

# 應用注入電流法檢測電力電纜故障點

台北供電區營運處 白雲年 洪健次 王家田

## 一、前言

電纜故障查修依據不同構造其方法應用亦有差異，如充油電纜及 XLPE 電纜各有不同判斷方式。本文所介紹之方法是以 XLPE 電纜之檢修經驗為主題提供讀者參考。

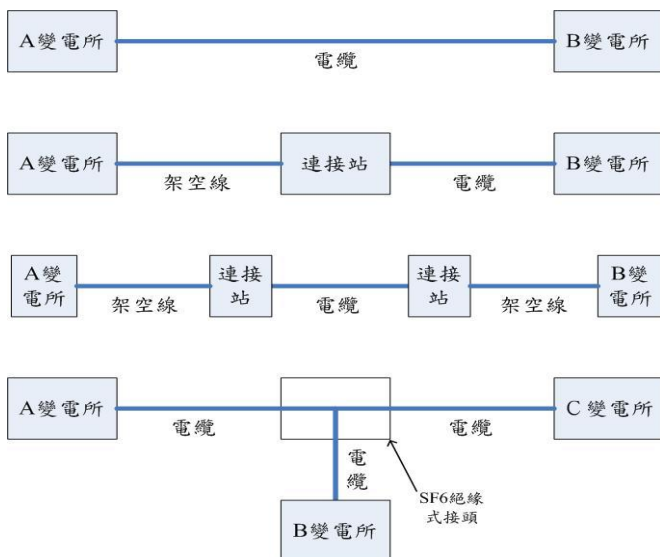
本文之檢修案例是以兩個二次變電所之間送電線路為例之檢修過程，該線路結構為 XLPE 材質之地下電纜約 5 公里長。

此案例以兩項重點做討論（一）先判別那一相故障（二）故障相如何應用注入電流法檢出故障點。

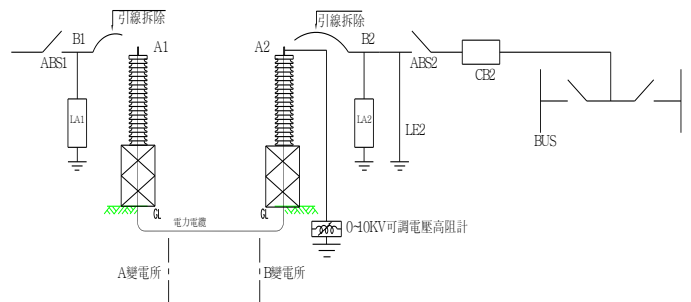
## 二、電纜事故之相別判斷

### 1. 電纜引接方式介紹：

（以台電公司為例電纜引接方式可分成下列各型式）



### 2. 兩傳統變電所以電纜連接，判斷電纜故障相別方法：

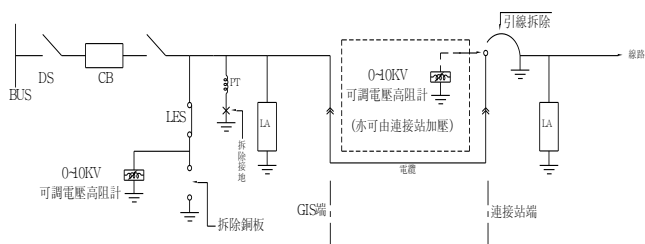


## 步驟

兩端變電所內設備掛好接地，安全警示裝置設置完成後拆除 A1 及 A2 引線，使電纜處於獨立狀態，再比較 3 相高阻計讀值，電纜如有故障發生，其絕緣電阻大都會降低。量測電壓以 0~5KV 慢慢升壓至最大值，故障之電纜有時未達 5KV 儀表測試電源會跳脫，那就表示此電纜可能已故障。以本例實際加壓 3KV 量測 R 相電阻值約  $1M\Omega$  (將電壓繼續提昇至未達 5KV 電源即跳脫)，S 相量測電阻值  $60M\Omega$  (5KV 電源未跳脫)，T 相量測電阻值為  $100M\Omega$  (5KV 電源未跳脫)。

量測電壓以多少為基準，沒有一定規範。加壓至 2500V 依然可計算出絕緣電阻。本例 R 相加壓至 5KV 後儀器測試電源跳脫，可判斷該線路可能已故障。注意要點：量測前安全步驟請參照第三部份第 2 項所述各要點，確實注意感應電壓危險性。

### 3. 由電纜連接站進入 GIS 變電所之引接方式，電纜故障時之相別判斷法：



### 步驟

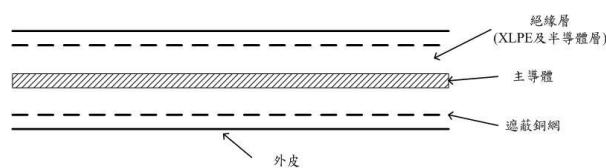
- (1) 連接站線路側掛妥接地後拆除線路至電纜頭引線。
  - (2) 345KV、161KV 系統在進入變電所 GIS 通常接有 PT，必須先將 PT 一次側接地端拆除，電纜主導體確認在獨立未接地狀態，避雷器之絕緣電阻，正常時為高阻抗，可以不拆，但有懷疑絕緣不良時再考慮拆除。
  - (3) 變電所線路接地開關與接地點之間銅板拆除。拆除過程請注意確認無感應電壓，以策安全，（請參考三.2 之安全步驟）。
  - (4) 將 0~2.5KV (GIS 通常加 1 KV 最佳，如試不出最高則加 2.5 KV DC) 可調電壓高阻計依圖示接由線路接地開關通至電纜主導體進行檢測。如要在連接站量測，則將試驗電壓直接加至電纜頭亦可。
  - (5) 判斷方法與上述第 2 項步驟相同。
4. 其他電纜連接方式之量測：

以上述之兩種方式可活用於各種不同電纜連接方式，而 SF6 絕緣 T 接頭較少採用，其檢查方法之應用則是相同的，但因接線方式為 T 接，有時為判定之需要在 T 接部份，須抽出 SF6 氣體，解開接頭分別量測。

## 三、應用注入電流法判定電纜故障點

### 1. 基本原理：

#### (1) 高壓電纜基本構造

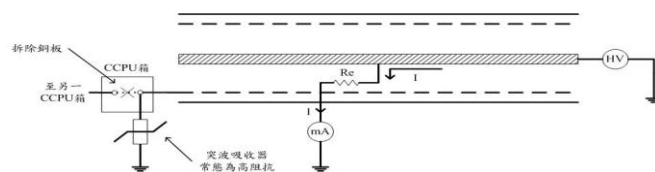


#### (2) 測試電壓經由主導體注入電壓源

流經故障等效電阻(Equivalent resistanc)

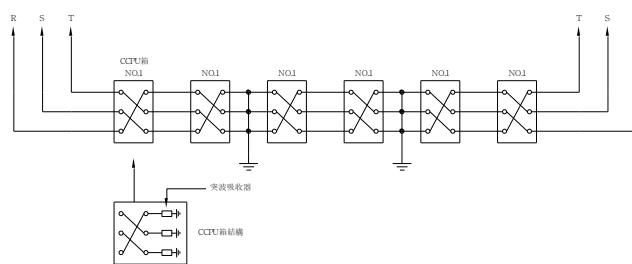
產生導通電流。

- (a) 主導體與遮蔽網之間因故障產生等效電阻  $R_e$ ;  $R_e$  之值大小隨故障型態不同而異。
- (b) 當由主導體注入試驗電壓，電流流經遮蔽銅網及毫安表至大地，與試驗電壓源構成回路。



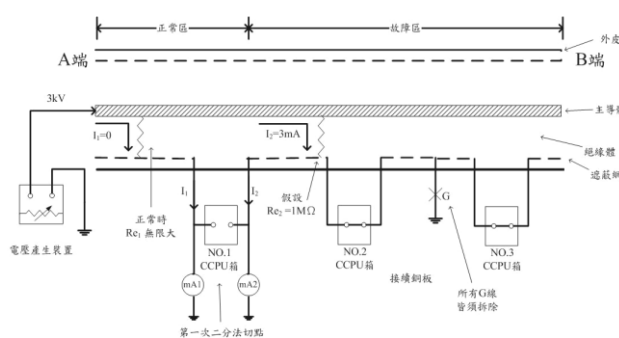
- (c) 以上基本觀念為下述各項說明之應用原理。

#### (3) CCPU 接地系統示意圖(三相合併)



#### (4) 以二分法舉例討論：

- (a) 二分法之意義是將電纜遮蔽層切



成兩部份，以有故障懷疑跡象之週邊做為二分法之切點最為恰當，如無故障跡象時建議以整條電纜中心點二分較佳，(所謂切點就是拆除CCPU箱內部接續銅板)。

(b)將指針型滿刻度 10mA 毫安表 2 只,mA1 及 mA2，分別接於 NO.1

CCPU 箱兩側，除了接續銅板拆除外。整條電纜遮蔽層直接通地線皆須全部拆除，圖中 G 部份。

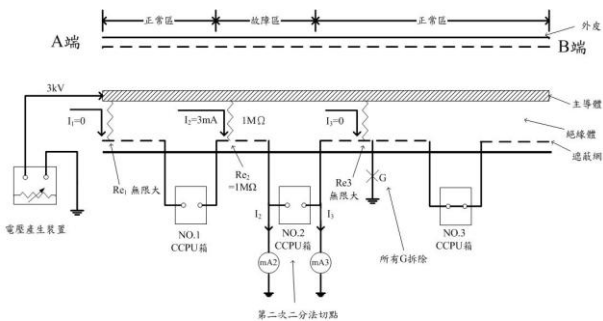
(c)將電壓產生裝置(一般可使用 Hipport 可調電壓高阻計，將電壓調整至足夠產生驅動毫安表動作範圍內即可，以本圖為例由 A 端注入 3KV 電壓，因  $Re_1$  電阻值為無限大故 mA1 表讀值為 0mA;而  $Re_2$  電阻值為  $1M\Omega$  故  $I_2 = 3(KV)/1(M\Omega) = 3mA$  流經 mA2 表。

(d)以上述所量測之結果可判斷靠 A 端正常區之遮蔽網因與主導體之間絕緣良好  $Re_1 =$  無限大，mA1 讀值為 0,代表故障點不在此處，而 mA2 表讀值為 3mA,代表故障點位於 B 端方向。

(5)第二次二分法再區分故障正確位置：

(a)將 NO.2 CCPU 箱內接續銅板拆除，NO.1 CCPU 箱依然保持在銅板拆除狀態。

(b)將毫安表 mA2、mA3 依上圖接妥後，再將 3kV 電壓注入主導體，因



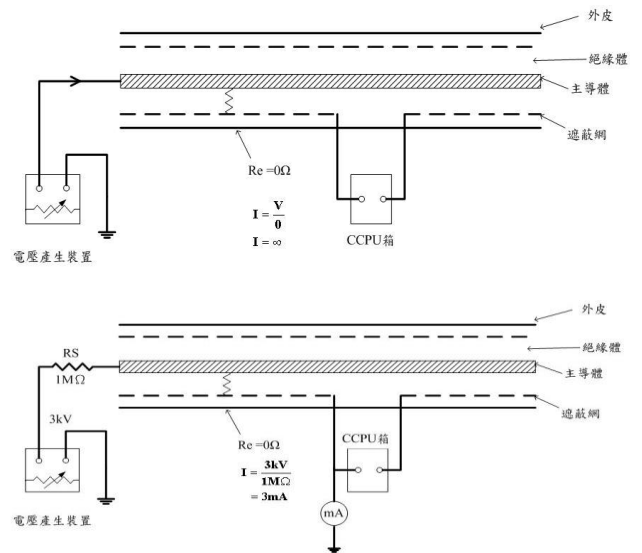
$Re_2 = 1M\Omega$  故  $I_2 = 3(KV)/1(M\Omega)$

$= 3mA$  電流經 mA2 表, mA3 表則因

$Re_3$  無限大，故  $I_3 = 0$ 。

(c)由量測數據可得知在 NO.2 CCPU 箱之 mA3 表電流=0，故 NO.2 CCPU 指向 B 端方向電纜是正常，而 NO.2. CCPU 箱之 mA2 表示 NO.2. CCPU 箱電流=3mA,表示指向 A 端方向電纜故障，綜合上述之量測結果，縮小範圍後故障落點即在 NO.1 與 NO.2 CCPU 箱之間電纜故障須檢修。

(6)當故障點對遮蔽網之等效電阻太低(直通或電阻值趨近於  $0\Omega$ )，如何量測?



故障點主導體與遮蔽網直接相通電阻極低，趨近於零，當使用電壓注入時，會因電流太大造成儀器電源保護跳脫，解決此問題可串聯一只外加電阻 (Dummy Load 用) 亦可產生量測電流,其判斷故障方式則與上述方法相同。(故障有可能造成直通現象,但機率不高)

2. 量測之注意要點：

(1)安全步驟

(a)確認線路無感應電壓：

電纜接頭引線拆除前須先完成線路兩端確實接地，再拆除電纜端子。為避免人員感電，在電纜端子之引線拆除前先

將電纜端子接地後再拆線，引線分離後再移開電纜端子接地線，用驗電器檢查確認無感應電壓出現在電纜端子上面，然後再進行檢測以策安全。

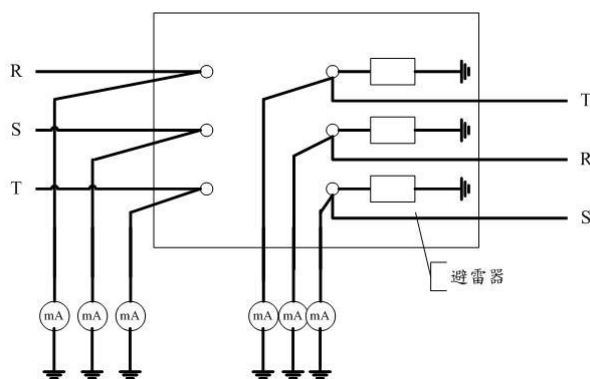
(b)本量測法亦可應用 GIS 設備之接地開關藉由拆除接地銅板後注入電壓進行試驗，但在拆除銅板時安全步驟亦須參照上述拆引線注意要點。

(c)長距離輸電線串接電纜，當檢測電纜時，須在連接站將架空線與電纜分離切除線路感應電壓進入電纜系統。

(d)平行送電之電纜，在量測前須先評估感應電壓危險性後，再依安全步驟進行。

#### (2)毫安表之使用要點

量測時，一次加壓以一相為主，避免混淆，但也為確認不要量錯，未加壓試驗兩相亦須檢測；未加壓之兩相其 mA 表電流值應為 0，故平時須準備至少 6 只以上 mA 表備用。但以現場實務應用經驗，可用單一表計逐相量測，應用上也相當便利，兩種方法可自行選擇。



(3)電壓產生裝置一般可用「可調電壓式高阻計」最高電壓值為

DC10KV。

## 四、檢討與建議

- (1)電纜檢修工作如涉及變電設備之量測特別是 GIS 部份，如與了解變電技術方面人員配合，可節省查修時間與提高工作安全性。
- (2)0~10KV 可調電壓高阻計，應以有使用經驗人員操作較安全。
- (3)電纜故障點之判斷方式因須多人同時配合工作，宜列入平時訓練課程，緊急檢修時人力可以靈活應用。
- (4)以本案例在這次事故能在短時間內查出故障點，應歸功於平時電纜被覆絕緣及 CCPU 箱管理得當，未損壞及受潮，否則大量漏電，毫安表讀值就不準確，會造成判斷的困擾。
- (5)本次事故與白蟻破壞有關，如何防治白蟻在驅蟲業界已有新藥，灑在洞口由白蟻帶入洞內感染其他白蟻死亡之方法可應用，另在巡視檢查電纜涵洞時可應用一種超高感度微波探知器，探知電纜洞內白蟻活動情形，再依據下對策。