

# 新式 345KV 數位電驛—APT L-PRO 簡介

台電供電處電驛標置課 許文興 王增雄

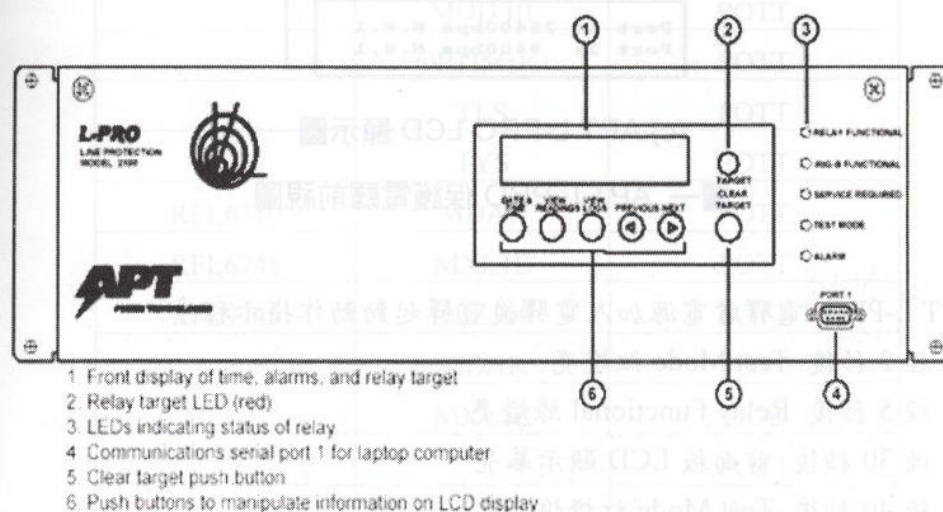
## 一、前言

在電子工業日新月異的快速發展下，超強計算機運算能力由 32 位元逐漸進入 64 位元的高科技時代，傳統的電力保護系統也從原本的電磁式(E/M)電驛逐漸汰換為高速智慧型數位式電驛。由於數位式電驛體積小、內含多種電驛功能、特性準確、誤差小、內附故障記錄元件可當作輸電線路故障發生時事故資料的儲存和故障分析。所以為了確保系統供電穩定可靠，台電超高壓輸電線路保護也由傳統的電磁式保護電驛汰換成數位式保護電驛，如 APT L-PRO、SEL-311C、SEL-311L 電驛等。

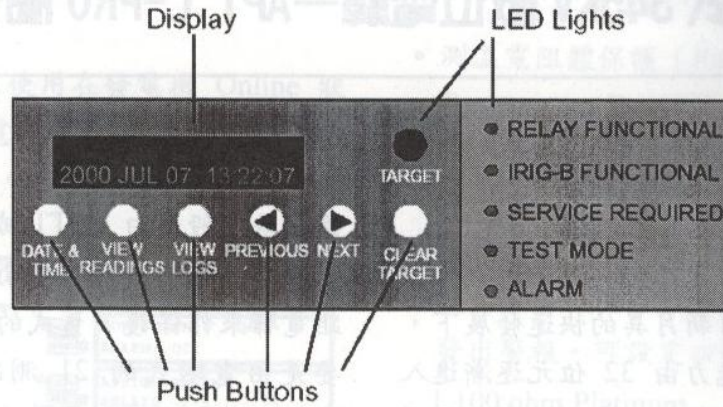
## 二、傳統與數位保護電驛

舊式的台電 345KV 線路的第二套保

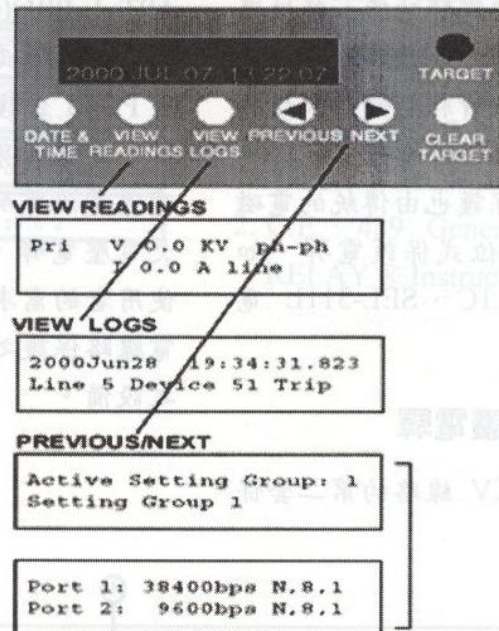
護系統一般是由 POTT 或 DCB 兩種載波方式當主保護，搭配後衛保護由三區間測距電驛來作保護。舊式的載波電驛保護主要是由電磁式的 21 測距電驛搭配音頻機，利用台電內部專屬的微波或光纖通訊系統，監視線路狀況以快速跳脫功能來確保全線段區間保護；新式載波保護則是用 APT L-PRO(如圖一、二所示)、GRZ-100 或 SEL-321 電驛搭配 RFL-9745 音頻機使用 POTT 保護方式，當作線路主保護，再搭配電驛本身內有的 21 測距電驛、50 瞬時過電流電驛、51 延時過電流電驛、27 欠電壓電驛、59 過電壓電驛等功能，依使用者的需求，加以規劃利用，來達到輸電線路保護之目的，如表一各廠牌所搭配之設備。



(a) APT L-PRO 前視圖



(b) APT L-PRO 前視面板指示圖



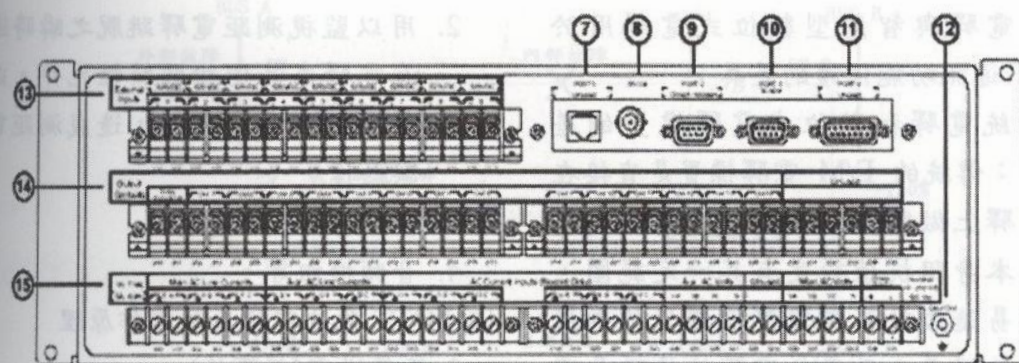
(c) APT L-PRO LCD 顯示圖

圖一 APT L-PRO 保護電驛前視圖

★. APT L-PRO 電驛當電源加入電驛後電驛起動動作指示程序:

- ⊙ 經 2 秒後 Test Mode 紅燈亮
- ⊙ 經 5 秒後 Relay Functional 綠燈亮
- ⊙ 經 30 秒後 前面板 LCD 顯示幕亮
- ⊙ 經 40 秒後 Test Mode 紅燈熄





7. Port 5 - ethernet connection/internal modem
8. Satellite IRIG-B clock signal modulated or unmodulated
9. Port 2 - direct/modem RS-232 port
10. Port 3 - SCADA
11. Port 4 - inter relay communication (for future application)
12. Case ground
13. Nine programmable external inputs (1-9)
14. This row contains two distinct areas from left to right:  
14 programmable output relay contacts and relay inoperative contacts
15. This row contains 3 distinctive areas from left to right:  
Main and Auxiliary AC Line Currents (6 each) - for protection and recording  
AC Current Inputs 2-3 phase current groups - for recording  
Main and Auxiliary AC Voltage - for protection and recording  
Power supply

圖二 APT L-PRO 保護電驛後視圖

表一 為目前音頻機和搭配使用的電驛

音頻機名稱	搭配電驛	保護方式
DIT-1U	UNIFLEX	POTT
NS40	CEY, CJCG	POTT
	MDAR	POTT
	MOD III	POTT
	OPTIMHO	POTT
	TLS	POTT
	TYS	POTT
RFL6710	MDAR	POTT
RFL6745	MXL1E	POTT
RFL9745	GRZ100	POTT
	MDAR	POTT
	MXL1E	DCB
		POTT
TYPE 40	SEL-321	DCB
		POTT
TYPE 40	TLS	POTT

(一)傳統電驛與智慧型數位式電驛用於 POTT 通訊功能保護的差異：

1. 傳統電驛和數位式電驛標置的差異：傳統的 E/M 電驛標置是直接電驛上做阻抗值參數的設定，又電驛本身阻抗值設定有其一定範圍，容易造成計算值與實際標置值應用上的誤差；而數位電驛的優點是直接電驛內部軟體上做設定，精密度可以達到小數點後第二位，適用範圍廣泛，準確值可達到 100%。
2. 數位式電驛 POTT 的邏輯功能直接由電驛軟體做設定；而傳統 E/M 電驛 POTT 功能由電驛跳脫輸出點加上其他輔助接點來達到其運用功能。
3. 通訊機組：傳統 E/M 電驛會因廠牌的不同而搭配不同的通訊機組，如表一所示。而數位式第二套 POTT 通訊機組統一規格使用 RFL-9745 音頻機。
4. 當 POTT 保護電驛失靈時：通常 E/M 電驛只需閉鎖 Z2/P 或 Z3/P 區間之測距電驛即可，此時的保護功能則由其餘的 21 測距電驛做後衛保護；若數位式電驛發生故障時，幾乎是電驛內部元件功能的問題，電驛工程師很難做判別修復，又因數位電驛所有功能元件均在同一個電驛上，所以電驛故障時，幾乎整個電驛將喪失全部功能，為了避免誤動作並兼顧系統安全，必須將此電驛隔離閉鎖，此時輸電線路保護將由第一套電驛來做系統保護。

(二) POTT 保護主要元件：

1. 頻道控制越區設定跳脫電驛 21P(含接地及相間測距電驛)。

2. 用以監視測距電驛跳脫之瞬時過電流電驛或其他相關特性元件，以避免再喪失電壓源時，造成測距電驛誤動作。

3. 音頻控制輔助電驛。

4. 音頻機組等。

(三) POTT 載波電驛系統動作原理

1. 正常送電(無事故)

線路兩端變電所 APT 的 21P 均監視中，RFL-9745 音頻機發射監視訊號。

2. 外部故障

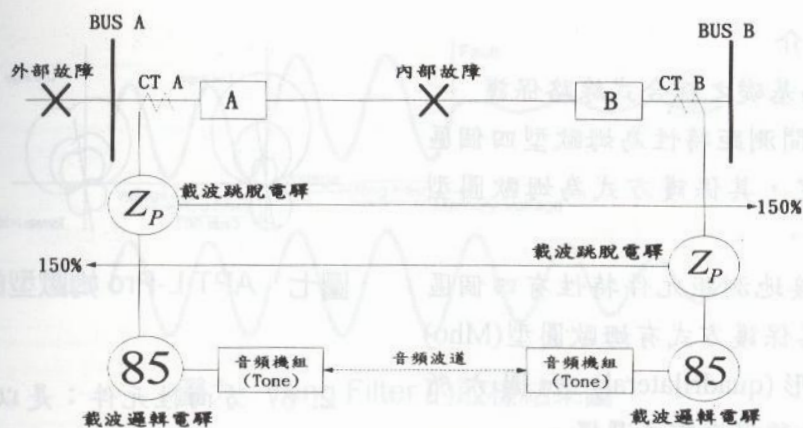
當故障發生在 A 端外時如圖三，因故障點不在保護區間內，則 A 端的 APT 21P 不會動作，B 端 21P 動作，並將其載波移頻為允許跳脫訊號。載波邏輯方面，A 端雖收到對方的「允許」訊號，但其本身的 21P 並無動作，故不會跳脫；B 端 21P 雖已動作，但無對方的「允許」訊號，故外部故障不會跳脫。

3. 內部故障

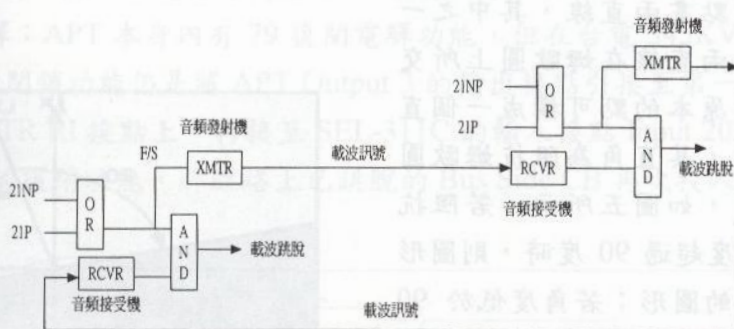
當故障發生在保護區間 ZP 內，兩端的 APT 電驛會發射監視訊號到 RFL 9745 音頻機，兩端的音頻機均將其載波訊號移頻，相互輸出允許跳脫訊號到對方。兩端的載波跳脫邏輯均收到對方允許跳脫訊號及本端 21P 的跳脫訊號，此時為滿足電驛跳脫條件，兩端保護電驛均動作跳脫。







(a) 方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛基本架構圖

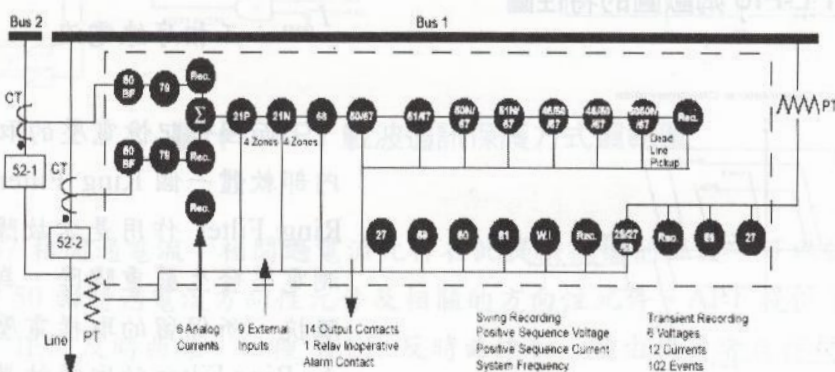


(b) POTT 載波電驛系統動作邏輯圖

圖三 POTT 載波電驛系統動作原理圖

### 三、APT L-Pro 保護電驛簡介

由 APT L-Pro 搭配音頻機組 RFL 9745 利用微波或光纖通道，以 POTT 為主保護方式，加上三區間測距當作後衛保護，替代了傳統 345KV 保護電驛的第二套保護。其保護電驛功能如圖四。



圖四 APT 保護電驛功能圖

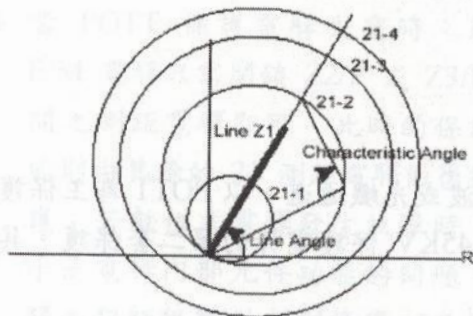
(一)保護功能簡介

1. 以測距為基礎之綜合式線路保護

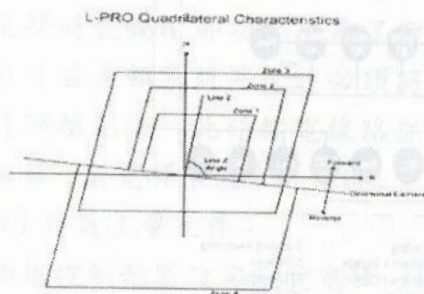
1-1. 21 相間測距特性為姆歐型四個區間設定，其保護方式為姆歐圓型 (Mho)。

1-2. 21N 接地測距元件特性有四個區間，其保護方式有姆歐圓型(Mho)或矩形 (quadrilateral) 如圖六所示，兩種保護方式選擇。

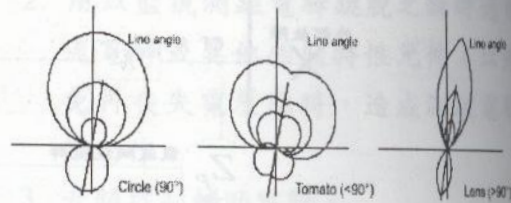
1-3. 姆歐圓型的阻抗保護其特性角度為 90 度，決定是從阻抗的軌跡圓上的任一點畫兩直線，其中之一為直徑，兩直線在姆歐圓上所交的两點與原本的點可構成一個直角三角形，其直角為阻抗姆歐圓的特性角，如圖五所示。若阻抗的特性角度超過 90 度時，則圖形成蕃茄型的圖形；若角度低於 90 度，則圖形會成 Lens 的圖形。如圖七所示。



圖五 APT L-Pro 姆歐圓的特性圖

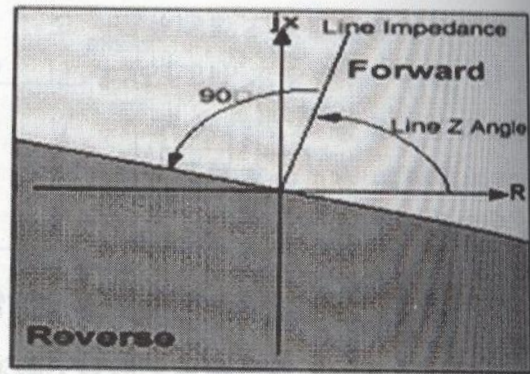


圖六 APT L-Pro 矩型特性圖



圖七 APT L-Pro 姆歐型的三種特性圖

2. 67 方向性元件：是以極化記憶的正相序電壓為基礎再加上偵測的故障電流計算出的正相序阻抗來決定故障點的方向位置。



圖八 APT L-Pro 67 方向性元件特性圖

故障阻抗的計算：

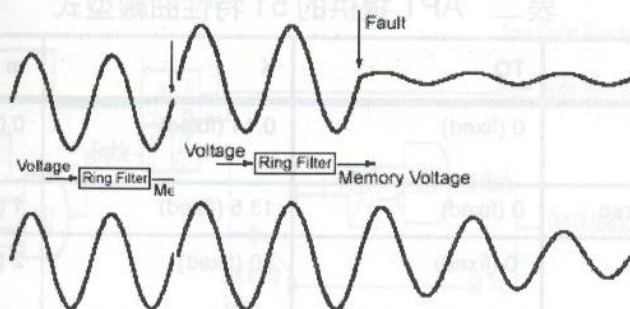
$$Z_{Posmem} = \frac{V_{posmem}}{I_{POS}}$$

$V_{Posmem}$ ：極化記憶正相序電壓

$I_{pos}$ ：正相序線電流

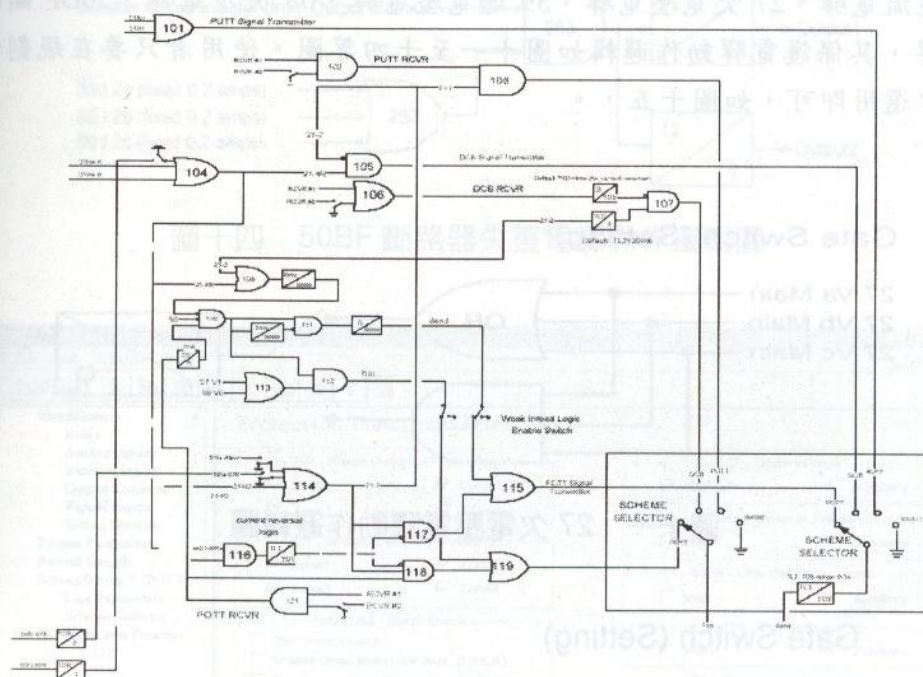
而極化記憶電壓的取樣是由 APT 內部軟體一個 Ring Filter 所執行，而 Ring Filter 作用是當故障發生時，監測電壓發生嚴重驟降，為了計算故障阻抗，所保留的取樣電壓資料，如圖九 Ring Filter 的取樣結果。





圖九 Ring Filter 的取樣結果圖

3. 通訊跳脫保護方式選擇有：基本型、POTT、PUTT、DCB 等。圖十為顯示載波通訊保護的邏輯圖，圖中方塊內為載波通訊保護基本型、POTT、PUTT、DCB 的選用。
4. 79 復閉電驛：APT 本身內有 79 復閉電驛功能，但在台電 345KV 系統中並不啟用其功能，但閉鎖功能仍是將 APT Output 3 的輸出接點引接至第一套保護的 SEL 盤面上的 EXTR RI 接點上，再接至 SEL-311C 的輸入接點 Input 203，並規劃、利用 SEL-311C 的復閉功能，將線路上已跳脫的 Bus Side CB 再次投入。



圖十 APT 載波通訊保護方式邏輯圖

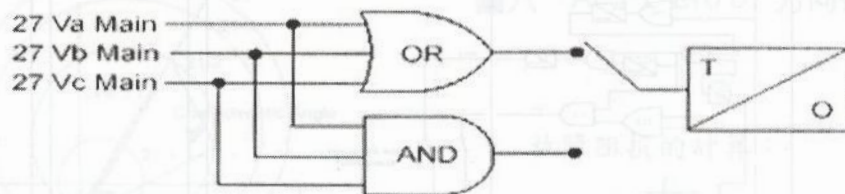
5. 50/51/67 相間過電流：相間過電流元件在此提供後衛的保護，可以啟用 51 延時過電流或 50 瞬時過電流方向性元件及相關的方向性元件。APT 提供了 51 過電流電驛三種 IEC 反時曲線、四種 IEEE 反時曲線和一種由使用者自行規劃的曲線，如表二 APT 提供的 51 特性曲線型式。

表二 APT 提供的 51 特性曲線型式

Curve Type	TO	K	m
IEC Standard Inverse	0 (fixed)	0.14 (fixed)	0.02 (fixed)
IEC Very Inverse	0 (fixed)	13.5 (fixed)	1 (fixed)
IEC Extremely Inverse	0 (fixed)	80 (fixed)	2 (fixed)
IEEE Moderately Inverse	0.0226 (fixed)	0.0104 (fixed)	0.02 (fixed)
IEEE Inverse	18 (fixed)	5.95 (fixed)	2 (fixed)
IEEE Very Inverse	0.0963 (fixed)	3.88 (fixed)	2 (fixed)
IEEE Extremely Inverse	.0352 (fixed)	5.67 (fixed)	2 (fixed)
User-defined	User entry	User entry	User entry

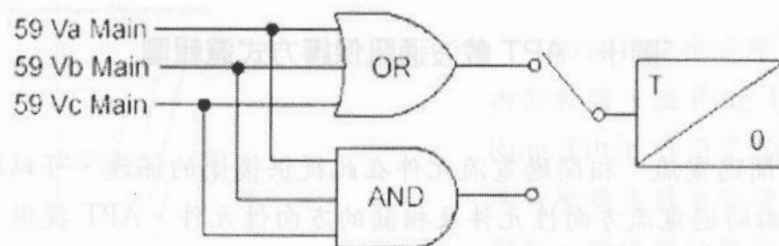
6. APT L-PRO 內含可啟用之電驛功能，如 21 測距電驛、50 瞬時過電流電驛、51 延時過電流電驛、27 欠電壓電驛、59 過電壓電驛、68 失步電驛、50BF 斷路器失靈電驛等，其保護電驛動作邏輯如圖十一至十四等圖。使用者只要在規劃使用電驛上打 $\checkmark$ 選用即可，如圖十五，。

Gate Switch (Setting)



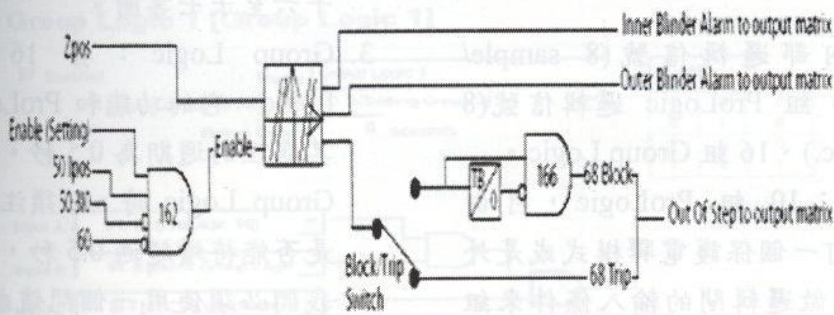
圖十一 27 欠電壓電驛動作邏輯圖

Gate Switch (Setting)



圖十二 59 過電壓電驛動作邏輯圖





圖十三 68 失步電驛動作邏輯圖

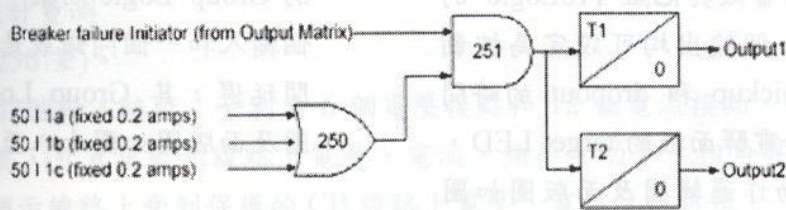
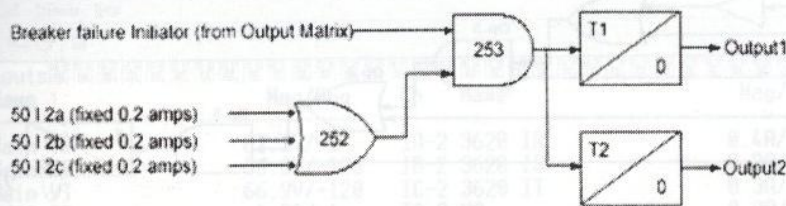
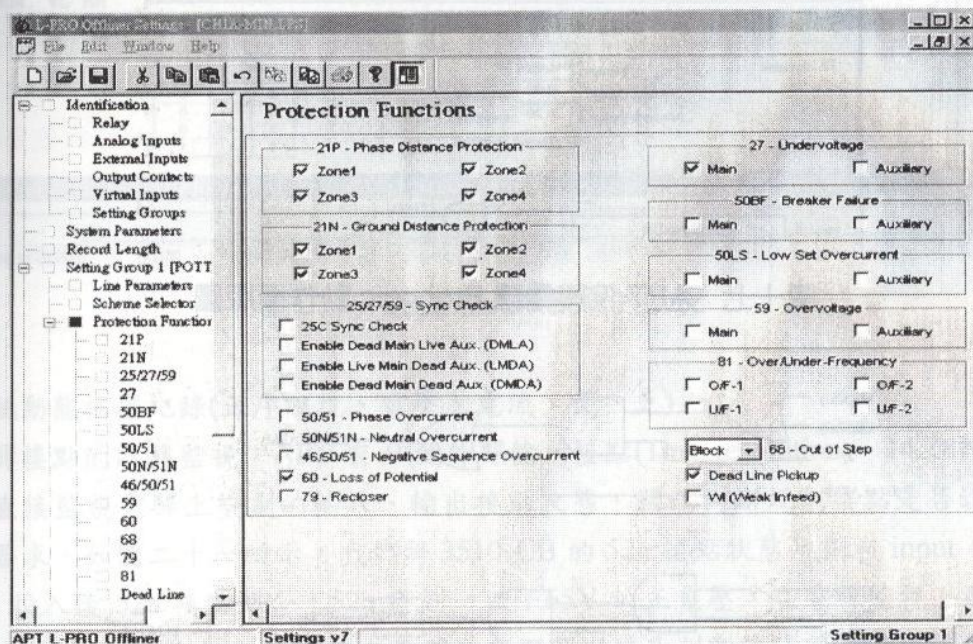


Figure 4.5: 50BF Main Breaker Failure



圖十四 50BF 斷路器失靈電驛動作邏輯圖



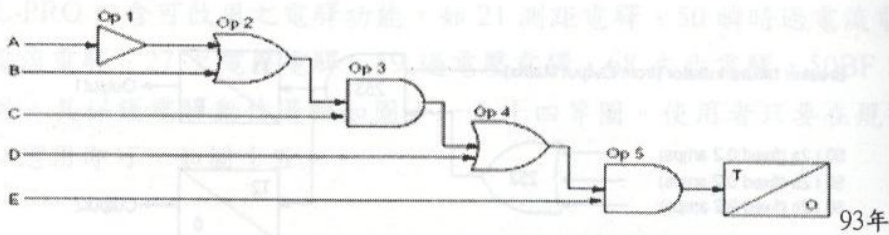
圖十五 APT 保護電驛的功能選用圖

(二)邏輯功能

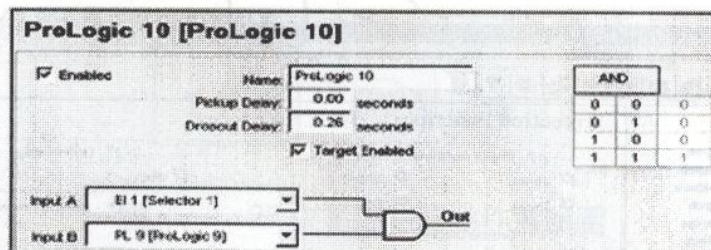
1. 102 個內部邏輯信號 (8 sample/cyc.)、10 組 ProLogic 邏輯信號 (8 sample/cyc.)、16 組 Group Logic。
2. ProLogic : 10 組 ProLogic，可由 APT 任何一個保護電驛模式或是外部輸入當做邏輯開的輸入條件來組成一個類似布林代數的邏輯開，最多可有 5 個條件輸入，而前一組的輸出也可以當做其他組 ProLogic 的輸入。每一個輸出均可設定為控制電驛接點 pickup 和 dropout 的時間延遲和驅動電驛面板的 target LED，ProLogic 動作邏輯圖及面版圖如圖

十六至十七等圖。

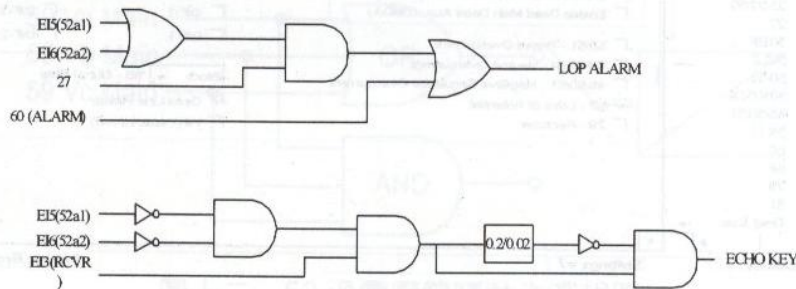
3. Group Logic : 有 16 組 Group Logic，它的功能和 ProLogic 一樣，其處理的週期為 0.5 秒。在我們使用 Group Logic 時，必須注意觸發條件是否能持續超過 0.5 秒，如果不行，我們必須使用一個門鎖或是 dropout 來使時間延遲。Group Logic 的輸入可由 ProLogic、外部輸入或是先前的 Group Logic 而來，其組成包含 5 個輸入和一個門鎖或是 dropout 的時間延遲，其 Group Logic 動作邏輯圖及面版圖如圖十八至十九等圖。



圖十六 APT 保護電驛 ProLogic 動作邏輯圖

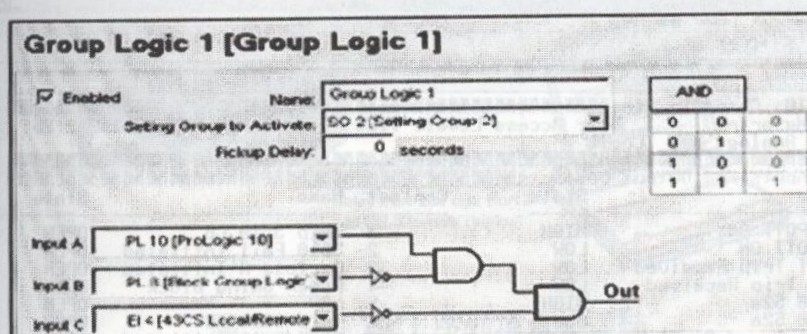


圖十七 APT 保護電驛 ProLogic 動作面版圖



圖十八 APT 保護電驛 Group Logic 動作邏輯圖





圖十九 APT 保護電驛 Group Logic 動作面版圖

### (三)資料記錄和表計量測

1. 事件紀錄(250 筆)。
2. 16 個類比訊號輸入接點：分別為 6 個電壓接點和 12 個電流接點，每一週期做 96 個取樣信號，可直接監測線路上電壓、電流、頻率、功率、相角等。如圖二十以類比數據顯示線路上受到保護的 CB 線路上電壓、電流及相角值。

Ch	Name	Mag/Ang	Ch	Name	Mag/Ang
Main VA	Main VR	67.1V/+0	IA-2 3620	IR	0.4A/-9
Main VB	Main VS	66.8V/-120	IB-2 3620	IS	0.2A/-111
Main VC	Main VT	66.9V/+120	IC-2 3620	IT	0.3A/+111
Main IA 3610	IR	1.2A/-4	IA-3 NA		0.0A/-49
Main IB 3610	IS	1.4A/-117	IB-3 NA		0.0A/+118
Main IC 3610	IT	1.4A/+120	IC-3 NA		0.0A/+150
Aux. VA NA		0.0V/-149	IA-4 NA		0.0A/-4
Aux. VB NA		0.0V/+102	IB-4 NA		0.0A/+64
Aux. VC NA		0.0V/+55	IC-4 NA		0.0A/+93

\*\*\* READINGS FROZEN \*\*\* <F3> Quit <F2> Resume

圖二十 線路加入系統後的狀況

3. 系統動態搖擺紀錄(正序阻抗、電壓、電流、瓦、乏)。
4. 電驛接點的狀態監視：APT 有 9 個外部輸入接點(1ms resolution)、14 個輸出接點可直接監視電驛上規劃的輸入、輸出接點狀態，藉以判斷規劃接點是否達到我們的要求。如圖二十一所示，我們將 3510 CB 的 52a 接點狀態規劃在 input 4 上，當 CB 投入後 52a 接點閉合，52a 得到一個+65V 的正電壓，在電驛監視上則出現一個 HIGH 的狀態表示 CB 投入正確，我們可以藉此判斷電驛規劃及施工接線是否正確。



Input Name	State	Contact Name	State
1 43-POTT ON	HIGH	1 Trip 3510 CB	OPEN
2 43-DTT ON	LOW	2 3510 Fail Initiated	OPEN
3 POTT Trip Received	LOW	3 Reclose A Initiated	OPEN
4 DTT Trip Received	LOW	4 Power Swing Block	OPEN
5 3510 52a	HIGH	5 LOP	OPEN
6 3520 52a	LOW	6 Trip 3520 CB	OPEN
7 POTT Guard Available	LOW	7 3520 Fail Initiated	OPEN
8 DTT Guard Available	LOW	8 Reclose B Initiated	OPEN
9 Spare 9	LOW	9 POTT Trip Send	OPEN
		10 To RTU	OPEN
		11 Relay Trip for OSC	OPEN
		12 Fault Recorder Start	OPEN
		13 POTT Trip for spare	OPEN
		14 POTT Trip for spare	OPEN

圖二十一 APT 接點狀態規劃顯示

#### (四)其他

1. 有 IRIG-B 時間輸入，可與 GPS 搭配來調整所有電驛達到時間同步。
2. 電驛標置工作模式：離線時，可使用 L-PRO Offliner 設定，也可利用 HyperTerminal 程式直接連上電驛工作。
3. Z Circle Trigger：這個阻抗圓形 Trigger 是用來觸發 APT L-PRO 電驛記錄動態搖擺的所引發的事件。

#### 四、APT L-PRO 的通訊與連結

我們有四種方式可以直接利用電腦和 APT L-PRO 做連結：

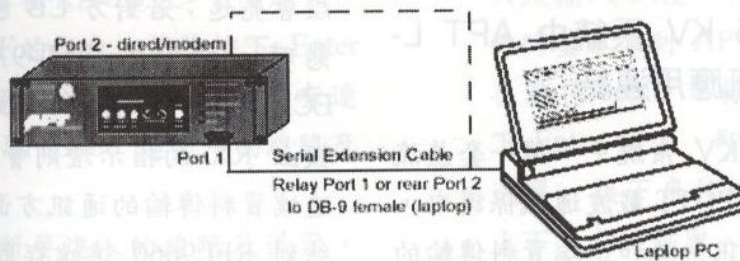
1. 直接連結：APT 有三個序列埠 (Port1,2 和 3) 安裝 DB9 母的插座，使用 EIA RS-232 通訊標準，可與 PC 直接連線。電腦可用 VT-100 終端模式直接連結 Port 1 或 Port 2 如圖二十二。APT 也支援 DNP3 和 Modbus SCADA 的標準通訊協定可和 Port 3 做直接的連

結。在台電使用 APT 做遠端資料存取的例子中，是利用本身 Port 2 直接連結到 RFL-9660 上，在經由 RFL-9660 已規劃好的連接埠透過外接 Modem 經過台電本身獨有的微波電話系統做撥接，讓遠處的電驛人員可在遠端遙控 APT 電驛，做資料的存取或系統狀態的監視。

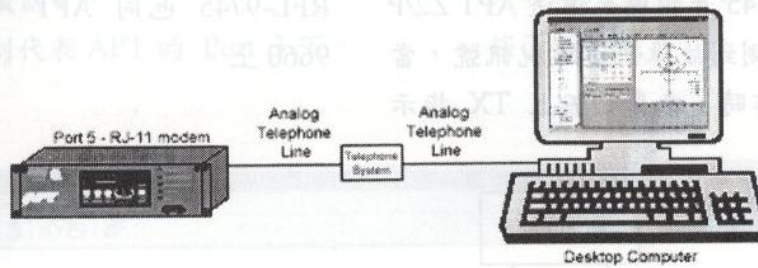
2. 內用 Modem 連結：APT 內有 RJ-11 Port 可接用一般家用電話線，利用大眾公共電話系統來和使用者電腦做連結。如圖二十三所示。
3. 外接 Modem 連結：使用 APT 專用轉接器作與外接 Modem 和 APT 序列埠的橋樑，連結 PC 電腦和 APT。如圖二十四所示。



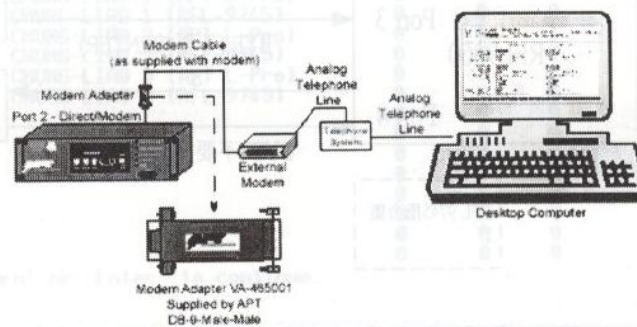




圖二十二 APT 序列埠直接連結

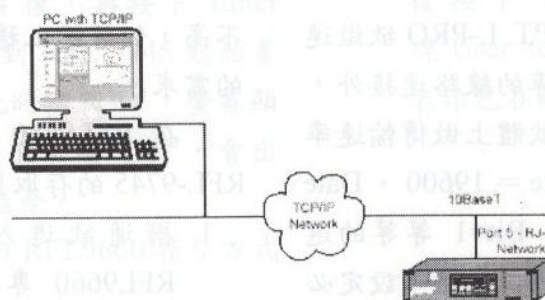


圖二十三 內用 Modem 連結



圖二十四 外接 APT 專用轉接器連結

4. 網路的連結：APT 提供 RJ-45 乙太網路埠利用 TCP/IP 作網路的連結，利用 RJ-45 乙太網路埠的連結也同時提供 DNP3 SCADA 服務。如圖二十五所示。

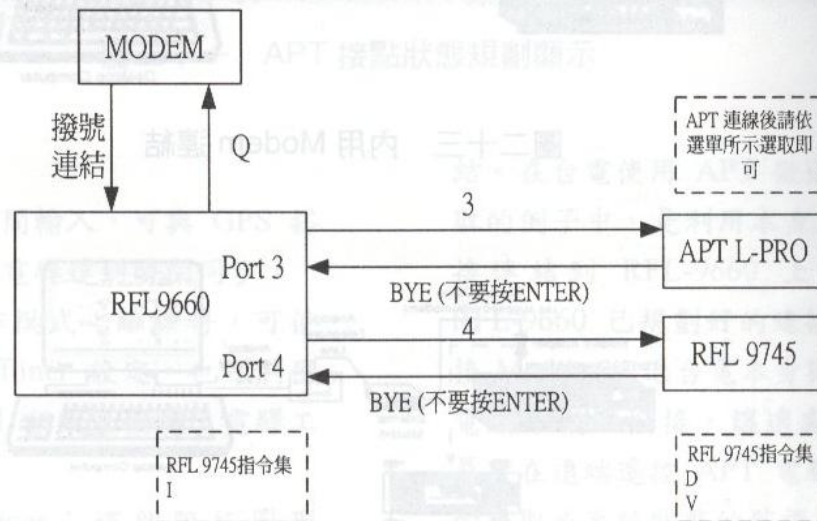


圖二十五 利用 RJ-45 乙太網路連結

## 五、台電 345 KV 系統中 APT L-PRO 通訊應用連結

在台電 345 KV 系統中，第一套差流主保護和第二套 POTT 載波通訊保護中，其保護電驛的通訊系統和遠端資料傳輸的通訊系統乃採個別單獨使用。在第二套 POTT 通訊保護中，其 POTT 的載波通訊是利用 RFL-9745 音頻機來傳送 APT Z2/P 或 Z3/P 所偵測到故障快速跳脫訊號，當 RFL-9745 動作時，本身面板上 TX 指示

燈會亮起；若對方 CB 已經在跳脫開啟狀態時，則對方 RFL-9745 會送回一個 ECHO Key 的訊號，本端的 RFL-9745 面板上 RX 的指示燈則會亮起。而在 APT 遠端資料傳輸的通訊方面，是將 APT 連結到 RFL9660 遠端存取器上，再透過外接 MODEM 使用台電獨立的微波系統連接遠端使用者和本端電驛保護系統。而 RFL-9745 也同 APT 一樣連結到 RFL-9660 上。



圖二十六 RFL9660 通訊系統連結示意圖

在透過 RFL9660 對 APT 和 RFL-9745 做遠端資料存取之前，必須對 RFL9660、APT 和 RFL-9745 相對應之連接埠做傳輸速率的相關設定。例如在對 RFL9660 的 Port 3 和 APT L-PRO 欲做連結時，除了實體上連接埠的線路連接外，雙方連接埠必須在內部軟體上做傳輸速率設定。例如 Baud Rate = 19600、Data Bit=8、Parity=No、Stop Bit=1 等等的選用，而且雙方面的連接埠傳輸速率設定必須一樣，否則會發生無法連接的情形。在 APT 的 Baud Rate 選用方面必須謹慎，有

時會因 Baud Rate 速率過高，會發生資料傳送時在終端螢幕顯示上出現延遲的現象，一般發生此狀況時，筆者會將 Baud Rate 速度降低改設定為 9600，速率上雖不高，但傳輸上穩定性夠，符合我們現在的需求。

在 RFL9660 遠端存取器對 APT 及 RFL-9745 的存取操作步驟：

1. 撥通欲進入之變電所或電廠 RFL9660 專屬的微波專號，後進入 RFL9660 終端模式後，螢幕上游標會在 '\*' 下閃爍，按下 Enter 鍵後



螢幕游標會在 REMOTE>下閃爍。

2. 此時輸入'I'的指令，然後按下 Enter 鍵後，此時終端螢幕會顯示所有連結到該台 RFL9660 通訊埠的線路及使用儀器。
3. 此時選擇所要進入的線路及儀器，並輸入該線路或儀器所代表的數字號碼，然後按下 Enter 鍵，即可進入所選取的儀器中。
4. 如欲連結到代表 APT 的 Port 3 下，

只須輸入'3'後，再按下 Enter 鍵，此時螢幕來到 APT 起始畫面，然後在游標'login'下輸入'view' 然後按下 Enter 鍵後，即可進入 APT 內部選單，接下來按照所要的資料移動上下左右鍵選取。

5. 若要從 APT 返回到 RFL9660 的 REMOTE>提示畫面下，在任何時刻只要輸入大寫'BYE'即可，記住不須按下任何鍵。

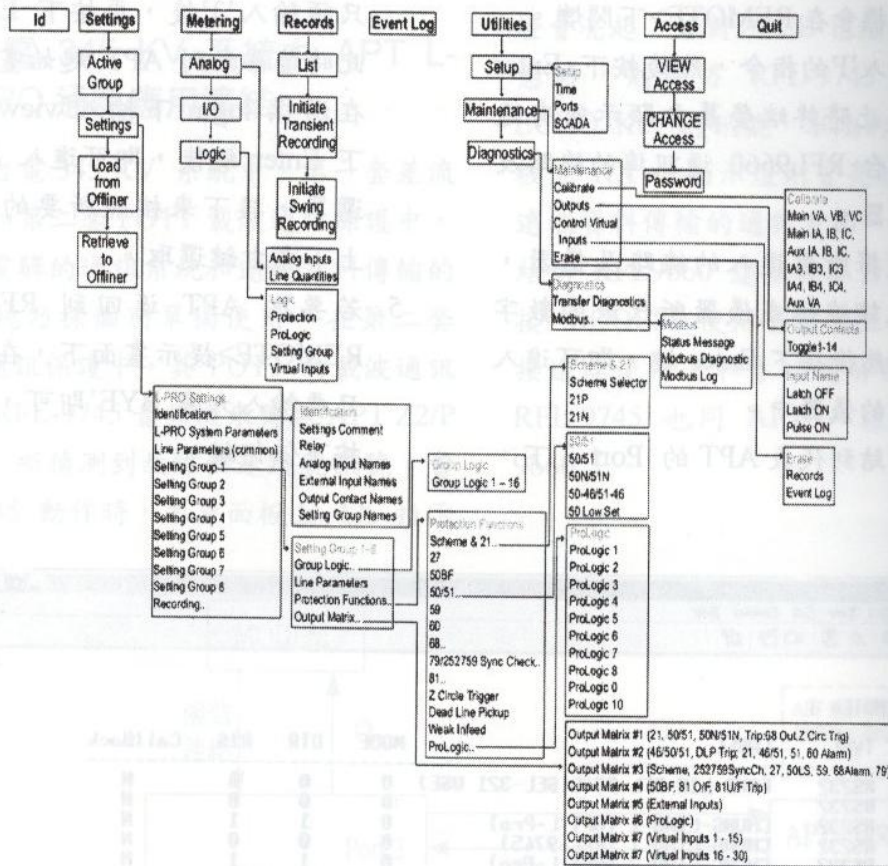
N	TYPE	LABEL	MODE	DTR	RTS	CallBack
1	RS232	FONG-LIN RFL-9745(SEL-321 USE)	0	0	0	N
2	RS232		0	0	0	N
3	RS232	CHUNG-LIAO 1 (APT L-Pro)	0	1	1	N
4	RS232	CHUNG-LIAO 1 (RFL-9745)	0	0	0	N
5	RS232	CHUNG-LIAO 2 (APT L-Pro)	0	1	1	N
6	RS232	CHUNG-LIAO 2 (RFL-9745)	0	0	0	N
7	RS232	CHUNG-LIAO 3 (APT L-Pro)	0	1	1	V
8	RS232	CHUNG-LIAO 3 (RFL-9745)	0	0	0	N
9	RS232		0	0	0	N
10	RS232		0	0	0	N
11	RS232		0	0	0	N
12	RS232		0	0	0	N
13	RS232		0	0	0	N
14	RS232		0	0	0	N
15	RS232		0	0	0	N
16	RS232		0	0	0	N

Press 'Return' or 'Enter' to continue...

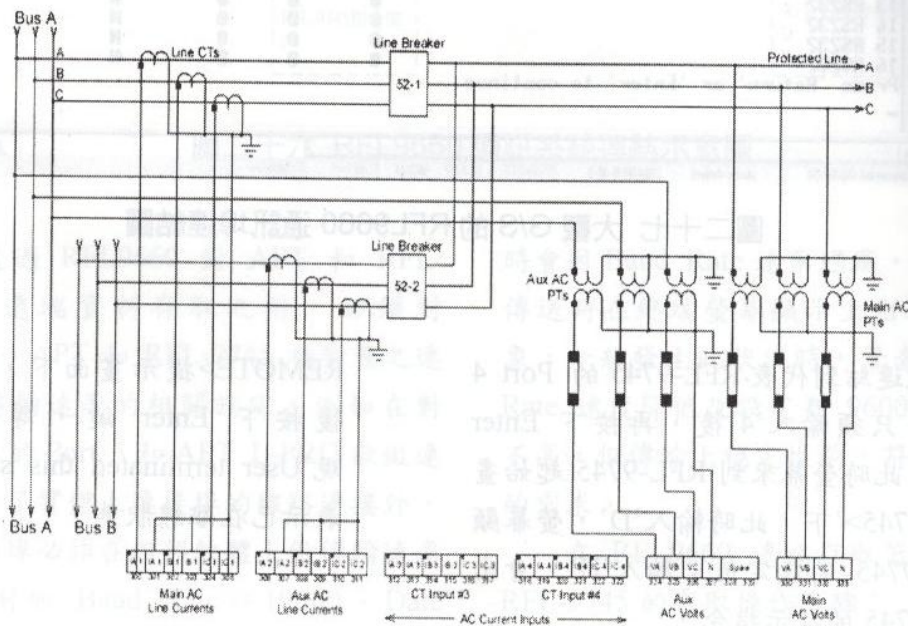
圖二十七 大觀 G/S 的 RFL9660 通訊埠連結圖

6. 如欲連結到代表 RFL-9745 的 Port 4 下，只須輸入'4'後，再按下 Enter 鍵，此時螢幕來到 RFL-9745 起始畫面'9745>'下，此時輸入'D'，螢幕顯示 9745 的設定值；輸入'H'，會出現 9745 的提示指令。
7. RFL-9745 欲退回 RFL9660 指令方式同 APT 一樣。
8. 欲離線時，先退回到 RFL9660 的

REMOTE>提示畫面下，再輸入'Q'後按下 Enter 鍵，等待畫面出現'User terminated this session!'即表示已在離線狀態。



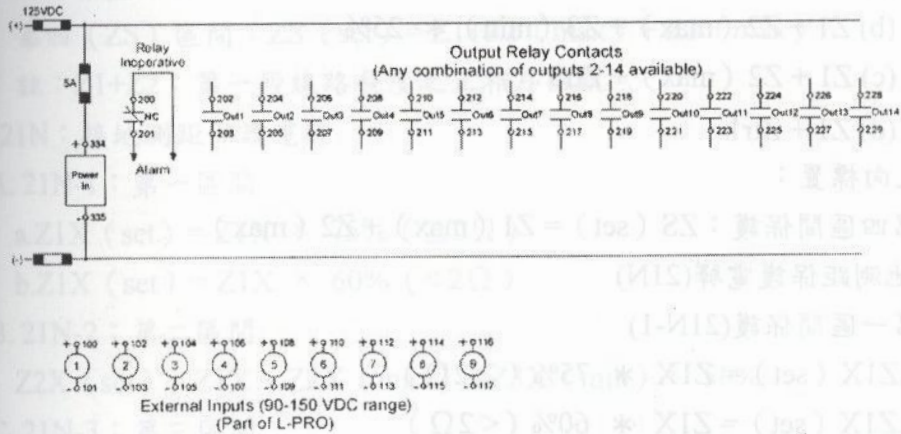
圖二十八 APT L-PRO 終端機模式介面連結圖



- Notes
1. CT inputs 1 to be used for protection and for recording of the protected line.
  2. CT inputs 2 can be used for second set of line currents for ring bus applications.
  3. CT inputs 3 and 4 can be used for recording other AC currents.
  4. AC Aux Voltage inputs used for line sync and over/under protection, main AC voltage inputs used for line protection.

圖二十九 APT L-PRO AC 迴路接線圖





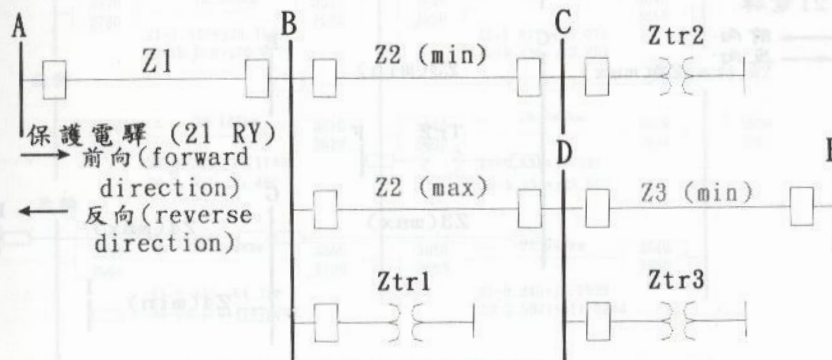
圖三十 APT L-PRO DC 迴路接線圖

### 六、APT L-PRO 輸電線保護電驛標置應用

#### 1. 345Kv 輸電線測距電驛設定區間運用

##### (1).21:相間測距保護電驛

##### 1.1 正常型如圖 所示



圖三十一 測距電驛設定區間正常型圖

#### A. 前向標置：

##### a. 第一區間保護(21-1)：

(a)  $Z1 (\text{set}) = Z1 * 0.8 (< 2\Omega)$

(b)  $Z1 (\text{set}) = Z1 * 0.85 (\geq 2\Omega)$

##### b. 第二區間保護(21-2)：

(a)  $Z2 (\text{set}) = \text{取下一線段之最小值}$

(b)  $Z1 + Z2 (\text{min}) * 50\%$

(c)  $Z1 + Ztr1$

##### c. 第三區間保護(21-3)：

- (a)  $Z3 \text{ (set)} = \text{取下一線段之最小值}$
- (b)  $Z1 + Z2 \text{ (max)} + Z3 \text{ (min)} * 25\%$
- (c)  $Z1 + Z2 \text{ (max)} + Z_{tr3}$
- (d)  $Z1 + Z_{tr1}$

B. 反向標置：

第四區間保護： $ZS \text{ (set)} = Z1 \text{ (max)} + Z2 \text{ (max)}$

(2). 接地測距保護電驛(21N)

A. 第一區間保護(21N-1)

- a.  $Z1X \text{ (set)} = Z1X * 75\% (\geq 2\Omega)$
- b.  $Z1X \text{ (set)} = Z1X * 60\% (< 2\Omega)$

B. 第二區間保護(21N-2)

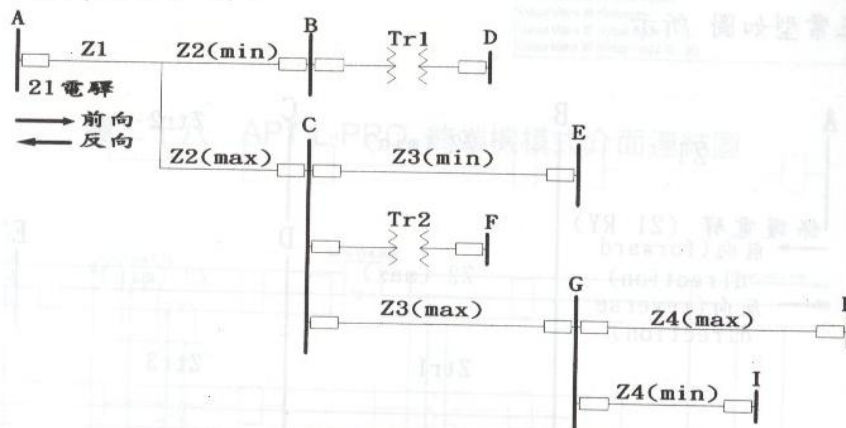
$Z2X \text{ (set)} = Z1X + Z2X \text{ (min)} * 50\%$

C. 第三區間保護(21N-3)

$Z3X \text{ (set)} = Z1X + Z2X \text{ (max)} + Z3X \text{ (min)} * 25\%$

註.  $Z1X$ ：第一段線路長度之正相序電抗。

1.2 三端(T)型如圖 所示



圖三十二 測距電驛設定區間三端(T)型圖

(1). 21: 相間測距保護電驛

A. 前向標置：

a. 第一區間： $Z1 \text{ (set)} = \text{取下一線段之最小值}$

(a).  $Z1 \text{ (set)} = Z1 + Z2 \text{ (min)} * 0.85 (\geq 2\Omega)$

(b).  $Z1 \text{ (set)} = Z1 + Z2 \text{ (min)} * 0.8 (< 2\Omega)$

b. 第二區間： $Z2 \text{ (set)} = \text{取下一線段之最小值}$

$Z2 \text{ (set)} = Z1 + Z2 \text{ (max)} + Z3 \text{ (min)} * 50\%$

c. 第三區間： $Z3 \text{ (set)} = \text{取下一線段之最小值}$

$Z3 \text{ (set)} = Z1 + Z2 \text{ (max)} + Z3 \text{ (max)} + Z4 \text{ (min)} * 25\%$



B.反向標置：

第四 (ZS) 區間： $ZS (\text{set}) = Z1 + Z2 (\text{max}) + Z3 (\text{max})$

註： $Z1 + Z2$ ：第一段線路長度之正相序阻抗。

(2). 21N：接地測距保護電驛

A. 21N-1：第一區間

a.  $Z1X (\text{set}) = Z1X \times 75\% (\geq 2\Omega)$

b.  $Z1X (\text{set}) = Z1X \times 60\% (< 2\Omega)$

B. 21N-2：第二區間

$Z2X (\text{set}) = Z1X + Z2X (\text{max}) + Z3X (\text{min}) \times 50\%$

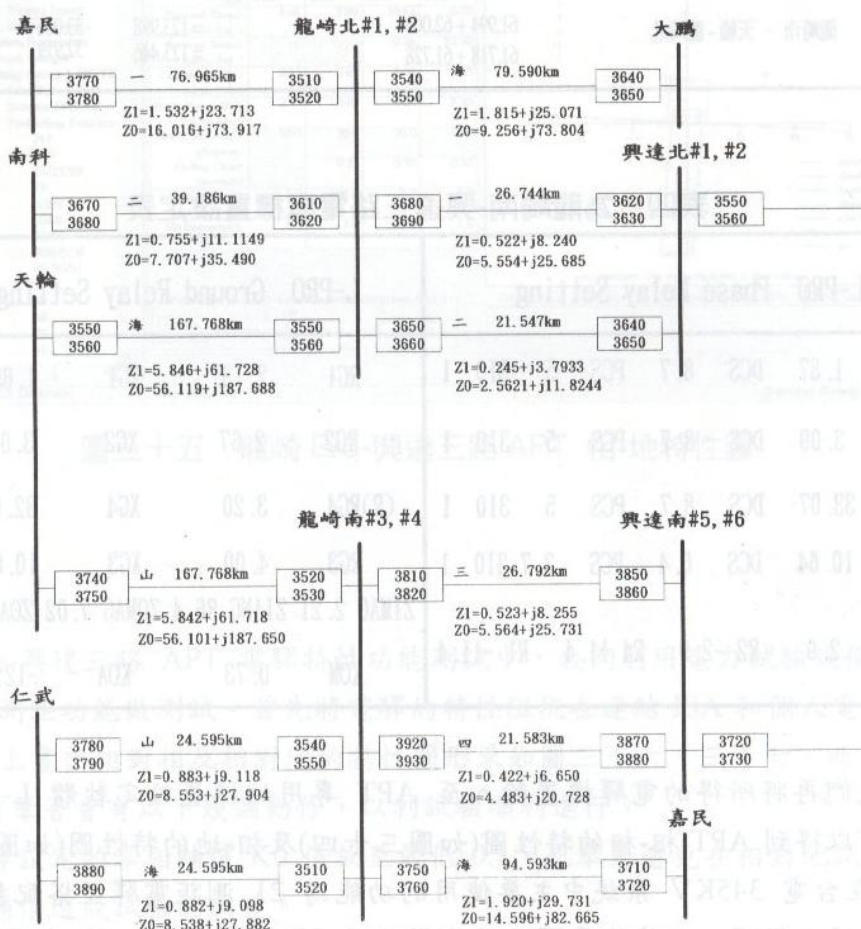
C. 21N-3：第三區間

$Z3X (\text{set}) = Z1X + Z2X (\text{max}) + Z3X (\text{max}) + Z4X (\text{min}) \times 25\%$

註： $Z1X + Z2X$ ：第一段線路長度之負相序電抗。

2. 345kV 輸電線線路常數計算

電力系統線路常數如圖三十三是提供輸電線故障時兩端保護電驛有效計算故障點線路常數所用，為使測距電驛偵測準確，系統有效安全運轉，輸入之線路常數要力求正確，以確保測距電驛動作無誤。



圖三十三 345kV 輸電線線路常數圖

## 3. 輸電線路保護電驛標置計算

輸電線路標置計算參考圖三十三線路常數圖，龍崎南-興達三路供電，有關線路之電驛標置計算如下。

## (1). 輸電線路由龍崎南-興達三路電驛標置計算

$$\frac{CT.R}{PT.R} = 0.2667$$

CT Ratio: 4000/5,

21S:L-PRO(POTT)---APT CORPORATION

表三 為龍崎南-興達三路電驛標置阻抗計算表

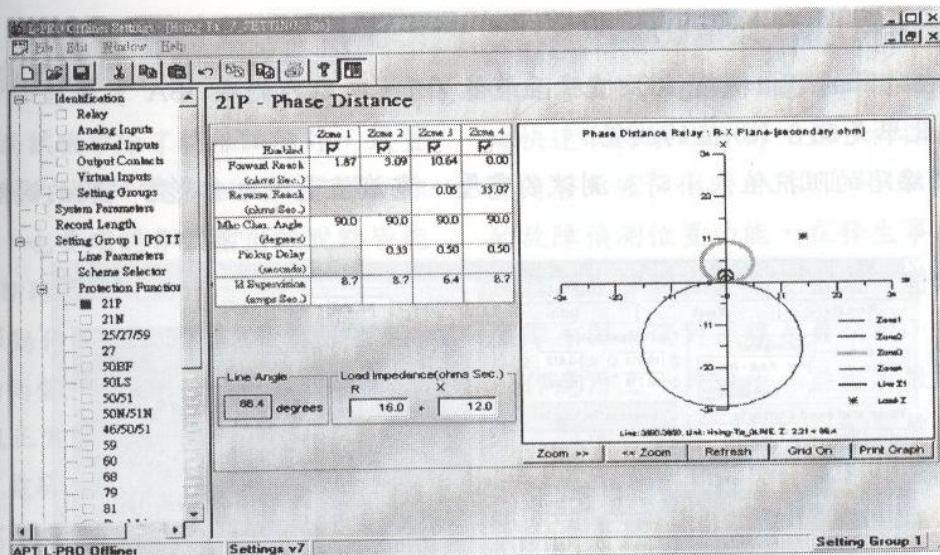
動作區間 ZONE	第一線段	第二線段	第三線段	第一區間	第二區間	第三區間	一次側阻抗	二次側阻抗	相角 ANGLE
	1ST	2ND	3RD	1ST	2ND	3RD	Z(PRI)	Z(SEC)	
Z1	龍崎南 - 興達			8.272 X 0.85 8.272 X 0.75			= 7.031 = 6.191	1.875 1.651	86
Z2	龍崎南 - 興達 - 龍崎北			8.272 + 6.652 X 0.50 8.255 + 6.639 X 0.50			= 11.598 = 11.575	3.093 3.087	86
ZTR	龍崎南 - 興達 - TR(L.T.)			8.272 + 5.501			= 11.769	3.672	87
Z3	龍崎南 - 興達 - 龍崎北 - 興達			8.272 + 8.257 + 6.652 X 0.25 8.255 + 8.240 + 6.639 X 0.25			= 18.191 = 18.155	4.851 4.841	86
ZS	龍崎南 - 天輪 - 龍崎北			61.994 + 62.004 61.718 + 61.728			= 123.998 = 123.446	33.066 32.919	85

表四 為龍崎南-興達三路電驛標置設定表

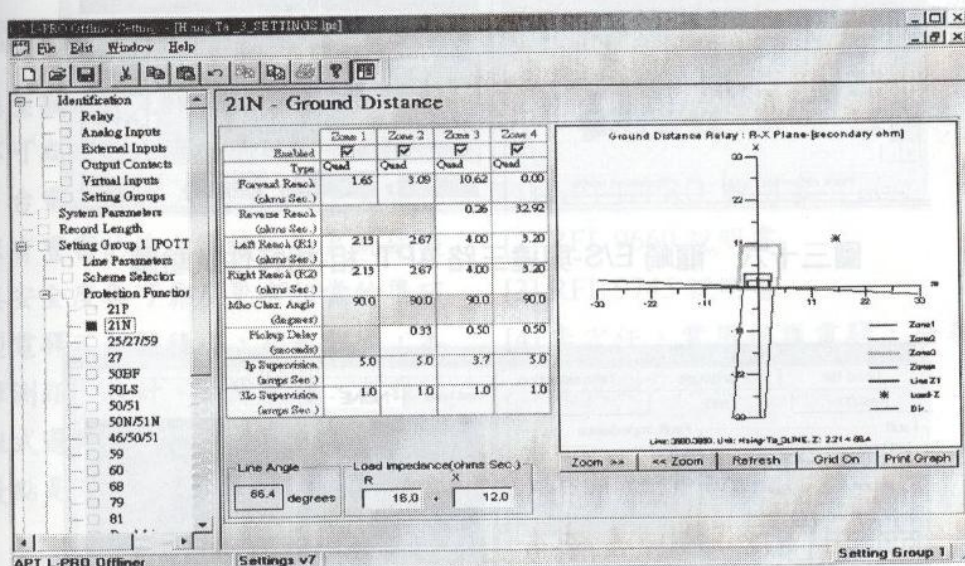
L-PRO Phase Relay Setting								L-PRO Ground Relay Setting			
Z1P	1.87	DCS	8.7	PCS	5	310	1	RG1	2.13	XG1	1.65
Z2P	3.09	DCS	8.7	PCS	5	310	1	RG2	2.67	XG2	3.09
(R)Z4P	33.07	DCS	8.7	PCS	5	310	1	(R)RG4	3.20	XG4	32.92
Z3P	10.64	DCS	6.4	PCS	3.7	310	1	RG3	4.00	XG3	10.62
68 R3	2.9	R2	-2.9	R4	11.4	R1	-11.4	Z1MAG	2.21	Z1ANG	86.4
								Z0MAG	7.02	Z0ANG	77.8
								KOM	0.73	KOA	-12.5

我們再將所得的電驛標置輸入至 APT 專用的標置設定軟體 L-PRO Offliner 裡，可以得到 APT 相-相的特性圖(如圖三十四)及相-地的特性圖(如圖三十五)。而 APT 在台電 345KV 系統中主要使用的功能為 21 測距電驛並搭配載波機組成為 POTT 通訊保護，而其他電驛的功能僅啟用 27 欠壓功能、60 失壓功能和 Dead Line Pickup 功能等。





圖三十四 龍崎 E/S-興達三路 APT 相-相特性圖



圖三十五 龍崎 E/S-興達三路 APT 相-地特性圖

### 特性試驗：

在龍崎南-興達三路 APT 電驛特性功能測試中，我們利用電力試驗設備 ISA 來針對電驛的 21 測距功能做測試。首先將電驛的特性阻抗在連結 ISA 和個人電腦的試驗軟體 IsaWizard 上畫出相對相及相對地的特性圖形來如圖三十六、三十七。而在讓 ISA 做自動試驗之前筆著會有以下幾個動作，以利試驗順利進行。

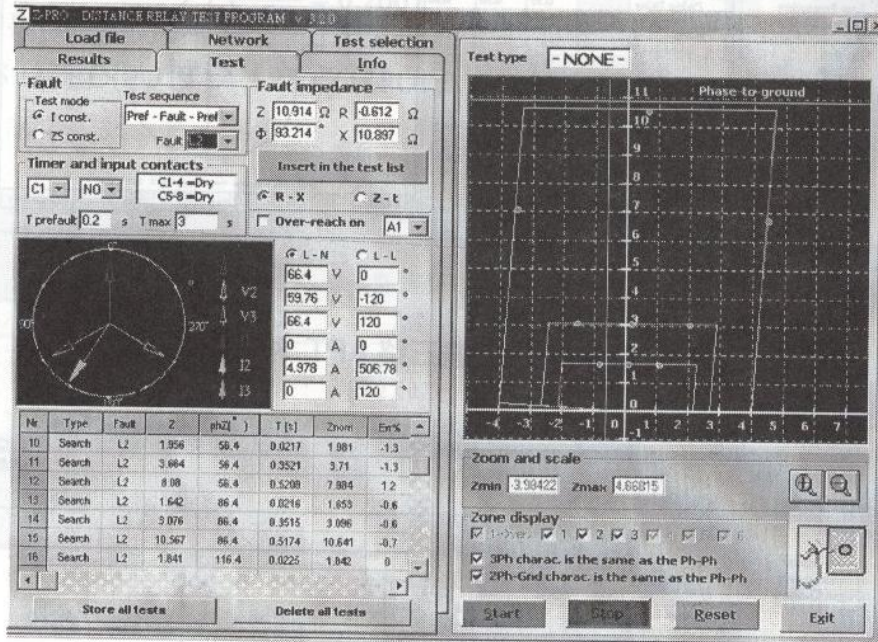
1. 先將電驛設定的零相補償 K0 值放至最低 0.1，此舉是避免在相對地試驗時，電驛的零相補償造成試驗的誤差。
2. 並將其他電驛功能關閉僅留下測距功能，避免當電壓、電流過低時引起其他電驛



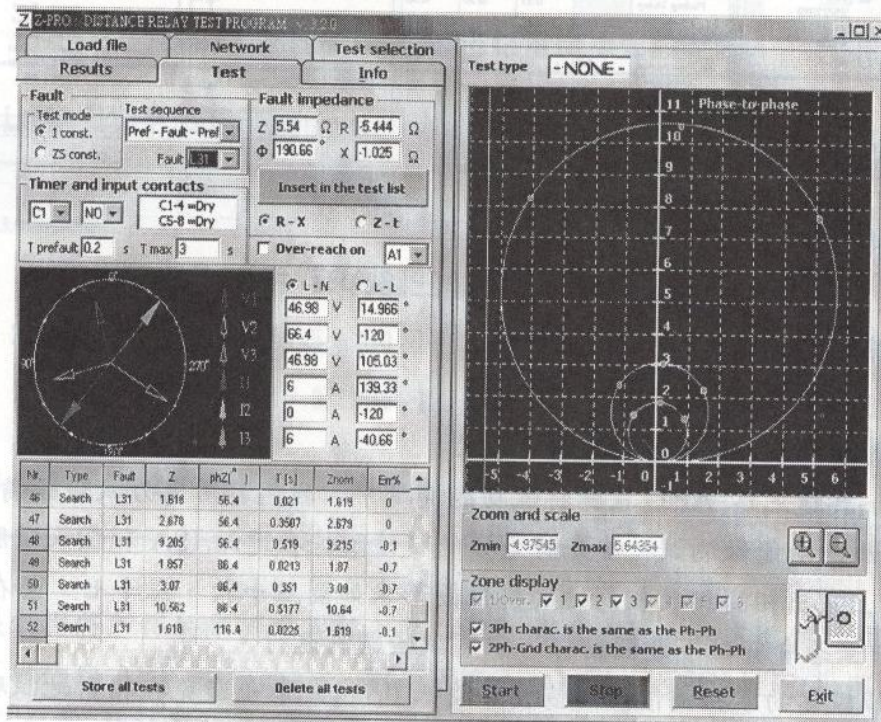
功能動作，造成不必要試驗。

3. 先前在電驛的零相補償 K0 值放至最低 0.1，所以我們在 ISA 軟體裡的 K0L 放 0.1，此舉是配合 K0 值的放置。

若線路的阻抗值太小時，測試的電壓、電流值選用也會影響試驗的誤差



圖三十六 龍崎 E/S-興達三路 APT 相-相特性試驗圖



圖三十七 龍崎 E/S-興達三路 APT 相-地特性試驗圖



## 跳脫點輸出：

電驛的試驗中除了特性試驗外，最重要當屬跳脫的試驗。這不但測試電驛動作是否正確，也要確認各個輸出跳脫點皆能正常觸發斷路器跳脫動作。

1. 電驛動作時，是否能正常將本回線路的兩個連結斷路器正常跳開。
2. 通訊正常時，當電驛動作 Z2 區間時，電驛是否為 POTT 動作跳脫。
3. 當電驛動作時，傳至在 BF(斷路器故障)電驛盤的訊號是否使接點正確動作。

## 七、結論：

智慧型數位式電驛在未來電力保護系統裡是不可或缺的主流，尤以輸電線路保護更甚。台電使用的 APT L-PRO 電驛在國外不只有豐富的線上實績，對系統保護方面，其安全度與可靠度更有相當的準確性。此型電驛不但體積小、功能強大，本身有故障測距、表計、故障紀錄、自我偵測、可程式邏輯規劃、數位通信介面外，其最大優點是可搭配通訊機組由遠端做電

驛的標置設定及更改和遠端資料的存取。因此當故障發生時，電驛工程師可以從遠端快速取得事故資料，並分析探討電驛動作是否正確；同時 APT L-PRO 電驛附屬的故障偵測位置功能，在發生事故後能儘速發現故障點位置，並在最短時間內排除故障原因，這對保線人員來說，是在維護操作應用上一大進步，並可有效地節省人力、時間。由於 345KV 輸電線路在系統運轉上非常重要，因此為確保系統供電品質的可靠與穩定均採用兩套雙重保護，這樣對保護電驛所產生的失誤與誤動作將可降至最低，同時確保事故時斷路器能快速動作，將故障點隔離，使系統更加穩定安全，供電品質更良好。

## 八、參考資料：

- [1] APT L-PRO 說明書
- [2] RFL 9660 說明書
- [3] RFL 9745 說明書
- [4] 李宏任，實用保護電驛，全華科技圖書股份有限公司

