

中華民國國家標準

C N S

太陽光電系統－直流電弧偵測及中斷

Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruption

草-制 1150244:2026
C5

中華民國 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - -

中華民國 年 月 日修訂公布
Date of Amendment: - -

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

前言

本標準係依據 2023 年發行之第 1.0 版 IEC 63027，不變更技術內容，制定成為中華民國國家標準者。

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準適用於太陽光電(PV)系統電路中，用於偵測以及選擇性中斷 DC 電弧之設備。本標準涵蓋在 PV 電路內偵測串列電弧之試驗程序，以及用於中斷電弧之設備的回應時間。

本標準定義進行測試所依據之基準情境。本標準涵蓋連接至最大 PV 電源電路電壓不超過 1,500 V DC 之系統的設備。

本標準不涵蓋並列電路電弧之偵測。本標準不適用於 PV 直流電源以外之直流電源或應用。

備考： 未來版本可能會考量納入並列電弧偵測。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

IEC 60730-1:2013	Automatic electrical controls – Part 1: General requirements
IEC 60730-1:2013/AMD1:2015	
IEC 60730-1:2013/AMD2:2020	
IEC 60947-1:2020	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules
IEC 60947-3:2020	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units
IEC 61508 (all parts)	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
IEC TS 61836:2016	Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols
IEC 62109-1:2010	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements

3. 用語及定義

IEC TS 61836 所列及下列用語及定義適用於本標準：

3.1 電弧(arc; arcing)

一種自持(self-maintained)氣體導電現象，其大部分載子為由初級電子發射所提供之電子。

3.2 電弧故障(arc fault; arcing fault)

導體之間危險的意外並列電弧或串列電弧。

3.3 電弧故障偵測器；AFD (arc fault detector, AFD)

用於偵測電弧之裝置或裝置組。

3.4 電弧故障中斷器；AFI (arc fault interrupter, AFI)

由 AFD 所觸發，且能中斷電弧之裝置。

3.5 電弧故障保護設備；AFPE (arc fault protection equipment, AFPE)

AFD 與 AFI 之組合，用於偵測及中斷電弧故障。

3.6 電弧偵測(arc detection)

感測電弧故障是否存在之功能。

3.7 電弧中斷(arc interruption)

藉由斷電以熄滅電弧之功能，例：藉由使用具有空氣間隙之機械接點組或固態切換裝置以開路而實現此功能。

3.8 串列電弧故障(series arc fault)

與負載串列之電弧，其係因直流 PV 電路中之導體、連接處、模組或其他系統組件的預期連續性失效所導致。

3.9 開路電壓(open-circuit voltage)； V_{oc}

在特定溫度及輻照度下，當 PV 裝置之輸出電流為零時，在 PV 裝置之輸出端子上的電壓，此電壓定義 AFPE 或 AFD 之電壓輸入參數。

3.10 最大功率點之電流(current at maximum power point)； I_{mpp}

在特定溫度及輻照度下，於 PV 裝置最大功率條件下，於 PV 裝置之輸出端子上的電流，此電流定義 AFPE 或 AFD 之電流輸入參數。

3.11 最大功率點之電壓(voltage at maximum power point)； V_{mpp}

在特定溫度及輻照度下，於 PV 裝置最大功率條件下，於 PV 裝置之輸出端子上的電壓，此電壓定義 AFPE 或 AFD 之電壓輸入參數。

3.12 額定通道電流(rated channel current)

AFPE 或 AFD 通道所能承載之電流。此電流對應於該通道所承載之所有電流的總和。

3.13 額定中斷電流(rated interruption current)

AFI 或 AFPE 所能中斷之電流。

3.14 每個輸入埠之最大額定電流(maximum rated current per input port)； I_{pA}

AFD 或 AFPE 之 1 個輸入埠所受限制之電流。

備考：每個輸入埠之最大電流通常與最大電弧電流相同。

3.15 電力轉換設備；PCE (power conversion equipment, PCE)

能將電力從一種形式轉換為另一種形式的裝置或設備。

3.16 組串(string)

由 1 個或多個串列連接之 PV 模組組成的電路。

3.17 PCE 整合式裝置(PCE integrated device)

整合至 PCE 中之 AFD 或 AFI 或 AFPE。

3.18 獨立式裝置(stand-alone device)

與 PCE 分離且獨立之 AFD 或 AFI 或 AFPE。

3.19 分散式偵測系統(distributed detection system)

分散在 PV 系統內之 AFPE。

3.20 單通道裝置(single channel device)

具有 1 個用於電弧偵測之感測器電路的裝置。

3.21 多通道裝置(multi channel device)

具有 2 個或多個用於電弧偵測之獨立感測器電路的裝置。

3.22 待測裝置；DUT (device under test, DUT)

正在進行量測或觀察之特定樣品。

3.23 太陽光電(photovoltaic)；PV

將光直接轉換為電能之過程。

3.24 短路電流(short-circuit current)； I_{sc}

在特定溫度及輻照度下，當裝置之輸出電壓等於或接近零時，在 PV 裝置之輸出端子上的電流。

4. 分類

4.1 一般

本小節概述本標準中 AFD 及 AFPE 所使用之分類。該分類方案描述設備型式，並考量與測試及安裝相關的重要層面。安裝標準可參考此分類以規定電弧故障保護之要求。

保護範圍：定義 PV 系統或安裝中，有哪些部分受 AFD 或 AFPE 所涵蓋。

實作方法：定義 AFD 或 AFPE 之型式及設計。實作方法尤其會影響構造要求及測試。

功能性：指出某個裝備或裝置係為 AFD 或 AFPE。

受監控之組串、輸入及通道的數量：AFD 或 AFPE 所能支援且已通過測試之已連接 PV 組串、輸入及量測通道的最大數量。

重新連接方法：定義產品所支援之重新連接方法。

附錄 B 提供額外資訊，並導入將下列分類分組成各種使用案例之措施。

AFPE 可具有多種分類，且每種分類可適用不同之定額。在此種情況中，製造商應針對每種分類，提供文件說明其安裝及連接要求。

備考：其中 1 個示例為允許直接連接 PV 組串，或連接 1 條 DC 主電纜之逆變器。

對於直接組串連接，其分類可為 F-I-AFPE-1-4-1；對於主電纜連接，其分類可為 P-I-AFPE-6-1-1。

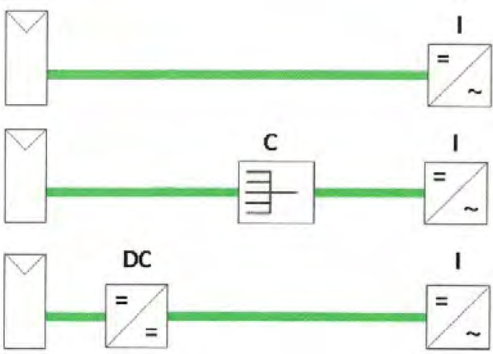
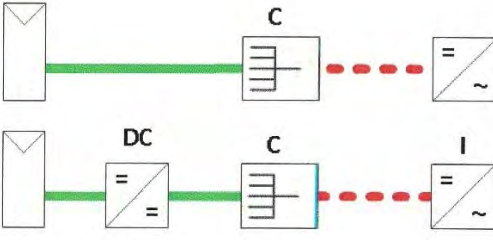
AFPE 可提供具有不同定額(例：每個輸入埠之組串數、電流定額)之輸入埠。在此種情況中，試驗應在最惡劣情況之架構下進行。

4.2 保護範圍

保護範圍定義 PV 系統之哪些電路及組件受 AFD 或 AFPE 涵蓋。

定義 2 種型式之分類，參照表 1。

表 1 保護範圍之分類

系統	代碼	說明
	F	從 PV 模組至變流器輸入端子，均提供電弧故障保護。 (全保護範圍)
	P	從 PV 模組至組串之並列連接點，均提供電弧故障保護。在並列連接點與變流器輸入端子之間的配線，不提供電弧故障保護。 (部分保護範圍)

備考：通常，在 DC 主電纜具有高電流之情況下，很難達到全保護範圍(F)。此外，由於高電流及中斷時間之物理限制，可能亦難以達到 750 J 之保護閾值。可藉由安裝方式提供火災危害保護。

4.3 實作方法

4.3.1 PCE 整合式裝置(I)

將 AFPE 實作於連接至 PV 陣列之 PCE 內，並利用 PCE 之機殼及端子。

4.3.2 獨立式裝置(S)

AFPE 為單一裝置，其獨立運作並利用其自身之外殼或其他專用外殼。

4.3.3 分散式偵測系統(D)

AFPE 由多個裝置組成。此等裝置可為獨立式裝置，或整合在 PCE 內部。

4.4 功能性

4.4.1 AFPE：所提供之偵測及中斷能力

裝置整合 AFD 及 AFI，具備完整之 AFPE 功能。

4.4.2 AFD：僅提供偵測/不提供中斷能力

裝置僅偵測電弧。依本標準，無專用 AFI 之 AFD，不符合 AFPE 之要求。此種裝置可用於指示電弧事件，例：與火災警報系統有關。

4.5 受監控之組串數量(S)

4.5.1 單組串

AFD 或 AFPE 之設計方式，係為陣列中僅有 1 個組串或 1 個模組可連接至 1 個輸入埠，以進行偵測，並在 AFPE 之情況下進行中斷。

4.5.2 並列組串

AFD 或 AFPE 之設計方式，係為可連接多組串或模組可連接多個組串或模組以進行偵測，並在 AFPE 之情況下進行中斷。1 個輸入埠之最大組串數量，應由製造商定義。並列組串可直接連接至裝置，或可在裝置外部之接合面連接。

備考：關於各種組串架構，參照附錄 A。

4.6 輸入埠數量(I)

每個受監控之通道的 AFD 或 AFPE，可備有 1 個或多個輸入埠。在超過 1 個輸入埠之情況中，最大電弧電流通常低於該通道之額定感測電流。每個通道之輸入埠數量以及每個輸入埠之最大額定電流(I_{pA})，應由製造商定義。

在設備外殼或機櫃外部之並列組串連接，不視為輸入埠。

備考：關於各種輸入架構，參照附錄 A。

4.7 受監控之通道數量(C)

4.7.1 單通道

AFD 或 AFPE 之設計方式，係為僅提供 1 個感測通道以偵測電弧。

4.7.2 多通道

AFD 或 AFPE 具有 2 個或多個獨立感測通道用以偵測電弧。通道數量應由製造商定義。

備考：關於各種通道架構，參照附錄 A。

4.8 重新連接方法

4.8.1 一般

安裝標準可從下列重新連接方法中選擇，以便在 AFPE 中斷電弧後，定義充分之回應要求。

4.8.2 手動重新連接

在電弧中斷後，僅能手動重新連接。

4.8.3 遠端手動重新連接

在電弧中斷後，可經由對遠端存取 AFPE 以進行重新連接。

4.8.4 自動重新連接

在電弧中斷後，AFPE 依 8.1.4.4 所述之措施，提供自動重新連接之方法。

5. AFPE 及 AFD 之定額

5.1 一般

本小節識別 AFPE 及 AFD 依其分類所須定義之定額。此等定額會影響依本標準所須進行之試驗項目的選擇。

對於整合式 AFPE，描述 AFPE 定額與產品定額之間的關聯性。

5.2 PCE 整合式 AFPE 及 AFD

5.2.1 額定值及限制值

5.2.1.1 額定通道電流

通道之最大額定偵測電流。

5.2.1.2 每個輸入埠之最大電流

輸入埠可承載之最大額定電流。

對於 PCE，每個輸入埠之最大電流對應於相關輸入埠之最大功率點(MPP)電流。此電流可能會受到電力轉換級或端子定額之限制。

5.2.1.3 額定中斷電流

PCE 所能中斷之最大額定 DC 電流。

備考：對於 PCE 整合式 AFPE，其最大額定中斷電流通常對應於 PCE 之 I_{pA} 。對於變流器而言，雖然可由 AC 電橋或在 AC 側提供中斷功能，但電流仍以 I_{pA} 定義。

5.2.1.4 其他定額

AFPE 或 AFD 之其他定額，對應於 IEC 62109-1 規定之 PCE 的輸入特性。

5.3 獨立式 AFPE 及 AFD

5.3.1 額定值及限制值

5.3.1.1 一般

額定值由製造商指定。其應依 IEC 60947-1 進行聲明，然而，並無必要制定出所列之所有額定值。

5.3.1.2 額定電壓

5.3.1.2.1 額定運轉電壓(U_e)

IEC 60947-1:2020 之 5.3.1.1 適用於本標準。

5.3.1.2.2 額定絕緣電壓(U_i)

IEC 60947-1:2020 之 5.3.1.2 適用於本標準。

5.3.1.2.3 額定衝擊耐電壓(V_{imp})

IEC 60947-1:2020 之 5.3.1.3 適用於本標準。

5.3.1.3 電流

5.3.1.3.1 一般

AFPE 由下列電流定義。

5.3.1.3.2 額定通道電流

通道之最大額定偵測電流。

5.3.1.3.3 每個輸入埠之最大電流

輸入埠所能承載之最大額定電流。

此電流可能受端子定額限制。

5.3.1.3.4 額定中斷電流

AFI 或 AFPE 所能中斷之最大額定 DC 電流，其通常對應於 IEC 60947-1:2020 所述之啟斷電流。

5.3.1.4 額定任務

IEC 60947-3:2020 之 5.3.5 適用於本標準。

備考： 大多數情況中，AFPE 屬於 IEC 60947-3:2020 之 5.3.5.2 的 8 h 任務，或屬於 5.3.5.3 之未中斷任務。

5.3.2 使用類別

獨立式 AFPE 應依 IEC 60947-3:2020 評定為 DC-PV1 或 DC-PV2 類別。

備考： 此選擇取決於其在系統中之位置。

6. 產品資訊

6.1 一般

AFPE 及 AFD 可用許多不同方式設計。表 2 定義各種產品之分類。應使用該表，藉由指示不同參數(以“-”分隔)區分不同之設計。

表 2 AFPE 及 AFD 之組合分類

保護範圍(依 4.2)	實作方法(依 4.3)	功 能 性 (依 4.4)	受監控之組 串(依 4.5)	輸 入 埠 (依 4.6)	受監控之通 道(依 4.7)
全保護範圍(F) 部分保護範圍(P)	－ 整合式(I) － 獨立式(S) － 分散式(D)	－ AFPE － AFD	組串數量	輸 入 埠 數量	受監控之通 道數量

備考： 依表 2，對 4 個受監控之組串提供全保護範圍，且具有 1 個輸入埠及 1 個受監控之通道的整合式 AFPE，將以 F-I-AFPE-4-1-1 表示其特徵。

產品文件應包括如何正確安裝設備之資訊，以符合所提供之分類。

6.2 PCE 整合式裝置

適用 IEC 62109-1，並追加下列規定。

除 IEC 62109-1:2010 第 5 節規定之相關產品資訊外，亦應提供下列資訊。

- － 保護範圍(F 代表“全保護範圍”，P 代表“部分保護範圍”)。
- － 實作方法(D 代表“分散式”，或 I 代表全“整合式”系統)。
- － 每個輸入或輸入埠之最大組串數量(由通道數量及每個通道之最大受監控的組串數量推導而得)。
- － 重新連接方法。
- － 功能性(AFD、AFPE)。

除 IEC 62109-1:2010 之 5.1 所述之標示及文件要求外，還適用表 3 之要求。

表 3 標示及文件要求

	標示或資訊項目	安裝後在產品上可見	在手冊中
a	依表 2 之分類	×	×
b	重新連接方法		×

6.3 獨立式裝置

6.3.1 資訊性質

IEC 60947-1:2020 之 6.1 視情況適用於特定設計，並追加下列規定。

- 保護範圍(F 代表“全保護範圍”，或 P 代表“部分保護範圍”)。
- 實作方法(D 代表“分散式”或 S 代表“獨立式”裝置)。
- 每個輸入或輸入埠之最大組串數量(由通道數量及每個通道之最大受監控的組串數量推導而得)。
- 功能性(AFD、AFPE)。
- 額定中斷電流(若適用時)。
- 重新連接方法。
- 依 8.3 及 9.2.1，有關與特定 PCE 模型及其他組件之相容性資訊。

6.3.2 標示

IEC 60947-1:2020 之 6.2 視情況適用於表 4 所定義之特性。

表 4 文件、標示及標示位置之要求

	標示或資訊項目	標示或資訊之位置		
		安裝後在產品 上可見	在產品上	在說明書中
a	依表 2 之分類	×	×	×
b	額定電流	×	×	×
c	每個輸入或輸入埠之最大 組串數量		×	×
d	張貼方向		×	×
e	重新連接方法			×
f	關於相容性之資訊			×

6.3.3 安裝、操作及維護之說明輸

IEC 60947-1:2020 之 6.3 適用於本標準。

7. 正常使用、裝設及運送條件

7.1 PCE 整合式 AFPE

對於 PCE 整合式 AFPE，適用 IEC 62109-1 之正常使用、裝設及運送條件。

若含有手動試驗功能，則應在產品手冊中說明手動操作之頻率。

7.2 獨立式 AFPE

IEC 60947-1:2020 之第 7 節適用於本標準，並追加下列規定。

除非製造商另有規定，設備預期在污染等級為 3 之環境條件下安裝。

若含有手動試驗功能，則應在產品手冊中說明手動操作之頻率。

8. 構造及性能要求

8.1 PCE 整合式 AFD/AFPE 及獨立式 AFD/AFPE 之一般要求

8.1.1 一般

本小節定義 PCE 整合式 AFD/AFPE 與獨立式 AFD/AFPE 之相同要求。額外之具體要求則包含在 8.2 及 8.3 中。

8.1.2 構造要求

8.1.2.1 電弧故障事件之告示裝置

AFD 及 AFPE 應備有告示裝置(本地或遠端)，以在偵測到電弧故障且裝置動作時，提供視覺指示。

若需要手動進行重新連接，則此指示不應自動復歸。此適用於手動重新連接、遠端手動重新連接，以及在 24 h 內發生第 5 次中斷後進行自動重新連接的情況。

8.1.2.2 可程式電路組件

採用可程式電路組件之任何電路，應符合 IEC 61508、IEC 60730-1:2013 附錄 H 或 IEC 62109-1:2010 附錄 B。

8.1.3 串列電弧故障事件時之操作

AFD 應在 2.5 s 內或在電弧能量超過 750 J 之前(選先發生者)，偵測到電弧。

AFPE 應在 2.5 s 內或在電弧能量超過 750 J 之前(選先發生者)，偵測到電弧並中斷電弧。

若 AFPE 能在電弧能量超過 200 J 之前且在 2.5 s 內將電弧熄滅，則不需發出電弧偵測告示。此等事件不視為斷開，因此不適用 8.1.4 之重新連接要求。

電弧能量係在測試期間針對電弧本身進行量測。不論在測試期間或在現場操作中，DUT 皆不需量測電弧能量。

基於技術原因，低於 200 J 之電弧不需發出告示，但可對操作者提供有用之資訊，以引起其注意，因此宜盡可能提供告示。

8.1.4 AFPE 之重新連接能力

8.1.4.1 一般

在偵測到電弧後，即使在失去電源供應之情況下，電路應保持中斷狀態。對於重新起動，適用下列重新起動方法。

8.1.4.2 手動重新連接

為重新起動 AFPE 並閉合電路，需手動程序(按鈕或外部訊號，由現場手動操作觸發)。

在 AFPE 失去供應電源後，此手動程序之要求仍應予以維持。

備考：手動重新起動之預期用途，係於操作者希望在重新連接前先進行系統檢查。

8.1.4.3 遠端手動重新連接

為重新起動 AFPE 並閉合電路，需手動程序(按鈕或外部訊號，由現場手動操作或遠端啟動觸發)。在 AFPE 失去供應電源後，此手動程序之要求仍應予以維持。

備考：預期用途係 PV 系統經由遠端控制進行監督，且操作者希望在重新連接前先於遠端進行系統檢查。

8.1.4.4 自動重新連接

為符合當地安裝標準或業主/操作者之偏好，倘若能確保最小重新連接延遲，允許使用可調整之自動重新連接時間。若重新連接時間為可調整，則應經由可調式設定參數或手動開關(例：旋轉開關)進行調整。

備考：可調式設定之預期用途，係在被視為合適之情況下，允許更靈敏之電弧故障偵測，並使系統檢查能區分誤跳脫與真正的電弧。

為重新起動 AFPE，若在繼續操作陣列之前能確保中斷時間至少 5 min，則無需手動程序。

當在 24 h 之期間內發生第 5 次中斷時，僅在 AFPE 重新連接之前，允許依 8.1.4.2 或 8.1.4.3 手動進行復歸。此後，AFPE 可恢復至自動重新連接模式。

8.1.5 自我試驗功能

AFD 及 AFPE 應備有手動啟動或自動啟動或兩者兼具之試驗功能，以對電弧偵測電路進行定期檢查。

試驗功能應：

- 模擬電弧，以使電弧偵測電路或軟體能偵測到該模擬之電弧。或
- 應執行另一項安全檢查程序，以偵測到電弧偵測電路或軟體中之故障。

手動試驗功能應允許藉由無需使用工具或鑰匙之手動方式，對裝置進行定期測試。對於 AFD，在手動啟動後，應指示試驗成功。

AFD 或 AFPE 可備有用於遠端致動試驗之裝置。若備有此功能，則應提供試驗結果之遠端視覺指示以及遠端手動復歸之裝置。

自動試驗功能應在開始操作之前執行，且在 24 h 之期間內至少執行 1 次。

在自動測試期間，AFPE 無需中斷。

手動試驗時，AFPE 應中斷。

若在手動或自動試驗期間偵測到 AFD 或 AFPE 發生故障，則 AFD 應指示該故障，且 AFPE 應中斷並依 8.1.2.1 指示該故障。

8.2 PCE 整合式 AFD 及 AFPE

對於 PCE 整合式 AFD 及 AFPE，適用 IEC 62109-1:2010 之正常使用、裝設及運送條件，以及 8.1 所定義之額外要求。

8.3 獨立式 AFD 及 AFPE

獨立式 AFD 及 AFPE 除應符合下列及 8.1 所述之要求外，亦應符合 IEC 60947-1:2020 之 8.1。獨立式 AFPE 亦應符合 IEC 60947-3:2020 之 8.1。

AFD 及 AFPE 應與 PCE 及其電力線通訊裝置相容。PCE 或電力線通訊不應損害 AFD 及 AFPE 功能性。

9. 試驗

9.1 一般

本小節所定義之試驗，普遍適用於所有 AFD 及 AFPE 裝置。其他具體要求適用情形

如下：

- 獨立式 AFD 及 AFPE：IEC 60947-1:2020 之第 9 節。
- 獨立式 AFPE：IEC 60947-3:2020。
- PCE 整合式裝置：IEC 62109-1:2010 之第 4 節。

9.2 串列電弧故障試驗

9.2.1 一般

一般試驗裝備由 6 個主要元件組成：

- 電弧產生器。
- DC 電源。
- 去耦合網路。
- 阻抗網路。
- 待測裝置(DUT)。
- 負載。

AFD 及 AFPE 可使用在不同之陣列拓樸中。為確保在製造商定義之所有應用情況中能達成偵測，應採用不同之試驗情境。主要區別與下列情況有關：

- 單組串情況。
- 並列組串情況。
- 單通道情況。
- 多通道情況。
- 單一模組情況。

因此，AFD 及 AFPE 應依下述程序，針對所有適用之情境進行試驗。附錄 A 提供設定不同試驗情況之圖解示例。

備考 1. 本標準可適用於包含過電流保護裝置及防逆二極體(blocking diode)之系統。預期之內部或外部干擾不應損害獨立式裝置之偵測能力。

因此，獨立式及分散式 AFPE 及 AFD 對本標準之符合性，應僅適用於已與裝置完成試驗之特定 PCE 模型的組合。

備考 2. 開關模式 PCE 在操作期間會產生電磁雜訊。經驗已顯示，此類干擾可能會影響電弧之偵測。

備考 3. 誤跳脫並非安全問題，而是 AFD 及 AFPE 之品質問題。基於 IEC 62891:2020 之 B.3 模擬雲層移動(例：300 W/m²/s)，並依 IEC 62891:2020 之 B.4 進行開機/關機試驗，可助於顯現裝置在實際安裝中對誤跳脫之敏感度。

9.2.2 電弧產生器

電弧發生器應由鎢合金球環電極及圖 1 及圖 2 所示之可動滑塊組成。試驗開始時，兩電極相互接觸(短路)，隨後以受控之速率分離至表 5 所定義之規定間隙。試驗電路之正極應連接至圖 1 所示之組裝品的環。

應特別注意電極之間正確對齊位置，以確保在整個圓周上達到完整之接觸區域。

圖 2 定義電極之相關尺度。圖中未定義尺度或要求之部分，視為不影響試驗結果。對於此等位置，支援性裝設裝置(例：支架或螺釘)允許採用個別之設計及尺度。

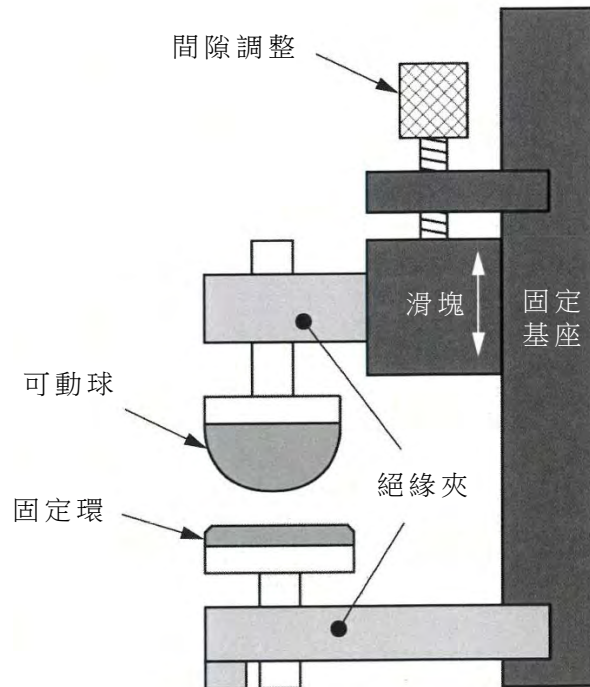
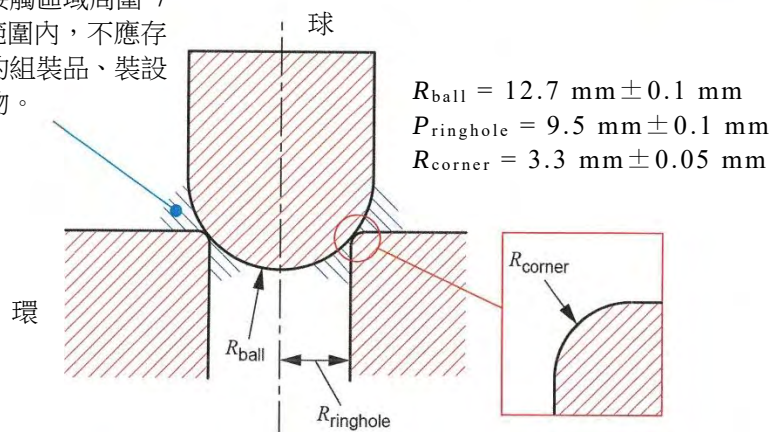


圖 1 電弧產生器之示意圖

在環與球之接觸區域周圍 7 mm 的包絡範圍內，不應存在任何周圍的組裝品、裝設部件或類似物。



表面光潔度：環之所有球面及角面，粗糙度最小為 $0.1 \mu\text{m}$ (拋光)。

材料：1 級鎢鎳銅合金(90 %鎢，10 %鎳銅)

圖 2 電弧產生器電極之尺度

9.2.3 DC 電源

9.2.3.1 一般

測試所需之電源應為 DC 電源，其為：

- 具有額外電阻之恆定電壓源，用以模擬 PV 特有之 IV 特性。或
- PV 模擬器。由於 PV 模擬器可能會產生非預期之誤跳脫，或可能會抑制 AFPE 偵

測電弧，因此在認為必要時，宜使用適合的 PV 模組陣列進行基準試驗。

9.2.3.2 恆定電壓源

當規定在最大功率下進行試驗時，DC 電源應依下列方式調整至其最大功率點(MPP)：

- (a) 電源之恆定電壓應與表 5 定義之 V_{oc} 相對應。
- (b) 電源之電流限制應設定為表 5 所示之 I_{mpp} 值的 1.1 倍。
- (c) 應使用表 5 所示之 R_{tot} ，依公式 $R_1 = R_2 = R_{tot} / 2 \times k - R_3$ ，計算 R_1 及 R_2 (參照 9.2.3.4)。其中 k 表示在 1 個組串中所使用的去耦合或 PV 網路之數量。例：2 個半組串 $k = 2$ ，完整組串 $k = 1$ 。

9.2.3.3 PV 模擬器

當規定須在最大功率下進行試驗時，PV 模擬器應依表 5 所述調整至其最大功率點(MPP)，且短路電流值設定為 I_{mpp} 值的 1.1 倍。

於使用 PV 模擬器之所有試驗，電阻值 $R_1 = R_2 = 0$ 。

9.2.3.4 去耦合網路

此網路對電源及 DUT 進行去耦合，以避免對試驗造成潛在影響。其應依圖 3 所示之拓撲進行設計。各組件之參數應依附錄 B 計算。

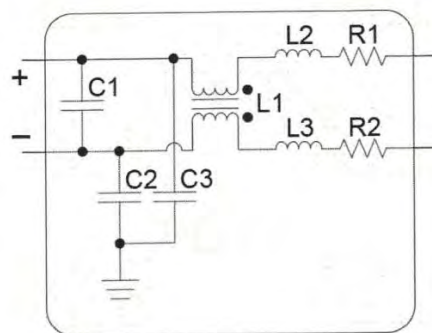


圖 3 DC 電源去耦合網路

9.2.4 陣列線路阻抗網路

應使用 1 個能補償不同陣列架構中各種線路阻抗的網路，將 DUT 連接至 DC 電源及電弧產生器。此網路之一般布局如圖 4 所示。

特定應用情況之線路阻抗網路的組件參數，於附錄 B 中有進一步規定。

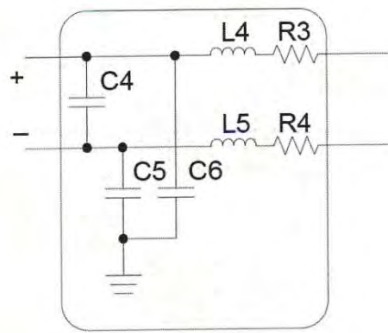
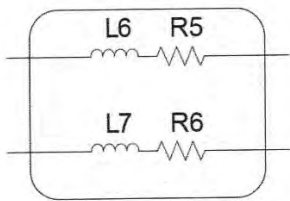


圖 4 陣列線路阻抗網路

備考：陣列線路阻抗網路經過參數化，以反映典型 PV 案場之安裝。然而，陣列阻抗取決於許多因素，例：模組技術、DC 布線之長度及路徑等。一個具強健性之 AFD，可藉由在許多不同 PV 安裝環境中進行現場電弧故障試驗而達成，或藉由在現場試驗期間記錄 DC 及高頻雜訊訊號，隨後在 DUT 上進行重播而達成。

9.2.5 線路阻抗網路

PV 組串匯流箱(combiner)或 DC/DC 轉換器與變流器之間的布線，並未包含在陣列線路阻抗網路中，且應由額外之線路阻抗進行模擬(參照 5)。



線路阻抗

圖 5 線路阻抗網路

線路阻抗之組件參數規定於附錄 B 中。

9.2.6 試驗程序

表 5 列出所有電弧試驗條件。應基於 DUT 定額及試驗架構，選擇適用之試驗條件。使用每個輸入埠之最大額定電流 I_{pA} ，選擇適合之試驗。 I_{pA} 係定義為 DUT 之最大輸入電流，或每個通道之最大輸入電流，或 PCE 之最大功率點的電流，或 PCE 之單一輸入級的最大功率點電流。

在分類為部分覆蓋之情況下，最大電弧電流無法直接參考 I_{pA} 。在此情況中，電弧電流需依子組串電流進行選擇。例：使用 15 A，如圖 6(b)所示。

表 5 電弧試驗條件

試驗	最大 I_{arc}	I_{mpp}	Sep.率	V_{mpp}	V_{oc}	R_{tot}	間隙
#	A*	A	mm/s	V	V	Ω	mm

1	2.5	3.0	2.5	312.0	480.0	56.0	0.8
2	7.0	8.0	5.0	318.0	490.0	21.0	0.8
3	14.0	16.0	5.0	318.0	490.0	11.0	1.1
4	7.0	8.5	5.0	607.0	810.0	24.0	2.5
5	$0.9 \times I_{pA}$	I_{pA}	5.0	318.0	490.0	$(V_{OC} - V_{mpp})/I_{pA}$	2.5
* 所列之值，應能指示可能出現之電流。實際值取決於多項因素。							

試驗 1 至試驗 5 應進行如下：

為測試之目的，應將 B.1.2 中定義之適用數量的全組串模型並聯連接。或者，可使用全組串模型及並列組串模型，其中並列組串模型中之 n 值，係由輸入埠電流除以 10 A 定義。 n 值應向上進位至最接近的整數值。若 DUT 無法在 318 V 下操作，則應使用最接近的可行電壓。另參照 B.1.2 中之備考 4。

試驗 1：此試驗應適用於所有 DUT。若無法確定低電流電弧係由 AFPE 所熄滅，或因試驗裝備不充分所致，則應檢查試驗裝備(包括 DC 電源設定)，並將檢查結果記錄在文件中。

備考 1. 此試驗用於對可能形成電弧之低電流進行評估。

試驗 2：此試驗應適用於 DUT 之每個輸入埠的最大額定電流為 8 A 以上時。

試驗 3：此試驗應適用於 DUT 之每個輸入埠的最大額定電流為 16 A 以上時。

試驗 4：此試驗應適用於 DUT 之最大輸入電壓為 810 V 以上時。

試驗 5：此試驗應適用於 DUT 之單通道的最大額定感測電流為 24 A 以上，且最大電弧電流未受 DUT 之輸入定額限制在低於 24 A 的情況(參照圖 6)。試驗 5 專門用於在 PV 組串之並列連接位於裝置或設備外殼外部時，偵測系統主電纜上之電弧。

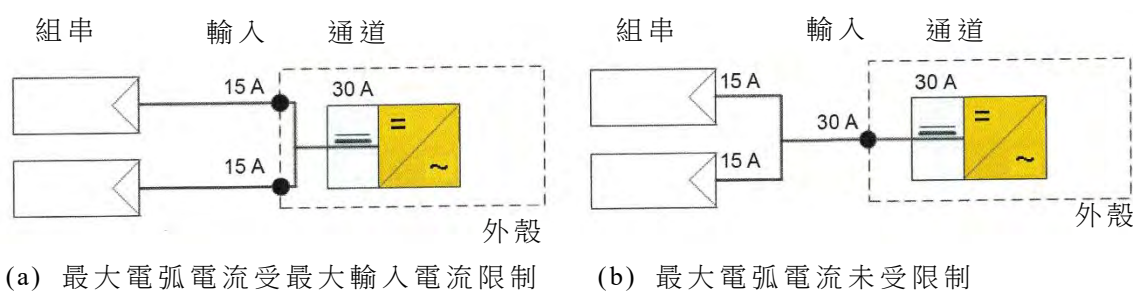


圖 6 輸入電流限制

對於試驗 1 至試驗 3 以及試驗 5，適用下列規定：若 DUT 之最大額定電壓小於表 5 中之 V_{OC} 值，則 V_{OC} 應替換為 DUT 之最大額定電壓，且 V_{mpp} 應替換為最大額定電壓之 0.65 倍。

對於試驗 1 至試驗 5，適用下列規定：若 DUT 之最小 V_{mpp} 高於表 5 中之 V_{mpp} 值，則 V_{mpp} 應替換為 DUT 之最小 V_{mpp} 。隨後，應由 V_{mpp} 除以 0.65，計算得出 V_{OC} 。

對於具有並列模組或組串之架構，並列試驗裝備中之並列組串的電流，應計算如下：

試驗 1 $I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A}$

若計算出之並列非電弧組串電流 I_{T1} 加上 3 A 後，高於 DUT 之最大電弧電流，則應降低並列非電弧電流，使得總電流與 DUT 之輸入相匹配。

備考 2. 例如，當 $n = 6$ 時，計算結果為並列電流 15 A。總電流(包括 3 A 之電弧電流)為 18 A。DUT 之輸入電流受定額限制，最大為 15 A(此值等於最大電弧電流)。在此情況中，試驗 1 之並列電流應降低至 12 A。

試驗 2: $I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A}$ (用於輸入裝備)

$I_{T2} = (m - 1) \times I_{input}$ (用於輸出裝備)

對於每個通道具有多個輸入之 DUT，試驗 1 及試驗 2 所計算出之並列電流，應依產品分類(參照第 4 節)並考量每個輸入埠之最大輸入電流限制，分配於各個輸入之間。有關並列電流之施加及其在多個輸入間之分配的示例，參照附錄 C。

式中， n 每個通道之組串數量
 M 每個通道之輸入埠數量
 I_{ch} 每個通道之最大電流
 I_{input} 每個輸入埠之最大電流
 I_T 或 I_{T2} 並列非電弧組串之電流

備考 3. 有關輸入、輸出及並列裝備之詳細定義，參照附錄 B 及附錄 D。

對於試驗 3 及試驗 5，可依每個 DC 電源所代表之組串數量，區分來自 DC 電源之電流。

試驗 4 不需使用並列試驗架構進行試驗。

對於組串輸出試驗架構(圖 B.16 至圖 B.18)，適用下列規定：

- 當輸出電路中存在定電壓時，應使用表 5 中定義之電弧電流值進行試驗。
- DC/DC 轉換器之最大輸出電流，視為 DUT 之最大輸入電流，用以依表 5 選擇適用之試驗。

對於模組級輸入試驗裝備(圖 B.11 至圖 B.15)，DC/DC 轉換器之最大輸入電流視為 DUT 之最大輸入電流，用以從表 5 中選擇適用之試驗。

電弧產生器應依附錄 B 中適用之圖所示的位置放置。

一般而言，電弧產生器應放置於 DUT 之 PV 端子(正極或負極)附近，且會產生最嚴苛條件的位置。若有超過 1 個 PV 模組可串聯連接至 DUT 之輸入，則應將電弧產生器放置在串列連接之模組的中間，進行額外試驗。

由於表 B.2 中定義兩種不同值之參數 C4，因此每項試驗(電弧間隙與電流之組合)皆進行 2 次試驗運行。測試可簡化為最惡劣情境。為確定最惡劣情境，應使用選定之試驗裝備，在 C4 之兩個值下，各進行 5 次量測。導致最高平均偵測時間之電容器值，應代表最惡劣情況。

每次試驗運行應進行 2 次。

對於多通道裝置，每個通道應依單通道裝備進行試驗。若每個通道使用相同硬體及軟

體模組，則試驗次數可依下列方式減少：依 1 個通道所需之全套適用的試驗，對 1 個通道進行試驗。其餘通道僅在原始試驗所確定之最不利的電弧位置進行試驗，該位置係依最高平均電弧能量或最長偵測時間進行評估。

9.2.7 電弧能量及回應時間量測

應量測並記錄電弧間隙兩端之電壓、電弧持續時間以及流經電弧之電流。隨後，使用此等量測數據，計算在偵測或中斷前，由電弧所產生之總能量。關於電弧持續時間量測：

- AFPE 之電弧週期從電弧電壓達到 10 V 時開始，到電弧電流降至低於 250 mA 時結束。
- AFD 之電弧週期從電弧電壓達到 10 V 時開始，到電弧事件發生時結束。

9.2.8 自我試驗功能

9.2.8.1 一般

AFD 或 AFPE 之試驗功能，須證明 AFD 或 AFPE 在操作期間之操作準備就緒性。此處應評估 2 種情況：“AFD 或 AFPE 無功能異常之試驗功能”及“AFD 或 AFPE 有功能異常之試驗功能”。第 1 種情況定義 DUT 之正常操作狀態，其中“AFD 或 AFPE 有功能異常之試驗功能”則定義必須藉由人為操縱裝置以建構之情況。

9.2.8.2 AFD 或 AFPE 無功能異常之試驗功能

對於提供手動試驗功能之 AFPE，應啟動試驗並查證中斷情況。

對於提供手動試驗功能之 AFD，應啟動試驗並查證試驗成功之指示。

9.2.8.3 AFD 或 AFPE 有功能異常之試驗功能

9.2.8.3.1 偵測功能異常

應以會導致偵測機制功能異常之方式，將故障引入 AFD 或 AFPE 中。

應啟動試驗功能，且應指示偵測機制之功能異常。

9.2.8.3.2 開始操作前之自動試驗功能

應以會導致 AFD 或 AFPE 偵測發生功能異常之方式，對 AFD 或 AFPE 進行修改。

應啟動 AFD 或 AFPE 之操作，並查證功能異常之指示。

9.2.8.3.3 操作期間之自動試驗功能

應以會導致偵測機制在操作期間發生功能異常之方式，將故障引入 AFD 或 AFPE 中。

應查證 AFD 或 AFPE 在 25 h 內指示功能異常。

備考： 25 h 之通過/不通過準則，允許對 24 h 計時器有許可差。

9.2.9 重新連接試驗

9.2.9.1 手動重新連接

電弧故障中斷後，AFPE 不應自動重新連接，亦不應能遠端重新連接。

應藉由使 AFPE 跳脫 3 次，證明其符合性。

9.2.9.2 遠端手動重新連接

電弧故障中斷後，AFPE 不應自動重新連接。

應藉由使 AFPE 跳脫 3 次，證明其符合性。

9.2.9.3 自動重新連接

電弧故障中斷後，AFPE 應在 8.1.4.4 所述之限制內，自動重新連接。

應藉由在 24 h 內使 AFPE 跳脫至少 5 次，證明其符合性，並證明其手動重新連接狀態。

附錄 A

(參考)

組串及通道示例

A.1 一般

下列示意圖說明 AFPE 及 AFD 之組串及通道示例的範圍，參照圖 A.1、圖 A.2、圖 A.3、圖 A.4、圖 A.5 及圖 A.6。

A.2 PCE 整合式 AFD 及 AFPE

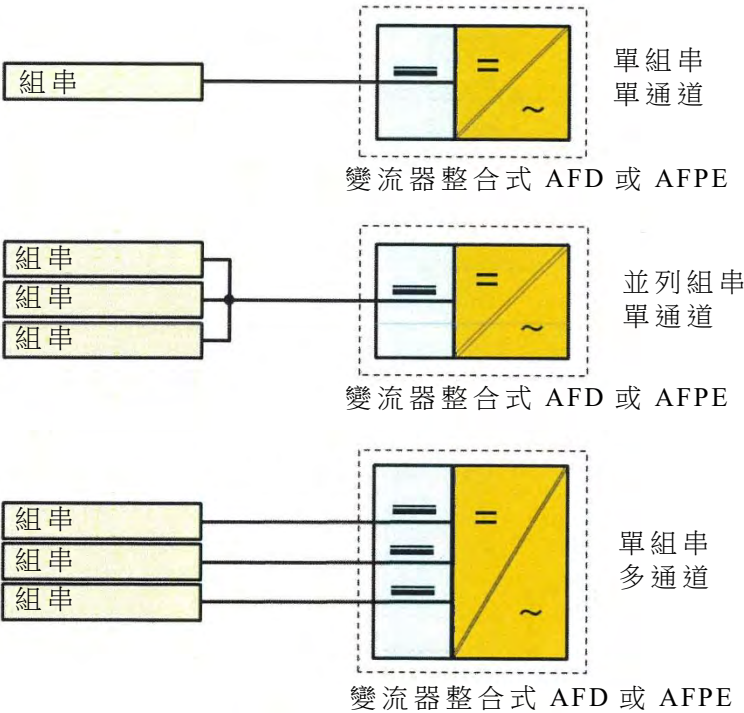


圖 A.1 PCE 整合式 AFD 及 AFPE 之組串設定示意圖

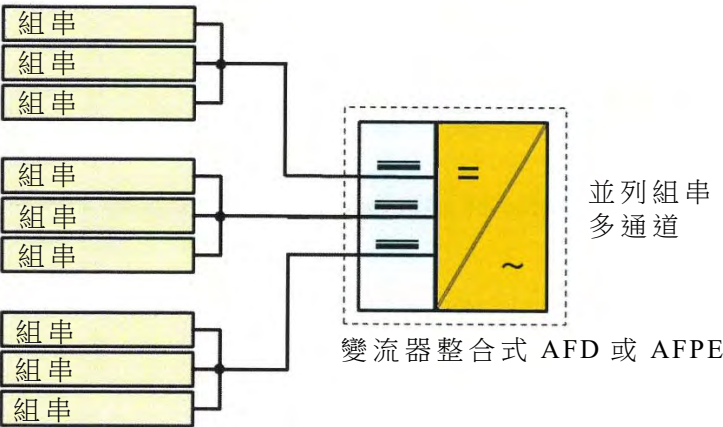


圖 A.2 PCE 整合式 AFD 及 AFPE 之並列設定示意圖

A.3 獨立式 AFPE

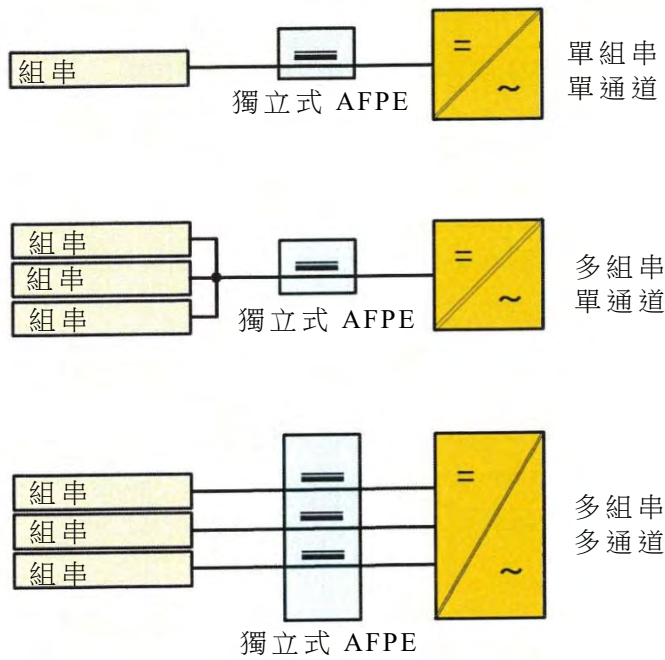


圖 A.3 獨立式 AFPE 之組串設定示意圖

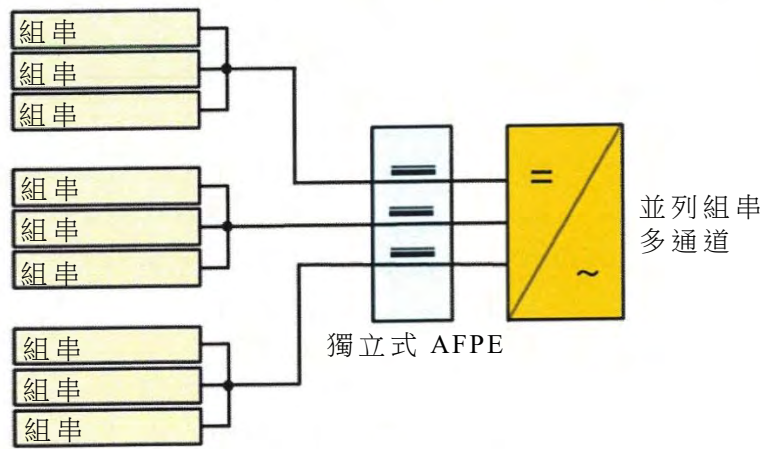


圖 A.4 獨立式 AFPE 之並列設定示意圖

A.4 分散式 AFPE

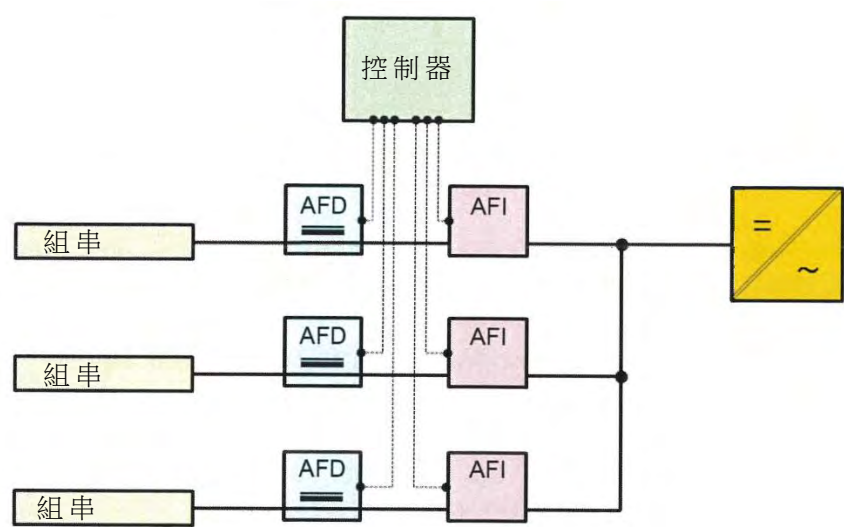


圖 A.5 單組串、單通道分散式 AFPE 之示意圖

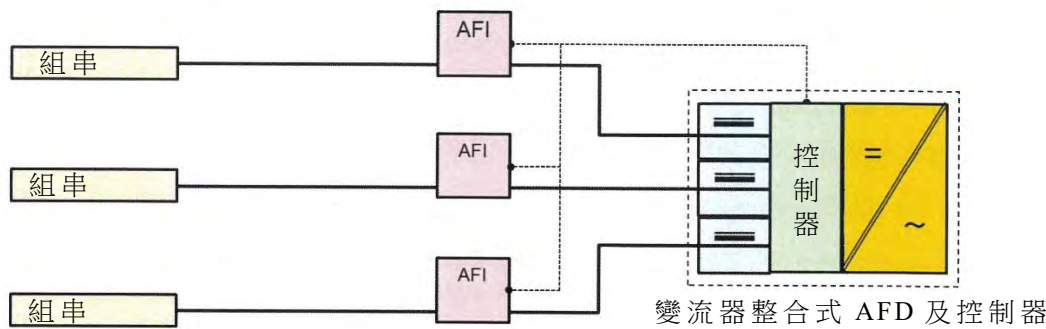


圖 A.6 單組串、單通道(變流器整合式 AFD 及控制器)之示意圖

附錄 B

(規定)

依不同應用情況之試驗裝備

B.1 一般

B.1.1 概述

本附錄概述 AFPE 之不同試驗裝備，並基於設備分類提供選擇適當試驗裝備之指引。

B.1.2 定義不同試驗裝備中使用之 PV 電源模型。

B.2、B.3 及 B.4 定義組串變流器、微型變流器及 DC/DC 轉換器式系統之典型應用情況的試驗裝備。B.5 主要定義 AFPE 整合在匯流箱內或組串在 AFPE 裝置外部進行匯流之系統用的裝備。B.4 及 B.5 區分輸入裝備與輸出裝備。此種區分並不一定與 AFD 或 AFPE 在系統中之位置有關。相反地，其係指 DC/DC 轉換或並聯連接導致不同發弧情況之轉移點。對於 B.4，輸入與輸出之轉移點為 DC/DC 轉換器，對於 B.5，轉移點為匯流箱。

對於實作方法分類為“Ⅰ”之下列 AFPE，應依 B.2 (圖 B.3、圖 B.4 及圖 B.5)進行試驗設定：

- 變流器整合式 AFPE，但微型變流器除外。
- 每個通道具有 1 個輸入埠之獨立式 AFPE。

備考：具有超過 1 個輸入埠之獨立式 AFPE，涵蓋在 B.5 所定義之試驗設定中。

對於系統整合分類為“Ⅰ”之下列 AFPE，應依 B.3 (圖 B.6、圖 B.7、圖 B.8、圖 B.9 及圖 B.10)進行試驗設定：

- 微型變流器整合式 AFPE。

對於系統整合分類為“Ⅰ”或“Ⅱ”之下列 AFPE，應依 B.4 (圖 B.11、圖 B.12、圖 B.13、圖 B.14、圖 B.15、圖 B.16、圖 B.17 及圖 B.18)進行試驗設定：

- DC-DC 轉換器系統用之 AFPE。

對於系統整合分類為“Ⅲ”之下列 AFPE，應依 B.5 (圖 B.19、圖 B.20、圖 B.21、圖 B.22 及圖 B.23)進行試驗設定：

- 整合在匯流箱中之 AFPE。
- 每個通道具有超過 1 個輸入埠之獨立式 AFPE。

B.1.2 PV 電源模型

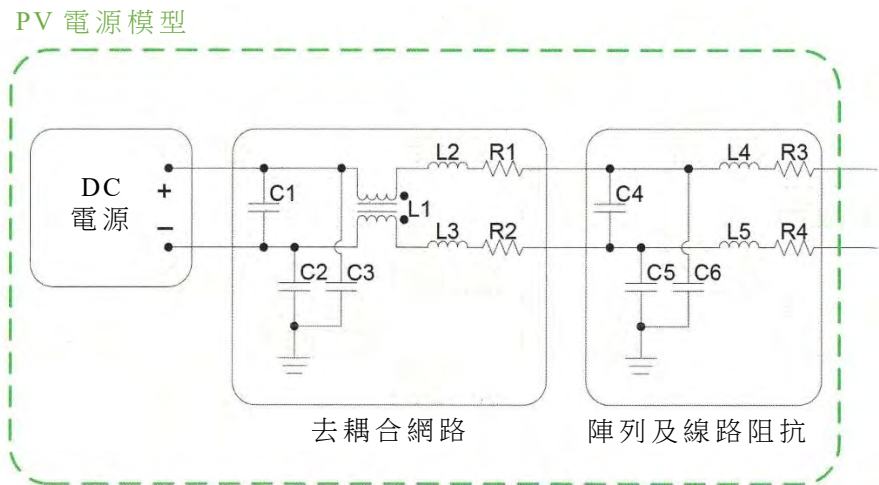


圖 B.1 PV 電源模型

PV 電源模型代表 DC 電源、去耦合網路以及陣列與線路阻抗之組合(參照圖 B.1)。視應用及試驗設定而定，定義 4 種不同 PV 電源模型，表 B.1 及表 B.2 列出 LRC 組件之個別參數值：

- (1) 半組串模型。
- (2) 全組串模型。
- (3) 模組式模型。
- (4) 並列組串模型。

在下列試驗設定中，PV 電源模型用之佔位符號(placeholder)，係以所需之 PV 電源模型的個別編號指示。其在 B.2、B.3、B.4 及 B.5 的不同設定中使用，以反映不同之應用情況。

表 B.1 一般 LRC 組件參數

參數	值	說明
	(所有試驗裝備)	
C1	最小 20 μ F	此值應主宰 DC 電源之輸出容量。
C2、C3	22 nF	
L1	12 mH	共模(CM)濾波器，最小直流磁通
L2、L3	最小 60 μ H	應避免在高電流或高頻率下出現飽和現象。
R1、R2	$(R_{tot} / 2 \times k) - R_3$	k：去耦合網路之數量
L6、L7	30 μ H	空心電感；線路阻抗之值定義於 9.2.5 中。
R5、R6	0.4 Ω	導線電阻；線路阻抗之值定義於 9.2.5 中。

表 B.2 不同模組架構之 LRC 組件參數

參數	半組串	全組串	模組級	並列組串	說明
C4	300 nF 及 20 μ F	150 nF 及 10 μ F	1.5 μ F 及 100 μ F	150 nF $\times$ (n-1) 及 10 μ F $\times$ (n-1)	參照備考 3
C5, C6	0.5 nF	1 nF	100 pF	1 nF $\times$ (n-1)	
L4、L5	25 μ H	50 μ H	3 μ H	50 μ H/(n-1)	應避免在高電流或 高頻率下出現飽和 現象，L4 + L5： 約 0.75 μ H/m， 約 4 μ H/模組
R3、R4	最大 0.5 Ω	最大 1 Ω	最大 0.5 Ω	最大 1 Ω	

電阻器及電感之標稱組件參數，應在表 B.1 及表 B.2 所要求之值的 10 %範圍內。電容器之標稱組件參數應在所要求之值的 20 %範圍內。

參數值在寬頻率範圍內至關重要。所有電感之標稱值應在 10 kHz 下量測，且在 300 kHz 下之減小幅度不應超過 40 %。

備考 1. 並列組串欄位中之 n，等於可連接至 DUT 之 1 個通道的最大並列組數量。舉例而言，若單一 AFPE 總共監控 8 個組串，則必須進行採用並列組串裝備之串列電弧故障試驗，且 n-1 將等於 7。

備考 2. 將包含 DC 電源、去耦合網路及陣列線路阻抗網路之數個半組串或全組串模型進行並聯連接，亦會形成並列組串模型。

備考 3. 表中針對 C4 列出 2 個值，以代表不同框體及模組技術，因此，無需針對不同框體及模組技術之組合進行試驗。視 AFD 而定，其中 1 個值可能會構成最惡劣情境。

備考 4. 表 B.2 中全組串欄位之參數，代表由 10 個模組組成且電流約為 10 A 之組串。在明顯較高之電流下使用相同參數，會導致與典型組串之實際阻抗產生不匹配的情況。此點亦適用於並列組串。

備考 5. 具有高雜散電感之電阻器，對高頻電弧訊號之衰減程度可能會超過表 B.2 之參數設定的預期。

備考 6. 表 B.2 中全組串欄位之參數，代表 80 m 之導體總長度。

B.1.3 試驗選擇之流程圖

應依圖 B.2 之流程圖選擇與測試相關之適用試驗情況。應考量所有可能之架構，以找出所有必要之試驗設定。因此，可能需要多次執行該流程圖。

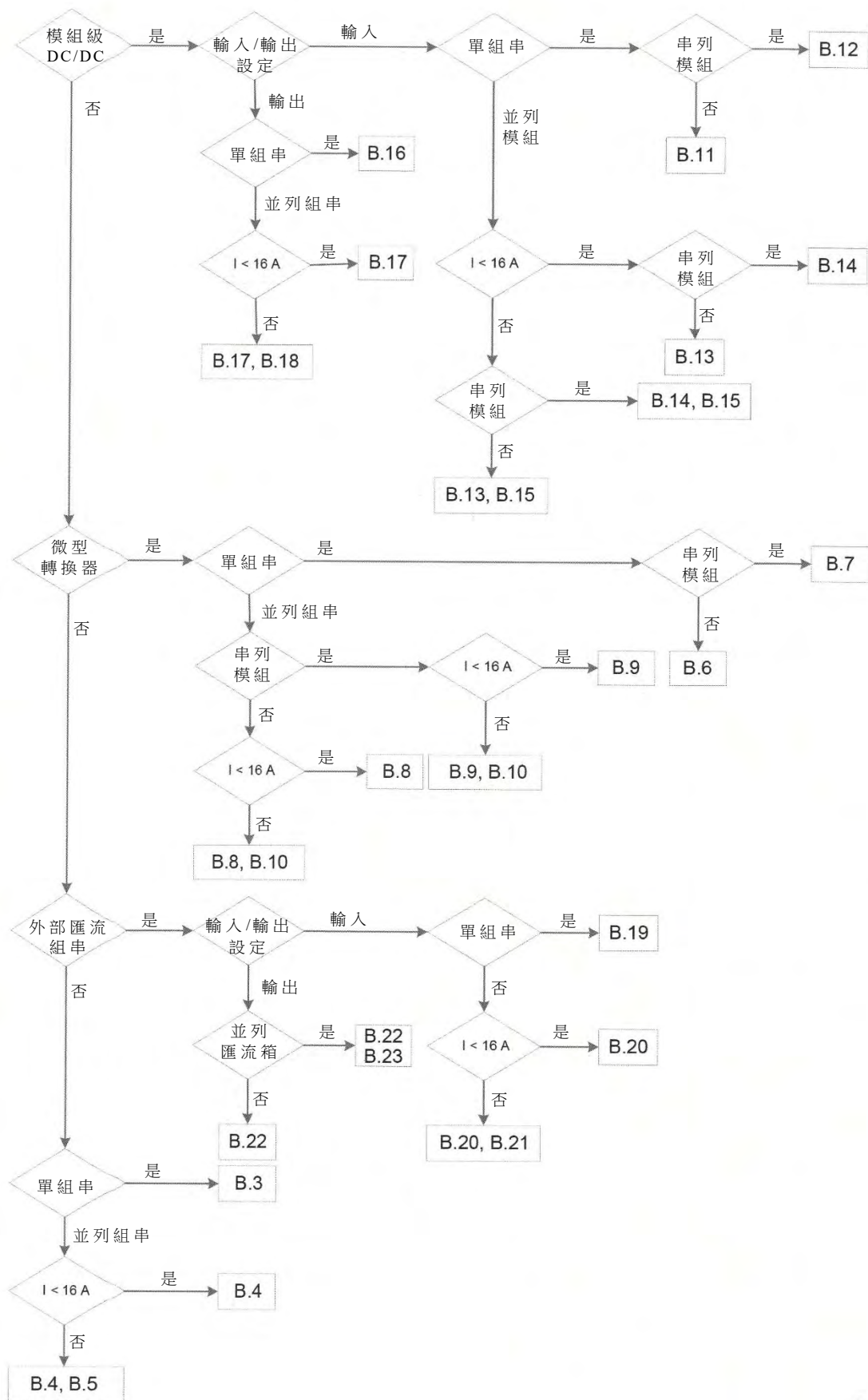


圖 B.2 選擇適用之試驗情況的流程圖<>

B.2 應用：組串變流器

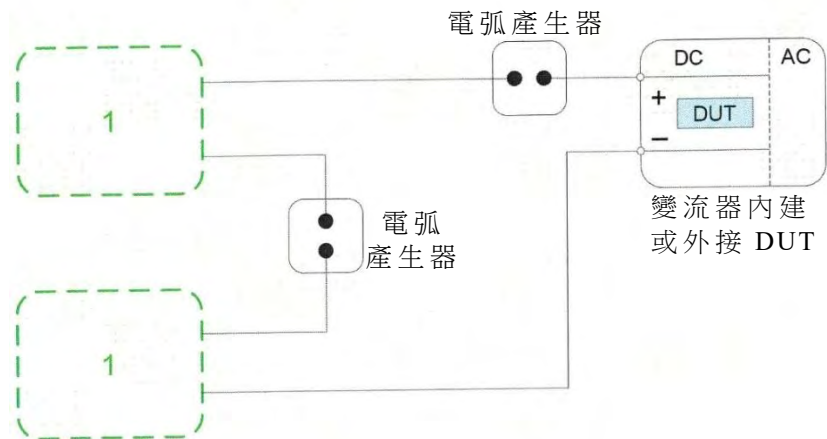


圖 B.3 單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)

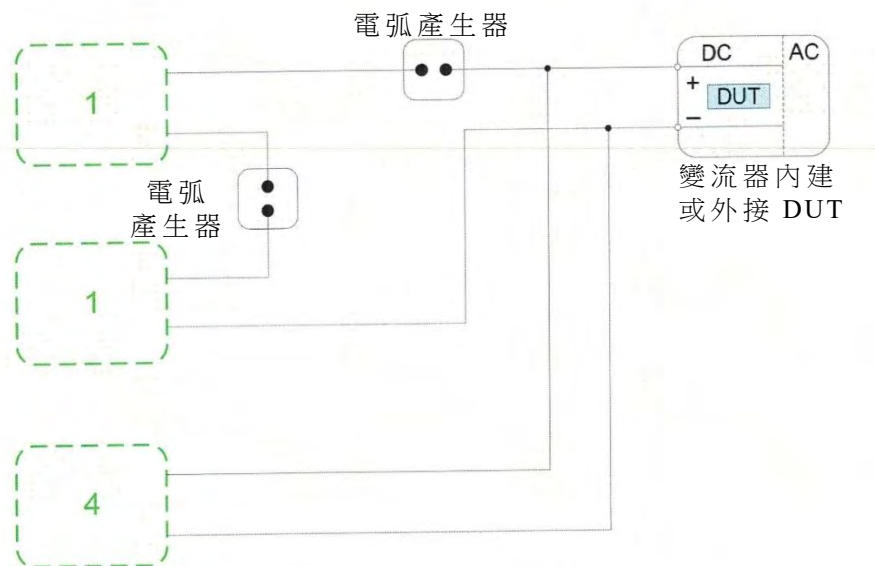


圖 B.4 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

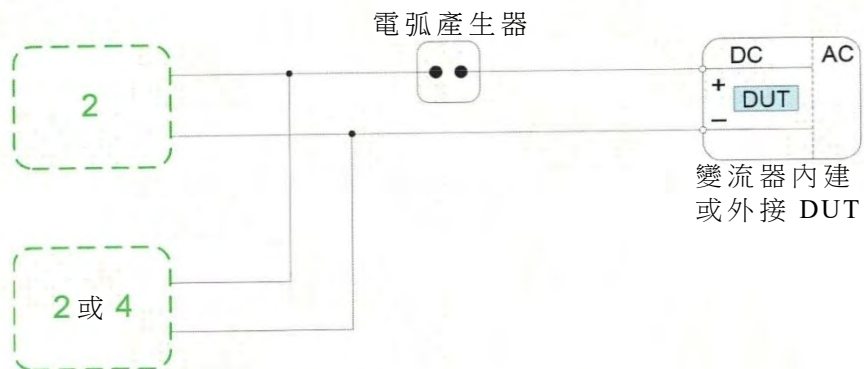


圖 B.5 並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)

B.3 應用：微型變流器

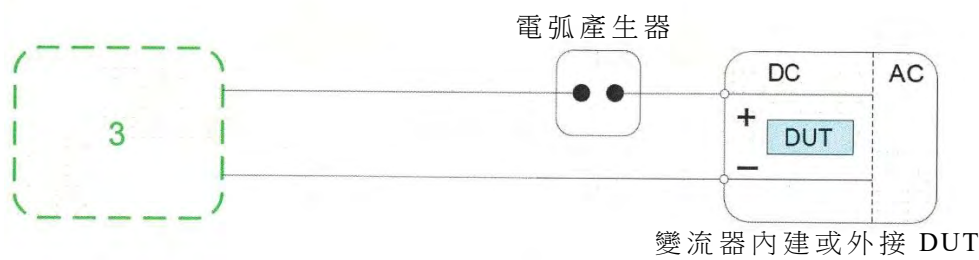


圖 B.6 單組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

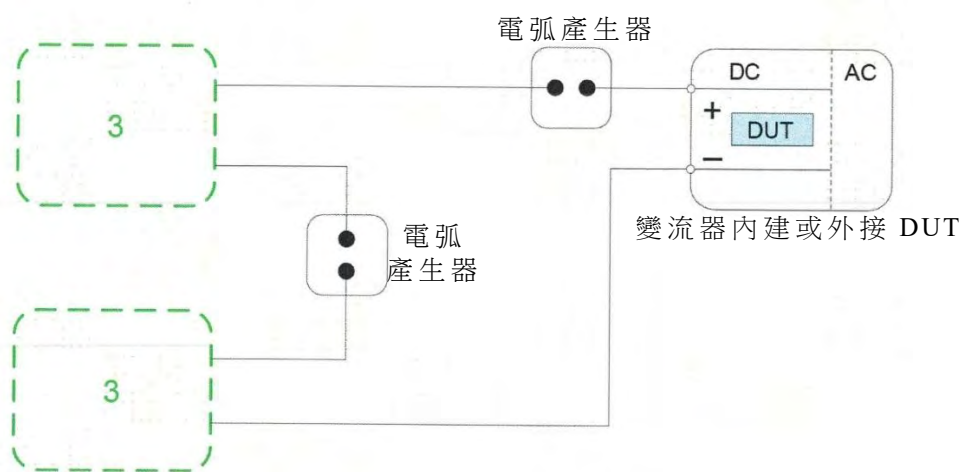


圖 B.7 單組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)－串列模組

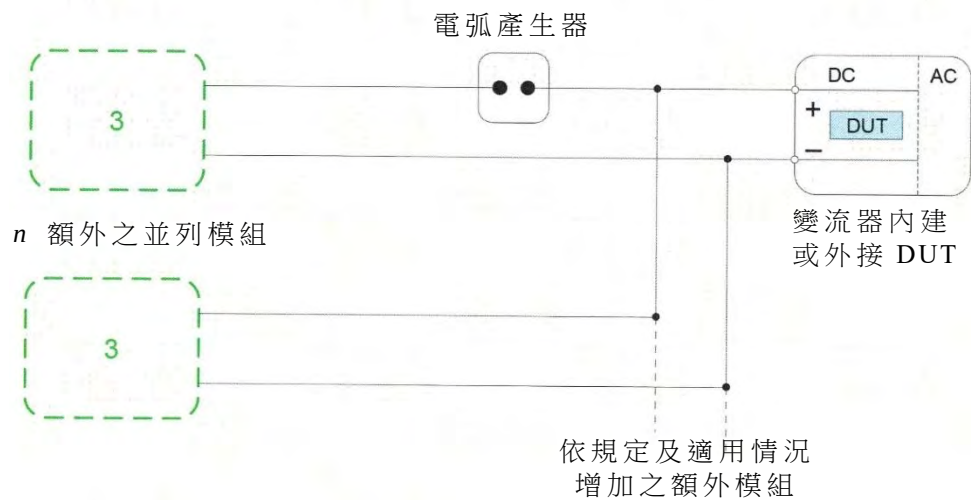


圖 B.8 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

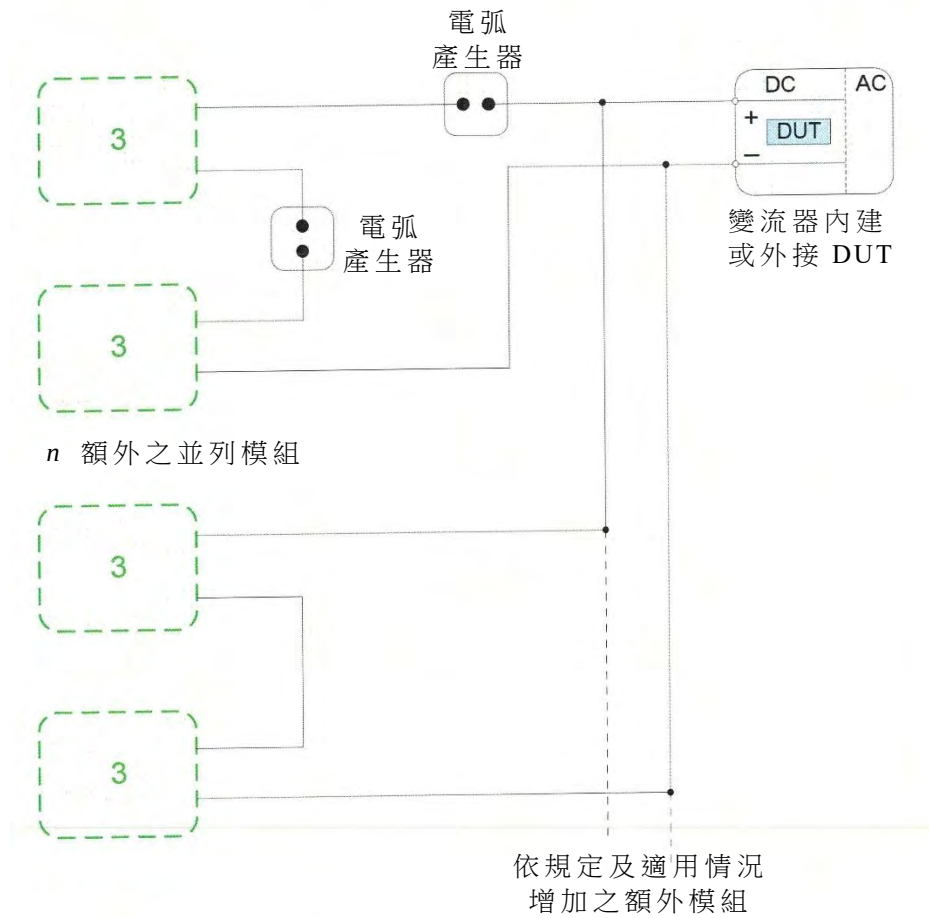


圖 B.9 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)－串列模組

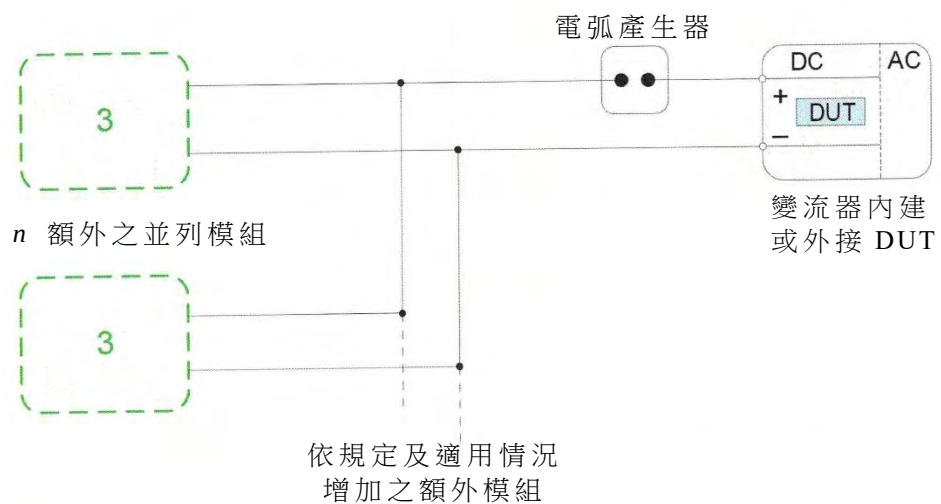


圖 B.10 並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)

B.4 應用：模組級 DC/DC 轉換

B.4.1 輸入裝備

(A) 模組級式 PV 組串 - 單一模組

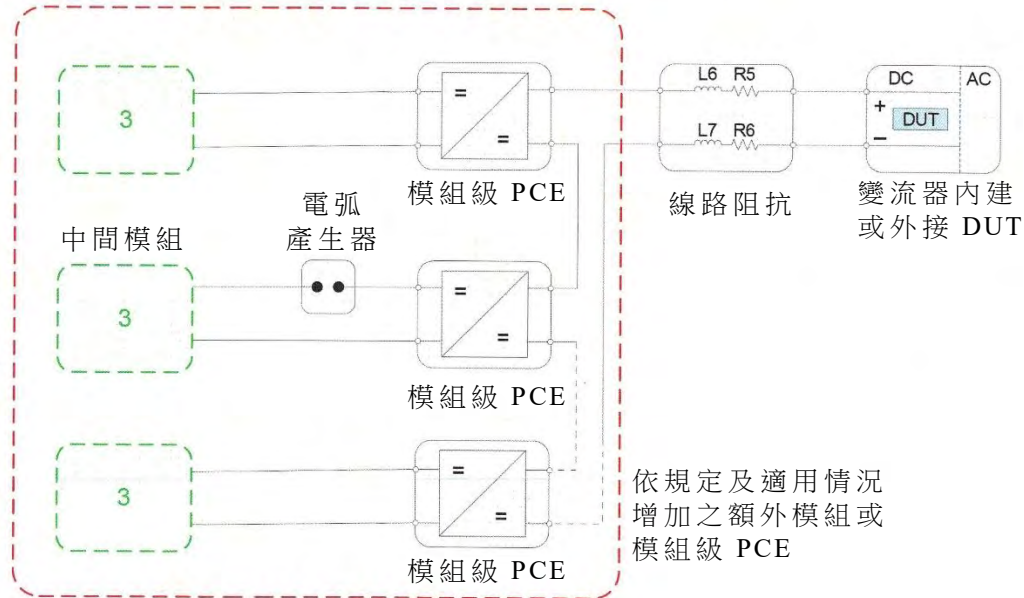


圖 B.11 單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)

(B) 模組級式 PV 組串 - 串列模組

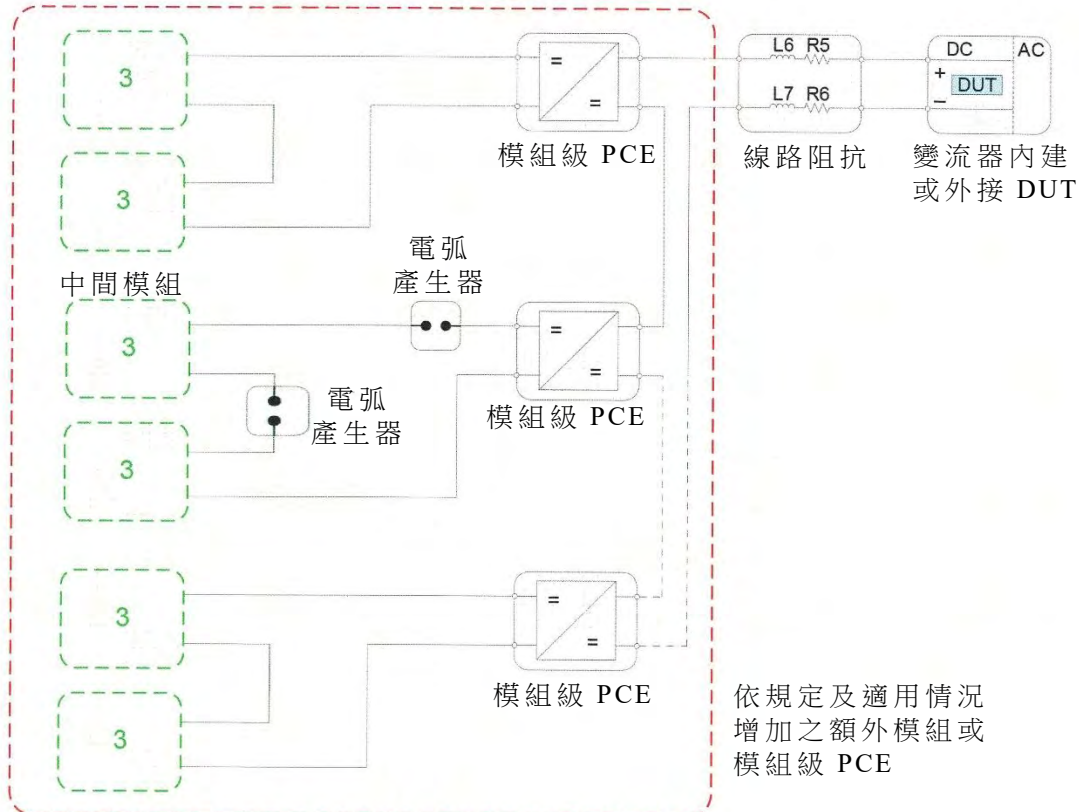


圖 B.12 單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)－串列模組

(C) 模組級式 PV 組串 - 並列模組

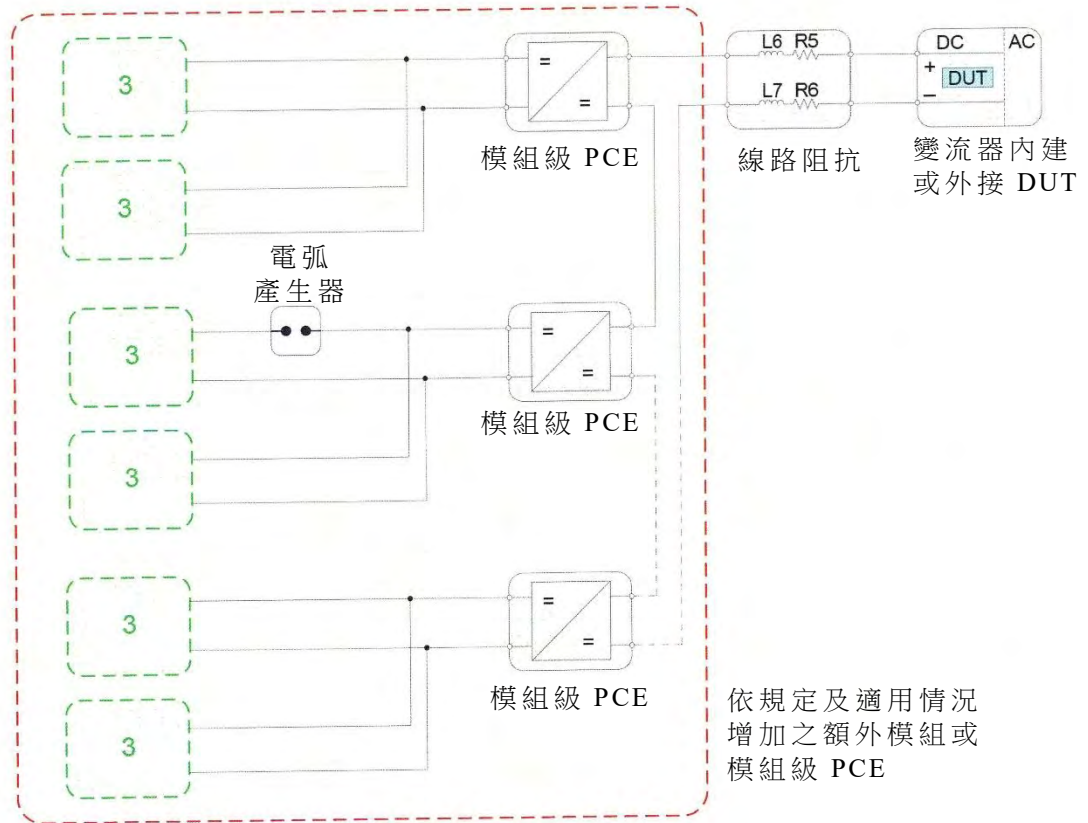


圖 B.13 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

(D) 模組級式 PV 組串 - 串列及並列模組

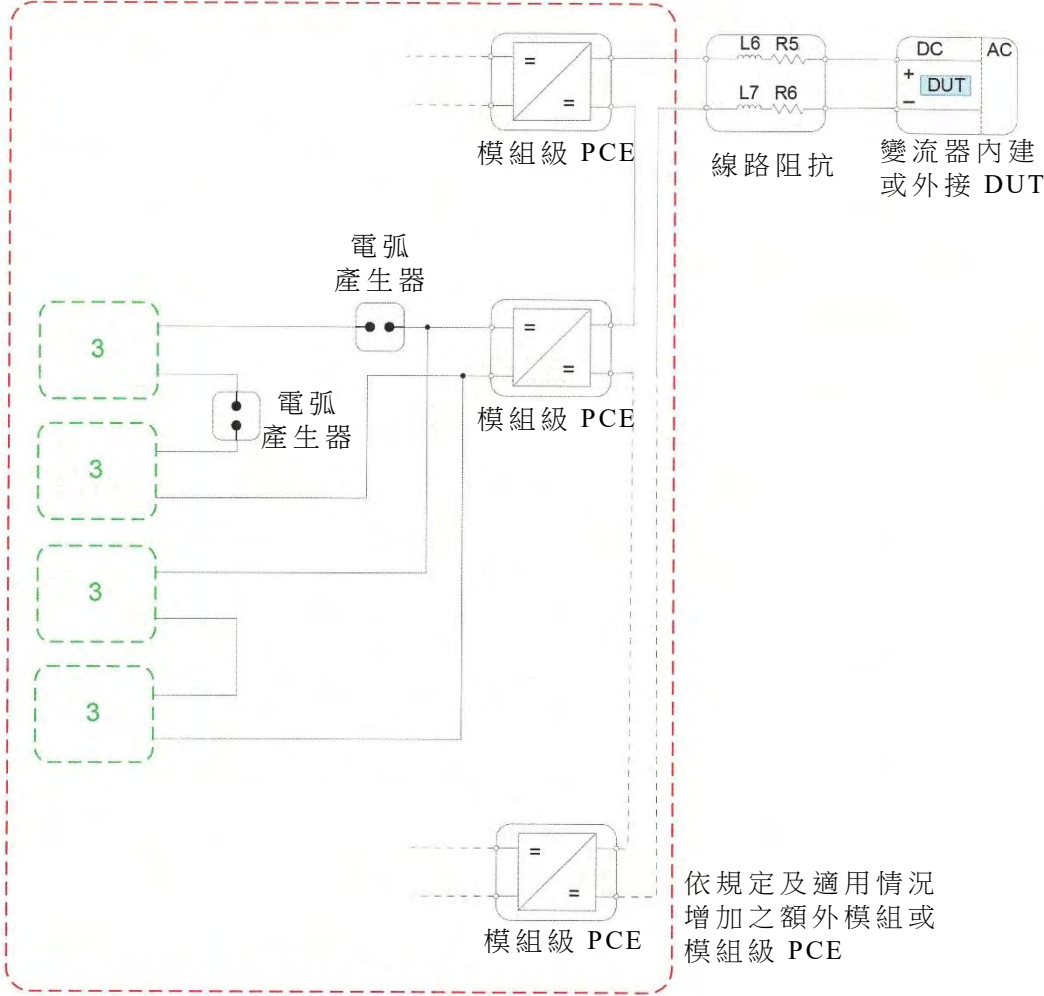


圖 B.14 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

(C) 模組級式 PV 組串 - 並列模組

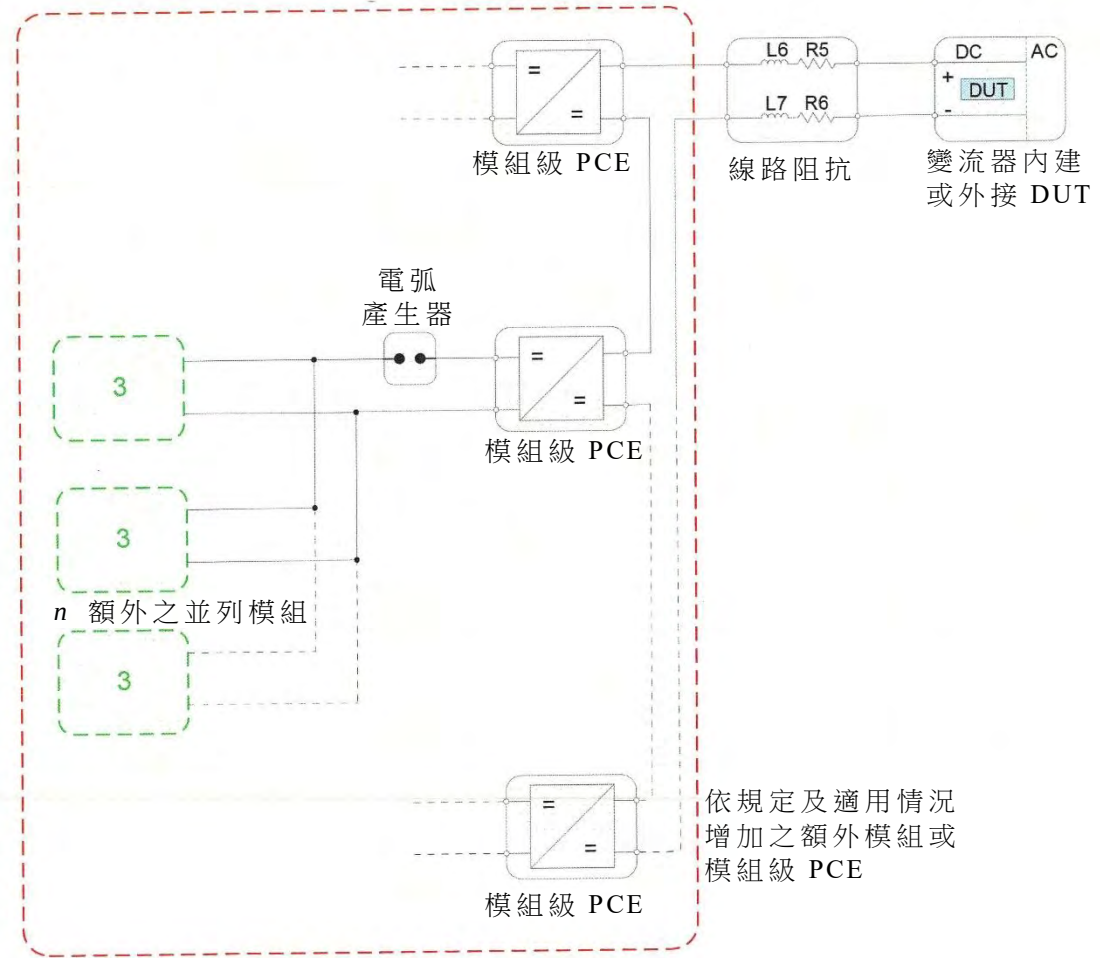


圖 B.15 並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)

B.4.2 輸出裝備

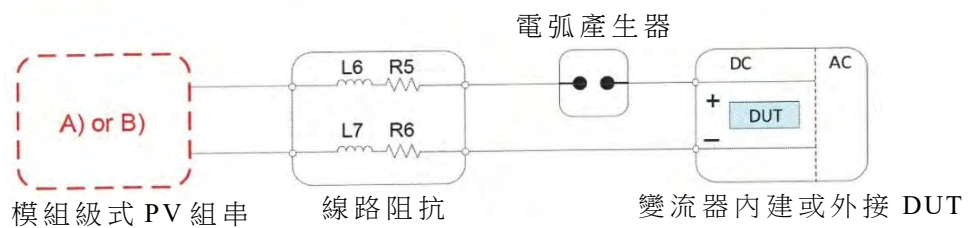


圖 B.16 單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)

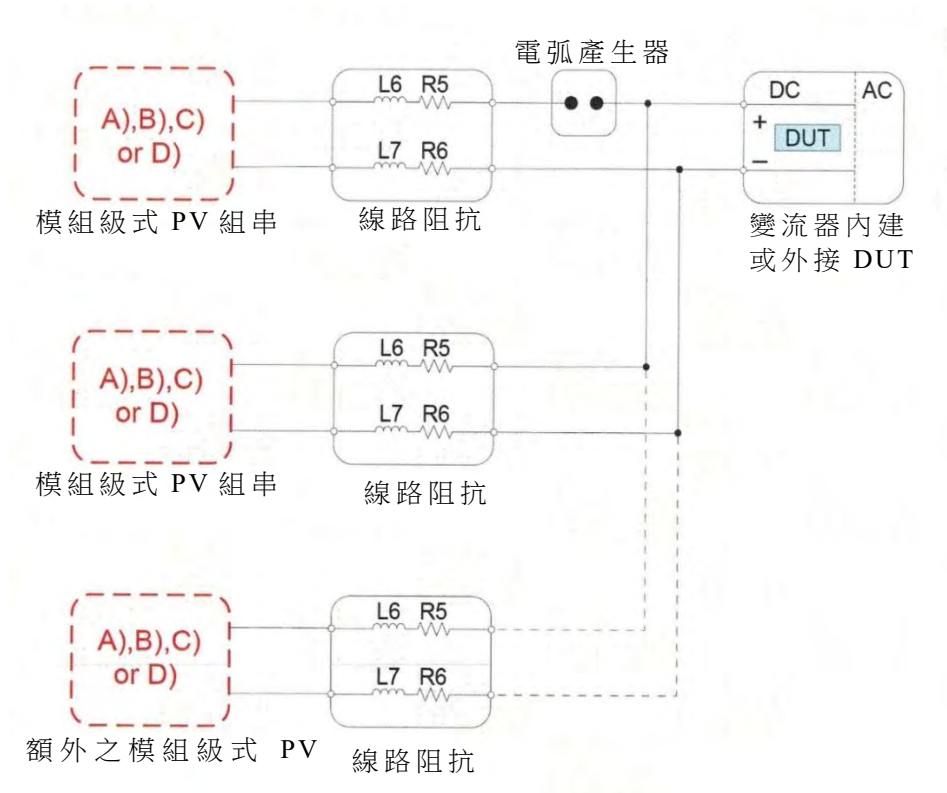


圖 B.17 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

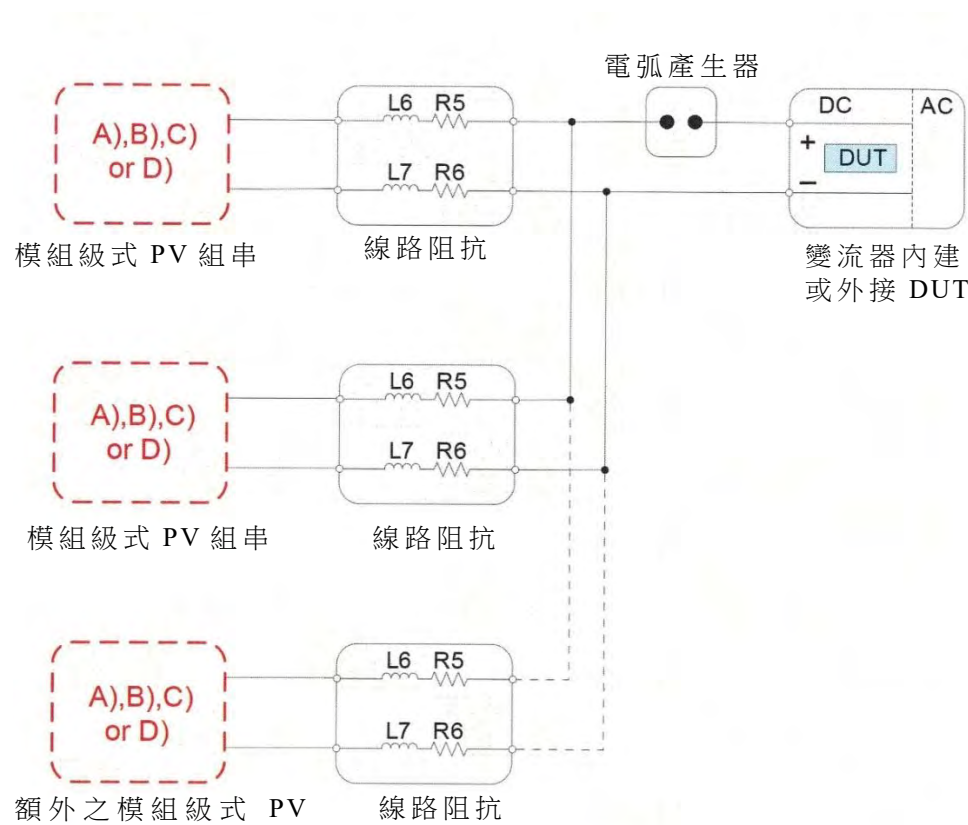


圖 B.18 並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)

B.5 應用：外部匯流組串

B.5.1 輸入裝備

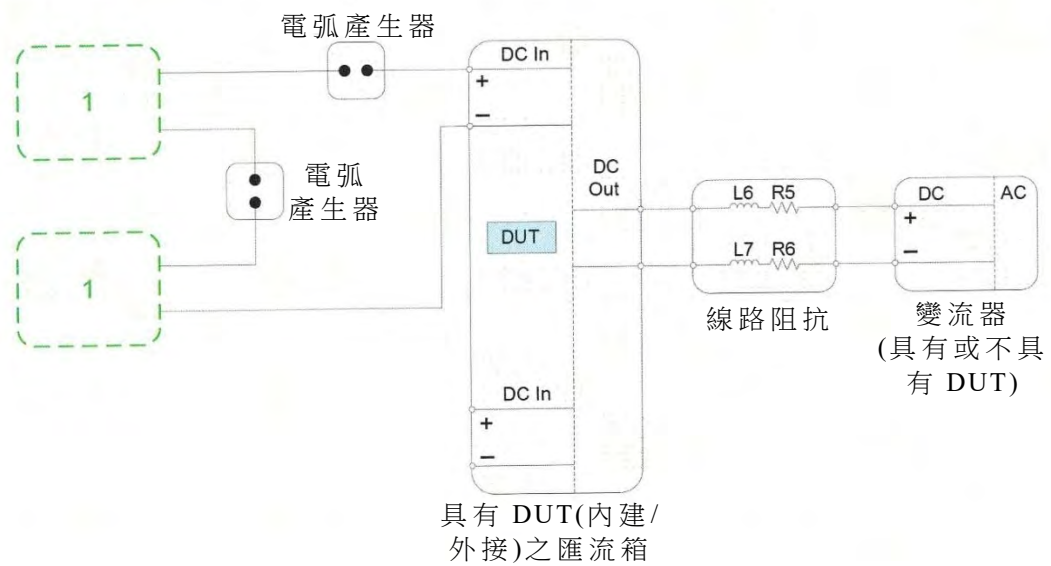


圖 B.19 單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)

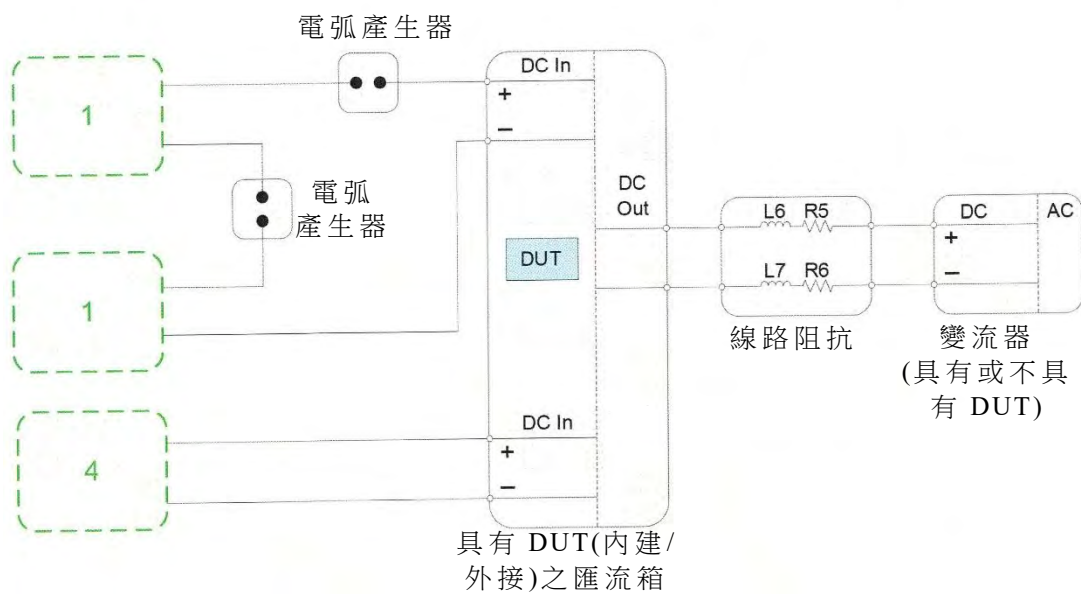


圖 B.20 並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

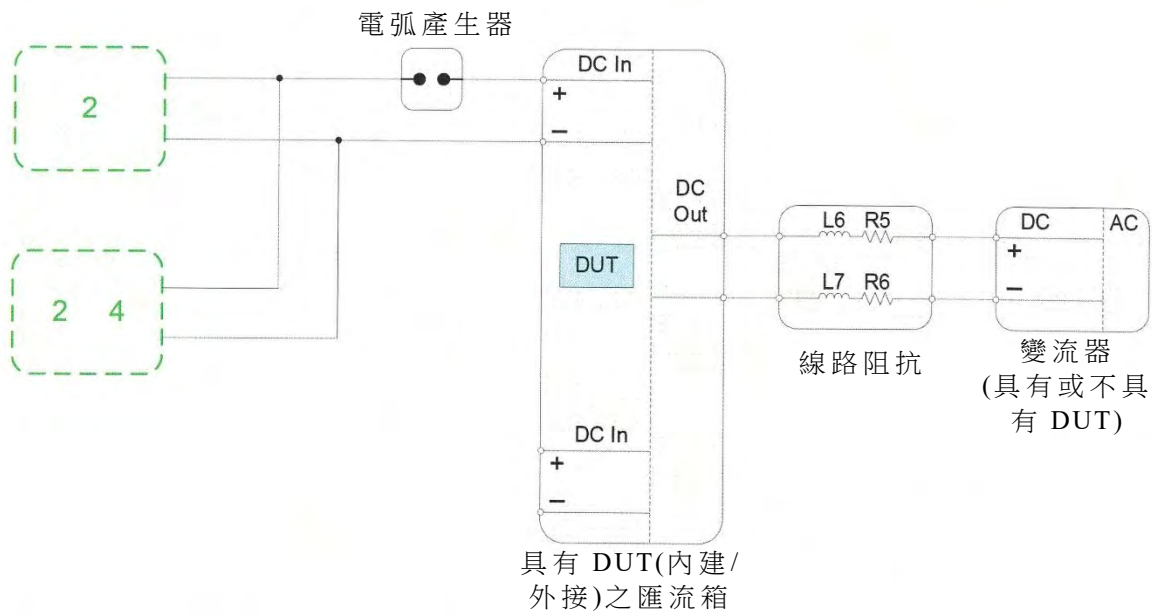


圖 B.21 並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)

B.5.2 輸出裝備

(H) 匯流箱式 PV 組串

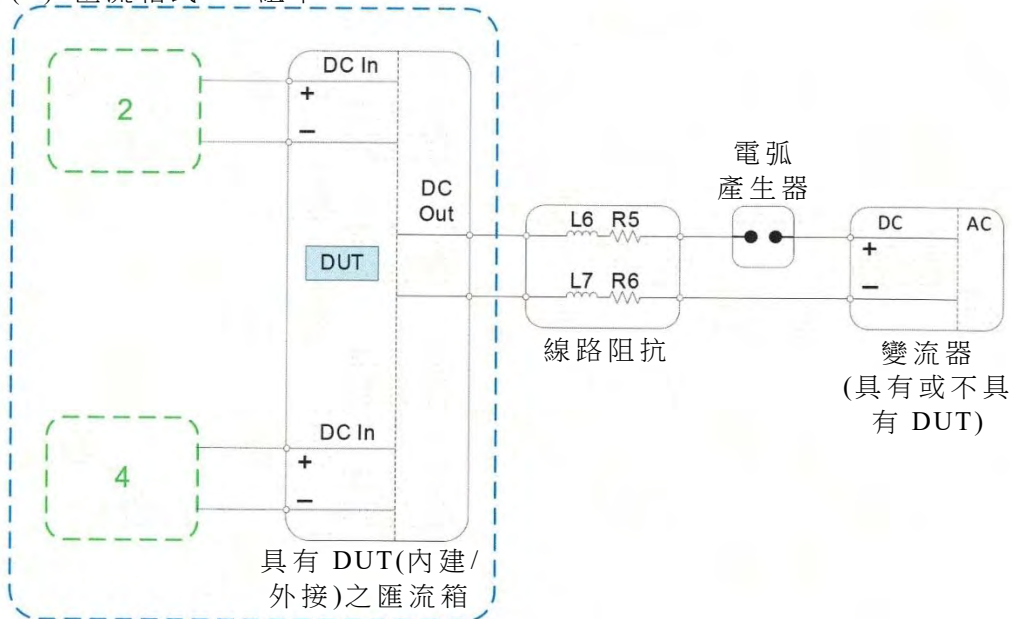


圖 B.22 單組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)

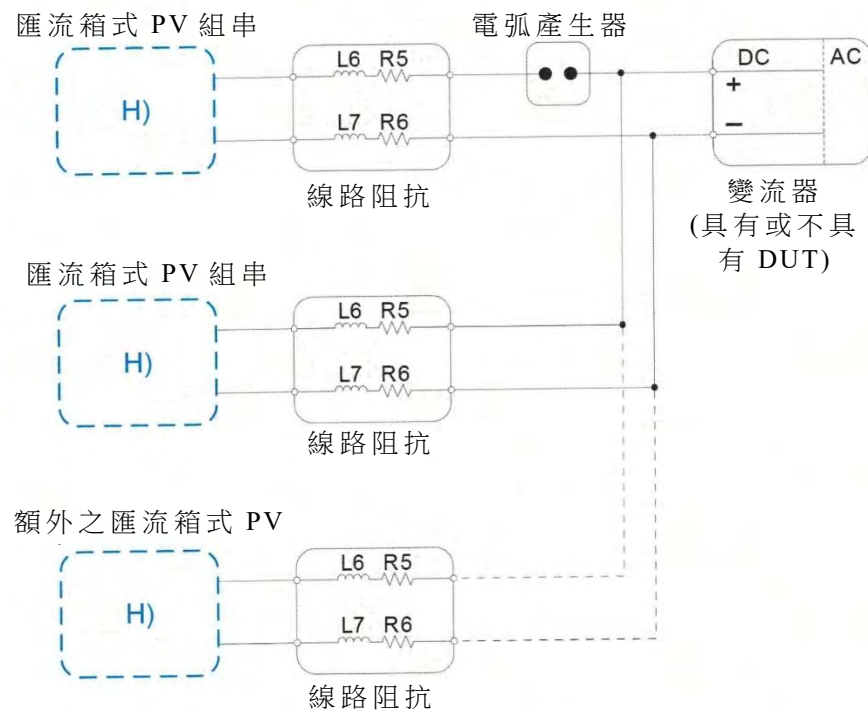


圖 B.23 並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)

備考：關於圖 B.23 中之 DUT 位置，參照圖 B.22，其定義匯流箱式 PV 組串(H)。通常在外部匯流組串之應用中，DUT 係位於匯流箱中。

附錄 C

(參考)

應用示例

C.1 一般

本附錄 C 使用 AFPE 應用示例，依 AFPE 設備分類及製造商資料，提供選擇試驗架構及裝備之指引。

C.2 示例 1：具整合式 AFPE 之組串變流器(F-I-AFPE)

變流器具有 1 個輸入埠，用於連接 PV 組串。製造商之說明書規定，輸入埠僅允許連接 1 個單組串。變流器外部亦不允許進行並列組串聯接。輸入埠受單一電弧故障偵測器監控。關於細節，參照圖 C.1。

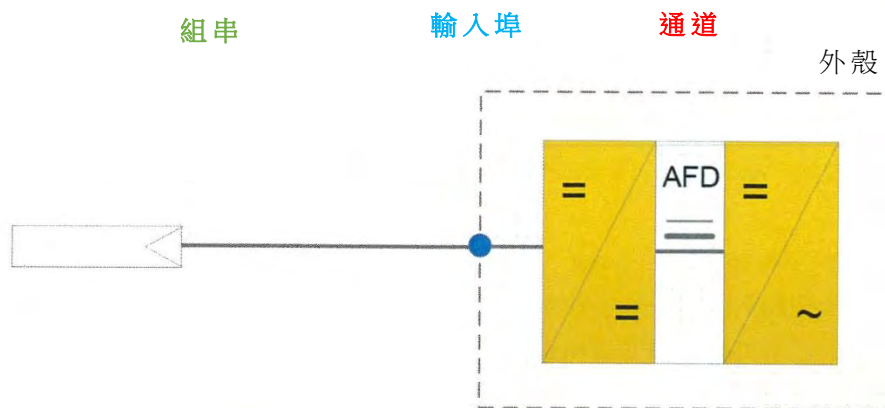


圖 C.1 具單一輸入之組串變流器的示例

變流器參數：

$I_{\max \text{ mpp}} = 10 \text{ A}$ (最大操作 PV 輸入電流).

$V_{\max \text{ PV}} = 1,000 \text{ V}$ (最大額定 PV 輸入電壓).

依第 4 節之分類：

F-I-AFPE-1-1-1

- 全保護範圍。
- 整合式。
- AFPE。
- 每個輸入埠 1 個受監控之組串。
- 每個受監控之通道 1 個輸入埠。
- 1 個受監控之通道。

由於輸入受限於單組串，因此僅適用圖 B.3 之單組串裝備。

變流器之最大操作 PV 輸入電流為 10 A。因此，應適用試驗 1 及試驗 2。此外，應進

行試驗 4，以查證最大輸入電壓為 1,000V 之情況。

不適用試驗 3 及試驗 5。

對於每次試驗，電弧產生器皆放置在圖 B.3 所示之兩個位置。

表 C.1 提供所須進行之個別試驗的概述：

表 C.1 F-I-AFPE 組串變流器試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所定義或經計算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1	2.5	NA	312	圖 B.3	4
試驗 2	7	NA	318	圖 B.3	4
試驗 4	7	NA	607	圖 B.3	4
NA：不適用。					

備考：在 2 個不同之電弧產生器位置各進行 2 次試驗。因此，試驗次數至少為 4 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數最多可達 8 次。

C.3 示例 2：具整合式 AFPE 之模組級變流器(F-I-AFPE)

模組級變流器提供 1 個輸入埠，用以連接 PV 組串(模組)。製造商之說明書規定，輸入埠僅允許連接 1 個單組串。變流器外部亦不允許並列連接輸入埠受單一電弧故障偵測器監控。關於細節，參照圖 C.2。

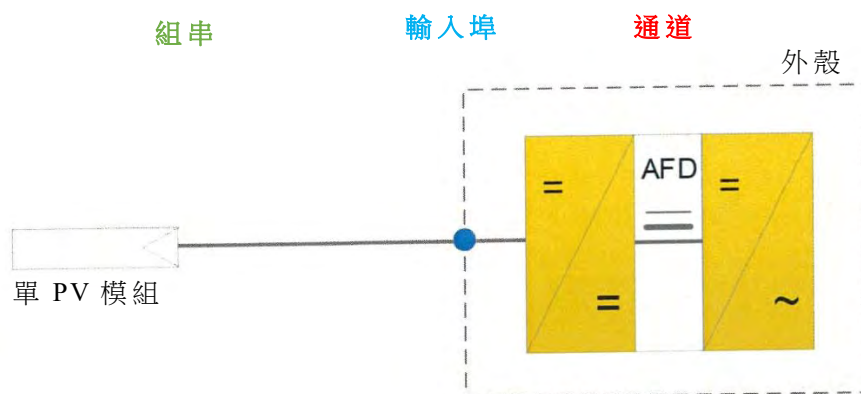


圖 C.2 具單一輸入之模組級變流器的示例

模組級變流器參數：

$I_{max\ mpp} = 10\ A$ (最大操作 PV 輸入電流)。

$V_{max\ PV} = 100\ V$ (最大額定 PV 輸入電壓)。

依第 4 節之分類：

F-I-AFPE-1-1-1

- 全保護範圍。
- 整合式。
- AFPE。
- 每個輸入埠 1 個受監控之組串。
- 每個受監控之通道 1 個輸入埠。
- 1 個受監控之通道。

由於輸入受限於單組串(模組)，因此不適用圖 B.8 之試驗裝備。由於最大輸入電壓為 100 V，因此能串列連接超過 1 個模組。因此，除圖 B.6 之試驗裝備外，亦適用圖 B.7 之試驗裝備。

變流器之最大操作 PV 輸入電流為 10 A。因此，僅適用試驗 1 及試驗 2。為因應 100 V 之輸入電壓，表 5 中之 MPP 試驗電壓應修改為 65 V。

表 C.2 提供所須進行之個別試驗的概述。

表 C.2 F-1-AFPE 模組級變流器試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所 定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進 行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所 定義或經計 算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1	2.5	NA	65	圖 B.6	2
試驗 2	7	NA	65	圖 B.6	2
試驗 1	2.5	NA	65	圖 B.7	4
試驗 2	7	NA	65	圖 B.7	4
NA：不適用。					

備考：在 2 個不同之電弧產生器位置或 1 個電弧產生器位置各進行 2 次試驗。因此，試驗次數至少為 2 次或 4 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數將加倍。

C.4 示例 3：外部 AFPE (P-S-AFPE)

外部 AFPE 位於獨立之機殼中。製造商之說明書規定，AFPE 之 6 個輸入埠的每個輸入，最多允許並聯連接 8 個組串。AFPE 由 2 個偵測器通道組成，每個通道監控 3 個輸入埠。每個通道之所有 3 個輸入埠皆直接並聯連接，不使用電力轉換級。AFPE 之每個偵測器通道使用相同之硬體及軟體板卡。關於細節，參照圖 C.3。

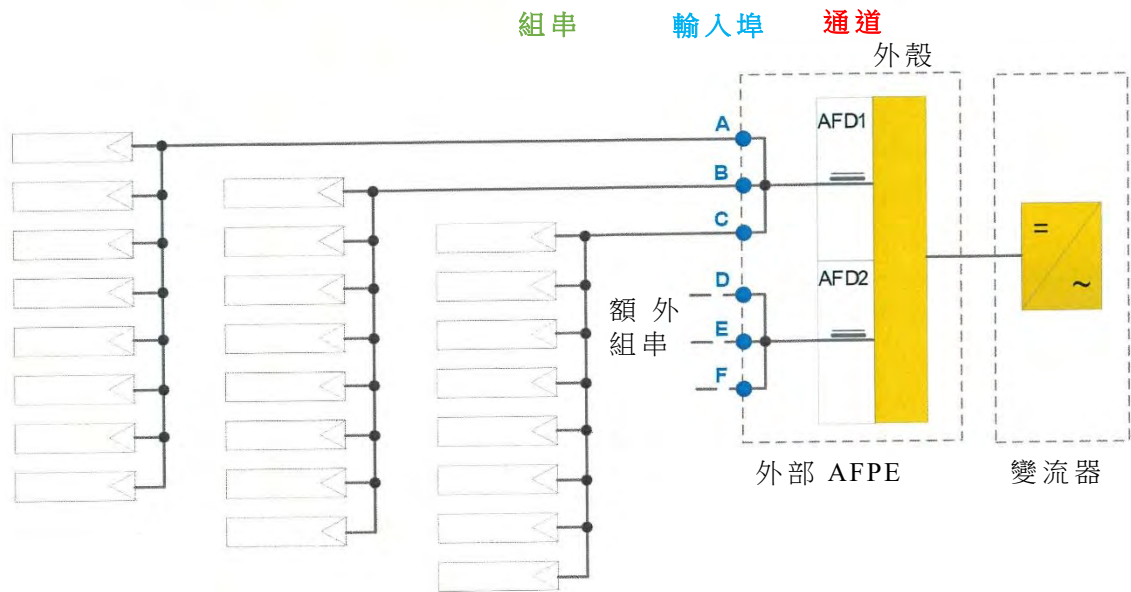


圖 C.3 具多輸入埠之外部 AFPE 的示例

外部 AFPE 參數：

每個輸入埠之 $I_{\max \text{ mpp}} = 20 \text{ A}$ (最大操作 PV 輸入電流)。

$V_{\max \text{ PV}} = 600 \text{ V}$ (最大額定 PV 輸入電壓)。

依第 4 節之分類：

P-S-AFPE-8-3-2

- 部分保護範圍。
- 獨立式。
- AFPE。
- 每個輸入埠 8 個受監控之組串。
- 每個通道 3 個輸入埠。
- 2 個受監控之通道。

由於裝置允許每個輸入埠最多連接 8 個組串，且每個通道分配 3 個輸入埠，因此適用圖 B.19 之單組串裝備，以及圖 B.20 及圖 B.21 之並列組串裝備。

每個輸入埠之最大操作 PV 輸入電流限制為 20 A。因此，通道偵測器電流最大被限制在 60 A (除非製造商另有規定)。因此，應適用試驗 1 至試驗 3。由於輸入電壓限制為 600 V，故不適用試驗 4。試驗 5 亦不適用，因為最大電弧電流受 AFPE 之輸入定額限制在 20 A。

對於每項試驗，將電弧產生器放置在試驗裝備中所定義之個別位置。

備考 1. 在此示例中，最大通道電流係由最大輸入埠定額計算而得。若製造商規定較低之最大通道電流，則此較低值將適用於試驗。

試驗 1 及試驗 2 之並列組串電流計算如下：

$n = 24$ (每個通道 3 個輸入埠，每個輸入埠 8 個組串)。

$I_{ch} = 60 \text{ A}$ (每個通道 3 個輸入埠，每個輸入埠限制為 20 A)。

試驗 1： $(I_{T1} = (n-1) \times 3 \text{ A})$

$I_{T1} = 69 \text{ A}$ 。將此電流降低至 57 A，以使發弧之組串能達到 3 A 之 MPP 電流。使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。藉由使用 $n = 2$ 之並列組串模型，或 1 個輸入埠 A 用之全組串模型，施加並列電流。對於每個輸入埠 B 及輸入埠 C，可使用 $n = 3$ 之並列組串模型，或使用 2 個全組串模型。將並列電流分流至 3 個輸入埠。(輸入埠 A：2.5 A 發弧電流；輸入埠 A：15 A 並列電流；輸入埠 B、C：各 20 A 並列電流)。

試驗 2： $(I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A})$

$$I_{T2} = 52 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。藉由使用 $n = 2$ 之並列組串模型，或 1 個輸入埠 A 用之全組串模型，施加並列電流。對於每個輸入埠 B 及輸入埠 C，可使用 $n = 3$ 之並列組串模型，或使用 2 個全組串模型。將並列電流分流至 3 個輸入埠。

(輸入埠 A：7 A 發弧電流；輸入埠 A：12 A 並列電流；輸入埠 B、C：各 20 A 並列電流)。

試驗 3：

使用 2 個全組串 PV 模型及 14 A 之發弧電流，以圖 B.21 之試驗裝備進行試驗 3。在此試驗中，模型可連接至與受測之偵測器通道連接的任何輸入埠 A、B 或 C。

在此情況中，不需進行輸出架構之試驗，因為裝置僅分類為供部分偵測用。

表 C.3 提供 1 個通道所須進行之個別試驗的概述：

表 C.3 P-S-AFPE 獨立式 AFPE 試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所 定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進 行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所 定義或經計 算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1	2.5	NA	312	圖 B.19	4
試驗 2	7	NA	318	圖 B.19	4
試驗 1	2.5	57	312	圖 B.20	4
試驗 2	7	52	318	圖 B.20	4
試驗 3	14	NA	318	圖 B.21	2
NA：不適用。					

備考 2. 在 2 個不同之電弧產生器位置或 1 個電弧產生器位置各進行 2 次試驗。因此，

試驗次數至少為 2 次或 4 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數將加倍。

在此示例中，由於 2 個偵測器皆由相同之硬體及軟體板卡組成，因此對於第 2 個通道，僅需使用第 1 個通道先前試驗時所測定之最不利電弧位置，重複進行試驗，而該最不利電弧位置係依最高之平均電弧能量或最長偵測時間評估決定。

C.5 整合 AFPE 之模組級 DC-DC 轉換器系統(F-I-AFPE)

PV 系統由變流器及 DC-DC 轉換器組成。

變流器提供 2 個輸入埠，用於連接 2 個固定電壓之 DC-DC 轉換器組串。變流器之 2 個輸入埠皆受單一電弧故障偵測器監控。製造商之說明書規定，1 個 DC-DC 轉換器之輸入埠僅允許連接 1 個單一模組。關於細節，參照圖 C.4。

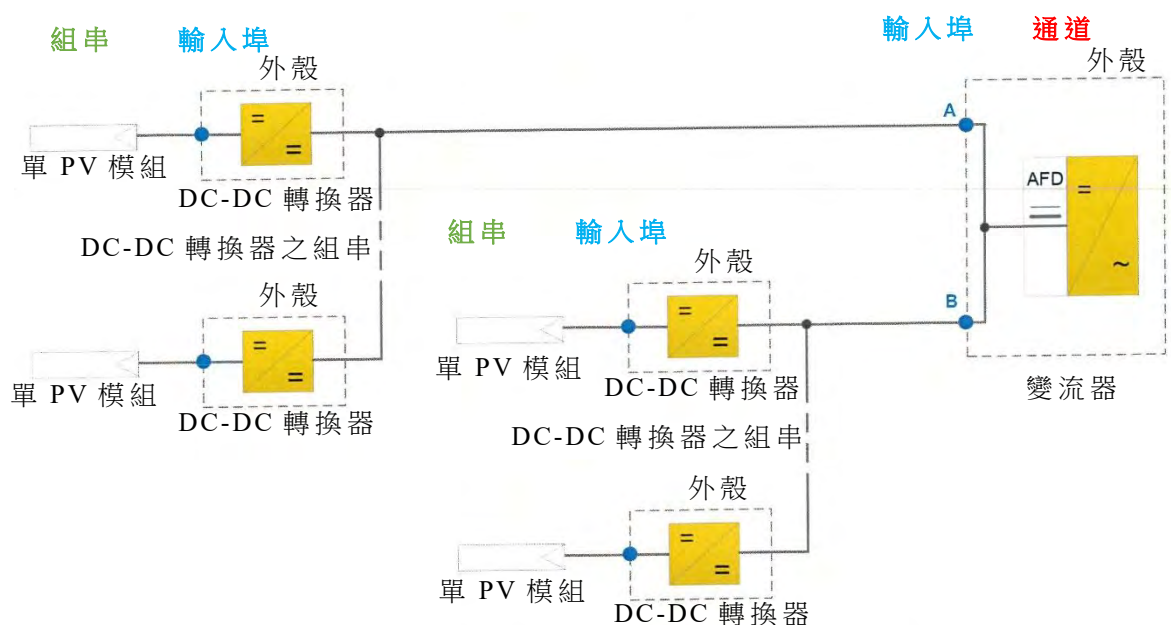


圖 C.4 模組級 DC-DC 轉換器系統之示例

系統參數：

DC-DC 轉換器輸入：

$$I_{\max \text{ mpp}} = 10 \text{ A (最大操作 PV 輸入電流)}。$$

$$V_{\max \text{ PV}} = 60 \text{ V (最大 PV 輸入電壓)}。$$

變流器輸入及 DC-DC 轉換器輸出：

$$I_{\max \text{ input DC 組串}} = 16 \text{ A (變流器之每個輸入埠的最大操作 PV 輸入電流)}。$$

$$I_{\max \text{ output DC 組串}} = 16 \text{ A (每個 DC-DC 轉換器之最大操作 PV 輸出電流)}。$$

$$V_{\max \text{ DC 組串}} = 600 \text{ V (最大固定式 DC 系統電壓)}。$$

依第 4 節之分類：

F-I-AFPE-1-2-1

— 全保護範圍。

- 整合式。
- AFPE。
- (DC-DC 轉換器之)每個輸入埠 1 個受監控之組串。
- (變流器之)每個通道 2 個輸入埠。
- 1 個受監控之通道。

變流器式 AFPE 具有 2 個輸入埠及 2 個受監控之組串，其對應於變流器之輸入埠及所連接之 DC 組串。儘管如此，測試時，亦將考量製造商說明書中所定義之 DC-DC 轉換器輸入限制，因為其為系統之一部分。

輸入裝備：

由於 1 個 DC-DC-轉換器之輸入埠僅允許連接 1 個模組，因此圖 B.11 之單組串裝備適用於 PV 輸入。不適用 PV 輸入之並列組串裝備。

DC-DC 轉換器之每個輸入埠的最大操作 PV 輸入電流為 10 A。因此，僅試驗 1 及試驗 2 適用於 PV 輸入。為因應 60 V 之最大輸入電壓，表 5 中之 MPP 試驗電壓應修改為 39 V。不適用試驗 4。

輸出裝備：

對偵測器通道分配變流器之 2 個輸入埠。因此，適用圖 B.16 之單組串輸出裝備，以及圖 B.17 及圖 B.18 之並列組串輸出裝備。

輸出試驗之參數可由變流器輸入及 DC-DC 轉換器輸出值推導而得。使變流器之每個輸入埠額定電流為 16 A，其將最大發弧電流限制在 16 A，因為系統係在固定之 DC 電壓下操作。將偵測器電流限制在最大為 32 A (除非製造商另有規定)。DC-DC 轉換器之輸出電流與單一變流器輸入埠之輸入電流相匹配，因此不會影響 16 A 之最大發弧電流值。

備考 1. 在此示例中，最大通道電流係由最大輸入埠定額計算而得。若製造商規定較低之最大通道電流，則此較低值將適用於試驗。

因此，應適用試驗 1 至試驗 3。由於 DC 組串系統電壓限制在 600 V，故不適用試驗 4。由於最大發弧電流限制在 16 A，因此，試驗 5 亦不適用。

對於每項試驗，將電弧產生器放置在試驗裝備中定義之對應位置。

對於輸出試驗 1 至 3，應使系統參數化，以達到表 5 第 2 欄規定之個別發弧電流。

圖 B.17 之並列輸出試驗裝備的並列組串電流，計算如下：

$n = 2$ (每個通道 2 個輸入埠，每個輸入埠 1 個組串)。

$m = 2$ (每個通道 2 個輸入埠)。

$I_{\text{input}} = 16 \text{ A}$ (每個通道 2 個輸入埠，每個輸入埠限制為 16 A)

試驗 1： $(I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A})$

$$I_{T1} = 3 \text{ A}$$

使用模組級式 PV 組串(A 型)，將發弧電流施加至變流器輸入埠 A。藉由模組級式 PV 組串(A 型)，將並列電流施加至變流器輸入埠 B。

(輸入埠 A：2.5 A 發弧電流；輸入埠 B：3 A 並列電流)

試驗 2： $(I_{T2} = (m - 1) \times I_{input})$

$$I_{T2} = 16 \text{ A}$$

使用模組級式 PV 組串(A 型)，將發弧電流施加至變流器輸入埠 A。使用模組級式 PV 組串(A 型)，將並列電流施加至變流器輸入埠 B。

(輸入埠 A：7 A 發弧電流；輸入埠 B：16 A 並列電流)

試驗 3：

使用 2 個模組級式 PV 組串(A 型)，並在輸入埠 A 或輸入埠 B 上施加 14 A 之發弧電流，以圖 B.18 之試驗裝備進行試驗 3。

表 C.4 提供所須進行之個別試驗的概述：

表 C.4 F-I-AFPE 試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所定義或經計算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1 (單一/輸入)	2.5	NA	39	圖 B.11	2
試驗 2 (單一/輸入)	7	NA	39	圖 B.11	2
試驗 1 (單一/輸出)	2.5	NA	600	圖 B.16	2
試驗 2 (單一/輸出)	7	NA	600	圖 B.16	2
試驗 1 (單一/輸出)	2.5	3	600	圖 B.17	2
試驗 2 (單一/輸出)	7	16	600	圖 B.17	2
試驗 3 (單一/輸出)	14	NA	600	圖 B.18	2
NA：不適用。					

備考 2. 在 1 個電弧產生器位置進行 2 次試驗。因此，試驗次數至少為 2 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數為 4 次。

C.6 示例 5：具有多輸入之組串變流器(F-I-AFPE)

變流器具有 4 個輸入埠，其受 2 個內部電弧故障偵測器(2 個通道)監控。2 個輸入埠連接至 1 個內部 DC-DC 轉換器(MPP-追蹤器)。製造商之說明書規定，每個輸入埠最多允許連接 2 個組串。關於細節，參照圖 C.5。

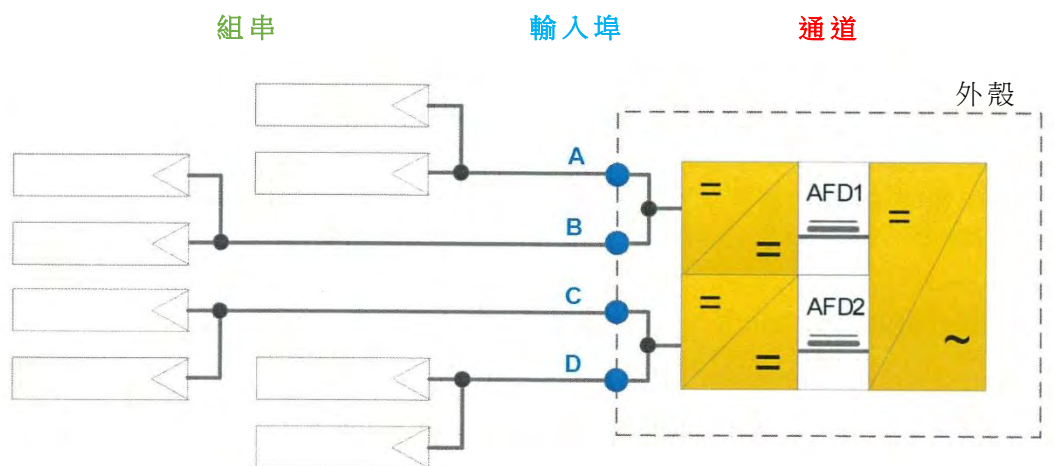


圖 C.5 具多輸入埠之組串變流器的示例

變流器參數：

每個輸入埠(A、B、C 或 D)之 $I_{\max \text{ mpp}} = 25 \text{ A}$ (每個輸入埠之最大操作 PV 輸入電流)

每個 MPP 追蹤器(A+B 或 C+D)之 $I_{\max \text{ mpp}} = 25 \text{ A}$ (每個 MPP-追蹤器之最大電流)

每個通道之 $I_{\max} = 30 \text{ A}$

$V_{\max \text{ OC PV}} = 1,500 \text{ V}$ (最大額定 PV 輸入電壓)

$V_{\min \text{ mpp PV}} = 700 \text{ V}$ (最小額定 MPP PV 輸入電壓)

依第 4 節之分類：

F-I-AFPE-2-2-2

- 全保護範圍。
- 整合式。
- AFPE。
- 每個輸入埠 2 個受監控之組串。
- 每個通道 2 個輸入埠。
- 2 個受監控之通道。

在此示例中，單組串或並列組串可連接至 1 個輸入埠。

每個輸入埠之變流器的最大操作 PV 輸入電流為 25 A。每個通道監控 2 個輸入埠，此將導致最大通道偵測電流為 50 A。每個偵測器之額定通道電流為 30 A，且 MPP 追蹤器之電流為 25 A。因此，在此示例中，測試之最大發弧電流限制為 25 A。

最大 PV 輸入電壓為 1,500 V，且變流器之最小額定 MPP 電壓為 700 V。針對所有試驗， V_{mpp} 宜符合表 5 中之值(試驗 1 為 312 V，試驗 2、試驗 3 及試驗 5 為 318 V，試驗 4 為 607 V)。然而，在此示例中，最小額定 PV 輸入電壓為 700 V，且大於表 5 所示之 V_{mpp} 。因此，試驗時考量之 V_{mpp} 為 700 V，且在本情況中， V_{OC} 之計算為 $V_{\text{mpp}} / 0.65$ ，即 1,077 V。

考量 9.2.6 所提供之試驗說明中的此 2 個值(每個通道之 $I_{\max}$ 大於 24 A，且最大輸入

電壓大於 810 V)，本示例應進行所有試驗(1 至 5)。適用圖 B.3 所示之單組串裝備，以及圖 B.4 及圖 B.5 所示之並列組串裝備。

試驗 1 及試驗 2 之並列組串電流及試驗 5 之發弧電流，計算如下：

— $n = 4$ (每個通道 2 個輸入埠，每個輸入埠 2 個組串)

— $I_{ch} = 25 \text{ A}$ (每個通道限制為 25 A)

試驗 1： ($I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A}$)

$$I_{T1} = 9 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。藉由使用 $n = 2$ 之並列組串模型，或 1 個輸入埠 B 用之全組串模型，施加並列電流。

(輸入埠 A：2.5 A 發弧電流；輸入埠 B：9 A 並列電流)

試驗 2： ($I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A}$)

I_{ch} 限制為 25 A.

$$I_{T2} = 25 \text{ A} - 8 \text{ A} = 17 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。藉由使用 $n = 3$ 之並列組串模型，或 2 個輸入埠 B 用之全組串模型，施加並列電流。(輸入埠 A：7 A 發弧電流；輸入埠 B：17 A 並列電流)

試驗 5： ($I_{arc} = 0.9 \times I_{pA}$)

在此情況中，每個輸入埠之最大電流 I_{pA} 為 25 A。因此， I_{arc} 將為 $0.9 \times 25 \text{ A} = 22.5 \text{ A}$ ， $I_{mpp} = 25 \text{ A}$ 。

在此情況中，有 2 種可能選項將組串連接至變流器：輸入 B 不連接組串之情況下，輸入 A 電流 = 25 A；或輸入 A 不連接組串之情況下，輸入 B 電流 = 25 A。

無論何種情況，建議將每個組串之 MPP 電流平衡配置為 12.5 A，因為此將為實際之安裝情境。

表 C.5 提供每個通道所須進行之個別試驗的概述：

表 C.5 F-1-AFPE 試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所定義或經計算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1	2.5	NA	700	圖 B.3	4
試驗 2	7	NA	700	圖 B.3	4
試驗 1	2.5	9	700	圖 B.4	4
試驗 2	7	17	700	圖 B.4	4
試驗 4	7	NA	700	圖 B.3	4
試驗 3	14	NA	700	圖 B.5	2

試驗 5	22.5	NA	700	圖 B.5	2
NA：不適用。					

備考：對於每項試驗，將電弧產生器放置在試驗裝備中定義之對應位置。在 2 個不同之電弧產生器位置或 1 個電弧產生器位置各進行 2 次試驗。因此，試驗次數至少為 2 次或 4 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數將加倍。

C.7 示例 6：具多輸入之組串變流器(F-I-AFPE)

變流器具有 4 個輸入埠，其受單一電弧故障偵測器監控。製造商之說明書規定，每個輸入埠最多允許連接 2 個組串。將 2 個輸入埠連接至 1 個內部 DC-DC 轉換器(MPP-追蹤器)。關於細節，參照圖 C.6。

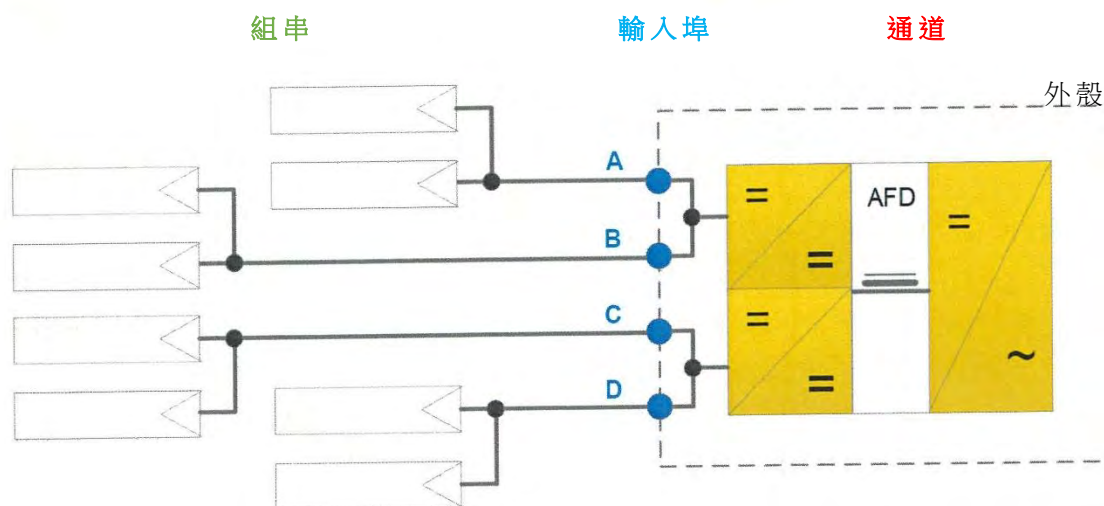


圖 C.6 具多輸入之組串變流器的示例

變流器參數：

每個輸入埠(A、B、C 或 D)之 $I_{\max \text{ mpp}} = 12.5 \text{ A}$ (每個輸入埠之最大操作 PV 輸入電流)

每個 MPP 追蹤器(A+B 或 C+D)之 $I_{\max \text{ mpp}} = 25 \text{ A}$ (每個 MPP-追蹤器之最大電流)

$V_{\max \text{ PV}} = 1,000 \text{ V}$ (最大額定 PV 輸入電壓)

依第 4 節之分類：

F-I-AFPE-2-4-1

- 全保護範圍。
- 整合式。
- AFPE。
- 每個輸入埠 2 個受監控之組串。
- 每個通道 4 個輸入埠。

— 1 個受監控之通道。

在此示例中，每個輸入埠最多可連接 2 個並列組串。每個輸入埠之變流器的最大操作 PV 輸入電流為 12.5 A，其亦為最大發弧電流。偵測器通道監控所有 4 個輸入埠，此將導致最大通道電流為 50 A。兩個 MPP 追蹤器之最大總電流不會將電流限制在較低之值。

由於可連接單組串或並列組串，因此適用圖 B.3 之單組串裝備，以及圖 B.4 之並列組串裝備。每個輸入埠之最大操作 PV 輸入電流為 12.5 A。因此，試驗 1 及試驗 2 應適用於單一及並列裝備。試驗 3 及試驗 5 則不適用。最大 PV 輸入電壓為 1,000 V。因此，試驗 4 適用於圖 B.3 之單一裝備。

試驗 1 及試驗 2 之並列組串電流計算如下：

$n = 8$ (每個通道 4 個輸入埠，每個輸入埠 2 個組串)

$I_{ch} = 50 \text{ A}$ (每個通道 4 個輸入埠，每個輸入埠限制為 12.5 A；或每個通道 2 個 MPP 追蹤器，每個追蹤器限制為 25 A)

試驗 1： $(I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A})$

$$I_{T1} = 21 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。藉由使用 $n = 2$ 之並列組串模型，對輸入埠 B 施加並列電流。對於其他輸入埠 C 及輸入埠 D，每個輸入埠連接 2 個全組串模型，或連接 1 個全組串模型與 1 個並列組串模型 ($n=2$)。

(輸入埠 A：2.5 A 發弧電流；輸入埠 B、C、D：每個輸入埠 7 A 並列電流)

試驗 2： $(I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A})$

$$I_{T2} = 42 \text{ A} (\rightarrow 33 \text{ A})$$

輸入埠之電流限制 12.5 A，不允許並聯連接 2 個 8 A 之組串。因此，除已連接至電弧產生器之輸入埠 A 之外，不需再連接並列組串模型。此亦適用於輸入埠 B，因為其與輸入埠 A 直接連連。使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加於輸入埠 A。對於其他輸入埠 B、C 及 D，每個輸入皆連接 1 個全組串模型。

(輸入埠 A：7 A 發弧電流；輸入埠 B：8 A 並列電流；輸入埠 C、D：各 12.5 A 並列電流)。在此種情況下，無法達到所計算出之並列電流，因此在測試中將電流降低至 33 A。

備考：允許在輸入埠 A 及 B 僅使用 1 個組串之規定，並不適用於輸入埠 C 及 D，因為電流定額較小之其他型式的 PV 模組，可藉由其本身之 MPP 追蹤器連接至此等連輸入埠。在最糟情況之條件下，此將允許輸入 C 及 D 各連接總電流為 12.5 A 之 2 個組串。

表 C.6 提供所須進行之個別試驗的概述：

表 C.6 F-I-AFPE 試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所 定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進 行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所 定義或經計 算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1	2.5	NA	312	圖 B.1	4
試驗 2	7	NA	318	圖 B.1	4
試驗 1	2.5	21	312	圖 B.2	4
試驗 2	7	33	318	圖 B.2	4
試驗 4	7	NA	607	圖 B.1	4
NA：不適用。					

備考：對於每項試驗，將電弧產生器放置在試驗裝備中定義之對應位置。在 2 個不同之電弧產生器位置各進行 2 次試驗。因此，試驗次數至少為 4 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數將加倍。

C.8 示例 7：具多輸入之組串變流器(F-I-AFPE)

變流器具有 14 個輸入埠，其受 3 個內部電弧故障偵測器(3 個通道)監控。然而，每個通道(AFD)之輸入埠數量並不同，AFD1 監控 4 個輸入埠，AFD2 監控 3 個輸入埠，AFD3 監控 7 個輸入埠。

依製造商之文件，每個通道使用相同之硬體及軟體模組。製造商之說明書規定，每個輸入埠最多允許連接 1 個組串。關於細節，參照圖 C.7。

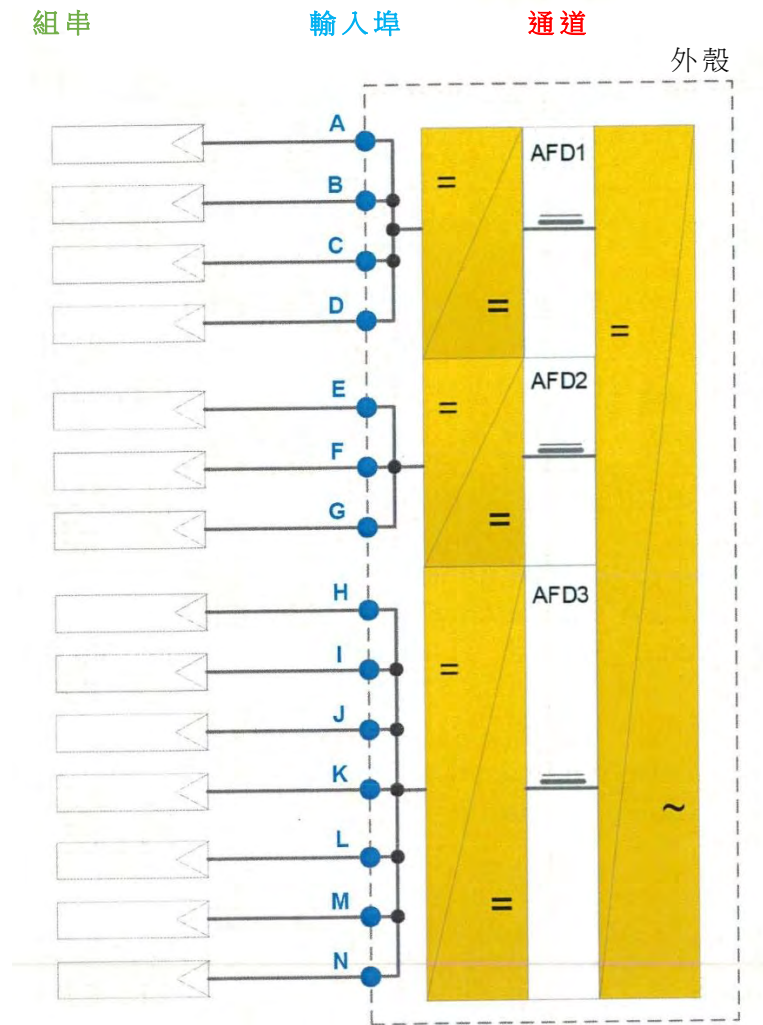


圖 C.7 具不同通道分類之組串變流器的示例

變流器參數：

每個輸入埠(A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M、N)之 $I_{\max} = 14.5 \text{ A}$ (每個輸入埠之最大操作 PV 輸入電流)

每個 MPP 追蹤器 1 及追蹤器 2 (A+B+C+D 或 E+F+G)之 $I_{\max} = 36 \text{ A}$ (每個 MPP-追蹤器之最大電流)

每個 MPP 追蹤器 3 (H+I+J+K+L+M+N)之 $I_{\max} = 72 \text{ A}$ (每個 MPP-追蹤器之最大電流)

每個通道 1 及 2 之 $I_{\max} =$ 各為 36 A

每個通道 3 之 $I_{\max} = 72 \text{ A}$

$V_{\max \text{ OC PV}} = 1,000 \text{ V}$ (最大額定 PV 輸入電壓)

$V_{\min \text{ PV}} = 400 \text{ V}$ (最小額定 MPP PV 輸入電壓)

依第 4 節之分類：

F-I-AFPE-1-4/3/7-3 (整台變流器採用 1 種分類)

— 全保護範圍。

- 整合式。
- AFPE。
- 每個輸入埠 1 個受監控之組串。
- 每個通道 4/3/7 的輸入埠 (AFD1 : 4、AFD2 : 3、AFD3 : 7)。
- 3 個受監控之通道。

在此示例中，每個輸入埠最多可連接 1 個組串。每個輸入埠之變流器的最大操作 PV 輸入電流為 14.5 A，其亦為最大發弧電流。偵測器通道監控不同輸入埠數量。第 1 個偵測器通道監控 4 個輸入埠，第 2 個偵測器通道監控 3 個輸入埠，第 3 個偵測器通道監控 7 個輸入埠。其最大通道電流並不同。通道 1 及通道 2 之最大通道電流為 36 A，通道 3 之最大通道電流為 72 A。由於相同通道可連接單組串或並列組串，因此適用圖 B.3 之單組串裝備，以及圖 B.4 之並列組串裝備。

每個輸入埠之最大操作 PV 輸入電流為 14.5 A。因此，應適用試驗 1 及試驗 2。不適用試驗 3 及試驗 5。最大 PV 輸入電壓為 1,000 V。因此，試驗 4 適用於圖 B.3 之單一裝備。

試驗 1、試驗 2 及試驗 4 之並列組串電流，計算如下：

$n = 4$ (每個通道 4 個輸入埠，每個輸入埠 1 個組串) (通道 1)

$n = 3$ (每個通道 3 個輸入埠，每個輸入埠 1 個組串) (通道 2)

$n = 7$ (每個通道 7 個輸入埠，每個輸入埠 1 個組串) (通道 3)

$I_{ch} = 36 \text{ A}$ (每個通道 1 及通道 2) / 72 A (通道 3)

依 9.2.6，若每個通道使用相同之硬體及軟體模組，則可減少試驗次數。若經所有相關方同意，則下列試驗(1.1 / 1.2 / 1.3)以及(2.1 / 2.2 / 2.3)可藉由僅測試最糟情況予以減少。

試驗 1.1 (通道 1)： $(I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A})$

$$I_{T1} = 9 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。藉由使用 $n = 4$ 之並列組串模型，對輸入埠 B 施加並列電流。由於輸入埠 B、C 及 D 在 DUT 之輸入端為並聯連接，因此整個並列電流可僅提供給 1 個輸入埠。對於其他輸入埠 E、F、G、H、I、J、K、L、M 及 N，無需其他組串模型，因為其與檢查此通道無關。

(輸入埠 A : 2.5 A 發弧電流；輸入埠 B : 9 A 並列電流)

試驗 1.2 (通道 2)： $(I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A})$

$$I_{T1} = 6 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 E。藉由使用 $n = 3$ 之並列組串模型，對輸入埠 F 施加並列電流。由於輸入埠 F 及 G 在 DUT 之輸入端為並聯連接，因此整個並列電流可僅提供給 1 個輸入埠。對於其他輸入埠 A、B、C、D、H、I、J、K、L、M 及 N，無需其他組串模型，因為其與檢查此通道無關。

(輸入埠 E : 2.5 A 發弧電流；輸入埠 F : 6 A 並列電流)

試驗 1.3 (通道 3) : $(I_{T1} = (n - 1) \times 3 \text{ A})$

$$I_{T1} = 18 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 H。輸入埠之電流限制 14.5 A，不允許將 6 個 3 A 之組串與 1 個輸入埠並聯連接。因此，每個輸入埠 I、J、K、L、M 及 N 皆連接 1 個全組串模型。

對於其他輸入埠 A、B、C、D、E、F 及 G，無需其他組串模型，因為其與檢查此通道無關。

(輸入埠 H：2.5 A 發弧電流；輸入埠 I、J、K、L、M、N：各 3 A 並列電流)

試驗 2.1 (通道 1) : $(I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A})$

$$I_{T2} = 28 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 A。輸入埠之電流限制 14.5 A，不允許並聯連接 3 個各為 9.3 A 之組串。因此，每個輸入埠 B、C 及 D 皆連接 1 個全組串模型。

對於其他輸入埠 E、F、G、H、I、J、K、L、M 及 N，無需其他組串模型，因為其與檢查此通道無關。

(輸入埠 A：7 A 發弧電流；輸入埠 B、C、D：各 9.3 A 並列電流)

試驗 2.2 (通道 2) : $(I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A})$

$$I_{T2} = 28 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 E。輸入埠之電流限制 14.5 A，不允許並聯連接 2 個各為 14 A 之組串。因此，每個輸入埠 F 及 G 皆連接 1 個全組串模型。

對於其他輸入埠 A、B、C、D、H、I、J、K、L、M 及 N，無需其他組串模型，因為其與檢查此通道無關。

(輸入埠 E：7 A 發弧電流；輸入埠 F 及 G：各 14 A 並列電流)

試驗 2.3 (通道 3) : $(I_{T2} = I_{ch} - 8 \text{ A})$

$$I_{T2} = 64 \text{ A}$$

使用 2 個半組串模型，將發弧電流施加至輸入埠 H。輸入埠之電流限制 14.5 A，不允許並聯連接 6 個各為 10.7 A 之組串。因此，每個輸入埠 I、J、K、L、M 及 N 皆連接 1 個全組串模型。

對於其他輸入埠 A、B、C、D、E、F 及 G，無需其他組串模型，因為其與檢查此通道無關。

(輸入埠 H：7 A 發弧電流；輸入埠 I、J、K、L、M 及 N：各 10.7 A 並列電流)

表 C.7 提供所須進行之個別試驗的概述：

表 C.7 F-I-AFPE 試驗之概述

試驗編號	I_{arc} A (依表 5 所 定義)	$I_{parallel}$ A (依 9.2.6 進 行計算)	V_{mpp} V (依表 5 所 定義或經計 算得出)	試驗裝備	試驗次數
試驗 1.1	2.5	NA	400	圖 B.3	4
試驗 1.2	2.5	NA	400	圖 B.3	4
試驗 1.3	2.5	NA	400	圖 B.3	4
試驗 2.1	7	NA	400	圖 B.3	4
試驗 2.2	7	NA	400	圖 B.3	4
試驗 2.3	7	NA	400	圖 B.3	4
試驗 1.1	2.5	9	400	圖 B.4	4
試驗 1.2	2.5	6	400	圖 B.4	4
試驗 1.3	2.5	18	400	圖 B.4	4
試驗 2.1	7	28	400	圖 B.4	4
試驗 2.2	7	28	400	圖 B.4	4
試驗 2.3	7	64	400	圖 B.4	4
試驗 4.1	7	NA	607	圖 B.3	4
試驗 4.2	7	NA	607	圖 B.3	4
試驗 4.3	7	NA	607	圖 B.3	4
NA：不適用。					

備考：對於每項試驗，將電弧產生器放置在試驗裝備中定義之對應位置。在 2 個不同之電弧產生器位置各進行 2 次試驗。因此，試驗次數至少為 4 次。當依表 B.2 採用 2 種不同之 C4 值進行所有試驗時，試驗次數將加倍。

附錄 D

(參考)

相互參照應用及試驗裝備

表 D.1 相互參照應用及試驗裝備

節次編號	應用	試驗裝備說明	圖編號
B.2	組串變 流器	單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)	圖 B.3
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.4
		並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)	圖 B.5
B.3	微 型 變 流器	單組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.6
		單組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2) – 串列模組	圖 B.7
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.8
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2) – 串列模組	圖 B.9
		並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)	圖 B.10
B.4	模 組 級 DC/DC 轉換		
B.4.1	輸入	單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)	圖 B.11
		單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4) – 串列 模組	圖 B.12
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.13
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.14
		並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)	圖 B.15
B.4.2	輸出	單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)	圖 B.16
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.17
		並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)	圖 B.18
B.5	外 部 匯 流組串		
B.5.1	輸入	單組串試驗裝備(試驗 1、試驗 2、試驗 4)	圖 B.19
		並列組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.20
		並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)	圖 B.21
B.5.2	輸出	單組串試驗裝備(試驗 1 及試驗 2)	圖 B.22
		並列組串試驗裝備(試驗 3 及試驗 5)	圖 B.23

參考資料

- [1] IEC 60050-121:1998 International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 121:
Electromagnetism
IEC 60050-121:1998/AMD1:2002
IEC 60050-121:1998/AMD2:2008
IEC 60050-121:1998/AMD3:2019
IEC 60050-121:1998/AMD4:2021
IEC 60050-121:1998/AMD5:2021
- [2] IEC 62606:2013 General requirements for arc fault detection devices
IEC 62606:2013/AMD1:2017
IEC 62606:2013/AMD2:2022
- [3] IEC 62891:2020 Maximum power point tracking efficiency of grid connected
photovoltaic inverters
- [4] UL 1699 B:2018 Photovoltaic (PV) DC Arc-Fault Circuit Protection

相對應國際標準

IEC 63027:2023 Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruption