

微處理機數位式電驛動態測試的新紀元

台電電力調度處

主管 擴建 李國楨

壹、前言

民國 85 年電驛先進專家李宏任先生受邀自美返國，參與台電保護電驛系統檢討會及電驛工程人員培訓工作，檢討工作報告中提列前瞻性『未來的保護電驛方式』發抒獨到遠見，提醒人注目；當中摘要略述「鑒於電算科技之發達，目前(指民國 85 年間)全球電驛製造廠已停產大部分的晶體電驛，而傳統電磁式電驛存續之道，已因製造成本影響到未來市場的投資評估，封劍歸隱只是時間上遲早之問題，故預測未來全球電驛的架構，僅“微處理機數字式”電驛獨步天下，誰與爭鋒？」，因此在電驛應用的遠程計劃上，工程人員必須深解此一新時代趨勢主流，守經達變如江河之順勢，自然成形。

微處理機數字式電驛之所以稟賦強大多功能保護，係因內部貯存如同一黑盒子的龐大軟體支配，預先設計多種保護功能和邏輯判斷迴路，由運用人員依據周延保護實際需求，自行選項並作適度編程設計，惟處理過程遠較以往傳統電驛繁瑣，且稍有不慎可能事倍功半，或失之毫釐差以千里，但為求適應未來趨勢主流，從業人員只有自我充實專業知識和提升關鍵技術之位階，以迎接時代之考驗，開創動態測試新紀元。

為宣導保護電驛動態測試新概念，李

氏特地撰文引薦「電磁暫態程式在保護電驛的應用」，刊載於台電工程月刊 572 期，首次披露傳統電驛結構設計單純，且對暫態電量的反應並不嚴重，故可使用靜態試驗方法來測試其特性，亦即一般試驗室所作的特性試驗，因加諸於保護電驛的試驗電流和試驗電壓均為靜態值(steady state)，而實際上電力系統是一個多元性及時變性的網路，大量非線性元件的存在，諸如發電機、變壓器、線路、電動機、交直流變換器(converter)等裝置，加上斷路器的頻繁操作，使得電力系統電壓、電流不再是單一基頻運轉，此類非基頻訊號發生，在故障時更為嚴重，對微處理機數位式電驛之高速取樣分析影響尤大，傳統的靜態試驗方法要準確地測試其特質性能，已彰顯出幾乎不可能之事實，唯一有效的對策就是「動態模擬試驗」。

動態模擬試驗對變壓器飽和、比流器飽和、電容耦合比壓器的暫態現象等特殊情況的模擬，均可模倣到唯肖唯妙之地步，目前(指民國 85 年間)在美國已有不少電力公司改用 EMTP/PC 電驛測試組合設備，來解決此一問題。晚近，各電驛廠家絡繹不絕到國內來展示其新世代電驛，微處理機數位式電驛竟囊括全數，應驗上述推斷，絲毫不爽。

貳、保護電驛試驗的演進

一、傳統測試方式

截至目前，保護測試涵蓋評估及維護測試，其目的在於證實校驗電驛均處於穩態狀況下。而所謂穩態狀況下均具有下列之特徵：

1. 多次狀況變化之時間演變，往往為數倍於實質電驛連續動作時間。
2. 動作值的變化量僅為實際電驛容許忍受值之小部分，譬如 1% 電流測試階段被充當容忍 5% 過流電驛。
3. 僅某一個相量動作值改變，譬如當測試阻抗電驛時，只有電流或電壓相量被選擇改變。

二、動態（模擬暫態）測試

在保護電驛測試儀器之研發史上，儀測廠家提供更逼真傳神地模擬其常態運作情況，有鑑於此 Doble F3-D 便設計一同步變換功能，從三相負載形態情況隨時間演進轉變到故障狀況，只須經由一外部信號觸發即可。依此模擬故障方式進行測試即為動態測試，早期雖曾在美國出現過，卻未曾受重用，直到故障模擬程式被開發編輯成電腦程式，有效操控 Doble F2000 模擬信號，打破傳統固有唯一靜態測試，伊始開拓動態測試宏觀格局之新里程碑。

電氣保護測試儀器跟隨時代潮流被要求品質精益求精，除了精確度外尚須要逼真傳神地倣效故障實況之電壓、電流、相角及關聯三者之時間函數變化量，此項技術符合時代需求，故迅速被轉化為商品化應用，十足地呈現知識經濟的典範，建立整合故障演算功能於一簡化的模型上，再編程操控 F2000 類型測試儀器，開發出第三波電力程式 TRU-TEST 類型之套裝軟體。使用者可輸入系統參數及試算負載及故障情況下二次側相量值，然後自動地再

複製應用，重演保護電驛動態測試，即可不計次數再三觀摩保護電驛在模擬故障情境下之實況重現。

在 Doble 廠牌故障模擬器及以後的狀態模擬器 II，測試工程師輸入相量資料於多相式試驗電源倣效各種不同的穩態情形，譬如：發生故障時及故障後之負載狀態變化量，及每一故障波形狀態延續時間和幅度。其後，經許多使用者集體發展共有軟體(shareware)來支援此技術平台，包括免費存取經由 Pro Test User's 資料貯存庫藏到 General Electric's FAULT EXE.(某一電力系統模型之故障演算程式)及 MAKEFS1.EXE(係一種設計程式能在故障模擬器格式下，執行經由 F2000 測試儀器複製二次側等效值，轉換 FAULT EXE. 之相量值結果)，這些新程式之簡便性和重複性引領模擬動態測試邁入更廣泛用途，並開創出某一術語——模擬化暫態測試(Pseudo Transient Testing)。

此類技術應用提供重播故障實際之發生時序排列(即同步的轉換)，重現穩態的相量大小代表電力系統負載情況及故障狀，以往此項技術曾被應用於現場做協調測試和保護電驛誤動作之查試，另研發一套自動演算及自動測試應用程式，提供類似技術來測定且能繪製廣義的姆歐(mho)特性圓圖形。

上述狀態模擬存在兩大缺失，其一：在某一正弦波狀態改變至另一狀態的突變期間，電流變化不夠快速逼真；其二：不存在非基頻(60HZ)故障成分，僅此兩項因素仍具足以影響模擬之精確性。

三、暫態測試

1989 年 F2000 儀器硬體及內部軟體開發訊息再度受到矚目，榮獲 TRANSSIM 專

欄引薦報導，一組套裝軟體供給 F2000 儀器擁有再生暫態波形，從數位式波形高效能共通檔案，彼此對應 MathCAD 或類似同性質程式來完成。但 TRANSSIM 卻察覺其彼此間交互應用效能仍不符實際需求，如同其他暫態的數位式故障記錄(Digital Fault Recorder; DFR)程式一般，被規範選用專利的格式且禁止轉換高效能訊息存取其他原始數據。因此，當時 IEEE 見狀便疾聲呼籲使用者支持暫態數據交換共同格式 (Common Format for Transient Data Exchange; COMTRADE), TRANSSIM 不知所措轉而沉寂緘默，Doble 遂自行開創另一體系足以相容於開發中標準規格。

COMTRADE 提供暫態數據立足於某一標準檔案格式，使得各式各樣的數位式故障記錄(DFR)及電磁暫態程式(EMTP)的使用者均能交換數據，此項作法有效突破固有傳統各自為政之思維，終於獲得眾多 DFR 及暫態程式製作人源源不絕認同迴響，願意提供支援此類格式檔案的輸入及輸出之資訊。

TRANS1 係 Doble 過渡性暫態測試估算的套裝軟體，其曾經在往年免費提供全球 F2000 之愛用者試用，廣獲讚譽有口皆碑，實受益於 COMTRADE 格式在當時仍不斷發展壯大版圖，且採用分離方式轉換正在持續改變中之 COMTRADE 檔案到某一過渡性規格，經由 F2000 儀器使用標準 4096 個樣品波形產生器(4K)機板輸入電驛。TRANS1 處理 4096 個樣品之暫態波形檔案，每個樣品有一取樣率係透過實用的程式 COMT2DTR，能從 COMTRADE 檔案放大取樣率倍數再抽取，一 F2000 計時器被供給維持連續進行，但沒有波形編輯能力和數據外推之能力，本文後段所有引用暫態測試均為 TRANS1。

TRANS2 係 Doble 商品的暫態測試套裝軟體，提供 F2000 儀器使用新近開發的暫態波形產生器 (Transient Waveform Generator; TWG)機板。TRANS2 具備處理檔案擁有倍數於原始取樣率，高達 256,000 個以上樣品數量。COMTRADE 檔案處理隸屬內部的試驗檔樣，且均建立在 COMTRADE 格式內，具備波形編輯能力且數據外推能擴充延伸至故障前及故障後均被供應經由某一圖解的介面來完成，多倍數計時器啟動在不同取樣點均可獲得技術支援。

四、暫態測試電源

模擬暫態測試至為重要一項的是故障波形中非 60Hz 之成分，屬於暫態現象獨有的成分 (Transient Unidirectional Component)或者 dc 偏移，此項成分具有兩個主要的影響：

1. 電流曲線之下的安培-秒額外面積，由於 dc 偏移緣故增加電壓-秒之負擔，演變為在比流器上引發鐵芯飽和繼而產生輸出崩潰的結果，此合成電流波形為不特定地改變且無法以 60Hz 電源充分地來做。
2. dc 偏移現象係優勢的電感性電力系統介入主導造成，因電感抑制電流突變率之結果，偏移提供一順暢的管道，居間過渡故障前負載及故障中電流變化值，有效消除電流波形在故障點陡峭的改變。相反地，除了在非常嚴峻情形下，做做暫態 60Hz 模擬均具有陡峭的變化能力。

在供給正常 ac 電源前提下，F2000 有能力複製暫態波形，實際上全部都是由變壓器耦合作用所產生，並非使用 dc 成分提供偏移異位。考量測試儀器本身具備足夠

能力模擬所有的暫態成分，甚至包括 dc 偏移異位在內，兩套從動(Slave)儀器因此問世：一套為 F2357 從動電流源；另一套為 F2380 從動轉換電源，可供應作為電壓電源或電流電源。DC 偏移在電壓波形裏平常是微不足道的，除非在高度感應補償區內，但諸如此類案例同時亦涉及到低頻暫態來自耦合電容比壓器 (Coupling Capacitor Potential Transformer ;CCPT)設備，都受到最廣泛深入研究包含 dc(約 1Hz 之類低頻)影響，因此對電壓波形在暫態測試體系內之響應(response)是一項被列為必備的測試。

五、應用衛星定時信號推廣端對端同步測試

如同上述測試方式對電驛個體或保護體系而言，實際可逼真模擬電力系統的故障重現已指日可待，至於其他支援系統：諸如通信協助測距系統或更嚴格的相位比較(phase comparison)系統，支援提供端對端模擬的測試，以便深入探索發生於本端與遠端之間保護體系，存在一些問題及其疑因考究，尤其是有關時間趨向同步方法，目前均一一被試用過，但所有方法難免附帶若干程度的誤差。

1. 同步測試電源經由原始的系統電壓方式供應兩端同步參考電源之誤差：

介於輸電線路雙端電壓相位差異係與跨越該線路負載相量有關，此方法卻被運用最廣泛，因缺乏負載傳輸相角的補償，經常誤導校驗值誤差 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。同樣地線路電流亦有時候被採用為線路兩端同步參考電源，此假設線路充電電流可忽略且無需補償時，仍誘導同樣的誤差。此類誤差在載波支援測距系統尚可被接受，但對相位比較系統卻是鄰近邊

緣值；此處誤差值象徵大約為 60° 跳脫準則之 10%~20%，因此，動態模擬測試所面臨的失步難題，恰好轉移到電驛性能評估及電驛運用品質優劣之專業評鑑技術領域，如影隨形地長相左右。

2. 透過載波傳送相位角技術支援平台，大大改善了雙端啟動時間遙控同步測試，係因此處載波系統往返延遲可被量測出，然而表面上只是輕微不可靠，其典型值約占 0.2~0.5 毫秒，仍造成實際精準稍嫌不足之事實，再度換算相角約 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，這些不可靠因素源於類似載波高/低頻轉換內部之解調器延緩劇變，僅能取平均值但無法消除。對相位比較體系而言，此類精準度不盡滿意勉可接受，但仍需量測並補償載波延遲完成測試所耗費時間再加上誤差值，故需自資籌助一套備用的信號系統波道及計時器，量取載波往返測試延遲時差。
3. 同步端對端測試技術目前已提升到經由人造衛星接收器，運用 F2000 試驗儀器內建同步定時之內規儀測組 (Inter-Range Instrumentation Group; IRIG), 時間碼已在 1988 年被推薦出，但當時使用者卻缺乏興緻呈現低調支持態度，直到 1991 年當伊利諾州(Illinois)境內 Donna Williams 電力公司開始感受到迫切需求，自願提供互助合作參與 Doble 開發同步儀測，並同意保證提供伊利諾州境內一處現場測試區、衛星接收器及資助 Doble 建構特殊 IRIG/1Hz 解碼器，以及在測試期間提供 Double 進行 F2000 必要之研發資源。另 Donna Williams 的測試現場提供必要的回輸信息和運作數據，同時給予 F2000 儀器裝置衛星接收器(IRIG 時間碼)介面板，作為研發同步定時之依據，此介面設備不

但提供便利性，且確保同步定時並負責初始啟動遠端整套儀測設備，在電力設備保護性能測試上，大大地提高精準度和同步性。

4. F2000 衛星接收器介面板接納 IRIG 時間碼，以及接收來自公共衛星器輸出 1Hz 時脈信號，在過去 IRIG 時間碼一向被運用做比較當日時間和使用者輸入始動時間，而 1Hz 信號則一向被應用做系統兩端同步定時，及確保模擬狀態“即時的”測試啟動。

常見的公共衛星接收器在應用上有兩種不同典型：

其一為跟隨著地球同步旋轉環繞運行的人造衛星 (Geostationary Operational Environment Satellites; GOES)，其計時精準度僅能達到十分之一毫秒之等級；其二為全球定位系統的人造衛星 (Global Positioning System Satellites; GPS) 其計時精準度達微秒之等級。

F2000 測試儀同時需要此兩種衛星所提供之信號，然而 GEOS 計時精準度對相位比較體系則稍嫌不足。因此在現場測試有關載波閉鎖系統方面，採用一原型系統和 GEOS 系統；實驗室測試有關相位比較保護系統，則運用 GPS 系統和 F2860 衛星介面板，有關測試詳情容後說明。

參、暫態測試進階演化之實務發展

一、轉換數位式故障紀錄為電腦表格程式

在最早期發展 TRANS1 的年代，數位式故障紀錄器 (Digital Fault Recorder; DFR) 使用者致力發展波形產生器，在開發轉換

成實際波形之前，暫態波形唯一只有經由 TRANS1 才能有效的重現，因此 TRANS1 軟體自然演變為測試波形程式 1.0 版主要部分。當開發程式進入試用版階段，引來許多試用者爭先恐後地渴望以實際數據測試此新方法，在眾多競賽者中就屬伊利諾州境內 Donna Williams 電力公司最為積極投入，抱著勢在必得之態勢。Donna 擁有兩具 DFR 紀錄器，其深盼能夠建立重現 DFR 數據轉換成實際波形之技術，但試用程式執行實況現象似乎是曇花一現，稍縱即逝，因此 Donna 下定決心捨棄固有思維，自力開發新程式。

1. DFR 核心軟體過去一向裝滿數位式取樣數據，再轉入一 ASCII 檔案。
2. ASCII 檔案被輸入於電腦空白表格程式且按比例換算為二次側等效值。
3. 此格式表頭資料用人工添加於電腦空白表格程式檔案上。
4. 將此檔案再載入到 TRANS1 目錄，瀏覽經由 F2000 測試儀重製的故障波形。

自 DFR 軟體取材兩個檔案，利用波型掃描器監視 F2000 輸出自 TRANS1 有關的 ASCII 檔案和電腦空白表格程式檔案，此兩檔案繪製波形如圖 3、4、5、6 所示。

二、電磁暫態程式數據轉換採專用的程式且經由 Word Perfect

強大故障電流實際數值在 TRANS1 早期年代，確有幾分高難度模擬，於是電力專家 Jules 應用 Doble 儀器，嘗試以電磁暫態程式 (EMTP) 研究 CT 飽和狀態，意圖在非常嚴重故障狀況下，測試瞬時過流元件之性能，選取 EMTP 輸入數據檔案和 PL4 輸出繪圖檔案兩者交替支援。由交替式暫態程式 (Alternate transient Program; ATP) 會員團體提供格式化信息，開導

Ralph Tunick 在 Doble 製作一轉換程式再將數據重新格式化，實現經由 TRANS1 再度讓波形重現，峰值 218 安培大電流由六具 F2375 從動暫態電流電源組成，而僅受一具 F2200 主控儀器之兩輸出管道操控運作。

如同 Jules 所懷疑“縱使峰值電流在偏移電驛設定值之 240% 期間，而在 dc 飽和到來之前，其輸出早已崩潰，故電驛動作應失靈”更糟的是，再度如 Jules 預言，適用於此次研究，在非對稱性的暫態已消失後，電驛動作在 300 毫秒內仍告失靈，被研究所適用。此次研究結論：對稱性故障電流已伸展朝向 CT 對稱性運作，但 ac 飽和降低電流遠較平均值更低，此於波形粗略的檢驗應可理解到，F2375 輸出示波掃描情形如圖七所示。

但令人不解的是：假如電驛在最後會動作，係得自研究時間延伸，故嘗試再延伸研究週期至 600 毫秒，在個人電腦上以交替式暫態程式(ATP)執行數據檔案，然而更駭人訝異的是，所有經由原始轉換程式意圖執行轉換為 PL4 輸出檔案均功敗垂成，事實已經很明顯地透露出端倪：「基本上不了解繪圖機要如何操控，深留在 PL4 檔案記憶體中數據，充分到足以避免和實際數據間攪拌成一團。」迫使重返發展 COMTRADE 轉換實效，同時放棄 TRANS1 防止更進一步研究，因此另訴諸於某一更大工具的應用。

當 ATP 研究再次被提出執行運作，但此次絕大部分數據點被轉化為 ASCII 格式之 ATP“列印”檔案，這樣導致某一類若干 4200 版本行列 (text lines) 的報告，此檔案被輸入到 Word Perfect (一種商業文字處理器)，無須提報告資料及格式碼透過方塊移動檔案被消除。此格式數據行列則被鍵

入及檔案被儲存在 ASCII。然而至此電驛依然動作失靈，係因在本研究裏輸出仍保持穩態 ac 飽和經 600 毫秒，如圖 8 所示自 TRANS1 繪製某圖形。

三、合成的波形程式

當 TRANS1 首次被化為分散式時，引發使用者產生高昂興趣紛紛投入 dc 偏移效應及 60 諧波成分之研究，只以簡單的 BASIC 程式即可“自製”建構波形並經由 TRANS1 軟體應用自如。

MAKEOFFS--- 產製具有 dc 偏移效應之波形，利用 User 輸入：負載電流、故障電流、系統結構 X/R、波形的故障點。

MAKEHARM--- 產製波形具有高達四種構成要素，諸如幅度、相位、頻率等，如圖 9 所示自 TRANS1 展示單純的程式運用，產製擺盪的量變曲線。

GE 公司 George Alexander 參與製作 MAKE-DTR.EXE，此程式猶如一助手協助自 GE's FAULT.EXE (一種模型電力系統演算程式) 相量輸出值產製暫態波形，後段探討輸出波形時將會進一步詳述。

晚近，澳洲維多利亞國營電力委員會 Peter 製作 TRANSDTR.BAS 程式，能產製波形附有 dc 偏移、對稱性衰減及兩種其他幅度、相位、頻率構成要素，此程式被運用於一般電驛研究在 SECV 實驗室，同時對 TRANS1 使用者通過 ProTest User's Library 已經完成實用性，如圖 10 所示波形展現自 TRANS1 一簡單檔案。波形產製由商業的程式諸如 DADISP 及 MathCad 當然具備可能性，還有幾個案例被報導但未經實證。

GE.Malven.PA 研製合成波形及 DFR 檔案延伸

前述 GE 公司 George Alexander 參與製作 MAKE-DTR.EXE，運用於電力系統模型具雙回線且“T”接之線路，提供穩態相量值在正常負載及故障情況下，MAKE-DTR.EXE 程式從 FAULT.EXE 執行中獲取穩態相量，及使用 User 輸入 X/R 以及點示波形上 (Point-on-Wave)，產生對所有三相電壓和電流相關暫態檔案，因此能再度重演於 TRANS1 下。George 曾運用這項科技在實驗室測試和研究採用顧客提供的故障數據，完成實際可行的 TRANS1 用戶通過 ProTest User's Library，如圖 11 所示，由此程式繪製某一 TRANS1 波形圖。另一項重要技術被 George 開發出，即 DFR 紀錄的故障前外推，DFR 紀錄經常未包含足夠的故障前資料，直接提供運用到電驛測試，此項特別重要尤其對現代測距電驛需同步極性或其他記憶類型。George 使用簡單的權宜方式：重複樣品盡可能的展現接近故障前 1 周波，因 DFR 取樣頻率是不同步的且非電力系統頻率之精確倍數，存在一很小幅度及頻率不連續在外推波形中。George 發覺其所使用取樣率和所執行測試，不曾引起問題，繪製原始的和延伸的波形被顯示如圖 12 及 13。

GE 公司 Mark Adamiak 使用 TRANS1 研究一新設計差動電驛有關高頻容忍性，波形數據由 MathCad 產製，DTR 格式化本文行列被增添於本文編輯內且波形重現展示於 F2000/F2375 源頭，某一實例圖形顯示一 20 安培，1KHz 正弦波正在調變為 60Hz 負載電流如圖 14 所示。

在英國經由 TRANS1 複製電驛數據測試解決南非用戶電驛問題

在南非有一家金屬鈦精煉廠使用一新式 Duo-Bias M 差動電驛保護一熔爐變壓

器，某次初始被認定誤動作，此電驛係屬微處理機設計結構具備儲存故障波形數據，用戶取自電驛有關數據回送英國研究分析，於是將波形數據檔案轉換成 TRANS1 DTR 檔案。重現波形於 F2000 測試儀器。

檢視實際電驛數據建議指出電驛設定在此際應用上顯然是錯誤的，在接受設定改變之後電驛保護性能趨向穩定，有關本案例 TRANS1 內數據波形繪圖及在 F2000 測試儀器輸出複製電流，如圖 15 和圖 16 所示。

TRANS1 應用於檢測 GEC/ALSTHOM MBCH 電驛

傳統型差動電驛運用二次諧波抑制變壓器激磁湧流防止跳脫，這些電驛可被注入二次諧波作檢定測試，近來 GEC 推薦差動技術應用於電驛，此電驛認定“間隙”(the“gap”)在激磁湧流中，當在未飽和半周波電流重返回正常激磁水平之際，使用 60Hz 及二次諧波來測試此電驛，理應不具有任何意義的結果，複製一模擬激磁湧流波形需使用一 F2375 暫態電流源以配合 dc 偏移。

然而，GEC/ALSTHOM 公司 Tony Guiliante 明白指出：此電驛可以用交流對稱的波形提供“間隙”的準則要被符合，在此前提下允許使用 F2000 正常源頭。Graham Clough 使用 TRANS1 複製“間隙缺口”波形經由 Lotus 1-2-3 完成，此波形儼若一連串交流半波被一零值平面切斷分離，假如平面污漬更長於 1/4 周波則電驛出現抑制現象，認定為正常激磁電流。利用製作不同的“間隙”週期然後依序執行測試，可以驗明電驛刻劃度，Graham 使用一種高速取樣率去產製 1 周波波形，類似一

周波平常儲存在 F2000 然後應用其經由 TRANS1 的“F7-電源 ON/OFF”功能，有了高度解析模態，Graham 便有能力證實於 60 周波時刻劃度在 0.2° 範圍內。依此製作一很輕微的近似差值，採用 $3^\circ/60\text{Hz}$ 取樣率產製半秒小片段測試波形去圍住 MBCH 差動電驛動作點，也像某一更高程度的動態測試，製作一波形開始自 120° “間隙”減少到 60° 遍及半秒測試週期，有了此波形可清晰觀察和測定從抑制現象轉移到跳脫現象之過渡計時，如圖 17 所示 MBCH 電驛“間隙”改變測試波形圖。

經由 DFR 紀錄及 TRANS1 調查過壓電驛動作

NYSEG 用戶過壓電驛接引相電壓並未涉及故障但卻動作，協助調查動作疑因成為事後電驛工程師之工作焦點，利用 TRANS1 轉換成一 Rochester DFR 故障紀錄，應用適當的電壓通道引至故障期間誤動作電驛，雖然原本懷疑諧波過敏引發，重複地測試證明電驛於故障期間會進行動作，係因故障感應電壓提升至健全相，除外該電驛時延元件被發覺處於時斷時續的狀況，當電壓超越設定值時偶然允許電驛瞬時地動作，如圖 18 所示 DFR 紀錄的 TRANS1 繪製波形，注意查驗健全相電壓圖形上升約 10%。

評估測試 Bechwith M0420 電驛處理高度失真波形

Paul 從 ASCII 格式輸出 DADiSP 檔案，然後由 DADiSP 之中設計波形數據，此檔案被編輯成 PC Write 再加諸於 TRANS1 DFR 格式表頭，再經由一 F2000 源頭透過“F7-電源 ON/OFF”功能，其發現當電驛被設定到對峰值電壓響應，而測試

波形含 50% 二次諧波，此電驛響應不超過期望值 4% 之內，在此波形失真水平時，始動值代表增加 16% 有效值，顯示此電驛正確地進行響應波峰值。Paul 指出此必須非常細心地選擇取樣率，為了避免在此方式波形重現不連續同時也提供明確的頻率測定，如圖 19 和圖 20 所示取自 TRANS1 和 F2000 輸出示波掃描圖形。

肆、結語

21 世紀科技產品趨勢講究輕、薄、短、小、廉價、快速、精準及多功能用途，保護電驛研製設計自然融入時代潮流相接軌，再加上我國已是國際貿易會員國，目前國內電驛研發製造技術尚未臻成熟，因此未來電驛採購必然是進口國外廠家所開發成功的微處理機數位式電驛產品，此是相關人員應得準備接受之事實及建立暫態測試之正確觀念。企業經營之存續決勝於未來全球化之佈局運籌，電驛應用之良窳取決於未來關鍵性之技術深耕，正足以說明暫態模擬測試為未來不可或缺的技术指標。此因微處理機數位電驛將主導未來電力系統安全運轉，而諸多此類科技產品之設計理念、製造過程、應用周延、週邊通信、施工品質等因素均將影響電驛保護功能之表現，如不藉助暫態模擬測試考驗，礙難發現上述之弊端。

近年來微處理機保護系統商品化已日臻成熟，除了上述優點外還附加故障定位功能，搭配全球衛星定位系統同步校驗時間，故障數據波形貯存供異常動作事後資料分析，自我檢測在異狀時發出預警，通報維護人員機動查修，有效延緩定期檢驗週期，遠方存取電驛內部資訊或遙控更改設定，以配合整體電力系統設備頻繁變更等，完全符合匯集保護、資訊、遙控、與

自動化「整體組合系統」之經濟體系最大邊際效應。

微處理機數位型電驛雖擁有相當多優異性，但也存在一些鮮為人知的美中不足，例如：軟體設計內幕複雜，不易察覺盲點所在；邏輯方塊圖文絲絲密密排列，窒難輕鬆推敲設計是否完全符合使用者需求；對突波(surge)、射頻干擾(Radio Frequency Interrupt；RFI)、磁電干擾(Electro-Magnetic Interrupt；EMI)過於敏感而特性易深受影響；須更高階的維護技術，廠家通常不建議使用者自行檢修故障的電驛；必須針對國內電力系統之特性建立特立獨行的動態模擬測試，以符合系統分析實際狀況；對接用於耦合電容比壓器電源(Coupling Capacitor Potential Transformer；CCPT)仍須特殊考量；功能用途超乎傳統保護系統之需求，甚者過度細膩分類，電驛標置多達200~300選項，如何營造彼此間最佳協調，反令人茫然不知所從，古云：「過猶不及」確實至理名言。

微處理機數位式電驛對現代人而言，是抱著既期待又怕受傷害的矛盾心理，本文導論暫態模擬測試，所建立測試檔案只是冰山之一角，無法一一枚舉，未來只能按部就班「一步一腳印」，逐步建立儲備測試檔案資料，此因各電力系統均具備獨一無二之特質，無法求諸於外界揣摩，尤其是電驛異常動作更是審慎求證之良機，思索著動態模擬故障測試之逼真情境重現，尋找核心問題的答案，才是測試技術進階的不二法門。

伍、參考文獻

1. RELAY PERFORMANCE EVALUATION USING FAULT SIMULATION AND END-TO-END TESTING : COLLECTED EXPERIENCES 1992 Robert Ryan Double Engineering
2. 台電保護電驛系統檢討工作報告 1996.07 李宏任

