

# 談新生代電驛演進及 電磁暫態分析程式應用概論

❖ 李國楨

台電電力調度處

## 壹、前言

電力系統依其功能性，約要言之可概括分為發電、輸變電、配電等上、中、下游三大電力系統，以既合縱又連橫架構各自運轉，再輔佐以電力調度居間協調運作，分工合作，各司其職，始有今日源源不斷之可靠、穩定的良質電力，以滿足用戶需求。

然而，在此三大系統之幕後，深受倚重之保護電驛體系，隨時提供全天候及全方位之戒備監護，一肩承挑整體電力系統運轉之安危。在遇到突如其來事故侵襲時，總是首當其衝自主地發揮保護功能，遏阻災情蔓延擴大之負面效應。易言之，盡其所能來爭取時效，降低事故傷損程度和縮減災害層面之擴散。由此觀之，電驛體系和電力設備是安全運轉共同體，確有難以割捨之切身利害關係。因此，保護電驛得以順理成章的蒙受電力系統相關人士與現場運轉人員之重視，有倖躋身於電力

重要科技行列，實乃倚重其臨危受命，保護電力設備職責所在，以及期許降低事故風險心理所造就之。

論及保護電驛功效品質之良窳和設計應用優劣，完全取決於電驛有關人員現場經驗的閱歷豐富與否？以及保護電驛測試技能是否精巧、純熟？電驛相關人員對電力系統結構、特質是否深稔？能否透晰電驛動作原理及事故研判？職是之故，對於電驛從業人員精良之培訓的迫切性，實乃不言可喻。

本文僅選談新生代電驛的新觀念，以及簡介應用電磁暫態分析程式（Electro-Magnetic Transient Program；EMTP）動態測試各型電驛，以別於傳統靜態試驗。

## 貳、電驛產品研發演進

談及電驛產品演進階段，約要言之，可追溯至本(20)世紀初始，首創於電磁式或機電式造型結構；續於 60 年代受電子

材料蓬勃發展熱潮之影響，始有研發固態電驛之理念，不旋踵即有成品問世，隨著電子科技日新月異及製造成本大量降低之誘因下，迅速的在 70~80 年代間即研發出數位式電驛液晶顯示；然而截至此期，電驛本體仍只有硬體結構，依然處於被動性運作。迨至 80 年代末期以迄今，拜賜於微電腦科技及資訊傳輸的向上發展，在數據處理方面微秒必爭，遠距資訊傳送、監視、遙控等運用自如，加上界面設備配合完整，造就以微處理機作為新生代電驛主體結構，成功研發出數值式電驛（Numerical Relay），利用微電腦快速取樣且保有（Sampling And Holding）瞬間電壓、電流及相角且同步運作傅氏級數(Fourier Series)運算法則，盤算有關數據，研判所監護電力設備是否異常？另一方面灌輸可編輯程式，賦予數值式電驛先天性智慧。至此時期電驛始具備軟、硬體結構，能辨識所給予之指令，主動依令執行交付任務，具備自主運作能力，此舉畫下新生代電驛與傳統電驛的分水嶺，亦為劃時代之創舉。除此之外，微電腦具備儲存大量數據之資料庫，可錶計數字顯示，事故波形記錄及對應數據儲存，事故位置測定，可現場人機界面(Men Machine Interface；MMI)或遠方遙控更訂標置，存取或查考儲存數據……等多功能，另外自備自我檢驗(Self-Checking)及故障研判(Trouble Shooting)，單一窗口統合自動數據採集插

接引入 SCADA，方便 RTU 資料蒐集及簡化施工，毋需額外乾接點（Dry Contacts）或二極體箱（Diode Boxes）之配備。值得一提的是能記憶事故前瞬間的三相電壓、電流、相角數值，留供電驛人員事後研判事故種類、持續時間等之直接證據，減少不必要之揣測或爭端。

### 參、電驛試驗變革

早期保護電驛產品僅屬“硬體”結構，其研製過程的理念，係將某一理論上無形之概念，轉化為有形機械式設備或電氣回路方式模組設計，經實驗部門反覆測試，以印證其機能反應，須俟一切條件滿足境況要求，最後才正式量產成品問世。前述實驗求証歷程是頗為艱辛的，實際上亦相當曠日廢時，尤其在每一研發階段，總是有基於求証某疑難問題，考量一但提供要件不夠充分時，可能潛藏不明盲點，因而故意大膽假設、揣摩，虛心求證，設法突破陰暗地帶，期盼能有新發現，如此返覆推敲，整個測試耗費不貲，更何況尚未論及其他人力、物力從旁支援，即使上述實證歷程進展一帆風順，迅速進入量產階段，則成品組件仍得通過承受機械應力及通入電壓、電流嚴格檢測，類此情事，都是永無止境的挑戰。

在應用科學發達的今日，系統性分析是解析入門的主要工具。通常類比式或數值式的電驛，在穩態的三相電力系統前提

下，對稱成份分析是入門絕對必要之工具，此可見証於如電驛事故類型偵測元件(Fault Type Detector)、事故方向性元件(Fault Directional Unit)、事故定位元件(Fault Locating Unit)等不一而足，皆涉及三相電壓、電流之準位(LEVEL)及相角對稱關係。在類比式電驛，所有電氣量隱約地經由準位及相位比較器，無法量測實際瞬間值，且受制於物理的極限，在現有礎石上，許多應用科技在電氣事故偵測原理上，可能一時尚無法突破，或已確定不符成本效益而遭遺棄。

在數值式電驛(Numerical Relay)內部，其三相電壓、電流均取自於採樣，其瞬間值之大小、相位關係即告明確求得，再運用微處理器配合編輯程式，共同執行傅氏級數(Fourier series)運算法則演算，毋須很高的成本，只要電驛各項法則釐訂後，則不但RMS電壓、電流相量，甚者瞬間電壓、電流採樣值均可獲致。數值式電驛已獲証實優於類比型電驛，其具備低成本、高效率、多功能、存取數據靈活、安全性高，即使如此，但在許多案例上有可能甚至不具備分析性的表達。

當電力系統逐漸成長，有更多的非線性可調節設備加入，形成更多次諧波來源，基於環境及成本因素，電力公用事業通常儘量力求運轉既有電力設備，且緊繃維持趨近穩態邊際效益，此結果造成保護電驛的應用更日趨複雜，其功能性要求亦

日趨嚴格。例(a)快速跳脫、(b)精準度高、(c)允許高電阻性事故、(d)允許高承載能力等之要求。

在以上要求中，傳統的穩態事故分析技術已明顯不夠充足，雖然穩態分析是基本工具，但電驛的性能對電力系統暫態現象之行爲投射，無法事前預估，因此值得細心研究。電磁暫態分析程式(Electro-Magnetic Transient Program, EMTP)是項模擬穩態和暫態電驛運作能力的有效方法。

肆、電磁暫態分析程式(EMTP)模擬應用

建立以軟體群爲虛擬事故的模擬器，這些軟體包括運算法則和邏輯模擬。運算法則是首要模擬主體，取源於量測元件，其次爲邏輯模擬，在其它任何事件考量前，這些軟體一定要正確地完成存儲備用。

一旦基本的電驛運算法則確立，則能應用模擬於試驗設備，在模擬環境下，微處理器能製造理想正弦波，仿造非正弦波及任意的信號，它有能力從其他程式，例EMTP或從現場數位事故記錄器(Digital Fault Recorder；DFR)取用數據，通常電驛運算法則，受下列模擬信號源所支配：

(1)理想正弦波，(2)理想正弦波加上衰減中的直流成分，(3)理想正弦波加上多次諧波，(4)任意的雜訊，(5)EMTP庫存數據，(6)事故紀錄數據。

步驟(1)基本上將滿足電驛在穩態下之機能反應，如無疑問則可進行下列步驟，步驟(2)到(4)測試電驛整流 DC、諧波和雜訊之應變能力。假設電驛本身整流性能不佳，則額外濾波器可能被要求附加；如果濾波性能毫無問題，則電驛運算可受支配於更富靈活的虛擬測驗。

電磁暫態分析程式是一項相當普及的應用程式，具備電力系統電氣元件模組的暫態反應，而且廣受接納為分析電力系統暫態現象的模擬工具。

EMTP 案例應涵蓋下列諸要項目：

1. 不同類型完全的事故，發端於任何相角和位置。
2. 在不同的負載情況下重複前項。
3. 事故電阻效應。
4. 電源阻抗效應。
5. 耦合電容比壓器(Coupling Capacitor Voltage Transformer；CCVT)暫態效應。
6. 比流器(CT)暫態效應。
7. 電力逆向(Power Reversal)現象。
8. 併發事故。
9. 電力系統失步搖擺。
10. 斷路器三極不均衡動作。
11. 斷路器單極(Single Pole)跳脫。

所有 EMTP 案例測試結果，能夠精簡儲存軟體於工作室試驗台。如此，根據 EMTP 或數位事故記錄之模擬，可測試出電驛動態特性反應，如同處在電力系統暫

態境況。當上述運算法則確定無疑，電驛邏輯模擬仿前諸項目，其邏輯可包括基本保護功能、前導系統(Pilot System)功能、斷路器失靈、復閉、單極跳脫等，端視電力系統運轉情形來調整電驛設計。運用完整的軟體根基模擬，能夠經常測試個案電驛性能上許多缺失，找尋電驛運作應該被修訂去滿足模擬狀況。因此，最滿意模擬結果應當被儲存，供未來工作台試驗的參考與比較。

當電驛運算法則和邏輯，被程式化輸入於工作台硬體內部，電算語言可以應用 C 或組合語言端視工作台硬體而定，載入程式語言後，工作台可受支配於密集的自動測試，此項密集的自動測試係指電驛系統性能，在此階段可期望自動測試及數據蒐集處理。

本文介紹程式化自動測試裝備為 PULSAR，從 AUO 進入操練。目前所謂數值的動力系統模擬設備(Numerical Power System Simulation；NPSS)，即是 EMTP 動模系統，其輸出是數值，借助數位/類比轉換(D/A Converter)及電驛試驗器之功率放大裝置，輸出模擬類比量進入電驛，觀察電驛特性反應。

暫態測試過程，可由下列三階段來發展：

一、轉換 NON-COMTRADE 格式數據檔案為 COMTRADE 格式，此部份與試驗儀器無關且能在任何模組演算求得。

二、轉換 COMRADE 格式數據為 HEX 格式，同時啟動一些有關聯性的測試檔案，該批檔案事前已由 Pulse Master 軟體載入 Pulsar 試驗器。

三、從資料庫自動化重複進行測試檔案，由 Scriptmaker,C 和 Pulse Master 組合編寫，為人工驅動重現(Play-Back)程式。

近年來個人電腦用的 EMTP 軟體開發已具有圖表、使用者界面 ( Graphic User Interface ; GUI ) 功能，設計典型的電力系統模型參數資料庫供使用者模擬應用，建立 EMTP 演算的輸出數值資料庫，詳如附錄，一旦建立後則可重複應用，降低測試成本。

由於 EMTP 各式實例均以獨立個案創造出來，因此其動模系統模擬 NPSS，雖可由測試工作台獲得暫態和穩態的實績，但卻無法仿製所模擬系統的真實面貌。而類比型的動模電力系統 (Mode Power System ; MPS) 係實體電力系統縮小樣版，具備真實電力系統電氣元件，試驗時電壓、電流遠低於實際系統運轉值，可以重現或模擬常見的事故狀況，使受測電驛逼真和電力系統在真實世界中交互運作。MPS 能做出即時性 (Real Time) 的反應，即當電力系統發生事故時，某電驛立刻反應跳脫斷路器，斷路器啓斷後，電力系統瞬間產生劇變，此時受測電驛感受到變化差異，再度可作出即時性的反應，如此反覆

演練，是為封閉式系統試驗。但成本高，體積大，且變壓器鐵心飽和，CT 飽和，VCT 暫態現象不一而足，無法靈活模擬是其缺點。EMTP 憑藉極大的庫存數值容許量，雖可儲存電力系統許多異常現象的數值，但失去即時性交互運作的後續發展，誠屬美中不足之處。

目前商業用的「即時性數位模擬器」 (Real Time Digital Simulator ; RTDS)，應用高速電算科技去推動 EMTP 動模系統進入「即時性處理」。當某電驛做出跳脫指令，則跳脫信號被回輸至 RTDS 去控制 CB 模組，假想一旦 CB 啓斷，受測電驛立刻感知變化，其情節仿若 MPS，惟差異是受測電驛，將感測更逼真電壓和電流。當前電腦科技日臻發達，相信不久的將來 RTDS 系統電驛測試可達到身臨其境，幾可亂真之地步。

## 伍、總論

當全球經濟發生不景氣時，各行各業被迫改變其經營策略，成本低、效率高是共通的選擇。電驛製造業者不但努力研發多功能新產品，同時自然而然考量到已具有深厚學術理論和應用技術的電腦科技，最具有掌控未來的實力，故新生代電驛選用微處理器為本體，其眼光頗為高瞻遠矚，除令人耳目一新外，尚可發揮一體適用多功能和自動化、觀念新穎、待開發潛力無窮等各項特質。可以斷論的是，今後

新生代電驛的開發，必是以電腦基礎為導向的。其優點是精密度更高，速算能力更強，自備故障研判技術趨向更成熟及自我檢測更簡易，遙控更訂、存取數據...等更趨向人性化。但其缺點則易受電子材質更新而變更設計，對電力系統事故暫態反應較為敏感，受電路板使用壽命年限之影響，勢必造成電驛汰換期縮短。另者，電驛工程人員須加強充實電腦、資訊傳輸方面知識及電腦系統作業技能訓練，以及建

立發展 EMTP 動模檢測系統，查究誤動作或未動作電驛不明原因。

由此看來，電驛工程未來領域是趨向數值式的微電腦電驛，電驛工程人員在未來須涉獵更多項知識，諸如電力系統、電機機械、電子電路、電腦程式及資訊工程等書籍。古人云：「雖小道，必有可觀焉。」電驛動、靜態測試，技雖小道，觀易實難，何嘗未曾如此也。

---

## 附錄

應用電磁暫態分析程式(EMTP)提供電驛基礎測試及相關檔案建立命名規則：

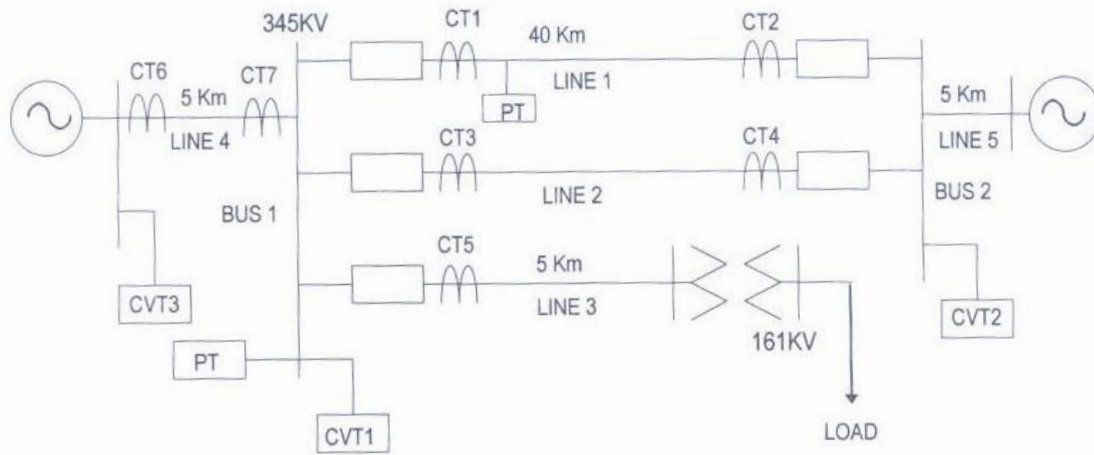
### 1. 試驗模型系統之論述

目前以電磁暫態分析程式(EMTP)為基礎所試驗產生的案例，大都悉依下列設計試驗模型為基本型態。其組成由兩回平行線路(Parallel lines)，但不計互耦(Mutual Coupling)效應，以及一短線路末端掛接一變壓器。

此兩回主要輸電線均受饋供理想電壓

源，經由一短線路掛接個別匯流排，任一線路分成 10 等長度線段，但每一短線路則分成 5 等長線段。

事故切換器可被安置在沿線路和匯流排任何接合點。如圖示：七組 CT(Current Transformer)，三組 CVT(Coupling Voltage Transformer)，全部被安置在試驗系統中，因此，待試電驛可被安置在七個不同的位置。匯流排 PT 和線路側 PT 同時被包含與 CVT 互做比較。



電磁暫態分析程式試驗模型基本設計圖

輸出：

- CVT1 之三相電壓
- CVT2 之三相電壓
- CVT3 之三相電壓
- CT1 之三相電流
- CT2 之三相電流
- CT3 之三相電流
- CT4 之三相電流
- CT5 之三相電流
- CT6 之三相電流
- CT7 之三相電流

TACS 輸出：

- BUS PT 之三相電壓
- LINE PT 之三相電壓
- 事故指示器

## 2. 事故案例之開發

所有事故案例之開發，悉依據表列所訂定之規範，大部份的事故範例可被完成。剩餘部份諸如電纜效應和互感效應，針對不同的測試系統，尚待日後再模擬開發，例如故障電壓起始切入角，顯然測試設定間隔可縮減為 30°。

試驗內容	事故位置	事故類型	電壓起始角(度)	實例總計	附註
一般線路事故	1 號線路之 0、10、20、30、50、70、80、90、100%處	10 種類型	0、30、60、90、120、150、180、210、240、270、300、330	1080	在 1 號匯流排加上 Line PT 及 Bus PT
匯流排事故	1 號匯流排及 2 號匯流排	10 種類型	0、30、60、90、120、150、180、210、240、270、300、330	240	
電力逆流	在 2 號線路之 0%及 100%處，接近事故點之 CB 先開啓，遠端之 CB 於 1 cycle 後才開啓	4 種類型	0、90	16	
	在 2 號線路之 0%及 100%處，接近事故點之 CB 先開啓，遠端之 CB 於 2.5 cycles 後才開啓	4 種類型	180、270	16	
外部事故 (2 號線路之電驛)	在 1 號線路之 0、30 及 70%處			利用最前面兩項的事故實例	
電源阻抗對電驛阻抗比值	3 或 5 Km 之短線路，SIR=1、10 或 20	4 種類型	0、90	48	改變左側電源阻抗並不實際！
事故電阻	1 號線路之 0, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 90, 100% 處， $R_f=30, 50, 100, 300 \Omega$	AG BCG	0、90	144	
激磁突波電流 (3 號線路之電驛)	無載		0、90、180、270	12	
	1 號匯流排事故並清除	AG BCG	0、90	80	
	在 3 號線路之 3 Km 處	AG BCG	0、90	32	
比流器飽和 (1 號線路左側之比流器飽和)	在 1 號線路之 0、50、70、80、90% 處	4 種類型	0、90、180、270		
	在 2 號線路之 0、10% 處	4 種類型	0、90、180、270		
併發性事故	(包含內部事故和外部事故)				
負載情形	所有新的實例均將以滿載的情形進行，並與既有之半載實例互作比較				



試驗內容	事故位置	事故類型	電壓起始角	實例總計	附註
電纜線影響 (Cable Effect)	加壓電纜線 外部事故 內部事故				需要電纜模 組，可能需要 另一組試驗系 統
CB 投入事 故線路中 (Switching lines into fault)	2 號線路投入，但 3 週波後啓斷	無事故		少數	
線路側比壓 器(Line side PT)					被包含在新的 實例
互 耦 (Mutual coupling)					需要雙回電路 模組，可能需 要另一系統
串聯電容器 (Series capacitor)					可能被包含在 另一個系統
電力搖擺 (Power Swings)					將在分離式系 統中被模擬

### 3.EMTP 重現(Playback)處理過程

#### 3.1 數據轉換

PC 版本 EMTP 研製兩種輸出檔案，在 ASCII 和 Binary 之中，由於 Binary 檔案比 ASCII 檔案遠低於三倍以上的記憶裝置，因此 Binary 檔案被永久儲存，例如：軟體 PulseMaster(或 TransII)配合電驛試驗裝備 PULSAR(或 DOBLE)接納 COMTRADE。然後 Pulse Master(或 TransII)轉換數據檔案在 COMTRADE 中成爲 HEX，並產生最終的測試\*TST 以及爲

PULSAR(或 DOBLE)所需要的關聯性檔案。

數據轉換的處理已經進入自動化方式，分由 MATLAB 和 SCRIPTMAKER 各自地進行。

所有檔案均被存放在下列型式，在根目錄 C:\PM2\COMTRADE 之下，建立次目錄並以電驛位址命名，然後又在每個電驛位址之下，再建立次目錄以事故類別來命名，至此測試檔案於焉成立。例如：

C:\PM2\COMTRADE\REL-1\NF\*.TST

C:\PM2\COMTRADE\REL-1\BUSFT\\*.TST

7

CG

C:\PM2\COMTRADE\REL-1\RF\\*.TST

8

CA

9

CAG

### 3.2 TST 檔案位址

t

ABC

TST 檔名受到 PulseMaster(或 TransII) 之限制只有七個字母。為了容易分辨每個試驗檔案，檔名之命名規則如下：

第一個字母來自於事故種類 (fault category) 名稱之第一個字母。唯一例外為一般匯流排事故類，它的縮寫為 BUSFT，而此類之 TST 檔的第一個字母將使用“N”而不用“B”。例如：

N\*\*\*\*\*.TST → → 一般事故 (Normal Fault)

R\*\*\*\*\*.TST → → 電阻性事故 (Resistance Fault)

N\*\*\*\*\*.TST → → 一般匯流排事故 (Normal Bus Fault)

第二個字母代表事故類型。下表說明編碼與事故類型之關係。

1	AG
2	AB
3	ABG
4	BG
5	BC
6	BCG

第三個字母代表事故線路。在本測試系統使用下列編碼：

1	1 號線路 (長線路)
2	2 號線路 (長線路)
3	3 號線路 (末端有個變壓器)
4	4 號線路 (連接左側電源)
5	5 號線路 (連接右側電源)
B	匯流排

第四個字母代表事故位置。對線路而言，它代表從左到右線路之百分比；對匯流排而言，它代表匯流排編號。

0	線路之 0% 處
1	線路之 10% 處或 1 號匯流排(左側)
2	線路之 20% 處或 2 號匯流排(右側)
3	線路之 30% 處
4	線路之 40% 處

5	線路之 50%處
6	線路之 60%處
7	線路之 70%處
8	線路之 80%處
9	線路之 90%處
e	線路之 100%處

第五個字母代表事故起始角。每隔 30° 就有一測試實例。此字母採用 16 進位編碼。

0	0°
1	30°
2	60°
3	90°
4	120°
5	150°
6	180°
7	210°
8	240°
9	270°
A	300°
B	330°

第六個字母代表事故電阻。目前之事故電阻有五種等級，如下：

0	0 Ω
S	30 Ω
M	50 Ω
L	100 Ω
X	300 Ω

最後一個字母代表電驛位置。如下：

1	1 號電驛(1 號比流器)
2	2 號電驛(2 號比流器)
3	3 號電驛(3 號比流器)
4	4 號電驛(4 號比流器)
5	5 號電驛(5 號比流器)
6	6 號電驛(6 號比流器)
7	7 號電驛(7 號比流器)

大部份測試檔案可遵照上述規則來達成，然而，仍有困難或甚至不太可能僅使用七位字母就足以充分顯示各種不同的事故狀況，因此建議使用檔案次目錄，以利區隔事故情節描述。

有了這些基本的規則銘記心中，此舉有助益於測試人員進行自動測試規劃，此項規劃將指引測試人員詳載測試檔案，然後按照自訂的規範存放檔案。

### 3.3 自動化測試過程

自動化測試在之前被編寫在 Norton Desktop 的 ScriptMaker 之中，目前該程式有能力進行個別模式或整批模式，線路單端、兩端，採用遠端通訊程式(Remote Communication Program ; RCP)或不採用 RCP。在不久的將來，此程式將被修訂涵蓋三端線路測試。在整批模式中不選用 RCP 是最便捷的抉擇。在此模式中，由於試驗裝備 PULSAR(DOUBLE)受到限制，對每一測試項目，從 Pulse Master(TransII)

所能輸出的表示，僅有一跳脫或不跳脫的指示，或跳脫時間的指示。很明顯的，此種模式專供初次測試，若初次測試與期望值差異甚大，則 RCP 必須採用做更進一步分析。RCP 被應用以通訊傳達電驛，在此案例中，提供查尋內部標的物反應，這些標的物被研究探討無法解釋結果之謎因。整批模式亦能採用 RCP 來完成，在每項測試情況之後，儲存彙整某一事故摘要，最近試驗目標及最近事故波形圖案之檔案。

因此，有成千以上測試檔案預備供電驛模擬測試，這些檔案列事故目錄存檔，留供日後電驛在事故出現不尋常特性時測試。這是相當科學且合理的，開始於簡單

的事故狀況(易言之，即一般事故)，然後再進入複雜的事故狀況，例如：電阻性事故或併發性事故。

自動化測試程式能夠執行單項測試或整批測試，在整批測試模式，測試人員能夠測出某一完整類別的事故案例，或單一事故類型。例如，A 相接地各種事故或一群事故類型，如單線對地事故。下表說明測試用途在事故類別及電驛位置彼此間之關係。此將協助測試人員去選擇正確的電驛位置，關聯到事故類別，作為測試目的。當測試人員已設定電驛，應記得如圖示電力系統中線路並非等長度，其應注意者，事故位置是固定的，但測試者經常能改變電驛保護區間，以求測範圍精準度。

試驗目的 Test Purpose	事故類別 Fault Category	電驛位置(Relay Location)	
		送電端	受電端
動作時間 阻抗精確度	一般事故 (無電阻性)	Rel_1	Rel_2
方向性	1 號匯流排事故	Rel_1	
	2 號匯流排事故		Rel_2
	線路 1 一般外部事故	Rel_3	Rel_4
事故電阻效應	電阻性事故 RF	Rel_1	Rel_2
電源阻抗效應	電源阻抗效應(線路 4 事故)	Rel_6	Rel_7
併發事故效應 Evolving Fault Effect	併發事故(在 1 週波內) EVF1_1 (1 cycle time span)	Rel_1	Rel_2
	併發事故(在 1/2 週波內) BF1_2c (1/2 cycle time span)	Rel_1	
	併發事故(在 1/4 週波內) BF1_4c (1/4 cycle time span)	Rel_1	
	併發事故(在 1/8 週波內) BF1_8c (1/8 cycle time span)	Rel_1	

試驗目的 Test Purpose	事故類別 Fault Category	電驛位置(Relay Location)	
		送電端	受電端
電力逆流效應	電力逆流 PR	Rel_1	Rel_2
負載電流效應	半載情況 (half of full load)	Rel_1	Rel_2
比流器飽和	比流器飽和(對測距影響)	Rel_1	
	比流器飽和(對差動電驛)	Rel_1	Rel_2
激磁突波電流	突波電流 (線路 3 事故)	Rel_5	
大配電功因角	測試系統 2 (100 哩線路)	Rel_1	Rel_2
用戶系統			

4. 測試結果記錄

將測試結果載入某一確定格式中，此格式可由測試試者自行開發。

86/6/19 上午 EMTP 模組 A-G 事故範例

1. 首先建立 Comtrade DataBase
2. 檔案名稱 c:\pm2\comtrade\rel-1\flag
3. 事故時間設定為 3cycle  
(prefault 原設計已定 2cycle 延長為 3cycle)
4. 電驛動作時間 timer=0.0513"
5. 試驗電驛：REL512 ( ABB 製)

	Prefault	Fault	ax+b	Binary File
V <sub>A</sub>	20.798	23.952	116.85044	n1100011.he
V <sub>B</sub>	20.829	25.129	122.59246	n1100012.he
V <sub>C</sub>	20.827	27.060	132.01272	n1100013.he
I <sub>A</sub>	1.3018	30.000	146.35404	n1100014.he
I <sub>B</sub>	1.2983	2.4547	11.975322	n1100015.he
I <sub>C</sub>	1.3072	2.2784	11.115221	n1100016.he

參考資料：

1. Evolution of the Product Development Process for Protective Relay  
by Lifeng Yang, Mel Drucker, Eric Udren ABB Relay Division  
Coral Springs, Florida
2. EMPT Based Testing  
by Lifeng Yang
3. 電磁暫態程式在保護電驛的運用  
台電工程月刊 572 期 ( 85 年 4 月號 )  
楊立峰、李宏任