rules : check list

Item no.	Requirement to be considered	YES	NO
1	Is the short-circuit withstand rating of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, less than or equal to, that of the reference design?		
2	Is the cross sectional dimensions of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
3	Is the spacing of the busbars and connections of each circuit of design?the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference		
4	Are the busbar supports of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same type, shape and material and have, the same or smaller spacing, along the length of the busbar as the reference design?		
5	Are the material and the material properties of the conductors of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed the same as those of the reference design?		

Item no.	Requirement to be considered	YES	NO
6	Are the short-circuit protective devices of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed equivalent, that is of the same make and seriesa) with the same or better limitation characteristics (I2t, Ipk) based on the device manufacturer's data, and with the same arrangement as the reference design?		
7	Is the length of unprotected live conductors, in accordance with 8.6.4, of each non-protected circuit of the ASSEMBLY to be assessed less than or equal to those of the reference design?		
8	If the ASSEMBLY to be assessed includes an enclosure, did the reference design include an enclosure when verified by test?		
9	Is the enclosure of the ASSEMBLY to be assessed of the same design, type and have at least the same dimensions to that of the reference design?		
10	Are the compartments of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same mechanical design and at least the same dimensions as those of the reference design?		
'YES' to all requirements – no further verification required. 'NO' to any one requirement – further verification is required, see 10.11.4 and 10.11.5.			
a) Short-circuit protective devices of the same manufacture but of a different series may be considered equivalent where the device manufacturer declares the performance characteristics to be the same or better in all relevant respects to the series used for verification, e.g. breaking capacity and limitation characteristics (I2t, Ipk), and critical distances.			

การทวนสอบโดยการเปรียบเทียบกับการออกแบบอ้างอิง

การประเมินของ Icw ของการประกอบและวงจรโดยการคำนวณ และการประยุกต์ใช้ กฎการออกแบบจะต้องดำเนินการเปรียบเทียบการประกอบ ด้วยการทวนสอบโดยการทดสอบแล้ว

การทวนสอบโดยการทดสอบ

การประกอบ หรือ ทุกส่วนต้องทดสอบแบบสมบูรณ์ จะต้องติดตั้งตามการใช้งานปกติ โดยจะมีรายการทดสอบ เช่น วงจร บัสบาร์ การต่อ กระแสลัดวงจร (Ic : Icc ,Icw ,Ipk) ,protective circuit ,EMC และ Mechanical operation เป็นต้น

การทวนสอบโดยการทดสอบประจำ

การทวนสอบมีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดในด้านวัสดุ คนผลิต และตรวจสอบให้แน่ใจว่าการทำงานของการผลิต ประกอบ ได้การทวนสอบโดยการทดสอบประจำ เพื่อยืนยันว่าการทวนสอบโดยการออกแบบนั้นสามารถใช้ได้

การทวนสอบโดยการทดสอบประจำ ไม่ต้องใช้กับอุปกรณ์ และส่วนประกอบภายในตัวเองของการประกอบจากการเลือกใช้ให้สอดคล้องกับการติดตั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์ โดยการทวนสอบจะประกอบด้วยหัวข้อโดยสรุปดังต่อไปนี้

1) Construction :

a) Strength of materials and parts

b) degree of protection of enclosures;

c) clearances and creepage distances;

d) protection against electric shock and integrity of protective circuits;

e) incorporation of built-in components;

f) internal electrical circuits and connections;

g) cooling

h) terminals for external conductors;

2) Performance :

i) dielectric properties

j) Temperature rise limits

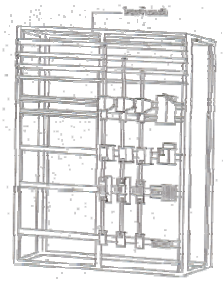
k) Short circuit protection and short circuit withstand strength

l) Electromagnetic compatibility : EMC

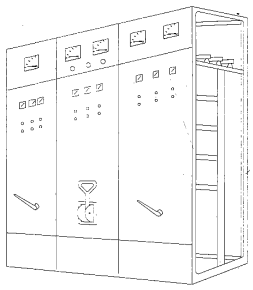
m) mechanical operation

ลักษณะของแผงสวิตช์ฯ มีหลายประเภทดังนี้

1. open-type ASSEMBLY

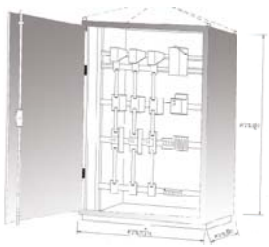


2. dead-front ASSEMBLY

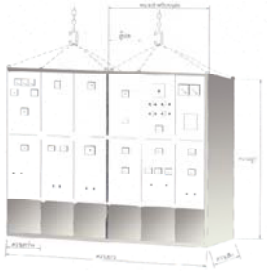


3. Enclosed ASSEMBLY มีอีกหลากประเภทย่อยดังนี้

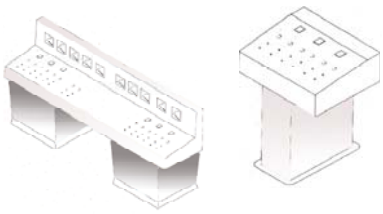
3.1 cubicle-type ASSEMBLY



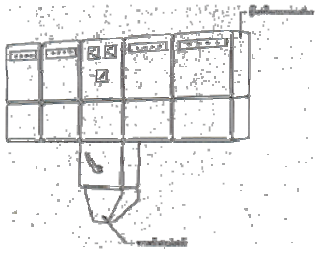
3.2 multi-cubicle-type ASSEMBLY



3.3 desk-type-ASSEMBLY



3.4 box-type + box-type = multi box-type-ASSEMBLY



รายละเอียดหัวข้อการทดสอบพื้นฐาน ประจำ (Routine Test)

1. ตรวจพินิจพิจารณา การประกอบ, การ Wiring, และ Electrical Operation (Inspection) เป็นการตรวจพินิจพิจารณาจากการประกอบ การติดตั้ง การเดินสาย รวมถึงการทำงานทางไฟฟ้าของส่วนต่างๆ ในแผงสวิตช์

2. การทดสอบความต้านทานของฉนวน (Insulation Test) การดำเนินการทดสอบความต้านทานของฉนวนนี้ประกอบด้วยในการตรวจสอบค่าการทดสอบแรงดันของวงจรไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60439-1 : 8.3.4 การวัดค่าความเป็นฉนวน โดยใช้อุปกรณ์วัดค่าความเป็นฉนวนที่แรงดันไม่น้อยกว่า 500 VDC จะต้องดำเนินการ ซึ่งเป็นระดับค่าความเป็นฉนวนที่เกี่ยวกับโลกด้วย จะต้องมีการวัดอย่างสม่ำเสมอโดยหน่วยงานกำกับดูแลและต้องมากกว่าค่ามาตรฐาน IEC 60364-6

ตาราง: ฉนวนกันความร้อนค่าความต้านทานต่ำสุดด้วย (IEC 60364-6)

Circuit nominal voltage (V)	DC test voltage (V)	Insulation resistance (M⍰)
SELV and PELV	250	≥ 0.25
500 V	500	≥ 0.5
> 500 V	1000	≥ 1.0

Reference : IEC 60364-6-61 Electrical Installations of building - Verification and testing - Initial verification

Note : SELV = Seperated Extra - Low Voltage

: PELV = Protective Extra - Low Voltage

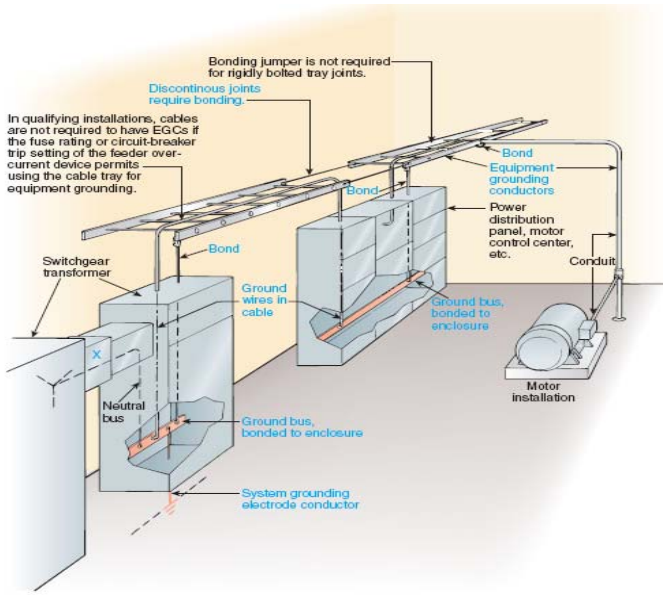
3. การทดสอบความคงทนของฉนวน (Dielectric Voltage Test)
   การทดสอบแรงดันสูงควรจะดำเนินการ ในแต่ละเฟสและPE : Protective Earth ในทางกลับกันกับตัวนำอื่น ๆ ทั้งหมดที่เชื่อมต่อกับPE อุปกรณ์จะประสบความสำเร็จในผ่านการการทดสอบ ถ้าในเวลาใด ๆ ในช่วงระยะเวลา 1 นาที ที่จะยังไม่มีการทำลายการทดสอบแรงดันคายประจุ อ้างถึง IEC standard. สำหรับวงจรหลักและวงจรช่วยค่าให้เป็นไปตามตาราง

Rated insulation voltage (line to line) Ui V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V
Ui ≤ 60	1000
60 < Ui ≤ 300	2000
300 < Ui ≤ 690	2500
690 < Ui ≤ 800	3000
800 < Ui ≤ 1000	3500
1000 < Ui ≤ 1500 *	3500
* For d.c. only	

ตาราง การทดสอบความคงทนของฉนวน

การเลือกใช้ที่ 2.5 kV, นาน 1 นาทีระหว่าง 3 phase และ PE การทดสอบนี้จะถือว่าผ่าน ได้โดยไม่มี puncture หรือ flashover เกิดขึ้น

4. ตรวจสอบค่าความต่อเนื่องของวงจรป้องกัน (Protective Circuit) โดยการทดสอบเพื่อความมั่นใจว่าแผงสวิตช์ที่ได้ผ่านการประกอบแล้วนั้นมีความต่อเนื่องของวงจรป้องกันได้อย่างดี จากการทดสอบการต่อถึงกันของสาย PE ทั้งหมดของแผงสวิตช์ และให้มั่นใจว่า หากมีการถอดส่วนหนึ่งส่วนใดของวงจรป้องกันออก วงจรป้องกันส่วนที่เหลือจะต้องไม่ขาดตอน



ภาพประกอบ ของแผงสวิตช์ที่ได้ต่อวงจรป้องกันอย่างต่อเนื่องกันทั้งระบบไฟฟ้า

Commissioning Test หรือ การทดสอบความพร้อมก่อนการใช้งาน

โดยปกติการทดสอบความพร้อมก่อนการใช้งานแผงสวิตช์ จะมีครั้งแรกที่โรงงานผู้ผลิต โดยการทำ routine test และหากมีการเข้าตรวจสอบ หรือ ทดสอบ จากทางเจ้าของงาน ผู้ออกแบบ ผู้คุมงาน หรือ ผู้ว่าจ้าง ก็จะมีการทำ routine test ซ้ำ (ไม่ต้องมีก็ได้) โดยหลังจากมีการส่งมอบแผงสวิตช์ และติดตั้งที่ตำแหน่งต้องการ ก็จะมีการทำ routine test ซ้ำ เป็นครั้งสุดท้าย ก่อนการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ เช่น แผงสวิตช์แรงดันสูง หรือ หม้อแปลงไฟฟ้า หรือ แผงสวิตช์ย่อย เป็นต้น

การติดตั้งแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

1. แผงสวิตช์ที่ใช้งาน ต้องตรงตามที่ออกแบบไว้และตามการใช้งานจริง โดยมี Single line diagram แนบที่แผงสวิตช์ฯ และ Mimic เพื่อระบุถึงรายละเอียดความสัมพันธ์ของแต่ละวงจร หรือการระบุวงจรที่ตัวอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อความสะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา
2. แผงสวิตช์ฯ ต้องมีการวางในห้องไฟฟ้าที่มีระยะห่างระหว่างแผงสวิตช์และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่ถูกต้องตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ของ วสท.
3. ตำแหน่งที่วางแผงสวิตช์ฯ ที่ดีควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยรวม ที่ห่างไกลจากน้ำ ความชื้น พื้นที่เปียก หรือ หากเป็นพื้นที่เสี่ยงก็ควรมีการป้องกันแผงสวิตช์ฯ ด้วยวิธีต่างๆ เช่น การใช้พิกัดการป้องกันของแข็งและของเหลวที่สูงขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้ผู้ออกแบบหรือผู้ที่กำหนดพื้นที่วางแผงสวิตช์ฯ จำเป็นที่จะต้องทำการสำรวจพื้นที่ก่อน เพื่อระบุ พิกัดการป้องกันของแข็งและของเหลวที่สัมพันธ์กับการใช้งานแผงสวิตช์ฯ รวมถึงการติดตั้งแผงสวิตช์ฯ ในพื้นที่ภายนอกอาคารด้วย ที่ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยรวม และลักษณะการติดตั้งฯ
4. การติดตั้งแผงสวิตช์ฯ ต้องคำนึงถึง เวลาในการเข้าถึงอุปกรณ์ฯ ภายในแผงสวิตช์ฯ ในภายหลัง เพราะส่วนใหญ่การติดตั้งที่ไม่ดี นั้นจะมีสายไฟฟ้าเข้า-ออก เต็มพื้นที่ทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงเพื่อการเพิ่มเติม เปลี่ยนแปลง หรือการซ่อมบำรุงต่างๆ ได้ ดังนั้นหากพื้นที่ห้องในการวางแผงสวิตช์ฯ ที่จำกัด ทำให้ต้องมีการลดพื้นที่ของแผงสวิตช์ฯ จะทำให้ขาดพื้นที่ในการเข้า-ออกสายไฟฟ้า และควรมีการจับยึดสายไฟฟ้าที่เข้า-ออก ที่ตำแหน่งพื้นที่ว่างที่ได้เตรียมไว้ อย่างแข็งแรง และต่อเนื่อง ไม่ทำให้โครงสร้างของแผงสวิตช์ฯ เสียหาย หรืออยากต่อการใช้งานและการซ่อมบำรุงในภายหลัง

การบำรุงรักษาแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

1. ตรวจพินิจพิจารณา การประกอบ, การ Wiring, และ Electrical Operation (Inspection)
2. การตรวจสอบแผงสวิตช์ฯ โดยการทดสอบการทำงาน (Function Test) ที่ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ protective relay เป็นต้น รวมถึงการบำรุงรักษาหล่อลื่นส่วนเคลื่อนที่ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น กลไกการเคลื่อนที่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ตามคุณสมบัติของผู้ผลิต หรือผู้ประกอบแผงสวิตช์แบบ Licensee ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ หรือผู้ที่มีความรู้ทางด้านนี้
3. การทดสอบความต้านทานของฉนวน (Insulation Test)
4. การทดสอบความคงทนของฉนวน (Dielectric Voltage Test)
5. ตรวจสอบค่าความต่อเนื่องของวงจรป้องกัน (Protective Circuit)
6. การตรวจสอบพิกัดการขันแน่นของสกรู ตามมาตรฐานการขันแน่นของสกรู ควรสอบถามจากผู้ผลิตแผงสวิตช์ฯ ที่ทำแผงสวิตช์ฯ นั้นๆ เพื่อความถูกต้อง

7. การตรวจสอบเพื่อการบำรุงรักษา ต้องมีรอบระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่แน่นอนและต่อเนื่อง โดยมีการเก็บผลการตรวจสอบและบำรุงรักษาไว้ด้วย เพื่อใช้ในการวิเคาระห์และตัดสินใจในการบริหารจัดการในอนาคต

ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในเรื่องการเลือกใช้แผงสวิตช์ฯ หรือ ชุดประกอบสำเร็จควบคุมไฟฟ้าแรงดันต่ำ มีดังนี้

- เรื่องการทวนสอบใบรับรองที่ผ่านการทดสอบมาตรฐาน IEC60439-1 หรือ IEC61439-1,2,3 หรือ มอก.1436 มีถูกต้องและตรงตามแบบ ตามคุณสมบัติที่ได้ใช้ในโครงการนั้นๆ
- ผู้ผลิตฯ หรือ ผู้ผลิตแบบ Licensee ต้องได้ใบรับรองที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน IEC60439-1, IEC61439-1,2,3 ทุกหัวข้อตามพิกัดกระแสไฟฟ้าของเมนบัสบาร์ต่างๆ ที่เลือกใช้ หรือ เป็นผู้ผลิตที่มีประสบการในผลิตตามมาตรฐานข้างต้น มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น มากกว่า 10 ปี เพื่อความมั่นใจในคุณภาพการผลิต จากประสบการณ์ ทักษะและความชำนาญของผู้ผลิต
- ผู้ผลิตฯ หรือผู้ผลิตแบบ Licensee ต้องมีมาตรฐานรับรอง ISO9001 : 2008
- ผู้ผลิตฯ หรือผู้ผลิตแบบ Licensee ต้องได้ใบรับรองที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน IEC60439-1, IEC61439-1,2,3 กับแผงสวิตช์ฯประเภทต่างๆ ดังนี้ distribution switch-boards, power factor correction cubicle, fixed-type motor control centers, withdrawable-type motor-control center ,variable speed drives and starters column.
- ผู้ผลิตฯ หรือ ผู้ผลิตแบบ Licensee ต้องได้ใบรับรองที่ผ่านการทดสอบของตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าและวัสดุที่สำคัญทุกๆตัว เพื่อประกอบขึ้นเป็นแผงสวิตช์ฯที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน IEC60439-1, IEC61439-1,2,3 ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าและวัสดุที่ใช้ต้องตรงตามแผงสวิตช์ฯที่ผ่านการทดสอบมา เช่น ยีห้อ หรือรุ่น ที่ใช้ทดสอบตรงตามยีห้อและรุ่นในใบรับรองนั้นๆ
- สามารถสอบย้อนกลับในเรื่องใบรับรอง อุปกรณ์ที่เลือกใช้ และกระบวนการผลิต การทดสอบได้

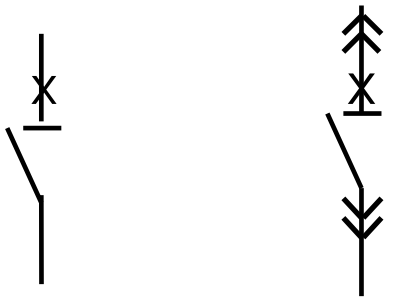
เอกสารอ้างอิง :

1. มาตรฐานติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย 2545 ฉบับปรับปรุง ปี พ.ศ. 2556.
2. สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : มอก.1436 – 2540.
3. International Engineering Commission : IEC60439-1,2,IEC61439-1,2,3,IEC60529,IEC60898, IEC60947-2 เป็นต้น

อุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

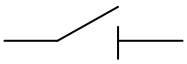
จากรายละเอียดของส่วนแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์ป้องกันที่มีใช้งานในแผงสวิตช์ฯ จะมีอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ดังนี้

1. **เซอร์กิตเบรกเกอร์ (circuit breaker : C.B)** เป็นอุปกรณ์ตัดต่อและป้องกันกระแสเกินที่มีสัญลักษณ์ในการใช้งานตามภาพประกอบนี้



รูปที่ 1 ภาพสัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ตามมาตรฐาน IEC ตามลำดับ

หมายเหตุ จากสัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน IEC จะบ่งชี้ถึงความหมายในแต่ละส่วนดังนี้

- ส่วน  หมายถึง Disconnection หรือ switch เป็นการตัดต่อวงจร หรือ Isolation ที่จะตัดส่วน supply ออกทั้งหมดหรือแยก หรือกั้นไม่ให้มีแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามได้เลย เป็นการเปิดวงจรได้ 100% แบบไม่มีการกระโดดข้ามมาอีกส่วนหนึ่งได้เลย
- ส่วน X หมายถึง เป็นการป้องกันกระแสเกินในกรณีต่างๆ ทั้ง กระแสเกิน และกระแสลัดวงจร

มาตรฐานสำหรับ C.B หลักๆ ที่มีใช้งานเพื่อความปลอดภัยให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งานโดยมีมาตรฐานหลักๆ ดังนี้

1.1 IEC 60898 : Circuit-breaker for overcurrent protection for household and similar installation for a.c. and d.c. operation เป็น C.B ที่ใช้สำหรับบ้านอยู่อาศัย เพื่อป้องกันกระแสเกิน มาตรฐานนี้ สำหรับแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายที่ไม่เกิน 1000VAC หรือ 1500VDC ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการใช้กรณีกระแสไฟฟ้าสลับ ที่มีพิกัดแรงดันใช้งาน 230V. / 400V. และกระแสไฟฟ้าตรงที่มีพิกัดกระแสใช้งาน 1P (250VDC), 2P (500VDC, 4P (880VDC) หรือเป็นไปตามคุณสมบัติของแต่ละผู้ผลิตฯ

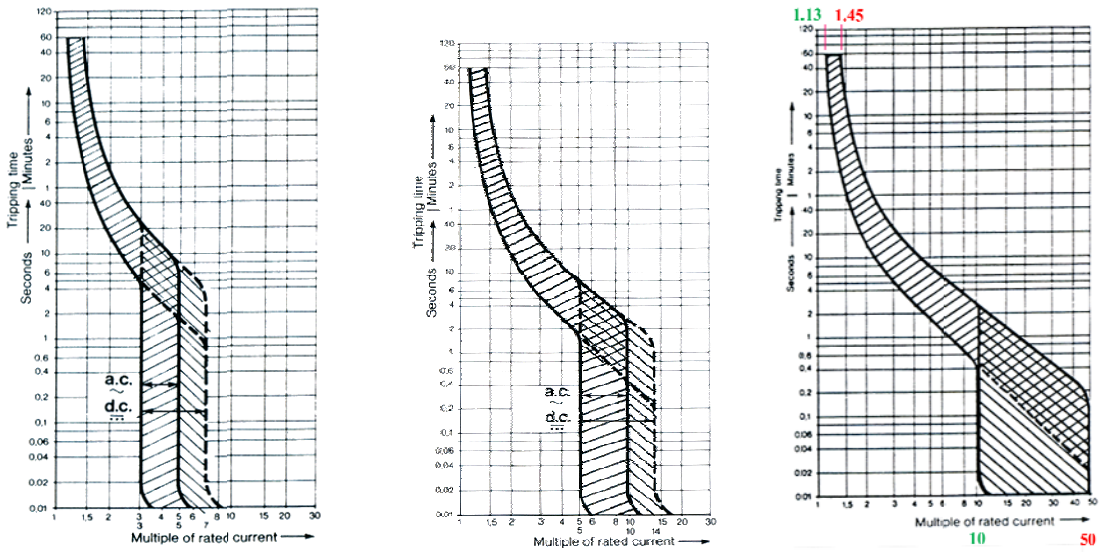
เซอร์กิตเบรกเกอร์ : C.B หรือ ที่เรียกว่า Miniature circuit breaker : MCB ที่ใช้งานตามมาตรฐาน IEC 60898 นี้ ต้องการให้เกิดความปลอดภัยสำหรับบุคคลที่ไม่มีความรู้ที่อยู่อาศัยในบ้านหรือลักษณะคล้ายๆ กันนี้ ดังนั้น C.B ประเภทนี้จะไม่สามารถปรับตั้งค่าได้ เพราะได้มีการปรับตั้งค่าจากโรงงานผู้ผลิตและได้ปิดหรือผนึกไว้ หลังจากมีการปรับตั้งค่ากระแสใช้งาน ที่ค่ากระแสต่างๆ ที่ส่วนใหญ่จะค่อนข้างเหมาะสมกับโหลดที่จะใช้งาน เช่น 6, 10 (13 ไม่นิยมใช้), 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 และ 125A. ที่มีอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 24 ชม. ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส โดยความสูงในการติดตั้งใช้งานไม่เกิน 2000 เมตร ทั้งนี้ต้องดูเอกสารทางเทคนิคของผู้ผลิตประกอบก่อน เพราะบางผู้ผลิตจะมีอุณหภูมิโดยรอบที่ 30 องศาเซลเซียส หรือความสูงในการติดตั้งใช้งานที่อาจไม่ตรงตามนี้ ดังนั้นต้องตรวจสอบข้อมูลเทคนิคของผู้ผลิตและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องก่อนการใช้งาน

จากพิกัดกระแสใช้งานของ C.B ที่มีอยู่ของมาตรฐาน IEC 60898 นั้น จะมีพิกัดสูงสุดที่ 125A โดยขนาดมาตรฐานจะมีถึงแค่พิกัดกระแส 63A หมายถึงขนาดของ MCB ที่พิกัดกระแส 6 – 63A จะมีขนาดเท่ากัน หากมีพิกัดกระแสสูงตั้งแต่ 63 – 125A ขนาดก็จะใหญ่ขึ้น (อาจมีขนาดใหญ่กว่าขนาด 63A ประมาณ 1.5 เท่า) และส่วนใหญ่การใช้งานภายในประเทศไทย จะนิยมมีการใช้งานที่พิกัดกระแส 100A สูงสุด ไม่ค่อยนิยมใช้ที่พิกัดกระแส 125A (ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้า ก็จะไม่เก็บสินค้าคงคลังที่พิกัดกระแสนี้) ขนาดพิกัดกระแสการใช้งาน ต้องให้เหมาะสมกับขนาดการใช้งานของมิเตอร์ และเงื่อนไขประกอบต่างๆ ด้วย

รูปที่ 2 ภาพ MCB 1Pole ,2Poles และ 3Poles ≤ 63A และ MCB 1Pole = 80-125A

รูปที่ 3 ภาพ MCB 1Pole ,2Poles และ 3Poles ≤ 63A

จากพิกัดกระแสใช้งานแล้ว อีกสิ่งหนึ่งยังต้องกล่าวถึงลักษณะงานที่ใช้ด้วย ตามมาตรฐานฯ จึงได้ผลิต C.B ตามลักษณะการใช้งานในแต่ละประเภท มีคุณสมบัติหลากหลายตามกราฟ B, C และ D ให้เหมาะสมกับการใช้งานตามกราฟ ดังนี้



กราฟ B : ตัดทันทีที่ ≥ 3 - 5In ใช้กับโหลด ความต้านทาน

กราฟ C : ตัดทันทีที่ ≥ 5-10 In ใช้กับโหลด R ,L ,C

กราฟ D : ตัดทันทีที่ 10 - 15 In ใช้กับโหลดมอเตอร์,กระแสกระโชกสูงๆ

รูปที่ 4 ภาพกราฟ B,C และ D ตามมาตรฐาน IEC60898

พิกัดกระแสลัดวงจร

การทดสอบ C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 นั้นมีรูปแบบการทดสอบดังนี้

Ics = O -t-CO -t-CO

โดยกำหนดให้

O = สภาพของ C.B เปิดวงจร เมื่อมีกระแสลัดวงจร

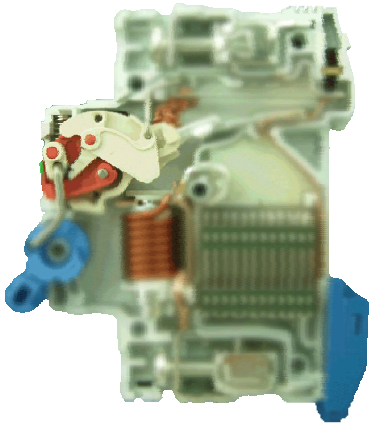
C = สภาพของ C.B ปิดวงจร เพื่อทำงานสภาพปกติ

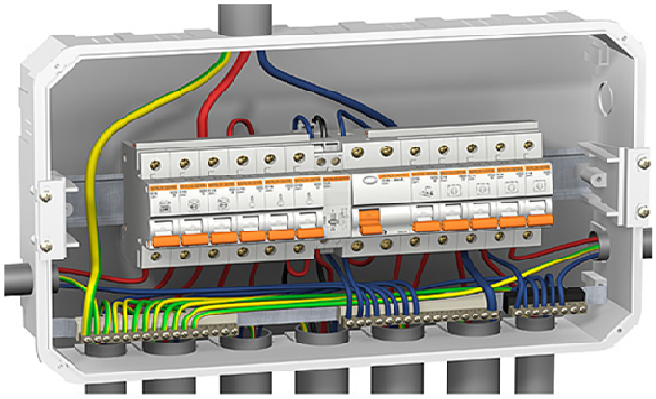
CO = สภาพของ C.B ปิดวงจร (C) และเมื่อมีกระแสลัดวงจรทำให้เปิดวงจรทันที (O)

t = ช่วงเวลาหลังจาก C.B ได้รับกระแสลัดวงจร เพื่อรอให้ C.B กลับมาทำงานเป็นปกติอีกครั้ง ซึ่ง t ในการทดสอบนี้ใช้เวลา 3 นาที

ดังนั้นพิกัดกระแสลัดวงจรของ C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 นั้นจะมีขนาดตั้งแต่ 3 ,5 ,6 ,10 ,15 และ 25kA ตามความเหมาะสมในการใช้งาน

การติดตั้งใช้งาน ของ C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 และ IEC60947-2 จะมีด้วยกัน 2 ประเภท คือ แบบ Plug-in และ Bolt-on ตามรูปประกอบนี้





รูปที่ 5 ภาพ C.B แบบ Bolt-on ยึดบนราง Din rail และประกอบอยู่ใน consumer unit ที่สามารถเชื่อมต่อขั้นสกรูทั้งทางเข้า-ออก ได้ด้วยสายไฟ หรือ บัสบาร์

รูปที่ 6 ภาพ C.B แบบ Plug-in ยึดบนราง บัสบาร์ และประกอบอยู่ใน consumer unit ที่สามารถเชื่อมต่อไฟได้ทันทีเมื่อ Plug ลงที่รางบัสบาร์ เพียงต่อสายไฟไปใช้งานเท่านั้น (ทั้งนี้ยังมีแบบ Bolt on ด้วย)

1.2 IEC 60947-2 : Low-voltage switchgear and controlgear : Circuit breaker

เป็น C.B ที่ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ที่มีความรู้ในการใช้งานฯ เพื่อป้องกันกระแสเกิน มาตรฐานนี้ สำหรับแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายที่ไม่เกิน 1000VAC หรือ 1500VDC ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการใช้กรณีกระแสไฟฟ้าสลับ ที่มีพิกัดแรงดันใช้งาน 230V. / 400V. และกระแสไฟฟ้าตรง ที่มีพิกัดกระแสใช้งาน 1P (250VDC), 2P (500VDC), 4P (880VDC) หรือ เป็นไปตามคุณสมบัติของแต่ละผู้ผลิตฯ

เซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ใช้งานตามมาตรฐาน IEC 60947-2 นี้ ต้องการให้เกิดความปลอดภัยสำหรับบุคคลที่มีความรู้ทางเทคนิค ที่ใช้สำหรับงานอุตสาหกรรม อาคารขนาดใหญ่ หรือ สถานที่ต่างๆ ที่มีผู้มีความรู้ทางเทคนิคหรือมีวิศวกรเป็นผู้ดูแล หรือลักษณะการใช้งานที่คล้ายๆ กันนี้ ดังนั้น C.B ประเภทนี้จะแบ่งเป็นประเภทที่สามารถปรับตั้งค่าได้ และไม่สามารถปรับตั้งค่าได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน หากเป็นรุ่นที่สามารถปรับตั้งค่าได้ โรงงานผู้ผลิตก็จะทำเป็นปุ่มหรือจุดที่สามารถปรับตั้งค่าไว้ให้ ซึ่งปกติจะมีค่ากระแสใช้งาน ขนาดต่างๆ ที่ส่วนใหญ่จะค่อนข้างเหมาะสมกับโหลดที่จะใช้งาน เช่น 0.5, 1, 2 , 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000 และ 6300 A. จากพิกัดกระแสใช้งานของ C.B ที่มีอยู่ของมาตรฐาน IEC 60947-2 จะมีการแบ่งตามลักษณะโครงสร้างดังรูปประกอบนี้

1.2.1 Miniature circuit breaker : MCB ที่มีลักษณะเหมือนกับ C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดยมีพิกัดกระแสใช้งานเหมือนกัน พิกัดกระแสลัดวงจรก็เหมือนกันเกือบ 100% ขนาดก็เท่ากัน เพียงแตกต่างกันที่การทดสอบที่จะมีความเข้มข้นน้อยกว่า C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดย MCB ตามมาตรฐาน IEC60947-2 นี้จะมีคุณลักษณะสมบัติที่หลากหลายกว่า เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมและลักษณะการใช้งานที่หลากหลายประเภทอุปกรณ์

รูปที่ 7 ภาพ MCB 1Pole ,2Poles และ 3Poles $\leq$ 63A และ MCB 1Pole = 80-125A ของ IEC60947-2

จากพิกัดกระแสใช้งานข้างต้นแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่ยังต้องกล่าวถึง คือ ลักษณะงานที่ใช้ด้วยตามมาตรฐานฯ จึงได้ผลิต C.B ตามลักษณะการใช้งานในแต่ละประเภท ที่มีคุณสมบัติหลากหลายมากกว่า C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดยจะมีการเพิ่มกราฟ K, MA และ Z ให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดคุณสมบัติของกราฟดังนี้

- K curve เป็นกราฟที่มีคุณสมบัติในช่วงแรก ที่มีการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในช่วงของกระแสเกิน (thermal Overload) และในช่วงสองเป็นการทำงานแบบทันทีทันใด (Instantaneous) เมื่อมีการลัดวงจรขึ้นจะทำงานในช่วงเวลา (tripping) ที่ 8 - 12 เท่าของกระแสใช้งาน โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์กับลักษณะสมบัติการทำงานประเภทความต้านทาน+รีแอคเตอร์ เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง หรือ เพื่อใช้กับโหลดมอเตอร์ ที่มีกระแสกระโชกสูง

- Z curve เป็นกราฟที่มีคุณสมบัติในช่วงแรก ที่มีการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในช่วงของกระแสเกิน (Overload) และช่วงสองเป็นการทำงานแบบทันทีทันใด (Instantaneous) เมื่อมีการลัดวงจรขึ้นจะทำงานในช่วงเวลา (tripping) ที่ 2 – 3 เท่าของกระแสใช้งาน โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภทนี้ จะเป็นอุปกรณ์อิเลคทรคนิคส์
- MA curve เป็นกราฟที่มีคุณสมบัติการทำงานแบบทันทีทันใด (Instantaneous) เท่านั้น เมื่อมีการลัดวงจรขึ้นจะทำงานในช่วงเวลา (tripping) ที่ 10 – 20 เท่าของกระแสใช้งาน โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภทนี้ จะเป็นพวก motor starter และการใช้งานที่เฉพาะเจาะจง เพราะจะไม่มีการป้องกัน thermal overload

พิกัดกระแสลัดวงจร

การทดสอบ C.B ตามมาตรฐาน IEC60947-2 นั้นมีค่ากระแสลัดวงจรหลายส่วนตามรูปแบบการทดสอบและการใช้งานดังนี้

- **Rated short-circuit making capacity : Icm**

คือ ค่าพิกัดกระแสการลัดวงจรขณะที่หน้าสัมผัสของ C.B ได้เริ่มแตะกัน ทำให้เกิดส่วนกระแสไฟฟ้าสลับและส่วนกระแสไฟฟ้าตรง ซึ่งมีปริมาณกระแสเริ่มต้นค่อนข้างสูง ในช่วงเวลาประมาณ 10mS แรกของการทำงานของ C.B นี้ หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่สภาวะปกติ

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

คือ ค่าพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรของ CBs ที่ใช้ในการทดสอบ จะไม่คำนึงว่าสามารถรับกระแสใช้งานปกติได้อย่างต่อเนื่องหรือไม่หลังการทดสอบ (rms)

O – t – CO

หรือมีขั้นตอนคร่าวๆ ดังนี้ “O” – รอ 3 นาที - “CO”

กำหนดให้ O = สภาพการเปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (เมื่อบังคับให้เกิดกระแสลัดวงจร)
C = สภาพการปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์
t = ช่วงเวลา 3 นาที่ เพื่อรอให้ C.B พร้อมทำงาน สำหรับกระบวนการต่อไป

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

คือ ระดับกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ Breaker สามารถป้องกันได้ 3 ครั้ง โดยใช้ขั้นตอนการทดสอบดังนี้

O – t – CO - t – CO

หรือมีขั้นตอนคร่าวๆ ดังนี้ “O” – รอ 3 นาที - “CO” – รอ 3 นาที - “CO”

(ค่า Ics จะแสดงค่าเป็นจำนวน % ของค่า Icu เช่น 25%, 50%, 75% และ100%)

- **Rated short time withstand current : Icw**

เป็นค่าพิกัดกระแส (rms) ลัดวงจรที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้ (<u>คงอยู่ในตำแหน่งสับ</u>) ในระยะเวลาสั้นๆ โดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ

ช่วงระยะเวลาของ Icw ใช้ค่า 1, 3 วินาที ปกติส่วนใหญ่จะมีใช้ที่ค่า 1 วินาที เพราะเป็นค่าที่เหมาะสมและราคาถูก

ดังนั้น C.B ที่จะนำมาใช้เป็นตัวเมนจะต้องมีค่า Icw ด้วย ซึ่งจะมีเฉพาะที่ตัว ACB ส่วนใน MCCB และ MCB ผู้ผลิตโดยส่วนใหญ่จะไม่มีการทดสอบหรือทำคุณสมบัติของค่านี้มา เพื่อความเหมาะสมกับการใช้งาน

อย่างคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และมีความปลอดภัยเพียงพอ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหรือปัจจัยในการออกแบบ จากข้อมูลดังกล่าว หากต้องการให้ระบบไฟฟ้าเรามีความเชื่อถือได้ ควรมีการเลือกใช้ C.B เป็นประเภท ACB : Air circuit breaker ที่มีความแข็งแรงทนทานกว่า MCCB ด้วย โดยใน CB นั้นจะมีค่า Category A และ Category B ถ้าการใช้งานเพื่อเป็นเมน C.B ของทุกระบบ จะต้องใช้ Category B เพราะจะมีค่า Icw ที่สามารถทนค่ากระแสลัดวงจรได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง (1sec หรือ 3sec) เพื่อให้ตัวที่เป็นวงจรย่อยที่ใกล้จุดเกิดกระแสลัดวงจรนั้นทำงานก่อน สำหรับคุณสมบัติพิเศษนี้เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้สูง ไม่ทำให้วงจรทั้งหมดดับ หรือเปิดวงจรทั้งระบบไฟฟ้า และ C.B ที่มี Category B จะสามารถทำ Coordination ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ดีระดับหนึ่งด้วย

ดังนั้นพิกัดกระแสลัดวงจรของ MCB ตามมาตรฐาน IEC60947-2 นั้นจะมีขนาดตั้งแต่ 3, 5, 6, 10, 15, 16, 25, 35 และ 50 kA ตามความเหมาะสมในการใช้งาน

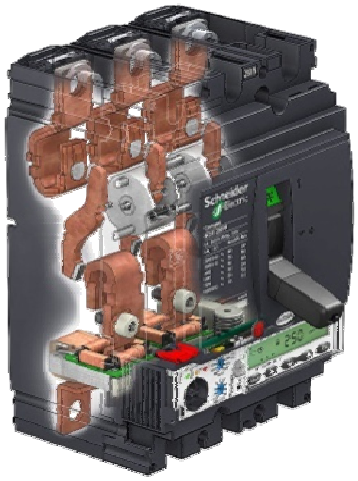
ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ CB ตามมาตรฐาน IEC ในปัจจุบันที่มีใช้กัน ซึ่งไม่รวม C.B ขนาดกระแสสูงๆ ของ IEC 60947-2

MCB's characteristics	IEC 60898-1	IEC60947-2
Rated current, In	6-125A	0,5-160A
SC breaking capacity	<25kA	<50kA
Rated voltage, Ue	400V	440V, 500V, 690V
Impulse voltage, Uimp	4kV	6kV or 8kV
Pollution degree	2	3
Curves	B,C,D	B, C, D, K, Z, MA
Application current	a.c.	a.c. or d.c.
Electrical auxiliaries	no	monitoring, control

หมายเหตุ ระดับมลพิษ (จากสภาพแวดล้อม)
ตัวเลขเดิมขึ้นอยู่กับปริมาณของฝุ่นไฟฟ้าหรืออุ้มน้ำก๊าซแตกตัวเป็นไอออน หรือเกลือและความชื้นสัมพัทธ์และความถี่ของการเกิดผลในการอุ้มน้ำของการดูดซึมหรือการควบแน่นของความชื้นที่นำไปสู่การลดลงของความเป็นฉนวนและ / หรือความต้านทานพื้นผิว
หมายเหตุ 1 องศามลพิษที่เป็นวัสดุฉนวนของอุปกรณ์และส่วนประกอบมีการเปิดรับอาจจะแตกต่างจากที่มหภาคสภาพแวดล้อมที่อุปกรณ์หรือส่วนประกอบอยู่เพราะของการป้องกันที่นำเสนอโดยวิธีการดังกล่าวเป็นสิ่งที่แนบมาหรือความร้อนภายในเพื่อป้องกันการดูดซึมหรือการควบแน่นของความชื้น
Pollution หรือระดับมลพิษ หมายถึง สภาพแวดล้อมที่มีการประกอบ มีวัตถุประสงค์ สำหรับการเปลี่ยนอุปกรณ์และส่วนประกอบภายในตู้ที่ระดับมลพิษของสภาพแวดล้อมในสิ่งที่แนบมามีผลบังคับใช้ สำหรับวัตถุประสงค์ของการประเมินระยะห่างและระยะทาง creepage, มี 4 ระดับ ของมลพิษในสภาพแวดล้อมจุลภาคที่มีการจัดตั้งขึ้น มี 4 ระดับ ดังต่อไปนี้
มลภาวะระดับที่ 1: ไม่มีมลพิษหรือเพียงแห้งมลพิษไม่นำไฟฟ้าเกิดขึ้น มลพิษที่มีอิทธิพลไม่
มลภาวะระดับที่ 2: เพียงมลพิษไม่นำไฟฟ้าเกิดขึ้นยกเว้นว่าบางครั้งการนำชั่วคราว ที่เกิดจากการรวมตัวเป็นที่คาดหวัง

มลภาวะระดับที่ 3: มลพิษ Conductive เกิดขึ้นหรือแห้งมลพิษไม่นำไฟฟ้าเกิดขึ้นซึ่งคาดว่าจะ กลายเป็นสื่อกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการควบแน่น
มลภาวะระดับ 4: การนำความต่อเนื่องเกิดขึ้นเนื่องจากฝุ่นนำฝนหรือสภาพเปียกอื่น ๆ
มลภาวะระดับ 4 ไม่สามารถใช้สภาพแวดล้อมจุลภาคภายในการประกอบนี้
มาตรฐาน
เว้นแต่จะระบุไว้เป็นอย่างอื่นประกอบสำหรับงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะมีการใช้งานใน ระดับมลพิษ 3 สภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามระดับมลพิษอื่นๆ อาจจะพิจารณาให้ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งานเฉพาะหรือไมโครสภาพแวดล้อม

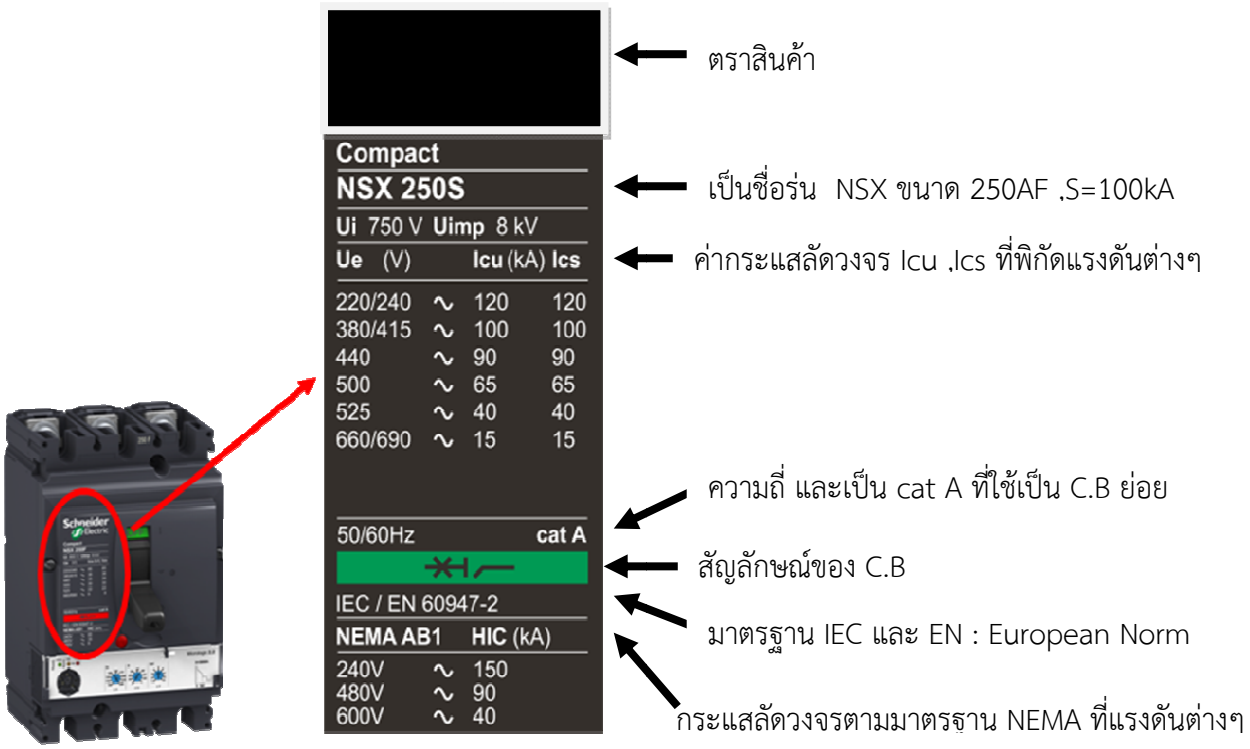
1.2.2 Moulded case circuit breaker : MCCB มีพิกัดกระแสใช้งานและคุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น และมีเฉพาะในมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัดกระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรในแบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพ จากรูปประกอบดังต่อไปนี้



พิกัดกระแสใช้งาน มีขนาดใช้งาน เช่น 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 320, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 และ 3200 A และพิกัดการทนกระแสลัดวงจรมีปริมาณค่า เช่น 16, 25, 36, 50, 70, 80, 100, 120 และ 150 kA เป็นสาเหตุให้ MCCB นั้นมีขนาดใหญ่ เพื่อการใช้งานที่สะดวกในการใส่สายไฟที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

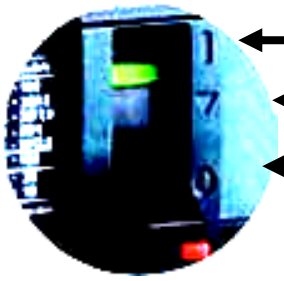
การเลือกใช้งาน MCCB

1. ข้อมูลจากฉลากด้านหน้า ที่ควรทราบ



2. ข้อมูลจากฉลากด้านข้าง ที่ควรทราบ

3. การพิจารณาบริเวณจมูก หรือ ก้านของ C.B



สัญลักษณ์ I = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพปิดวงจร (ON)

สัญลักษณ์ ▼ = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพเปิดวงจร (Trip)

สัญลักษณ์ 0 = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพเปิดวงจร (OFF)

จากภาพประกอบและคำอธิบายข้างต้นนี้ หาก C.B เกิดการ Trip ในกรณีใดๆ ก็ตาม (กระแสเกิน, กระแสลัดวงจร, แรงดันตก เป็นต้น) C.B จะอยู่ในตำแหน่ง Trip ดังนั้น ก่อนที่จะให้ C.B กลับมาทำงานอีกครั้งต้องมีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียดก่อน ที่จะให้ C.B กลับมาทำงานได้อีกครั้ง โดยการสับ C.B ลงมาในตำแหน่ง OFF และสับ C.B ขึ้นในตำแหน่ง ON

หมายเหตุ : ในกรณีที่มีการทริปที่ C.B ก่อนที่จะมีการสับลงไปตำแหน่ง OFF เพื่อทำการ ON นั้น ต้องมีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอย่างละเอียดก่อน ว่าในระบบไฟฟ้านั้น มีปัญหาใดๆ หรือไม่ และอีกส่วนหนึ่ง ต้องมีการปลดโหลด หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าใช้งานต่างๆ ของวงจรนั้นๆ ออกก่อนที่จะมีการต่อวงจรใช้ไฟฟ้าอีกครั้ง

4. เมื่อต้องการใส่อุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น under voltage release ,shunt opening shunt opening, auxiliary contact เป็นต้น จะต้องขันสกรู เพื่อเปิดฝาด้านหน้า

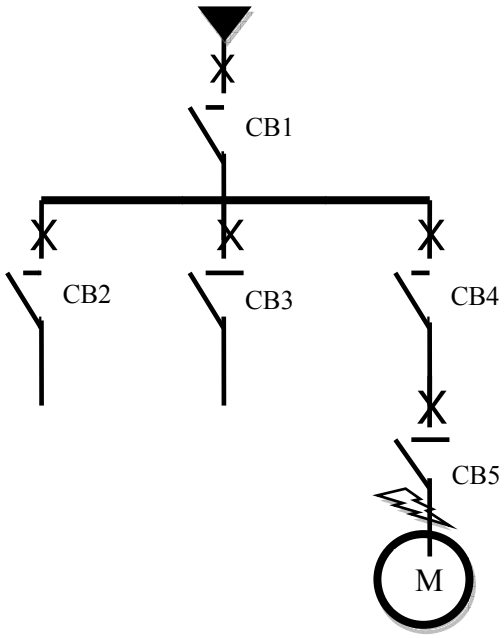
ดังนั้น C.B ที่เลือกใช้นั้นต้องเป็น Double Insulation หรือฉนวนสองชั้น เพื่อความปลอดภัย เมื่อช่างหรือวิศวกรต้องการเปิดฝาด้านหน้าเพื่อใส่อุปกรณ์เสริม จะได้ไม่มีโอกาสสัมผัสส่วนที่มีไฟได้

5. เนื่องจากขีดความสามารถของ MCCB นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณสมบัติพื้นฐาน ทำให้ MCCB โดยส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น C.B ตัวเมน เพื่อป้องกันการทำงานในเวลาเดียวกัน หรือมีการทำงานหลังจากที่ C.B ตัวย่อยได้ เพราะ MCCB นั้นไม่มีคุณสมบัติในส่วนของ Icw ที่จะสามารถทนค่ากระแสลัดวงจรได้นาน กระทั่งให้ C.B ตัวย่อยนั้น ทำงานเพื่อป้องกันกระแสลัดวงจรที่จุดใกล้ที่สุดก่อน

ดังตัวอย่างภาพประกอบนี้ เมื่อมีกระแสลัดวงจรที่ตัวมอเตอร์ CB5 ต้องทำงานตัดวงจรในขณะเดียวกัน CB4 และ CB1 ก็จะเห็นกระแสลัดวงจรด้วย แต่ที่ CB1 จะไม่มีการตัดวงจร เพราะหากตัดวงจรไป จะทำให้ระบบไฟฟ้าทั้งระบบขาดความเชื่อถือทางระบบไฟฟ้าไป ดังนั้นถ้าต้องการให้ CB1 ไม่ทำงานหรือรอให้ CB5 หรือ CB4 ทำงานเรียงลำดับก่อนหลัง นั้น ตัวเมน หรือ CB1 นั้นต้อง

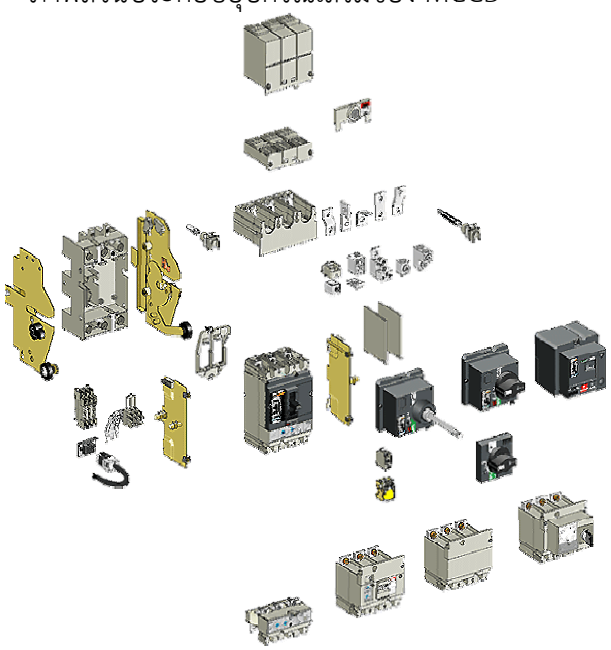
เป็น CB ที่มีค่า Icw ตามพิกัดค่ากระแสลัดวงจรที่ออกแบบหรือกำหนดไว้ด้วย ซึ่ง MCCB จะมีเพียง Utilization Category A เท่านั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเมนได้

ภาพประกอบการเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) ในกรณีที่ CB มีค่า Icw



6. ส่วนประกอบอุปกรณ์เสริมของ MCCB ที่ประกอบด้วย Electrical auxiliaries, Auxiliary contacts, Rotary handle, Motor mechanism, Lock, Connection, Measurement module, connecter เป็นต้น

ภาพส่วนประกอบอุปกรณ์เสริมของ MCCB



ส่วนประกอบที่สำคัญๆ มีดังนี้

6.1 Under voltage release เป็นอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่มี coil เมื่อได้รับกระแสไฟจ่ายเข้า coil จะมีผลทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป และไม่สามารถ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ Under voltage release ของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็น 1 เฟส จึงควรมีการใส่ Protective relay เพื่อการทำงานเป็น 3 เฟส และelectronic time delay เพื่อช่วยหน่วงเวลา ไม่ให้ระบบไฟฟ้าเสียความเชื่อถือได้ ทั้งนี้การติดตั้งที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจเป็นผลเสีย ทำให้ระบบไฟฟ้าทั้งหมดดับได้ เมื่อเกิดไฟตก หรือ ไฟตกชั่วขณะ ดังนั้นควรติดตั้ง Under voltage release เฉพาะโหลด หรือวงจรที่มีความอ่อนไหวกับแรงดันตก เช่น โหลดที่เป็นมอเตอร์ เป็นต้น

ภาพประกอบของ shunt trip

6.2 Shunt release เป็นอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ บางทีเรียบว่า shunt trip เป็นอุปกรณ์เสริมที่จ่ายไฟให้ที่ coil ของ shunt trip อุปกรณ์เสริม shunt trip ก็จะทำงาน ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ trip คือ ไม่สามารถ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์นี้ได้ ปกติจะมีการต่อใช้งานกับการทริปของหม้อแปลง เมื่อหม้อแปลงมีการจ่ายกระแสเกิน เพื่อทำหน้าที่ป้องกันหม้อแปลงไม่ให้จ่ายกระแสเกิน หรือการทำงานตามต้องการอื่นๆ เพื่อสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป

ภาพประกอบของ shunt trip

6.3 Auxiliary contact เป็นอุปกรณ์เสริมที่มี contact ช่วย ทั้ง ON – OFF contact เพื่อการใช้งานร่วมอื่นๆ หรือ เพื่อการต่อใช้ส่งสัญญาณเตือนภัยต่างๆ

ภาพประกอบ Auxiliary contact

6.4 Rotary Handle เป็นอุปกรณ์เสริมในการ ON – OFF เซอร์กิตเบรกเกอร์ อีกแบบหนึ่ง

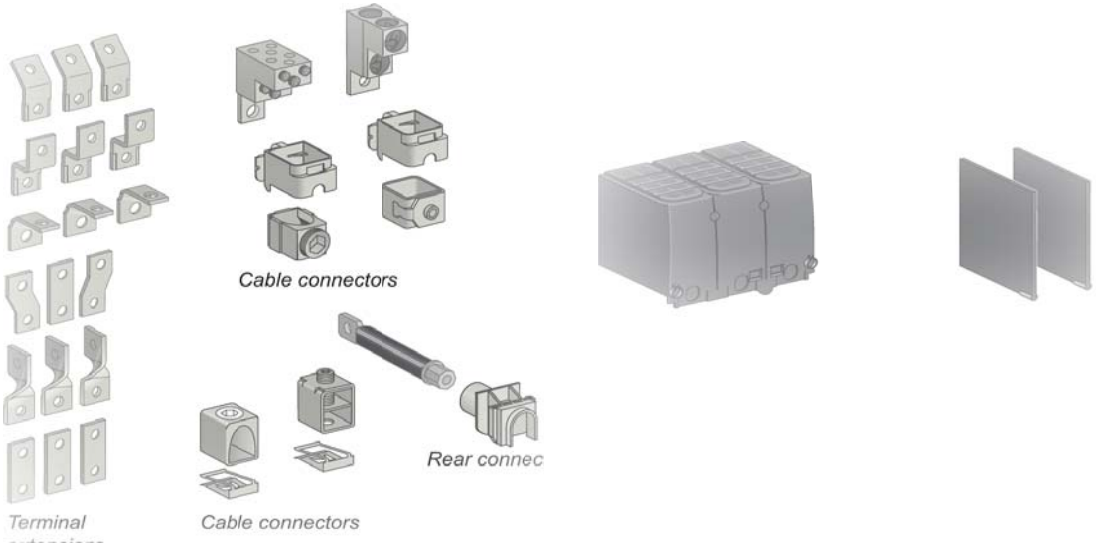
ภาพประกอบของ Direct rotary handle และ Extended Rotary handle (แบบมีแกนต่อ) ใช้ติดที่ฝาตู้แบบตู้ลึก

6.5 Motor mechanism หรือที่นิยมเรียกว่า Motor drive เป็นอุปกรณ์เสริมที่ทำหน้าที่ charge spring เพื่อรอการสั่งการ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถออกแบบให้ใช้งานแบบอัตโนมัติในการ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์ได้

หมายเหตุ : การออกแบบสั่งการ ON แบบอัตโนมัติ ควรระมัดระวังการสั่งการแบบอัตโนมัติในกรณีเกิดกระแสเกิน และกระแสลัดวงจร จะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟ โหลด อุปกรณ์เกี่ยวเนื่องเสียหายและเกิดอันตรายอย่างอื่นได้

ภาพประกอบของ Motor mechanism

6.6 Terminal Extension บัสบาร์ต่อเพิ่ม และฉนวนกั้นขั้วต่อแบบต่างๆ



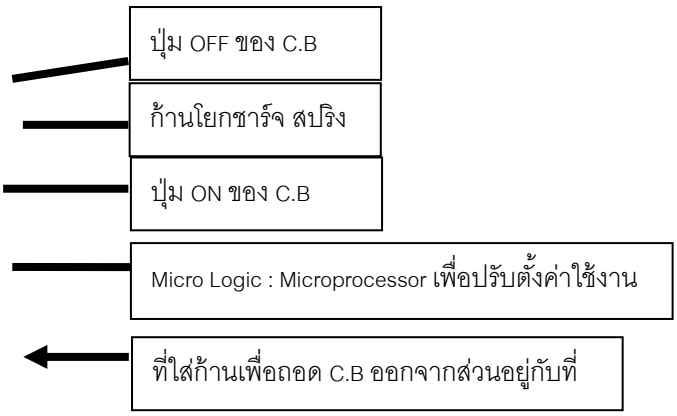
ภาพประกอบของอุปกรณ์เสริมของบัสบาร์ต่อเพิ่ม ขั้วต่อ ฉนวนกั้นขั้วต่อและแผ่นฉนวนกั้นขั้วต่อ

1.2.3 Air Circuit breaker : ACB มีพิกัดกระแสใช้งานและคุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น ตามมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัดกระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรในแบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพ จากรูปประกอบดังต่อไปนี้

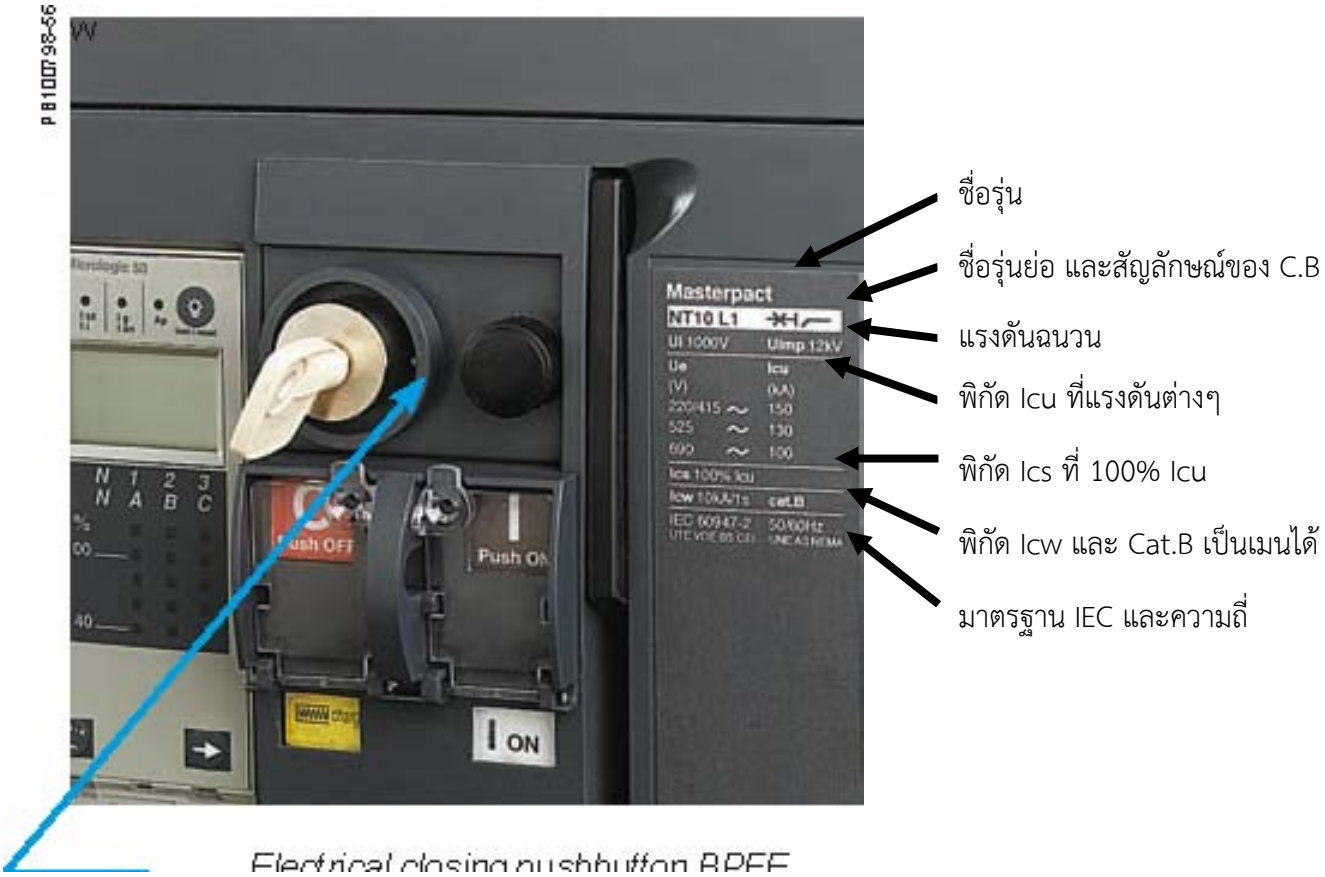
เนื่องจากพิกัดกระแสใช้งาน มีขนาดใช้งาน เช่น 320, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200A, 4000, 5000 และ 6300A พิกัดกระแสลัดวงจรมีปริมาณสูงขึ้น เช่น 42, 50, 65, 70, 80, 100, 120 และ 150kA เป็นสาเหตุให้ ACB นั้นมีขนาดใหญ่ เพื่อการใช้งานที่สะดวกในการใส่สายไฟที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

การเลือกใช้งาน Air Circuit breaker

1. จากข้อมูลเทคนิคด้านหน้า ของเซอร์กิตเบรกเกอร์



Nameplate ที่ด้านหน้าของ Air circuit breaker

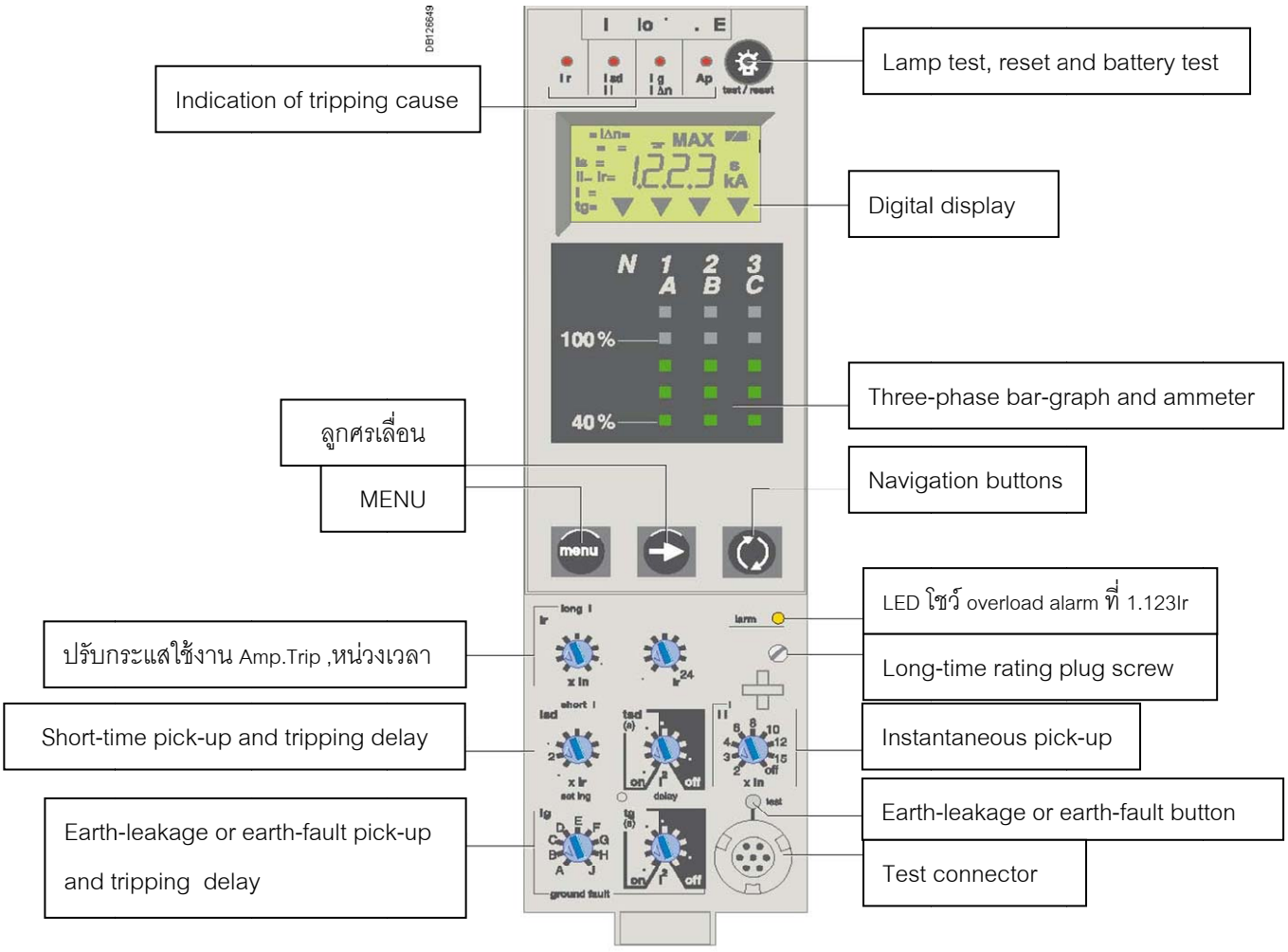


2. การพิจารณาเลือกใช้งาน Micro logic ของ C.B จะมีลักษณะการเลือกใช้งานให้เหมาะสมตามคุณสมบัติของโหลดในแต่ละประเภท แต่ละช่วงเวลา แต่ละหน้าที่การทำงานดังนี้

- L : Long time delay คือ การปรับตั้งค่ากระแสให้ใช้งานได้เหมาะสมกับโหลด
  - กรณีของ MCCB ที่เป็นแบบ Thermo magnetic จะสามารถปรับค่าได้ 80% - 100%In
  - กรณีของ MCCB และ ACB ที่เป็นแบบ Micro logic จะสามารถปรับค่าได้ 40% - 100%In ทั้งนี้มีบางรุ่นสามารถที่จะปรับค่าได้ละเอียดมากกว่านี้

ทั้งนี้ยังมี time delay เพื่อเป็นการหน่วงเวลาช่วยให้สามารถทำ coordination ได้ง่ายขึ้นด้วย

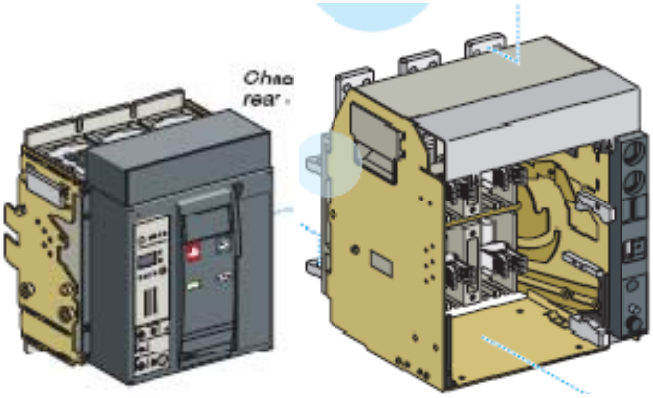
- S : Short time delay คือ การปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรแบบมีการหน่วงเวลา
- I : Instantaneous คือ การปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรแบบทันที (ไม่มีการหน่วงเวลา)
- G : Ground Fault คือ การปรับตั้งค่ากระแสรั่ว



ภาพประกอบ Micro Logic ของ Air Circuit breaker

3. ประเภทของ Air circuit breaker มี 2 ประเภท คือ Fixed และ Withdrawable ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะในการติดตั้งใช้งานและการบำรุงรักษา เนื่องจาก ACB ประเภท Withdrawable Type จะสะดวกในการเปลี่ยน CB เมื่อ CB เกิดความเสียหายใดๆ ขึ้น ก็สามารถนำ CB ส่วนเคลื่อนที่มาใส่ได้ทันที โดยไม่ต้องมีการปลดสายหรือบัสบาร์ที่ขั้วต่อทั้งทางเข้าและทางออกของ CB

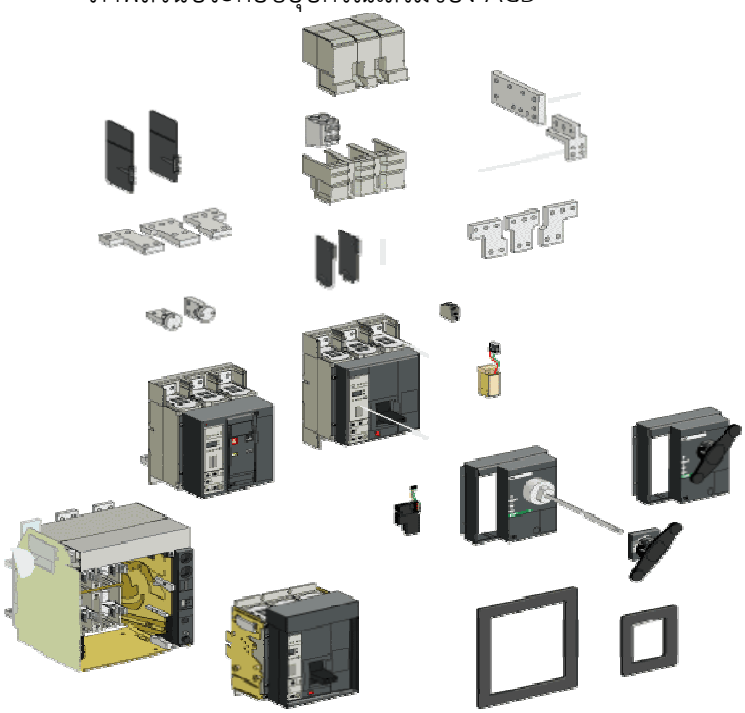
ACB : Fixed Type



ACB : Withdrawable Type

4. ส่วนประกอบอุปกรณ์เสริมของ ACB ที่ประกอบด้วย Electrical auxiliaries, Auxiliary contacts, Rotary handle, Motor mechanism, Lock, Connection, Measurement module, connecter เป็นต้น

ภาพส่วนประกอบอุปกรณ์เสริมของ ACB

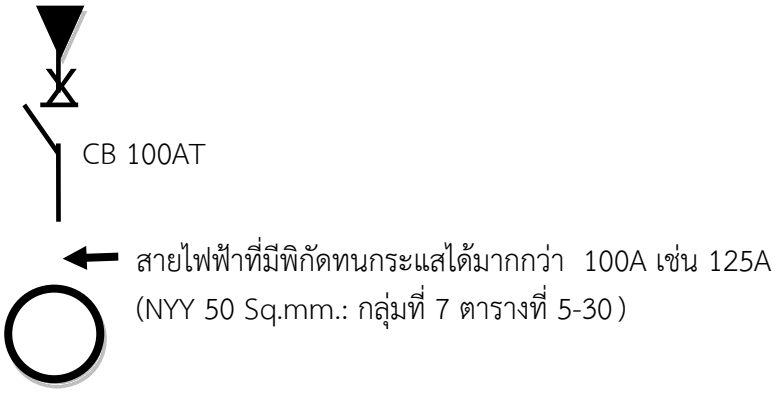


การติดตั้งและใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์

1. การติดตั้งและใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องติดตั้งตามข้อกำหนดของผู้ผลิต เช่น พิกัดการขันแน่นของสกูร ,ระดับความสูงในการใช้งาน ความชื้น ความร้อน เป็นต้น
2. การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตช์ฯ ที่ต้องตามแบบฯ และต้องสะดวกต่อการซ่อมบำรุงในอนาคต รวมถึงการป้องกันการลุกลามแต่ละส่วน (Partition : Form)
3. การตั้งค่าการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้สอดคล้องกับโหลดที่ใช้งาน อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น สายไฟ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ใกล้เคียงในวงจรเกี่ยวเนื่องกัน หรือการทำ Coordination Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยการทำ Coordination curve จะต้องได้รับการทวนสอบว่าได้คิดคำนวณ หรือเลือกใช้ตามคุณสมบัติที่ผู้ผลิตได้ทดสอบและระบุไว้แล้วตามโปรแกรมของผู้ผลิตนั้นๆ หรือการคำนวณจากผู้ผลิตนั้นๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้อง
4. กรณีการออกแบบที่ใช้หลักการ Back up Protection จะต้องได้รับการทวนสอบว่าได้คิดคำนวณหรือเลือกใช้ตามคุณสมบัติที่ผู้ผลิตได้ทดสอบและระบุไว้แล้วเท่านั้น หรือ หากเป็นการใช้หลักการ Back up protection จะต้องได้รับความเห็นชอบของผู้คุมงาน ผู้ออกแบบ และหรือ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ให้ทราบถึงการใช้งานที่ถูกต้อง
5. การเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ในสภาพแวดล้อมปกติ ที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อเราทราบพิกัดกระแสใช้งานของโหลดที่เป็นความต้านทาน (หรืออาจที่มีค่า X_L, X_C ที่ปริมาณน้อยๆ) หรือ

อุปกรณ์ที่พิกัดกระแสใช้งาน 100A เราควรเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ 100AT และเลือกใช้ขนาดของสายไฟฟ้าพิกัดกระแสที่ มากกว่า 100% - 125% ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้งาน (100A) เพื่อความปลอดภัยในกรณีการใช้กระแสเกิน โดยไม่ต้องเผื่อขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์มากขึ้นกว่า 100% - 125% เพราะอาจทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ตามคุณลักษณะสมบัติ และเป็นผลให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ทำงานสัมพันธ์กับโหลดอย่างแท้จริงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยและเงื่อนไขในการออกแบบ ตามภาพประกอบ ดังนี้

หมายเหตุ : ถ้าโหลดที่เลือกใช้มีโอกาสใช้งานในส่วนกระแสเกินในบางครั้ง อาจใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถปรับตั้งค่าได้และปรับขนาดแอมทริปให้สูงขึ้นได้ แต่ที่สำคัญขนาดของสายไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวเนื่องที่เลือกใช้ควรมีการเผื่อขนาดไว้แต่แรกด้วย หากมีการเผื่อขนาดทุกวงจร ก็จะทำให้สิ้นเปลืองเกินความจำเป็นได้



ภาพ วงจรและการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์

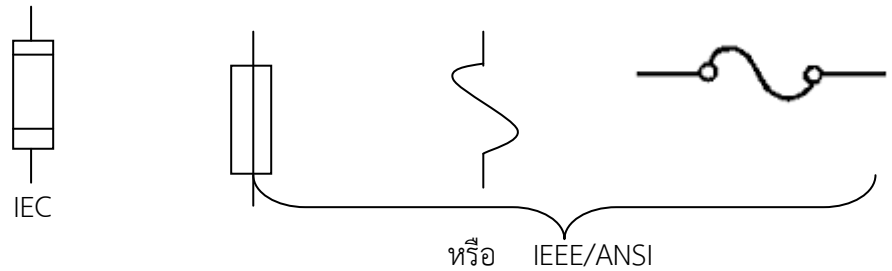
2. Fuse : ฟิวส์

เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินอีกประเภทหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมมายาวนาน

ฟิวส์ (Fuse) หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินซึ่งมีส่วนที่เปิดวงจรหลอมละลายด้วยความร้อนที่เกิดจากมีกระแสไหลผ่านเกินกำหนด

ฟิวส์ประกอบด้วย ส่วนที่รวมกัน เพื่อทำหน้าที่ตัดวงจรที่เกิดกระแสเกิน อาจเป็นหรือไม่เป็นอุปกรณ์ที่สมบูรณ์สำหรับต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ดังนั้นต้องมีการตรวจสออุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของฟิวส์ เพื่อให้เป็นฟิวส์ที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานอย่างถูกต้อง

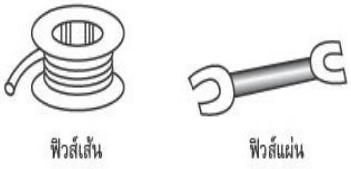
สัญลักษณ์ของฟิวส์



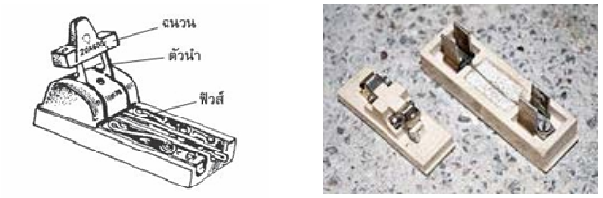
ฟิวส์ ถือเป็นอุปกรณ์ตัดตอนและยังเป็นอุปกรณ์ป้องกันที่มีการใช้งานมายาวนานมากกว่า 100 ปี ซึ่งมีความเข้าใจ ว่ามีคุณสมบัติในการตัดตอนและป้องกันวงจรทางไฟฟ้าได้ดีที่สุด มั่นใจที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยีขึ้น ปรากฏว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นทำให้ ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ตัดตอนและเป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ทำงานได้เพียงครั้งเดียว การเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ก็ไม่ปลอดภัย ไม่สะดวกในการเปลี่ยนและการบำรุงรักษา ว่าฟิวส์ขาดหรือไม่ ต้องใช้การสังเกตและวัดค่าเพื่อจะทราบว่าฟิวส์ชำรุด หรือฟิวส์ขาดหรือไม่สามารถทราบความแม่นยำได้เท่าที่ควร อย่างไรก็ตามฟิวส์ก็ยังมีข้อดีอย่างมากที่ทำให้ยังมีการใช้งานในหลายๆ ประเภท โดยประเภทของฟิวส์มีดังต่อไปนี้

2.1 ฟิวส์เส้น มีลักษณะเป็นลวดเปลือย ใช้กับสวิตช์ตัดตอนแบบใบมีด (Cut out) ที่ใช้ยึดกับน็อตที่หัวและท้ายขอ

Cut out ตามรูปประกอบ 10717 8



รูปภาพลักษณะของฟิวส์เส้นและฟิวส์แผ่น



รูปภาพของ Cut out และรูปแบบการใช้งานของฟิวส์เส้น

2.2 คาร์ทริดฟิวส์ (Cartridge Fuse) โดยจะมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบกระบอกหรือแบบเฟอร์รูล ที่จะใช้กับงานค่อนข้า

หลากหลายมาก และแบบใบมีด ที่จะใช้ร่วมกับ เซฟตี้สวิตช์ หรือ Blade Fuse หรือ HRC Fuse การตรวจสอบประเภทฟิวส์ไส้ ที่ดีควรใช้มิเตอร์ เพราะในบางครั้งการตรวจสอบด้วยการใช้สายตา อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

รูปภาพของฟิวส์กระบอกหรือฟิวส์เฟอร์รูล และรูปแบบการใช้งานของร่วมกับ Fuse Holder และฟิวส์ของเต้ารับแบบพ่วง โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดกระแส 2 – 40A หรือไม่เกิน 125A.

รูปภาพฟิวส์แบบใบมีด หรือ Blade Fuse ที่จะใช้ร่วมกับ เซฟตี้สวิตช์ หรือ HRC Fuse base (มีขนาด 1 เฟสไม่เกิน 1250A. หรือ แบบ 3 เฟส ไม่เกิน 630A)

หมายเหตุ การใช้งาน HRC Fuse ใน Capacitor Bank หรือการใช้งานต่างๆ ที่เป็นแบบ 3 เฟสนั้น จะต้องมีการพิจารณาเพิ่มเติมอุปกรณ์เพื่อการทำงานที่ดีขึ้น เพื่อให้ทราบว่าฟิวส์เฟสใด เฟสหนึ่งได้ขาดไป Limit switch นี้จะทำงานทันทีโดยการส่งสัญญาณให้มีการทำงานพร้อมกันทั้ง 3 เฟส ทั้งนี้การทำงานของฟิวส์ที่พร้อมกันทั้ง 3 เฟส จะช่วยป้องกันโหลด หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันได้

2.3 ปลั๊กฟิวส์ (Plug Fuse) เป็นฟิวส์ที่บรรจุอยู่ในกระบอกกระเบื้อง มีเกลียวสำหรับรูป เพื่อใช้งานร่วมกับฐานฟิวส์

ข้อควรระวังของการใช้ฟิวส์

1. ควรเลือกใช้ฟิวส์ และส่วนประกอบของฟิวส์ ให้ตรงกับแบบฯ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์นั้นๆ เช่น การใช้ฟิวส์กับอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภท เช่น soft starter ที่ต้องใช้ฟิวส์ประเภท semi conductor fuse ตามที่ผู้ผลิต soft starter ได้ระบุไว้
2. ควรมีการตรวจสอบส่วนประกอบต่างๆ ของฟิวส์ให้พร้อมทำงาน
3. การเปลี่ยนฟิวส์ ต้องมีการปลดโหลดต่างๆ ของวงจรที่เกี่ยวเนื่อง ออกก่อนมีการเปลี่ยนฟิวส์

3. เครื่องตัดไฟรั่ว (Residual Current Device : RCD)

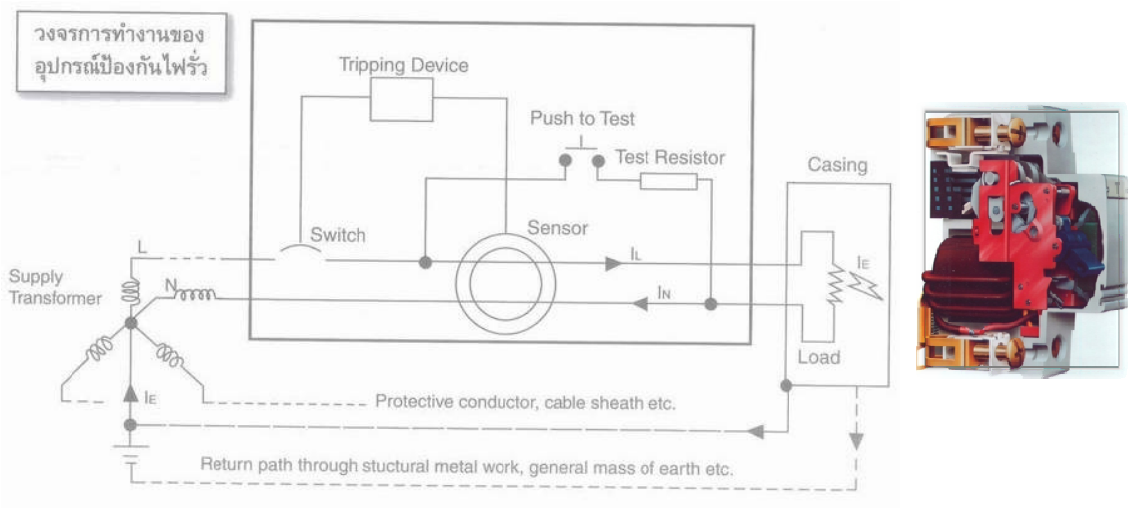
เครื่องตัดไฟรั่ว หรือเครื่องตัดวงจรกระแสไฟฟ้าเหลือ ชื่อตาม มอก.หรือ Residual Current Device : RCD เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดวงจร เมื่อเกินกระแสไฟฟ้ารั่ว ขึ้นในระบบไฟฟ้า เพื่อใช้ลดอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูด สำหรับแรงดันไม่เกิน 440 โวลต์ โดยเครื่องตัดไฟรั่วที่มีพิกัดกระแสป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไม่เกิน 30 มิลลิแอมแปร์ และมีช่วงระยะเวลาในการตัด (break time หรือ operating time) ไม่เกิน 0.04 วินาที เมื่อกระแสรั่วมีค่า 5 $I\Delta n$ หรือ กรแสไฟฟ้าอาจรั่วถึงค่า 0.25 แอมแปร์ เวลาในการตัดวงจรของเครื่องตัดไฟรั่วก็จะไม่เกิน 0.04 วินาที เนื่องด้วยข้อจำกัดของเครื่องตัดไฟรั่วที่สามารถตัดวงจรได้เร็วสุดเท่านี้

เครื่องตัดไฟรั่วก็จะไม่ทำงานเมื่อกระแสรั่วมีค่า 0.5 $I\Delta n$ เนื่องจากยังไม่ถึงระดับกระแสไฟฟ้ารั่วที่จะทำให้เครื่องตัดไฟรั่วทำงาน ทั้งนี้เครื่องตัดไฟรั่วที่เลือกใช้ต้องเป็นชนิดที่ปลดสายไฟเส้นที่มีไฟทุกเส้นออกจากวงจร รวมทั้งสายนิวทรัล (neutral) **ยกเว้น** สายนิวทรัลนั้นมีการต่อลงดิน แล้ว

หมายเหตุ เครื่องตัดไฟรั่ว จะไม่ให้ใช้ในสถานพยาบาลกลุ่มที่ 2 เนื่องจากขณะที่เกิดกระแสไฟรั่วขึ้น เครื่องตัดไฟรั่วจะทำงาน (ทริป) สถานพยาบาลในกลุ่มดังกล่าวก็จะไม่สามารถทำงานได้ และพิกัดกระแสไฟฟ้ารั่วของเครื่องตัดไฟรั่ว ก็มีปริมาณค่อนข้างสูงมาก มากเป็น 1,000 เท่า และในสถานพยาบาลกลุ่มที่ 1 บางส่วนก็ไม่ควรใช้เครื่องตัดไฟรั่วด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและข้อกำหนดต่างๆ ประกอบด้วย

ข้อพึงปฏิบัติที่สำคัญในการเลือกใช้เครื่องตัดไฟรั่ว

1. ห้ามต่อวงจรลัดคร่อมผ่าน (by pass) เพื่อป้องกันเครื่องตัดไฟรั่วปลดวงจรเมื่อไฟรั่ว
2. ห้ามให้มีการปรับระดับพิกัดการป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว ที่เครื่องตัดไฟรั่ว หรือ การเพิ่มเติมวงจรเพื่อปรับระดับกระแสไฟฟ้ารั่ว
3. การต่อวงจรใช้งานอย่างถูกต้อง
4. การเลือกใช้งานพิกัดการป้องกันกระแสไฟรั่วได้อย่างถูกต้อง
5. การเลือกประเภทของเครื่องตัดไฟรั่วให้เหมาะสมกับการใช้งาน



รูปภาพวงจร รูปภาพเครื่องตัดไฟรั่ว ที่มีส่วนประกอบภายในของ เครื่องตัดไฟรั่ว

การป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วในเครื่องตัดไฟรั่วจะมีหลายระดับเพื่อแบบตามความเหมาะสมในการใช้งานที่หลากหลายตามการใช้งานดังนี้

- เครื่องตัดไฟรั่วที่ปริมาณกระแส 10mA สำหรับป้องกัน ชีวิตมนุษย์และสัตว์
- เครื่องตัดไฟรั่วที่ปริมาณกระแส 30mA สำหรับป้องกัน ชีวิตมนุษย์และสัตว์
- เครื่องตัดไฟรั่วที่ปริมาณกระแส 100mA สำหรับป้องกัน อุปกรณ์
- เครื่องตัดไฟรั่วที่ปริมาณกระแส 300mA สำหรับป้องกัน เพลิงไหม้
- เครื่องตัดไฟรั่วที่ปริมาณกระแส 500mA สำหรับป้องกัน เพลิงไหม้

ประเภทของเครื่องตัดไฟรั่ว มีดังนี้

3.1 Residual current operated circuit breaker without integral over-current protection : RCCB

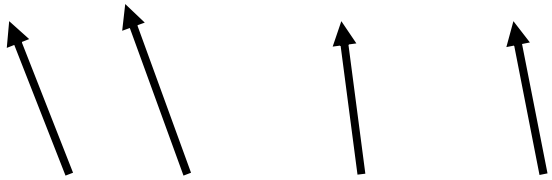
เป็นเครื่องตัดไฟรั่วแบบไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และ/หรือลัดวงจร หรือ ที่ตาม มอก.2425-2552 ได้เรียกว่า เครื่องตัดวงจรใช้กระแสเหลือแบบไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน สำหรับใช้ในที่อยู่อาศัย และใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน

การใช้งานเครื่องตัดไฟรั่วประเภท RCCB นั้น โดยปกติต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน เช่น ฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อวงจรอยู่ก่อนหน้า RCCB ประเภทนี้ ไว้เพื่อป้องกันวงจร เมื่อเกิดภาวะกระแสเกิน หรือกระแสลัดวงจร ขึ้นในระบบไฟฟ้า ทั้งนี้การใช้งานสำหรับบ้าน หรือ ที่อยู่อาศัยในประเทศไทย อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของตัวเมนสวิตช์ นั้นจะต้องมีพิกัดการทนกระแสลัดวงจรได้เท่ากับหรือ ไม่น้อยกว่า 10kA ที่ 230/400Vac. ตามมาตรฐาน IEC60898 โดย RCCB ประเภทนี้จะมีลักษณะที่สามารถตัดวงจรได้ทั้งสายเส้นไฟและสายนิวทรัล แบบ 2ขั้ว และ 4ขั้ว

ภาพ เครื่องตัดไฟรั่ว RCCB แบบไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และ/หรือลัดวงจร หรือ ที่ตาม มอก.2425-2552

3.1 Residual current operated circuit breaker with integral over-current protection : RCBO

เป็นเครื่องตัดไฟรั่วแบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และ/หรือลัดวงจรหรือ ที่ตาม มอก.909-2548 ได้เรียกว่า เครื่องตัดวงจรใช้กระแสเหลือแบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน สำหรับใช้ในที่อยู่อาศัย และใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน โดย มอก.909-2548 ถือเป็นมาตรฐานบังคับของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.)



ปุ่มกด ทดสอบให้เครื่องตัดไฟรั่วได้ทำงานเป็นปกติ (Trip / monthly test)

ภาพ เครื่องตัดไฟรั่ว RCBO แบบไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และ/หรือลัดวงจร หรือ ที่ตาม มอก.909-2548

รูปแบบการต่อใช้งานเครื่องตัดไฟรั่ว (RCD) แบบต่างๆ

1. การต่อใช้งาน RCD แบบควบคุมทุกวงจร เป็นการควบคุมทุกวงจรผ่าน RCD ที่ได้แบ่งลักษณะของ RCD ที่เลือกใช้ดังนี้
   1.1 การต่อใช้งาน RCD แบบ RCCB ควบคุมทุกวงจร แบบนี้จะต้องมีการใช้เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดทนกระแสลัดวงจรได้ที่ 10kA, 230/400Vac.: IEC60898 (กรณีการใช้งานสำหรับที่พักอาศัย) ก่อน RCCB เนื่องจาก RCCB จะไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันกระแสเกิน หรือกระแสลัดวงจรได้ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ก่อน และข้อเสียในแบบนี้คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วขึ้น ในปริมาณที่ทำให้เครื่องตัดไฟรั่วทำงาน ก็จะทำให้ทุกวงจรทำงาน มีผลทำให้วงจรแสงสว่างดับด้วย จึงทำให้อาจเกิดอันตรายอื่นๆ ประกอบด้วยจากสาเหตุที่ขาดแสงสว่าง ดังภาพประกอบด้านล่างนี้

รูปภาพ แบบการต่อเครื่องตัดไฟรั่ว : RCCB แบบควบคุมทุกวงจร

1.2 การต่อใช้งาน RCD แบบ RCBO ควบคุมทุกวงจร ซึ่งแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ แต่ RCBO ที่จะเลือกใช้ต้องมีขนาดทนกระแสลัดวงจรได้ที่ 10kA , 230/400Vac.: IEC60898 (กรณีการใช้งานสำหรับที่พักอาศัย) และข้อเสียในแบบนี้คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วขึ้น ในปริมาณที่ทำให้เครื่องตัดไฟรั่วทำงาน ก็จะทำให้ทุกวงจรทำงาน มีผลทำให้วงจรแสงสว่างดับด้วย จึงทำให้อาจเกิดอันตรายอื่นๆ ประกอบด้วยจากสาเหตุที่ขาดแสงสว่าง ดังภาพประกอบด้านล่างนี้

รูปภาพ แบบการต่อเครื่องตัดไฟรั่ว : RCBO แบบควบคุมทุกวงจร

2. การต่อใช้งาน RCD แบบควบคุมบางทุกวงจร และบางวงจรไม่ได้ควบคุมผ่าน RCD ที่ได้แบ่งลักษณะของ RCD ที่เลือกใช้ดังนี้

2.1 การต่อใช้งาน RCD แบบ RCCB ควบคุมบางวงจร แบบนี้จะต้องมีการใช้เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดทนกระแสลัดวงจรได้ที่ 10kA, 230/400Vac.: IEC60898 (กรณีการใช้งานสำหรับที่พักอาศัย) ก่อน RCCB เนื่องจาก RCCB จะไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันกระแสเกิน หรือกระแสลัดวงจรได้ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ก่อน ซึ่งข้อดีของวงจรในแบบนี้คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วขึ้น ในปริมาณที่ทำให้เครื่องตัดไฟรั่วทำงาน ก็จะทำให้บางวงจรที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วทำงาน และในส่วนวงจรที่ไม่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว ก็จะยังคงทำงานเป็นปกติ เช่น วงจรแสงสว่างก็ยังคงทำงานเป็นปกติ ดังภาพประกอบด้านล่างนี้

รูปภาพ แบบการต่อเครื่องตัดไฟรั่ว : RCCB แบบควบคุมบางวงจร

2.2 การต่อใช้งาน RCD แบบ RCBO ควบคุมบางวงจร ซึ่งแบบนี้มี หรือไม่ต้องมีเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยทั่วไปจะต้องต่อผ่านเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วย เพื่อความสะดวกในการควบคุมวงจรเมน โดย RCBO ที่จะเลือกใช้มีขนาดทนกระแสลัดวงจรได้ที่ 6kA หรือ 10kA, 230/400Vac.: IEC60898 (กรณีการใช้งานสำหรับที่พักอาศัย) ซึ่งข้อดีของวงจรในแบบนี้คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วขึ้น ในปริมาณที่ทำให้เครื่องตัดไฟรั่วทำงาน ก็จะทำให้บางวงจรที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วทำงาน และในส่วนวงจรที่ไม่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว ก็จะยังคงทำงานเป็นปกติ เช่น วงจรแสงสว่างก็ยังคงทำงานเป็นปกติ ดังภาพประกอบด้านล่างนี้

รูปภาพ แบบการต่อเครื่องตัดไฟรั่ว : RCBO แบบควบคุมบางวงจร

การแยกส่วนวงจรที่มีวงจรที่ไม่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว และวงจรที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วทั้งสองประเภทนี้ เครื่องตัดไฟรั่วประเภท RCD นี้ ต้องมีการแยก neutral terminal ออกจากกันในส่วนของวงจรที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว และวงจรที่ไม่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว เพื่อไม่ให้มีการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องตัดไฟรั่วประเภทนี้

กรณีที่มีการใช้งานเครื่องตัดไฟรั่วประเภท RCD มากกว่า 1 ตัว ก็จะต้องมี neutral terminal เท่ากับจำนวนของ RCD เช่น มี RCD ในวงจร 2 ตัว ก็จะต้องมี neutral terminal 2 ชุดด้วย เพื่อไม่ให้มีการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องตัดไฟรั่วประเภทนี้

3. การต่อใช้งาน RCD แบบควบคุมทุกวงจร โดยการทำงานร่วมกันสัมพันธ์กัน เพื่อแบ่งระดับการป้องกันกระแสไฟรั่ว Residual Current Coordination เป็นการป้องกันกระแสไฟรั่วอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อป้องกันทุกวงจรและเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งข้อดีของวงจรในแบบนี้คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วขึ้น ในปริมาณที่ทำให้เครื่องตัดไฟรั่วทำงาน ก็จะทำให้วงจรที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วทำงานเท่านั้น และในส่วนวงจรที่ไม่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว ก็จะยังคงทำงานเป็นปกติ ดังภาพประกอบ

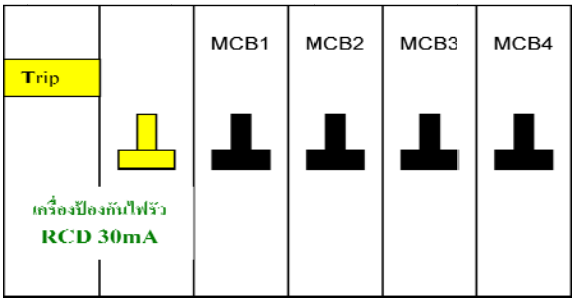
รูปภาพ แบบการต่อเครื่องตัดไฟรั่ว แบบควบคุมเฉพาะวงจร (Residual Current Coordination)

หมายเหตุ : การใช้งานเครื่องตัดไฟรั่ว RCD ทั้งสองประเภท ควรพิจารณาสิ่งสำคัญดังต่อไปนี้

1. เมื่อมีการติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว แล้วเสร็จ ต้องมีการทดสอบเครื่องตัดไฟรั่ว โดยการกดปุ่มทดสอบ (Trip / monthly test) เพื่อตรวจสอบความพร้อมในการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว
2. การตรวจสอบการทำงานจริงของเครื่องตัดไฟรั่ว จากวิศวกรไฟฟ้า หรือช่างไฟฟ้า หรือผู้มีความรู้จริงทางด้านไฟฟ้า เพื่อสร้างความมั่นใจว่าวงจรที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วนั้น สามารถทำงานได้จริง

3. การแนะนำผู้ใช้ หรือ เจ้าของบ้าน หรือเจ้าของอาคาร เรื่องการใช้งาน RCD ที่ตัว RCD จะมีปุ่มกด ที่ส่วนใหญ่มักเขียนว่า “Test หรือ monthly test” ตามภาพประกอบ เพื่อต้องการให้ผู้ใช้ได้กดปุ่ม ให้เครื่องตัดไฟรั่วได้ทำงานอย่างแม่นยำ และคงสภาพการใช้งานได้อยู่ตลอดเกิดการขยับเคลื่อนไหวส่วนทางกลของเครื่องตัดไฟรั่วได้ทำงานยืดและคลายตัวในส่วนทางกล ควรมีการกดปุ่มทดสอบการทำงานบ่อยๆ หรือทุกเดือน เป็นประจำ โดยก่อนการทดสอบควรเปิดวงจร (Off เซอร์กิตเบรกเกอร์) ย่อยต่างๆ ที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วออกก่อน และเมื่อทำการทดสอบเครื่องไฟรั่วแล้วเสร็จ จึงค่อยๆ ถยอยปิดวงจร (On เซอร์กิตเบรกเกอร์)

4. ไม่ควรติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว แบบตัวเดียวควบคุมทุกวงจร ที่ควบคุมทั้งวงจรแสงสว่างและวงจรเต้ารับ เพราะเมื่อมีการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว จะทำให้บ้านที่อยู่อาศัย เกิดไฟแสงสว่างดับ และไฟดับทั้งบ้านหรืออาคารนั้นๆ อาจทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการเคลื่อนย้าย ไม่สะดวกในการใช้งานและการแก้ไขระบบไฟฟ้า
5. กรณีที่มีการใช้เครื่องตัดไฟรั่วหนึ่งตัวควบคุมหลายๆ วงจร ต้องแนะนำผู้ใช้งาน เพื่อตรวจสอบหาวงจรที่มีไฟรั่วในระบบไฟฟ้า มีวิธีง่ายๆ ดังนี้
   ตัวอย่างภาพประกอบและขั้นตอนในการตรวจสอบหาวงจรที่มีกระแสไฟรั่ว กรณีที่มีกระแสไฟรั่วมากกว่า 1 วงจร และมีผลรวมของกระแสไฟรั่วเท่ากับ หรือ มากกว่า 30 mA มีดังนี้



<u>เงื่อนไข</u>

1. เครื่องตัดไฟรั่วมีขนาดกระแสทำงานเมื่อมีกระแสรั่วที่ 30mA
2. เซอร์กิตเบรกเกอร์มี 4 ตัว ที่ต่อวงจรผ่านเครื่องตัดไฟรั่ว

สมมุติว่า มีกระแสไฟรั่วที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 1 ขนาด 10mA และมีกระแสไฟรั่วที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 4 ขนาด 20mA

3. เมื่อเครื่องตัดไฟรั่วทำงาน (ทริบ) ให้เปิดวงจรย่อยๆ (Off เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัว 1-4) ที่ผ่านเครื่องตัดไฟรั่วนั้น
4. On เครื่องตัดไฟรั่ว และ On เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 1 ตัวที่ 2 ,3 และ 4 เมื่อ On เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 4 เครื่องตัดไฟรั่วจะทำงาน (ทริป) ทันที แสดงว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 4 มีกระแสไฟรั่วขึ้น ให้ Off เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 1 - 4 อีกครั้ง
5. On เครื่องตัดไฟรั่ว, On เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 4 และ On เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 1 เครื่องตัดไฟรั่วจะทำงาน (ทริป) ทันที แสดงว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 1 มีกระแสไฟรั่วขึ้น ให้ Off เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 1 - 4 อีกครั้ง

6. On เครื่องตัดไฟรั่ว, On เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 4, On เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 2 และ3 เพื่อทดสอบว่ามีกระแสไฟรั่วที่ เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่ 2 และ 3 ด้วยหรือไม่ และควรไล่หาวงจรที่เกิดไฟรั่วขึ้นอย่างละเอียด ด้วยความปลอดภัย

   จากหลักการข้างต้น ก็สามารถใช้ตรวจสอบหาวงจรที่มีกระแสไฟรั่วได้ ทั้งนี้หากไม่ต้องการเสียเวลามาตรวจสอบหาวงจรที่เกิดกระแสไฟรั่ว ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการติดเครื่องตัดไฟรั่วแบบตัวต่อวงจร (RCD 1 ตัวต่อ 1 วงจร) ก็ได้ หรือ สามารถใช้แบบ Residual Current Coordination ก็ได้ โดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วที่พิกัด 100mA และมีวงจรย่อยเป็นเครื่องตัดไฟรั่วที่พิกัด 10mA หรือ 30mA ก็จะทำให้ระบบไฟฟ้านั้นมีความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง :

1. มาตรฐานติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย 2545 ฉบับปรับปรุง ปี พ.ศ. 2556.
2. สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : มอก.1436 – 2540.
3. International Engineering Commission : IEC61008, IEC61009, IEC60529, IEC60898, IEC60947-2 เป็นต้น