

電纜頭破壞事故說明檢討

■ 邱敏彥/震江機電技術顧問股份有限公司

壹、前言

某科技廠在變壓器R相發生電纜頭破壞事故(圖1)，因故障電流未達到保護電驛設定值，所以在故障發生時CB並未跳脫，而由巡檢人發現異味後才發現到電纜頭已經破壞，而大部分的電纜頭事故大都跟本身材質無關，最主要是因施工上的瑕疵，如殘留空氣氣泡及雜質在電纜頭內部，或是施工方法尺寸錯誤等所造成。此事故檢討報告主要檢討電纜頭發生事故的原因，及檢討此電纜頭是否會持續破壞，進而造成更嚴重的短路事故及停電損失。



圖1 事故電纜頭破壞位置

貳、事故原因說明

圖2是電纜頭的內部構造及事故點，其中紅框部份常是電纜頭施工不良造容易成放電的區域，而此次電纜頭事故正好發生在應力錐終端的位置，此位置若施工時未塗抹矽膠或矽膠塗抹不足時，將會遺留空氣在應力錐的終端處，因整個電纜頭可視為電容成份與電阻成份並聯所成的絕緣材料，所以在加交流電源時，電纜頭絕緣體表面及內部的電位並不是由絕緣電阻、表面洩漏電阻所決定，而是由絕緣材料部份電容與空氣部份電容的分壓而定，因此電纜頭各點的電位不相等，出現不均勻的電位差。而電纜頭發生局部放電的原因會取決於此不均勻電位分佈其電位梯度(potential gradient)的不均勻程度與電纜頭耐閃絡電壓的高低而定，且與介電材料的介電常數(dielectric constant)有很大關聯，但無論如何與絕緣電阻無直接關係。

從圖3電纜頭的等效電路來探討，因空氣的介電常數比XLPE絕緣體及電纜頭來的

小，所以跨壓在C3空氣的電場強度就大，因此當空氣的電場強度大於空氣的絕緣強度時，留在電纜頭內的空氣就會崩潰而開始放電，其放電的結果如圖4所示，因放電會產生臭氧，而臭氧會跟絕緣材料產生化學

變化並破壞絕緣，當放電到絕緣材料開始碳化後，會改變電纜的均勻電場，然後電力線會集中在絕緣材料劣化的區域，最後就會發生由導體到地的高阻抗故障的短路事故。

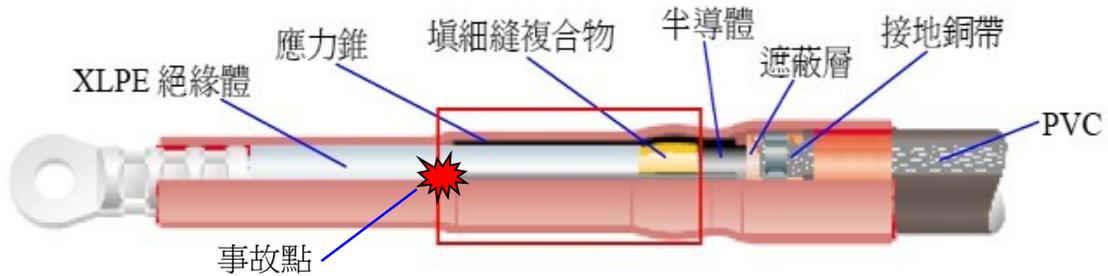


圖2 電纜頭內部構造及事故點

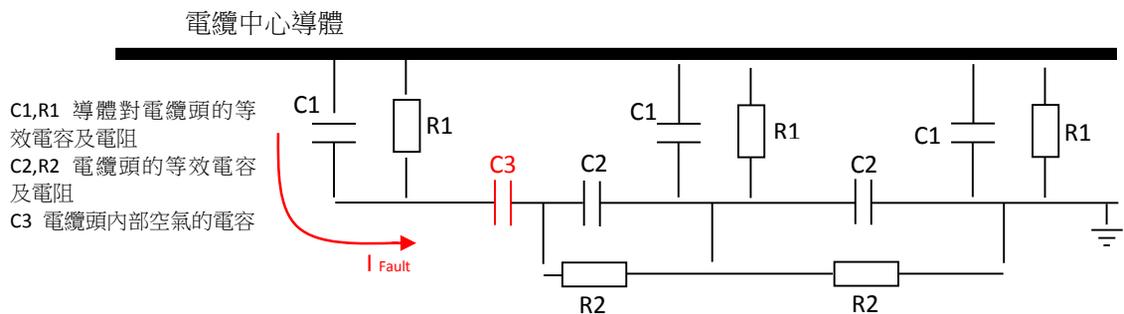


圖3 電纜頭的等效電路

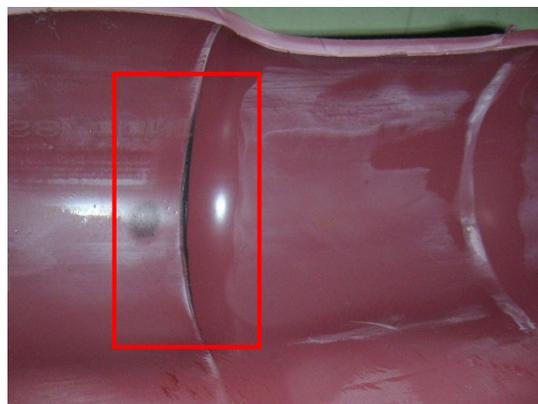


圖4 電纜頭應力錐終端處的內部放電

參、二次事故破壞

當電纜頭發生短路事故時，其故障電流會產生高溫，而高溫會造成事故點周遭的空氣離子化，離子化的空氣會導電，尤其是在電場極不均匀導體尖端處開始對地產生電弧，這就是所謂二次事故破壞，圖5說明二次事故的電弧位置及電弧燒灼的痕跡，圖6則說明二次事故各電弧點的相對位置。

肆、測試

從圖3的等效電路看來，當C3的位置已經開始放電而絕緣破壞時，其導體對電纜頭及電纜頭對地的等效阻抗仍相當高，因此以一般的直流電阻測試的結果其阻抗值仍相當高，所以直流電阻測試只能測試整個絕緣體的劣化情形，而內部的故障瑕疵並無法檢測出來，這也說明為何歲修時此

電纜頭絕緣電阻相當好，而送電一段時間後即發生短路事故的原因。

雖然直流絕緣電阻測試無法檢測內部的放電，但部份放電測試則可以有效的檢測出內部的瑕疵放電點，不過依據IEC60270標準法測試部份放電時，必須連接耦合電容，而活電中要如何連接耦合電容卻成了最大的問題，所以現在都採用電磁場耦合的方式於活電中來檢測部份放電，因故障的電纜頭仍在送電中，那是否有潛在危險因素會造成另一次的短路事故發生，則必須由局部放電檢測來判定目前的危險性，所以針對此電纜頭施作局部放電測試，其測試的結果如圖7所示，其放電量約在100pC左右，可見此已經破壞的電纜頭仍有持續放電中，但如果要判斷其危險性，則必須持續追蹤觀察其放電量及重複率是否持續變大而定。

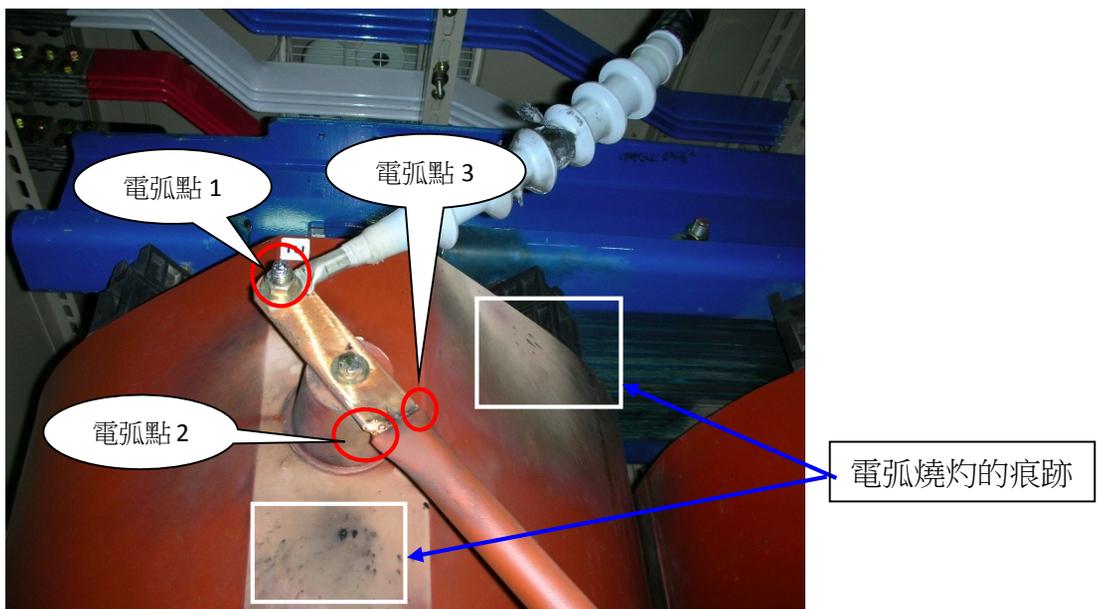


圖5 二次事故的電弧位置及電弧燒灼的痕跡

a. 電弧點1的對應位置



b. 電弧點2的對應位置



c. 電弧點3的對應位置



圖6 二次事故各電弧點的相對位置

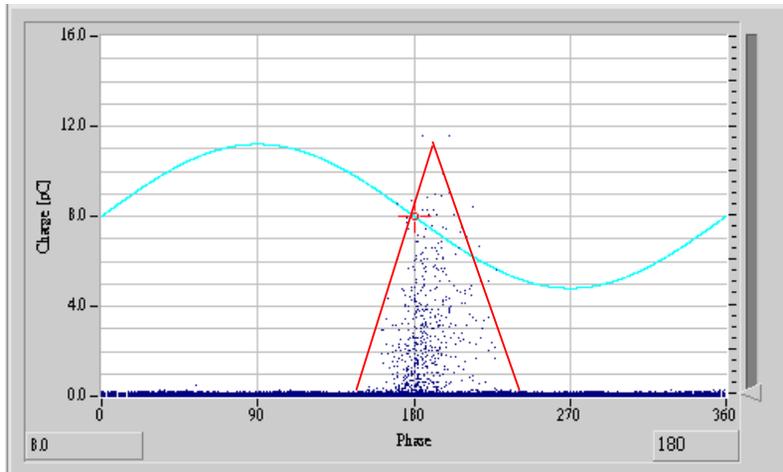


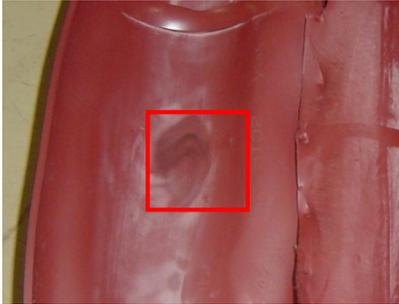
圖7 電纜頭的放電圖譜

伍、其他電纜頭部份放電實例

活線的局部放電檢測在台灣的應用下，已經有相當的成果績效，如果能在事故發生前發現危險的潛在因素，就能防止電力系統短路事故的發生，圖8是利用局部放電發現到的電纜頭內部放電，圖8-a 是熱縮式電纜頭因熱縮不完全，殘餘在電纜頭的空氣造成的放電，圖8-b 是電纜頭在施工時必須將半導體移除，移除過程中若切痕過深時，而未利用矽膠填補縫隙時造成的放電，

圖8-c 是半導體膠帶施工錯誤所造成的放電，通常電纜頭施工時半導體移除時必須平整，而半導體膠帶的目的是讓半導體更平整，若施工不良就會造成電力梯分布不均而放電，另外圖8-c 也發生另一種錯誤，就是應力錐並未套入半導體中(藍框處)，此電纜頭就完全失去電纜頭處理電力線的效果了。

a. 電纜頭的內部空氣放電



b. 施工時切痕太深造成的放電



c. 半導膠帶施工錯誤的放電

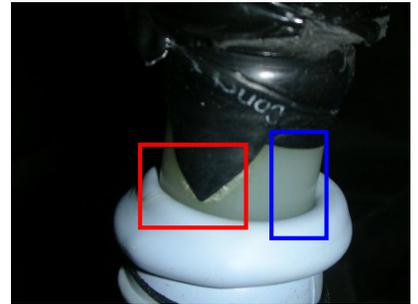


圖8 利用局部放電檢測發現各種電纜頭的內部放電

陸、建議事項

雖然目前此電纜頭的放電量不大，但是並不代表就沒有危險性，通常若絕緣材料發生部份放電時，在其崩潰前部份放電的量及重複率都會變得很大，所以如果無法停電更換處理的話，則建議定期追蹤其放電訊號，而追蹤週期最好是在2~3周內，但最好的辦法就是能夠停電處理更換此電纜頭。

所有的高壓設備中只有電纜頭必須在現場施作，因此對電纜頭施工要求則非常的嚴格，而通常若有電纜頭施工不良的話，其他電纜頭也會有同樣的問題出現，所以另外再建議針對其他的電纜頭或高壓等設備實施局部放電檢測，如此才能提前發現異常之高壓設備，並防止其他事故發生。

柒、參考文獻

- [1] IEC 60270 High-voltage test techniques – Partial discharge measurements.
- [2] IEC 62478 High voltage test techniques – Measurement of partial discharges by electromagnetic and acoustic methods