

談新加坡電力電網狀態監測與狀態維修之經驗

台電系統規劃處 張忠良

一、前言

去(96)年3月間新加坡新能源電網公司(SP PowerGrid)副董事經理曾瑞棠率員至台電公司訪問，介紹該公司電網監測與維修之傲人成效，頗受電力事業經營者心神嚮往。雙方隨即於96年8月1日簽訂合作備忘錄，為期5年，以加強輸電服務供應之資訊交換與人員互訪。

新加坡政府實施自由競爭市場機制，一向為世人所知悉，新能源電網公司受託於新能源資產公司負責輸配電網路之營運與資產管理，近年來營運績效名列世界前茅，究其成功之道在於能有效結合生產管理與企業管理，強調以電網營運為中心的知識管理，配合日常具體落實狀態監測與狀態維修工作，發揮史無前例的最大創意價值。

二、新能源電網公司簡介

新加坡能源公司(Singapore Power, SP)自1995年10月1日成立，該公司在新加坡之4個子公司均持股100%；在澳大利亞亦投資51%之澳洲電網；在臺灣則持有長生電廠25%之股權。該公司屬於淡馬錫控股集團，其組織結構圖如圖1。SP PowerGrid為新加坡能源公司之子公司之一，專業營運輸配電管理，負責供應優質可靠之電力。專業技術涵蓋網路規劃、計畫管理、網路管理、控制與通訊及狀態監視。有了這些精心擘劃、積極管理、銳意執行之策略，造就新加坡之電網績效名列世界前茅，並不令人感到訝異。

1995年10月1日，新加坡能源公司(Singapore Power, SP)成立，將負責電力及瓦斯之公用事業局公司化，PowerGrid為SP之子公司之一，負責輸配電之供應。2003年1月1日，新加坡新電力市場開放，PowerGrid領取單一輸電執照。2003年10月8日，PowerGrid Ltd.轉移它所有之業務包括資產，輸電執照，合約及協約書給SP PowerAssets Ltd.。同時，PowerGrid所有員工(含管理階層)轉移至SP PowerGrid Ltd.。SP PowerGrid與SP PowerAssets簽訂長期輸電管理合約書，SP PowerGrid負責管理及維護其輸配電網路，SP PowerAssets則是領有輸電執照及擁有資產。

SP PowerGrid總裝置容量為10,641MW，其中汽輪機組佔44.2%，燃氣機組佔4.6%，複循環機組佔51.2%，至2006年之負載需求為5624MW，1997年至2006年平均成長率為4.10%，預估2007-2016年為4.12%，如圖2之電力需求。輸配電系統電壓等級，最高電壓400kV，依次為230/66/22/6.6kV，一般用戶電壓則為400/230V。

新加坡之網路規劃，是在監管架構下獲取最大之經濟效益，如圖3之網路規劃路線圖，其中包括監管管理及網路規劃兩部份。新加坡因幅員不大，其輸配電系統全面採用地下電纜。表1為輸配電系統各項設備總數。因輸配電工程均可如期如量完成，新加坡電力系統可完全符合N-1規劃準則，安全裕度充足，毫無供電困難，此亦為其電網績效卓著之根本原因之一。

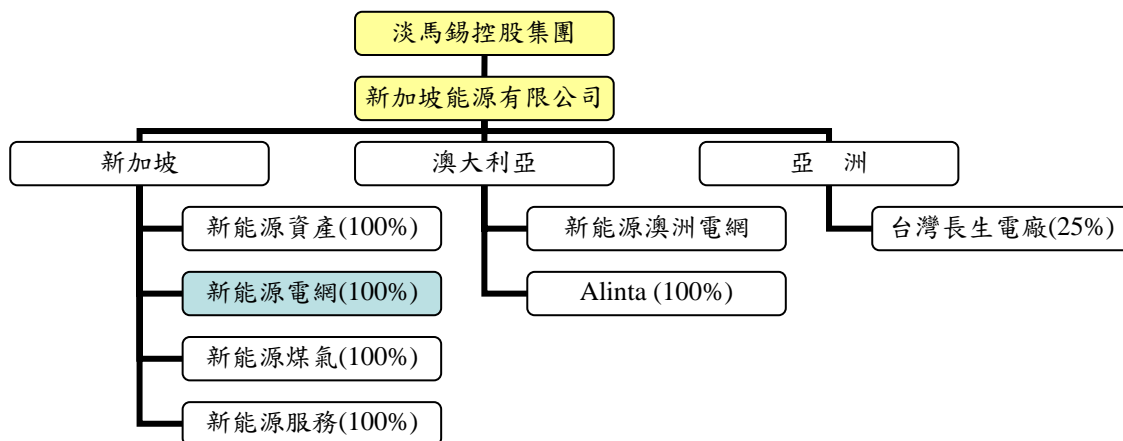


圖 1 新加坡淡馬錫控股集團組織結構圖

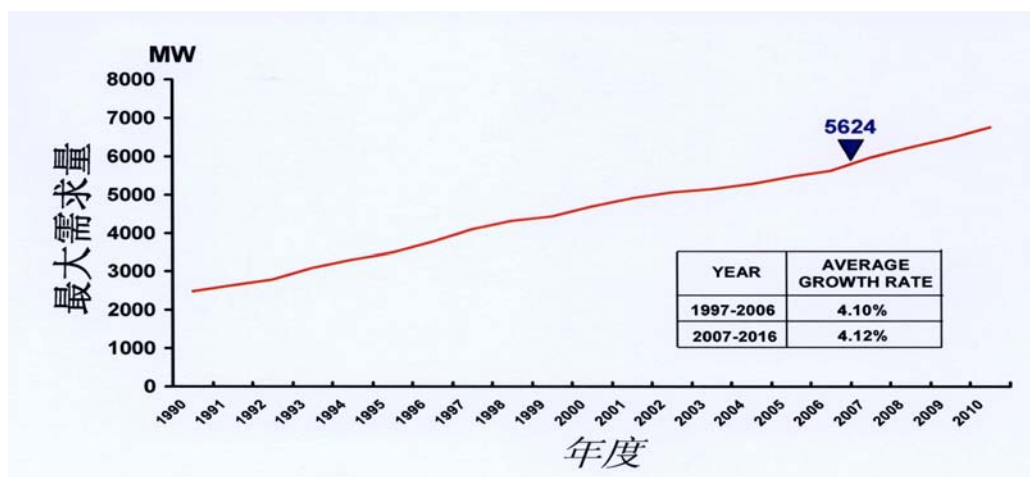


圖 2 新加坡電力需求

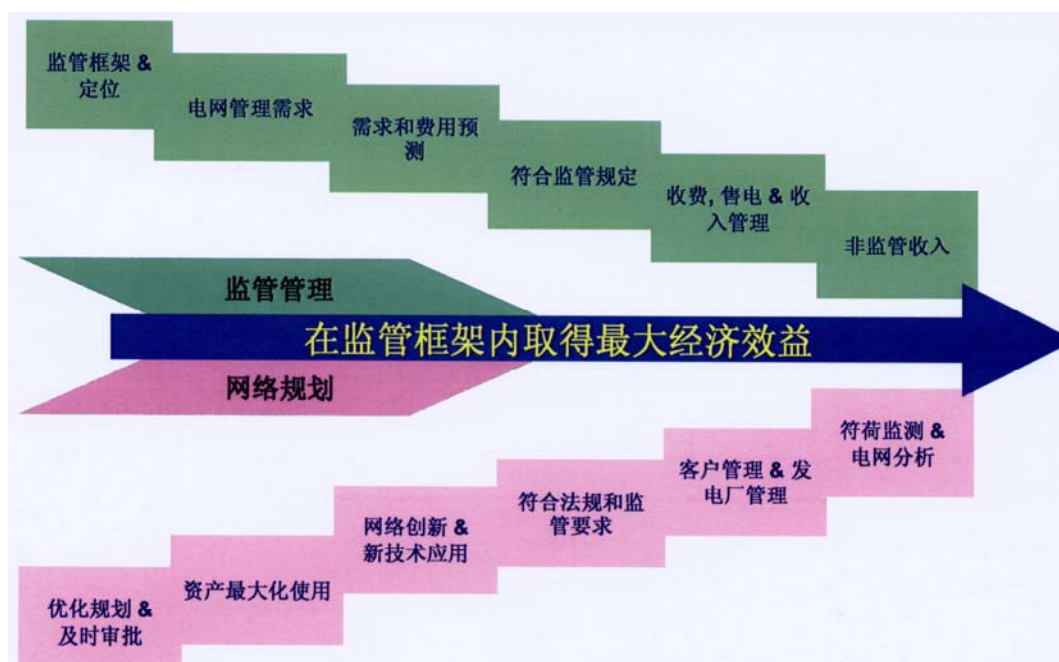


圖 3 輸電網路規劃理念

表 1 新加坡電網資產

至 2007 年 8 月

電網	變電所	開關	變壓器	電纜 (公里)	電纜 接頭
輸電	99	1,547	316	6,029	23,944
配電	9,594	37,285	13,514	22,982	290,278
總計	9,693	38,832	13,830	29,011	314,222

三、設備狀態監測與維修

新加坡地理位置得天獨厚，少有重大天然災害侵襲且為完全地下電纜系統易於

維護。在此情形下該公司提高營運績效的重點工作，自然就是減少設備因素所造成的事故影響。新能源電網公司的設備狀態監測(Condition Monitoring)分成兩部份，主要元件(Primary Element)及次要元件(Secondary Element)之狀態監測。由於狀態監測實施效果極佳，除達成 2007 年零事故目標外，也產生顯著之經濟效益，如圖 4 所示。新能源電網公司的成功經驗已逐漸引起國際電業的重視，目前阿聯及中國上海及北京等電力公司已與該公司就此議題交流，並引進相關技術與管理經驗。

电压等	400kV	230kV	66kV	22kV	6.6kV	总计
避免的事故	8	25	31	178	147	389



圖 4 狀態監測的經濟效益

1. 主要元件狀態監測

針對電力系統主要元件，如電纜，變壓器，及斷路器等狀況的監測，主要監控項目如下：

- 部份放電偵測：分成不定期部份放電測試，實際使用測量儀器在設備上量測設備有無部份放電，及實況部份放電監測，在電纜終端匣裝上

感測器，接線送回控制中心實況監測。

- 六氟化硫 (SF6) 氣體壓力實況監測：使用遙控攝影機將現場 (SF6) 氣體壓力表指示狀況送回控制中心，以確實掌控 SF6 氣體壓力狀況。
- 充油電纜油壓實況監測：將充油電纜之止油接續匣及終端匣油壓接線

送回控制中心，以確實掌控電纜油壓狀況。

- 設備溫度量測：對設備會產生異常熱點部分，使用紅外線測溫儀來量測溫度。
- 絕緣油氣體分析：將充油電纜及變壓器等設備之絕緣油抽取送試分析，來判定設備之狀況。將變壓器絕緣油取樣量測數據進行案例分析，如變壓器可燃性氣體含量過高時，可及時拆開處理，避免災害事故之發生。
- 溫度分佈監測：使用溫控光纖來做溫度分佈監測，以了解設備實際溫度分佈狀況，若發生異常熱點，隨即安排進行檢修。

2. 次要元件狀態監測

對電力系統次要元件狀況，進行狀態監測，主要監控項目如下：

- 斷路器油壓系統監測：斷路器在操作次數頻繁時，會有油壓洩漏情形發生，而斷路器油壓不正常也會引起事故。
- 有載可動分接頭(OLTC)狀態監測：經由測知轉矩及馬達電流可了解 OLTC 機械上問題，新能源電網公司已有裝設此一實況監測系統。
- 斷路器機械性能監測：斷路器機械性能可由量測彈簧充電馬達，閉合控制電驛及開啟控制電驛電流波形來判斷，新能源電網公司借此系統在斷路器投入及開啟時記錄三種波形來評估此斷路狀況，以決定何時進行維修。

3. 專家系統

新能源電網公司建構新能源電網城域網(Metropolitan Area Network,

MAN)，採用傳輸速率高達 1 Giga bit 的光纖，以滿足高頻寬容量需求，作為該公司的核心網路。此區域網位於新加坡境內不同地點的所有 400kV 及 230kV 變電所的監測系統主機、數據庫，以及 LAN 等互相連接起來，以構建一套新能源電網線上監控系統，如圖 5 所示。此系統提供散佈在各地維修中心及總公司相關單位專家能夠即時擷取現場資料及檢視過去紀錄，擬定搶修或維護策略，對工作效率提高頗有成效。

新能源電網線上監控系統主要包含有：

- 電纜油溫線上監測系統；
- 電纜油壓線上監測系統；
- 電纜溫度線上監測系統：為一光纖分布式溫度偵測系統(Distributed Temperature Sensing, DTS)，結合一有限元分析模型發展成電纜動態額定系統(Dynamic Rating System, DRS)精確決定緊急額定值、熱點定位、電纜沿線溫度輪廓。
- 流動視像監察系統；本系統並與保安運行監督系統結合。
- 局部放電監測系統。
- 液壓監視系統：線上監視斷路器液壓機構及變壓器 OLTC 機構，整合企業網路、應用軟體、資料蒐集硬體，自動透過簡訊(SMS)通知維修人員異常事件。
- 多媒體視訊會議系統：可在不同地點進行視訊會議、對區域辦公室廣播、及總公司與各地區指揮中心視訊會議。其信息示意圖如圖 7。

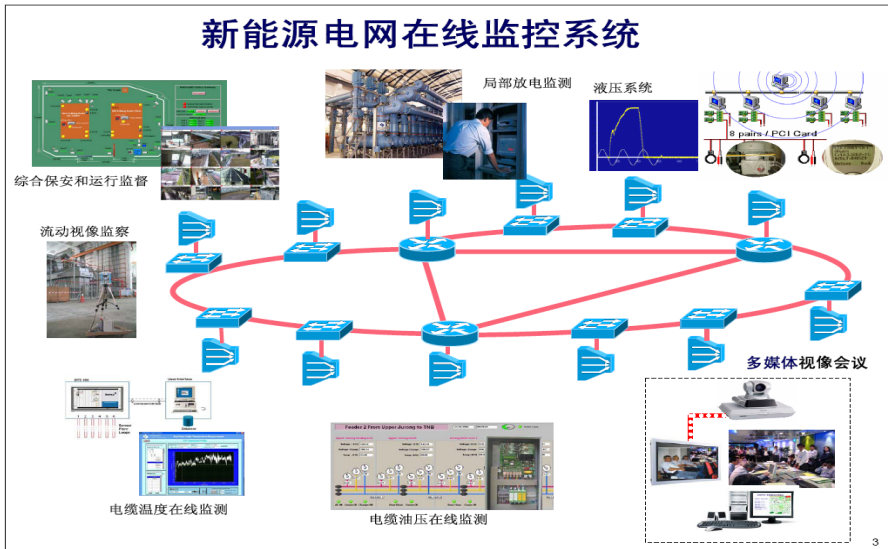


圖 5 新能源電網線上監控系統

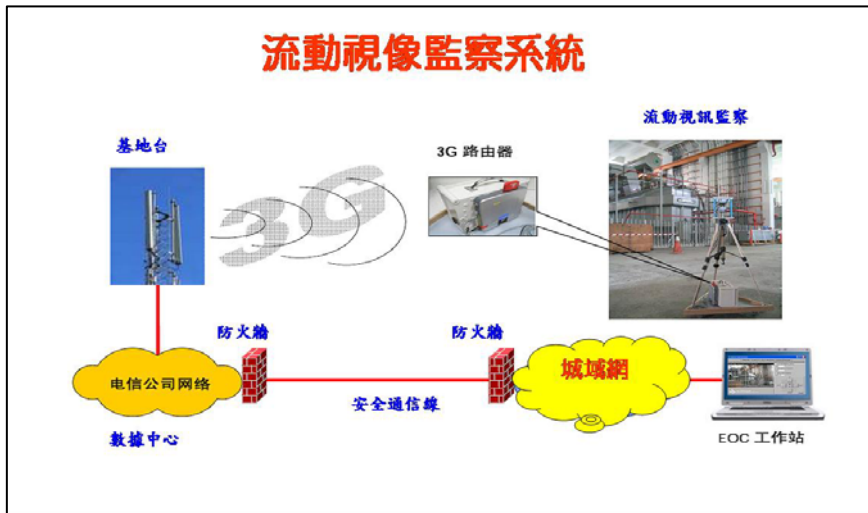


圖 6 流動視像監察系統



圖 7 多媒體視訊會議系統

線上監控系統可利用 GATEWAY 連接至緊急應變中心 (Emergency Operation Center, EOC)、其他辦公室與維修中心之工作站，進行監控(視)或進行多媒體視訊會議。

各維修中心利用此系統遠端監測，如系統設備發生異常現象，維修人員可下載資料，由專家診斷分析，做出決策，派員維修、更換設備。各維修中心也可利用綜合保安和運行監督系統，進行變電所遠端監看設備事故現況，準備材料、搶修器具，及派遣適當人員縮短修復時間。

此外，流動視像監察系統類似電視公司之 SNG，可在事故現場架設，將現場實況轉播至維修中心，讓主管及其他專家可即時掌握搶修現況及提出協助意見，儘速完成搶修工作。

茲舉電纜油壓線上監測系統說明如下：

此系統係採用最新的信息技術，線上監測 400/230kV 充油電纜之油壓，有效提昇運作效率。其傳輸信息用之光纖，在電纜鋪設時即一併敷設，如圖 8。



圖 8 光纖與電纜同時電纜鋪設

■ 各監測點裝置遠程終端機如圖 9

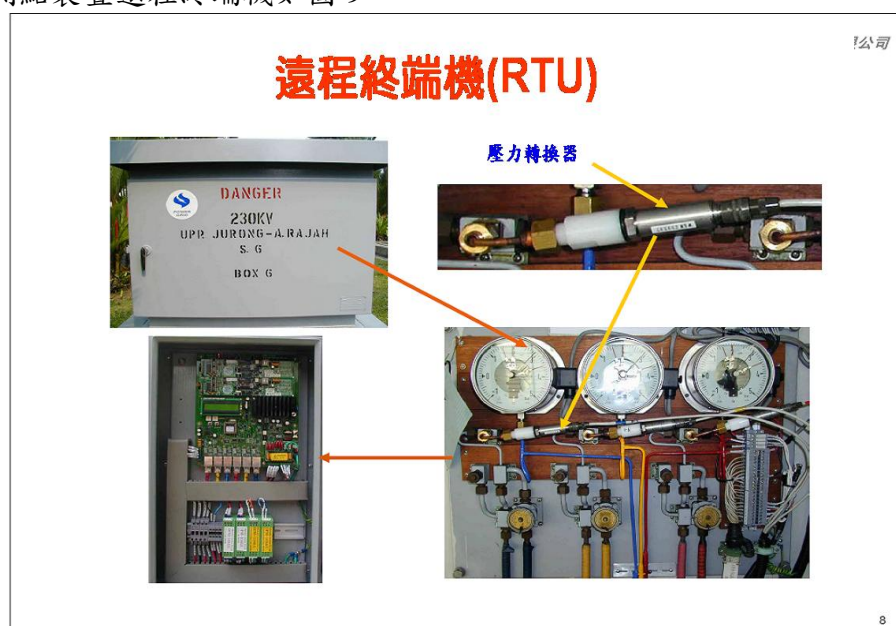


圖 9 遠程終端機

■ 各終端機信息單線圖如圖 10

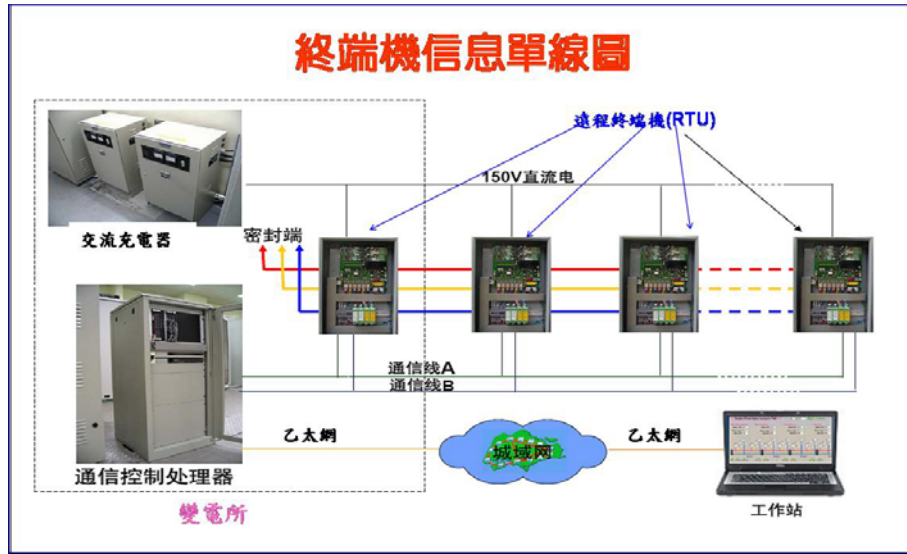


圖 10 終端機信息單線圖

■ 監測信息系統圖如圖 11

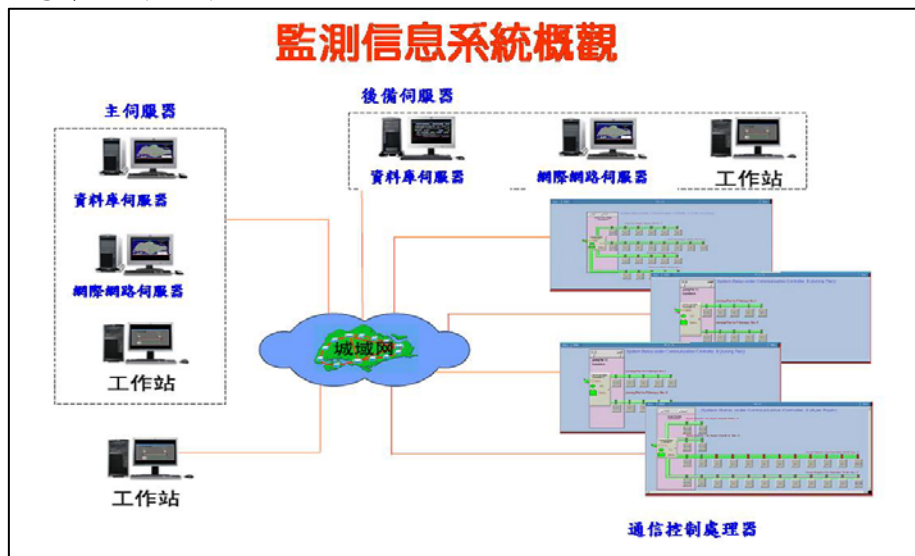


圖 11 監測信息系統示意圖

四、結語

新加坡和我國均以華人社會為主體，兩地語言文化相似。台電公司對狀態監測長年以來投入建置相當基礎，唯可再加強建構完善的狀態維修體系，精進結合資訊與通信技術和激勵同仁自信與經驗累積。新加坡新能源電網公司推動設備狀態監測與維修有成，歸納其成功因素，大體包括(一)驅動力量明確，(二)政策堅定連

貫，(三)觀念執行並重，(四)完善數據管理和(五)創造良性循環等五項。

俗話說：「他山之石，可以攻錯。」台電在設備維護方面正好可師法借鏡新加坡作法之處：

1. 增訂正面指標，深化事故防止。
2. 反饋維修體系，質變日常維護。
3. 引進線上監測，累積自主經驗。
4. 整合數據管理，奠基智慧電網。

地下電纜系統部份放電試驗與趨勢檢測技術

台電綜研究所 鄭 強 干鵬飛 羅志強 范振理
國立台灣科技大學電機工程系 蕭弘清

一、前 言

西元 1943 年電力工業界開始採用聚乙烯合成絕緣材料製作之電力電纜，聚乙烯絕緣材料之介電強度(dielectric strength)高，並具有低介質損失角度(dielectric loss angle)等優點，合成物之化學電阻性能亦相當好，製程簡單及低成本，故成為製造電力電纜絕緣體之理想材料。在固體絕緣材料中，離子移動速度會受到固體介質影響，而大幅衰減其移動速度，因此較油-紙組合絕緣之介質損失亦相對的小。通常 XLPE 介質損失之 $\tan\delta$ 小於 10^{-4} ，其介質損失可能來自電子傳導性之機械作用，固體介質損失與溫度之間關係，並非像液體介質般顯著。介質之瓦特損失與消散因數成比例關係，瓦特損失所產生的熱值，是引起介質不穩定的因素之一；而介質損失亦與電壓平方成比例關係，PE、XLPE 具有低介質損失特性，廣泛適用於超高壓輸電系統中。

中壓電力電纜現場試驗目的，係為發現及改善介質缺陷，提升電纜系統的運轉可靠度。傳統的維護試驗方法，是利用單一交流或直流耐壓試驗結果，判斷電纜絕緣劣化的程度，惟此一做法並未能清晰顯示電纜絕緣之劣化情況，與獨立存在於介質中的劣化點，屬傳統現場試驗之缺點之一；在電纜絕緣趨勢之監控技術議題上，本文以宏觀的角度討論電纜系統介質自然老化以及劣化兩項議題。

診斷與監測電纜系統介質老化與劣化的議題，在本質上所應用的試驗方法與工具並不相同，例如介質老化多採“介質消散因數(dissipation factor test)或是介質電力因數試驗(power factor test)”取得老化數據；而介質劣化現象目前多採“部份放電試驗”取得介質缺陷現況的數據；因此為了發現電纜絕緣層劣化之潛在跡象，以及評估未來可能引起絕緣崩潰的因素，需要針對電纜介質特性，輔以整合型電纜系統診斷方案，交替應用檢測電纜介質老化與劣化的診斷性試驗，藉以顯示出電纜系統介質整體老化與劣化缺陷之情況，以及各個獨立存在的介質缺陷位置，藉由診斷數據建立電纜系統之絕緣劣化趨勢曲線，即可進一步監控管理電纜系統絕緣趨勢之變化。

二、充油電纜、XLPE 電纜之絕緣試驗

目前電力電纜絕緣特性及運轉維護檢測作業，有三種試驗方法可供應用，(1)介質消散因數或是介質電力因數試驗，(2)部份放電試驗(partial discharge test)，(3)加速老化試驗(accelerated electrical test)；一般而言，電力電纜於製程最後階段，在無載條件下，以3~4倍電纜額定電壓之交流過電壓試驗條件，驗證電力電纜的製造品質，此一試驗亦稱之為驗證試驗(proof test)；早期交流過電壓試驗，僅考驗電力電纜的可用性，而電纜介質中的絕緣電阻值，

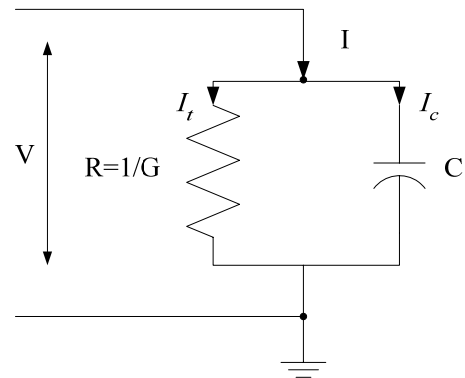
並不屬於過電壓試驗的檢測項目與試驗目的之範疇。

因電纜介質具有良好的絕緣特性，符合正常製程所製造的電纜，依據過電壓試驗條件，進行絕緣檢測並不會威脅電纜介質之絕緣特性，及產生絕緣劣化的結果；但須注意直流耐壓試驗，對XLPE電纜的極化效應，以及直流耐壓試驗後的去極化步驟；通過耐壓試驗之低壓電力電纜，若其介質中存有微細的介質缺陷，則在系統電壓運轉情況下，施加在電纜介質上每密爾(mil)的電氣應力僅有數伏特，此一非常低的電壓應力，不致對缺陷造成破壞性的影響。在中壓及高壓電力電纜系統中，電氣應力對介質缺陷所造成的影響，則顯現出相當的複雜性，例如在介質缺陷位置上，若電應力梯度大於氣隙放電電壓時，即有可能在此缺陷位置上，發展出部份放電訊號，最終導致擊穿破壞。在額定電壓運轉情況下，若其介質內部缺陷極其細微，因而部份放電能量亦非常的低，但此低能量放電現象，亦會對電纜介質形成機械性老化作用，並逐漸劣化電纜介質特性。

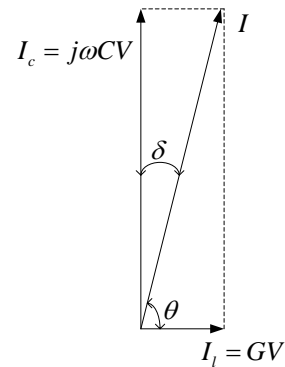
1. 介質消散因數

在絕緣試驗領域上，工程界習以為常的使用介質電力因數一詞，表示電力設備整體或是個別零組件的絕緣狀態，應用 $\cos\theta$ 計算電纜介質損失值，可與消散因數 $\tan\delta$ 獲得非常近似的計算結果；但介質電力因數並非一個正確的專有名詞；對於電纜系統有關絕緣性能的精確專有名詞，應以消散因數、 $\tan\delta$ 數值表示絕緣材料的介質損失及其絕緣性能。電纜介質損失通常是以一並聯等效電路表示之，如圖 1 (a) 所示；在電纜介質中流動的總電流 I_t 是為充電電流 I_c 及洩漏電流 I_l

之相量和，如圖 1 (b) 所示。



(a)



(b)

圖 1 電纜絕緣層之(a)集總參數等效電路，(b)充電電流與洩漏電流相量圖

以高分子聚合物材料作為絕緣物質，在時變電壓作用下，除了純電容作用引起的電流 I_c 超前電壓 90° 外，亦有一部份與時變電壓同相位的漏導電電流 I_l 在電路中流動，在電容性阻抗路徑上流動的電流，並不消耗任何電功率；而在電阻性電路上流動的電流，則產生電功率損耗；緩慢鬆弛極化引起的吸收電流含有虛功率分量及實功率分量，亦可引起介質損失；因此介質損失值可作為決定一種材料是否為理想的介電質之重要參數。介電值之另一重要特性為介電強度，或稱為

崩潰強度，係定義為一介質在崩潰發生之前所能承受的最大電壓梯度 (voltage gradient)。介電強度與材料的幾何形狀、電極種類及試驗步驟有關。對絕緣系統而言，介質中含有污染物或是含有水分，其是屬於較為嚴重的問題，亦是擴大介質損失的主要因素。

2. 油-紙絕緣電力電纜介質特性與檢測方法

若在固體絕緣物質中，含有已發生離子化的污染物，則可顯現於介質電力因數試驗之瓦特損失指標量測數據上。介質電力因數試驗是屬紙質充油電纜的主要試驗項目，若試驗結果顯現介質損失高者，則表示電纜之固體-液體絕緣系統中，存在離子化的污染物，亦即在紙質充油電纜中存有絕緣缺陷。因此介質電力因數試驗，是屬檢測紙質充油電纜絕緣狀態的有用工具之一。

紙質充油電纜系統，並未特別要求執行部份放電試驗的理由簡述如下：若紙質充油電纜保持在乾燥(亦即油中含水量低)、以及油量充足狀態下，並不會發生電暈放電；然而間歇性的部份放電行為，可能於電纜加載之特定期間，發生於暫態性空洞(transient void)缺陷中，通常其放電強度以及持續時間，並不足以造成電纜絕緣強度降低的危害。就紙質油浸電纜之部份放電現象而言，在紙質油浸電纜絕緣體中的部份放電行為，促使絕緣油產生化學變化，令絕緣油分解出氫氣、甲烷以及固體狀的石蠟等分解生成物，石蠟生成物之體積相對地大，具有修整空洞缺陷之功能，因此有助於熄

滅部份放電訊號。

若浸油紙質絕緣材料，因介質缺陷因素而發生部份放電，遭受部份放電作用的液態及固態絕緣材料，會產生一些化學變化並釋放出一些可燃性氣體以及固體臘等與放電行為有關的生成物；因此可利用氫氣、甲烷等油中氣體發展趨勢，以及來自絕緣紙中的臘成分等微量跡証，評估其放電行為與演進趨勢；而絕緣紙所分解出來的臘，具有修補空洞及裂縫介質缺陷的功能，因此有助於熄滅部份放電之電壓訊號。

3. PE、XLPE、EPR 固體絕緣電力電纜介質特性

低壓配電若採用低介電損失電纜者，介質消散因數量測並不如紙質油浸電纜般重要，但是介質損失與電壓平方具有比例關係，因此對於高壓電力電纜而言，介質消散因數試驗數值，對判斷電纜介質老化情況，仍然具有相當的重要性。中壓配電系統多採用聚乙烯(PE)、交連聚乙烯(XLPE)以及乙烯-丙烯橡膠(EPR)作為電纜介質之材料，聚乙烯或是交連聚乙烯亦屬於低介電損失材料之一，而 EPR 之介電損失較 XLPE 材料為高；在本質上而言，低介電損失之聚乙烯、交連聚乙烯電纜或是乙烯-丙烯橡膠等電纜介質空洞所產生的部份放電缺陷，與介質損失及熱損耗能量並無直接關係。

低介電損失量是高分子聚合物材料的特點之一，其介質劣化情況，可藉由介質消散因數檢測結果，評估其絕緣老化的程度，因此介質電力因數值係電力電纜的重要參數之一。交連

聚乙烯(XLPE)電力電纜亦屬高分子聚合材料的一種，廣泛應用於中壓配電系統中，與組合絕緣(如油-紙介質)介質電力因數相較之下，亦相對較低，同時受限於介質電力因數量測儀器解析度及效能不高的影響，因此中壓電力電纜在傳統維護試驗上，是以耐壓試驗作為評估電力電纜絕緣狀態之基準。耐壓試驗目前仍然是世界各主要電力公司電力電纜現場維護試驗的主力，本所目前已應用消散因數試驗，作為判定中壓電纜系統絕緣老化狀態的基準。

其次，低介電損失伴隨著低介電損失產生的熱量，例如在 XLPE、EPR 等絕緣材料中，因空洞而產生部份放電，僅可增加微量的介電損失，因此相對於部份放電試驗，電力電纜介質電力因數試驗對於檢測絕緣介質微小缺陷的效能不彰，係其未能普及應用在檢測細微介質缺陷的原因之二。

三、電纜系統部份放電檢測技術

運轉中既設之屏蔽型電纜系統，適合以介質消散因數試驗或是部份放電試驗，對電纜系統進行診斷性測試，診斷性試驗中的部份放電試驗檢測內容，包含電纜本體、直路接續匣以及電纜終端接續匣等組成元件之部份放電檢測。部份放電檢測試驗項目涵蓋了在介質空洞缺陷上的部份放電量之量測，以及對介質缺陷之放電位置進行定位等重要檢測事項。

目前地下輸配電之電纜系統、電力變壓器、氣封絕緣變電所(GIS)之匯流排與開關設備等重要電力設備之絕緣特性，可藉由整理分析部份放電量測數據，如放電量、放電之相位角度、週期、重複率等資訊

，輔以過去運轉維護之歷次記錄，建立絕緣劣化趨勢之分析技術。

1. 部份放電檢測目的

部份放電檢測目的，在於評估地下電纜系統絕緣劣化的狀況及趨勢，目前部份放電檢測儀器，須適當應用濾波器或是以小波訊號分析技術，增加其雜訊辨識能力，藉以提高部份放電量之量測靈敏度，並藉由整理在介質缺陷中的部份放電趨勢，評估電纜系統絕緣劣化程度。

2. 線上及離線部份放電檢測法

部份放電檢測方法，可分為線上及離線檢測診斷法，在 IEEE Std 400.3™ -2006 標準中，建議電纜系統之部份放電檢測方法，可採部份放電標準耦合電容測試法，亦可採用電感式或電容式部份放電感知器，進行部份放電檢測作業，檢測方法如圖 2 所示；線上診斷法是電纜系統於正常送電情況下，以系統電壓為基準進行部份放電檢測，通常電纜系統之線上部份放電檢測法，採用電感式(即 HF CT)可獲得較佳的檢測效能，其檢測範圍亦可涵蓋開關設備，電感式(HF CT)感知器在現場之應用，如圖 3 所示；其次，離線式部份放電診斷法，是於設備停電中以及與系統隔離情況下，以一固定位準之外加測試電源，進行部份放電檢測；線上或是離線式部份放電檢測法，均須利用部份放電檢測感知器，蒐集被試物介質缺陷之部份放電量。無論以離線或是線上方式進行電纜系統之部份放電診斷，診斷內容含部份放電量的幅值、相位角度、發生頻度及發生放電位置之定位

，診對結果可用以了解絕緣系統內部介質劣化之情況。屏蔽型電纜系統之部份放電診斷測試，可用以評估電纜和電纜附件的狀態，並做為衡量絕緣介質效能降低程度的一個實用性指標。

目前部份放電檢測靈敏度與雜訊辨識能力，是影響預測電纜殘餘壽命準確性的主要因素；若不能有效地辨識出存在於系統中的雜訊，對研判檢測結果及其後續處理與改善成效形成負面影響，23 kV 電纜系統 PD 檢測之雜訊，如圖 4 所示；同樣地，地下饋線經由部份放電絕緣診斷未發現劣化情況者，亦不能保證電纜未來發生故

障的可能性為零；因為電纜絕緣老化至最終階段，在無部份放電情況下，亦可能於加壓運轉中，發生絕緣擊穿故障；其次，電纜系統在雷擊或開關突波作用下，可能引起介質缺陷發生部份放電訊號，而在此缺陷上的部份放電熄滅電壓，若小於系統運轉電壓，則連續性的放電現象，將持續存在於電纜系統中的缺陷，最終可導致介質崩潰發生擊穿故障。然而，部份放電檢測結果，若能輔以介質消散因數試驗、耐壓試驗或其他紅外線溫度檢測儀等輔助性檢驗工具，有助於提高電纜絕緣劣化診斷之效能及準確性。

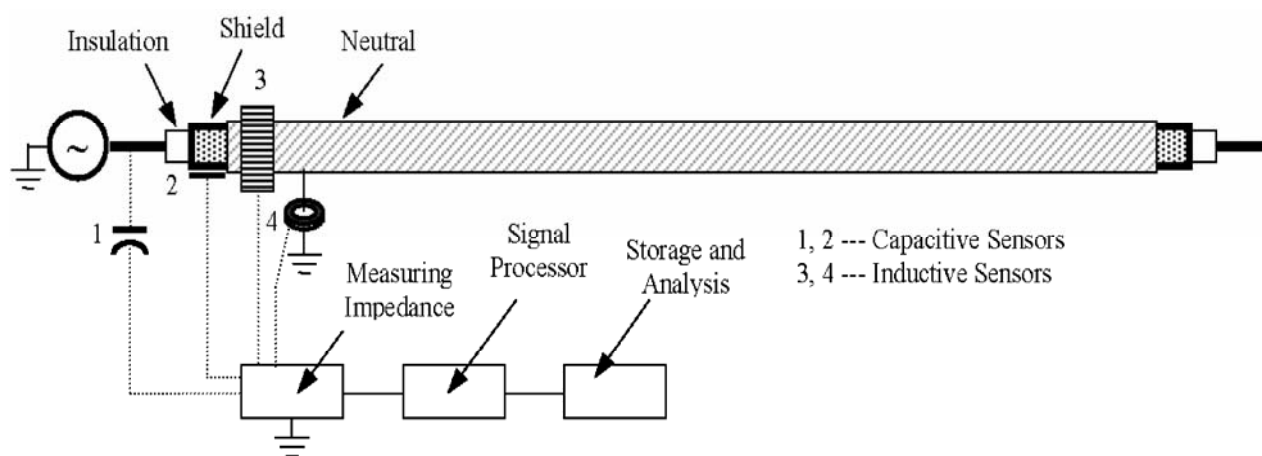


圖 2 IEEE Std 400.3™-2006 電纜系統部份放電檢測方法

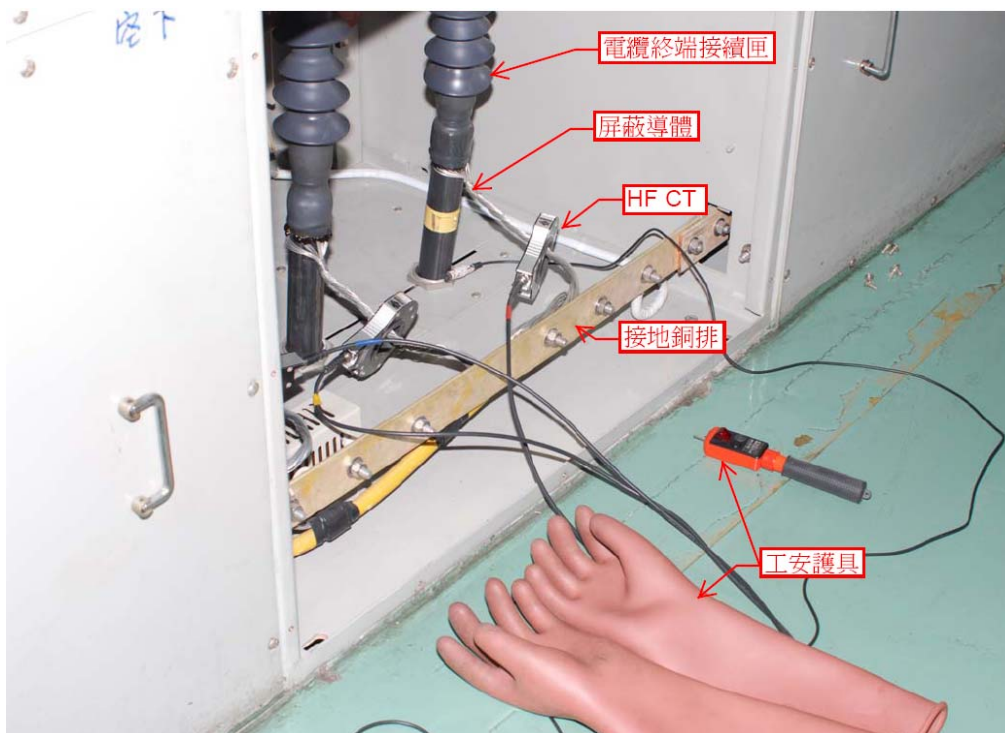


圖 3 電纜系統應用 HF CT 之部份放電檢測方法

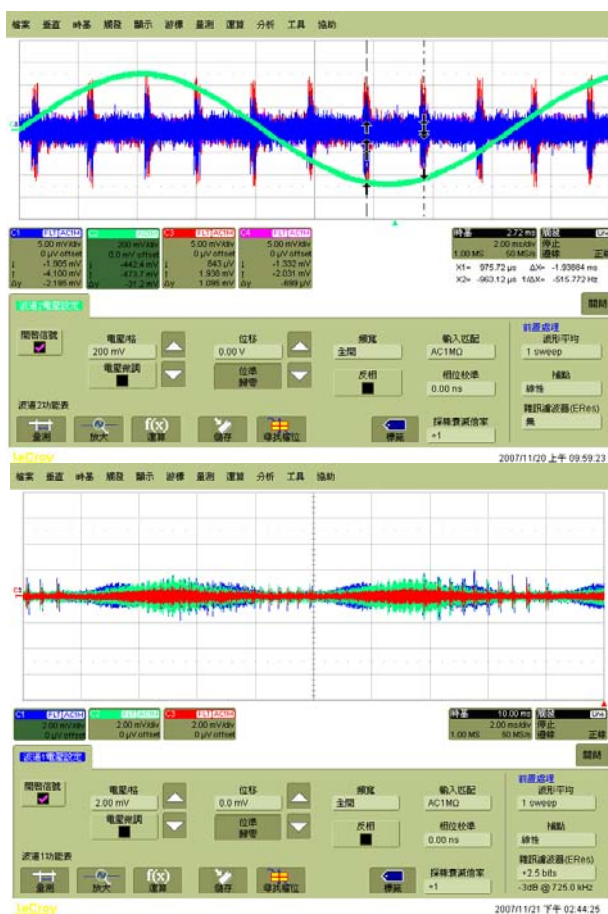


圖 4 25 kV 電纜系統 PD 檢測雜訊之時域波形

3. 電纜系統部份放電資訊

水樹是固體絕緣介質已發生老化且整體絕緣性能降低的一個重要表現形式，水樹現象亦對擠壓成形之交連聚乙烯(XLPE)電纜之絕緣性能形成嚴重的挑戰。在水樹發生的位置上，直接降低絕緣材料電氣應力品質及介電係數。電纜系統在正常運轉條件下，水樹是以極緩慢的過程逐漸成長，通常需要許多年的時間，方足以令水樹佈滿在絕緣體上。基本上，在含有水樹劣化的電纜上，並不會產生部份放電；但是當電纜系統在閃電雷擊、開關閉合或啟斷操作之暫態突波過電壓提高電纜介質之電氣應力作用下，暫態突波過電壓可能令水樹靠近高壓導體或是屏蔽層導體之尖端處轉換為電樹，使得電纜系統發生部份放電脈衝訊號。XLPE 電纜水樹劣化及擊穿路徑，如圖 5 所示；

電纜系統絕緣擊穿故障與部份放電介質劣化之間的關聯性，需要充分的絕緣檢測數據作為佐證其關聯性的必要資訊；亦即存在部份放電的電纜系統，若未能證實部份放電位置，與介質絕緣劣化擊穿故障間的關聯性，則部份放電並非導致介質系統絕緣劣化與擊穿故障之唯一因素。

部份放電係介質發生局部性微小

劣化及絕緣崩潰的結果，其發生機制與原因整理歸納如下：(1)電場應力在絕緣體中或是在絕緣介質表面上局部集中與增強，(2)絕緣介質之局部區域耐電壓值降低等兩個因素所造成。若介質存有缺陷，在適當的電壓及溫度等部份放電激發條件下，可於極短暫的時間中發展出放電行為。部份放電顯現出非常短暫快速的放電時間特性，其電磁脈衝能量通常會伴隨著產生出光、聲、熱及產生化學反應。

電纜系統以線上或是離線方式進行部份放電檢測時，分析評估介質劣化特性所需的部份放電參數有：

- (1) 部份放電起始電壓，PDIV(離線測試)。
- (2) 部份放電熄滅電壓，PDEV(離線測試)。
- (3) 部份放電之發生位置。
- (4) 部份放電荷量(q)。
- (5) 部份放電重複率(n)。
- (6) 部份放電密度：以單位時間或單位長度($\text{pC}/\text{m} \cdot \text{s}$)量測的放電密度，只適用於層壓絕緣電纜。

部份放電檢測之放電脈衝波形、脈衝訊號之上升時間、下降時間、幅值大小、振盪頻率、放電訊號重複率、放電訊號發生之相位角度等檢測參數，如圖 6 所示。

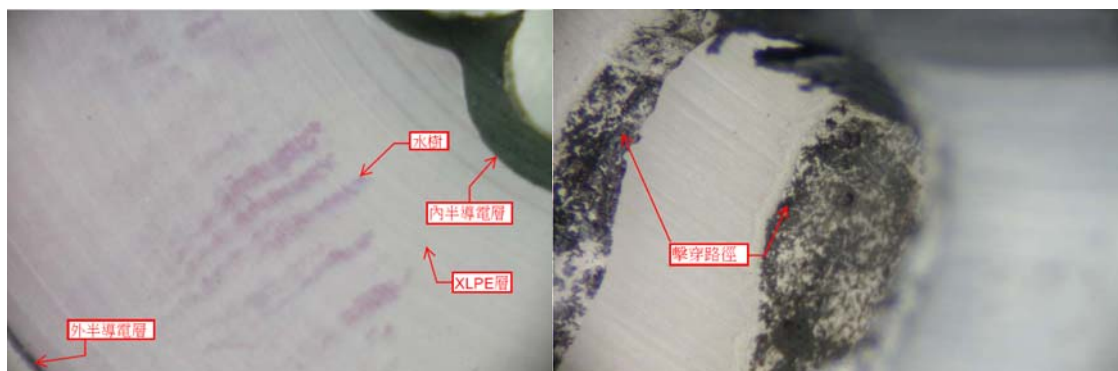


圖 5 XLPE 電纜老化之水樹與擊穿

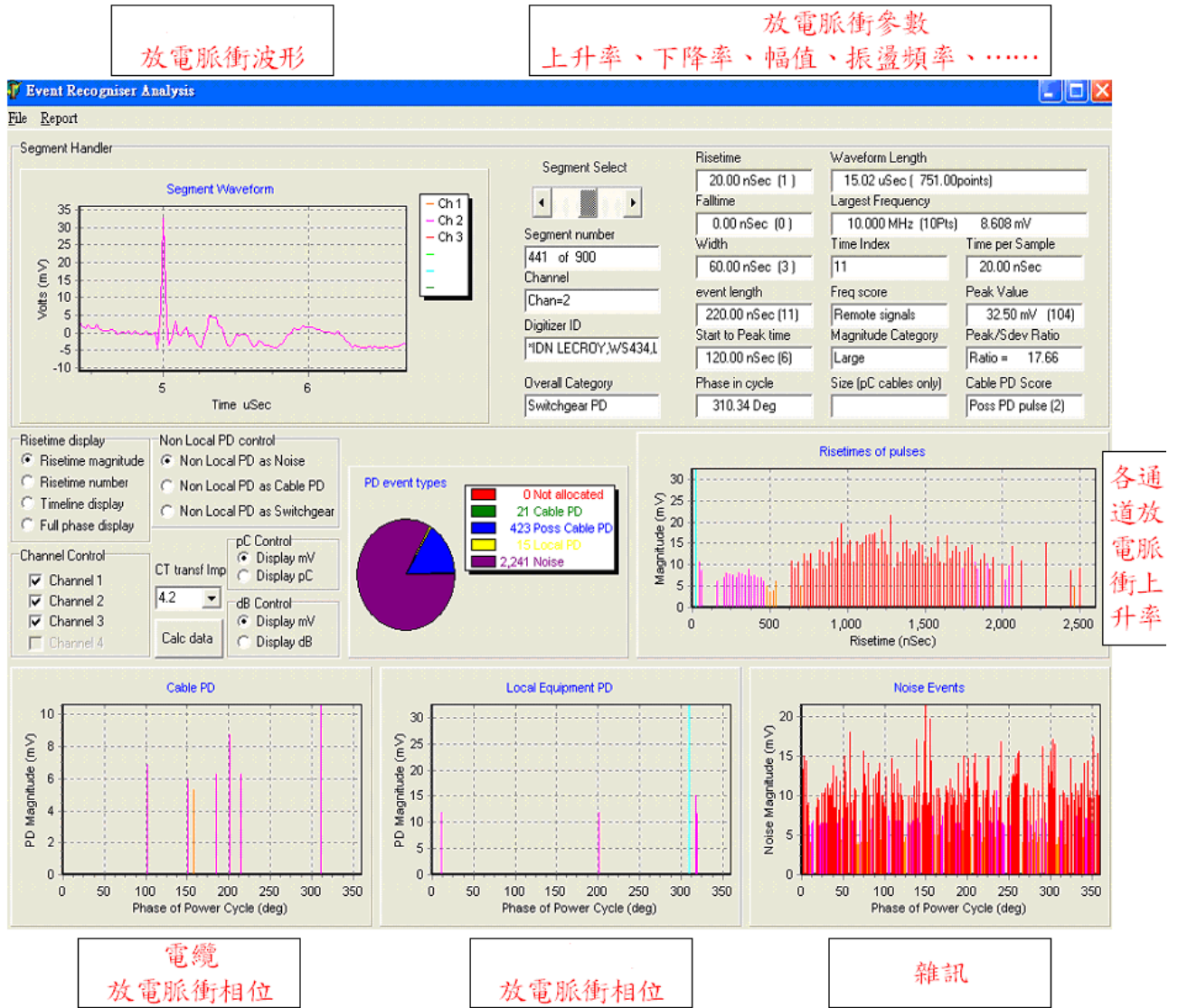


圖 6 電纜系統部分放電圖譜及檢測參數

部份放電參數的特性是依據下列因素決定：

- (1) 部份放電源，在絕緣系統中係由缺陷型態及位置決定。
- (2) 絕緣材料種類與特性。
- (3) 與系統運轉電壓、負載量大小及其持續時間等運轉環境參數有關。
- (4) 執行部份放電線上檢測作業，可於負載電流及運轉溫度下，獲得部份放電荷量、重複率以及放電脈衝相角等參數；而離線測試只能在無載及環境溫度下，獲得部份放電檢測

參數。線上測試與離線測試之檢測數據，均可能影響部份放電量測資料解讀結果。

部份放電起始電壓以及部份放電熄滅電壓，是診斷擠壓成型電纜固體介質絕緣特性的重要分析參數。若部份放電熄滅電壓遠小於部份放電起始電壓，表示著介質存在著相當嚴重的劣化情況，以及部份放電現象將持續存在送電電纜中。就部份放電量測靈敏度而言，放電訊號的熄滅電壓量測值，通常小於或是等於儀器量測靈敏

度；部份放電起始電壓，是指發生放電脈衝之最小電壓，而約略等於或是大於儀器之量測靈敏度。

部份放電視在電荷量(q)的大小，並非用於研判電纜介質缺陷劣化嚴重程度的絕對依據，若於電場應力集中之絕緣介質上，發生明顯地部份放電訊號，其絕緣劣化較部份放電發生在電場均勻處者之嚴重性高，亦即後者之部份放電對絕緣系統的影響程度相對較低。例如擠壓成型電纜絕緣層中若存在電樹，因而檢測到數個「微微庫侖」(pC)之小放電量，需要儘速停電並加以維護排除介質缺陷，避免電纜介質發生擊穿故障；若部份放電發生位置在電纜外被覆絕緣層及接地屏蔽層之間，其放電電荷量高達數千個「微微庫侖」(pC)，對於此條電力電纜而言，並無立即發生介質崩潰之風險，即可視其放電量幅值變化與演進情況，利用適當停電工作時機加以處理。

建立電纜缺陷之放電型態後，以部份放電必要參數量測值及其統計結果，顯示XLPE或是充油電纜介質缺陷的發展情況；若電纜系統放電點位於特定屏蔽導體與半導電層，單一的部份放電量變動幅度高達100%，既非罕見的現象，亦非具有特別的意義；因此針對一個特定的介質缺陷進行部份放電檢測作業時，以統計方法確認放電重複率，可有效縮短分析介質劣化趨勢所需的部份放電檢測時間，且研判結果較為客觀並具有參可價值。

在解讀電纜故障類型之部份放電統計資料，統計資料所呈現出來的準

確性與故障類型有關。例如以電樹發展趨勢，預測和評估電纜損壞的準確性，較以氣隙形狀及大小之評估準確性高。通常電纜系統之測試結果屬非常好或是非常差兩種極端情況，其資料解讀的準確性高；而介於介質絕緣良好與非常差之間的電纜，部份放電資料解讀的準確性亦相對較低。電纜系統介質絕緣良好，可以量測靈敏度小於5 pC、背景雜訊低、部份放電起始電壓大於 $2 U_0$ ，且僅有低度放電量等條件歸類；介質絕緣良好的電纜系統，可能於承受雷擊突波或是開關突波過電壓時，激發出電樹劣化或是引起斷續的部份放電脈衝，最終將導致電纜系統故障。介質絕緣非常差的電纜系統，具有較低的部份放電起始電壓、明確的部份放電訊號、可清晰呈現出部份放電相位圖譜等電纜系統絕緣劣化的特徵，而電纜系統附屬配件工法不良是導致電纜系統的絕緣劣化的主要原因。若僅依靠部份放電相位圖譜診斷電纜系統，亦有誤判之可能性，輔以不同的部份放電感知器量測結果及經驗，有助於降低誤判介質劣化的機率。

4. 解析電纜介質缺陷類型與部份放電特徵

分析電纜介質之故障類型及其發生位置，與部份放電資料的解讀及介質劣化狀況研判準確性關係密切。若研判方向錯誤，未能針對介質絕緣障礙加以審慎處理，假以時日電纜系統介質障礙必然會遭遇絕緣擊穿故障之結果，提前結束其服役年限，因此辨識故障類型及進行故障定位有其重要性。

地下電纜及其電纜附屬配件在製

造、儲存、運輸及安裝過程，均有可能因偶發意外事件而形成介質缺陷；在運轉中的電纜系統，因電氣應力、機械熱應力以及環境溫溼度變化等因素，亦對介質構成老化潛變之條件，介質老化的最終結果，將引起介質發生擊穿故障。若是電纜系統之介質缺陷發生在低電位梯度位置，並不會立即產生放電脈衝的危險，此種缺陷若遭受到雷擊或開關突波過電壓衝擊作用時，在缺陷上的電氣應力大於部份放電起始電壓時，即可引起介質之放電脈衝。

擠壓成型電纜可導致部份放電脈衝發生源之故障型態整理如下：絕緣介質內部或是介於絕緣層與半導電層介面間存有空洞、氣隙，氣隙型態包含切割刀痕、切割邊緣之毛刺或是絕緣屏蔽遭受外力撞擊。

- (1) 電纜和電纜附件介面間存有氣隙。
- (2) 屏蔽層絕緣電阻過高或中性線破裂。
- (3) 由尖凸、空洞或水樹所引起的電樹。

電纜介質缺陷可應用部份放電幅值大小、重複率、相位、起始電壓以及熄滅電壓等量測參數及其統計分析結果，獲得部份放電脈衝對電纜系統介質絕緣劣化影響及嚴重程度之評估指標，上述部份放電參數並非評估電纜系統介質老劣化程度的唯一指標。

部份放電起始電壓幅值大小，受到介質材料、絕緣層中的空洞或氣隙缺陷的形狀、大小、位置以及空洞缺陷中的氣體類型、壓力等多項因素決定。例如 XLPE 電纜絕緣層中球狀空洞之部份放電起始電壓，約略為扁平

狀空洞缺陷起始電壓的兩倍；而在乙炔-丙烯橡膠(EPR)電纜之鬆弛絕緣屏蔽上以及絕緣層中，若存在大小及形狀相同的球狀氣隙，其鬆弛絕緣屏蔽上的部份放電起始電壓，較絕緣層中缺陷部份放電起始電壓高達三倍。若扁平狀氣隙依循輻射狀電場應力方向排列，其部份放電起始電壓較同樣大小、位置之球狀空洞缺陷之起始電壓高 20~30%。

部份放電量及其重複率視氣隙表面區域大小而定，若氣隙表面區域逐漸擴大，將提高介質缺陷的放電量及重複率，若是氣隙缺陷面積充分地大，此一氣隙內會產生多個放電脈衝源；若此時在介質氣隙表面上導電性通到持續擴大，可令原始的多個放電脈衝源漸次合併，放電源合併後，在氣隙中的放電源數量減少，而放電脈衝幅值卻提高了。除介質缺陷表面積大小外，缺陷深度亦是影響部份放電特性的主要因素。

電纜系統之載流溫昇，係機械作用力的來源，在導體及絕緣層中之機械性膨脹或是收縮作用，是改變介質空洞尺寸大小的影響因素之一，亦是部份放電起始電壓、熄滅電壓、放電能量及重複率等特性的其他影響因素；其次，部份放電之熄滅現象，受到下列因素影響，若位於絕緣層中的球狀氣隙相對地小，在氣隙內的氣體壓力增加，或是氣隙壁自絕緣體轉變為導電狀態時，可令部份放電脈衝源熄滅。放電脈衝已熄滅之球狀氣隙，若於電纜系統遭受雷擊、開關突波襲擊，或是在離線檢測狀態下，以較高的電壓進行電纜絕緣試驗，均屬電纜系

統遭遇過電壓的情況，電纜系統在過電壓情況下，可再次引起介質缺陷發生部份放電脈衝。在介質缺陷上的部份放電脈衝，可依據放電相位角度、脈衝順序和脈衝幅值分佈等多種檢測數據觀察、辨識與確認。

電纜絕緣層厚度與公稱電壓成比例關係，電壓等級高的電纜，其絕緣層相對較電壓等級低的電纜厚，絕緣層的厚度因而影響部份放電量。換句話說，兩個大小相等的介質空洞，分別存在電壓等級高低不同的電纜中，則電壓等級高者，其電纜部份放電量相對較低；例如在電纜屏蔽層導體界面處，存在一個 0.5 mm 大小及深度的介質空洞，此一大小的空洞在 15 kV 級電纜上可產生 10 pC 的放電電荷，而在 35 kV 電纜中此一介質缺陷產生的部份放電電荷將降低至 5 pC，而擠壓成型電纜介質空洞之放電電荷通常小於 100 pC。

(1) 扁平狀空洞

在絕緣體與半導電屏蔽層介面中，其介質空洞形狀多屬扁平狀。若電場在扁平狀空洞中的分壓值，大於部份放電起始電壓時，將激發出多重部份放電源。欲觀察此種多重部份放電源個別的特徵，可考慮部份放電儀器取樣頻寬以及解析性能；扁平狀氣隙中的多重部份放電源，若具有不同的放電脈衝上升率，以寬頻帶部份放電檢測儀器之頻域分析功能，即可針對多重放電源進行觀察與分析；反之，若部份放電檢測儀器取樣頻率較低或是頻寬較窄，可能導致不同頻率的脈衝訊號相互重疊影響量測準確性，影響辨識高於儀器取樣率的放電脈衝訊

號之性能，導致放電量與放電重複率量測統計分析值失真的不利結果。在執行面上，量測訊號以時域及頻域相互轉換與分析，具有可行性及符合實務面的具體作法。

國外研究報告指出：以離線測試位於送電導體與半導體屏蔽層之介質空洞，在每 1/2 週波中，較其他形式的缺陷會有更高的放電量。微小的部份放電量，逐漸侵蝕空洞表面，是引起介質劣化的主要因素，並將介質表面改變為凹陷形狀，是放電侵蝕作用的結果，最終在凹陷處形成電樹，電樹將加速與擴大空洞缺陷的發展；而空洞介質劣化的嚴重性，有時取決於部份電量與重複率。

(2) 電纜系統配件之介面空洞

現場施作電纜系統各式接續匣工法之良窳，是形成電纜系統與終端、直路以及肘型接續匣等附屬配件絕緣接續介面空洞缺陷的關鍵性因素。本所曾調查多起地下配電系統事故，調查結果顯示各式接續匣於現場施作時，接續介面未依據施工說明書施作，使得接續匣電場應力未獲得妥善控制，即可導致電纜系統發生擊穿故障；工法不良之調查經驗整理如下：如未塗抹矽油膏、矽油膏塗敷不均勻、接續介面接合鬆弛、未確實包紮止水帶以及刀痕毛刺未妥善修整等多種情況；因而未確實施作接續工法，係接續匣事故之主要肇因；如圖 7~10 所示；依電纜接續匣事故調查所需之加入系統及維護試驗資料與研判經驗顯示，依現行電纜系統竣工試驗之直流耐壓檢測準則，在竣工測試階段，欲發現此類電纜系統配件缺陷有其困難性。

電纜系統送電加載後，載流溫昇令導體及絕緣體發生膨脹與收縮之機械作用，機械應力可改變空洞尺寸以及部份放電起始電壓、熄滅電壓、重複率及放電量等介質特性。在電纜本體與接續匣界面處的放電或是電爬(tracking)劣化行為，可藉由放電脈衝幅值、分布狀態及其三個演進過程確認；電爬是在絕緣物質表面生成導電性之碳化物，對絕緣材料而言是一種不可逆的表面絕緣劣化現象。電纜配件之介質缺陷劣化的第一個時期，其放電幅值及重複率兩者均低；電爬行為將進一步擴大介面缺陷，以及放電幅值與重複率均同時增高，是第二個時期的劣化特徵；介質缺陷演進至擊穿故障前，其放電脈衝的幅值降低，而重複率卻是繼續升高，是介質劣化至第三個時期的特徵；電纜系統接續介面缺陷劣化之演進過程，可作為週期性部份放電線上檢測或連續性部份放電監控之參考。藉由部份放電幅值、重複率等量測統計資料，有助於了

解介質表面之電爬行為，及其響應特徵所代表的意義。

其次，在此類介質缺陷上產生的部份放電脈衝，除電性響應外，亦存在放電聲響及熱等機械雜訊，因此採用機械性部份放電感知器檢測此類介面缺陷亦屬可用工具之一。施工導致的介面瑕疵演進至擊穿故障約需 1~3 年的時間，而發展至第二~第三階段之介面缺陷，在應力集中位置上常存有局部熱點，因此此類應力集中之缺陷，亦可以紅外線溫度檢測儀觀察出缺陷所在位置；若電纜接續匣採無屏蔽冷縮式接續匣，此類缺陷可以接觸式電容或是電感式部份放電檢測儀器加以偵測，並以放電脈衝訊號幅值與重複率加以確認；電纜各式接續匣介面缺陷，採紅外線溫度檢測儀或是電感型部份放電檢測儀，有助於提高介面缺陷的檢測效率，此係本所在電纜系統介面缺陷的檢測經驗，可供維護現場單位參考與應用。

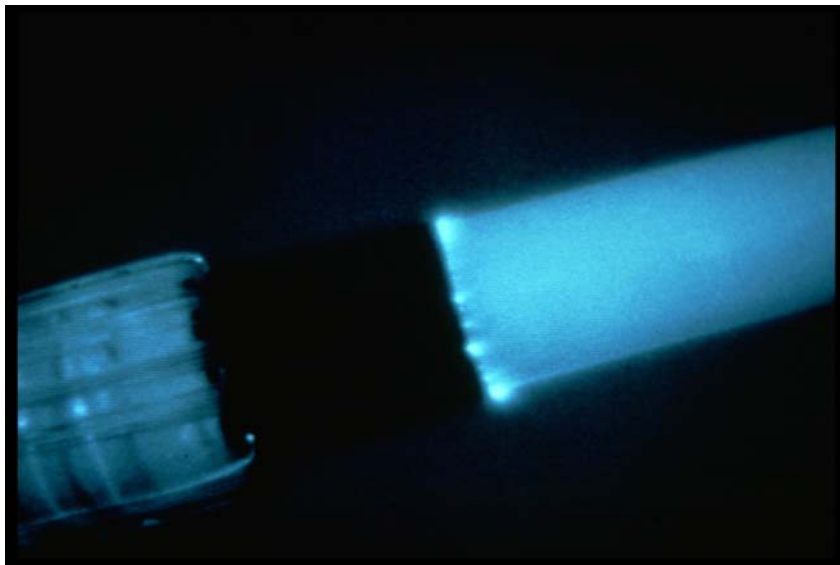


圖 7 電纜直路接續匣應力集中缺陷



圖 8 黃環-終端接續匣應力集中



圖 9 EPR 電纜直路接續匣表面電爬



圖 10 EPR 電纜直路接續匣工法不良

(3) 高阻抗絕緣屏蔽或中性線破損

架空線路與地下電纜之連接站或是化學工廠廠區中，電纜系統之終端接續匣、直路接續匣或肘型接頭等被覆不連續處，易遭受如變壓器絕緣油、汽油或塗抹在木質電桿上的防腐有機溶劑或油脂污染而影響其介質特性。若有機溶劑污染物質侵入電纜半導體層後，將改變並提高半導體層與屏蔽導體及絕緣層介面處的絕緣電阻值，並因而改變了半導體層修整電場梯度之性能，並破壞半導體層與屏蔽導體介面間的電場均勻性，產生局部應力集中干擾介質絕緣的功能。若並未察覺電纜系統存在此種情況，可導致屏蔽層導體與外半導體層之間，發展出連續性部份放電劣化介質絕緣之嚴重後果。

在外半導體層與屏蔽層導體之間的放電行為，可藉由部份放電重複率、相位角度、放電極性、脈衝時序以及高達數百~數千微微庫倫放電量等特徵加以確認。此類缺陷很少在短時期中發展至介質擊穿故障，因此可有較充分的部份放電檢測時間，觀察其部份放電特徵與介質劣化趨勢。

屏蔽導體因蟻害、腐蝕或是過度之感應循環電流，亦可能造成屏蔽導體產生空洞及不連續缺陷，因而破壞屏蔽導體既有之等電力線結構，導致電氣應力集中，最終引起絕緣擊穿，故適時需要以額外的試驗檢查屏蔽導體的連續性以及耐壓值，確認電纜系統屏蔽導體與半導體層之完整性。屏蔽層導體維持單點接地是避免過度感應循環電流的重要環節，輔以確實依

據電纜接續施工規則執行接續作業，有助於避免外半導電層與屏蔽導體之間發生不連續缺陷，預防缺陷進一步引起嚴重的絕緣障礙。

(4) 水樹劣化

以固態絕緣為主絕緣材料之設備在運轉過程中，受到各種因素長期作用，將會導致其物理、化學，電和機械性能的劣化，這種不可逆的過程稱之為「老化」。促使地下配電系統高壓電纜系統絕緣老化的因素大致可分為水樹劣化、絕緣材料雜質空洞劣化、電氣樹劣化、熱絕緣老化、機械應力老化及綜合性的環境老化等等，其發生原因及主要特徵分別概述如下：

水樹是表現電纜老化最重要的形式，較舊的交連聚乙烯(XLPE)和高分子聚乙烯(HMWPE)電纜，若存有水樹老化情況，水樹可令介質損耗升高，甚至引發電樹劣化，最終導致電纜絕緣崩潰。過去國外電力電纜工程界曾廣泛研究聚合介質之水樹現象，並發展出許多方法來評估水樹所引發的電纜老化程度；例如水樹是由電氣氧化所引起，若在激發水樹增長條件未改變情況下，將呈現出持續增長的樹狀模式。水樹劣化將降低擠壓成型電纜絕緣體之耐壓性能，其交流電壓和衝擊電壓的耐受性能，將視水數劣化嚴重程度而逐漸降低其絕緣耐壓能力，是擠壓成型中壓電纜絕緣老化的主要因素。雖然過去國外已廣泛研究電纜之水樹現象，尚未能清楚釐清水樹產生要因和成長擴散的機制；水樹的產生和成長並非單一因素所導致，而是與電纜介質材料之壓出成型方式、額定電壓以及電纜介質中含水量等因素

所引起的化學、電氣和機械性之複雜交互作用所致。充滿水的線狀微氣隙是水樹具體的表現形式，通常此電氣氧化軌跡的直徑小於 $0.1 \mu\text{m}$ ，電氣氧化軌跡之作用結果，令含有水分的微氣隙構成小橋連接路徑，並逐漸形成樹狀結構與形狀。

發展水樹檢測技術，過去曾是檢測電纜介質劣化之重要議題，國外許多研究機構曾對電纜介質探討「介質損失及部份放電特性」和「水樹」的關聯性進行研究，進行實驗室和現場測試。在實驗室中所進行的部份放電檢測，通常能夠以較佳的電磁場雜訊屏蔽技術，以及利用取自現場已運轉 5~13 年之電纜樣品，或是取自試驗室之老化電纜樣品進行部份放電檢測研究，實驗室級之電氣式部份放電檢測系統，可達 0.01pC 到 0.1pC 的檢測靈敏度，故可獲得較現場線上部份放電檢測作業靈敏度高以及效能高的檢測結果。在國外亦有研究機構嘗試採用電學和光學技術，檢測水樹的部份放電現象，但是未曾在水樹劣化樣品上發現存有部份放電訊號之案例；若是水樹已劣化為電樹，則可在電樹上檢測出部份放電訊號。

上述的結果顯示：儘管過去曾廣泛研究，並嘗試從成長中的水樹找出部份放電訊號，然而卻未有任何試驗結果顯示在水樹中存有部份放電的跡證。在試驗室中以相對較低的電場(一般為 1 kV/mil ； 12 kV/mm ，等同於 25V/mil 到 50V/mil)，長期培養水樹生成和滋長，仍未能獲得水樹與部份放電據有直接的相依關係；亦有以電纜額定電壓值對已發生水樹之電纜樣品

進行部份放電試驗，藉以增強樹狀尖端的電氣應力，亦無法在水樹微小氣隙缺陷(約 $50\ \mu\text{m}$)區域中引發部份放電。

水樹在低場強作用下不會激發出部份放電，然而水樹經由雷擊突波和交流過電壓的高強場作用後，若介質被激發起更進一步的劣化，則水樹可轉變為電樹。在現場進行電纜部份放電測試時，提高測試電壓以及增加測試時間，對電纜介質具有加速老化速率之作用，亦可能引起介質中的水樹轉變成電樹。一般來說，在運轉電壓情況下，欲引發電樹較令電樹成長之技術困難性為高。因此發生電樹的介質，在運轉電壓之低場強情況下，部份放電會導致電樹快速成長，最終導致電纜系統發生介質擊穿故障。

(5) 尖突、空洞及水樹缺陷引起之電樹

若於絕緣體內或位於半導電屏蔽層介面處，存有毛刺尖突、空洞或污染物，易引起介質局部電場梯度變化及電氣應力集中。介質局部場強應力集中，對介質產生加速老化作用，最終產生電樹劣化的結果。以高分子絕緣材料性質而言，發生電樹之介質局部劣化點，絕緣特性改變轉換為導電性，此一變化對介質屬不可逆之改變。存在電樹劣化的絕緣體，於遭受突波過電壓衝擊時，若突波過電壓幅值大於部份放電起始電壓，在介質缺陷部位易被激起部份放電作用。若此缺陷之部份放電熄滅電壓，低於系統運轉電壓，則放電脈衝將轉變為連續性的部份放電行為，最終將導致擠壓成型電纜發生介質崩潰與擊穿故障。

國內外電樹劣化議題上的研究

經驗顯示：於試驗室中，以提高試驗電壓進行介質加速老化試驗，欲於數個月相對電纜 30 年使用年限的短期間，激發出高分子材料電樹放電現象的困難性相當地高。若電纜介質在某一位置上已存在電樹劣化點，且其局部電場梯度之分壓值，高於部份放電起始電壓值，將產生不會熄滅的連續部份放電脈衝，連續性的部份放電將加速電樹成長並導致擊穿故障發生。

電樹的部份放電量與電場方向、電樹通道長度、電場梯度等因素有關，而較長的電樹通道，其部份放電量較通道較短的電樹高，且此種缺陷所產生的放電量較球狀氣隙之放電量為高，同時其放電重複率亦會隨著電樹成長而改變。其次，水樹係介質老化特徵之一，介質逐漸形成水樹及在水樹成長的期間，並無部份放電脈衝訊號。但是已具有老化現象之介質，水樹卻足以威脅介質既有性質並轉換為電樹。若在已老化電纜之水樹劣化處，發現部份放電脈衝訊號時，顯示在此老化電纜介質中，可能存在更多的電樹；其次，嚴重老化的電纜，在正常運轉電壓條件下，亦可在介質弱點處產生電樹；雷擊、開關突波與絕緣試驗過電壓及其測試持續時間，亦可能是激發介質發生電樹的主要因素；水樹並無放電特徵，但是可藉由消散因數試驗結果加以評估與確認；而部份放電幅值、放電角度及重複率是目前確認電樹特徵的主要參數。

形成電樹的因素，與介質空洞缺陷、水樹現象以及現場耐壓試驗頻度及其持續時間等因素有關。例如介質空洞缺陷，在場強作用下，通常先產

生電樹劣化，進而加速缺陷劣化導致擊穿故障。介質一旦產生電樹，持續的部份放電會造成電樹迅速成長，進而依絕緣材料特性及運轉環境，可於相對於服役年限之較短時間內，如數小時或是數週的時間內，發展至絕緣擊穿故障。因此 XLPE 或是 EPR 電纜若檢測出部份放電訊號，且確定屬電樹缺陷，須儘速安排停電進行檢修以排除缺陷障礙。

四、結論

中壓屏蔽型電纜系統應用部份放電檢測技術與極低頻(very low frequency, VLF)現場試驗技術，對於提升地下配電系統之供電品質與可靠性(reliability)，及其合理的平均運轉壽命，有其必要並具有重要的意義。為了保證電力電纜系統於服役年線中可維持最佳的運轉性能，本研究參考IEEE 400標準系列整理擠壓成型及層壓電纜介質特性試驗之條件，並以現行之現場試驗及現行的測試技術進行討論分析及比較其優缺點。部份放電檢測技術及VLF試驗方法適合應用於各式地下電纜，應用檢測結果建立電纜介質劣化及老化趨勢圖，可用以評估電纜系統適當之維護排程。

電纜系統在本質上，難以單一試驗方法，周延地完成電纜系統之絕緣監控技術，因為電纜系統之絕緣狀態，包含了介質自然老化與缺陷劣化兩項主要議題。以監測與診斷電纜系統介質老化與劣化狀態而言，介質老化多採“介質消散因數或是介質電力因數試驗”取得老化數據；而介質因缺陷所造成的劣化現象，目前多採線上或是離線式“部份放電試驗”取得介質缺陷發生位置、型態及嚴重性等數據；

因此為了建構電纜絕緣趨勢監控技術，需要了解電纜介質特性、介質缺陷類型以及各種絕緣診斷方法，並就介質劣化潛在跡象，輔以特定儀器工具之檢測結果，顯示電纜系統介質狀態，評估未來可能引起絕緣崩潰的因素，此即整合型電纜系統診斷方案之概念，依此概念建立電纜系統之絕緣劣化趨勢曲線，管理監控電纜系統絕緣趨勢之變化。

五、參考文獻

- [1] A. Pedersen, G. C. Crichton, and I. W. McAllister, "The functional relation between partial-discharges and induced charge," IEEE Trans. Dielectrics Electrical Insulation, Vol. 2, 1995, pp. 535-543.
- [2] R. Bartnikas, "Some observations on the character of corona discharges in short gap spaces," IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. EI-6, 1971, pp. 63-75.
- [3] G. Mole, "Basic characteristics of internal discharges in cables," IEEE Underground Distribution Conference, Conf. Record Supplement 69CNPWR, Anaheim, May 12-16, 1969, pp. 198-207.
- [4] R. Bartnikas, "Effect of pulse rise time on the response of corona detectors," IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. EI-7, 1972, pp. 3-8.
- [5] G. S. Eager and G. Bahder, "Discharge detection in extruded polyethylene insulated power cables," IEEE Trans. Power Apparatus Syst., Vol. PAS-86, 1967, pp. 10-34.

- [6] D. A. Costello and R. Bartnikas, "Partial discharges in primary distribution cables," IEEE Underground Distribution Conference, Conf. Record Supplement, 69 CNPWR Anaheim, May 12-16, 1969, pp. 179-195.
- [7] M. Pompili, C. Mazzetti, and R. Bartnikas, "Simultaneous measurements of PD in oil using conventional narrow band and ultra-wide band detection systems," Proc. XIIth International Conf. on Conduction and Breakdown in Dielectric Liquids, IEEE Conf. Record 96CH35981, Roma, July 15-19, 1996, pp. 185-188.
- [8] J. C. Chan, P. Duffy, L. J. Hiivala, and J. Wasik, "Partial discharge-Part VIII: PD testing of solid dielectric cable," IEEE Electrical Insulation Mag., Vol. 7, 1991, pp. 9-20.
- [13]
- [9] G. S. Eager, G. Bahder, and D. A. Silver, "Corona detection experience in commercial production of power cables with extruded insulation," IEEE Trans. Power Apparatus Syst., Vol. PAS-88, 1969, pp. 342-364.
- [10] G. C. Crichton, P. W. Karlsson, and A. Pedersen, "Partial discharges in ellipsoidal and spheroidal voids," IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 24, 1989, pp. 335-342.
- [11] M. Garcia-Gamez, R. Bartnikas, and M. R. Wertheimer, "Modification of XLPE exposed to discharges at elevated temperature," IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 25, 1990, pp. 153-155.
- [12] "研訂地下配電高壓電纜及各式接頭劣化測試準則"完成報告，鄭強、范振理、陳健賢、干鵬飛，台灣電力股份有限公司，93年12月。

保護電驛之認證試驗概述

台電綜合研究所 吳立成

一、簡介

保護電驛是清除電力系統故障的重要護衛，其保護功能之良窳，攸關電力系統之運轉安全與可靠。譬如當系統正常運轉時，保護電驛因可靠而不動作；當系統發生故障時，則能快速找出系統問題所在，立即隔離故障區間，並維持健全系統之安全運轉。

保護電驛固然相當重要，但是電驛特性試驗更是關鍵性決定是否具備加入電力系統運轉之資格檢定。在電驛實質性能試驗方面，通常約可分成下列幾種：

- 型式試驗(Type Tests)
- 製造廠生產之例行試驗 (Routine Factory Product Tests)
- 投入商轉之試驗(Commissioning Tests)
- 週期性之維護試驗 (Periodic maintenance Tests)

二、試驗類型定義

型式試驗主要是驗證電驛是否滿足出廠規範及符合相關標準，因保護電驛的原理是在系統異常時，才能響應配合動作，所以其性能評估必須在最近似之故障環境狀態下自然顯現；而此種試驗通常於製造商開發電驛生產時已反覆執行。在 IEC 60255 及 ANSI C37.90 標準中，已涵蓋多方面電驛的性能，但通常 IEC 61000、60068 及 60529 亦被概括在內。無論是數位式電驛(Digital relay or Numerical relay)、靜態式電驛 (Static relay) 及機電式電驛 (Electromechanical relay)，其型式試驗程序

通常都是非常複雜，無法精簡詳述。

製造廠生產之例行試驗通常無一定形式，此種試驗一般會在製造生產中各階段實施，主要係為及早發現問題，以使用最少的工作量來改善；此試驗範圍主要由電驛複雜度及製造商的經驗來決定。

投入商轉之試驗主要用來確認一特定之保護體系(Protection Scheme)，傳統上在整合配置相關電驛功能為一體，這些試驗包括電驛安裝、接線、動作及整體功能。投入商轉後一年內需再做全功能試驗一次，以確保電驛功能正確可靠保護設備。

週期性之維護試驗主要用來找出運轉中不良之電驛，但此項試驗一般採 3~5 年週期性維護，其缺失在於可能無法及早發現電驛保護體系不良問題，直到事故發生後才獲知保護體系功能異常。

三、電驛之型式試驗項目

型式試驗項目包括電氣性試驗、產品安全性試驗、環境試驗及軟體試驗。而電氣性試驗包括功能試驗(Function Test)、額定試驗(Rating Test)、過載耐熱試驗(Thermal Test)、負擔(Burden)試驗、輸入試驗(Relay Input)、輸出接點試驗(Relay Output Contacts)、絕緣電阻試驗(Insulation Resistance)、輔助電源試驗(Auxiliary Supplies)。環境試驗包括電磁相容(EMC, Electromagnetic Compatibility)試驗、溫度試驗(Temperature Test)、濕度試驗(Humidity Test)、循環溫/濕度試驗(Cyclic Temperature/ Humidity Test)、機械性試驗(Mechanical Test)及外殼保護試驗

(Enclosure Protection Test)。依據(1)IEC 60068-2-1 2007 Environmental testing - Part 2: Tests. Tests A: Cold 及(2)IEC 60068-2-2 1994 Amendment 2 - Environmental testing - Part 2: Tests. Tests B: Dry heat 標準來做認證試驗。

功能試驗以過電流電驛為例，是依據廠商所提供之電驛規範如“表一”來進行“表二”之試驗項目，綜合上述電驛型式試驗、生產時之例行試驗及確認試驗所需之檢測項目如“表三”所列。

表一 過流電驛規範

Element	Range	Step Size
$I > 1$	0.08 - 4.00In	0.01In
$I > 2$	0.08 - 32In	0.01In
Directionality	Forward/Reverse/Non-directional	
RCA	-95° to +95°	1°
Characteristic	DT/IDMT	
Definite Time Delay	0 - 100s	0.01s
IEC IDMT Time Delay	IEC Standard Inverse IEC Very Inverse IEC Extremely Inverse UK Long Time Inverse	
Time Multiplier Setting (TMS)	0.025 - 1.2	0.025
IEEE IDMT Time Delay	IEEE Moderately Inverse IEEE Very Inverse IEEE Extremely Inverse US-CO8 Inverse US-CO2 Short Time Inverse	
Time Dial (TD)	0.5 - 15	0.1
IEC Reset Time (DT only)	0 - 100s	0.01s
IEEE Reset Time	IDMT/DT	
IEEE DT Reset Time	0 - 100s	0.01s
IEEE IDMT Reset Time	IEEE Moderately Inverse IEEE Very Inverse IEEE Extremely Inverse US-CO8 Inverse US-CO2 Short Time Inverse	

表二 過流電驛型式試驗

Test 1	Three phase non-directional pick up and drop off accuracy over complete current setting range for both stages
Test 2	Three phase directional pick up and drop off accuracy over complete RCA setting range in the forward direction, current angle sweep
Test 3	Three phase directional pick up and drop off accuracy over complete RCA setting range in the reverse direction, current angle sweep
Test 4	Three phase directional pick up and drop off accuracy over complete RCA setting range in the forward direction, voltage angle sweep
Test 5	Three phase directional pick up and drop off accuracy over complete RCA setting range in the reverse direction, voltage angle sweep
Test 6	Three phase polarising voltage threshold test
Test 7	Accuracy of DT timer over complete setting range
Test 8	Accuracy of IDMT curves over claimed accuracy range
Test 9	Accuracy of IDMT TMS/TD
Test 10	Effect of changing fault current on IDMT operating times
Test 11	Minimum Pick-Up of Starts and Trips for IDMT curves
Test 12	Accuracy of reset timers
Test 13	Effect of any blocking signals, opto inputs, VTS, Autoreclose
Test 14	Voltage polarisation memory

表三 電驛之檢測項目

序號	檢測項目	型式	維護	驗收
1	結構及外觀	○	○	○
2	基本電氣性能試驗： (1)動作性能試驗 (2)時間性能試驗(3)特性曲線	○	○	○
3	影響量及影響因素試驗： (1) 大氣環境條件影響試驗 a. 低溫測試 b. 高溫測試 (2) 機械環境條件影響試驗 a. 振動影響試驗 b. 振動耐久性試驗 c. 衝擊響應試驗 d. 衝擊耐久性試驗 e. 碰撞試驗	○	X	X
4	絕緣性能試驗： (1) 絕緣間隙及爬電距離試驗 (2) 絕緣電阻試驗 (3) 介質強度試驗 (4) 衝擊電壓試驗	○	○	○
5	耐溫濕試驗	○	X	X
6	熱性能試驗： (1) 最高允許溫度 (2) 短期耐熱極限值	○	X	X
7	過載能力試驗： (1) 過電壓能力 (2) 過電流能力 (3) 極限動態穩定	○	X	X
8	功率消耗試驗	○	X	X
9	老化試驗	○	X	X
10	整體功能試驗(靜態功能試驗、動態功能試驗)	○	X	○
11	環境溫度極限範圍試驗	○	X	X
12	電磁相容試驗： (1)1MHz(100kHz)脈衝抗擾度試驗 (2)靜電放電抗擾度試驗 (3)射頻電磁場輻射抗擾度試驗 (4)快速瞬變脈衝群抗擾度試驗 (5)涌浪(衝擊)抗擾度試驗 (6)射頻感應的傳導干擾抗擾度試驗 (7)工頻抗擾度試驗 (8)直流電源波動影響試驗 (9)直流電源中斷影響試驗 (10)傳導發射限值及輻射發射限值	○	X	○
13	安全性試驗(外殼保護試驗、防火、洩漏電流檢查)	○	X	○

附註：“○”表應檢驗項目 “X”表無需檢驗項目

1. **額定試驗(Rating Test)**：用以確認零件被使用在它們的規範額定內及在正常運轉或故障時，不會起火和嚴重衝擊災害。參照 IEC 60255-6 標準。
2. **過載耐熱試驗(Thermal Test)**：比壓器(PT)、比流器(CT)及輸出接點電路的過載耐熱能力試驗，決定是否符合連續及短時間過載條件。CT 需超過 1 秒，PT 需超過 10 秒。
3. **電驛負擔(Burden)試驗**：電驛的負擔試驗包含輔助電源、光隔離輸入、PT、CT，以確認是否符合規範。
4. **電驛輸入試驗(Relay Input)**：電驛輸入試驗包含輔助電源、光隔離數位輸入、PT、CT、頻率及通訊電路之範圍(Rang)，確認是否符合規範。
5. **電驛輸出接點試驗(Relay Output Contacts)**：電驛輸出接點試驗必須用直流(DC)電源，因為實用上控制迴路是使用電池組。
6. **絕緣電阻試驗(Insulation Resistance)**：電驛絕緣電阻試驗是依據 IEC 60255-5 標準，所有電路對外殼，以直流電壓 500 伏特 $\pm 10\%$ ，至少 5 秒以上，驗收標準，新品時絕緣電阻要 100M Ω 以上，經濕熱試驗後絕緣電阻要 10M Ω 以上。
7. **輔助電源試驗(Auxiliary Supplies)**：數位電驛通常需要輔助電源提供電源給微算機電路、光耦合輸入電路及光耦合輸出電路，輔助電源可交流或直流，來源如電池、UPS 及發電機等，本試驗將測試電源受到干擾(如：電壓驟降、電源短時間中斷 20ms~60sec.及電壓變化)時，電驛可維持正常工作(不誤動作、警報及無資料遺失等)，不會受損害。多數電驛可忍受到 50ms 的電源短時間

中斷。

8. 電磁相容 (EMC, Electromagnetic Compatibility)試驗：

EMI 是 Electromagnetic Interference 之縮寫，是指干擾他種電器產品的電磁干擾量；EMS 是 Electromagnetic Susceptibility 之縮寫，是指能忍受他種電器產品的電磁干擾的程度；EMI 與 EMS 兩者合稱為 EMC(Electromagnetic Compatibility)。本試驗主要決定電驛安裝後耐電磁環境之能力。

一般干擾來源如：

- a. 開關操作
- b. 系統故障
- c. 雷擊
- d. 避雷針閃烙
- e. 通訊干擾(手機)

EMC 廣義來說，是指在相同電磁環境下，設備共同存在之能力。

在 EEC 使用必須遵守 89/336/EEC 規範，此時不列項目需被試驗：

- ① 直流中斷試驗
- ② 直流電源之交流鏈波試驗
- ③ 直流電源斜升/降試驗
- ④ 高頻干擾試驗
- ⑤ 快速暫態試驗
- ⑥ 突波免疫試驗
- ⑦ 工頻抗擾度試驗
- ⑧ 靜電放電抗擾度試驗
- ⑨ 傳導(Conducted)發射及輻射(Radiated)發射試驗
- ⑩ 傳導(Conducted)及輻射(Radiated)免疫試驗
- ⑪ 工頻磁場試驗

以上 11 項試驗詳述如下：

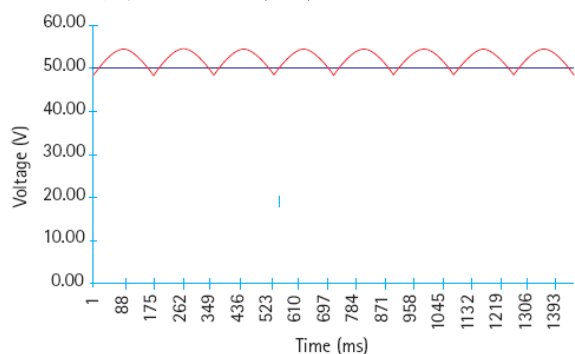
- ① 直流中斷試驗

本試驗是依據 IEC 60255-11，比較

2,5,10,20,50,100 和 200ms 之中斷，電驛不能誤動作。電源之短路及開路各試驗 10 次。

② 直流電源之交流鏈波試驗

本試驗(IEC 60255-11)是確認直流電源含交流鏈波(因電池之充電)時，電驛可正確動作。如下圖一所示直流電源含 12% 之峰-峰鏈波。



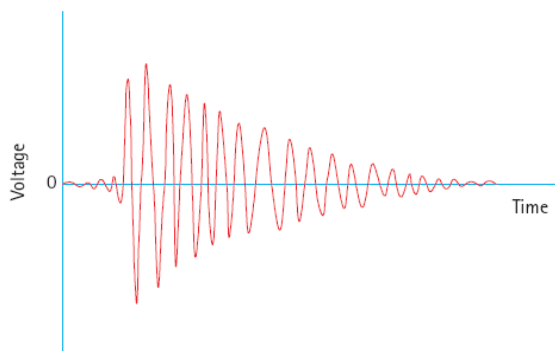
圖一 直流電源含 12% 之峰-峰交流鏈波

③ 直流電源斜升/降試驗

本試驗模擬電池充電失敗導致電驛輔助電源慢慢下降；另外，模擬電池放電後再充電，致電驛輔助電源上升，電驛不誤動作。本項目無國際標準規範，故依各製造廠家規定。

④ 高頻干擾試驗

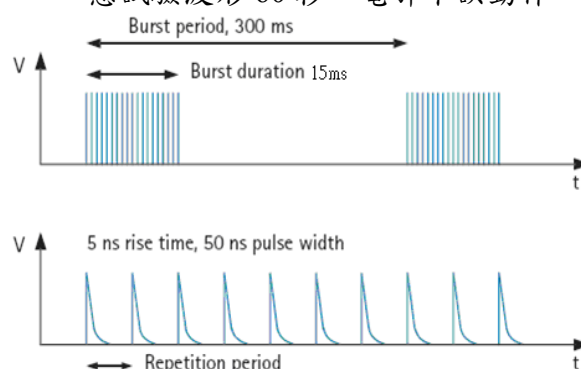
高頻干擾試驗模擬由於電力系統故障及開關操作，引起之高電壓暫態，其試驗波形如圖二所示，由 1MHz 衰減之正弦波形。合格標準為當加高頻干擾試驗波形 2 秒，於電驛正常工作及跳脫時，不會誤動作發生。



圖二 高頻干擾試驗波形

⑤ 快速暫態試驗

快速暫態試驗主要模擬因高壓 GIS 之隔離開關(DS)操作及導體對外殼 SF6 絕緣崩潰時之干擾，此干擾可能感應耦合到電驛電路或直接透過 CT 或 PT 輸入。此試驗信號如圖三所示 300ms 週期中含 15ms 之脈波，每一脈波是由大小 4kV(peak)、波寬 50ns 及上升時間 5ns 組成，合格標準為電驛在正常工作及跳脫時，施以快速暫態試驗波形 60 秒，電驛不誤動作。



圖三 快速暫態之試驗波形

⑥ 突波免疫試驗

突波免疫試驗主要模擬電力系統干擾，如電容器切換及變電所 5KM 內雷擊架空輸電線。試驗波形是一個共模突波 4kV 的開路電壓和 2kV 差模突波，此試驗波形組成由開路電壓 1.2/50us 和短路電流 8/20us，發電機具有最大 2kA 之能力。

⑦ 工頻抗擾度試驗

工頻抗擾度試驗主要模擬電力系統，因非常大故障電流流過一次導線或接電網造成對控制及通訊干擾，本試驗無國際標準規範，但一些電力公司使用，500Vrms 共模及 250Vrms 差模，以測試電驛在以下三種情況：

A. 輸入之電壓及電流信號在電驛設定值 90% 下，電驛不動作。

B. 輸入之電壓及電流信號在電驛設定值 110% 下，電驛動作。

C. 測試對主保護和通信之干擾影響。

⑧ 靜電放電抗擾度試驗

試驗電驛在正常工作下，受靜電放電干擾時，保護電驛能否正確工作，本試驗依據 IEC 60255-22-2，包含兩項試驗：

A. 有外殼時：Class 4、8kV 接觸放電及 15kV 空氣放電。

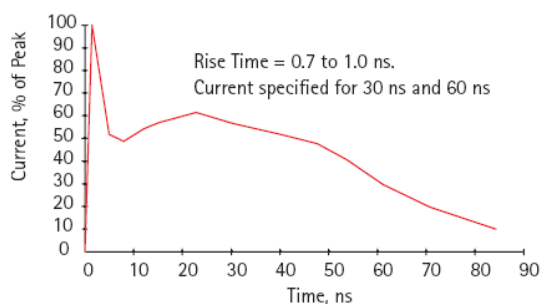
B. 無外殼時：Class 3、6kV 接觸放電及 8kV 空氣放電。

另外，低於上述等級之試驗，同樣需被測試。其試驗波形如圖四所示，各試驗點需經分別 ±10 次之試驗，各次放電之時間間隔需大於 1 秒以上，同時被試電驛必須在以下三種情況，能正確工作：

D. 輸入之電壓及電流信號在電驛設定值 90% 下，電驛不動作。

E. 輸入之電壓及電流信號在電驛設定值 110% 下，電驛動作。

F. 測試對主保護和通信之干擾影響。



圖四 靜電放電之試驗波形

⑨ 傳導(Conducted)放射及輻射(Radiated)放射試驗

傳導(Conducted)放射通常只有在設備電源部份，主要防治設備反饋干擾進入電源網路；輻射(Radiated)

放射試驗是為確認電驛不會發射干擾到其它設備，本試驗準則(IEC 60255-25、EN 50081-2)如表四，通常在無反射結構或無輻射源之開放性區域(Open Area Test Site, OATS)，來做測試。傳導(Conducted)放射試驗之結果呈現如圖五。傳導放射及輻射放射試驗方式，分別如圖六及圖七所示。

⑩ 傳導(Conducted)及輻射(Radiated)免疫試驗

本試驗主要確認電驛抗干擾之免疫能力，而載流導體要產生這種如天線的干擾，載流導體需大於 1/4 電磁波的長度。例如當有一輻射干擾 150kHz，則載流導體長度至少為： $300 \times 10^6 / (150 \times 10^3 \times 4) = 500 \text{ m}$

傳導免疫試驗要求導體長度 1M，低頻限制 80MHz，試驗標準參照 IEC 60255-22-6，之信號準位如下：Class III, 10V r.m.s., 150kHz - 80MHz.

輻射免疫試驗參照 IEC 60255-22-3 及 ANSI/IEEE C37.90.2 之信號準位如下：

1 IEC: Class III, 10V/m, 80MHz - 1000MHz

2. ANSI/IEEE: 35V/m 25MHz - 1000MHz

⑪ 工頻磁場試驗

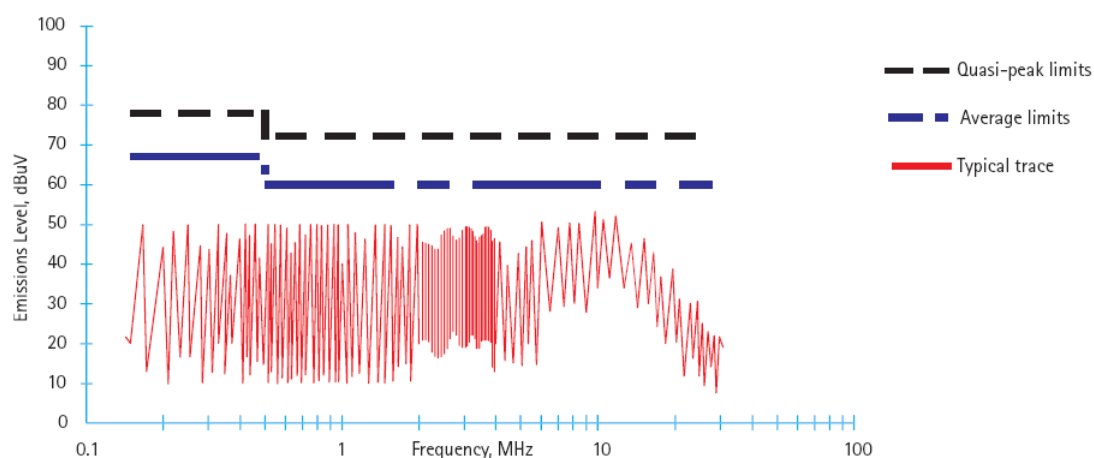
主要為確認設備對電磁干擾的免疫能力，此試驗包括三種磁場模式：穩態、脈衝及阻尼振盪之磁場。穩態磁場試驗使用 IEC 61000-4-6 相關標準，試驗方式如圖八施以磁場為連續 300A/m 及短時間(1~3 秒)1000A/m。脈衝磁場試驗使用 IEC 61000-4-9 標準，試驗施以級數 5 之 6.4/16us 波形

及相同穩態磁場試驗之 100A/m 磁場強度，電驛不誤動作。阻尼振盪磁場試驗使用 IEC 61000-4-10 標準，試驗

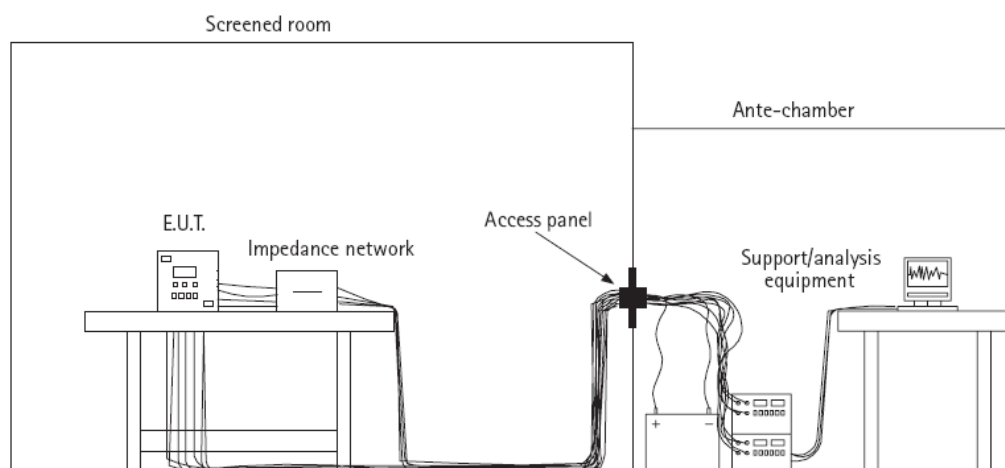
施以級數 5 之 0.1MHz 和 1MHz 信號波形及相同穩態磁場試驗之 100A/m 磁場強度，電驛不誤動作。

表四 傳導放射及輻射放射之試驗準則

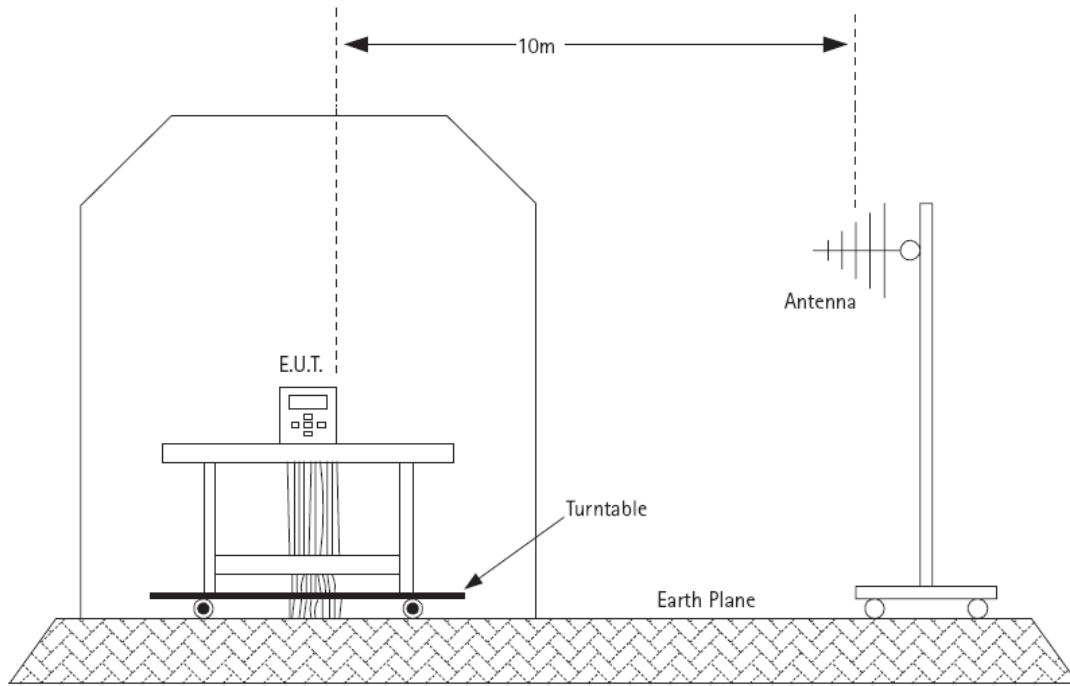
	Frequency Range	Specified Limits	Test Limits
Radiated	30 - 230MHz	30dB(μ V/m) at 30m	40dB(μ V/m) at 10m
	230 - 1000MHz	37dB(μ V/m) at 30m	47dB(μ V/m) at 10m
Conducted	0.15 - 0.5MHz	79dB(μ V) quasi-peak 66dB(μ V) average	79dB(μ V) quasi-peak 66dB(μ V) average
	0.5 - 30MHz	73dB(μ V) quasi-peak 60dB(μ V) average	73dB(μ V) quasi-peak 60dB(μ V) average



圖五 傳導放射測試結果



圖六 傳導放射試驗方式



圖七 輻射放射試驗方式



圖八 工頻磁場試驗方式

產品安全型式試驗：此試驗主要是確認在正常及故障情況下，電驛均不發生火災及電子衝擊。此試驗包括電介質耐壓、絕緣耐過電壓、單相故障情況及接地結合阻抗。電介質耐壓試驗為例行之試驗，使用以下三種試驗方式：

- A. 依 IEC 60255-5 標準，分別對端點至外殼或獨立電路間，施以交流工頻 2kVrms、1 分鐘之耐壓。
- B. 依 IEEE C37.90 標準，分別對常開接點至跳脫電路間，施以交流工頻 1.5kVrms、1 分鐘之耐壓。
- C. 依 IEC 60255-5 標準，分別對監視常開接點或轉換輸出電驛，施以交流工頻 1kVrms、1 分鐘之耐壓。

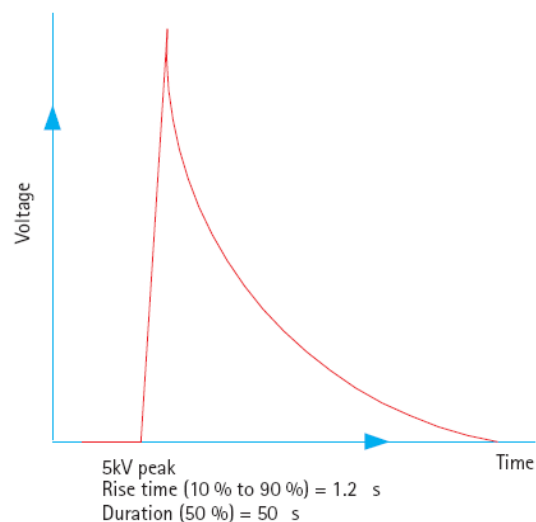
絕緣耐過電壓試驗主要確保電力系統雷擊時，電驛元件及電路不因過電壓而損壞，分別對端點至外殼或獨立電路間，施以 5kV(p-p)、1.2/50us 正負各三次之突波電壓，如圖九所示，不能有閃落發生才合格。如需重複作電介質耐壓或絕緣耐過電壓試驗時，試驗電壓將用規範之 75%。

接地結合阻抗 (EBI, Earth Bonding Impedance) 試驗使用最大電壓 12 伏特和保護保險絲 (Fuse) 額定 2 倍之電流，施加被試物，待 1 分鐘之後，電流流經被試物其接地結合阻抗不超過 0.1Ω。

有 CE 標籤之產品，表已經歐盟之低電壓 73/23/EEC 標準及電磁相容 89/336/EEC 標準認證。

溫度試驗(Temperature Test)：溫度試驗為確認產品於運輸、儲存、運轉等過程能耐冷和熱之極限。運輸和儲存之溫度極限在 -25~+70 度間，運轉之溫度極限在 -25~+55 度間。耐熱試驗在電驛不加工工作電源於溫度 70 度下，試驗 96 小時；耐冷試驗在電驛不加工工作電源於溫度 -40 度下，試驗 96

小時。運轉之耐溫度試驗在電驛加工工作電源於溫度 -25~+55 度間，其電驛所有功能皆能正常工作。



圖九 突波電壓波形

濕度試驗(Humidity Test)：濕度試驗為確認產品於相對濕度在 96%及定溫度 40 度，試驗 56 天，並分別在 21 天和 56 天後，試驗產品能否正常工作及檢視產品之腐蝕程度。

循環溫/濕度試驗(Cyclic Temperature/Humidity Test)：循環溫/濕度試驗是一短程之試驗，同時對電驛施以溫度和濕度，但不可取代 56 天之濕度試驗。可應用 IEC 60068-2-30 標準及測試條件在：

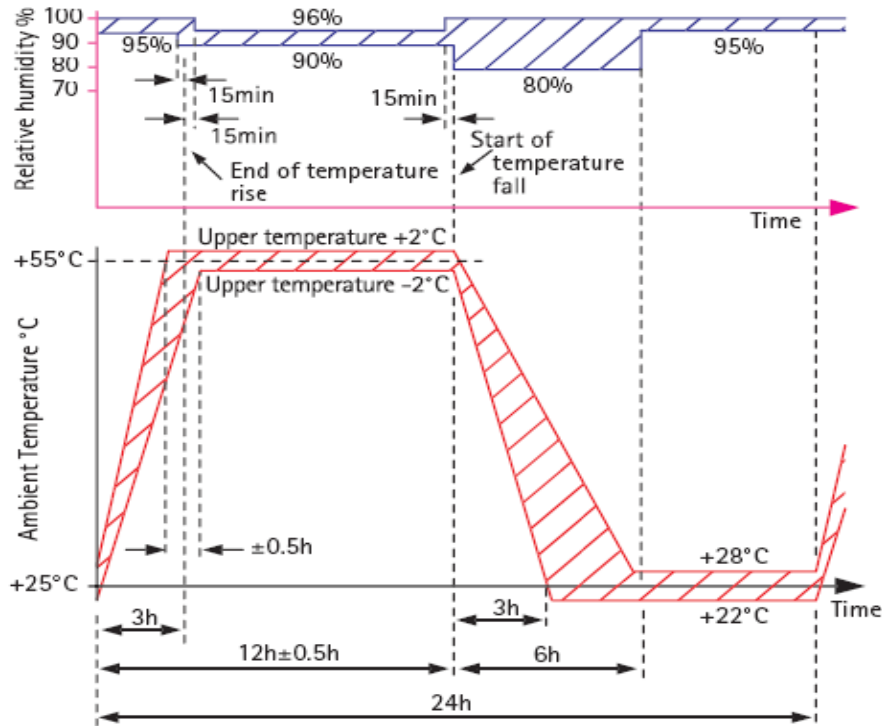
+25°C±3°C 相對濕度 95% 和 +55°C±2°C 相對濕度 95%，如圖十方式施以 24 小時，試驗過程電驛施加電壓、電流動作門檻值 10%，電驛無誤動作，功能試驗完後測試絕緣電阻，是否符合規範，共檢視電驛腐蝕程度。

機械性試驗(Mechanical Test)：機械性試驗是模擬電驛生命週期可能遭遇之狀況，一般可分二類一為電驛送電運轉後之干擾及運輸過程之干擾。振動位準 1gn、10~150Hz 交替使用試驗之；因地震而引起的振動使用 35Hz 施於單軸，X 軸 7.5mm

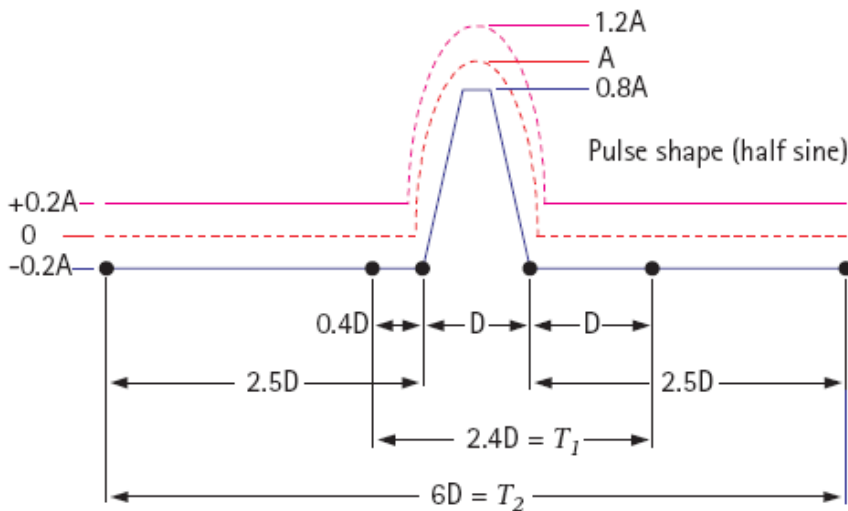
及 Y 軸 3.5mm 之最大位移，各軸交叉施力 1gn 及 2gn。電驛振動干擾採如圖十一之試驗波形，第一電驛有加工作電源時，在 11ms 期間施以 3 個脈波，每個 10g；第二電驛無作電源時，在 11ms 期間施以 3 個脈波，每個 15g。電驛衝撞干擾採如圖

十一之試驗波形，電驛無作電源下在 16ms 期間施以 1000 個脈波，每個 10g。

軟體試驗：主要確認電驛符合規範及在各種不同干擾下電驛能正確工作，在不同階段(單體試驗、整合試驗及功能認證試驗)皆需軟體試驗。



圖十 循環溫/濕度試驗



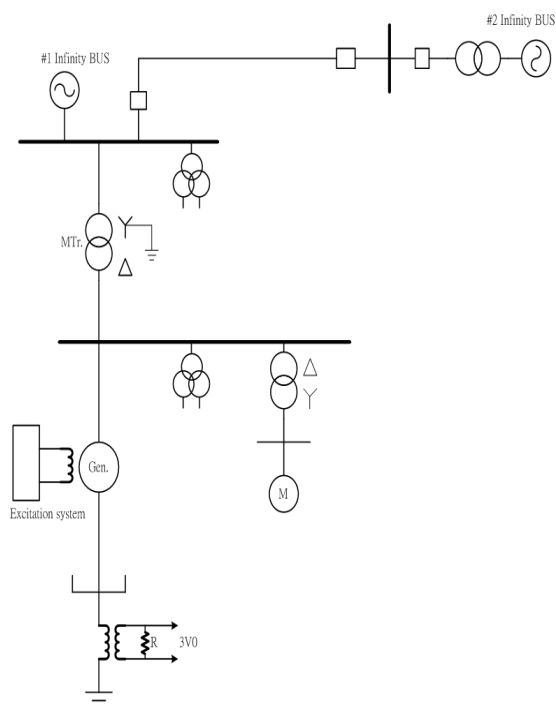
- D - duration of nominal pulse
- A - peak acceleration of nominal pulse
- T_1 - minimum time for monitoring of pulse when conventional shock/bump machine is used
- T_2 - as T_1 when a vibration generator is used

圖十一 振動-衝撞脈衝波形

四、電驛之動態試驗項目

電驛之動態試驗可完整詳細考驗出，保護電驛之故障檢測能力，可預先讓保護電驛工程師們明瞭，電驛之性能極限。為更一步瞭解動態試驗之項目，以下我們用發電機保護電驛說明之：

1. 試驗模型



2. 故障點的設置和故障類型

故障點位置：

- 發電機尾和出口(主變壓器低壓側)
- 發電機變壓器組差動保護範圍內
- 模擬各種相間短路故障及單相接地故障發展成為兩相和三相短路接地故障(故障變化時間在 10ms~60ms 內完成)，故障持續時間 0.1~0.2s 之間
- 在發電機內部模擬定子匝間短路、單相接地和相間故障。匝間短路的匝數在 5~8%，定子接地應設置在發電機尾部中性點、從尾部中性點起 1%、3%、5%、10% 匝數位置處，經過渡

電阻接地，渡電阻值為 0~20kΩ，故障持續時間 0.1~0.2s 之間

- 在變壓器內部模擬匝間短路
- 在變壓器高壓側母線模擬各種接地故障、相間短路故障、發展性和經過電阻接地、相間故障，故障持續時間 0.1~0.2s 之間
- 在變壓器高壓側出線模擬各種接地故障(瞬時、永久)、相間短路，並按保護的動作行為控制線路模擬斷路分、合
- 在廠用變壓器分支，發變電差動保護範圍內、外設置故障點，模擬各種相間短路，故障持續時間 0.1~0.2s 之間
- 在發電機勵磁回路模擬轉子經電阻 (5k~50kΩ) 一點接地故障
- 模擬系統振盪(振盪中心在線路上及主變壓器內部)和振盪中模擬發電機、變壓器和發變組區內、外故障

3. 模擬發電機及發電機變壓器組參數要求

- 接入 161kV 系統的最小發電廠容量按 100MVA 考慮；最大發電廠容量按 800MVA~1000MVA 考慮。接入 345kV/161kV 系統的最小發電廠容量按 300MVA 考慮，最大發電廠容量按 1800MVA 考慮
- 勵磁系統要求允許強行勵磁時間不小於 10s，電壓響應時間不大於 0.1s
- 電驛標置設定正常使用

4. 發電機變壓器組保護試驗項目

- 電驛標置
- 動作時間
- 發變電組差動和匝間保護
- 湧浪電流(Inrush Current)
- 共感湧流(Sympathetic Inrush Current)
- 定子接地：90%、95%及 100%

- G. 轉子接地：正及負極一點故障
 - H. 發電機失磁
 - I. 發電機逆功率：50%及 100%額定無效功率下，模擬發電機逆功率運轉
 - J. 過壓過激磁：模擬過電壓 1.2~1.4 倍，造成變壓器過激磁。模擬發電機誤過激磁及甩負載，造成發電機過激磁。
 - K. 發電機啟動及停止
 - L. 發電機失步
 - M. 特殊項目
- 5.動態模擬實驗室之要求**
- A. 環境條件在被試產品正常工作條件範圍內
 - B. 直流電源要滿足電驛正常運轉之全部要求
 - C. 模擬斷路器要與保護二次回路設計相同
 - D. 應具有數位儲存式故障記錄器及分析軟體

五、結論

隨著科學技術的進步及電力系統日趨複雜，保護電驛也有了巨大變化，由傳統的機電式電驛逐步發展為電子電路式及數位式，以應付系統保護需要，選定高可靠度(不拒動作)、安全(不誤動作)度之電驛；因此，考核電驛性能便成為各電驛使用者的重要工作。

本文謹概要提出保護電驛於認證時所應試驗之工作項目，至於試驗方法及實測分析的完整詳述，限於篇幅冗長容待日後撰文敘談。

六、參考文獻

- [1] ALSTOM, “Network Protection and Automation Guide”, 2002
- [2] All of the IEC 60255 series

數位式匯流排保護電驛對系統穩定度影響分析

國立台灣海洋大學電機工程學系 柯倫寬 黃培華 曾上仁
陳孟良 曾大修 吳重頤
台電公司嘉南供電區處 許文興

摘要

電力系統的規劃分析中，穩定度的分析是非常重要且不可或缺的，保護電驛所扮演的角色常常決定影響到系統之穩定度，匯流排對電力系統更是佔有舉足輕重之地位，因此研究數位式匯流排保護電驛對系統穩定度影響分析為本文之目的。

本文研究之動機為以數位式保護電驛對匯流排差動保護為背景，應用電力系統最重要之命脈-匯流排之穩定分析為主題做研究。當匯流排一旦發生故障時就會對系統發生衝擊，快速將故障點清除使其系統回到穩定狀態使其系統不至於發生崩潰現象有賴於匯流排差動保護電驛。由於匯流排受到某線路事故會造成對匯流排之穩態及動態響應發生變化，因此研究數位式匯流排保護電驛對系統穩定度影響分析是此本文章之主要動機。本文是以數位式匯流排保護電驛 REB 670 來做為研究對象並使用 PSS/E 軟體來分析穩定度，透過匯流排差動保護及系統穩定度之分析使其了解數位式匯流排保護電驛實際應用於電力系統匯流排差動保護之特性。

關鍵詞 (Keywords)

電力系統保護、匯流排差動保護電驛、
電力系統穩定度

一、前言

匯流排或稱母線(BUS)，是匯集所有電源端、負載端及輸電線路於一點，負責

電力之匯集與分配電力之轉送，故匯流排發生故障時，其故障電流比其他設備故障電流來得大，是系統最脆弱的地方，所以危險性及重要性就相對提高。目前台電系統主要匯流排可分為 345kV 匯流排、161kV 匯流排、69kV 匯流排等；依匯流排之使用種類可分單匯流排(Single Bus)、雙匯流排(Double Bus)分為雙匯流排單斷路器及雙匯流排雙斷路器、主副匯流排(Main and Transfer Bus)、環狀匯流排(Ring Bus)、一個半匯流排(One and a Half Bus)及多段式匯流排(Multiple Bus sections with Bus Tie Breaker)，目前應用最廣者為雙匯流排之架構。匯流排之保護方式是利用差動原理來做計算檢出，數位式保護電驛之偵測元件及動作接點均以嚴謹且細密之規劃，使故障發生時對系統之不穩定狀態能在短時間內將故障快速清除。所以針對新型數位式匯流排差動保護電驛(REB 670)來探討匯流排保護特性及應用，並模擬匯流排事故時，對系統產生之衝擊及所連接之線路跳脫對匯流排產生之穩定度分析。

二、數位式匯流排保護電驛動作原理

匯流排之保護方式是利用差動原理之克希荷夫電流定律(KCL)來演算並計算出故障點所在是否內部故障或外部故障。在正常情況下，流進匯流排與流出匯流排之電流相量總和應為零即 $\sum I=0$ ，如圖 1 所示。

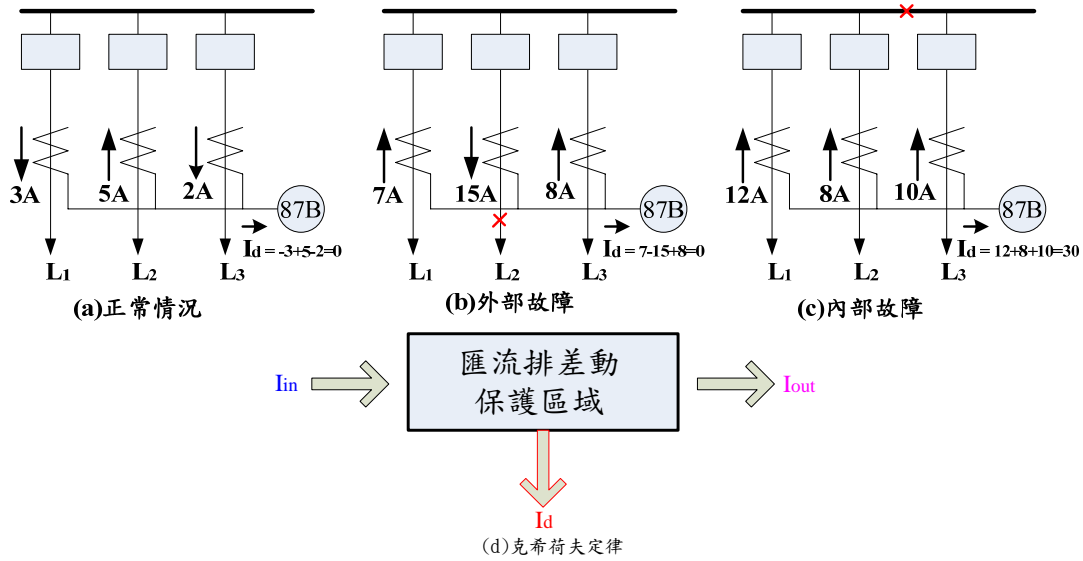


圖 1 匯流排差動保護原理

三、數位式匯流排保護電驛特性

新型REB 670數位式匯流排保護電驛外觀如圖2所示，匯流排差動保護電驛是適用於單一匯流排或雙匯流排之匯流排保護，不同於機電式保護電驛，是屬於高阻抗之特性，所以可用外部之電流訊號轉換為內部電壓驅動元件來判別匯流排之故障，而匯流排故障所發生之故障電流較高時，會直接由內部電流元件來判別為高電流；而REB 670保護電驛是屬於低阻抗型之差動保護特性，直接利用電流元件經內部運算邏輯計算，如圖3所示，保護電驛之特性斜率是來做運算且判別流進保護區域 I_{in} 及流出保護區域產生之差動值 I_d ；當中所定義之 I_{in} 為流進差動保護區域之電流值。 I_d 為流進差動保護區與流出差動保護區之絕對差值。而此0.53之斜率為固定之運算 S ，是不可改變的。



圖 2 數位式匯流排保護電驛(REB 670)外觀圖

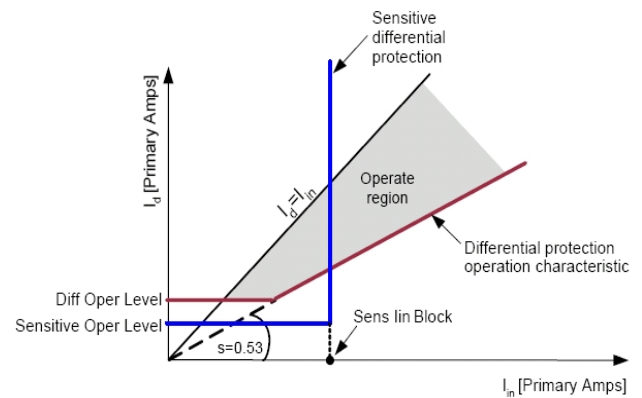


圖 3 匯流排保護電驛特性圖

匯流排保護電驛 REB 670 之動作原理實際是依照兩個條件來達成，條件一為 $I_d > \text{“Diff Oper Level”}$ ，條件二為 $I_d > 0.53 * I_{in}$ ；87B 元件要動作必需要滿足此兩條件，匯流排保護電驛才會動作。“Diff Oper Level”是屬於保護電驛 87B 功能之差動設定值動作門檻值如圖 4 所示。

Group / Parameter Name	IED Value	PC Value
BTZA		
Operation	On	On
DiffOperLev	1000	1000
DiffTripOut	SelfReset	SelfReset
tTripHold	3.200	3.200
CheckZoneSup	On	On
SlowOCTOper	Off	Off
FastOCTOper	Off	Off
OCTOperLev	600	600
tSlowOCT	20.00	20.00
OCTReleaseLev	2500	2500
IdAlarmLev	500	500

圖 4 保護電驛 87B Diff Oper Level 設定選項

此外，依照 REB 670 保護電驛 87B 動作特性， $0.53 * I_{in}$ 是作為差動特性元件輸入判斷數值，以 I_{in} 之定義來說，是依

據比流器接線保護方向來判定匯流排所引接比流器為流進或流出，流進保護區方向為“Forward”，流出保護區方向為“Reverse”如圖 5 所示；

保護電驛需要正確之比流器之方向來判別所屬之保護區域，所對應之設定參數選項為“CT Star Point”，圖 6 所示，其中 CT1/CT2/CT3 為第一組比流器所對應之 R/S/T 相，CT4/CT5/CT6 為第二組比流器所對應之 R/S/T 相，CT7/CT8/CT9 為第三組比流器所對應之 R/S/T 相…以此類推；此外，保護電驛之比流器比值設定值採比流器一次側數值為輸入取樣，如 CT Ratio 為 3000/5 則“CTprim”就需輸入 3000，“CTprim 表示一次側比流器值，此數值需正確輸入，廠家設計“Diff Oper Level”差動門檻值要求以 CTprim 一次側值之數值作為判斷依據執行計算。

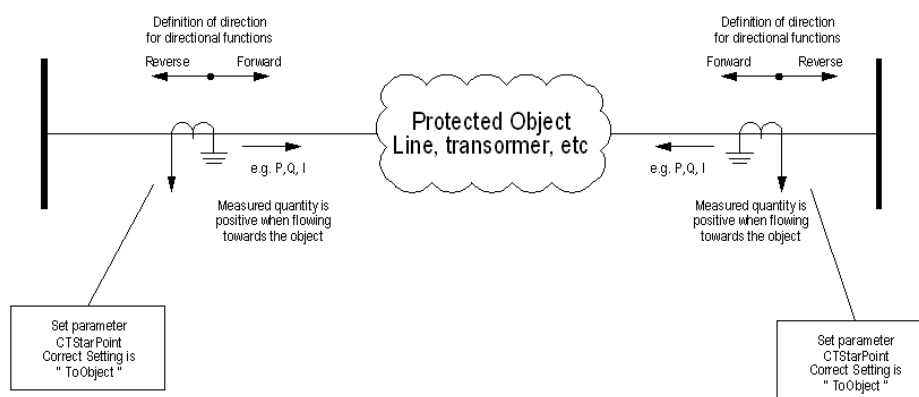


圖 5 保護電驛對匯流排所判斷之比流器保護方向定義原則

Parameter	Range	Step	Default	Unit	Description
CTStarPoint1	FromObject ToObject	-	ToObject	-	ToObject= towards pro- tected object, FromOb- ject= the opposite
CTsec1	1 - 10	1	5	A	Rated CT secondary cur- rent
CTprim1	1 - 99999	1	3000	A	Rated CT primary current
CTStarPoint2	FromObject ToObject	-	ToObject	-	ToObject= towards pro- tected object, FromOb- ject= the opposite
CTsec2	1 - 10	1	5	A	Rated CT secondary cur- rent
CTprim2	1 - 99999	1	3000	A	Rated CT primary current

Parameter	Range	Step	Default	Unit	Description
CTStarPoint3	FromObject ToObject	-	ToObject	-	ToObject= towards pro- tected object, FromOb- ject= the opposite
CTsec3	1 - 10	1	5	A	Rated CT secondary cur- rent
CTprim3	1 - 99999	1	3000	A	Rated CT primary current
CTStarPoint4	FromObject ToObject	-	ToObject	-	ToObject= towards pro- tected object, FromOb- ject= the opposite
CTsec4	1 - 10	1	5	A	Rated CT secondary cur- rent
CTprim4	1 - 99999	1	3000	A	Rated CT primary current

圖 6 比流器偵測點判斷方向 “CT Star Point”

(1)單匯流排系統保護

電力系統有兩迴路 IN01 及 IN02 經 MOF 供電，下游負載端 IF01，依據匯流排差動保護原則，流進電流值要等於流出電流值，如 $IN01+IN02 =IF01$ ；則 IN01 所接之比流器應設定為 “CTStarPoint1”：ToObject；另 IN02 所接之比流器應設定為 “CTStarPoint2”：ToObject；IF01 所接之比流器應設定為 “CTStarPoint3”：ToObject。所以 IN01 所連接之比流器應為 CT1/CT2/CT3(R/S/T 相)，IN02 所連接之比流器應為 CT4/CT5/CT6，IF01 所連接之比流器應為 CT7/CT8/CT9 均需設定為 “CTStarPoint”：ToObject，如圖 7 所示。

(2)一個半斷路器匯流排保護

若 IN01/IN02/IF01 比流器比值選定為 2000/5，則保護電驛 REB 670 比流器一次側比值 CTprim 所屬對應之設定值為 2000。

以保護電驛 REB 670 規劃邏輯討論，可提供 ZoneA(ZA)及 ZoneB(ZB)作為 87B 匯流排差動保護如圖 8 所示。無論任一側 Bus 故障或定期維護點檢，或任

一斷路器定期保養維護，本設計結構之開關場供電狀況均不會有停電問題，這是一個半斷路器匯流排結構上之優點，但需投資多耗費斷路器投資成本即設備及人力維護成本是值得考量問題。87B1 或 87B2 各自擁有 CT 獨立群組分割 Bus 1 和 Bus 2，毋需 REB 670 提供 Check Zone 作為 87B overall 總體監測保護。

雙匯流排雙斷路器匯流排保護方式，與一個半斷路器匯流排保護方式相當類同，其電力運轉情況更具靈活，完全不受任一 Bus 故障或任一斷路器停電維護請求，而供電狀況照常運作。Bus 1 及 Bus 2 迴路 Bus CT 各自分開，完全不受 DS 開閉問題影響，毋須 87B overall 總體監測保護。

(3)多段式匯流排架構保護

多段式匯流排 Single Bus for Tie Breaker，如圖 9,10 所示，現將 Tie Breaker 右邊規劃為 Bus 2，另 Tie Breaker 左邊規劃為 Bus 1，主要是畫分單匯流排保護之工作區域；當故障發生在 Bus 1 時，匯流排所屬之 Bus 1 之所有斷路器(含 Tie Breaker)將切離，則健全 Bus 2 區域將就不受影響。

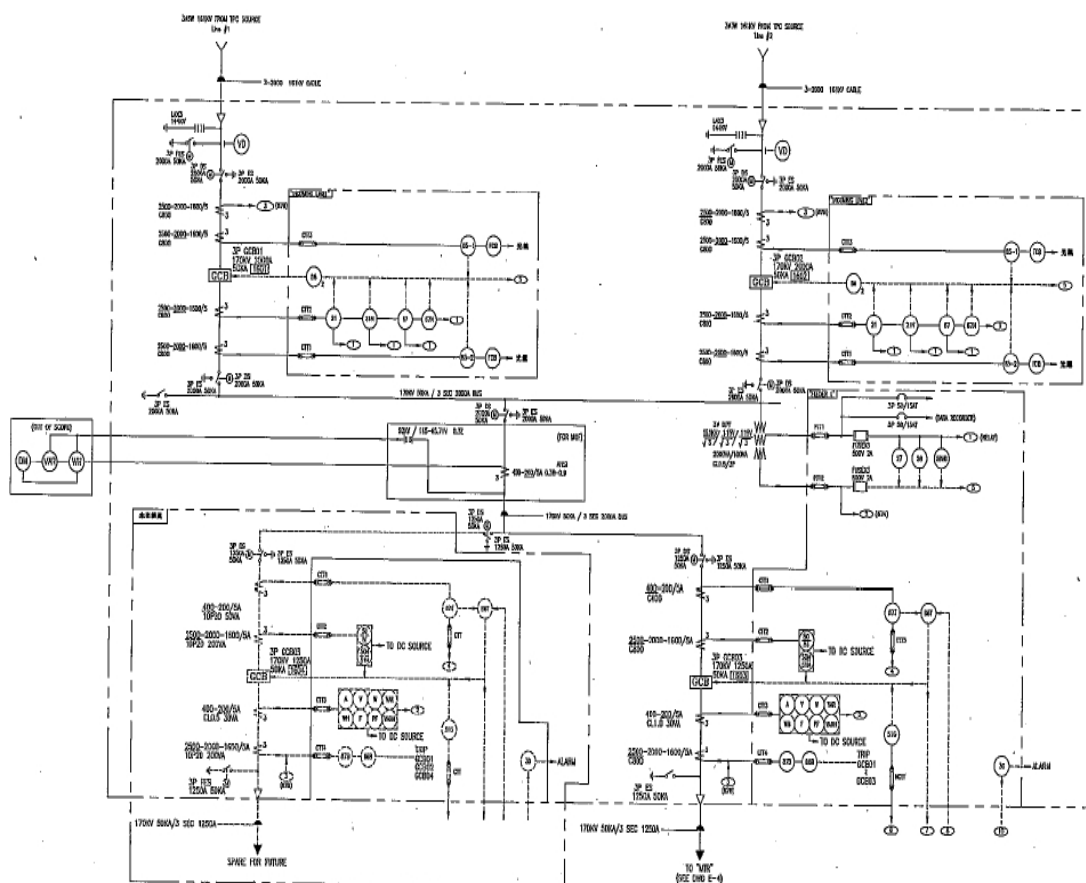


圖 7 單匯流排系統架構圖

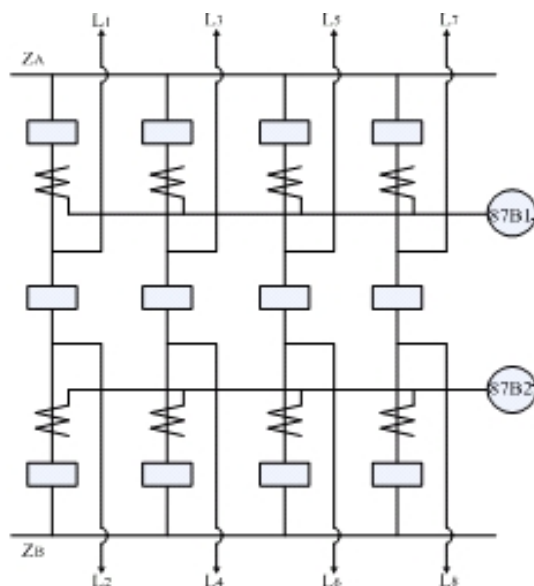


圖 8 一個半斷路器匯流排保護

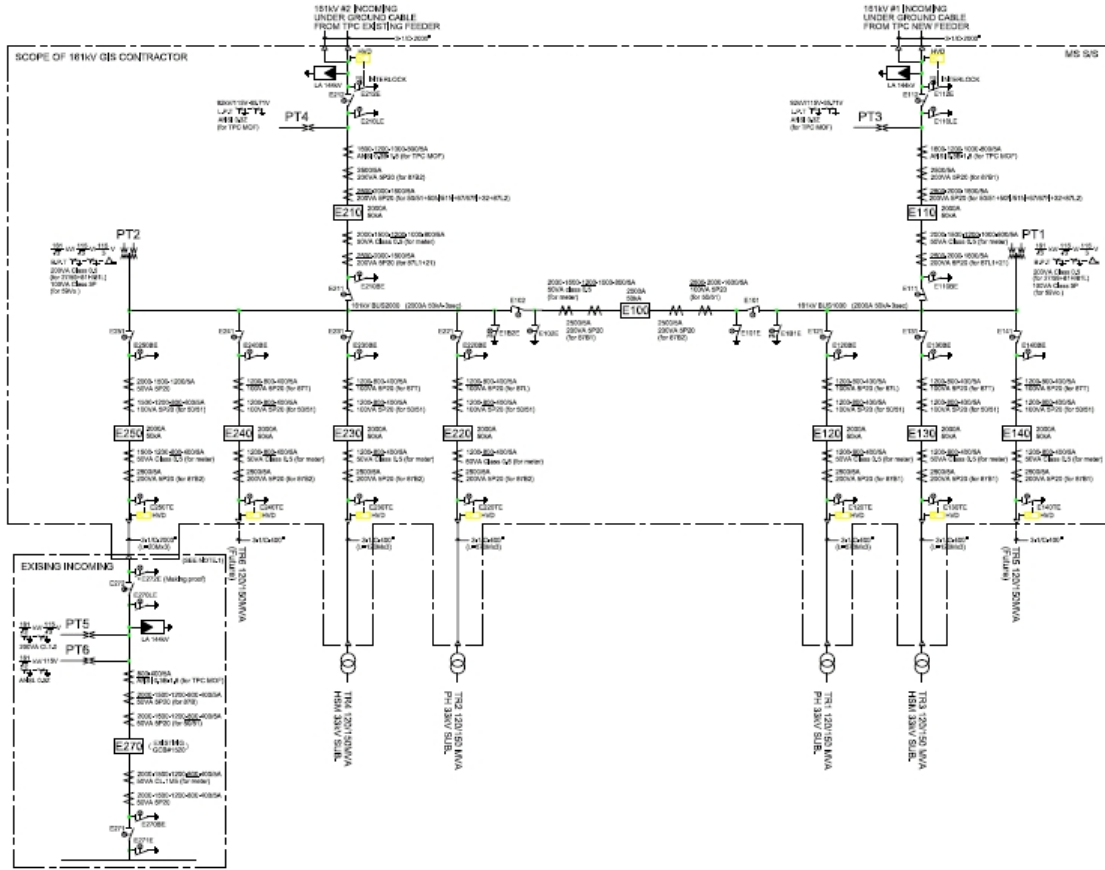


圖 9 系統架構圖 for Single Bus for Tie Breaker 匯流排

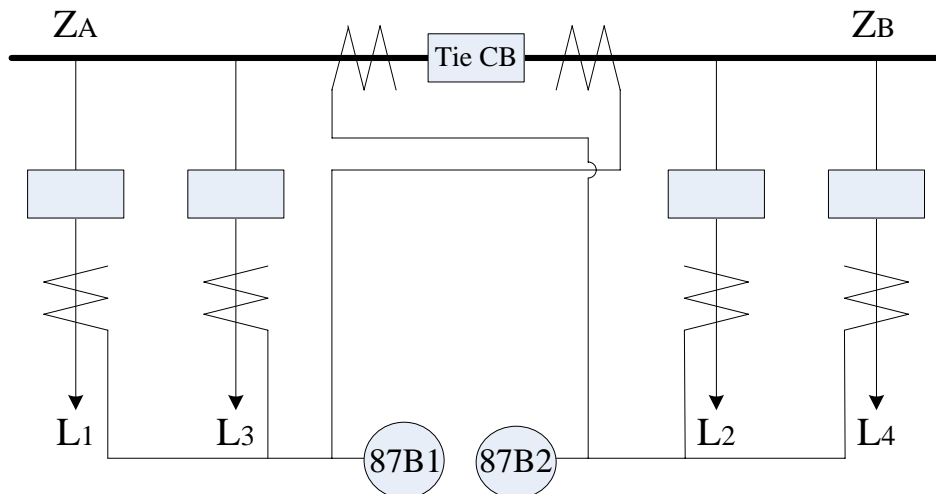


圖 10 多段式匯流排架構保護圖

所以 Bus 1 歸屬在 REB 670 電驛邏輯之 ZA 區間, Bus 2 歸屬在 REB 670 電驛邏輯之 ZB 區間, 當中 Tie Breaker 斷路器最右側 CT 歸屬 ZA 區間, 最左側 CT 歸屬 ZB 區間。Tie Breaker 在正常情況下是投入狀態, 除非有事故或做維修時才打開。如同單匯流排範例, 此 Single Bus with Tie Breaker 對 REB 670 保護電驛來說, 所對應之斷路器開關 DS 以比流器之選擇作為設定在 ZA 或 ZB 區間。

正常情況下：

$$CT_{E110} + CT_{E120} + CT_{E130} + CT_{E140} + CT_{E100左} = 0 = 87B = Z_B$$

其中 E110、E120、E130、E140 表掛接#1 Bus 之線路及 Tie Breaker 右側 CT E100 右

$$CT_{E210} + CT_{E220} + CT_{E230} + CT_{E240} + CT_{E250} + CT_{E100右} = 0 = 87B = Z_A$$

其中 E210、E220、E230、E240、E250 掛接#2 Bus 之線路及 Tie Breaker 左側 CT E100 左

(4) 雙匯流排單斷路器保護

雙匯流排單斷路器保護如圖 12,13 所示, 匯流排電驛係利用各迴路之 DS 開關點之 ON、OFF 訊號, 作為究應歸屬 ZA 或 ZB 內部邏輯元件來判讀。即利用各迴路 DS1 開關 ON 且 DS2 開關 OFF 歸屬 Bus 1 或 DS2 開關 ON 且 DS1 開關 OFF 歸屬 Bus 2。依此類推讓 REB 670 判定各迴路歸屬 Bus 1 或 Bus 2 差動電驛群組, 群組分配 87B-ZA 及 87B-ZB 差動保護一旦完成, 則順水推舟進入差動保護邏輯, 如圖 14 之規劃邏輯, 針對雙匯流排系統來說, 聯絡斷路器 Tie Breaker DS 開關聯絡 Bus 1 及 Bus 2, 故 Tie 電流在 REB 670 同時引入 Bus 1 及 Bus 2 匯流排群組, 因此 Bus 1 及 Bus 2 兩組差動保護邏輯均含 Tie 電流運算在內。

電驛協會會刊 27 期

此外, 因應負載不停電切換匯流排供電之特殊案例, 如此操作須 DS1 及 DS2 開關同時 ON 時, 電路分流有可能造成 87B1 或 87B2 產生差流情形, 如差流相當嚴重時譬如突發外部事故將造成多跳, 為避免造成多跳情形需以 87B (ALL) 做為總體監測跳脫判斷條件, REB 670 提供檢驗區間(Check Zone)做為 87B 總體(overall)保護, 邏輯設定為: ZoneA(ZA)*Check Zone 表示 Bus 1 電驛動作訊號; ZoneB(ZB)*Check Zone 表 Bus 2 電驛動作訊號。

Check Zone 之運算特性如下圖 11 所示; 當中 I out 代表從 Check Zone 瞬間自保護區間流出電流(instantaneous outgoing current from the zone of protection)。當 DS1 及 DS2 開關同時投入之情形, 兩支流分別進入 87ZA I out 及 87ZB I out 再合成流入 87B。但 DS1 或 DS2 開關只單獨投入其中之一時, 則負載電流僅能選擇 87ZA I out 或 87ZB I out 其中之一路徑流入 87B, 形成兩者電流路徑之差異。總體監測電流演算結果, 在封閉性電流迴路設計, 雖出現分支電流但殊途同歸終結匯聚成一股主流。換言之, 87ZA 或 87ZB 可能會因差流動作, 而 87Z 則維持初始狀態並無變異。

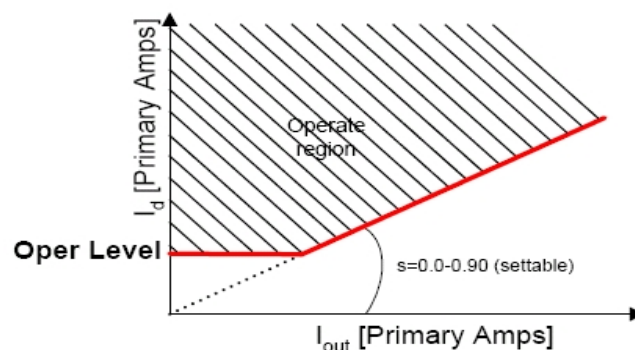


圖 11 87B overall : Check Zone 運算特性曲線

此範例為 Double Bus Single 數位式匯流排保護電驛對系統穩定度影響分析

Breaker with Tie Breaker 系統，所以需要考慮到 Tie CT 之要件；在圖 13 中可看出，Tie Breaker 上下個有一組獨立之比流器給 87B 電驛用，其中一組 CT 取自 Bus 1，另一組 CT 取自 Bus 2，同樣也是利用 Tie DS1 及 DS2 ON 訊號確定

Tie 是歸屬 Bus 1 及 Bus 2 保護區間；無論 Bus 1 或 Bus 2 故障時，Tie 斷路器與所掛接在故障匯流排之其他斷路器都需要一併跳脫。

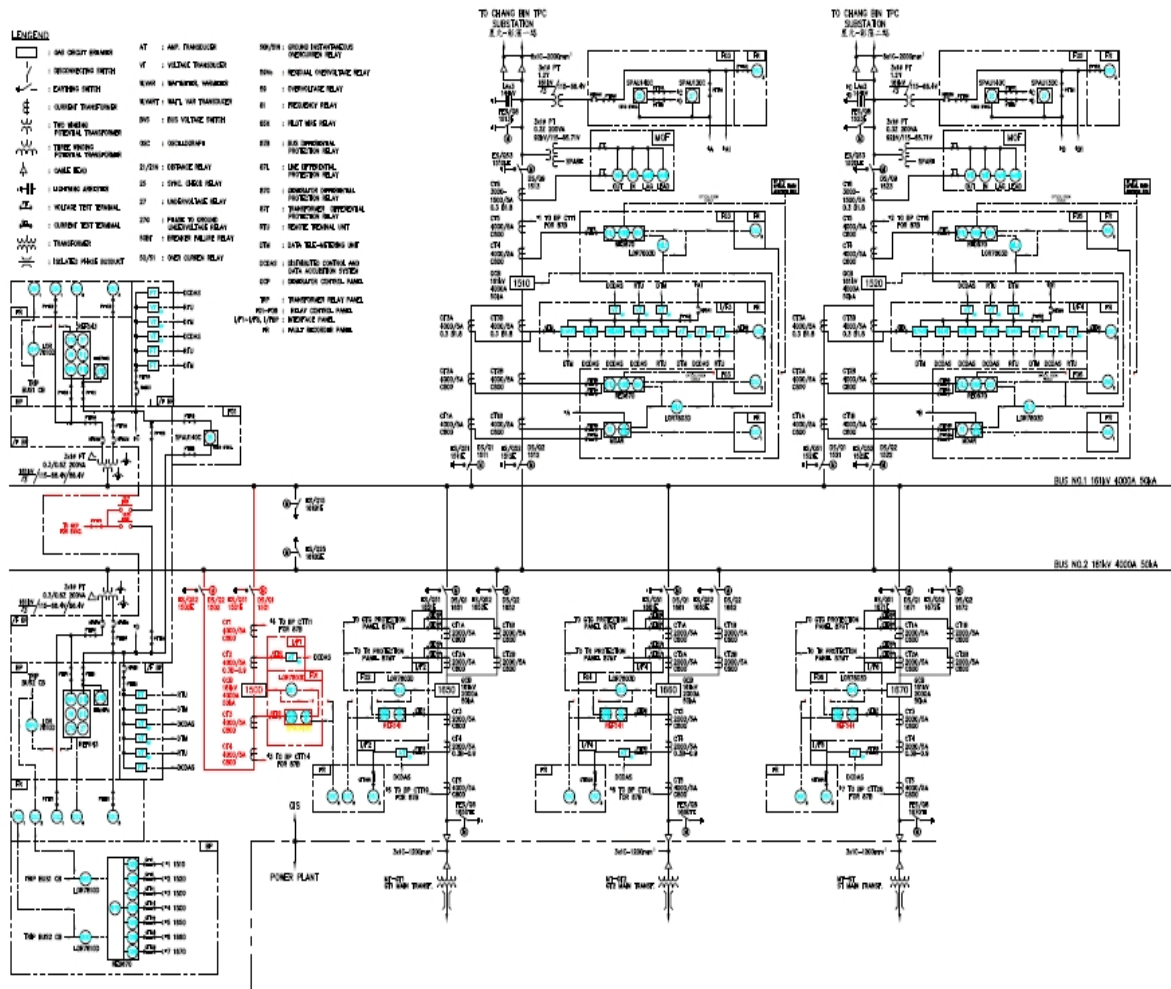


圖 12 系統架構圖 for Double Bus Single Breaker 匯流排

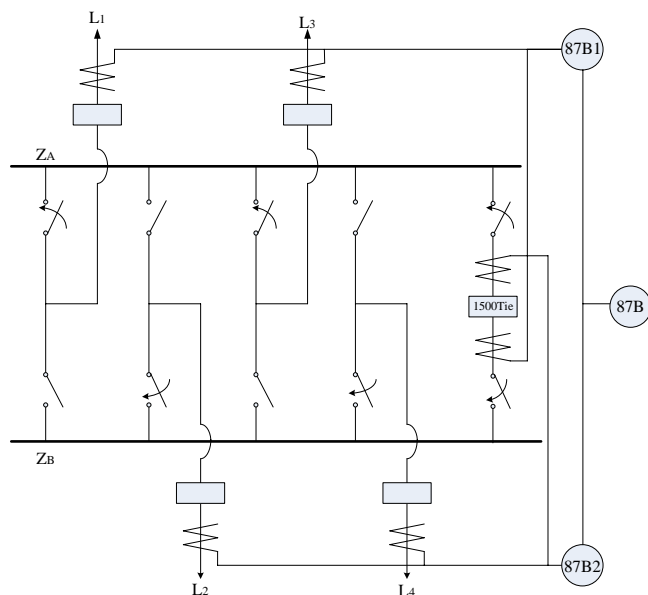


圖 13 雙匯流排單斷路器保護

Determine status of primary switching objects for Bay03.

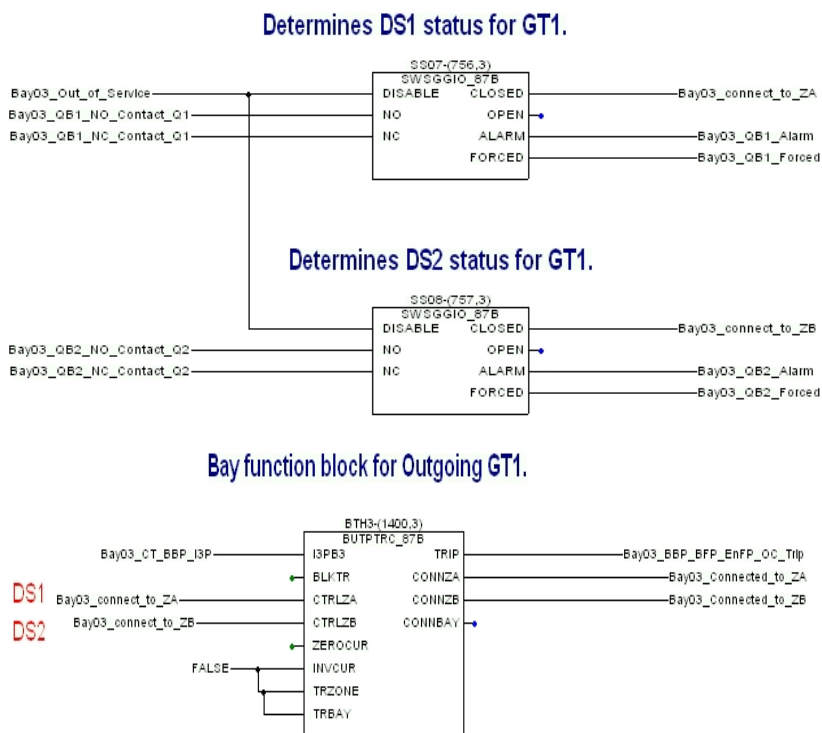


圖 14 迴路之 DS1/DS2 開關 ON 狀態決定劃分 Bus 1 ZA /Bus 2 ZB 區間

四、匯流排故障之穩定度分析

選定龍潭北 345kV 匯流排模擬故障時，其故障期間及故障清除後之電壓穩定度狀態，以及龍潭北 161kV 匯流排在故障期間及故障清除後之電壓穩定度狀態。假設龍潭北 345kV 匯流排故障模擬時間為 1 s，此時龍潭北 345kV 匯流排及龍潭北 161kV 匯流排之電壓驟降為零值；假設龍潭北 345kV 匯流排故障清除之時間縮短為 2 cycle，則此時經過 2 Cycle 時間後，龍潭北 345kV 匯流排及龍潭北 161kV 匯流排之電壓會馬上回到約 1Pu，由圖 15 中模擬後顯示之結果，強烈證明匯流排電驛動作愈快速，對電力系統電壓回復原狀愈迅速，有效提升電壓穩定度之效益。

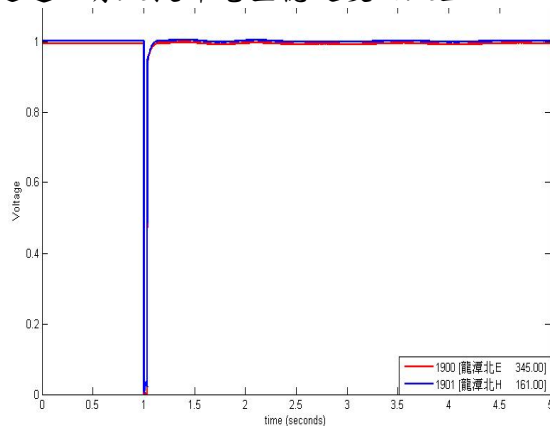


圖 15 匯流排故障之模擬動態響應曲線

五、線路跳脫對匯流排與系統之穩定度分析

(一) P-V 曲線 and Q-V 曲線分析

(1) P-V 曲線

用 P-V 曲線來求解有效電力裕度 (Active Power Margin, APM)，有效電力裕度定義為「由某一特定運轉點至穩態限制條件下最大電力傳輸極限之差值」。P-V 曲線以橫座標代表電力傳輸量，縱座標代表匯流排電壓，曲線

代表以電力傳輸值為函數之被觀察匯流排電壓變化情況，如圖 16,17 所示

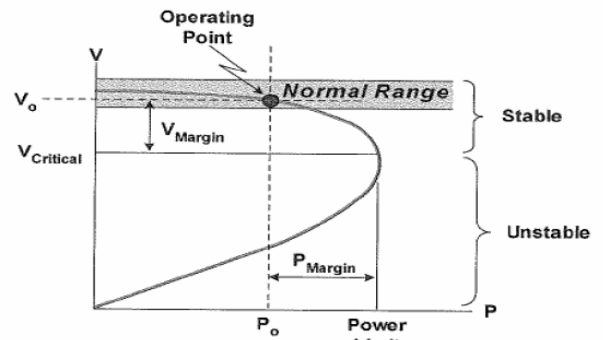


圖 16 P-V 曲線

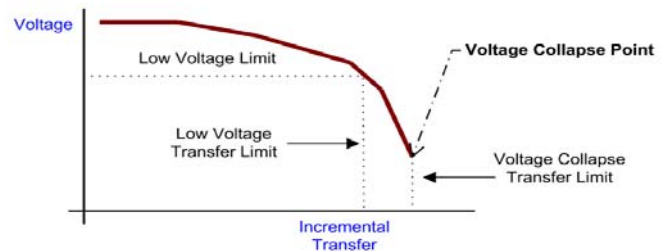


圖 17 P-V 特性曲線圖

利用台電尖載系統模擬匯流排所掛接之線路跳脫對系統之穩定度分析，模擬龍潭北匯流排所掛接之線路，當線路發生跳脫時，觀察龍潭北 345kV 匯流排對龍潭到中寮及龍潭到天輪之電力傳輸系統穩定度，龍潭北為 BASE CASE，分別對龍潭北~中寮南輸電線路及龍潭北~天輪輸電線路一回線，及兩回線因跳脫所模擬之系統穩態之穩定度分析。

定義：

CASE 1 為龍潭北~中寮南一回線跳脫 (N-1)，

CASE 3 為龍潭北~天輪一回線跳脫 (N-1)，

CASE 6 為龍潭北~中寮南及龍潭北~天輪兩回線跳脫(N-2) 的狀況之下

模擬龍潭匯流排區域之間的傳送，及中部區域往北部區域之電力傳輸

P-V 與 Q-V Curve 分析。由圖 18 可以明確看出，正常情況下之龍潭北 P-V 曲線，當系統在 N-1 的狀況之下，從圖 18 中之 case1 及 case3 之曲線可看出其功率裕度有明顯的減少許多，而當系統發生 N-2 事故時，即 case6 之曲線可看出其功率裕度又減少的更多，而電壓降至約 0.95 Pu 左右是受到龍潭 E/S 匯流排所掛接線路跳脫所引起，由 P-V 分析可以明確知道系統最大功率可以傳送多寡。

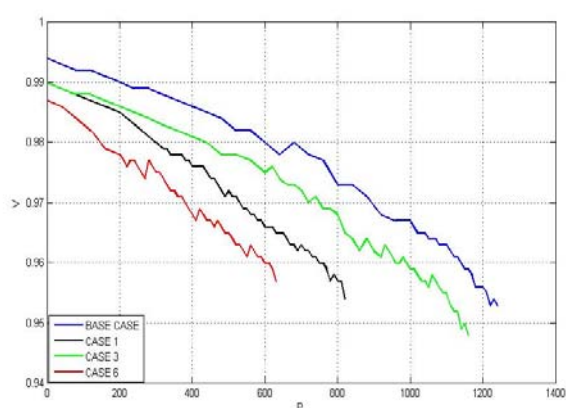


圖 18 模擬 P-V 曲線圖

(2) Q-V 曲線

用 Q-V 曲線來求解無效電力裕度 (reactive power margin, RPM)，無效電力裕度定義為「在一特定運轉狀態下，可由某一匯流排移去之無效電力之大小，而不致造成靜態電壓不穩定之結果」。Q-V 曲線以橫座標代表匯流排電壓，縱座標代表匯流排無效電力，曲線代表以被觀察匯流排電壓值為函數之該匯流排無效電力源變化曲線。根據 Q-V 曲線即可求出無效電力裕度。

由圖 19 模擬結果觀察可知，當系統發生 N-1 的事故狀況時其虛功率裕度有明顯的減少，而當系統發生 N-2 事故時，其虛功率裕度減少的更多，而當 Q-V 曲線一直往上升表示其匯

電驛協會會刊 27 期

流排愈不穩定，發生電壓崩潰的機率亦會提高，相對地，系統發生解聯之機會就會高出許多。

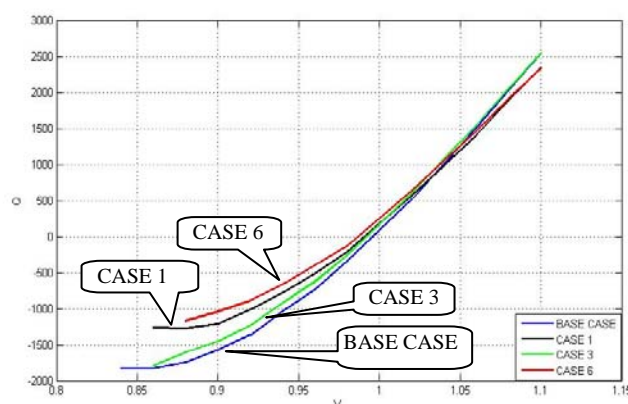


圖 19 模擬 Q-V 曲線圖

(二) 動態響應

模擬動態響應結果由圖 20 中顯示，以 CASE1 來說，龍潭北~中寮南 345kV 一回線跳脫時，龍潭北 345kV 匯流排之電壓會有電壓擾動情形，隨著時間之增加而慢慢收斂回穩；以 CASE3 來說，龍潭北~天輪 345kV 一回線跳脫時，龍潭北 345kV 匯流排之電壓擾動情形就較緩和許多，但龍潭北 345kV 匯流排之電壓會降至 0.975 Pu 左右，比 Case1 之龍潭北 345kV 匯流排電壓會有明顯不同；而 CASE6 來說，龍潭北~中寮南及龍潭北~天輪兩回線同時跳脫，則龍潭北 345kV 匯流排之電壓擾動情形會更較 Case 1 明顯，但匯流排電壓收斂回穩之時間相近於 Case1。

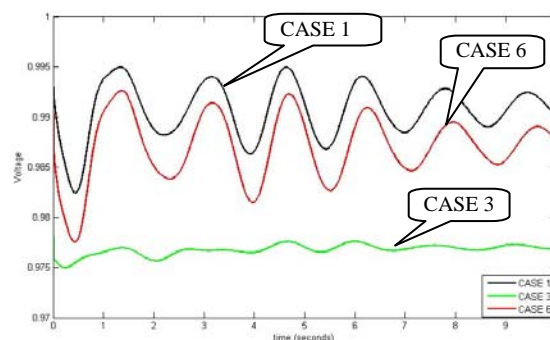


圖 20 匯流排動態響應曲線

數位式匯流排保護電驛對系統穩定度影響分析

六、數位式匯流排保護電驛 REB 670 功能試驗

(1) 加入三相電流相量值為 $2A \angle 0^\circ$ 、 $2A \angle 0^\circ$ 、 $4A \angle 180^\circ$ 試驗

用單匯流排系統架構來做單相之 87B 功能試驗，利用電流產生器(ISA 廠牌)加入三相電流，分別代表 IN01-CT 為 R 相、IN02-CT 為 R 相及 IF01-CT 為 R 相，假設三相電流相量值為 $2A \angle 0^\circ$ 、 $2A \angle 0^\circ$ 、 $4A \angle 180^\circ$ ，如圖 21 所示。從系統架構數位式匯流排保護電驛 REB 670 螢幕顯示 IN01-CT 之 R 相電流為 $785A \angle 0^\circ$ ，IN02-CT 之 R 相 $800A \angle 0^\circ$ 及 IF01-CT 之 R 相電流為 $1600A \angle 180^\circ$ ，如圖 22 所示。由圖顯示 $IN01-R + IN02-R = IF01-R$ ，所以 $I_{in} = 785A \angle 0^\circ + 800A \angle 0^\circ$ 約等於 $1585A \angle 0^\circ$ ，即 $I_d = 1585A \angle 0^\circ + 1600A \angle 180^\circ = 15A \angle 180^\circ$ ，因 $15A < 840A (I_{in} \times 0.53)$ 式中 $I_{in} = 1585A$ 及 $15A < 1000A$ (差流動作門檻設定值)，確定保護電驛應該不會動作。

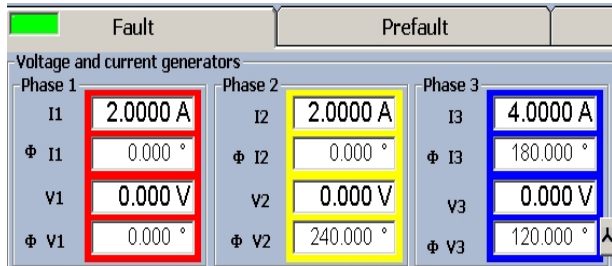


圖 21 試驗儀器 ISA 電流輸出值($I_d=0$)

Module Type	Channel Name	Channel Type	Signal Name1	Signal Value1
Binary	BO21	BinaryOutput	BOM04-BO21	False
Binary	BO22	BinaryOutput	BOM04-BO22	False
Binary	BO23	BinaryOutput	BOM04-BO23	False
Binary	BO24	BinaryOutput	BOM04-BO24	False
Analog	IL1	AnalogInput	IL1	785.21
Analog	IL2	AnalogInput	IL2	1.74
Analog	IL3	AnalogInput	IL3	1.89
Analog	IL1	AnalogInput	IL1	800.58
Analog	IL2	AnalogInput	IL2	2.23
Analog	IL3	AnalogInput	IL3	0.40
Analog	IL1	AnalogInput	IL1	1,600.97
Analog	IL2	AnalogInput	IL2	1.91
Analog	IL3	AnalogInput	IL3	0.81
Analog	IL1	AnalogInput	IL1	0.00
Analog	IL2	AnalogInput	IL2	0.00

圖 22 REB 670 input CT 讀值

(2)加入三相電流相量值分別為 $2A \angle 0^\circ$ 、 $2A \angle 0^\circ$ 、 $1.5A \angle 180^\circ$ 試驗

利用試驗儀器電流產生器加入三相電流，假設試驗儀器顯示三相電流相量值分別為 $2A \angle 0^\circ$ 、 $2A \angle 0^\circ$ 、 $1.5A \angle 180^\circ$ (如圖 23 所示)。從數位式匯流排保護電驛 REB 670 螢幕顯示 IN01-CT 之 R 相電流為 $800A$ ，IN02-CT 之 R 相 $800A$ 及 IF01-CT 之 R 相電流為 $600A \angle 180^\circ$ ，所以流進保護區之電流值 $I_{in} = 800A \angle 0^\circ + 800A \angle 0^\circ = 1600A \angle 0^\circ$ ；依 REB 670 計算原理 $I_d = 1600 \times 0.53 = 848A$ ，為使動作原理成立需符合兩要件是 $I_d > I_{in} \times 0.53$ 並且 $I_d > \text{“Diff Oper Level”}$ ，而 Diff Oper Level 設定為 $1000A$ ，所以當 IF01-CT 之 R 相電流為 $1.5A$ 時，此時 $I_d = 1600A \angle 0^\circ + 600A \angle 180^\circ = 1000A$ ，滿足條件 $1000A (\text{Diff Oper Level}) \geq 1000A (I_d) > 848A (I_{in} \times 0.53)$ ，REB670 保護電驛因此動作。

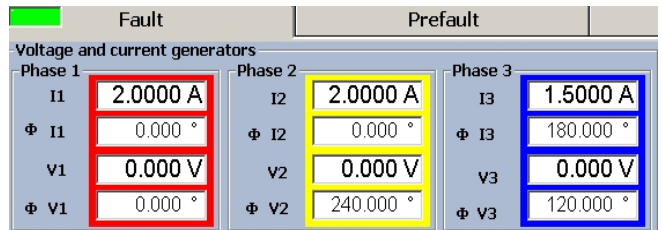


圖 23 ISA 電流輸出值 ($I_d \neq 0$)

(3)加入三相電流相量值分別為 $3A \angle 0^\circ$ 、 $3A \angle 0^\circ$ 、 $2.8A \angle 180^\circ$ 試驗

利用電流產生器加入三相電流，假設試驗儀器三相電流相量值為 $3A \angle 0^\circ$ 、 $3A \angle 0^\circ$ 、 $2.8A \angle 180^\circ$ 如圖 24 所示。從數位式匯流排保護電驛 REB 670 螢幕顯示 IN01-CT 之 R 相電流為 $1200A \angle 0^\circ$ ，IN02-CT 之 R 相 $1200A \angle 0^\circ$ 及 IF01-CT 之 R 相電流為 $1120A \angle 180^\circ$ ，所以流進保護區之電流值 $I_{in} = 1200A \angle$

$0^\circ + 1200A \angle 0^\circ = 2400A \angle 0^\circ$; 依 REB 670 計算原理 $I_d = 2400 \times 0.53 = 1272A$ ，滿足動作原理成立需要之兩要件為 $I_d > I_{in} \times 0.53$ 並且 $I_d > \text{“Diff Oper Level”}$ ，而 Diff Oper Level 設定為 1000A，所以當 IF01-CT 之 R 相電流為 2.8A 時，此時 REB 670 所得到 $I_d = 2400A \angle 0^\circ + 1120A \angle 180^\circ = 1280A \angle 0^\circ$ ，符合 $1280A > 1000A$ 及 $1280A > 1272A$ ，所以保護電驛會動作。

Fault		Prefault	
Voltage and current generators			
Phase 1		Phase 2	
I1	3.0000 A	I2	3.0000 A
φ I1	0.000 °	φ I2	0.000 °
V1	0.000 V	V2	0.000 V
φ V1	0.000 °	φ V2	240.000 °
Phase 3			
I3	2.8000 A		
φ I3	180.000 °		
V3	0.000 V		
φ V3	120.000 °		

圖 24 ISA 電流輸出值 ($I_d \neq 0$)

(4) 加入三相電流相量值分別為 $1A \angle 0^\circ$ 、 $1A \angle 0^\circ$ 、 $4.2A \angle 180^\circ$ 試驗

利用電流產生器加入三相電流，三相電流相量值為 $1A \angle 0^\circ$ 、 $1A \angle 0^\circ$ 、 $4.2A$

$\angle 180^\circ$ 。若 CT 匝比改為 2500/5，從 REB 670 螢幕顯示 IN01-CT 之 R 相電流為 502A，IN02-CT 之 R 相 502A 及 IF01-CT 之 R 相電流為 2101A，所以流進保護區之電流值 $I_{in} = 502A + 502A = 1004A$ ；但因 IF01-R 相電流為 2101A，如圖 25 所示。所以流進保護區之電流值 $I_{in} = 2113A$ 不是 1004A， I_{in} 之定義為選取流進保護區之最大值，而 $2113A > 1004A$ ，所以 I_{in} 為 2113A；依 REB 670 差流計算值 $I_d = 2113 \times 0.53 = 1119A$ ，為使差動電驛動作成立需要之兩個條件是 $I_d > I_{in} \times 0.53$ 且 $I_d > \text{“Diff Oper Level”}$ ，前述 Diff Oper Level 設定為 1000A，所以當 IF01-CT 之 R 相電流為 4.2A 時，圖示 I_d 實際值為 $1118A < \text{差流計算值 } 1119A$ ，即使 $I_d > 1000A$ ，REB 670 保護電驛還是不會動作。

Module Name	Module Type	Channel Name	Channel Type	Signal Name1	Signal Value1	Signal Unit1
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZA	AnalogInput	ID_ZA	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZB	AnalogInput	IIN_ZB	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZB	AnalogInput	ID_ZB	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZAL1	AnalogInput	IIN_ZAL1	2113.137	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZAL2	AnalogInput	IIN_ZAL2	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZAL3	AnalogInput	IIN_ZAL3	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZAL1	AnalogInput	ID_ZAL1	1118.045	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZAL2	AnalogInput	ID_ZAL2	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZAL3	AnalogInput	ID_ZAL3	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZBL1	AnalogInput	IIN_ZBL1	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZBL2	AnalogInput	IIN_ZBL2	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	IIN_ZBL3	AnalogInput	IIN_ZBL3	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZBL1	AnalogInput	ID_ZBL1	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZBL2	AnalogInput	ID_ZBL2	0	A
BZNSPDIF_87B1	Analog	ID_ZBL3	AnalogInput	ID_ZBL3	0	A
CMMXU1	Analog	IL1	AnalogInput	IL1	502.182	A
CMMXU1	Analog	IL1ANGL	AnalogInput	IL1ANGL	-2.46371854	deg
CMMXU1	Analog	IL2	AnalogInput	IL2	1.503	A
CMMXU1	Analog	IL2ANGL	AnalogInput	IL2ANGL	168.67877632	deg
CMMXU1	Analog	IL3	AnalogInput	IL3	0.965	A
CMMXU1	Analog	IL3ANGL	AnalogInput	IL3ANGL	164.61077594	deg
CMMXU2	Analog	IL1	AnalogInput	IL1	502.129	A
CMMXU2	Analog	IL1ANGL	AnalogInput	IL1ANGL	-2.46371854	deg
CMMXU2	Analog	IL2	AnalogInput	IL2	1.032	A
CMMXU2	Analog	IL2ANGL	AnalogInput	IL2ANGL	137.68175934	deg
CMMXU2	Analog	IL3	AnalogInput	IL3	0.759	A
CMMXU2	Analog	IL3ANGL	AnalogInput	IL3ANGL	-133.2126885	deg
CMMXU3	Analog	IL1	AnalogInput	IL1	2101.743	A
CMMXU3	Analog	IL1ANGL	AnalogInput	IL1ANGL	178.59094626	deg
CMMXU3	Analog	IL2	AnalogInput	IL2	6.421	A
CMMXU3	Analog	IL2ANGL	AnalogInput	IL2ANGL	17.01684666	deg
CMMXU3	Analog	IL3	AnalogInput	IL3	0.794	A
CMMXU3	Analog	IL3ANGL	AnalogInput	IL3ANGL	10.19864884	deg
CMMXU4	Analog	IL1	AnalogInput	IL1	0	A
CMMXU4	Analog	IL1ANGL	AnalogInput	IL1ANGL	-3.60963414	deg
CMMXU4	Analog	IL2	AnalogInput	IL2	0	A
CMMXU4	Analog	IL2ANGL	AnalogInput	IL2ANGL	-3.60963414	deg
CMMXU4	Analog	IL3	AnalogInput	IL3	0	A
CMMXU4	Analog	IL3ANGL	AnalogInput	IL3ANGL	-3.60963414	deg

圖 25 保護電驛 REB 670 各相電流顯示值

(5) 匯流排差動保護電驛 REB 670 動作指示

匯流排差動保護電驛偵測到故障動作訊息後，於 REB 670 螢幕顯示跳脫訊

息指示，各項跳脫時間、日期、原因等如圖 26 所示。同時於面板上會顯示跳脫訊息會亮紅燈指示，如圖 27 所示。當時故障狀態訊息早已自動記錄，助益事後檢討下載波形紀錄，如圖 28 所示，選擇所要讀取之波形紀錄，並將此資料轉換成波形紀錄圖資。

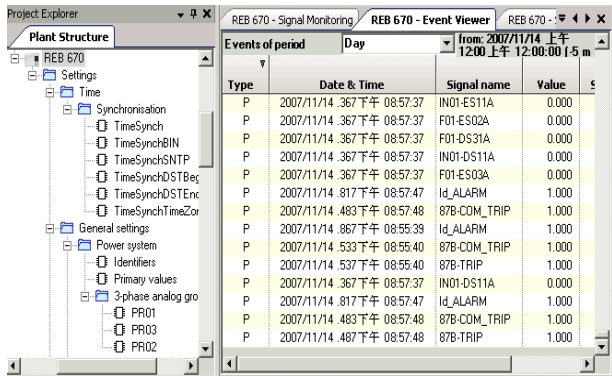


圖 26 保護電驛 REB 670 跳脫訊息



圖 27 保護電驛 REB 670 跳脫訊息指示燈

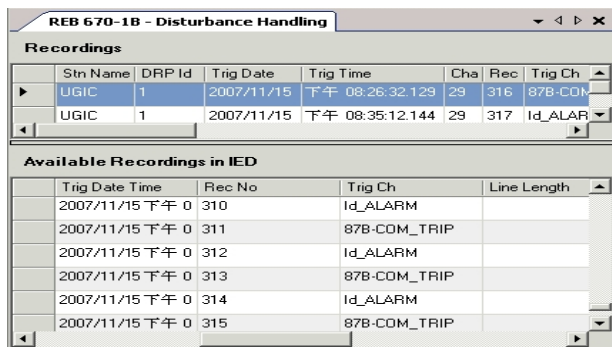


圖 28 REB 670 事件紀錄波形讀取之紀錄

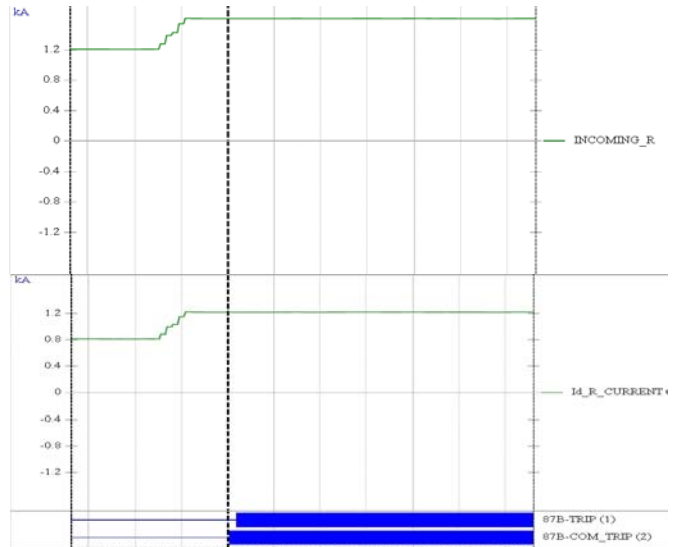


圖 29 REB 670 波形紀錄之圖形

透過圖 29 之圖形，可推知差值數據及差動元件動作之狀態演變，對 REB 670 來說，87 Zone 動作時間是以任何三相之一差動元件動作所反應出之差動時間，命名為 87B-COM_TRIP，而 87B-TRIP 是指單相之差值紀錄，動作時間在理論上是一致的，但實際上還是存在略微些許時差。

透過資料，可清楚了解電流及角度數值關係，以此之記錄值顯示出，Bay01-CTR、Bay02-CTR 及 Bay03-CTR 之數值關係，當中定義 Bay01 為 IN01 等之命名。

從波形之資料中找出故障前及故障後之相量值，Channel name 為定義物件之名稱，此物件名稱是以比流器輸入通道來提供注入訊息，Number 為波形規劃檔所存放之位址通道，因此在訊息上可以清楚知道變量之數值增減，以圖 30 所示；各 Bay 之 R 相故障前及故障後之 RMS 及角度數值變化。

從波形紀錄下載之*.CFG 檔，圖 31 所示波形圖中可看出故障前及故障後之各 Bay CT 之電流走向，並可以了解到流進保護區 lin Incoming 及差動值各相之 RMS 及差值；也可以從 DI 變化知道差動電驛動作之時間點。

Analog channels

Number	Channel name	Prefault RMS	Prefault angle	Fault RMS	Fault angle
1	Bay01-CT1-R	0.4 kA	0.0°	0.4 kA	0.0°
2	Bay01-CT1-S	0.0 kA	-157.5°	0.0 kA	167.7°
3	Bay01-CT1-T	0.0 kA	-5.0°	0.0 kA	-2.7°
11	Bay02-CT2-R	0.8 kA	179.3°	0.8 kA	179.3°
12	Bay02-CT2-S	0.0 kA	-149.6°	0.0 kA	-160.2°
13	Bay02-CT2-T	0.0 kA	-79.1°	0.0 kA	42.8°
21	Bay03-CT3-R	0.4 kA	180.0°	0.8 kA	179.3°
22	Bay03-CT3-S	0.0 kA	148.4°	0.0 kA	170.2°
23	Bay03-CT3-T	0.0 kA	138.0°	0.0 kA </tr	

圖 30 REB 670 故障前後之計錄數值表

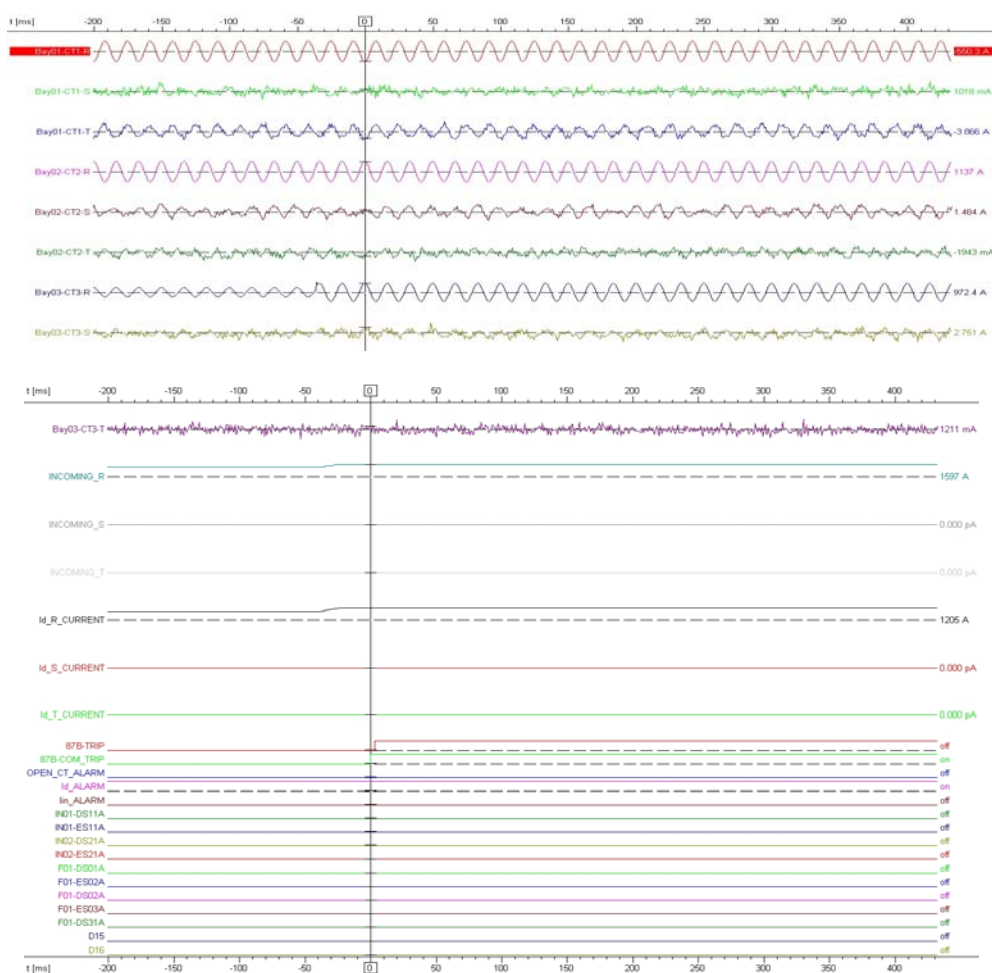


圖 31 波形計錄之*.CFG 檔

七、REB 670 功能元件規劃

REB 670 是透過內部規劃軟體先行在軟體物件上做程式編輯，當整個執行完畢後需將執行檔下載至保護電驛內部，當下達下載之指令時，可以從示窗得到 Writing 指令正在執行，如圖 32 所示。

當下載程式完成後，REB 670 需要再被指定到實際 REB 670 物體輸出接點，如圖 33 所示；程式規劃之 DI/DO /AI /AO 點是內部虛擬點，所以必須依據輸出接點再載入 REB 670 信號矩陣，這樣實際之訊號點才會在信號矩陣輸出欄表被正確顯示。

參數之下載是另一個指令所需要執行

，如圖 34 所示。

另外，有別於其它保護電驛之跳脫動作顯示，REB 670 特別將跳脫訊號元件與跳脫指示燈號切割分離，在程式選單中需將要跳脫之元件規劃到面板顯示元件中，並透過面板 LED 指示燈號選項決定是否顯示在 LED 上。譬如當 87B 元件跳脫時，面板跳脫訊號經規劃才有 LED 燈號指示。如未規劃即使 87B 元件動作，面板之 LED 燈號還是不會有動作反應，這是 REB 670 電驛與其它電驛跳脫動作所不同之處，如圖 35 所示。

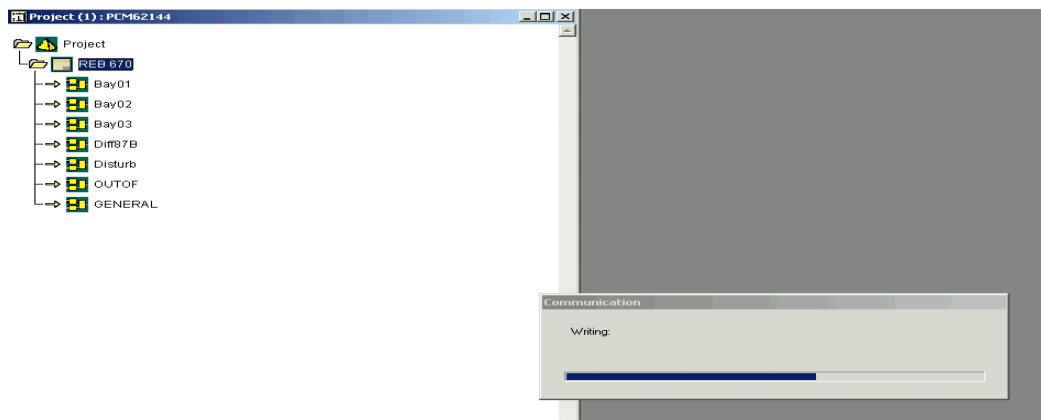


圖 32 REB 670 規劃檔之下載程序

REB 670 - Signal Matrix		BIM Slot 3 /X0						
		0	1	2	3	4	5	6
- IN01 (1)	DS11A	x						
	ES11A			x				
- IN02 (2)	DS21A		x					
	ES21A				x			
- F01 (3)	DS01A					x		
	ES02A						x	
	DS02A							x
	ES03A							
- SWGROUP (4)	DS31A							
	ES31A							
	GROUP1-ON							
	Group2-ON							

圖 33 REB 670 訊號點之下載程序

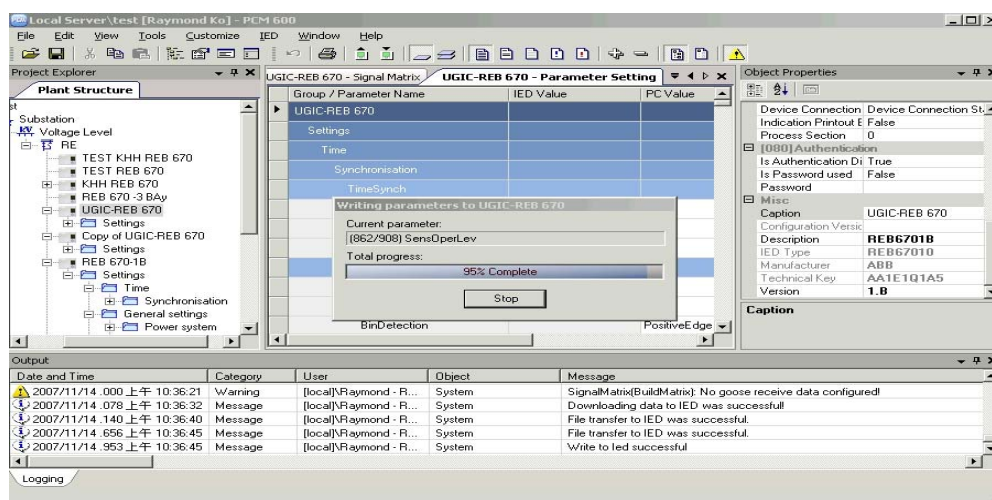


圖 34 REB 670 參數之下載指令

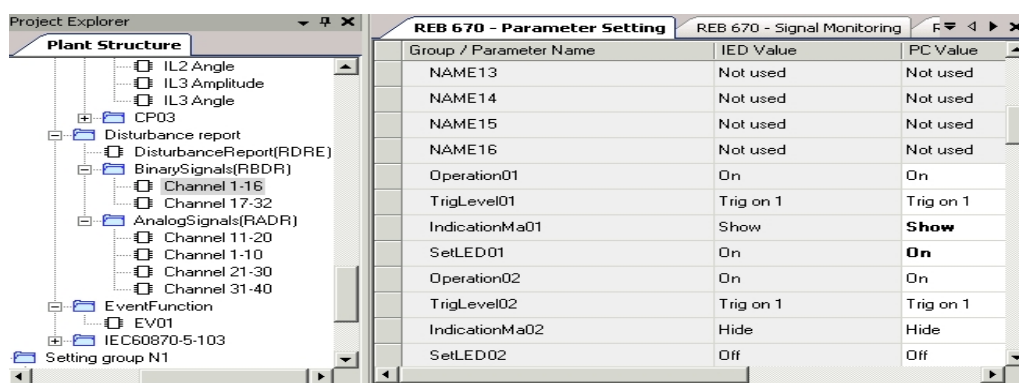


圖 35 REB 670 跳脫 LED 指示燈號

八、結論

保護電驛數位化已經成為科技發展趨勢，且電力系統供電網路越趨複雜化，為確保故障時系統能維持穩定運轉，如能快速隔離故障效益越好，數位式匯流排差動保護電驛 REB 670 針對故障具有兩段式比率差動功能，且具備外部故障自動防制閉鎖功能，又具有偵測比流器飽和功能及快速保護功能，此外具有一般數位式電驛共通功能：自我檢測功能、錶計功能、故障定位顯示、匯流排事故紀錄、事件順序紀錄及資料遠端存取等功能。

數位式匯流排保護電驛 REB 670 可運用於單匯流排保護，也可用於雙匯流排單

斷路器保護。當 Bus 1 故障時，將所有 Bus 1 供電設備切換到 Bus 2 繼續運作，系統不會因 Bus 1 故障而影響到供電。至於雙匯流排雙斷路器保護與一個半斷路器匯流排保護亦可適用。

針對雙匯流排單斷路器保護而言，REB 670 數位式匯流排保護電驛與傳統式匯流排差動保護有很大之優異性。即當 DS 因故須改換 Bus 受電時，REB 670 可自我選擇 CT 回路重新歸屬 Bus 1 或 Bus 2 組群，仍可維持原來 Bus 分離保護功能，而傳統式匯流排差動保護則改變為單一 Bus 保護功能。此時若不幸突發匯流排事故時，REB 670 仍可選擇跳脫故障匯流排之相關回路；而傳統式匯流排差動保護則全部付

之一炬亦即全停。因此，匯流排差動保護電驛性能的考量，應涉及供電系統運轉之安全性與可靠性，其重要性於此處不言可喻。

九、參考文獻

- [1] H. Saadat, Power System Analysis, McGraw-Hill, 1999.
- [2] P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill, 1994.
- [3] T. van Cutsem, "A method to compute reactive power margins with respect to voltage collapse," IEEE Trans. on Power Systems, Vol. PWRs-6, No. 2, pp. 145-156, February 1991.
- [4] C. W. Taylor, Power System Voltage Stability, McGraw-Hill, 1994.
- [5] 李宏任，實用保護電驛，全華科技，1999年5月。
- [6] 台灣電力公司，台灣電力公司輸電系統規劃準則，2007。
- [7] ABB Technical Reference Manual, Busbar Differential Protection REB 670, March 2006.

談 2006 年大陸電網公司機電事故與保護電驛動作概況 讀後觀感

台電供電處 李國禎

壹、楔 子

近年來對保護電驛動作次數要求值，僅按電壓等級分別設限電驛動作異常次數為目標值，如此作法無法評鑑電驛精準正確動作率。去(96)年銜命研訂新制保護電驛正確動作率估算方式，考量全系統電力設備規模龐大，保護電驛數量隨電力設備數量成比例擴大，確實難以設計精良模式套用。

近日來偶讀中國大陸有關 2006 年國家電網公司保護電驛運作概況報告，廣泛

詳細討論 220kV 及以上系統一次設備的運轉及故障情況，涉及層面涵蓋 220kV 及以上線路保護、變壓器保護、匯流排保護和故障記錄示波器、100MW 發電機保護等電力設備運轉狀況。依據該報告指出統計結果顯示：除匯流排保護外，2006 年各類保護電驛的動作正確率均有提升，是近五年來最佳表現。同時也歸納電驛動作異常之主因，概括有品質不良、維護不良及施工不良三大類別。

貳、2006 年交直流系統電驛保護運作概況

報告列出 2002 年至 2006 年間電驛動作次數統計如下圖 1：

系統概要	統計項目	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
交流系統 全部裝置	動作總次數	241323	260971	273258	295693	294318
	正確動作次數	241019	260665	272958	295505	294212
	異常動作次數	302	306	300	188	106
	正確動作率%	99.87	99.88	99.89	99.94	99.96
220kV 及以上 交流系統	動作總次數	16666	17107	21208	25614	26757
	正確動作次數	16515	16937	21033	25519	26717
	異常動作次數	151	170	175	95	40
	正確動作率%	99.09	99.01	99.17	99.62	99.85
220kV 交流系統	動作總次數	13545	14217	17129	20297	19944
	正確動作次數	13428	14082	17006	20238	19918
	異常動作次數	117	135	119	59	26
	正確動作率%	99.14	99.05	99.28	99.71	99.87
330kV 交流系統	動作總次數	1027	718	935	974	1801
	正確動作次數	1020	710	925	964	1799
	異常動作次數	7	8	10	10	2
	正確動作率%	99.32	98.89	98.93	98.97	99.89

系統概要	統計項目	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
500kV 交流系統	動作總次數	2094	2172	3144	4343	5012
	正確動作次數	2067	2145	3102	4317	5000
	異常動作次數	27	27	42	26	12
	正確動作率%	98.71	98.76	98.66	99.40	99.76
交流系統 設備保護	動作總次數	893	799	873	897	689
	正確動作次數	835	729	799	861	666
	異常動作次數	58	70	74	36	23
	正確動作率%	93.50	91.23	91.52	95.98	96.66
交流系統 故障記錄 示波器	應動作次數	4540	4636	5095	6432	8504
	實際動作次數	4495	4602	5056	6413	8488
	正確動作率%	99.00	99.26	99.23	99.70	99.81
直流系統 保護	動作總次數	110	50	57	154	331
	正確動作次數	109	44	56	148	328
	異常動作次數	1	6	1	6	3
	正確動作率%	99.09	88.00	98.25	96.10	99.09

從上表可觀察出：自 2002 年到 2006 年保護電驛動作次數逐年增加，推估應是電網系統逐年擴建，電驛數量隨著系統建設而激增。另值得一提的是電驛動作正確率%逐年提升，但報告中卻無隻字片語解說，箇中緣由頗耐人尋味。

一、2006 年電網系統機電設備故障概況

劃分下列五大類電力設備故障

(一)各電壓等級線路故障類型

1. 220kV 線路部份：

在 1,534 次故障中，將近 92% 為單相接地故障；其餘分別為兩相短路接地故障、兩相短路故障、發展性故障、三相短路故障、共架線路跨相故障、斷線落在高組抗物體接地故障、斷線接地故障。

2. 330kV 線路部份：

在 148 次故障中，大約 97.3% 為單相接地故障；其餘為兩相短路

接地故障和發展性故障。

3. 500kV 線路部份：

共發生 345 次故障，其中 93.3% 為單相接地故障；其餘為兩相短路接地故障、兩相短路故障、發展性故障、三相短路故障。

(二)匯流排故障概況

1. 220kV 匯流排部份：

總共發生 50 次故障，其中單相接地故障為 88%；其餘為兩相短路接地故障、發展性故障、三相短路故障。

2. 330kV 匯流排部份：

發生 5 次單相接地故障。

3. 500kV 匯流排部份：

發生 8 次單相接地故障。

(三)變壓器故障概況：

2006 年國家電網公司統計出：

1. 220kV 變壓器共發生 23 次主體結構故障，36 次外部故障。在主體結構故障中，套管故障佔 39.13%，分接開關故障佔 6.09%，繞組匝間故

障佔 27.14%，鐵芯故障佔 8.69%，相間接地故障佔 4.35%。

2. 500kV 變壓器共發生 3 次主體結構故障，2 次外部故障。其中相間接地故障佔 6.67%，繞組匝間故障佔 33.33%。

(四)發電機故障概況：

2006 年國家電網公司容量 100MW 及其以上之發電機，主體結構故障有 29 次，異常故障有 93 次，外部故障有 8 次。

主體結構故障中，定子接地故障佔 34.48%，轉子接地故障佔 27.59%，相間故障佔 17.24%，鐵芯故障佔 10.34%，內部引線故障佔 6.9%，定子匝間短路佔 3.45%。

(五)直流輸電系統故障概況：

2006 年國家電網公司所屬直流輸電系統，共發生直流線路單相接地故障 33 次，交流濾波器電容器燒損故障 34 次。

參、220kV 及其以上交流線路保護電驛動作概況

2006 年國家電網公司 220kV 及其以上交流線路保護電驛動作共計 26,047 次，其中正確動作 26,030 次，異常動作 16 次，未動作 1 次。換算百分比為正確率 99.93%，較 2005 年提升 0.17%。

保護電驛動作異常原因分析如下圖 2：

權責部門	動作異常原因	動作異常次數		
		220kV	330kV	500kV
維護部門	人為不慎	0	1	1
	維護不良	0	0	1
製造廠家	品質不良	6	1	1
	設計瑕疵	1	0	1
	其他	0	0	2
施工部門	接線錯誤	0	0	1
	施工不良	1	0	0

電驛協會會刊 27 期

綜觀上表可知 2006 年製造廠家造成動作異常次數顯然偏高。

肆、2006 年電力設備運轉保護概況

一、概論

2006 年發電機保護、變壓器保護、匯流排保護及高壓電抗器保護電驛動作狀況如下圖表 3 所示：

統計項目	發電機保護	變壓器保護	匯流排保護	高壓電抗器保護	其他保護	共計
動作總次數	371	172	112	2	32	689
正確動作次數	371	162	102	2	29	666
異常動作	0	10	8	0	2	20
未動作	0	0	2	0	1	3
正確動作率 %	100	94.19	91.07	100	90.63	96.66

電力設備運轉保護	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
正確動作率 %	95.30%	91.23%	91.52%	95.98%	96.66%

從上表可觀察出：2006 年國家電網公司 220kV 及以上電力設備運轉保護電驛共動作 689 次，正確動作率為 96.66%，比 2005 年提升了 0.68%。

二、220kV 及以上變壓器保護電驛動作概況

項目	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
動作總次數	168	150	200	178	172
正確動作次數	127	100	158	155	162
異常動作	40	41	41	22	10
未動作	1	0	1	1	0
正確動作率 %	75.60%	72.67%	79.00%	87.08%	94.19%

從上表看出 2006 年保護電驛正確動作率比比 2005 年提升了 7.11%。

談 2006 年大陸電網公司機電事故與保護電驛動作概況讀後觀感

造成變壓器保護異常的原因有 1. 製造品質不良 3 次、2. 維護部門：調整不良 1 次、其他 1 次、3. 施工部門：不慎碰觸 1 次，施工不良 1 次、4. 其他部門 3 次

三、流排保護電驛動作概況：

2006 年匯流排保護電驛共動作 112 次，詳情如下表 5：

項目	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
動作總次數	52	49	90	120	112
正確動作次數	48	41	77	114	102
異常動作	2	4	12	5	8
未動作	2	4	1	1	2
正確動作率%	92.31%	83.67%	85.56%	95.00%	91.07%

造成匯流排保護電驛異常動作的原因：

歸屬製造廠家：品質不良有 6 次。

歸屬維護部門：維護不良有 1 次、操作疏忽 1 次。

歸屬施工部門：人為不慎 1 次。

四、發電容量 100MW 及以上機組(含機組與升壓變壓器)保護電驛動作概況：

2006 年發電容量 100MW 及以上機組保護電驛動作次數，詳情如下表 6：

項目	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
動作總次數	701	591	574	585	371
正確動作次數	690	574	563	581	371
異常動作	11	17	11	4	0
未動作	0	0	0	0	0
正確動作率%	98.43%	97.12%	98.08%	99.32%	100%

2006 年發電容量 100MW 及以上機組保護電驛共動作 371 次，全部動作正確。

伍、保護電驛動作異常之主因分析

一、電驛製造品質不良

2006 年國家電網公司 220kV 及以上電壓保護電驛動作異常的主因，以電驛製造品質不良為首位，共有 18 次。不良情況包含元(組)件損壞、內部接線鬆脫、焊接不牢固、抗干擾性能差及軟體存在瑕疵等。這些缺失其中以元(組)件損壞造成動作異常有 7 次為最多，在 7 次中有 4 次為匯流排電驛元件。

二、保護電驛動作原理缺陷

2006 年發生 2 次因裝配零件錯誤引起保護電驛異常動作。一次是製造廠家在保護電驛設計中，誤將電驛跳脫的常閉接點，作為復閉位置判斷。當保護電驛單相動作跳脫後，觸發復閉指令會短路電驛跳脫位置，導致斷路器尚未復閉就被誤導已復閉成功，傳給保護電驛錯誤訊息，造成電驛再次啟動零序成分加速保護，跳脫其餘兩相。

另一次是線路光纖差流保護，在設計時無法適應兩端斷路器跳脫的時差，導致線路在單相接地故障時，兩端斷路器不同時單相跳脫，其中一端保護跳脫三相。

三、不慎碰觸及維護轉不良

2006 年 220kV 及以上電力系統，由各類人員不慎碰觸有 4 次及維護運轉不良引起的保護電驛異常動作有 3 次。4 次不慎碰觸均發生於保護電驛的電流迴路上，使電驛感應到的電流值大量超越實際復載值，從而造成電驛異常動作，發生經過茲略述如下：

案例 1：電驛工作人員在 CT 接線箱將接到端子箱的 B 相導線解開後，並未立即包紮絕緣膠帶，導致端子

線頭碰觸箱體形成接地，而 CT 電纜另一端到電驛盤端子板，早已將中性線接地，兩接地點間產生電位差，在變壓器差動保護 B 相電驛形成電流，超過始動值而異常動作。

案例 2：施工人員在斷路器 CT 的 C 相接線箱外從事焊接工作時，不慎將電焊工具碰觸到 CT 的接線箱內匯流排 CT 組端子板，迫使電焊電流竄入匯流排電驛，引發匯流排電驛動作跳脫。

案例 3：工作人員在現場做安全措施短路 CT 回路時，不慎造成線路電驛出現零序成分電流，導致線路接地過流電驛動作跳脫。

案例 4：工作人員在進行行波測距裝置調試時，因現場安全隔離措施不夠完善，即未將被調試裝置的 N 相回路與運轉設備的 N 相回路作有效電壓感應隔離，又加上測試儀器之共同端與儀器箱體接地端連通，造成運轉設備電流回路出現兩點接地現象。當試驗器測試線感應電壓增加時，亦引起運轉中的保護電驛和測試儀器電流 N 相迴路兩接地點電位差持續擴大，造成零相電流增加，再加上線路負載不平衡因素，最後導致 3I0 值超越過流電驛始動值而跳脫。

另 3 次運轉維護不良分別發生於 1. 匯流排電驛、2. 斷路器失靈電驛、3. 線路保護電驛。發生過程概述如下：

案例 1：匯流排電驛的雙位置切換(選擇 I 或 II 匯流排組)電驛，因其中一對常開接點被打穿，使電流同時流入 I、II 匯流排電驛，在匯流排

事發生故時，故障匯流排因分流而不動作，健全匯流排因流入分流而異常動作跳脫。

案例 2：某次操作加壓於初始故障之設備時，因斷路器跳脫失靈，引起斷路器失靈電驛動作，但因電驛輸出端腳接線接續不良，造成斷路器失靈電驛跳脫失效。

案例 3：本案因線路 B 相差流電驛箱體之 CT 底座短路彈簧片未隔離，形成流入 B 相電驛電流不完全，線路兩端存在差電流。當線路負載激增使差電流超越始動設定值時，B 相差流電驛動作跳脫。

陸、總結

2006 年國家電網公司針對電驛動作異常原因歸屬：

1. 電驛製造部門佔 55%：大陸採用國產自製電驛，因製作技術發展年代不若歐、美、日具有百年悠久之歷史，故在設計原理、製造流程、品質檢測等方面均未臻達上乘成熟之品管機制，因此凸槌窘況時有所聞並不令人感到意外。
2. 運轉維護部門佔 22.5%：指電驛維護人員及發電廠、變電所運轉維護人員在執行作業方面之疏失。在提高運轉管理方面，例如實務作業之執行是否訂定完善的標準作業程序書；維護人員方面，激勵責任感與培訓專業技術素養，嚴格遵行規章制度，防範人為不慎潛在因素。
3. 施工部門佔 15%
4. 其他原因佔 7.5%

綜觀上述分析：為減少保護電驛動作異常情形，關鍵在於製造部門與運轉維護

部門，兩者部門共佔整體電驛異常跳脫次數之 77.5%，這正是問題的核心所在，亟需訴求「百尺竿頭，更進一步」來突破瓶頸。

全球化以來各行各業競爭劇烈，注重顧客滿意度與企業品牌形象成為企業發展之命脈。換言之，一方面研發提升品質水準，另一方面強化後端服務熱忱，有了廣大忠誠顧客群的護持，企業才能建立永續經營的基本盤。對電力事業而言，提供優質電力與積極防範無預警事故停電，確是永續經營的不二法門。而眾所週知優質電力與事故停電必須倚賴保護電驛能對突發事故作出適度處理，因此電驛動作正確率名正言順地

成為電力事業永續經營，一項不可忽視的技術指標，說明大陸國家電網公司之所以要費盡周章提出針砭時弊，無非想從優秀境界再追求卓越超然，而能與全球性企業管理主流接軌，觀讀至此心胸了然「萬物靜觀皆自得」。

柒、參考文獻

- 1.2008 年 2 月第 32 卷第 3 期 電網技術 (Power System Technology) 『2006 年國家電網公司繼電保護裝置運行情況』 (Operation Situation of Protective Relaying of State Grid Corporation of China in 2006)
沈曉凡、舒治淮、呂鵬飛、趙凱超

會 務 報 導

- ◎ 第 27 期會刊封面廣告由艾波比股份有限公司贊助，本協會萬分感謝艾波比股份有限公司支持與愛護。
- ◎ 4 月 12~13 日辦理本協會團體會員昱泰 機電公司辦理客製化 Toshiba 製 GRL-100 型及 GRZ-100 型數位電驛家教型訓練，歡迎其他團體會員踴躍申請辦理。
- ◎ 認證/變壓器主體結構及保護實用班(春季班)因報名人數不足已順延到 9 月 11~12 日再開班，認證/變壓器保護基本概念及應用班(夏季班)已於 6 月 12~13 日及如期完成。
- ◎ 6 月份震江機電技術顧問股份有限公司提出申請本協會甲級保護電驛專業檢測團體認證資格，本協會依規定初審及邀請認證審查委員預定開會審查。
- ◎ 6 月 20 日召開九十七年度第二次訓練委員會會議訂定 97 年下半年度(秋、冬季)訓練計劃。(第 74 頁)
- ◎ 97 年 7 月 11 日舉行監事會議，審查 97 年上半年度財務結算。
- ◎ 中華民國電驛協會九十七年度獎學金申請日期至本年九月三十日止，符合資格者，請踴躍申請。

97 年度下半年訓練計劃

秋季班：訂定 9 月 25~26 日開辦「發電機數位電驛保護概論」班。

1. 聘請本協會訓練委員吳清章博士講授。
2. 課程內容精彩豐富，詳細內容如附件所示。

冬季班：訂定 11 月 27~28 日開辦「變壓器數位式差動保護電驛技術」班。

1. ABB 製數位差動電驛 RET670、SPAD346C 及 TPU2000R 類型動作原理、RET670 標置設定及特性與接線試驗等教學。
2. 講解 OMICRON 儀器測試之應用與說明。

團體認證/變壓器數位電驛技術班

(秋) 97.09.25 (四) ~ 97.09.26 (五)

(冬) 97.11.27 (四) ~ 97.11.28 (五)

團體認證/保護電驛運用班授課對象如下：

1. 已認證之團體會員/ (已含在認證作業費用)
2. 電驛協會之會員/每位學員 \$5000 元。
3. 非會員/每位學員 \$7000 元

團體認證/發電機數位電驛保護概論 (秋季班) 97.09.25(四) ~ 97.09.26(五)

日期	8:20~10:00	10:10~12:00		13:20~15:00	15:10~17:00
09/25	電力系統基本概念對稱座標法 及故障類型分析、CT、PT		午	發電機數位電驛 各組件保護原理	
	本協會訓練委員吳清章博士			本協會訓練委員吳清章博士	
09/26	發電機數位電驛 各組件保護原理		休	數位電驛 軟體應用	測驗與討論
	本協會訓練委員吳清章博士			本協會訓練委員吳清章博士	

團體認證/線路數位電驛技術班 (冬季班) 97.11.27(四) ~ 97.11.28(五)

日期	8:20~10:00	10:20~12:00		13:20~15:00	15:20~17:00
11/27	ABB 製數位式差動電驛 RET670、SPAD346C 及 TPU2000R 保護原理解說		午	ABB 製數位式差動電驛 RET670 標置設定	
	本協會訓練委員張家熙			本協會訓練委員張家熙	
11/28	OMICRON 儀器測試之 應用與說明	RET670 特性試驗	休	RET670 特性 與接線試驗	測驗與討論
	廠家技師	張家熙		本協會訓練委員張家熙	

*補充班：9月11~12日補辦今年「變壓器主體結構概論」春季班。

團體認證/變壓器主體結構與保護（補充班）97.09.11(四)～97.09.12(五)

日期	8:20~10:00	10:10~12:00		13:20~15:00	15:10~17:00
09/11	變壓器基本結構及 各型保護電驛介紹		午 休	變壓器故障模式 及監視系統	
	華城電機電力處賴俊鴻處長			華城電機電力處賴俊鴻處長	
09/12	變壓器配置			變壓器控制迴路	測驗與討論
	華城電機技術處劉健申課長			華城電機技術處江長林組長	

中華民國電驛協會獎學金辦法

- 一、本會為獎勵國內各大專校院優良學生及研究生，研修有關電力系統保護電驛、保護協調應用之課程者，特訂定本辦法。
- 二、獎學金之名額、金額與頒獎事宜：
 1. 研究所組：倫卓才先生獎學金一名，新台幣壹萬元整；其餘五名，每名新台幣陸仟元整。
 2. 大學(獨立學院)組：六名；每名新台幣參仟元整。
 3. 各組獎學金每年舉辦一次，於本會每年舉行之年會、會員大會或理監事會議時頒贈於得獎人，與會得獎人給予交通費(自強號車票款額)。
- 三、獎學金得由本會團體會員提供捐助名額，並於每年4月底前將其所認定提供之名額函知本會，以便配合實際申請名額統籌辦理。
- 四、申請資格：
 1. 研究所組：限國內各公私立大專校院電機、電子計算機科學研究所或其他相關研究所之研究生。
 2. 大學(獨立學院)組：限國內各公私立大專校院電機、電子計算機學系或其他相關學系三~四年級學生。
 3. 凡申請上列各組獎學金者上學年平均成績須在八十分以上，保護電驛相關課程成績須在八十五分以上，同一校系大學部、研究所碩士生、博士班各組申請推薦名額以兩人為限，未入選者致函鼓勵慰問。
 4. 未選修保護電驛相關課程者，不予評審。
 5. 申請倫卓才先生獎金者，須檢附論文與著作；研究所組申請者須檢附500字之研習心得，且均同意刊登於本會會刊。
- 五、申請方式：
 1. 本會每年六月底前函寄獎學金資訊至各大專校院。
 2. 各大專校院請將推薦申請人之申請表(如附件)，連同申請人在校上學年(或本學年)成績單正本，於申請期限內掛號郵寄本會(100台北市羅斯福路3段244巷9弄1號2樓)。
- 六、申請期限：每年七月一日至九月三十日止。
- 七、審定日期：每年十月三十一日前，由本會獎學金審查委員會審查後，提請理監事會議核定。
- 八、本辦法經提請本會理監事聯席會議通過後施行，修改時亦同。

中華民國電驛協會獎學金申請表

附件一

申請人姓名		出生年月日	
身分證號碼		性別	
戶籍地址		電話	
通信地址		電話	
		Email	
就讀之大學校院 、研究所			
系 所		年級	
主修電驛相關課程			
申請資料	1.在校各學年成績單 2.其他：電驛相關經驗與著作		
申請人簽章			
推薦校院系所主管 簽 章		電話	

中華民國電驛協會

保護電驛專業檢測團體認證規範

壹、主旨

提升會員專業領域，配合政府證照政策。

貳、認證資格分甲、乙兩級

(一)、甲級保護電驛專業檢測團體認證資格

- 1、專業電驛檢測技術人員須八人(含)以上。
 - 2、每位技術人員須從事保護電驛檢測工作滿二年(含)以上。
 - 3、每位技術人員須具備下列資格之一
 - (1) 近三年參加中華民國電驛協會短期訓練結業合格證明三種(含)以上者。
 - (2) 曾於台電公司從事電驛工作三年以上者。
 - (3) 其他電驛訓練課程或相關工作經驗，並經本規範認證委員會審核通過者，可視同參加本協會短期訓練一期資格。
- 上述各項資格均需檢附證明文件供審核。
- 4、四台單相以上電驛測試器，須可調整電壓、電流、頻率、相角及動作時間測試，並須有 CNLA(中央標準校正實驗室)出具校正合格及未逾校正期限之證明。
 - 5、二台可同時輸出三相電流、三相電壓，且由電腦操控可調整電壓、電流、頻率、相角及動作時間測試，並須有 CNLA(中央標準校正實驗室)出具校正合格及未逾校正期限之證明。
 - 6、專業電驛檢測儀器須為三相數位型，至少須有小數點兩位數(含)以上。

(二)、乙級保護電驛專業檢測團體認證資格

- 1、專業電驛檢測技術人員須四人(含)以上。
 - 2、每位技術人員須從事保護電驛檢測工作滿一年(含)以上。
 - 3、每位技術人員須具備下列資格之一
 - (1) 近三年參加中華民國電驛協會短期訓練結業合格證明三種(含)以上者。
 - (2) 曾於台電公司從事電驛工作二年以上者。
 - (4) 其他電驛訓練課程或相關工作經驗，並經本規範認證委員會審核通過者，可視同參加本協會短期訓練一期資格。
- 上述各項資格均需檢附證明文件供審核。
- 4、二台單相以上電驛測試器，須可調整電壓、電流、頻率、相角及動作時間測試，並須有 CNLA(中央標準校正實驗室)出具校正合格及未逾校正期限之證明。
 - 5、專業電驛檢測儀器須為三相數位型至少須有小數點兩位數(含)以上。

參、認證委員會由本協會理事長為召集人，下設委員五名

- (一)、中華民國電驛協會二名
- (二)、學術界代表一名
- (三)、產業界代表二名

肆、保護電驛專業檢測團體認證施行細則

(一)、申請細則

- 1、申請認證團體須為中華民國電驛協會團體會員。
- 2、申請認證團體之每位技術人員，須有申請團體之勞健保證明及電驛檢測相關工作或扣繳憑單證明，並附近照三張俾製作合格工作證。
- 3、申請認證團體之每位技術人員的短期訓練結業證明之正本及影本各一份，結業證明須有一期於一年內結訓，餘兩期須於三年內結訓(正本核對後退回認證團體)。
- 4、專業電驛檢測儀器須以申請認證團體送至 CNLA(中央標準校正實驗室)校正，並且有效期間一年內之校正證明正本及影本(正本核對後退回申請認證團體)。
- 5、隨時可申請如附件(二)認證結果於一個月內告知。

(二)、認證細則

- 1、申請認證團體將申請相關資料表格四份(正本一份影本三份)，送至中華民國電驛協會申請，先初審再送交認證委員會審核通過後，始發給申請認證團體證照及技術人員之合格工作證如附件(一)(三)。
- 2、甲級保護電驛專業檢測團體，認證贊助費新台幣壹拾萬元整，須於資料送審時同時繳齊，若認證技術員逾八位以上部分，每位須另繳工作證贊助費新台幣三仟元整(現金或即期支票)。
- 3、乙級保護電驛專業檢測團體，認證贊助費為新台幣伍萬元整，須於資料送審時同時繳齊，若認證技術員逾四位以上部分，每位須另繳工作證贊助費新台幣三仟元整(現金或即期支票)。

伍、認證有效時間

- (一)、認證有效期為發照日期起三年，須於有效期屆滿前三個月，依本規範(貳)提出認證申請且按本規範(肆)繳交認證贊助費。
- (二)、技術員離職時，依本規範(貳)之規定補位及辦理合格工作證，每位須繳換發工作證贊助費新台幣三仟元整。
- (三)、中華民國電驛協會將不定時抽查合格技術人員人數，如未按(伍、(二))規定者，將予以降級或停止認證資格。

陸、本規範為本協會內部規定，不具任何法律效力。

附件(二)

保護電驛專業檢測團體認證申請表

年 月 日

等 級				
公 司 名 稱	(附影本)			
資 本 額				
營 業 地 址				
負 責 人				
聯 絡 電 話				
專業電驛 檢測 技術人員	姓 名	中華民國電驛協會短期訓練結業證書字號 (附影本)		
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
專業電驛 檢測儀器 廠牌型式 出廠序號 校正期限	廠 牌 型 式	出 廠 序 號	校正期限(附影本)	
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
備 註				
保護電驛專業檢測團體認證審核委員				
電驛協會(1)	電驛協會(2)	學術界代表(3)	產業界代表(4)	產業界代表(5)
認證審核總結：				

保護電驛專業檢測團體證照

據 公司申請保護電驛專業檢測團體認證，經審核符合中華民國電驛協會保護電驛專業檢測團體認證規範，爰依規範發給證照。

認證事項如下：

等 級						
公 司 名 稱						
資 本 額						
營 業 地 址						
負 責 人						
專業電驛檢測 技 術 人 員	1		2		3	
	4		5		6	
	7		8		9	
	10		11		12	
專業電驛檢測 儀器 廠牌 型式序號						
原 設 立 年 月 日						
認 證 有 效 期 間						

中華民國電驛協會理事長

上 給

公司收執

驛協團認證字第

號

中 華 民 國

年

月

日

中華民國電驛協會第五屆第四次理事暨監事聯席會議記錄

中華民國九十七年二月二十三日

一、時間及地點：中華民國 97 年 2 月 23 日下午 1 時 30 分假台電高屏供電區營運處（高雄市三民區康平街 192 號）會議室舉行。

二、報告聯席會議應到 35 人，實到 21 人，列席 15 人

主 席：許萬寶 記錄：周瑞年

列 席：(略)

常務理事：林晉樟、李錦槍、王丕忠、羅隆和、賴木生等 5 人

理 事：黃德華、吳銘芳、鄭 強、官茂祥、許文興、
李光仁、呂孟達、張家熙、彭憲貴、何文瑤、
梁宗熙、詹章閻等 12 人

常務監事：黃慶林等 1 人

常務監事：鍾常務監事金樹、莊常務監事忠勇等 2 人

監 事：曾茂盛等 1 人

請 假：李常務理事金鐘、陳常務理事勇蒼、盧常務理事光常、
陳理事士麟、黃理事思倫、李理事榮澤、林理事錦章、
陳理事健國、黃理事輝彬、楊監事嘉榮、莊監事國桓、
藍監事鈞棋、巫監事崇棠、鍾監事燦禮等 14 名

列席人員：

列席指導：李高等顧問河樟等 1 人

候補理事：李 群、吳清木、謝建賢、林興隆、楊丕淦等 5 人

候補監事：呂世彬等 1 人

編輯委員：陳炳基、洪敏捷等 2 人

訓練委員：周瑞年等 1 人

技術委員：洪志芳等 1 人

會員代表：黃克蒂、劉昌維等 2 人

會 員：仙瑛有限公司陳明清、蕭純育等 2 人

來 賓：台電公司高屏供電區營運處李處長河樟

工作人員：李秘書長國楨、謝璧如

三、宣佈會議開始

四、主席報告：各位理事、監事午安：

非常感謝高屏供電區提供本次會議場地，還貼心的安排人力協助布置及服務。本次會議除報告去(96)年度下半年協會會務及預算執行外，還有今(97)年度預算編列之審查，請大家多多表達高意，提供協會更多指導。

五、來賓報告：(高屏供電區營運處李處長河樟)

本次會議遴選於本處舉辦，謹代表本處全體員工表示誠摯歡迎之盛意，預祝本次會議圓滿成功及各位在新的一年更健康快樂。

六、工作報告

- (一). 第五屆第三次理監事聯席會議之會議紀錄已送請內政部核備完成。
- (二). 第二十六期電驛協會會刊編輯完成，如期出刊。
- (三). 第二十六期會刊寄贈各大專院校、圖書館供人參閱。
- (四). 第二十六期會刊封面廣告由阿海珐輸配電(股)公司贊助，本協會萬分感謝阿海珐輸配電(股)公司之支持與愛護。
- (五). 本協會九十六年度大專校院獎學金，經獎勵委員會完成評定，大學組獎學金申請書至截止收件日從缺；倫卓才先生獎推薦蕭純育先生(國立中山大學博士班，研究論文：特殊保護系統在改善系統穩定度之應用)；研究所組推薦4名：吳清木先生(國立高雄應用科大碩一生)、黃偉恆先生(國立台科大碩二生)、黃靖智先生(國立中山大學碩二生)、陳正一先生(國立中正大學博士班)。
- (六). 10月19日本協會訓練委員會九十六年度第二次會議(會議紀錄詳見P5)完成九十七年度春季及夏季之訓練計劃；而本協會九十六年度下半年訓練課程：認證/線路數位電驛技術班(秋季班)9/13.14因報名人數不多未能開班、認證/線路數位電驛技術班(冬季班)11/22.23課程如期舉辦，內容實用豐富，深獲學員好評。

七、頒獎

- (一). 捐款贊助本協會大專院校獎學金者：瀚能機電技術工程(股)公司
- (二). 鼎力支助本協會者：
 - (1)台電公司高屏供電區營運處
 - (2)昱泰機電技術顧問(股)公司
 - (3)仙瑛企業有限公司
 - (4)中友機電顧問(股)公司
 - (5)林錦章理事

- (6) 耿豪企業股份有限公司
- (7) 瀚能機電技術工程(股)公司
- (8) 阿海珐輸配電(股)公司
- (9) 盈昇有限公司
- (10) 陳士麟理事

八、討論事項

- (一). 協會 96 年 7 月至 12 月止，永久團體會員 1 家，團體會員 2 家，個人會員 6 人，入會審查(參閱會議手冊第 9 頁)(提案人：協會秘書組)。
決議：無異議通過。
- (二). 協會 97 年度訓練計畫(參閱會議手冊第 8 頁)。
決議：無異議通過。
- (三). 協會 96 年 7 月至 12 月預算執行報告(參閱會議手冊第 10~19 頁)(提案人：協會秘書組)，提請審議。
決議：無異議通過。
- (四). 協會 97 年度預算表(參閱會議手冊第 20 頁)，提請審議。
決議：無異議通過。

九、臨時動議：

- (一). 未來直接在竹科、中科及南科等科學園區租借場地，辦理保護電驛訓練課程，以服務科學園區用戶。(提案人：鄭強理事)
決議：首先請需求單位提出課程申請，由本協會規劃安排適任講師及教材，在盈虧得以平衡原則下，完成客製化的家教訓練。
- (二). 建議頒發感謝狀給予電驛協會會刊之廣告贊助商。
(提案人：何理事文瑤)
決議：無異議通過，擬自下(27)期會刊開始實施。

十、散會

中華民國電驛協會第五屆第三次會員代表會會議記錄

中華民國九十七年二月二十三日

壹、時間及地點：中華民國 97 年 2 月 23 日下午 3 時 30 分假台電高屏供電區營運處（高雄市三民區康平街 192 號）會議室舉行。

貳、報告大會應到及實到人數：應到人數 52 名,實到人數 28 名

主席：許萬寶
 記錄：周瑞年
 出席：林晉樟、李錦槍、黃慶林、羅隆和、賴木生、王丕忠、官茂祥、鍾金樹、李國楨、鄭強、梁宗熙、黃德華、李群、許文興、張家熙、莊忠勇、呂孟達、劉昌維、謝建賢、吳清木、吳銘芳、呂世彬、黃克蒂、林興隆、李光仁、彭憲貴、詹章閏、楊丕淦等 28 人
 請假：陳勇蒼、陳士麟、盧光常、蔡隆田、何兆榮、林茂昇、盧展南、鍾燦禮、高慶桐、張永榮、黃思倫、王泰然、白雲年、巫崇崇、黃連常、陳慶源、楊啟東、郭麟瑛、楊嘉榮、莊國桓、周南焜、李式雄、李榮澤、楊盛鐘等 24 人

列席人員：

列席指導：李高等顧問河樟等 1 人

理事：何文瑤等 1 人

監事：曾茂盛等 1 人

編輯委員：陳炳基、洪敏捷等 2 人

訓練委員：周瑞年等 1 人

技術委員：洪志芳等 1 人

會員：仙瑛有限公司陳明清、黃老吉等 2 人

來賓：台電公司高屏供電區營運處李處長河樟

工作人員：李國楨、謝璧如

參、宣佈會議開始

肆、主席報告：各位代表午安：

首先感謝高屏供電區營運處提供如此美好的會議場地。本次會議將進行今(97)年訓練計劃、預算編列及去(96)年訓練計劃成果報告、下半年度預算執行之審查。還有討論本屆會員代表今年期滿改選事宜。

伍、來賓報告：（略）

陸、會務報告：

- 1.本會現有會員數：團體永久會員 16 家、一般團體會員 152 家；個人永久會員 71 人、個人一般會員 962 人；但去年繳交常年費的一般團體會員 39 家，個人一般會員約 300 人。
- 2.九十六年度入會會員數：永久團體會員 1 家、個人永久會員 1 人、一般團體會員 2 家、一般個人會員 10 人(參閱會議手冊第 42 頁)。
- 3.96 年召開之第五屆第二次理監事聯席會議及第五屆第二次會員代表大會&第五屆第三次理監事聯席會議紀錄已送請內政部核備完成。
- 4.96 年年度認證線路數位電驛技術班訓練計劃，僅秋季班 9/13、14 因報名人數不足取消外，其餘春季班 5 月 17、18 日，參加人數 19 人；夏季班 6 月 28、29 日，參加人數 20 人；冬季班 11 月 22、23 日，參加人數 16 人，均如期舉辦。
- 5.10 月 19 日本協會訓練委員會 96 年度第 2 次會議(會議紀錄詳見 P.24) 完成 97 年度春季及夏季之訓練計劃。
- 6.8 月 23、27 日及 11 月 28 日推派黃監事召集人參加「電力工程技術規範之研究」---「屋內線路裝置規則」草案修正。

柒、頒發本協會大專校院獎學金，依 961019 獎勵委員會決議 (P.28) 及第五屆第四次理監事聯席會議通過，予以獎勵分別為：

A、倫卓才先生獎—蕭純育(國立中山大學博士班)

B、研究所組—吳清木(國立高雄應用科大碩士班)

黃偉恆(國立台科大碩士班)

黃靖智先生(國立中山大學碩士班)

陳正一先生(國立中正大學博士班)

註：吳清木先生之獎學金捐出作為本協會之獎學金。

捌、討論事項：

- 1.本協會 97 年度訓練計畫(參閱會議手冊第 27 頁)。
決議：無異議通過。
- 2.本協會 96 年度結算(參閱會議手冊第 29~38 頁)，提請審議。
決議：無異議通過。
- 3.本協會 97 年度預算表(參閱會議手冊第 39 頁)，提請審議。
決議：無異議通過。

4.本協會六屆會員代表之選舉與任期。

決議：4-1.第五屆會員代表之任期為 94 年 11 月～97 年 11 月，須於 97 年 10 月底前完成改選，第六屆會員代表選舉日期由秘書長與北中南三區副理事長協議訂定 10/24.25 舉行。

4-2.考慮時間之一致性，維持原任期期間不變。

4-3.第六屆理監事是否需具備會員代表之身份，經投票表決，0 票反對，28 票同意維持原制度不變。

捌、臨時動議

1.提案由王理事丕忠、賴理事木生及黃監事主席慶林全程參與「屋外線路裝置規則」草案訂定之會議。(提案人：何會員代表文瑤)

決議：除上述三位代表外，有興趣者請於 1 週內向李秘書長聯絡，皆可列為本協會代表。

玖、散會/餐敘

中華民國電驛協會訓練委員會九十七年度第二次會議紀錄

一、時間：97年6月20日下午6點30分。

二、地點：本協會會址

三、主席：王主任委員丕忠
記錄：李秘書長國楨

四、出席委員：王主任委員丕忠、周委員瑞年、張委員家熙、

蔡委員隆田、吳委員維山、吳委員清章等6名

請假委員：范副主任委員建誼、賴委員木生、梁委員錫焜、劉委員哲良、陳委員順斌、廖委員正義等6名

列席人員：許理事長萬寶、李秘書長國楨

五、主席報告：

感謝諸位委源撥冗出席，今(97)年春季班因報名學員人數不足而被迫消開班，夏季班勉強湊足員額而開班。學員零散分佈市場各角落，開班訓練誠屬不易，但秋季班及冬季班仍須依計畫進行，先從徵詢本協會團體會員學習意願及需求，再制定配合開班課程內容。

六、決議事項：

(一)經調查團體會員意見表及實際需求，今(97)年9/25~9/26計畫開辦秋季訓練班，主題課程為發電機保護概論。

(二)11/27~11/28計畫開辦冬季訓練班，主題課程為變壓器數位式差動保護電驛技術教學，以ABB製數位差動電驛RET670、SPAD346C及TPU2000R三種類型，另請OMICRON儀器廠商簡介測試儀應用器與說明。

(三)今年春季班「變壓器主體結構概論」課程符合機電技術顧問團體會員、機電檢驗技術團體會員等需求，擬再次安排於9/11~9/12試辦開班，希盼協會團體會員協助宣導。

(四)明(98)年度訓練課程預定於今(97)年12月開會研討細節。

七、臨時動議：

(一)針對電驛技能訓練班學員報名不足無法開辦問題，如能洽詢電驛廠商在主辦電驛產品展示會，請協會協助辦理。

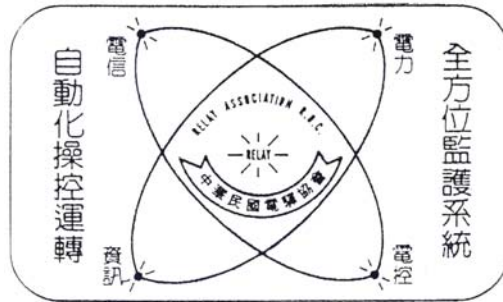
決議：協會可考慮派員協助講解展示電驛保護原理及標置如何設定與特性如何測試等專業層面，唯請展示廠商捐助協會。

如廠商同意以展示電驛及配備試驗器為教材，協會考慮配合展示日程開辦電驛技能訓練班，可以解決報名學員不足也可開班之窘況。

八、散會：20:30

第五屆各委員推薦名單

編輯委員	主任委員：張忠良	副主任委員：郭宗益
	委員：王泰然 白雲年 石吉亮 余成章 呂嘉圖 呂世彬 林茂昇 洪敏捷 莊忠勇 莊國桓 莊理榮 許文興 陳士麟 陳炳基 陳健國 黃思倫 黃惟雄 喻秋柟 張永榮 張建興 潘明路 謝建賢 盧展南 顏義芳 賴顯明	
訓練委員	主任委員：王丕忠	副主任委員：范建誼
	委員：吳清章 吳維山 周瑞年 陳順斌 張家熙 賴木生 梁錫焜 蔡隆田 廖正義 劉哲良	
技術委員	主任委員：黃德華	副主任委員：李 群
	委員：李榮澤 洪志芳 梁宗熙 陳來進 陳仁忠 陳勇蒼 彭憲貴 詹章閻 蔡奇生 劉信榮 鄭 強	



中華民國電驛協會沿革

沿革內容：

一、本會經內政部 83 年 6 月 20 日，83 內社字第 8313997 號函准予籌設，並於 83 年 9 月 10 日召開成立大會，本協會正式成立。

登記字號：83 內社字第 8381429 號。

二、本會宗旨：

提升電驛學術之研究，並協助政府推行電驛之政令及證照制度，提供正確、安全可靠、方便之電驛裝修措施與方法，並應會員請求，就其所提之電驛試驗報告內容提供認證服務，聯誼會員情感、謀求會員福利、建立安祥和樂之社會。

三、入會資格：

凡贊同本會宗旨，年滿二十歲之個人，或企業、學術機構、社會團體，填具入會申請書，經理事會通過，並繳納會費後，即為個人會員、團體會員或學生會員。

四、申請入會之日期：即日起。

五、本會地址：台北市羅斯福路三段 244 巷 9 弄 1 號 2 樓

電話：(02) 2362-3993 FAX:(02) 2363-0860 郵政劃撥帳號：18417432 號

E-mail:relayaso@ms68.hinet.net

劃撥帳戶：中華民國電驛協會 聯絡人：謝壁如

六、入會申請書有關資料請向前項地址索取或由會刊內頁直接影印皆可。

七、會費：

項 目	入 會 費	年 費
團體會員	一般會員：5000 元 永久會員：100,000 元	一般會員：5000 元 永久會員：免繳年費
個人會員	一般會員：200 元 永久會員：10,000 元	一般會員：500 元 永久會員：免繳年費
學生會員	免繳	400 元

理事長：許萬寶

中華民國電驛協會會員年費收費辦法

本協會會員年費收費採歷年制，年費繳交日期，以每年一月一日為基準日，即所有會員應於每年一月一日起一個月內，將應繳年費向本協會繳交。為便於作業起見，茲將各會員入會日期以七月一日為分界，採行下列收費方式，敬請配合。

一、新入會之會員(由七月一日至十二月三十一日止)：

於入會時應繳交入會費全額及年費之半數金額

1. 團體會員： 5000+2500=7500 元
2. 個人會員： 200+250=450 元

二、其他時間新入會之會員：

於入會時繳交入會費及年費之全額

1. 團體會員： 5000+5000=10,000 元
2. 個人會員： 200+500=700 元
3. 學生會員： 400 元

三、永久會員於一次繳入會費者，均不需再繳交常年費，非永久會員每年均應再繳交年費之金額。

邀 稿

本會將於 98 年 1 月推出第二十八期專輯

*敬請專家、學者、工程設計師、工程顧問以及維護測試工程技術人員擬允惠賜文稿，內容以實務為主，理論為輔，無論設計、監造、裝置、檢修有關設備或電力系統保護電驛設備知識應用及事故探討與改善對策、心得報告等文稿，均非常歡迎，請以稿紙或磁片交寄，稿費從優。

**歡迎代理銷售、製造之代理商及工程顧問、工廠提供廣告，
以達到直接宣傳、銷售效果**

接洽專線：(02)2362-3993 傳真：(02)2363-0860 聯絡人：李國楨

E-mail: relayaso@ms68.hinet.net

中華民國電驛協會 個人會員(永久/一般) 入會申請書

姓名		性別		籍貫	省(市) 縣(市)	身分證 統一編號	
		出生年月日					
學歷		服務 單位				現職	
通訊 地址							
電話	公：		宅：		傳真：		
審查 結果		會員 類別			會員證 號碼		
申請人：							(蓋章)
中華民國		年		月		日	

中華民國電驛協會 團體會員(永久/一般) 入會申請書

團體 名稱					地址			電話		
								傳真		
負責 人	職稱	姓名	會員 代表	姓名	性別	出生 年月日	籍貫	學歷	經歷	職稱
成立日期	會員人數	證照字號	發證機關	業務項目						
審查 結果			會員類別					會員證號碼		
申請團體：							(蓋章)			
負責人：										
中華民國		年		月		日				

電驛協會會刊目錄總表

第 1 期----- 84.5

- ◎電驛之任務及其性能的基本要求
- ◎漫談台電輸電線保護電驛之變遷
- ◎MMCO 多相過電流電驛
- ◎核二 G/S No.2 GEN 改接於 #3670, #3680 有關電驛試驗
- ◎副線電驛 HCB-1 之原理與應用
- ◎測距電驛之基本原理與應用
- ◎取樣頻率對數位測距電驛保護之影響
- ◎電力調度簡介
- ◎保護電驛國際代碼及其主要功能一覽表

第 2 期----- 84.11

- ◎接地測距電驛之動作原理與運用
- ◎差動保護電驛原理與應用
- ◎MMCO 多相式過電流電驛(續)
- ◎同步機穩態運轉之激磁效應及其失磁保護
- ◎輸電線路之方向比較保護系統
- ◎新建變電所之故障紀錄示波器設計準則
- ◎保護電驛問題專欄
- ◎發電業電廠調度規則解讀(上)

第 3 期----- 85.6

- ◎漫談火力電廠之設備保護
- ◎HCB-1 序濾波器輸出電壓計算程式
- ◎匯流排事故保護電驛動作之研討
- ◎載波電驛測試及其運用
- ◎解讀示波器記錄
- ◎保護電驛問題專欄
- ◎發電業電廠調度規則解讀

第 4 期-----85.12

- ◎漫談火力電廠之設備保護
- ◎從保護電驛觀點比較歐美電力系統之異同
- ◎變壓器差動保護電驛之運用
- ◎同步發電機電力逆向成因探討及其電驛保護概論
- ◎數位式過電流電驛 MDP 簡介
- ◎保護電驛問題專欄

第 5 期-----86.6

- ◎淺談後衛保護電驛
- ◎光纖系統運用於保護電驛簡介
- ◎漫談非晶質鐵心變壓器
- ◎輸電線壓接管熔斷原因探討
- ◎從猴害談載波電驛保護
- ◎SCADA 系統—電力轉換器之應用
- ◎保護電驛問題專欄

第 6 期-----86.12

- ◎談新生代電驛演進及電磁暫態分析程式應用概論
- ◎保護協調—ASPEN 套裝軟體之使用
- ◎淺談雷擊、避雷設備及數位式電驛
- ◎微處理式數字型電驛 REL300 使用與測試

- ◎同步發電機併聯電控迴路探討

- ◎保護電驛問題專欄

第 7 期-----87.6

- ◎應用快速指標計算法研析—實際電力系統之電壓穩定度
- ◎談母線保護電驛自動化之可行性
- ◎配電系統接地保護應用技術之探討
- ◎美國加州獨立系統操作機構介紹
- ◎從事故談起—如何做好電驛工作
- ◎配電線代送時接地過電流電驛跳脫回路改善方案探討
- ◎保護電驛問題專欄

第 8 期-----87.12

- ◎光纖數位傳輸技術應用於電驛系統之探討
- ◎智慧型電子裝置簡介
- ◎談保護電驛維護週期
- ◎AMX-1600 示波器使用說明
- ◎保護電驛問題專欄

第 9 期-----88.6

- ◎輸電線路保護方式
- ◎在高接地電阻下數位式測距電驛的理想動作範圍
- ◎保護電驛應用電力線載波之探討
- ◎線路保護方式方向比較 POTT
- ◎無線電波對保護電驛干擾之探討
- ◎超高壓變電所 161KV 側斷路器失靈電驛動作原理分析
- ◎非接地系統中性點電位移及其保護方式
- ◎保護電驛問題專欄

第 10 期-----88.12

- ◎電力品質改善使用主動式電力濾波器
- ◎淺談數位式電驛
- ◎母線電驛汰換工作實例
- ◎降低配電線損失提昇能源效率
- ◎談電力電容器組保護
- ◎ABB 製 CO-2 型時間過電流電驛現場檢測作業程序(初稿)
- ◎保護電驛問題專欄

第 11 期-----89.6

- ◎保護電驛與比流器
- ◎數據通信線路維護
- ◎從災後電力系統復建談如何做好保護電驛工作
- ◎ABB SPAJ 140C 時間過電流電驛
- ◎ABB 製 KD-10 型補償式測距電驛之現場檢測作業說明書
- ◎保護電驛問題專欄

第 12 期-----90.1

- ◎談電磁場對人體健康的影響
- ◎汽電共生電驛標置原則
- ◎由 921 事故經驗探討電力系統合聯技術
- ◎音頻機組搭配保護電驛之應用(RFL9745)
- ◎現場檢測作業說明書—(IBCG51M)(IBC51M)

第 13 期-----90.6

- ◎零災害預知危險活動
- ◎認識電磁場
- ◎電氣事故防火牆
- ◎電壓驟降
- ◎汽電共生系統責任分界點之電驛標置協調
- ◎超高壓雙回三端線路以阻抗為基礎保護技術之研討
- ◎遠端保護電驛設定以及事件波形記錄的讀取
- ◎匯流排差動保護原理介紹(GE BUS 2000)
- ◎現場檢測作業說明書—ABB 製 REL300 微處理式數字型線路保護電驛

第 14 期-----90.12

- ◎從納莉颱風談電力防衛系統介紹
- ◎淺談超高壓輸電線路監測新科技—同步相量量測組件(PUM)
- ◎特高壓用戶保護電驛設計之要求與注意事項
- ◎從地理、環境、能源、電驛談—澎湖中屯風力發電機組加入工程
- ◎保護協調及比流器飽和對保護設備之影響
- ◎有諧波抑制功能之變壓器差動保護原理介紹(ABB SPAD 346C)
- ◎馬達保護電驛原理介紹(ABB SPAM 150C)
- ◎保護電驛原理介紹(ABB REF 541)

第 15 期-----91.6

- ◎線性規劃法應用於輸電系統中過電流保護電驛之保護協調
- ◎變電站測試的新方法
- ◎同步發電機並聯裝置工程檢驗及應用分析
- ◎電力母線的保護
- ◎特高壓用戶變壓器保護電驛標置與計算
- ◎饋線保護不僅是 3CO 與 LCO
- ◎微處理機數位式電驛動態測試的新紀元
- ◎數位式保護電驛的遠程作業系統
- ◎台灣電力公司再生能源發電系統併聯技術要點
- ◎汽電共生併聯技術要點

第 16 期-----92.1

- ◎相平衡電流電驛設定之檢討
- ◎測距電驛與電容型比壓器之問題解析
- ◎以 d-q-o 軸為基礎分析同步電機之轉子動態響應及保護策略
- ◎GE-DIFC 數位式單相過電流電驛
- ◎電力系統中性點低電阻接地之電阻值探討
- ◎串聯補償線路之測距保護—問題和解決方案
- ◎獨立電力系統合理備轉容量規劃之研究
- ◎一種用於增加安全性維持故障響應性能之改良型變壓器激磁湧入電流抑制演算法
- ◎電力系統保護電驛試驗維護檢測與相關規定
- ◎變壓器絕緣油再生活化處理

第 17 期-----92.7

- ◎50+2 保護電驛在電力系統運轉上的應用
- ◎現代變電所自動化探討

- ◎應用 Matlab/Simulink 於常閉環路配電系統 IED 保護策略之研究
- ◎輸電線路的最佳守護神—差電流電驛
- ◎電力品質問題探討-電壓驟降
- ◎談竹科電驛二三事
- ◎頻率限制條件下台灣電力系統合理備轉容量調度之研究
- ◎評論非核家園與發展再生能源-兼談風力發電技術開發與應用
- ◎161KV 系統一次配電變電所加入對輸電線路保護運用與計算
- ◎防止匯流排復電時發生全停電事故再發

第 18 期-----93.1

- ◎部分架空部分 XLPE 電纜之超高壓輸電線路保護電驛方式探討
- ◎變電所自動化數位式電驛控制連鎖功能(ABB REF 541 電驛控制連鎖規劃)
- ◎西門子 7SA522 數值型測距電驛簡介
- ◎輸電線路數位電驛應用簡介
- ◎AVR 保護和控制(發電機用)
- ◎特高壓用戶責任分界點比流器選定與應用及計算
- ◎保護電驛之動態、暫態性能測試
- ◎教學式保護電驛模擬平台在 Matlab/Simulink 下實現

第 19 期-----93.8

- ◎數位式匯流排保護電驛運用技術
- ◎變壓器湧浪電流引起差動保護誤動作之解析
- ◎AMT-3032 事故紀錄示波器之應用
- ◎分析電磁干擾與防治措施
- ◎保護電驛測試儀器(ISA)使用及功能介紹
- ◎345KV 輸電線保護電驛汰換為數位式保護電驛介紹
- ◎“後發性”變壓器事故-事故型態介紹

第 20 期-----94.1

- ◎輸電線保護應用於軌道機電系統之保護協調
- ◎談比流器暫態效應及其對保護電驛品質可靠之影響
- ◎微處理型發電機保護電驛 GE/SR489 簡介
- ◎新式 345KV 數位電驛 APT L-PRO 簡介
- ◎內部網路科技應用於電力系統保護
- ◎PROSET 2000 保護電驛標置計算系統
- ◎研讀心得與感想
- ◎變壓器後發性事故與故障電流之機械應力
- ◎161KV 差電流保護電驛 GRL100 簡介

第 21 期-----94.7

- ◎乙太網路運用於保護電驛系統
- ◎故障紀錄示波器介紹及 FAXTRAX 示波器之應用
- ◎柳營 D/S 161KV GIS 1500 CT-1、2S 相電流值偏低處理探討
- ◎變電站之接地系統與直流系統計算模擬

- ◎ 淺談 SEL-487B 匯流排保護電驛功能與應用
- ◎ 推動市場的創意-變電所自動化整合的新時代
- ◎ 工業界電力系統雙迴路及參迴路自動併聯供電系統與數位式電驛結合通訊架構之應用

第 22 期-----95.2

- ◎ 匯流排差動保護電驛誤動作原因分析測試系統
- ◎ IED 保護電驛之抗突波干擾分析
- ◎ 二次輸電系統保護電驛原理及標置簡介
- ◎ 民用航空站 161KV 變電所保護系統與測試
- ◎ 混合架空與地下電力電纜傳輸線數位測距保護
- ◎ 同步檢定電驛校核應用探討
- ◎ 談發電機差流保護

第 23 期-----95.7

- ◎ 新型數位式變壓器差動保護原理與應用
- ◎ Delta-Wye 變壓器與相序之關係
- ◎ 微處理式變壓器保護電驛 TPU2000R 之簡介
- ◎ 數位式差動保護電驛之模擬與測試
- ◎ 161kV 科學園區用戶環路系統線路後衛保護採過流或測距保護電驛之優劣
- ◎ 高速鐵路諧波抑制策略

第 24 期-----96.1

- ◎ 開關突破對變壓器之衝擊與防制對策
- ◎ 以 FPGA 之 SOC 為基礎設計—防止風力發電系統孤島運轉之保護電驛

- ◎ 保護電驛動態試驗綜論
- ◎ 風力發電機併網對配電系統電壓閃爍之影響
- ◎ 特高壓輸電系統保護電驛標置與協調應用
- ◎ 淺談特殊保護系統(Special Protection System;SPS)

第 25 期-----96.7

- ◎ 洞道中超高壓地下電力系統之設計
- ◎ 電力系統數位式保護電驛應用於工業配電之停電及復電設計方式
- ◎ 基於小波轉換的高阻抗故障偵測技術
- ◎ 電力系統保護電驛送審程序及應備妥之相關資料
- ◎ 漫談『多相自動復閉系統』之應用與概況

第 26 期-----97.1

- ◎ 台灣澎湖 161KV 海底電纜暫態分析
- ◎ 台電 345KV 輸電系統電驛數位化後對系統規劃之影響
- ◎ 談電壓器故障與保護及影響差動異常之動態試驗分析
- ◎ 特高壓電力變壓器保護使用差動電驛 TPU2000R 之測試應用
- ◎ 淺談電力市波器與電驛乙太網路之整合應用
- ◎ 應用注入電流法檢測電力電纜故障點