

柳營 D/S 161kV GIS 1500 CT-1、2 S 相電流值偏低處理探討

嘉南供電區營運處 李振南

一、緣起

94.01.18 嘉民新營山線停電施工連接電纜一進一出柳營 D/S，竣工檢查完畢準備加入系統，嘉民新營海線正常供電中，柳營 D/S 161kV GIS 於進行短路試驗時(約 30A 左右)，發現 CB 1500 CT-1、CT-2 之 S 相電流值與其他各相比較有偏低情形，當時認為可能是試驗車輸出之誤差，待全壓加入系統時，再作確認判斷。

94.01.20 於全壓加入系統時(約 400~450A 左右)，CB 1500 CT-1、CT-2 之 S 相電流誤差相對變大，且匯流排差動電驛於 S 相亦量測出差電流 40mA 電流，依此比對，CT-1、CT-2 S 相電流值誤差有等倍放大現象，若遇外部有異常之故障電流通過時，可能會導致匯流排差動電驛動作之疑慮，遂要求製造廠家作 CT 檢查。

二、處理經過

1. 94.01.20 檢查所有 CT 之接線狀況均良好，再由 CT 接線端子台短路後，量測 1500 CT-1、CT-2 S 相電流值仍較其他相電流值低。
2. 94.01.21 申請停電，於下午 02：00~05：00 在廠家等會同下，對 1500 各相 CT-1、CT-2 作匝比試驗、二次側接線絕緣電阻及 CT 內阻量測，未發現異常，下午 5 點恢復送電。
3. 94.01.27 申請停電，回收 1501、1502 氣室之 SF6。
4. 94.01.28 CT 吊離本體，進行各項檢查，包括 CT 導體檢查及外觀檢查和絕緣墊片檢查，確認 CT 固定板、遮蔽罩與 CT 固定座之間隙，詳圖 1。
5. 94.01.29 進行 CT 導體檢查時，發現 S 相 CT 之遮蔽罩與固定座碰觸在一起，且碰觸點附近有黑色痕跡。拆解 CT 並重新調整其固定板、遮蔽罩與固定座之間隙均在 3mm 以上(標準 3~7mm)。將 CT 重新組回安裝於 GIS 本體上，並抽真空。
6. 94.01.30 充填 1501、1502 氣室之 SF6，並測試 CT 匝比、二次側直流電阻值、絕緣電阻均符合標準；量測 CB 主回路絕緣電阻、功因、接觸電阻及探漏，均符合標準。
7. 94.01.31 量測 1500 及相關區間 SF6 含水量及探漏，並從各 Bay CB 兩側 ES 加交流 120A 測試 CT 精確度，均符合標準。
8. 為確認 1500 以外，GIS 其它各檔位無類似情形，於 94.01.31 從各檔位 CB 兩側 ES 加交流 120A 電流測試 CT 精確度均符合標準，推斷 1500 CT-1、CT-2 之 S 相電流值偏低情形應屬個案。
9. 94.02.01 試驗所進行相關試驗均合格。

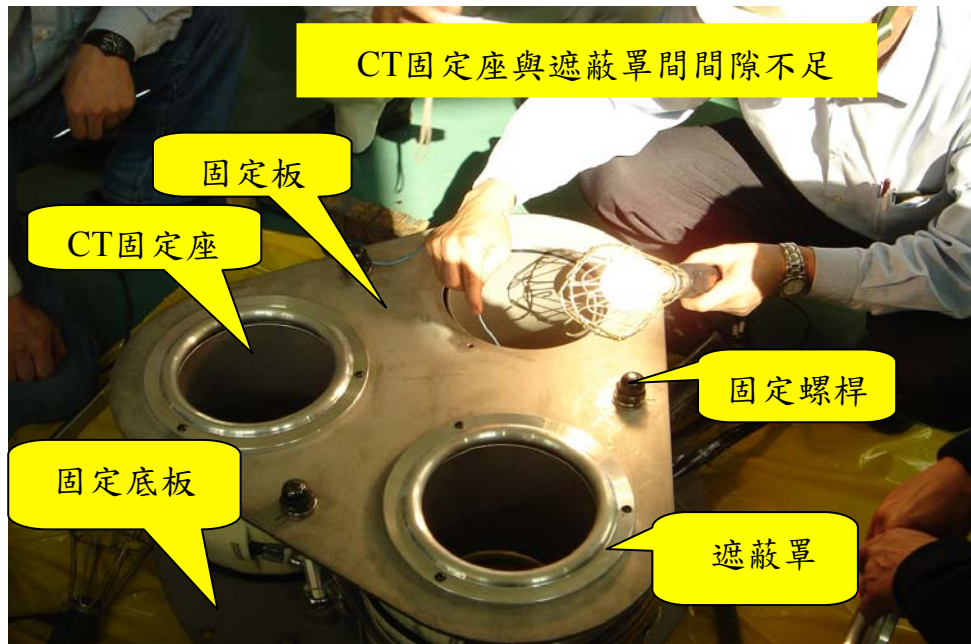


圖 1 確認 CT 固定板、遮蔽罩與 CT 固定座之間隙

三、檢討分析

1. 原因分析

(1) 因 1500 CT-1、CT-2 之 S 相電流值與其他各相比較有偏低情形，初步推斷可能原因為：

A. CT 不良。

B. CT 固定座與遮蔽罩間因間隙 (GAP) 不足，造成 CT 固定底板、固定座、遮蔽罩、固定板、固定螺桿因此成為一個”磁通分路”，產生感應電流，因而影響 CT 二次側電流正常輸出。

經由檢討 CT-1、CT-2 同時不良之機率甚小，因此 B 項原因可能性較大。

(2) 94.01.29 進行 CT 分解作業，發現 S 相 CT 遮蔽罩與 CT 固定座有碰觸在一起之現象，且碰觸點附近有黑色痕跡，初步推定為另一個”磁通分路”產生感應電流，在此磁通分路流通所致，也因而影響 CT 二

次側電流正常輸出，是 CT 二次側電流輸出略為偏低之原因。

(3) 詳圖 2 為磁通路徑側視圖、上視圖，當主導體流過 I_1 電流，正常時產生之磁通通過 CT 鐵心，感應 CT 線圈二次電流 I_2 。當遮蔽罩與 CT 固定座”點接觸”後，CT 之上下固定板之間與固定螺絲及固定座形成一個”磁通分路”。

類似一匝線圈感應電流 I_2' 在 CT 鐵心上，詳圖 3 磁通示意圖；因分流關係 CT 之二次輸出電流 I_2 減少。

(4) 為確認此次事件之真正原因源與推定、分析相符合，特別以 200/5A 之 CT 實際以電源供應器(短路型變壓器)通過交流電流試驗，以不同導體(22mm² 銅導線、5.5mm² 銅導線、2.6mm² 鐵線)纏繞一匝線圈來模擬此”磁通分路”來驗證實際是否影響 CT 二次側輸出，結果量測數據如下：

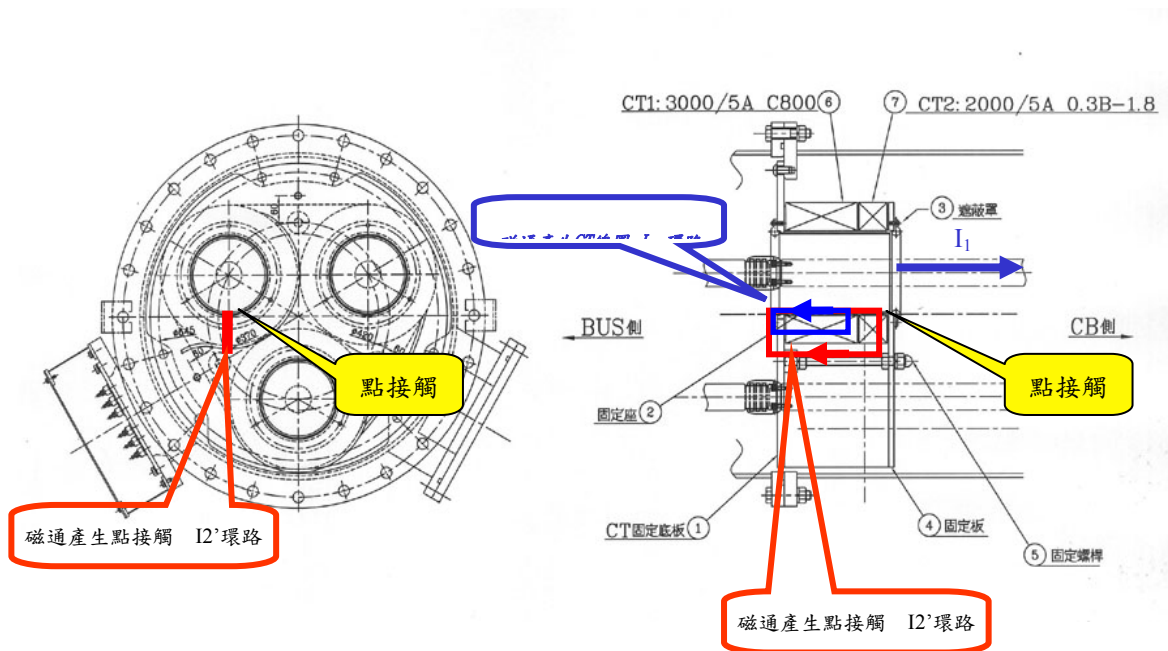


圖 2 為磁通路徑側視圖、上視圖

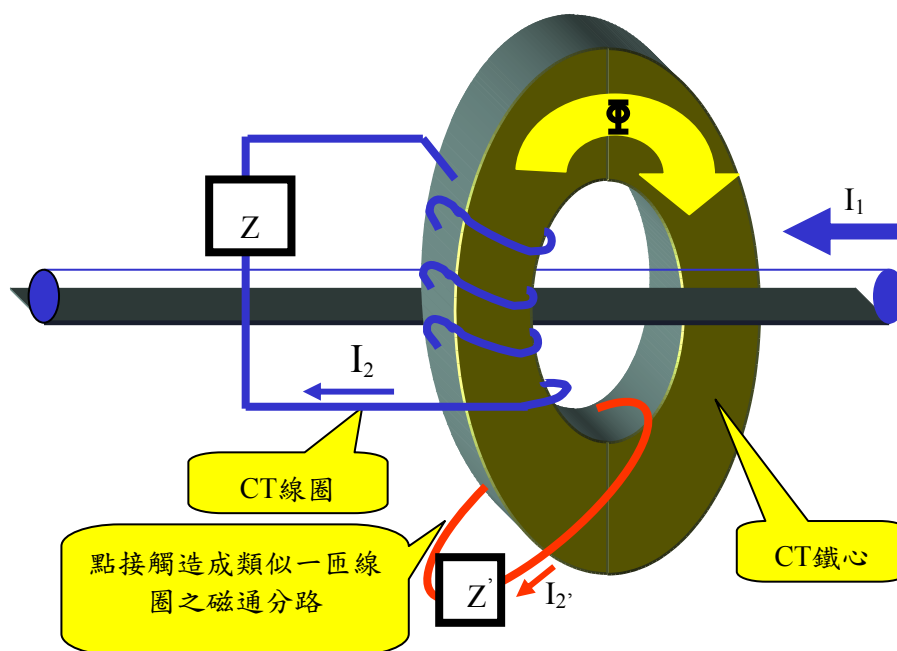


圖 3 磁通示意圖

	一匝“磁通分路”材質	一次側加入電流	CT 二次側電流	“磁通分路”感應電流
Case 0	無(正常)	199.8A	5.1A	無
Case 1	22mm ² 銅導線	198A	3.3A	63A
Case 2	5.5mm ² 銅導線	200A	4.2A	30.9A
Case 3	2.6mm ² 鐵線	201A	4.8A	4A

本模擬試驗重現柳營 1500 CT-1、CT-2 二次側電流較正常值偏低之現象，當”磁通分路”之阻抗愈低（如 Case 1），”磁通分路”之感應電流會愈大，影響 CT 二次側電流正常輸出也愈大。而此次柳營 D/S 1500 CT-1、CT-2 推定 CT 固定座與遮蔽罩點碰觸之情形與模擬試驗 Case 3 之 2.6mm² 鐵線之情形較接近。

四、再發防止計畫

為避免類似情形發生，製造廠家已將 CT 固定座與遮蔽罩間間隙之公差，由原來之 5±2mm（即 3~7mm）修改為 5~8mm，增大間隙以防類似情形再發生。並要求製造廠家：

1. 確認回復 CT 固定座不再碰觸到遮蔽罩(間隙已修改為 5~8mm)，在設計上須有防呆措施，防止人為感覺之疏失或查檢遺漏而造成類似問題。
2. 在安裝過程中品質檢驗，其查檢表應列入此項目。
3. CT 在組裝完畢後須有模擬電流試驗，確認品質無問題。
4. 已加入系統之 GIS CT 有無類似結構之設備，如何確認無此類問題。
5. 評估高鐵 C/S 加入系統運轉後三相不平衡負載長期達 86MVA，是否影響 CT 固定板之發熱量。

五、心得

1. 本次柳營 D/S 1500 CT 電流值偏低事件，該 1500 CT 於竣工時亦曾施行之 CT 激磁電流特性試驗，然未能事先發現此項弱點是有待探討；

1500 CT 處理後再作 CT 激磁電流特性試驗，其曲線與竣工檢查均差不多。既然磁動勢被一匝線圈所旁通，理應其激磁電壓會降低，為証實推測無誤遂要求製造廠家做同規格、廠牌之 CT 激磁電流特性試驗，結果如所預期確實改變了，以 CT 二次激磁電流 $I_e = 0.05A$ (CT 激磁電流特性 3000/5 之鞍點電流)TAP 為例

	正常	銅線 短路	鍍鍍華 司短路	不銹鋼華 司短路
二次激 磁電壓	800V	600V	684V	694V

結論：當”磁通分路”之磁阻愈小時，CT 二次激磁電壓就愈低。

2. D/S 興建工程中，因送電時程壓力下，史無前例在土木未完工時就進行機電工程安裝，在此作業環境下如何管制其安裝品質，安裝技師的角色更形重要。更令人擔憂的是未來的六輸統包工程在工程期限壓力下，土木與機電併行作業是可預見的。未雨綢繆計須明訂作業時程之工程管制點，並要求其作業環境須嚴格管控、紀錄，如某設備廠家 161kV GIS、23kV C-GIS 組裝作業環境為每分鐘 2.83 公升流速，直徑懸浮顆粒 2μm 分別在 5 萬、10 萬個以下。
3. 如果將微小的偏低值視為合理誤差，日後發生外部短路故障時滙流排差動電驛又可能因電流的不平衡導致動作跳脫引起滙流排停電。此次有賴於電驛專業人員作事用心、時時小心謹慎、實事求是才得以避免另外一次的滙流排差動電驛誤動作跳脫造成全停電事件。