

ㄋㄨ 經驗談 ㄋㄨ

從猴害談輸電線路載波保護電驛

■ 張永榮

台電電力調度處

壹、前言

一早上班，就接到由東部某單位轉來的事故通報。是一件影響到停電的事故案。此一事故經當地線務維護人員特別巡視結果，發現在輸電線路某一電桿處，由於猴子感電所引的事故。事故地點是找到了，但是對於保護電驛動作結果有所困惑，請求派員協助調查相關電驛動作情況。

貳、環境簡介

一般人對於東部一系列的水力發電廠較熟悉者為龍澗發電廠，是由龍澗、龍溪及水簾三個廠所組成，位於花蓮市西方約50公里處的山區裡，是屬於木瓜溪流域的發電系列，由台電東部發電處負責經營。其天然水流經龍溪、龍澗、水簾、銅門、榕樹、初英等電廠發電後，尾水提供下游農田灌溉用水。沿溪而上，四周盡是青山連綿，林木參天，充滿恬靜的山谷氣

息，是個令人嚮往的世外桃源。遙望車窗外的翠綠石壁間，瀑布自數百公尺高的懸崖上飛奔而下，真是狀觀極了。

這兒的空氣比起台北真是格外的新鮮，一早起來聽那雞啼與鳥鳴聲，喚起我心靈的顫抖，這是多麼遙遠的往事。暮然回首，小時後成長於台北的我，可不是也經歷過這段熟悉的日子，只可惜都已在星晨中飛逝而去，留下的盡是些遙不可及的回憶。

參、主角--猴子出現

此次的公差，主要目的在於調查猴子感電所引起的停電事故，在這千餘公尺高的山谷，早晚溫差變化極大。才剛過完新年，一波波的強烈冷氣團相繼來襲，台灣難得一見的雪景已然出現，在此處可眺望遠方群峰皚皚白雪。在電廠附近的森林裡，可看到成群的猴子在樹梢上跳來跳

去，似乎也知道要下山來避避寒，找點吃的東西。

肆、不速之客

從台電公司歷年來的機電事故統計資料中分析，在69kv 系統的天然災害中，以雷害所佔比例最高，約為78%；其次是鹽塵霧害，約為12%，風害佔6%，由鳥獸接觸所引起的事故，約佔2%的比例。

在鳥獸事故中，包括哺乳類動物的貓、狗、老鼠，爬蟲類的蛇、避虎，昆蟲類的螞蟻、蟑螂等等，這些都是常見的不速之客，其犯行包括導線碰觸、咬損設備、堵塞接點等。

近幾年來，因動物所造成的機電事故時有所聞。例如：某自備用戶曾經發生貓爬上主變壓器，引起三相短路事故。在台電北山發電廠、通霄發電廠及關渡變電所，均曾發生蛇爬上輸電線而造成事故。因鳥啣物體掉落碰觸匯流排、變壓器或線路而造成事故。更有花蓮某水泥廠因老鼠闖入開關箱，引起停電事故；至於老鼠咬破電纜線造成短路、接地現象而導致嚴重事故之案例更是不勝枚舉。

猴子引起的機電事故倒是極為少見又特殊的例子。因為居住在山谷中的猴子，大多過著群居生活，以採取野果、樹葉、昆蟲為食。由於猴子頭腦聰明、手腳靈巧，從一棵棵的樹梢縱飛而過是其家常

便飯。而這隻發生事故的猴子，可能錯把輸電線當成樹幹來玩，因而碰觸到輸電線路，引起瞬間接地，產生火花與電弧，使電流自猴子的身體流過，造成無法彌補的憾事，是本次事故原因之所在。

伍、事故概況

這是一個陰天的早上，頑皮的猴子碰觸到大仁變電所斷路器編號650的線路出口第14號桿輸電線，造成單相接地事故，引起以下保護電驛動作，造成大仁變電所全停電(參考圖一)：

變電所	斷路器	動作電驛
大仁	650	67N
大孝	630	85N,21Zp
大忠	610	85N,21Zp

陸、載波電驛動作原理簡述

載波機組是輸電線路保護中的靈魂，它藉由機組的發射和接收單元，利用電力線來做高頻信號的傳遞工作，用以達到快速、可靠的一種保護方式。

一、發射部分

以 ABB 製 TC 型機組為例，由振盪器、緩衝放大器、驅動器和功率放大器所組成，並配合最後一級的濾波網路，經同軸電纜送到屋外的線路調諧器、耦合電容

器，而至電力線以將訊號傳遞到對方。其功率輸出額定值為10瓦特，射頻(RF)電流為410mA。

機組輸出端的阻抗，必須與同軸電纜的特性阻抗值配合，不同的阻抗值在功率為10W時，其輸出電壓亦不同，茲以下表來表示：

同軸電纜組阻抗值	輸出端電壓(10W)
50Ω	22.4V
60Ω	24.5V
70Ω	27.0V

我們可經由發射機電路板上的功率輸出控制調整鈕調整輸出，或由輸出濾波器調整其軸線螺帽的進出位置，得到上述額定值10W的輸出電壓，前述步驟我們要連續多次來回調整，以求得穩定和可靠的輸出。

簡單的講，首先將發射機與同軸電纜間的連接線拆除，接上適當的虛擬負載電阻(50Ω、60Ω或70Ω)，調整輸出控制鈕(R112)，在虛擬負載電阻兩端得到其對應的標準電壓值(22.4V、24.5V或27.0V)。其次調整電抗匹配(L105)，確定它有最大的輸出功率10W。最後將同軸電纜接回去，才算完成發射機的調整工作。

二、接收部分

當發射機調整好了之後，額定的標準輸出功率為10W，藉由電力線傳遞到對

方；同理，對方傳遞過來的訊號，經過耦合電容器、線路調諧器、同軸電纜，進入到接收機。

接收機是由本機振盪器、混波器、中頻放大器、檢波器、輸出放大器所組成，在接收部分有三個訊號調整旋鈕，將其功能分別說明如下：

1.R202，其位置是在載波機組面板的前面，有從0到10的刻度的黑色旋鈕，當外來訊號經輸入濾波器時，做為控制增益用。通常設定在-15dB操作臨界，允許接收訊號在合理的範圍內變化，我們調整此鈕才不會影響到輸出的閉鎖電流。

2.振盪器輸出大小調整鈕 R212。

3.R239是在工廠出廠前已設定好，它提供180mA輸出，對125mV的靈敏度。

通常接收器的標值為直流220mA(當接收訊號低於140mA以下時，會產生電驛閉鎖不良的誤動作事故)。這是因為載波電驛訊號均以大地為回路，因此如接地不良，天候變化，均會影響接收訊號能力的強弱，像這次猴子所引起的事，就充分顯現出來，訊號對事故發生時的電驛動作有多麼大的影響。如何調整收發訊號值之間的匹配，是非常重要的課題。

三、收、發訊號調整

在正常狀況下，我們首先將對方送來的訊號做一完整的記錄。例如，接收到對方送來的訊號為38dB(訊號通常經過傳送

之後，必定會有一些損失)，我們將本身的發射機打開，降低輸出訊號功率，使其低於所接收到對方訊號值 15dB(以上述為例，本身的發射機的輸出訊號功率應調整為 23dB)。

以本身發射機所發射的訊號為接收訊號的來源，調整 R212，使本身接收增益控制到 100mA，即所謂的膝點(Knee Point)。最後再將本身發射機調整到 10W/40dB 的輸出，此一調整工作亦須反覆多做幾遍。

四、事故的研判

本事故研判是以斷路器#610 及#620 為探討重點，輸電線路保護方式為載波訊號閉鎖系統，請參考圖二。

1.故障點在 A 處所(即為內部故障)

#610 的載波機不會發射訊號，所以 #620 不會接收到閉鎖訊號，因此#620 斷路器會跳脫。同樣的，#620 的載波機不會發射訊號，所以#610 不會接收到閉鎖訊號，因此#610 斷路器會跳脫。

2.故障點在 B 處所(即為外部故障)

#610 的載波機不會發射訊號，所以 #620 不會接收到閉鎖訊號，但#620 的保護電驛因看不到背後的事故而不會動作，因此#620 斷路器不會跳脫。但是，#620 的載波機會發射訊號，所以#610 會接收到閉鎖訊號，因此#610 的保護電驛雖然看到事故，但因被訊號閉鎖而不會動作，所以#610

斷路器也不會跳脫。

五、回路介紹

1.外部故障時(請參考圖三)

(a)#620 載波訊號及斷路器狀態

當故障發生於 B 點時，#620 的 21Zs(相間載波起動電驛)電驛偵測到事故，電驛動作而將其常閉接點(三相元件或兩相元件)開啓，其回路經 N1→21Zs(φ-φ)→21Zs(3φ)→85(Io)→85(LS)→85(TS)→嵇納二極體→機組 Z8 而得到正電壓，載波訊號被啓動。

被啓動的載波訊號有兩回路可走，一回路經由同軸電纜傳遞到對方去；另一回路經 Z9→mA→AL→RRH，以閉鎖電驛動作元件，使本身斷路器不會跳脫。

(b)#610 載波訊號及斷路器狀態

當故障發生於 B 點時，#620 的 21Zs 起動載波機組，發射標準的 10W 訊號，經同軸電纜傳進來，到 Z9→mA→AL→RRH，閉鎖住電驛動作元件，使#610 本身斷路器不會跳脫。

2.內部故障時(請參考圖四)

#610 及#620 的載波機啓動回路由負電壓 N1 經由 N1→21Zs(φ-φ)→21Zs(3φ)→85(Io)→85(LS)→85(TS)→嵇納二極體→機組 Z8 而得到負電壓，載波訊號被禁止啓動。其跳脫回路如下：

a.若是相間故障，請參看圖五所示，跳脫回路經 50-1→21Zp→85LS→CSP----

→RRP 到跳脫回路。

b.若是接地故障，請參看圖六所示，跳脫回路經 85N(Io)→85LS→CSG----→RRP 到跳脫回路。

柒、故障討論

從前面第五節事故狀況所述，大仁、大忠、大孝變電所均因猴害引起的載波保護問題被彰顯出來，造大仁變電所全停，殊為惋惜。我們參照第陸節的原理簡述，就可以大概了解問題發生之所在，並做適當防範，以減少無謂的損失。現在再從每個變電所來做故障分析。

一、大仁變電所#650 斷路器動作分析

事故發生在大仁變電所出口第 14 號桿，屬於內部故障，理應載波電驛快速動作跳脫，隔離事故點，以突顯主要保護電驛的功能。但事與願違，主保護電驛沒有動作，卻靠後衛保護電驛 67N 方向性接地過流電驛來動作，使得事故清除時間延緩了。經查原因係載波輔助電驛 85 的 RRT 線圈斷線所導致。

二、大忠變電所#610 斷路器動作分析

由於大仁變電所#620 的載波機組訊號發射不正常(對大忠變電所#610 而言為外部故障，其載波機組應啟動發射訊號)，在大忠變電所#610 處收到對方傳來的訊號為三段式遞增方式，從 100mA 增加為 150mA 最後才到 220mA(標準值)。事後試

驗證明，本身接收機接收能力調整與對方發射訊號之功率匹配上有問題，使得大忠變電所#610 無法正確收到閉鎖訊號，而引電驛多跳。

三、大孝變電所#630 斷路器動作分析

如圖七所示，大仁變電所#640 的載波機組原是要送一個閉鎖訊號給對方，以閉鎖大孝變電所#630 載波電驛動作。但是事實上由於廠家產品品質不良，在 85N 載波接地電驛內部，接線端子第 10 與第 1 之間的 Do 與 Io 接點反接。這時不管是內部事故或是外部事故發生時，只要有接地故障電流被檢出，Io 就會動作，CSG 線圈也就會動作，相關的 CSG 接點閉合，提供負電壓到 Z8，載波訊號被強迫停止發射，而沒有閉鎖訊號傳送給對方，造成大孝變電所#630 斷路器動作，此乃廠商產品品質不良所致，在試驗時須設法發掘各項可能缺失。

捌、結論

本次事故調查能有圓滿的結果，非常感謝許多同事的參與和協助。在技術上，我們又精進了不少；同時對自然環境也多了一些體認，誰說與魚與熊掌不可兼得呢？茲將這次事故，所顯現的一些應注意事項概述如下：

1.在靠近輸電線時，應保持一定的有效安全距離以上。

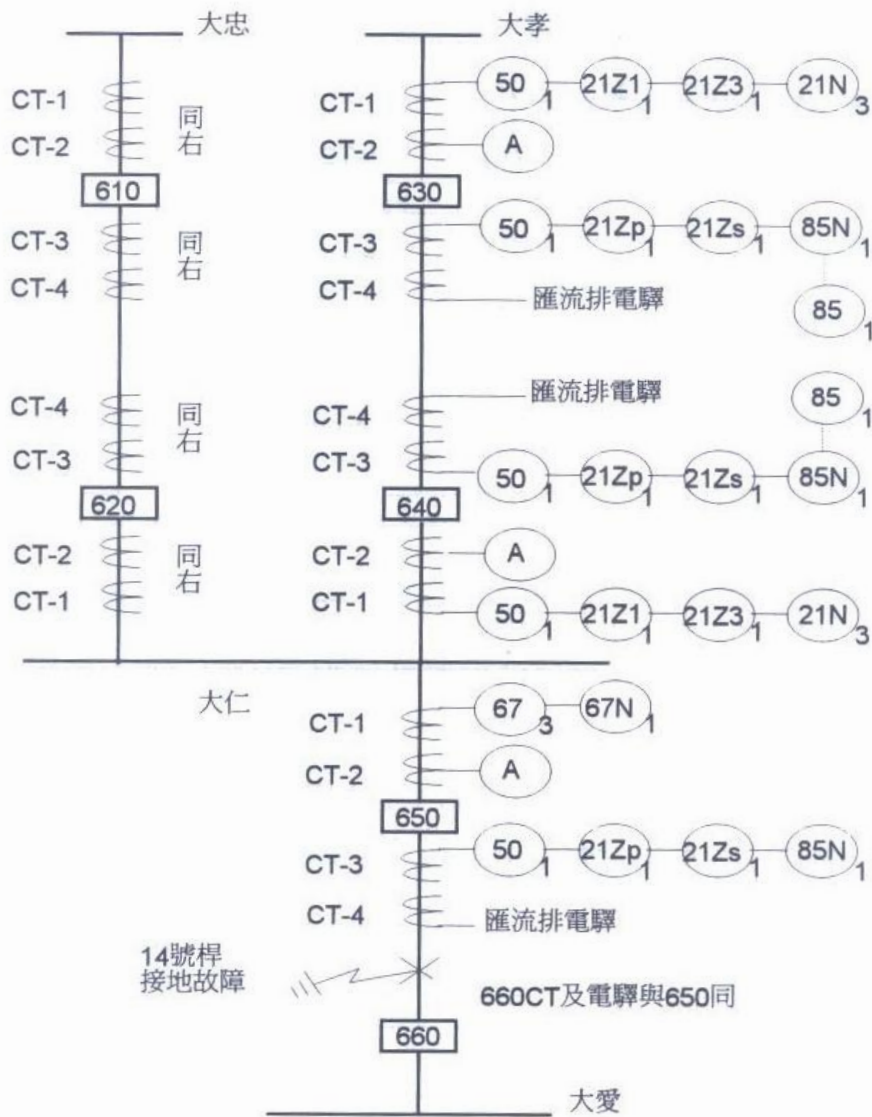
2.對於鄰近相關變電所的保护電驛，其標置應能協調配合。

3.發射訊號調整是一項非常重要的工作，應確實做好調整，尤其是 15dB 的餘裕必須妥為調整。

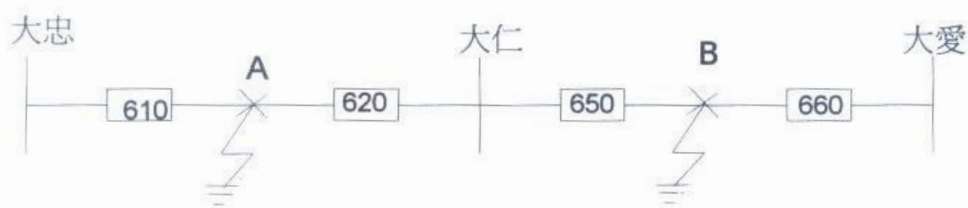
4.載波接收電流如低於 140mA 時，會

引起電驛閉鎖的不確實，導致電驛誤動作，須格外留意。

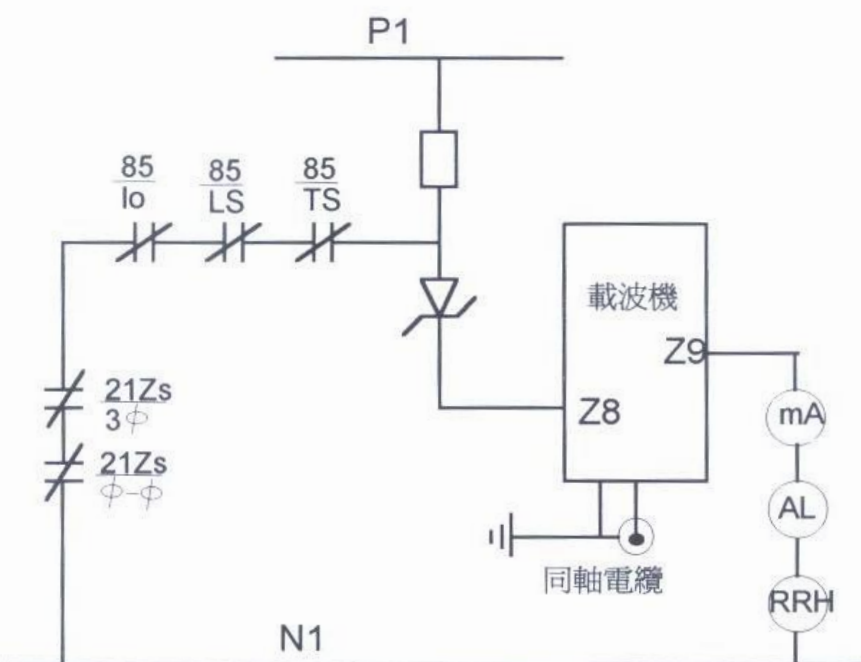
5.RRT 與 RRH 是載波保護電驛回路裡非常重要的兩個線圈，是電驛動作或閉鎖的關鍵所在，保護電驛各項試驗時必須詳細測試其功能是否正常。



圖一. 系統單線圖

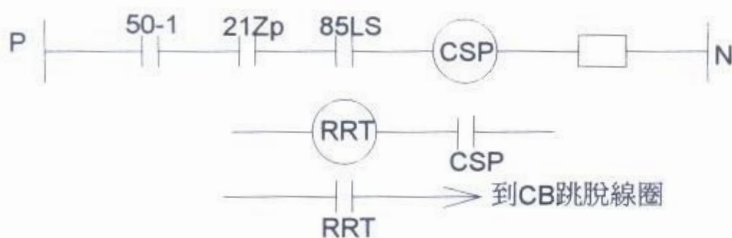


圖二. 事故判斷

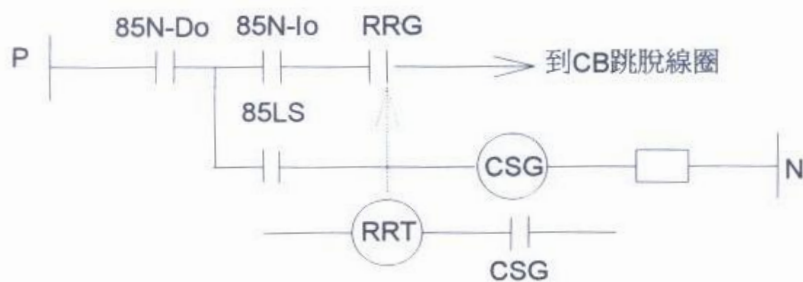


圖三. 外部事故時Z8為正電壓，載波啓動

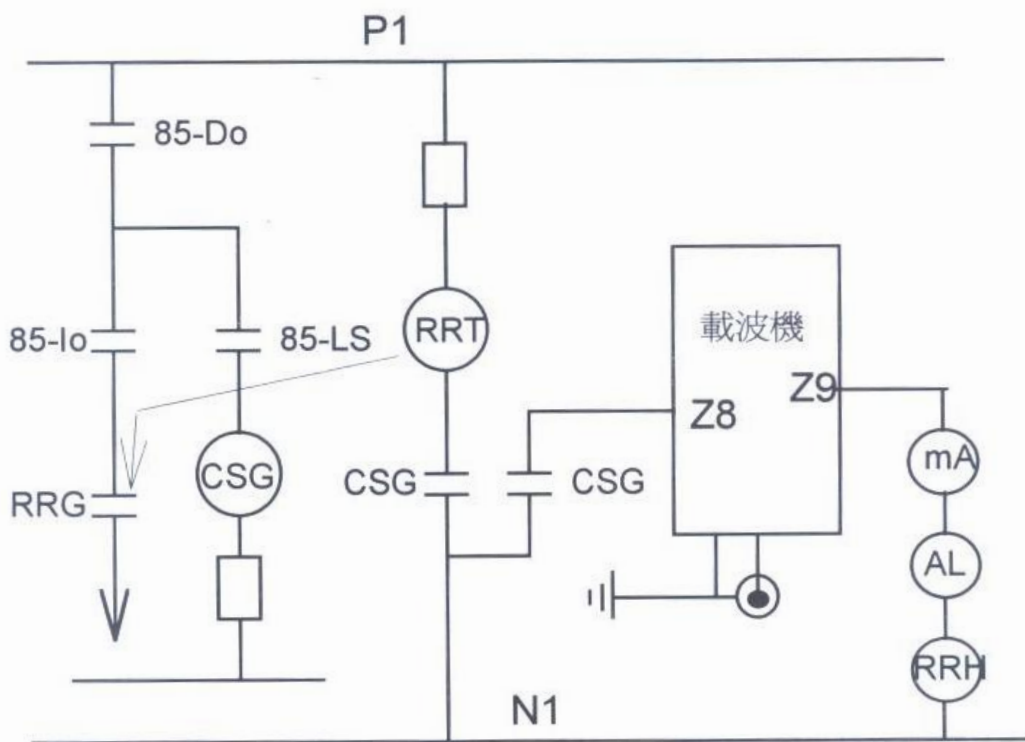
圖四. 內部事故時Z8為負電壓，載波閉鎖



圖五. 相間跳脫回路簡圖



圖六. 接地跳脫回路簡圖



圖七. KRD-4跳脫回路簡圖