

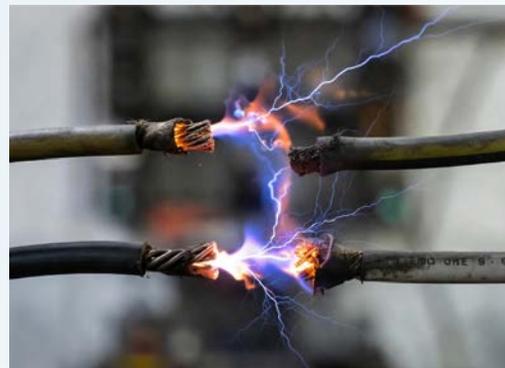
《科技創新 引領安全》 電力規例研討會

電弧故障偵測裝置的技術及應用

講者：黃偉文工程師
香港電器工程商會 副主席(技術)

電弧是什麼？

電弧是一種氣體放電現象



電場過度強烈，氣體發生電擊穿的狀況，進而持續形成電漿體，使得電流通過了通常狀態下的絕緣介質（例如空氣）的現象。

當電流跳過兩種導電材料之間間隙時會產生電弧。



電弧故障成因



被家具壓著



受動物破壞



安裝不妥



受環境破壞
(高溫/濕度/紫外線等)



導體被螺絲/釘損壞



插頭未穩妥插入插蘇



不當使用
(頻繁彎曲/拉扯)

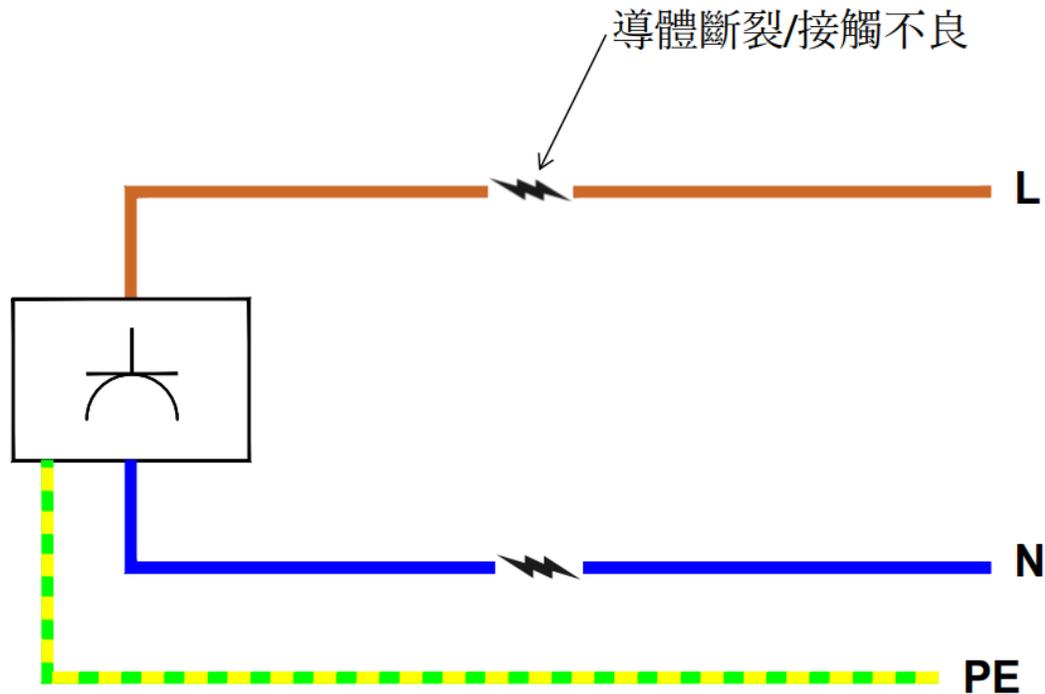
電弧的危害與後果

- 熱危害 (溫度 : $> 6,000^{\circ}\text{C}$)
 - 電弧爆炸 (衝擊)
 - 電擊與觸電
 - 光輻射危害 (弧光傷眼)
-
- 設備熔毀
 - 火災
 - 爆炸衝擊
 - 人員電傷/燒燙傷



三種電弧故障類型

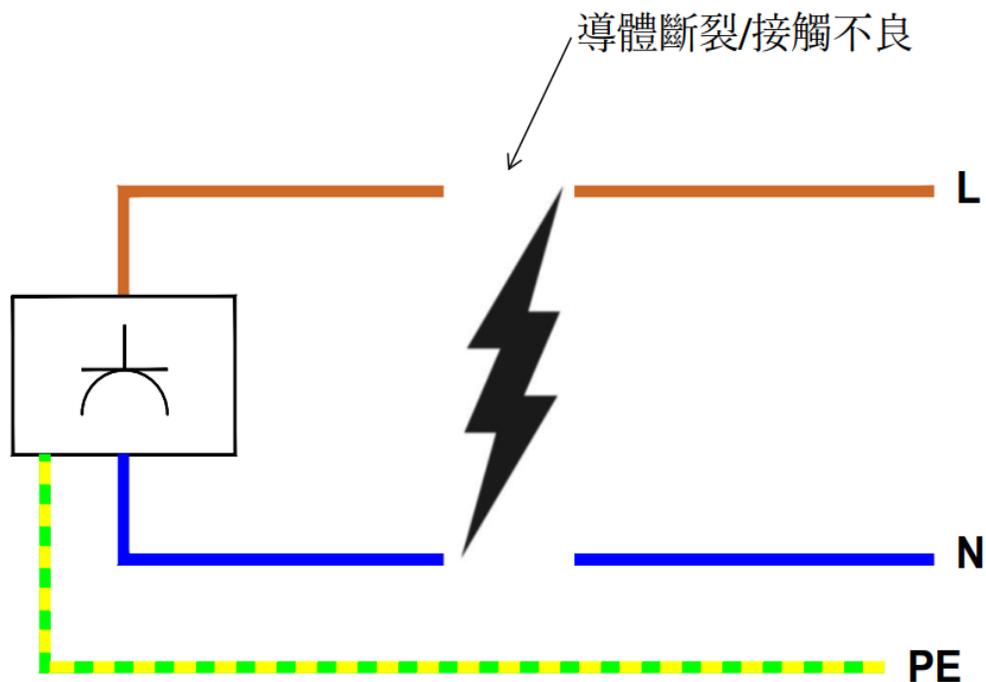
串聯電弧 (Series Arc Fault)



- 在相線(L)或中性線(N)內形成(故障與負載串聯)。
- 導線斷裂、接頭鬆動或插頭接觸不良電流跨接間隙產生電弧。
- 電弧電流等於負載電流，受電路負載限制。
- 能量較低，難以被傳統斷路器檢測。

三種電弧故障類型

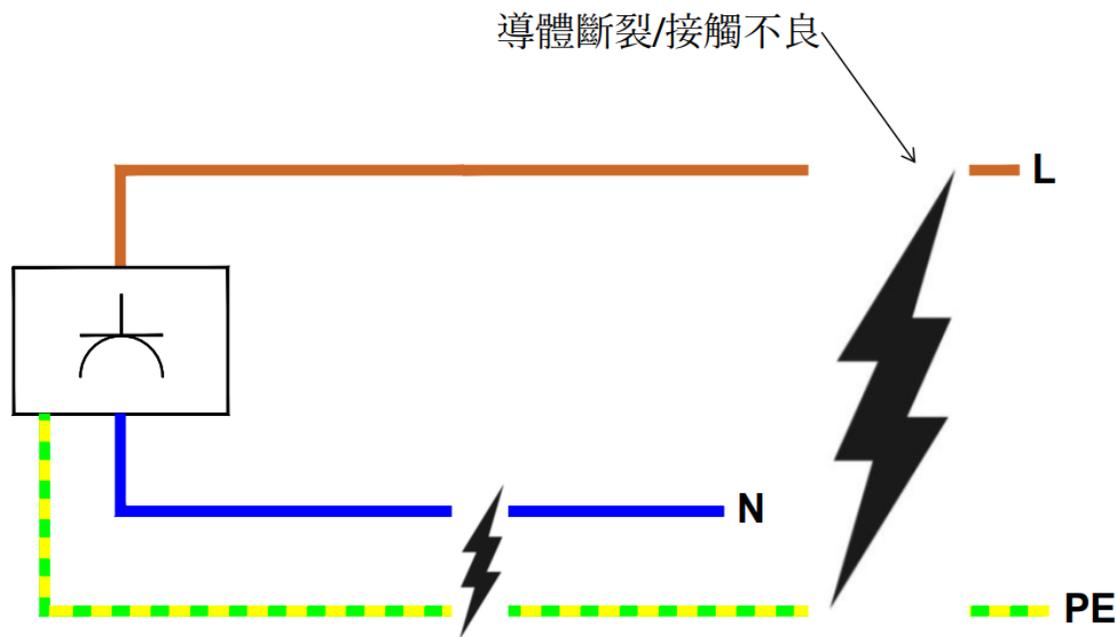
並聯電弧 (Parallel Arc Fault)



- 在相線(L)與中性線(N) 或相線之間(L to L)形成。
- 導線絕緣破損、意外接觸或短路。
- 電流較大，受電壓和阻抗限制。
- 能量高，產生明顯火花。

三種電弧故障類型

接地電弧 (Ground Arc Fault)



- 在相線(L)與接地線(PE)間形成。
- 接地故障或相線接觸金屬外殼。
- 電流流向接地, 受接地電阻限制。
- 能量可能較高, 視故障電流。

傳統保護對電弧故障的偵測

- 以往使用的傳統保護
微型斷路器 (MCB) - 用於保護電路免受過載和短路的損壞。
漏電斷路器 (RCD) - 用於偵測到電流異常漏電。

	MCB	RCD	AFDD
串聯電弧	✘ 無法偵測 電流未超過額定值	✘ 無法偵測 無漏電	✔ 可偵測
並聯電弧	✔ 部分有效 若電流 > 額定值數倍 → 可偵測	✘ 無法偵測 無漏電	✔ 可偵測
接地電弧	✘ 無法偵測 無過載 / 短路	✔ 可偵測 火線電流 ≠ 中線回流 → 可偵測	✔ 可偵測

- 即將應用的新保護 — 電弧故障檢測裝置 (AFDD) - 用於檢測電弧故障

科技

電弧故障檢測裝置特性

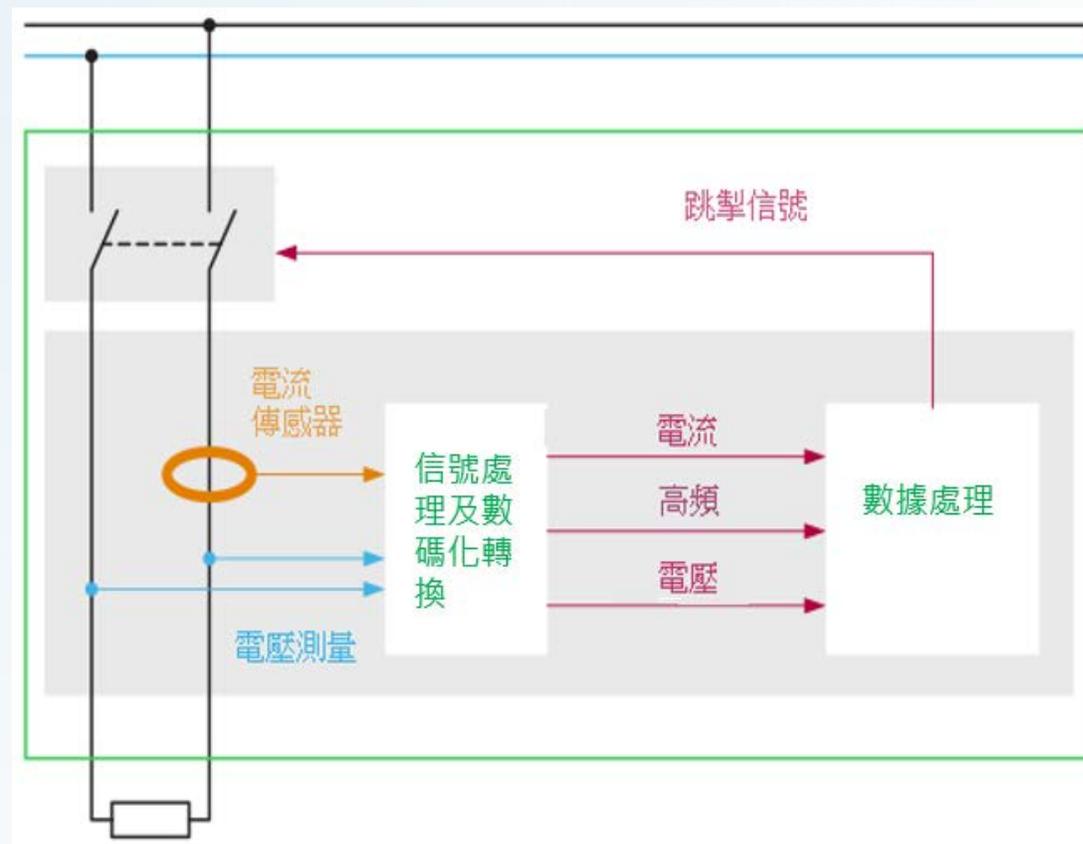
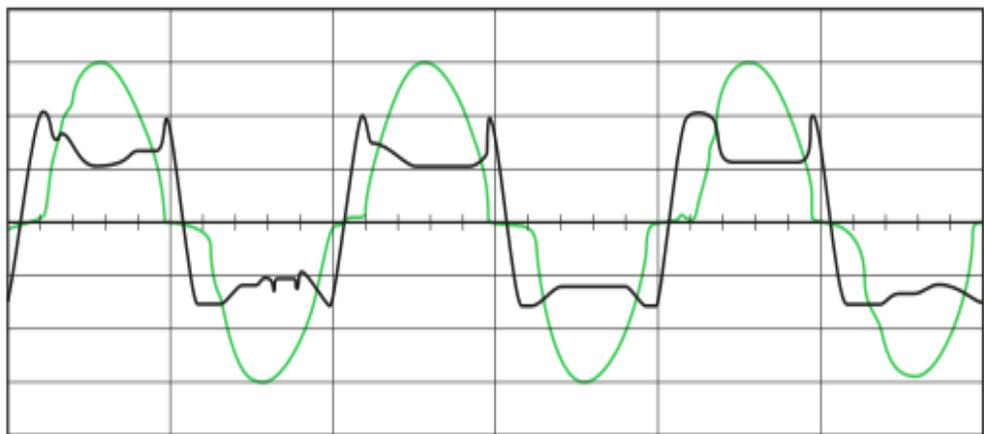
根據 IEC 62606,

- 於2.5A-63A電弧故障電流電弧故障檢測裝置的斷流時間遠比過流保護器件為快。
- 於>63A 電弧故障電流，電弧故障檢測裝置會檢測0.5秒內的電弧半波數目。

電弧故障電流值	根據 EN 62606, IEC 62606 電弧故障檢測裝置的關閉條件						
	斷流時間						
小於或等於63A	電弧故障電流 (A)	2.5	5	10	16	32	63
	最大斷流時間 (s)	1	0.5	0.25	0.15	0.12	0.12
大於63A	於0.5秒內, 電弧半波的最大數目						
	電弧故障電流 (A)	75	100	150	200	300	500
	N - 於0.5秒內的電弧半波數目	12	10	8	8	8	8

電弧故障檢測裝置如何運作？

- 量度電流及電壓。
- 利用電子技術分析電流/電壓波形檢測電弧故障波形。



電弧故障檢測裝置如何運作？

- AFDD 並非只看「電流大小」，而是分析 電流波形的特徵
• 電弧的波形特徵（與正常波形不同）。

特徵	正常負載	電弧故障
波形	乾淨正弦波	出現高頻雜訊
零點附近	平滑過零	突然斷續
高頻成分	幾乎無	10kHz ~ 100kHz 高頻噪聲
週期性	穩定	隨機或半週期出現

電弧故障檢測裝置如何運作？

- 與其他保護裝置合成

漏電保護

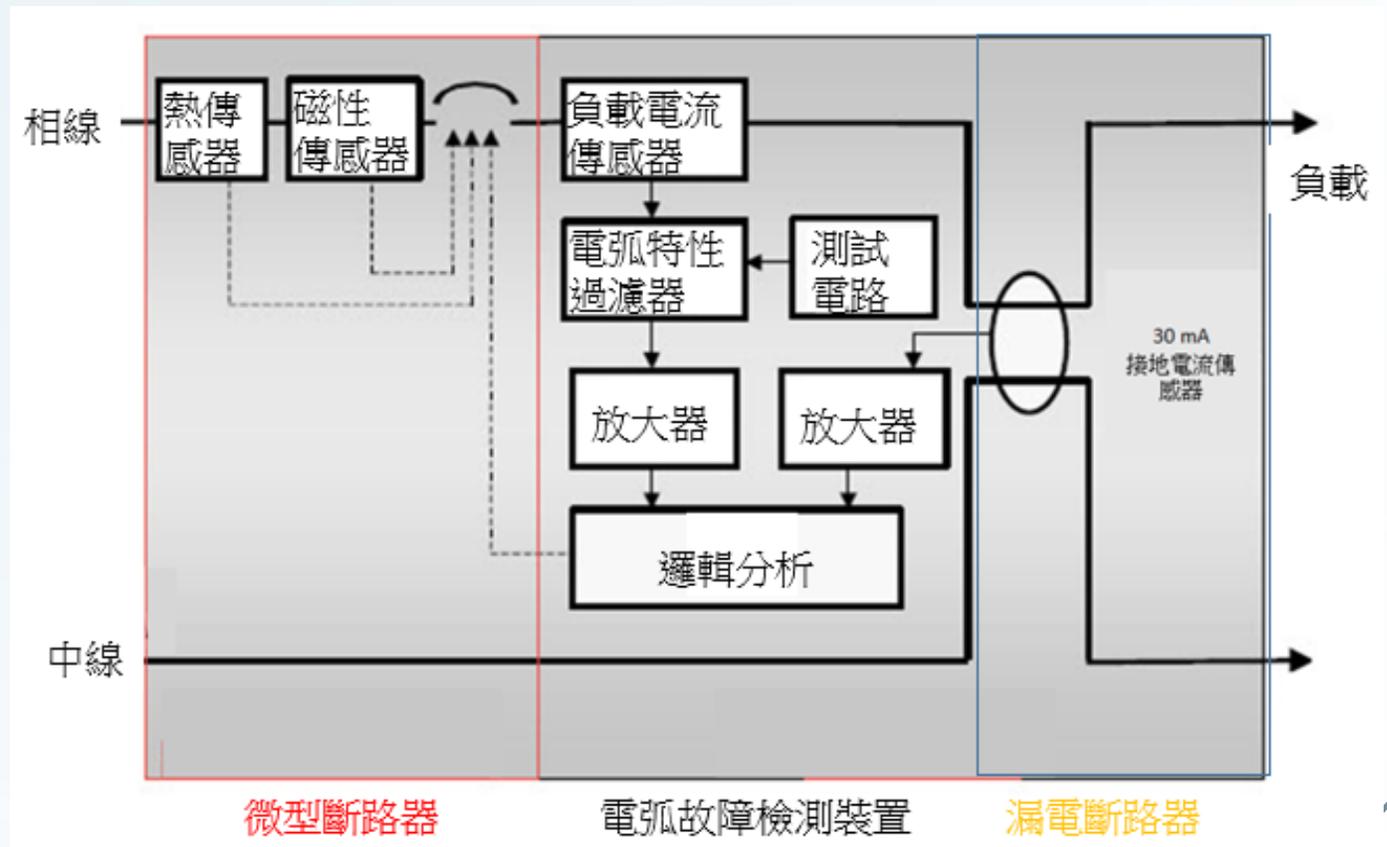
– 量度相線及中線電流差異

過載及短路保護

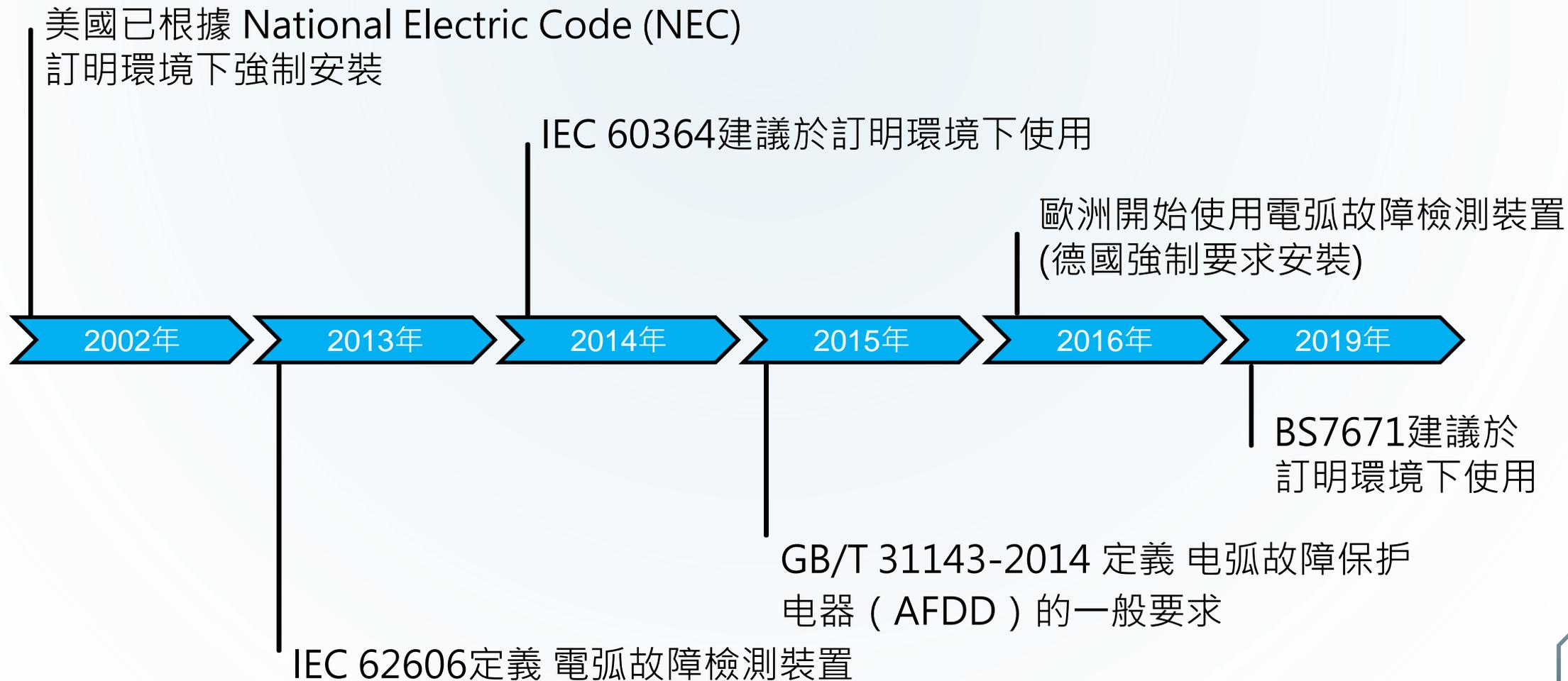
– 配備熱傳感器及磁性傳感器

電弧故障檢測

– 利用電子技術分析電流波形

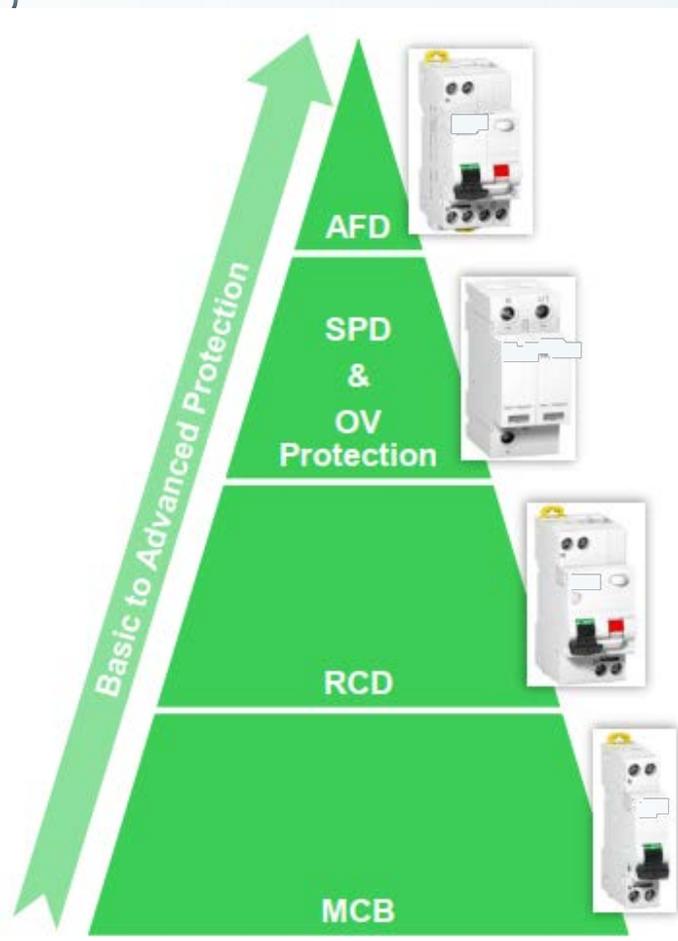


世界不同地區的AFDD推行時間



AFDD於香港的推行

- 針對電力引致的火警，將電弧故障檢測裝置(AFDD)由建議性措施改為強制要求
- 推行時間表



新版工作守則
出版

新版工作守則
全面實施

地盤辦公室

電動車輛
充電設施

2025年尾

2027年1月1日

2028年1月1日

2029年1月1日



- 住宿處所(住宅、酒店、賓館、學生宿舍和老人院)
- 危險倉
- 木製建築
- 博物館

「電弧故障檢測裝置」(AFDD)的選用

- 額定電流 (Rated Current)
- 單一電弧保護功能的組件，或 包含其他保護功能 (過載/短路 Overload / Short Circuit，漏電斷路 Earth Leakage)的組件。
- 尺寸 (18mm單位，36mm雙位 或 54mm三位) 及 長度。
- 如包含其他保護功能的電弧故障檢測裝置，須考慮以下：
 - 故障切斷能力 (Breaking Capacity, ie 6kA, 10kA)
 - 特性 (Type) 及 曲線 (Curve)

「電弧故障檢測裝置」(AFDD)的類型

電弧故障檢測裝置

電弧故障檢測
斷路器
(AFDD)

須符合 IEC 62606
或同等標準



電弧故障檢測
與過載 斷路器
(AFDD+MCB)

須符合 IEC 62606 及
IEC 60898-1
或同等標準



電弧故障檢測
與過載及漏電保護
斷路器 (AFDD+RCBO)

須符合 IEC 62606 及
IEC 61009-1
或同等標準



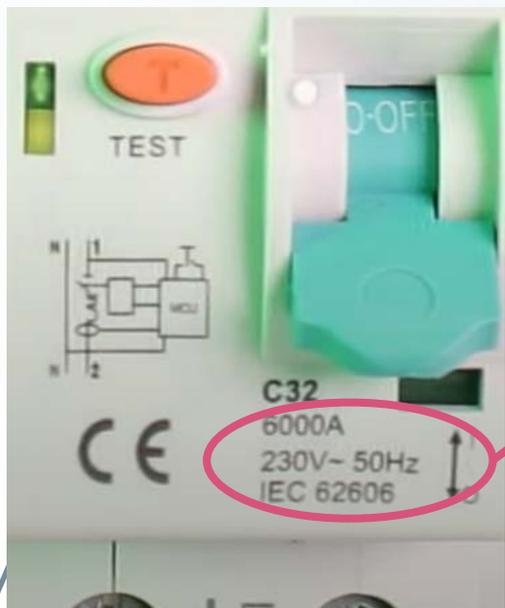
電弧故障檢測
與其他保護裝置
機械連接

須至少符合
IEC 62606
或同等標準



「電弧故障檢測裝置」(AFDD)的類型

	現時市場產品		
	AFDD斷路器 IEC 62606	AFDD MCB 斷路器 IEC 62606 IEC 60898-1	AFDD RCBO斷路器 IEC 62606 IEC 61009-1
電弧保護	✓	✓	✓
過載保護	✗	✓	✓
漏電保護	✗	✗	✓



「電弧故障檢測裝置」(AFDD)的不同尺寸



單位 (1P Module, ~18mm)
AFDD + RCBO
俗稱“老鼠尾”



雙位 (2P Module, ~36mm)
AFDD + RCBO



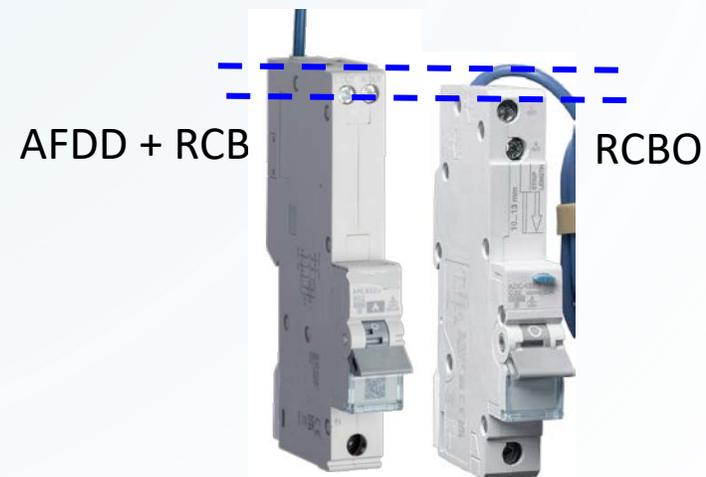
三位 (3P Module, ~54mm)
AFDD + RCBO



單位 (1P Module, ~18mm)
AFDD + MCB



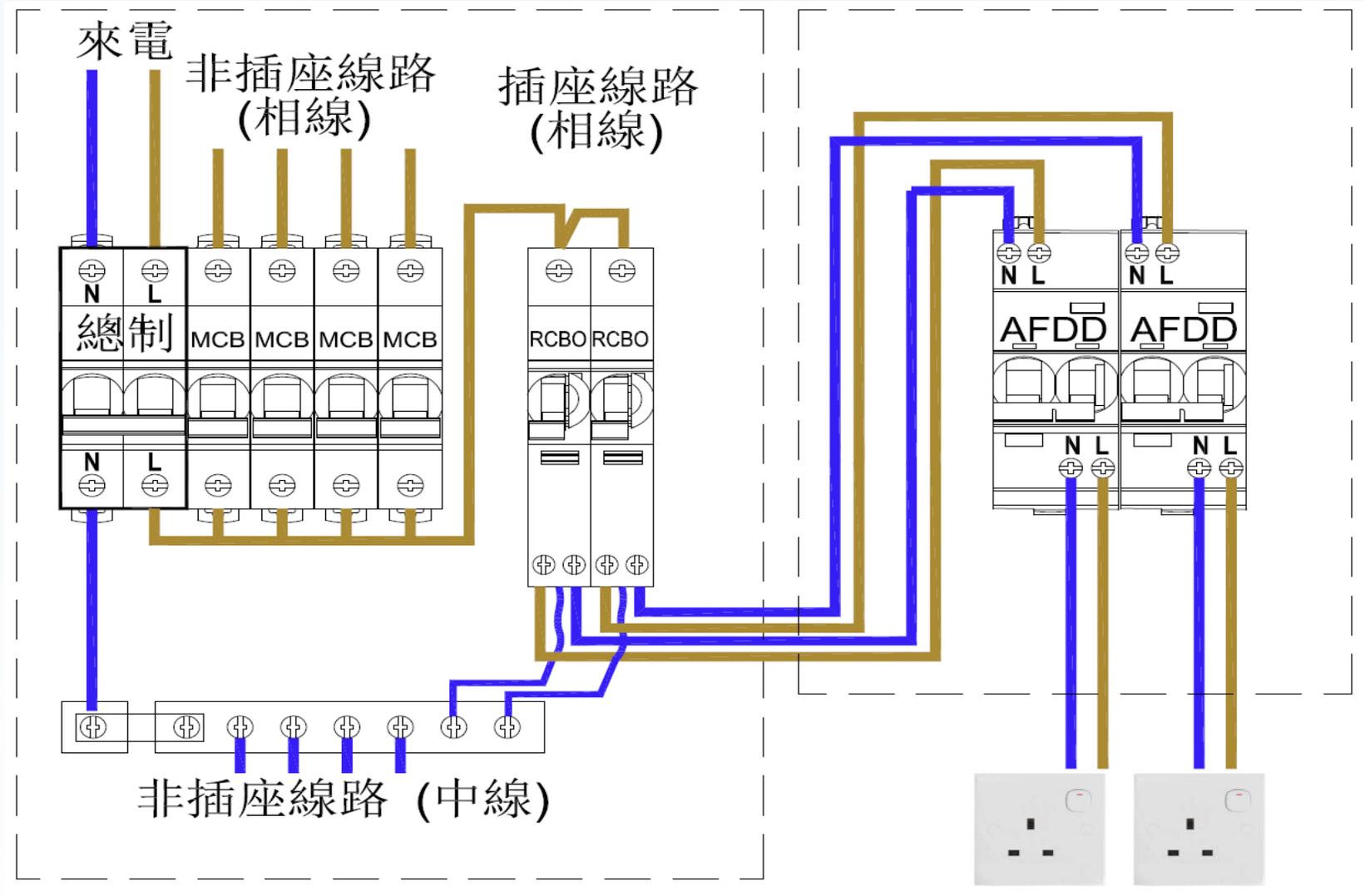
雙位 (2P Module, ~36mm)
AFDD + MCB



個別品牌 AFDD+RCBO
長度會較一般RCBO為長

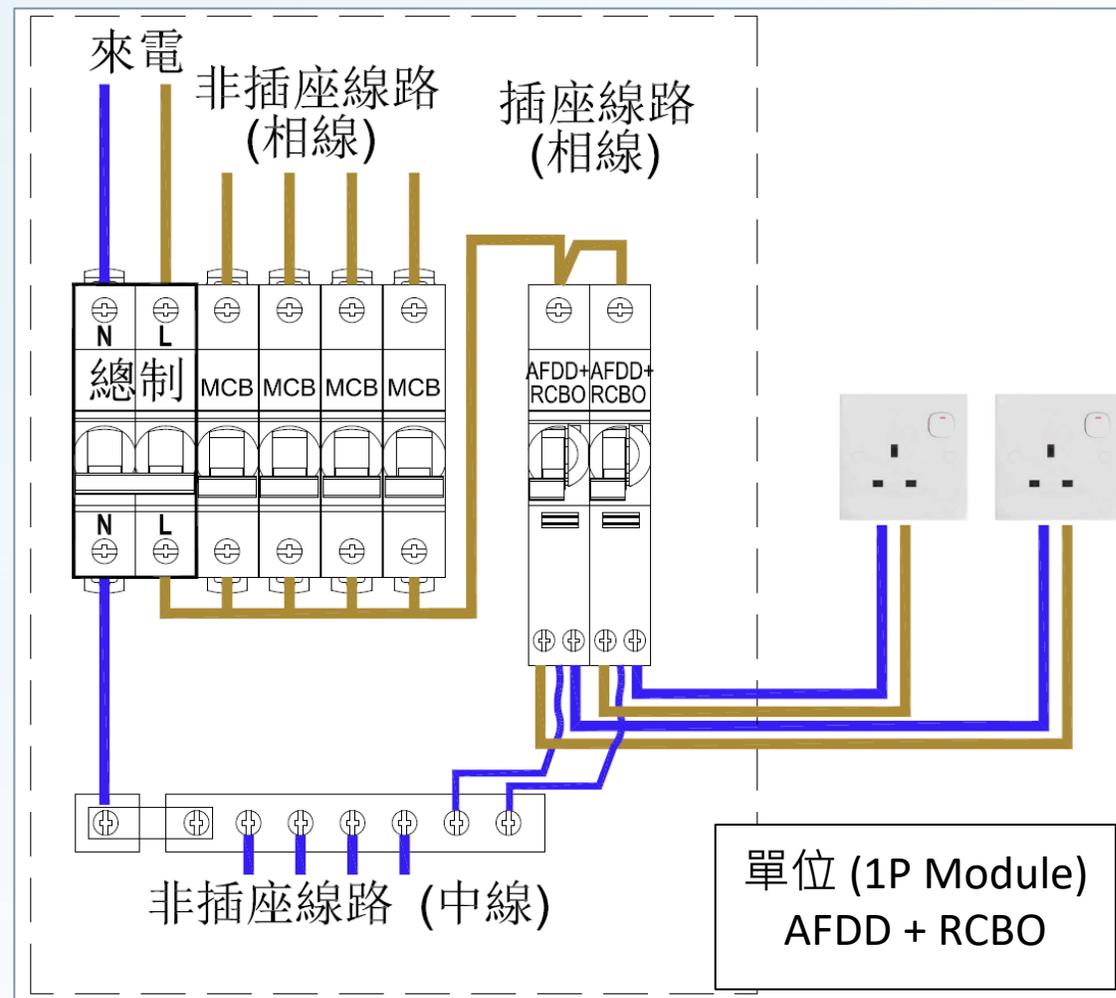
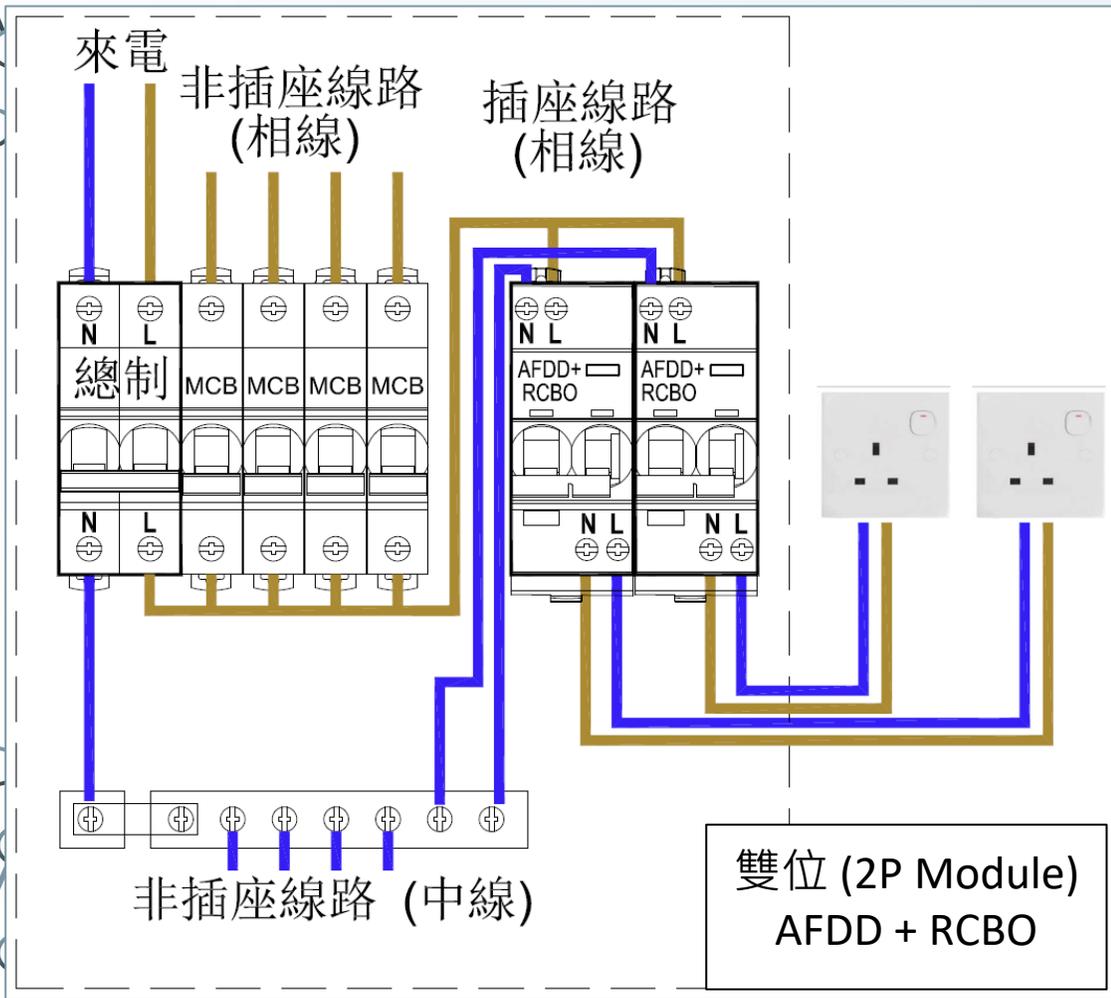
配電箱佈線方式 - 例子 1

獨立RCBO + 獨立 AFDD



配電箱佈線方式 - 例子 2

獨立 AFDD 包含 RCBO 功能

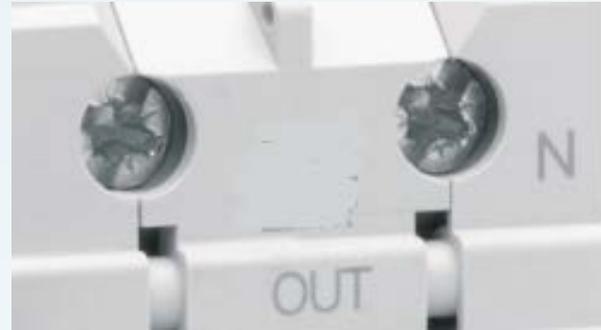


設計時的注意事項

- AFDD須與RCD及MCB串聯安裝供電予插座電路，避免出現保護盲區。設計時，應整體考慮選用那一類型的「電弧故障檢測裝置」(AFDD)？
- 一組 AFDD 同時保護多個最終電路，可能導致「誤跳脫」頻繁及難以定位。
- 配電箱是否有足夠位置安裝 AFDD ？
- 三相配電箱是否匹配所選的 AFDD ？ 或是要分開獨立AFDD制箱？
- 電制房要有足夠安裝及維修空間。
- 在單相 7kW 的電動車充電樁電路，AFDD 須結合Type A 或Type B RCD 使用，檢測DC殘餘電弧。

安裝時的注意事項

- 接線必須清楚上游 (Supply/ IN) 及下游 (Load/ OUT) 接線。



- 電路的中性線 (N) 必須獨立接 AFDD 的中性 (N) 端子，確保中性線穿過 AFDD 內部電流互感器 (C T)，否則無法偵測。
- 如採用 AFDD+RCBO組件，必須確保配電箱有足夠空間安裝及接線。

維護的注意事項

- 如使用 AFDD+RCBO組件，必須跟據電力法例中“最少每三個月按鈕測試”。
- 不同品牌的 AFDD 跳脫指示會有所不同。
如發現AFDD 跳脫，必須由註冊電業工程人員（ REW ）及根據廠方指示作出檢查及消除故障。



Circuit-breaker status	Indicator light color	Instruction
In close position	The blue light is on	Working normally
Reclose after tripped	Red and blue lights alternate continuously flashing	Series arc fault
	Red light for 3 times, blue light for 2 times continuously	Parallel arc fault
	Blue light flashes continuously	Leakage fault
	Red light flashes continuously	Overvoltage
	The red light is always on	Self-test fails

不同廠方的故障指示

INDICATOR	STATE	
	Steady GREEN	AFDD is ON
	LED is OFF	AFDD is OFF
	Blinking RED/ GREEN + yellow flag absence	AFDD max load or short-circuit
	Blinking RED/ GREEN	Residual current fault
	Blinking RED/ YELLOW	Series arc fault
	Blinking RED	Parallel arc fault
	Steady YELLOW	Overvoltage
	Blinking YELLOW	Internal failure

不同廠方的故障指示

總結

科技創新 引領安全：

- 與時並進，強制性引入電弧故障檢測裝置(AFDD)，提高電力安全，減低電力所引致災害。

循序漸進推行：

- 2027年1月1日起，建築或拆卸地盤辦公室的插座電路。
- 2028年1月1日起，充電模式 1、充電模式 2 和額定值不超逾單相32安培的充電模式 3 (額定功率不超逾約 7kW) 的電動車輛充電設施的最終電路。
- 2029年1月1日起，指明處所的插座電路
 - 住宿處所(住宅、酒店、賓館、學生宿舍和老人院)
 - 生產或存放易燃物質或易自燃物質的處所 (例如: 危險倉)
 - 以可燃物料為主要建築物料的處所 (例如: 木製建築物)
 - 有瀕危或不可代替物品的處所 (例如: 博物館)