

從事故談起 如何做好電驛工作

張永榮

台電電力調度處

壹、前言

民國 84 年 8 月 5 日在龍潭和松樹間，因輸電線路遭受雷擊，導致南北超高壓幹線因而解聯，造成北部地區大停電。去年 5 月 5 日因新竹變電所亞泥線，瞬間被雷擊中，亦造成該地區重大停電事故，另有一仟伍佰頭豬被活活電死。今年 3 月 27 日新竹科學園區又發生事故，雖是短暫的 11 分鐘，損失金額也是上億元。這類事件不斷重覆上演，讓人有談虎（電）色變之慮。

台灣經濟櫥窗是以高科技為主，把台灣建設成為一科技島，深受國內外人士所肯定，也讓我們能脫離從去年起，所延燒的亞太金融風暴。但從另一項統計數據觀察，近四年來因天然災害、人為疏失等意外，僅對“新竹科學園區”一處所造成的跳電或無預警斷電，其次數已超過兩位數以上。雖然事件發生，

並不一定全是台電公司的錯，有時台電本身也是事故中的受害者，但這問題還是值得我們來省思。

貳、重視 PQ

由於工商業蓬勃發展，電力系統規模日益龐大，電力公司輸電鐵塔基座，配電線路的水泥柱、木桿，到處林立可見。高壓線路在天上跑，配電線路往地下走，發變電設備與你我為鄰，像這一類設施若未能慎重處置，做好周全的保護，可能成為一顆非常可怕的不定時炸彈。

企業主為追求永續經營，提高可靠的電力能源，用以滿足用戶需求。新建、擴建、改建、汰換等工程不可一日怠廢。PQ(Protection Quality)保護品質，是未來生活的指標，帶動整個國民經濟成長，電力的保護品質係繫在保護電驛上

(Protective Relaying)，它具有可靠性強、速度快、靈敏度高的特點。當電力系統發生任何事故，均能予以快速、有效的隔離清除，減少電力設備受損。

台電公司高瞻遠矚，有鑑於電驛的重要。多年前將電驛人員編制擴編為維護和技術兩個部門，並由原來十多人的單位，逐漸增加到目前的四十餘人，估計到民國 90 年，人數增加為目前一倍。在民營化的聲浪中，人員精減不可免，但這現象倒是很特殊，可見決策階層已然了解到電驛在 PQ 中所擔任的角色。

參、事故概述

自由變電所，這個位在台灣偏僻的小鄉鎮，拜人口激增負載增加，曾於今年初在附近增設大孝變電所，用以紓解當地電力供應的窘境，相關電力系統如圖一所示。



圖一、相關系統

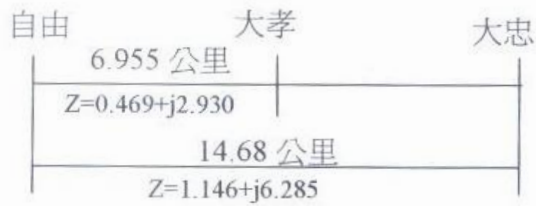
早上上班，接到自由變電所吳所長

打來的電話，是一件影響停電事故案。過程為自由變電所切换 PT 時，引起測距電驛 CEY 誤動作，使得該變電所斷路器 610（大孝線）跳脫，且當時另一線路（大忠線）亦正停電工作中，故造成大忠、大孝變電所全停電。又昨日因民眾修理房舍，吊車工作不慎碰觸到自由變電所大孝線保護線段的 85%區間內，引起 51N 電驛動作。不過依當時事故點研判，應屬內部故障，為什麼測距電驛沒有動作，以致跳脫時間拖長，請求派員協助調查。

這真是一件奇怪的事件，保護電驛的功效在遇到真正事故時，「該跳還是要跳」，要能百分之百的正確動作。但據吳所長來電所稱，似乎保護電驛動作並不是很完美，值得好好來研究。

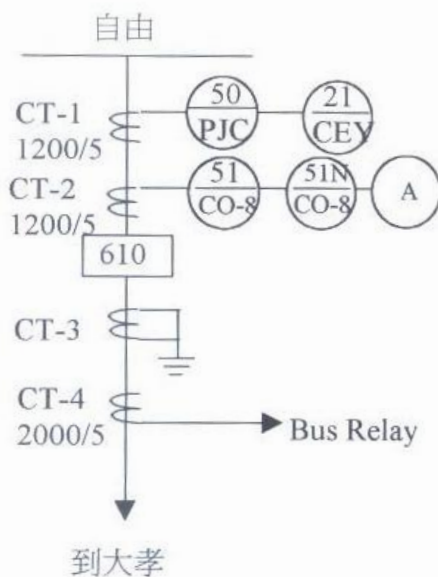
肆、保護電驛介紹

自由變電所 610 原是送大忠線，有 14.68 公里長，使用 ACSR795 導體。經過幾十年來的社會變遷，電力需求增加。於民國 87 年初新建大孝變電所，長度縮短為 6.955 公里(參考圖二所示)，有關電驛標置需重新設定。



圖二、相關系統線路常數

依自由變電所圖面分析(參考圖三所示)。CT-1 是以測距電驛(Distance Relay)為其主要(Main)保護方式，它具有下面三項重要功能：(1)快速動作，(2)容易協調，(3)保護範圍明確。CT-2 是以過電流電驛為相間及接地的後衛(Back-up)保護方式，並與電表(Meter)相串聯使用。CT-3 目前不用，在現場將它短路(Short)接地。CT-4 做為 Bus (母線) 保護電驛用。



圖三、大孝線保護電驛單線圖

伍、大孝變電所加入

自由變電所 610 原是送大忠線，其原有電驛設定及特性試驗、接線試驗值參考表一：

表一、自由變電所 #610 CEY 電驛試驗報告

1. 電驛標置：

電驛型式	電驛阻抗標置之範圍			延時電驛整定	比流器比值
CEY	Zmim. Tap : 0.75/1.5/3.0			型式： 時間：	1200/5
製造廠家	阻抗標置	Zmim	百分率(%)		
GE	2.308Ω	0.75	32%		

2. 特性試驗：

元件	最大轉矩角	試驗電壓(V)	試驗相角	始動電流(A)	$I_{(計)}$ (A)	備註
$\phi_1 \sim \phi_2$	60°	40V	60°	8.67	8.67	
			30°	10.11	10.01	
			90°	10.20	10.01	
$\phi_2 \sim \phi_3$	60°	40V	60°	8.67	8.67	
			30°	10.11	10.01	
			90°	10.19	10.01	
$\phi_3 \sim \phi_1$	60°	40V	60°	8.67	8.67	
			30°	10.11	10.01	
			90°	10.20	10.01	

3. 接線試驗：

電驛端腳電壓 (V)			一 次 側 電 流(A)	二次側電流及其相角			
V_{15-17}	V_{17-19}	V_{19-15}		$I_5 V_{15-E}$	$I_7 V_{17-E}$	$I_9 V_{19-E}$	$I_5 V_{17-19}$
115	115	115	465	1.93 $\angle 357$	1.94 $\angle 1$	1.94 $\angle 2$	1.93 $\angle 268$

大孝變電所加入後，CT 比值照舊為 1200/5，僅做部份電驛標置變動，委請自由變電所當班人員更改如表二：

表二、自由變電所 #610 CEY 電驛標置更新

電驛標置：

電驛 型式	電驛阻抗標置之範圍			延時電 驛整定	比流器 比值
CEY	Zmim. Tap : 0.75/1.5/3.0			型式： 時間：	1200/5
製造 廠家	阻抗標置	Zmim	百分 率(%)		
GE	1.087 Ω	0.75	69%		

陸、PT 切換問題

1. 事件探討

自由變電所原用兩回線送到大忠，其使用導線規範為 ACSR795MCM，股數為 26/7，導體正常容許電流為 910 安培，當緊急送電時可達 1100 安培，一般輸電線通過的電流，以不超過正常導體長時容許電流值的 95% 為原則，並注意接線

端頭是否有過熱現象發生。

通常在探討 69KV 輸電線路，兩回線共架問題時，是最怕遭受到外來雷擊、突波等的侵害，嚴重時引起兩回線同時跳脫的“慘劇”。所以在線路設計上，可將兩回線採用不同等級的絕緣方式，例如：一回路採用高絕緣，另回路採用低絕緣方式。最簡單的改變，是我們可將每串礙子之個數增加或減少，或加裝招弧角來區別，就可達到上述要求，解決其共架絕緣問題。在保護電驛方面，可加裝補償比流器 (Compensate Aux. CT)，用來解決平行共架所產生的互感問題。

平日一回線送電約 450 安培，操作當日，一回線停電中作一般點檢工作，當切換 PT 瞬間，引起 CEY 測距電驛動作，導致大忠、大孝所全停電的嚴重事件。

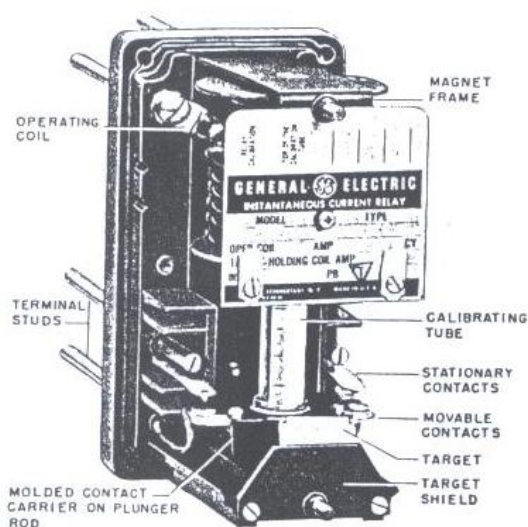
2. 真相大白

測距電驛是利用電流與電壓關係，可測得電驛至故障點的阻抗，用標置協調方式，做為判斷故障點的範圍。自由變電所 69kV 出口線路的保護是用 CEY 測距電驛，屬高速、三相、單一區間之姆歐型(MHO)測距電驛。通常為防止電

驛電壓源喪失時或本身電驛游絲(Spring)鬆動引起的誤動作現象，通常在測距電驛前面加裝一瞬時過電流電驛(代號為50)。

PJC 電驛屬瞬時過流型，它是利用磁電吸引原理，當線圈外加電流時產生一磁場，用以改變其磁通強度，若外加之電流到達其啟動值(即 Tap 值)以上時，會有足夠力量將活動的柱塞(Plunger)吸引，使其可動接點向上移動，並與固定接點相閉合，達到動作目的，(參考圖四所示)。

經查 PJC 電驛由於品質不良，引起活動柱塞的軸承斷落，使得正常時固定接點與可動接點相接觸，當 PT 切換瞬間，因 CEY 測距電驛電壓源驟失而動作所引起。



圖四、柱塞型(Plunger Type)電驛 PJC 前視圖

3.如何避免

- 現場停電工作，儘量避免超載情況發生，必要時協調轉供。
- PT 切換開關僅 ON 與 OFF 變化，在切換 PT 時避免(中途位置)停頓太久。
- 電驛動作游絲不能調整太鬆動，不然正常時接點會閉合引起不必要的誤動作。

柒、電驛動作較慢問題

1、測距電驛運用

由於測距電驛協調方便，通常第一區間保護範圍設定在所保護線路阻抗的85%左右。第一區間屬快速跳脫，無時間延時，當大孝變電所加入，改變其原先標置設定如下：

2.電驛標置

電驛型式	電驛阻抗標置之範圍			延時電驛整定	比流器比值
CEY	Zmim. Tap : 0.75/1.5/3.0			型式： 時間：	1200/5
製造廠家	阻抗標置	Zmim	百分率(%)		
GE	1.087Ω	0.75	69%		

3.接線試驗：

電驛端腳電壓 (V)			一次側電流(A)	二次側電流及其相角			
V ₁₅₋₁₇	V ₁₇₋₁₉	V ₁₉₋₁₅		I ₅ V _{15-E}	I ₇ V _{17-E}	I ₉ V _{19-E}	I ₅ V ₁₇₋₁₉
115	115	115	440	1.84 ∠4	1.82 ∠0	1.82 ∠4	1.84 ∠274

4. 特性試驗：

元件	最大轉矩角	試驗電壓(V)	試驗相角	始動電流(A)	$I_{(計)}$ (A)	備註
$\phi_1 \sim \phi_2$	60°	20V	60°	10.54	9.20	
			30°	12.17	10.62	
			90°	12.17	10.62	
$\phi_2 \sim \phi_3$	60°	20V	60°	10.54	9.20	
			30°	12.17	10.62	
			90°	12.18	10.62	
$\phi_3 \sim \phi_1$	60°	20V	60°	10.54	9.20	
			30°	12.17	10.62	
			90°	12.17	10.62	

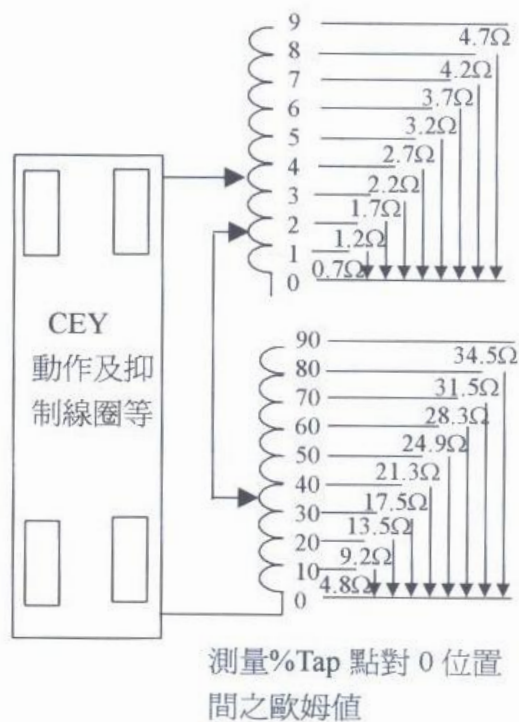
依所提供的標置，其阻抗為 1.087Ω 。當在做電驛特性試驗時發現，外加測試電壓為 20V 電流落後 60° 時，其始動電流 I 的計算值應為 9.2 安培，但實際測試出來的 I 值為 10.54 安培，原以為標置看錯或測試有誤，但經再次試驗電流 I 在落後 60° 時，還是 10.54 安培始動；另測試電流落後 30° 或 90° 時之 I 值為 12.17 安培，據初步判斷與原計算值有了誤差，一定出了狀況。

4. 事件澄清

現將電流落後 60° 實測值 $I=10.54$ 安培往前推演，因 $I=V/2Z$ ， $Z=20 \div (2 \times 10.54) = 0.949\Omega$ ；而實際上應為 1.087Ω ，可見設定標置看短了。

若 $Z_{min}=0.75$ ，則百分率應用在 $0.75/0.949=79\%$ ，其誤差率為 $(1.087 - 0.949) \div 1.087 = 12.7\%$ ，超過容許值。

經過詳細檢查之後，發現在測距電驛之 Mho 元件的端子%設定分接頭 60 與 70 的分接頭引接線錯接，這是製造廠商的品管不良所引起的烏龍事件。如圖五所示：



- 一、大忠線原接 32% 時，其電阻值為 14.7Ω 。
- 二、大孝線若改接為 69%，其標準值為 29.6Ω ，但測試值為 33Ω ；若接為 79%，其標準值為 33Ω ，但測試值為 29.6Ω ；故可證實 %Tap 之內部接線錯接。

圖五、CEY51A 姆歐元件 %Tap 接線圖

當吊車碰觸該輸電線，雖在第一區間 85% 的保護範圍內造成兩相接地故障，但因當時電驛百分率等於錯放在 79%(原置 69%)，電驛標置阻抗值看短了，測距電驛未能正確保護到，故由後衛電驛 51N 延時動作，產生電驛跳脫較慢的現象。現將錯誤接線糾正後，其特性試驗 I 的實測值，在 60° 時為 9.2 安培，在 30° 與 90° 為 10.62 安培，一切均合於正常。

5. 如何避免

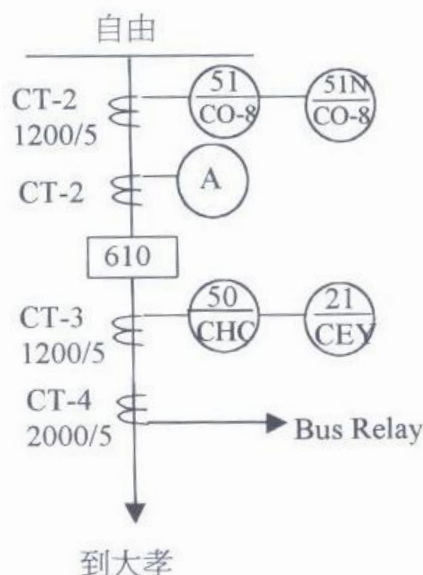
- a. 電驛特性試驗要做詳細。
- b. 電驛標置，在新舊線路改接時，要能協調一致。
- c. 供給正常三相電壓於測距電驛，由於力矩關係，接點正常是啓開中。
- d. 電驛品管有待加強。
- e. 電驛倉庫設備現代化（對於電子式、微處理式電驛更要注意）

捌、設備改善

69kV 輸電線路使用測距電驛和過電流延時電驛，其標準單線圖面如圖六所示。如何將幾十年前的舊有保護電驛線路(參考圖三做比較)改接，成為工作者一大考驗。

一、工作事項

1. 需準備四芯 5.5mm 電纜一條，約 200 公尺長(由開關場至電驛室)。
2. 需準備一只 CT 用的 PK-2。



圖六、標準保護方式單線圖

3. 首先將瞬時過流和測距電驛，移接至 CT-3 做為主要保護用。
4. 將舊有 PJC 電驛汰換，改用一只三相瞬時過電流之 CHC 電驛，為 GE 公司出品，有關箱體(Case)大小，接線與接腳均不相同，需做盤面鑽孔施工。
5. 準備導線及圖面事宜。
6. 將過電流電驛與電表分開使用不同組 CT，51 與 51N 單獨使用 CT-1，而電表使用 CT-2。
7. 回路改善完成，需做保護電驛之特性、接線和跳脫等的各項功能試驗。

二、更換心得

一個幾十年的供電設備，因負載不斷增加，不得不在今年初進行系統改變，由於在新設備加入時沒有做好保護電驛相關工作，因而在使用後遇線路故障而發生保護上的問題。經研判問題，解決問題，到最後利用機會改善問題，所經歷的過程，是最寶貴的見證。

玖、如何做好電驛工作

1、設備的一生變化

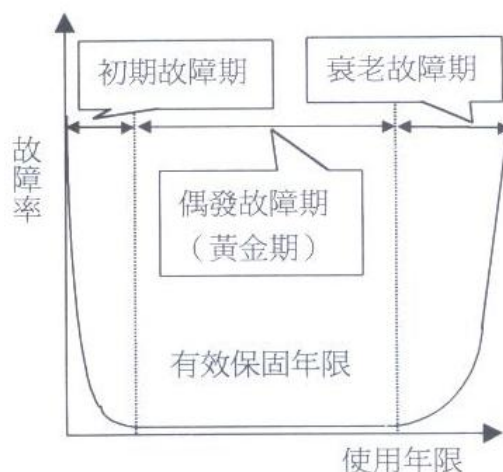
電力是經濟發展的動力，其所組成的設備龐大而複雜，為追求更好的供電品質，更安全的電力供應，用以滿足用戶需求，是我們從事保護電驛工作者，責無旁貸的責任。

電驛不可能長生不老，永遠不會生病，我們從實際經驗中，獲知電驛使用的時間與故障率，是循一定軌跡在變化，由圖七所示來做分析。

(1).初期故障期(Initial Failure)

通常電驛等待加入或加入初期，均有一段不適應期，諸如設計問題、製造不良、使用誤差、搬運損害等，將使得電驛在運轉初期，會有少許的不順利現象產生。我們需要經過當調整、試驗、

改善後，才能把故障檢測出來，並予以排除，達到原有保護、運轉的要求。一般言、這段調適時間很短暫，若準備工作做的好，這段時間還可再縮短。



圖七、保護電驛故障率的變化

(2).偶發故障期(Chance Failure)

這是指電驛從事正常保護開始，到有效保固年限止，若電驛維護工作做的好，有效壽命將可延長，這是電驛使用的一段黃金期，故障應該很少發生；假設發生，也是沒有規則性和時間性，因此我們稱它為偶發性故障，不過這類故障，一般是可以克服的。因此，加強正常操作，作好日常保養工作，就可達到穩定使用期。

(3).衰老故障期(Decrepit Failure)

表示電驛使用年限已到，受到物理

變化、化學腐蝕、機械磨損等，使得電驛可用率每況愈下，所產生的問題也越積越多。這時期若保養、維護工作做得好，將使衰老期得以延長，否則生命週期走向盡頭，電驛只有報廢，送垃圾場一途了。

2、保養與維護

當我們瞭解到電驛的一生，它有生病的時候，最終也會遭受到淘汰和解體的命運，就應著手進行如何做好保養與維護的工作，以維持電驛的正常功能水準，將可延長使用壽命，減少事故率的發生，保養與維護電驛的工作可區分為下面兩大類進行。

(1).常規保養(Routine Maintenance)

一般言，係屬一級常規檢查，通常以每月或每季為單位，在目視下進行，(以不通過電流和電壓為原則)，這類工作可妥請現場值班員或維護員來執行。

- a.電驛箱体及面蓋的清潔處理，如蜘蛛、塵埃、雜物等。
- b.檢查電驛動作接點是否在正常位置。
- c.電驛接點的檢查，避免有銅銹產生，或有小昆蟲在接點空隙間。
- d.電驛接線接頭是否牢固。

(2).定期保養(Periodic Inspection)

需利用各種測試儀器，按照電驛說明書指示，進行特性、功能、接線、跳脫等各項試驗，通常是以年為單位所做的檢查，需專業的電驛工作者來進行。

(3).注意事項

在電驛接點的金屬面、或軸承處、或接線頭處，常因冷熱的溫度變化引起氧化，產生發霉、銅銹現象，另因電驛圓盤旋轉鬆動，軸承不良(Bad Bearing)、軸心不正、軸頸不妥等的機械原因，造成電磁不能平衡，均是促使電驛特性不良的原因，嚴重時會引起電驛少跳、不跳、多跳的現象，我們對保養與維護工作，是不能絲毫馬虎。

3、維修建立(Maintenance Establish)

設備維修不侷限於電驛本身，也牽涉到所要保養的相關活動系列，故資料建立最為重要，這可從下面 5 方面來述說。

- (1).報告建立(包括作業標準、維護手冊、工作日誌、配備檢查等)。
- (2).說明書建立。
- (3).圖面建立。
- (4).技術資料整理(包括故障分析與統計圖表)。

(5)保管、複印、縮影、建檔等工作。

4、自我學習和成長

保養電驛是門尖端科技，我們需努力學習，自我成長，一些基本觀念需要建立，電力系統的構成，包括發電機、變壓器輸、輸配電線路、母線和馬達等的各項設備，爲了使電驛均能做有效保護，發揮其最大功能，多重保護和重疊原理在電驛運用上，佔有舉足輕重的地位。

電力系統保護最好是採用雙重保護方式，第一套爲最先進的靜態電驛保護(Solid State Relay)、配合載波、微波、光纖和微處理機共同使用，第二套則採用電磁型電驛保護(Electromagnetic Relay)，是爲傳統型電驛，電驛動作較爲實際和可靠，不受任何外來雜訊干擾，另外在利用兩套獨立的直流電源來供給。

電驛它是一個智慧型開關，具偵測作用，有判斷事故的能力，能將故障檢拾(Pick-up)出來並加以排除，並穩定電力系統的正常運作，是集合電力、電機、機械、控制和資訊爲一體的綜合性學問，

我們要多研讀、多學習、多充實，大家相互切磋，參加民間相關專業領域社團亦是一個最好的成長方法。

拾、結論

政府最近大力推動電業自由化，電廠民營化，汽電共生等重大經濟措施，保護電驛在電業市場中占有重要一環，這類人才十分渴求，需經過長時間培養，就連台電公司也正在積極佈局擴充中。

爲求用戶生活品質的提高，非靠充裕的電力不可，而電力系統的建全與否，和電驛發生密切關係，在保護電驛新增、汰換、改善工作，不可一日停止，技術水準要不斷精進，才不會被時代所淘汰。

當任何一件事故的產生，非但使設備受損，用戶受害，人員傷亡，隨之而來的工安事故，所造成的影響和後果，將無法估算，不是任何人所能承擔，所以重視電驛，做好保護電驛工作，讓人們遠離停電的夢魘，需要大家一起來參與。