

345KV 輸電線保護電驛汰換為數位式保護電驛介紹

供電處電驛標置課 許文興 林松柏

一、前言

345KV 輸電線是南北電力輸送之骨幹，而輸電線路也是傳輸電力之重要設備，由於傳輸線路均暴露在外，故障機率相對提高，為確保供電穩定、安全可靠及提升電力品質，快速清除故障，線上使用智慧型數位電驛是最好的保護設備。

傳統 345KV 輸電線路保護使用兩套電驛，分別為第一套 E/M(電磁式)及第二套 S/S(晶體式)。由於傳統保護電驛易受突波(surge)、射頻(RFI)及電磁干擾(EMI)等問題影響，且佔用盤面空間大又需要定期校驗，維護週期短，浪費人力與故障判斷，這些缺點將經由汰換為數位式電驛後可獲得改善。更換後數位式電驛之單線圖

如圖一所示。

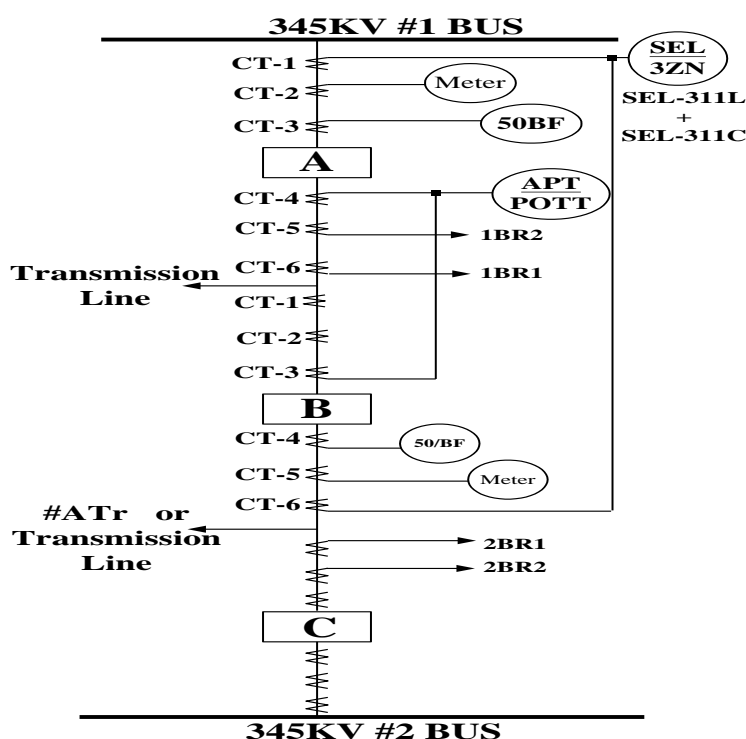
數位式保護電驛的優點除了硬體結構較為簡單且體積小及外部接線少外，在投資費用上及工程施工時間大為減低，除保護功能外還備有量測、通訊、控制、事故記錄及自我偵測能力，加上智慧型微處理器的快速發展，更換為數位式電驛是有必要的。

本文將介紹三個主題來描述汰換之過程：

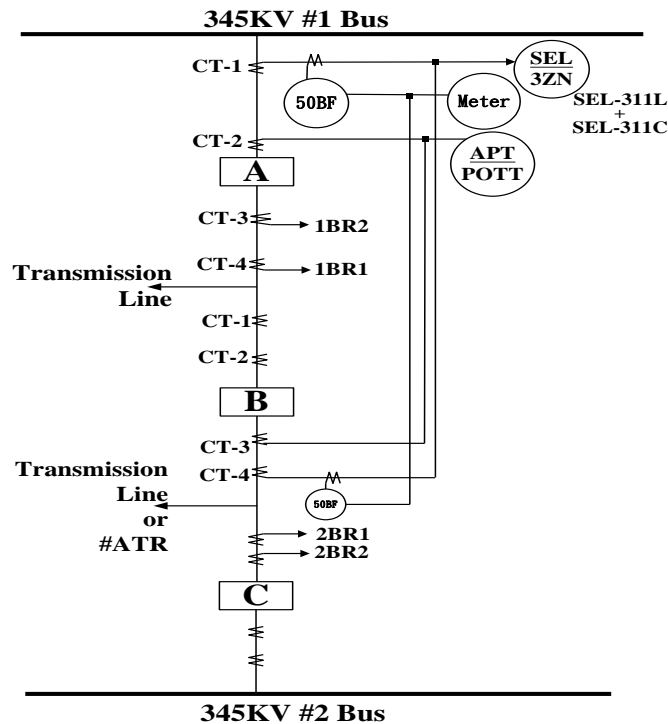
盤面汰換及接線施工。

電驛試驗(a.標置計算 b.特性試驗 c.跳脫試驗)。

加入系統(取載試驗及 87L 對相試驗)。



(a)典型一個半匯流排六組 CT 接線圖



(b)典型一個半匯流排四組 CT 接線圖

圖一 汰換為數位式保護電驛後之單線圖

註：此單線圖中之 BF Relay 及 Meter 所放之組別僅供參考，各變電所及各回線路設計會有所不同。

二、汰換過程

盤面汰換及接線施工

345KV 輸電線路保護電驛汰換是台電一項重大工程，為確保工程順利進行，在進行保護電驛汰換時，必須按照電力系統運轉操作章則彙編，事先填寫停止要求書由中央調度台核准停電作業要求，赴現場後，必須先與變電所值班主任確認該回線路已停止送電後才可進行施工。以下為其施工步驟說明：

1. 首先確認停電之該回線路保護電驛盤之 DC 電源關閉。
2. 若有共架線路應將其零相補償電流 I_0

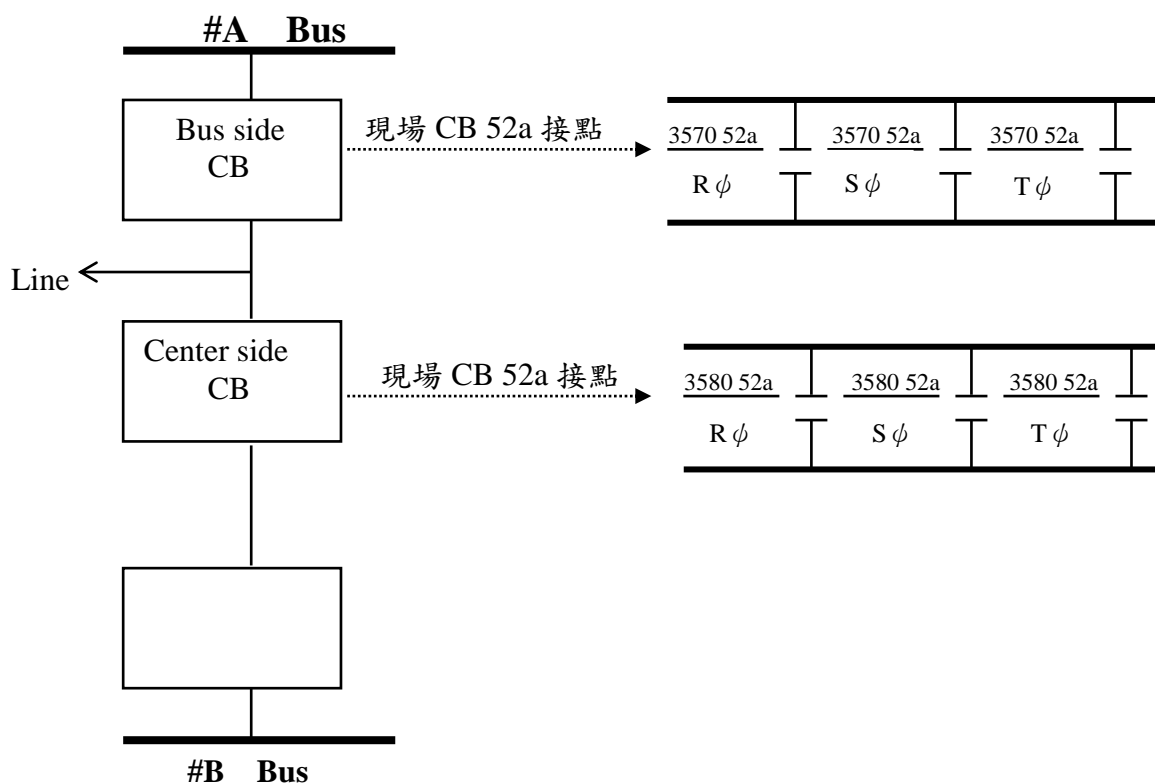
於該共架線路盤面端子處短路。

3. 閉鎖該回線路斷路器之斷路器失靈保護電驛(50BF)。
4. 該回線之 CT 回路在進入線路第一點，將三相及接地點共同端短路。
5. 為避免發生工安事件，以黃布圍起工作範圍以防止人員之工作安全。
6. 拆除舊電驛盤及端子板線後，再將新盤面裝上固定。
7. 開始電驛盤盤面的配線及拉電纜線(如需拉通訊電纜、BFI、RI、POTT Extra Key、OSC 至 Meter PNL 等，視現場情況再是否拉其它相關電纜線)，並於電纜兩端掛接名牌。
8. 在接線部分有幾條線是必須特別要注意在此加以說明：

(1)52a 接點：Normal open，CB 投入後接點閉合。

Group A(原 E/M 電驛更換為 SEL-311C+SEL-311L)及 Group B(原 S/S 電驛更換為 APT L-PRO)皆用

52a(三相併接)來監視 CB 之投入與打開狀態。以 one-and-half 匯流排來說需分為 Bus side CB 之 52a 及 Center side CB 之 52a，接法如圖二所示。



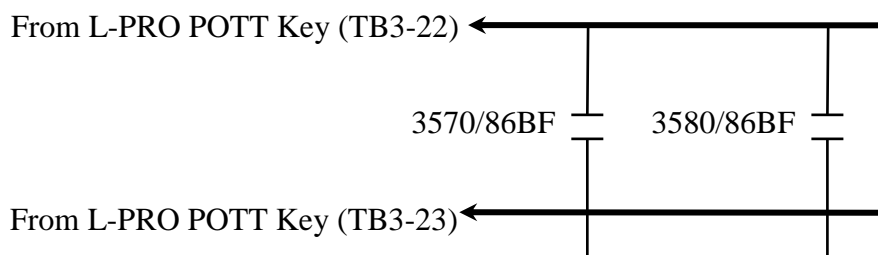
圖二 52a 接點接線圖

(2)BFI(Breaker failure initiate)：當線路故障電驛動

作後觸發一信號給 BF 電驛，A 盤與 B 盤之 BFI 併接後再接至 BF PNL。

(3)POTT Extra key：B 盤(POTT scheme)，當 BF

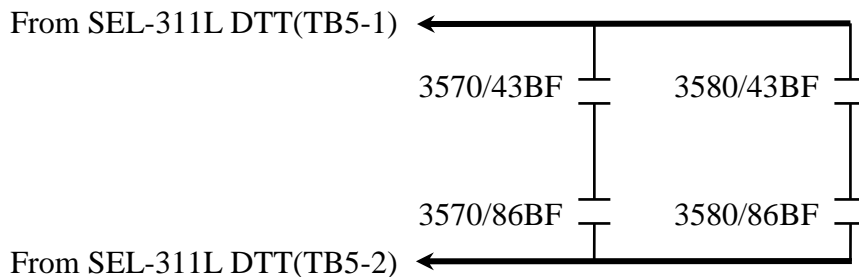
電驛動作後會送一外部 POTT 信號給對方，當對方回送一 POTT 信號後便遙控跳脫本端及對方端 CB，因此在 B 盤中需拉一 POTT Extra key 至 BF PNL。接法如圖三所示。



圖三 APT L-PRO POTT Extra key 接線圖

(4)DTT Key：此為 A 盤之 311L 遙跳功能，曾經

由本身電驛提供的 DTTI 信號透過 BF 電驛遙跳對方，為了停電工作時怕不慎動作至 86BF 而遙跳至對方，因此需串接一 43BF/a 接點，主要目的是當 43BF/L.S OFF 時便不會直接遙跳對方 CB。若有些場所因 43BF/a 接點不足而未將 86BF/a 與 43BF/a 串接，將會在現場掛警示牌表示未接。86BF/a 與 43BF/a 串接接法如圖四所示。



圖四 SEL-311L DTT 接線圖

(5)RI(Reclose Initiate)：Reclose 功能

由 A 盤之 SEL-311C 來復閉，當 B 盤(APT-LPRO)電驛動作後需有一 RI 信號至 SEL-311C，因此在 B 盤需拉一 RI 信號至 A 盤。

(6)壓力接點：監視 CB 壓力是否足夠以確定 CB

是否能夠復閉。在此採用的是壓力足通接點導通的 eB 接點。

電驛試驗與標置

1.標置計算

(1)345KV 線路保護電驛標置原則：

(A)相間標置部分：

第一區間標置=第一段線路阻抗 ×85% (若第一段線路阻抗 ≥5 歐姆)

第一段線路阻抗 ×80% (若第一段線路阻抗 <5 歐姆)

第二區間標置=第一段線路阻抗 + 第二段最小線路阻抗 ×

50%

第二區間後衛延時=20 週波

PILOT 區間標置=第一段線路阻抗 + 第二段最小線路阻抗 ×50%

第三區間標置=往後看第一段最大線路阻抗 + 往後看第二段最大線路阻抗

第四區間標置=第一段線路阻抗 + 第二段最大線路阻抗 + 第三段最小線路阻抗 ×25%

第四區間後衛延時=30 週波

註：第四區間及 PILOT 區間之標置如小於視在阻抗，則以視在阻抗取代。

(B)接地標置部分：

第一區間標置=第一段線路阻抗 ×75% (若第一段線路阻抗 ≥5 歐姆)

第一段線路阻抗 ×70% (若第一段線路阻抗 <5 歐姆)

第二區間標置=第一段線路阻抗
+ 第二段最小線路阻抗 ×
50%
第二區間後衛延時=20 週波
PILOT 區間標置=第一段線路
阻抗+第二段最小線路阻
抗 ×50%
第三區間標置=往後看第一段最
大線路阻抗+往後看第二

段最大線路阻抗
第四區間標置=第一段線路阻抗
+ 第二段最大線路阻抗+
第三段最小線路阻抗×25%
第四區間後衛延時 = 30 週波
註：第四區間及 PILOT 區間之
標置如小於視在阻抗，則
以視在阻抗取代。

表一 龍崎-興達四路標置設定範例：

1 FROM 龍崎南 TO 興達 · (BREAKER 3870,3880 LINE 4) E/S 47---7 05/10/93 PAGE 474									
I(RATING= 3584.AMP CT RATIO= 4000/5 CCVT-TYPE= 0 RECLOSE: L									
ZONE	1'ST	2'ND	3'RD	1'ST	2'ND	3'RD	Z(PRI)	Z(SEC)	ANGLE
Z1	龍崎南-興達 ·		6.663X 0.85			=	5.664	1.510	86.
			6.650X 0.75			=	4.987	1.330	
Z2	龍崎南-興達 ·-龍崎北		6.663 + 6.652X 0.50			=	9.990	2.664	86.
			6.650 + 6.639X 0.50			=	9.969	2.659	
Z3	龍崎南-興達 ·-龍崎南-興達		6.663 + 8.272 + 6.663X 0.25			=	16.601	4.427	86.
			6.650 + 8.255 + 6.650X 0.25			=	16.567	4.418	

註: (a)Z1:6.663Ω 為相間第一段線路阻抗，6.65Ω 為接地第一段線路阻抗，由於 Z1 相間與接地分別計算本線段之 85%與 75%，並算出一次側與二次側之線路阻抗及相位角，如表一。

(b)Z2:本線段阻抗 6.663Ω 加 6.652Ω 為相間第二段最小線路阻抗之 50%(取興達匯流排到龍崎匯流排中所有線路阻抗最小者)。本線段阻抗 6.663Ω 加 6.639Ω 為接地第二段最小線路阻抗之 50%，並算出一次側與二次側之線路阻抗及相位角，如表一。

(c)Z3:本線段阻抗 6.663Ω 加 8.272Ω 為相間第二段最大線路阻抗加次一段之 6.663Ω 為第三段最小線路阻抗(取由龍崎南匯流排到興達匯流排所有線路中最小的線路阻抗)×25%，並算出一次側與二次側之線路阻抗及相位角。

Z3 相間之一、二次側阻抗分別為 16.601Ω 及 4.427Ω；Z3 接地之一、二次側阻抗分別為 16.567Ω 及 4.418Ω。但由於 Z3 算出之視在阻抗(由龍崎端往興達端看之系統等效阻抗)為 8.575Ω，依據保護電驛標置原則，若第四區間之標置小於視在阻抗，則以視在阻抗取代，故 Z3 為 8.575Ω，如表二。

表二 視在阻抗表

FAULT ON INTER POINT BETWEEN 興達 · *	龍崎北
LOOKING IMPEADANCE FROM 龍崎南	* 7.028***
FAULT ON	* 龍崎北
LOOKING IMPEADANCE FROM 龍崎南	* 8.575***
TR. LOOKING IMPEADANCE	99.000

表三 SEL-311C 相間與接地電驛標置表

PHASE RELAY	GROUND RELAY
SEL311C	SEL311C
Z1P 1.51 ZLF 14.82 ZLR 14.82	RG1 2.13 XG1 1.33 Z1MG 1.33
Z2P 2.66	RG2 2.67 XG2 2.66 Z2MG 2.66
FZ4P 8.56 50PP1 5.0	RG4 4.00 XG4 8.55 Z4MG 8.56
X1T5 9.40 X1B5 -9.40 X1T6 9.90 X1B6 -9.90	Z1MAG 1.78 Z1ANG 86.4 ZOMAG 5.66 ZOANG 77.8
R1R5 2.52 R1L5 -2.52 R1R6 11.40 R1L6 -11.40	KO1M 0.733 KO1A -12.46
* 電驛標置附件詳網頁	

(2)正序及零序阻抗設定：

161kV 以上線路常數(LL)由調度處計劃課提供，正相序阻抗 $R1 + jX1$ 及零相序阻抗 $R0 + jX0$ 可算出一次側阻抗 $Z1 \angle \theta_1$ 及 $Z0 \angle \theta_0$ ，再經 CT、PT 比換算至二次側阻抗，如公式一、二。

$$Z1MAG \angle \theta_1 = Z1 \angle \theta_1 * \left(\frac{CTR}{PTR} \right) \quad \text{[公式一]}$$

$$Z0MAG \angle \theta_0 = Z0 \angle \theta_0 * \left(\frac{CTR}{PTR} \right) \quad \text{[公式二]}$$

表四 以龍崎-興達四路為範例：

Fault Locator Setting(專用)			正相阻抗		零相阻抗		零相戶耦阻抗	
龍崎(北) - 4 興達(北)	KM	併聯數	R1	+jX1	R0	jX0	R0m	jX0m
	21.583	1	0.422	6.65	4.483	20.728	4.04	11.75
			↓		↓			
			$Z_1 \angle \theta_1$		$Z_0 \angle \theta_0$			
			6.66 $\angle 86^\circ$		21.21 $\angle 78^\circ$			
PT	345 KV:	115	CT	4000:5				

表五 由表四所算出之線路參數：

Line Parameters

SEL-311C

7	Z1MAG	1.78Ω	0.05 – 255 OHMS
8	Z1ANG	$\angle 86.37^\circ$	5.00 – 90.00 DEGREES

9	ZOMAG	5.66Ω	0.05 – 255 OHMS
10	ZOANG	∠77.80°	5.00 – 90.00 DEGREES
11	LL	21.58	0.10 – 999.0

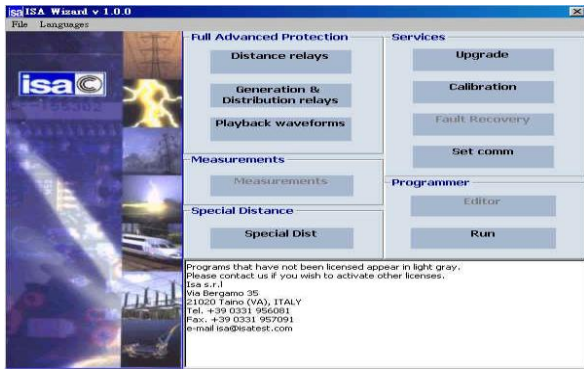
註：由表四資料經[公式一]及[公式二]計算求出表五之線路參數，所計算之參數列在表三中。

2.特性試驗

在加入系統前，保護電驛須先測試電驛特性是否符合特性圖。目前測試數位式電驛特性試驗所使用的儀器有 ISA 及 Freja 兩種。而因 ISA 做試驗時比較快速且方便簡單，本文將以 ISA 為例做測試介紹。以下為其測試步驟：

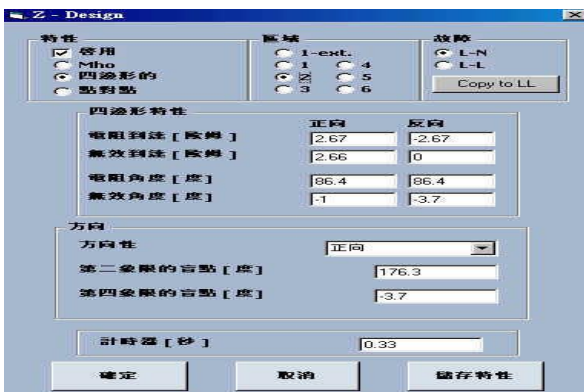
(1)測距電驛(Distance Relay)：

(A) ISA 主畫面如圖五，使用 ISA 中的 Distance Relays function 來做數位式測距電驛(SEL-311C)。



圖五 ISA Wizard 主畫面圖

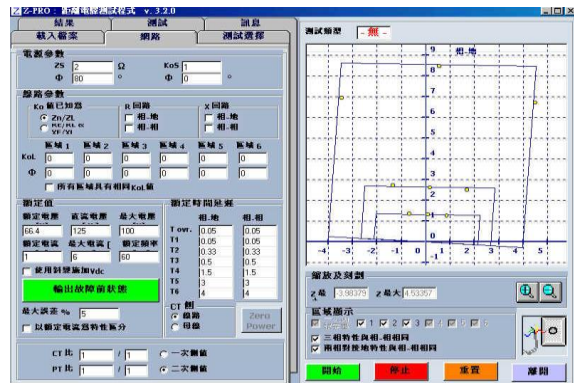
(B)將阻抗值輸入 ISA 之 Z-Design 中畫出其阻抗圖，如圖六所示。



圖六 阻抗值輸入畫面圖(以 Z2G 為例)

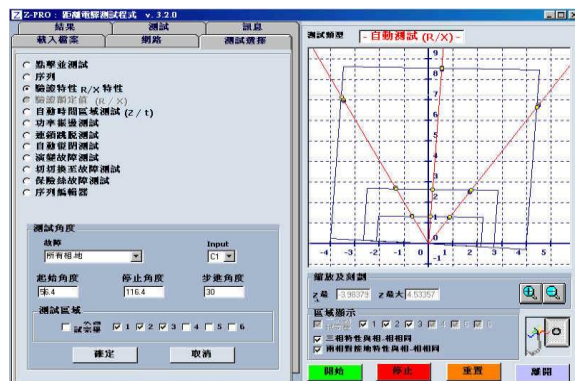
(C)將阻抗及角度輸入後，按確定，將其阻抗特性圖加入測試頁。

(D)在 network(網路)中：額定值→最大電壓、最大電流、最大誤差範圍%，及關閉補償元件 KOL、 ϕ 設為零(一般數位電驛其特性在此都放零，惟 APT L-PRO 依其特性 KOL 放 0.1)，如圖七所示。



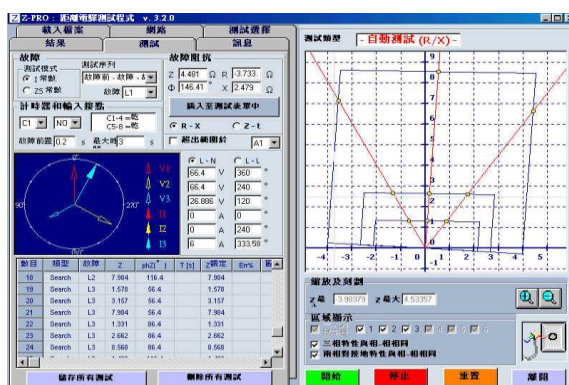
圖七 network 各參數設定畫面圖

(E)在測試選擇頁中→驗證 R/X 特性→選擇測試角度→設定要測試之起始、停止角度，如圖八所示。



圖八 R/X 特性其故障型態選擇畫面圖

(F)按“確定”將欲測試之故障型式及角度加入測試頁中，再按 start 開始測試，如圖九所示。



圖九 測試畫面圖

(G)測試完畢後按“儲存所有測試”進行存檔，即完成此特性試驗。

(2)差流電驛(Current differential Relay)：

由於 87L 差流電驛(SEL-311L)只有電流元件，與 E/M 過流電驛類似，因此使用 ISA 的 Generation & Distribution relays 便可，分別測其 Three Phase(6A)及 Phase-Ground(1A)的電驛電流始動值，應注意的是 87L 的特性試驗必須是在通訊(Channel)通的狀況下才能做特性試驗。因為當 Channel 不通時，電驛便會自動閉鎖而不會動作，故必須在 87L 電驛 Channel 通的時候才能做特性試驗。

3.跳脫試驗

加入系統前應做跳脫試驗，為確保電驛跳脫回路接線無誤，電驛才能正確的動作跳脫。在跳脫試驗之前先確定先前的接線如 52a 接點、RI、BFI、壓力接點等是否正確才行。在

SEL 311C 及 311L 中透過內部設定及外部的接線可以直接從電驛面板上看到這些接點接線是否正確，例如當 CB 投入後 52a 接點、壓力接點便可從電驛面板直接顯示是否這兩點有否接通，可由電驛面板直接看到這些信號。RI 是 Reclose Initiate，動作第二套 APT 電驛會有一復閉信號 RI 至 311C 電驛，看電驛面板或以三用電表量測 311C 盤之 RI 應會有電位的變化；同理，動作兩套電驛在 BF 盤上都應量到有電位的變化(在 CB 投入的狀態下)BF 電驛之 BFI(P9)電位由 -64.5V 變化至+64.5V。

SEL 數位電驛不同其它電驛，它可提供所謂的 Relay Word Bits(Used in SELogic Control Equations)，直接由這些 Relay Word Bits 讀取或控制相關設定，使用 TAR Command 可以讀取這些 Relay Word Bits 相對應的 row numbers。下表是使用到的 Relay Word Bits。

表六 SEL-311C Word Bits 表

動作說明	row	Relay Word Bits	
	Target	Input	Output
CB 投入後 52a 接點是否進來	46	201、202	—
壓力是否足通	46	207	—
RC 是否同步	11	SV2	—
RC Inilation 是否輸入	46	203	—
本身 RC Inilation 是否輸出	44	—	208
RC 是否 CLOSE 信號出去	24	—	103
BUS 同步電壓是否輸入	29	59S	—

備註：IN201、IN202 為在一個半匯流排下，有兩個 CB，故會有兩個 52a 接點進來。

表七 SEL-311L Word Bits 表

動作說明	row	Relay Word Bits	
	Target	Input	Output
CB 投入後 52a 接點是否進來	23	102、103	—
DTT inilation 是否輸入	23	101	—

RC inilation 是否輸出	24	-	102
DTT inilation 是否輸出	63	-	T1X

對 Relay Word Bits 瞭解之後，可以更清楚對相關接點是否接線正確及電驛在標置設定上是否有誤，經查線無誤後，即可進行跳脫試驗。跳脫試驗包括本盤(本次汰換的盤面)及 BF 電驛盤跳脫試驗。本盤跳脫試驗包括有(以 APT L-PRO、SEL-311C、SEL-311L，一個半匯流排，Bus side CB 為甲 CB，Center side CB 為乙 CB 為例)依序如下。

(1) APT L-PRO 電驛跳脫試驗

A.43/POTT&79 L.S Lock

21N2(A-N) $\xrightarrow{20\text{ Cycle}}$ Trip #甲,乙 CB

B.43/POTT&79 L.S Use

21NP(A-N) $\xrightarrow{\text{Echo Key}}$ Trip #甲,乙 CB ; 甲 CB RC Ok

在 A、B 兩個 case 中，接地部分的跳脫試驗先做，在 B case 中因為 79 Lock Switch 使用，故 79 復閉功能被啟用，於是在 Bus side 之 CB 會復閉成功，當在做試跳時，線路還未送電，故線路是沒電的，只有 Bus PT 有電，所以先 A 端(試送端)來試驗其復閉功能。當 CB 壓力足夠，且 closing circuit 迴路沒斷線，當 APT L-PRO 動作後發送一 RI(Reclose Initiation)信號至 SEL-311C，則在 30 ∞ 後會復閉成功。

21ZP(A-B) $\xrightarrow{\text{Echo Key}}$ Trip #甲 CB
(只投入甲 CB)

以上是我們再以相間元件 21ZP(A-B)來進行試跳一次，以確保接地和相間元件皆能透過電驛來輸入電壓電流而正確的跳脫。

(2) SEL-311L 電驛跳脫試驗

由於 SEL-311L 多了遙跳的功能，所以在做試跳時必須另做遙跳的試驗，如下之 Case B。

A. Local Trip Test

a.79 LS Use

87L(A-N) \rightarrow Trip #甲,乙 CB ;
甲 CB RC Ok

b.79 LS Lock

87L(A-B-C) \rightarrow Trip #甲,乙 CB

同樣的，試了 79 L.S Use 與 Lock 兩種 case，來試驗是否因 79 L.S 的使用與否來做 79 復閉功能。

B. Remote Trip Test

87L (RDTX) \rightarrow Trip #甲,乙 CB

/ Differential Channel X receive direct trip /

/ 當本端收到對方的外部跳脫信號(BF Relay)時跳脫本端 CB /

COMM(R1X) \rightarrow Trip #甲,乙 CB

/ Receive Channel X bia 1 /

/ 當本端收到對方的內部跳脫信號時跳脫本端 CB /

(3) SEL-311C 電驛跳脫試驗

A. 79 LS Use

21Z1 \rightarrow Trip #甲,乙 CB ; 甲 CB RC OK

B. 79 LS Lock

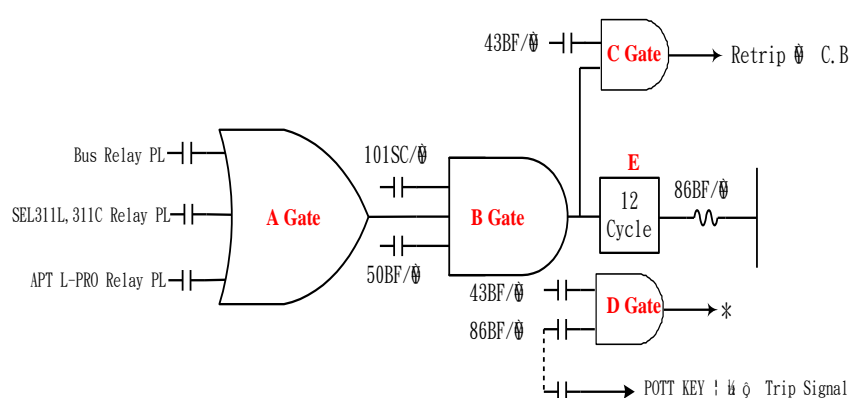
21N1 \rightarrow Trip #甲,乙 CB

同樣的，我們試了 79 L.S Use 與 Lock 兩種 case，來試驗是否因 79 L.S 的使用與否來做 79 復閉功能。

(4) BF 電驛跳脫試驗:

BF(Breaker failure)是當斷路器該跳脫動作，但可能因為某些因素無法跳脫時，必須跳脫鄰近的相關斷路器或匯流排等，使得事故能夠迅速清除而不致擴大範圍。而且在汰換此種新式數位保護電驛有外部遙跳(BF remote trip)功能，施工中有更改此一部份之接線，故 BF Relay 必須試驗它的遙跳功能。在做 BF trip test 時，有一點是必須注意的就是必須先

閉鎖相關的 43BF/L.S(閉鎖所有與該汰換盤掛於相同 Bus 下之 BF Relay)及 Bus Relay(跳脫 Bus side 之 BF Relay 會跳脫至 Bus Relay，故需閉鎖 Bus Relay，但只需動作至 86B/L.S 即可)。為確保系統運轉安全，相關 BF Relay 及 Bus Relay 是必須一定要閉鎖的，方可進行 BF 跳脫試驗。如圖十為 BF Relay 跳脫之邏輯圖。



圖十 BF Relay 跳脫邏輯圖

* Trip Bus Ry No.1 Set(或 No.1,No.2 Set)；#乙 CB 及 DTT 此線路另一所 CB1,CB2(備註：甲為 Bus side CB，乙為 Center side CB)

說明：在 OR Gate 之前的三個條件分別是 BF Relay 的 Initiation 來源，因為用此範例中，#甲為 Bus side CB，所以 Bus Relay 動作亦會有觸發信號來跳脫#甲 CB，如 A Gate。BF Relay 動作的三個條件分別是(1)由此線路所保護的電驛送來的 Initiation 信號(表示電驛動作)(2)50BF 電驛動作(表示故障電流持續中)(3)CB 尚在投入狀態中(表示 CB 可能因為某種原因該跳而未跳)，如 B Gate。如果上述三個條件成立則以此範例來說#甲 CB 會先 Retrip 自己(但有的變電所或線路會沒接 Retrip 功能)，如 C Gate。若 CB 還無法跳開，立刻經由 12 ∞ 後去跳脫緊鄰#甲的 CB 或是 Bus Relay，使故障不致持續擴大，如 E timer。D Gate 表示當 86BF/甲動作後會有一 POTT Key 信號至對方，再當 43BF/甲亦動作後除了跳脫本端 CB 外之相鄰 CB 後，亦會 DTT 遙跳對方 CB。這樣，跳脫試驗才算完成。

取載試驗及對相試驗

1.取載試驗

當線路要加入系統時，先確認線路的電流、頻率、電壓及相角是否與系統同步，若同步方能將此線路加入系統送電，此時最重要的工作即將開始，電驛工程師如何來做電驛的取載試驗。

數位式電驛都含有 Meter 的功能，從電驛面板上即可讀到所量測的電流、電壓及相角值。取載試驗通常是以 Hyper Terminal 終端機連線軟體來抓取電驛中之電壓、電流、功率、頻率及相位差等。針對 SEL 系列電驛，AcSELeator 5030 軟體亦可連線讀取電驛中之電壓電流相角等數據。

(1)先以 Hyper Terminal 軟體介紹，利用電驛前面 Port F 與電腦透過 RS-232 並且有跳線之 NULL modem 連線(電驛前面 Port F 必須

與電腦連線速度設定一樣)，通常 Baud rate 設為 19200 bps。SEL 電驛當利用連線軟體連上後它有兩層存取階層，Level 1 是只能讀取而不能修改任何設定，Level 2 則是能讀取亦能更改電驛設定，因為只需讀取電壓電流相角等資料，所以只需進入第一層即可。當連線後畫面會出現 “ = “ 符號，輸入密碼後即可進入第一層。

- =ACC /Enter/
- Password : ?OTTER@ /Enter/
- Level 1
- =>
- =>Met / Met 為讀取 Meter 指令，下達 Met 指令後會顯示下列資訊，以 SEL-311C 之取載試驗為範例作說明 /

表八 取載試驗表

	A	B	C	P	G	
IMAG (A)	836.396	806.780	827.436	1.250	43.600	
I ANG (DEG)	3.88	-115.25	123.09	-117.49	27.67	
//以上數據為本端之三相負載電流及其相位角//						
	A	B	C	S		
V MAG (KV)	197.950	200.041	198.975	354.770		
V ANG (DEG)	0.00	-119.77	119.80	-0.38		
//以上數據為本端之三相之單相對地電壓、相間電壓及相位角//						
	A	B	C	3P		
MW	165.184	160.886	164.368	490.438		
MVAR	-11.215	-12.726	-9.450	-33.391		
PF	0.998	0.997	0.998	0.998		
	LEAD	LEAD	LEAD	LEAD		
//以上數據顯示了有效功率(MW)，無效功率(MVAR)，及功率因素(P.F Power factor)//						
	I1	3I2	3I0	V1	V2	3V0
MAG	823.479	18.252	43.600	198.987	0.996	0.995
ANG (DEG)	3.90	-89.72	27.67	0.01	162.79	-105.06
//顯示零相電壓及電流//						
FREQ (Hz)	60.00		VDC (V)	127.6		

//顯示系統頻率及電壓//

(2)以 AcSElerator 5030 的 HMI(Human Machine Interface)功能：

(a)先以 RS-232 連上 SEL-311C

(b)開啟 AcSElerator 5030 軟體

(c)在 5030 的控制列上：

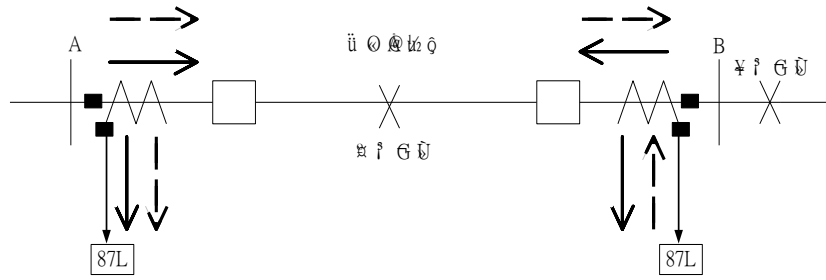
HMI → Meter&Control → Instantaneous 這樣可即時看到各電壓、電流、角度的變化，表九顯示 SEL-311C 以 5030 的 HMI 取載時的畫面。

表九 AcSElerator 5030 的 HMI 取載畫面圖表

Instantaneous Metering Values									
O MEI_3 3840&3850 SEL-311C					Date: 04/28/04		Time: 15:33:51.280		
LUNG TAN E/S									
I MAG (A)	A	B	C	P	G				
	0.000	0.000	0.000	0.559	0.000				
I ANG (DEG)	A	B	C	P	G				
	0.00	-79.70	-8.13	-143.13	-116.57				
V MAG (KV)	A	B	C	S					
	8.560	13.575	3.793	343.060					
V ANG (DEG)	A	B	C	S					
	68.83	-111.25	-53.65	-138.31					
MW	A	B	C	3P					
	0.000	0.000	0.000	0.000					
MVAR	A	B	C	3P					
	0.000	0.000	0.000	0.000					
PF	A	B	C	3P					
	0.361	0.852	0.701	0.000					
	LEAD	LEAD	LEAD	LEAD					
MAG	I1	3I2	3I0	V1	V2	3V0			
	0.000	0.000	0.000	5.323	7.461	7.736			
ANG (DEG)	I1	3I2	3I0	V1	V2	3V0			
	-116.57	-116.57	-116.57	37.08	100.00	-86.89			
FREQ (Hz)	60.00		VDC (V)		129.6				

同理可以用此方法量取 SEL-311L(以 AcSElerator 5030 或 Hyper Terminal 連線皆可)及 APT L-PRO(只能以 Hyper Terminal 連線)的數據，但因為 SEL-311L 為差流型電驛，顧名思義它是以兩端的電流及相角差來判斷電驛是否動作，故 SEL-311L 除了本身取載外還必須作對相試驗，亦如早期的副線電驛要作兩端的對相試驗一樣。在正常送電時，不管電力潮流是往 A 端流或是 B 端流，其流進與流出的電流大小應該相等，但兩端角度會相差 180° ，以抵銷電流的合成，如圖十二之虛線所示。但當內部故障時，因為 A、B 端的電流皆往故障點流，因此在 A、B 端所量到

的角度差便不會差 180° ，此時電驛便會判斷這是一個內部故障，如圖十二的實線所示，87L 差流電驛便是用此原理來保護線路。當然 87L 差流電驛的靈魂主要是靠兩端互相送(TX)、收(RX)的光纖通道(Fiber channel)。87L 電驛在通訊方面是利用電驛背面的 PORT 2 以 RS-530 電纜線連接到 FOCUS (多工光纖通訊處理器)，之後再以光纖連接到對方的 FOCUS，在差流電驛來說通道(channel)是保護線路很重要的一環，若 channel failure 一顯示即失去電驛功能般的無用武之地。



圖十一 87L 差流電驛保護原理圖

2. 對相試驗

87L(SEL-311L)對相作法說明，以 AcSELErator 5030 或 Hyper Termina 連線上電驛後。

- (1)SEL 5030：因為它內部具有 Meter 功能，直接便能看到本端(Local)及遠端(remote)的電流與角度。
SEL5030 → HMI → Meter&Control → different。
- (2)Hyper terminal：同取載試驗，連上電驛後下 Meter 指令 “=>met” 便可看出本端及遠端的電流與角度。
- (3)因為加入後通常負載電流會很大，當做內部故障時可能電驛會動作而跳脫 CB，因此在做對相試

驗時需先把所有紅色的跳脫 Key(在電驛下方)先隔離，以免試驗時電驛動作而誤動作 CB。

- (4)分別模擬外部故障及內部故障，看兩端的電流、角度並且注意電驛是否動作，然後將數據記錄下來。

- (5)範例說明如下

(a)AN-AN 的 case：將 B、C 相的 Key 扳掉，只讓 A 相的電流流進電驛，同理，對方亦做同樣動作，因為此 case 為外部故障 (Local 為本端電流，Channel X 為對方端電流，兩端電流相等，角度差 180°)，故電驛不會動作，其數據如表十。

表十 AN-AN 對相試驗畫面表

Local	A	B	C	3I0	3I2	II
I MAG (A Pri)	1587.873	0.649	3.472	1587.171	1590.610	530.430
I ANG (DEG)	-0.10	45.20	151.30	-0.10	-0.30	0.00
Channel X	A	B	C	3I0	3I2	II
I MAG (A Pri)	1597.428	1.464	1.673	1594.911	1599.532	531.960
I ANG (DEG)	178.50	-40.60	39.30	178.70	178.70	178.60
Vector Sum	A	B	C	3I0	3I2	II
I MAG (A Pri)	40.070	1.644	3.240	34.208	29.232	13.069
I ANG (DEG)	102.90	-17.40	122.70	102.30	106.90	96.00
Alpha Plane	A	B	C	ZERO-SEQ	NEG-SEQ	POS-SEQ
RADIUS	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000
ANG (DEG)	178.50	0.00	0.00	178.40	178.70	178.40

(b)AN-BCN 的 case：將 B、C 相的 Key 扳掉，只讓 A 相的電流流進電驛，但對方需將 A 相電流的 Key 扳掉，只讓 B、C 相的電流流進電驛，我們可以看到 3I0 的電流已經超過 CTR=800 的設定，且此 case 為內部故障，故電驛會動作，其數據如表十一。

表十一 AN-BCN 對相試驗畫面表

Local	A	B	C	3I0	3I2	II
IMAG (A Pri)	1595.252	0.151	1.524	1594.935	1595.611	532.158
IANG (DEG)	-0.10	-34.40	-172.20	-0.10	-0.30	0.00
Channel X	A	B	C	3I0	3I2	II
IMAG (A Pri)	3.385	1638.432	1637.820	1620.872	1647.552	1092.40
IANG (DEG)	-128.20	62.10	-58.50	1.90	1.70	-178.10
Vector Sum	A	B	C	3I0	3I2	II
IMAG (A Pri)	1593.165	1638.415	1637.208	3215.317	3242.669	560.820
IANG (DEG)	-0.10	62.00	-58.50	0.90	0.70	-176.20
Alpha Plane	A	B	C	ZERO-SEQ	NEG-SEQ	POS-SEQ
RADIUS	0.000	0.000	0.000	1.010	1.030	2.050
ANG (DEG)	0.00	0.00	0.00	1.80	1.90	178.20

知道台電系統為負相序，保護電驛所使用的三相電流必須是正相序，因此在變電所中必須將 B、C 相序顛倒，才能獲得流入電驛之電流為正相序，當完成取載試驗及對相試驗後，確認電流值、相角、相序無誤後便可讓此線路正式加入系統運轉，此次汰換工作即可算順利完成。

三、結論

345KV 輸電線為台灣輸電線路之重要骨幹線路，尤其電力系統輸電線的保護更為重要，於民國 88 年間發生 729 輸電鐵塔倒塌，導致一連串的保護電驛跳脫，造成全台 50 年來最大規模的停電，對工商業損失慘重，當時國外專家建議提昇保護設備有其必要與急迫性。

台電供電處電驛部門主管 李副處長

河樟積極規劃下，從民國 91 年底開始汰換 345kV 輸電線老舊保護電驛，至今 93 年 5 月全部汰換完畢，總算大功告成，無論現場施工、盤面安裝、標置計算及加入檢驗，經大家同心協力、智慧交流及經驗累積，使得汰換工作順利展開如期完成。

今後，對 345KV 輸電線來說不僅保護更安全穩定周全，在電驛的維護人工成本也可大大的降低，讓供電品質更加的提升，對台電系統而言，創造了更可信度的運轉模式。

四、參考資料

- [1] ISA 說明書
- [2] SEL-311C 說明書
- [3] SEL-311L 說明書