

# 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

供電處電驛技術課 呂嘉圖

### 一、前言：

345kV 超高壓輸電線路為台灣全島之骨幹線路，目前每回線均裝設兩套保護電驛，因皆為架空線路，發生非永久性故障（如雷擊、動物攀爬等）之機率頗高，故搭配快速自動復閉功能，以期能在非永久性故障跳脫後隨即恢復供電，以確保系統穩定及供電品質。

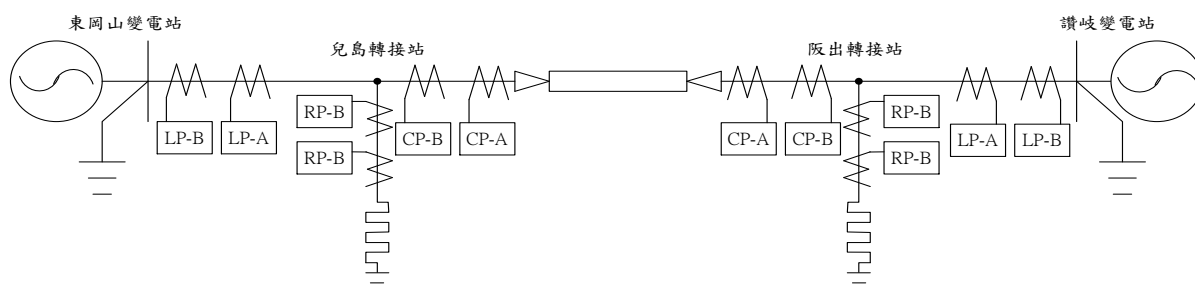
本公司在南科超高壓變電所出口處首次使用 345kV XLPE 地下電纜，由南科 E/S 引接至所外之架空／電纜連接站，全長共計 2.7 公里，目前該線路之自動復閉電驛功能閉鎖中，且於電纜段兩端另裝設差電流電驛並以光纖直接引接，該電驛於偵測到電纜段發生故障時僅輸出警報，以提供操作運轉人員作為事故跳脫後是否送電之依據。

部分架空部分 XLPE 電纜之 345kV 超高壓輸電線路，未來將陸續出現在台電系統中，有關此類型輸電線路之保護電驛方式及復閉電驛運用問題，亦將隨之呈現。本文將先以日本「中國電力」至「四國電力」的一條部分架空部分 OF 電纜 500kV 聯絡線之保護電驛規劃設計方式為例說明，進而探討本公司如何以現有之保護及通信設備，針對部分架空部分 XLPE 電纜之 345kV 超高壓輸電線路進行保護。

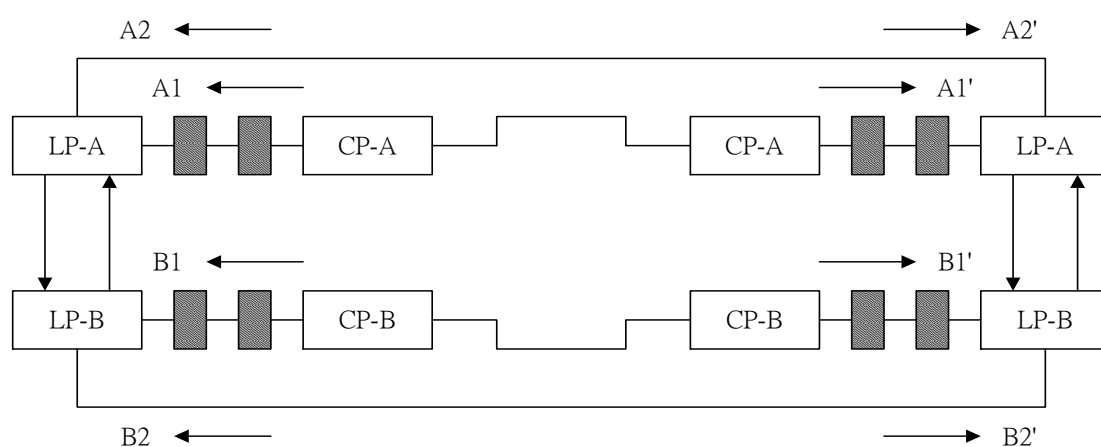
### 二、日本電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能：

日本已具備 500kV 地下電纜多年之送電經驗，本案例為一條 127.4 公里長之 500kV 輸電線路，由「中國電力」之東岡山變電站（以下簡稱東岡山 SS）連接至「四國電力」之讚岐變電站（以下簡稱讚岐 SS），此輸電線路為兩家電力公司之重要聯絡線路，變電站之出口線路皆採架空方式，線路種類為 ACSR410 四導體，該線路中段部分採電纜方式引接，電纜種類為充油電纜，由兒島架空／電纜連接站（以下簡稱兒島 CH）連接至出架空／電纜連接站（以下簡稱出 CH），電纜全長共計 22.1 公里，其中輸電線路保護電驛（LP-A 及 LP-B）、電纜區間事故檢出裝置（CP-A 及 CP-B）及電抗器保護電驛（RP-A 及 RP-B）均採用 A、B 兩組保護，其系統單線圖詳如圖一。

當該線路發生故障時，輸電線路保護電驛（LP-A 及 LP-B）隨即下達跳脫指令並啟斷斷路器，電纜區間事故檢出裝置（CP-A 及 CP-B）主要功能在於故障發生時能立即判斷此事故是否為電纜區間內之事故，若為電纜區間內部事故，則立即透過高速信號傳送裝置進行閉鎖輸電線路保護電驛（LP-A 及 LP-B）之自動復閉功能，其通信架構圖詳如圖二。



圖一 系統單線圖



圖二 通信架構圖

### 三、日本電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能之判定邏輯：

前一個段落僅針對該功能作一個簡單的陳述及說明，本段落將另針對電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能之判定邏輯（附件一）進行詳細的說明。

#### ● 附件一表一：

電纜區間事故檢出裝置（CP-A 及 CP-B）於故障發生時即進行判定是否設備功能正常且是否偵測到電纜區間內部事故，將 CP-A 及 CP-B 兩組之交叉比對結果（表一）藉由高速信號傳送裝置經由

A1 路徑（兒島 CH→東岡山 SS）及 A1' 路徑（出 CH→讚岐 SS）分別傳送給東岡山 SS 端及讚岐 SS 端之輸電線路 A 組保護電驛（LP-A）。

同理可知，CP-A 及 CP-B 之比對結果亦藉由 B1 路徑及 B1' 路徑分別傳送給東岡山 SS 端及讚岐 SS 端之輸電線路 B 組保護電驛（LP-B）。

#### ● 附件一表二：

以東岡山 SS 端之 LP-A 為例，將收到之電纜區間事故檢出裝置判定結果，與 A1 路徑之通訊狀態有無異常進行判定，判定結果（表二）則藉由多工機 54kbps PCM 差流通道經由 A2' 路徑（東岡山 SS

→讚岐 SS) 傳送。同理可知，東岡山 SS 端之 LP-B 則是藉由 B2' 路徑傳送表二之判定結果。

● 附件一表三：

讚岐 SS 端之 LP-A 收到東岡山 SS 端之判定結果，隨即與多工機 54kbps PCM 差流通道狀態有無異常進行判定，判定結果如表三。B 組亦然。

● 附件一表四：

以讚岐 SS 端之 LP-A 為例，由讚岐 SS 端之表二與表三之判定結果，即可進行 A 組線路保護電驛自動復閉之初步判定(表四)，但是實際上表四 A 組之判定結果仍須與 B 組判定結果作綜合判定(表五)後才能決定自動復閉功能是否閉鎖。

● 附件一表五：

最後依據綜合判定結果決定是否輸出自動復閉功能閉鎖信號。

#### 四、本公司電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能：

南科超高壓變電所出口處之嘉民、龍崎線均使用 345kV XLPE 地下電纜之輸電線路，為台電首例之部分架空部分 XLPE 電纜之 345kV 超高壓輸電線路，目前自動復閉電驛功能閉鎖中。

若運轉模式以南科為試送端，因電纜段即位於南科出口處，不像前述日本案例位於全線段中間位置，故南科嘉民線及南科龍崎線之電纜區間事故檢出自動閉鎖復

閉功能，僅需將南科出口處之電纜段差動電驛跳脫信號直接引接至南科控制室閉鎖自動復閉電驛即可，不需加裝任何高速通信頻道。

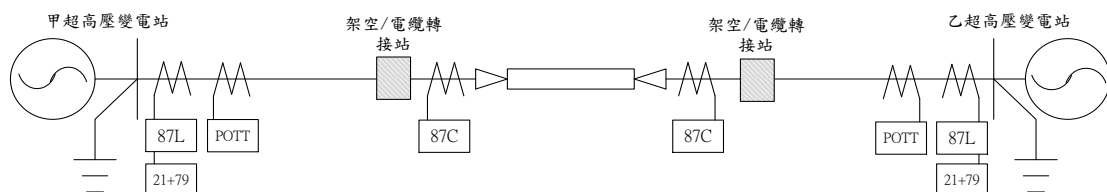
考量線路發生故障跳脫後，若為永久性故障，由南科端進行試送程序，會造成電壓驟降，影響南科超高壓變電所周邊高科技用戶之供電品質，若運轉模式改以嘉民及龍崎為試送端，則必需透過高速之通信頻道，將電纜段電驛判定結果傳送至嘉民或龍崎端之保護電驛設備，才能達到電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能。

未來部分架空部分電纜 345kV 超高壓輸電線路，將陸續出現在台電系統中，且電纜段有可能位於全線段中間位置，如何利用本公司既有之保護電驛及通信設備，達到電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能，將詳細說明如下。

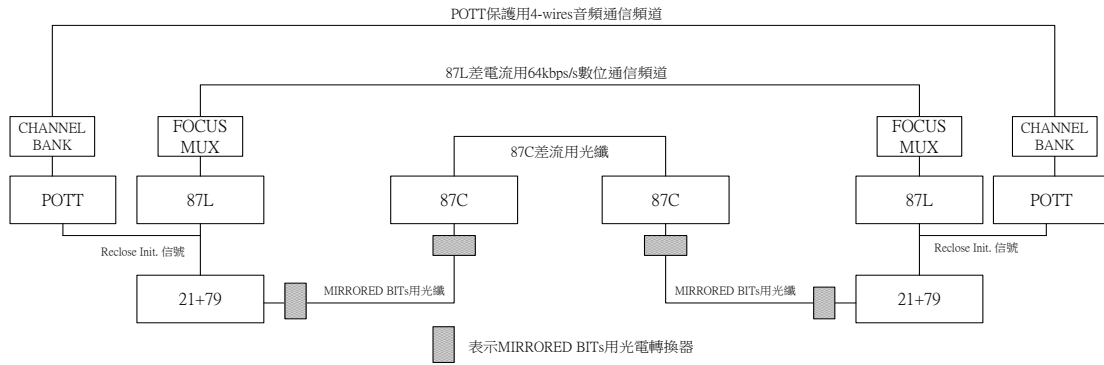
本公司目前 345kV 輸電線路每回線均採用兩套保護，第一套採差電流電驛方式，另一套採 POTT 方式，其中差電流電驛之通信媒體採多工機 64kbps 數位通道，自動復閉功能即內建於差流保護電驛盤。

針對台電系統之部分架空部分 XLPE 電纜之 345kV 超高壓輸電線路，電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能單線圖詳如圖三。

通信架構圖詳如圖四，需注意除原有保護用通信通道外，還需加裝 MIRRORRED BITS 專用光纖通道。



圖三 台電部分架空部分電纜系統單線圖



圖四 台電 345kV 部分架空部分電纜線路通信架構圖

## 五、台電電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能之運作方式（請參考附件二）。

### ● 附件二表一：

若電纜段發生故障，87C 電驛動作後，將 TMB1A 暫存器旗標設為 1，若 87C 差流通道發生故障，將 TMB2A 暫存器旗標設為 1。

### ● 附件二表二：

在 MIRRORED BITS 通信正常狀況下（ROKA=1），若本端之 87L、POTT 或 ZONE1 雖動作，但收到 87C 動作旗標（RMB1A=1）或收到 87C 有差流通信問題（RMB2A=1），則本端初步判斷結果為「不可復閉」。

反之，若收到 87C 動作旗標（RMB1A=0）且 87C 無差流通信問題（RMB2A=0），則本端初步判斷結果為「可復閉」。

若本端初步判斷結果為可復閉，則本端差流電驛會將 87L 用差流通信頻道的 T3X 暫存器旗標設為 1，並傳送至乙超高壓變電站。

### ● 附件二表三：

乙超高壓變電站之 87L 電驛若差流通道中之 R3X 暫存器旗標被設為 1，且當時該通道為正常情形下，即可確認遠端（甲）超高壓變電站初步判定結果為「可復閉」。

### ● 附件二表四：

本端與遠端判定結果皆為「可復閉」時，才進行復閉程序。需注意當遠端或近端有任何一端之判定結果為「復閉功能閉鎖」時，電驛隨即進入復閉功能閉鎖狀態。

## 六、本公司電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能詳細設定方式

以上表列及說明僅針對台電電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能運作方式進行說明。為達成前述功能，必須充分利用現有微處理式電驛內部之可程式邏輯功能，以下將針對電驛內部可程式邏輯設定部分進行詳述（請參考附件三）。

由附件二表一之說明，若電纜段發生故障，87C 電驛動作後，將 TMB1A 暫存

器旗標設為 1，若 87C 差流通道發生故障，將 TMB2A 暫存器旗標設為 1。

● 311L (87C) 設定：

Mirrored Bit Transmit Equations	說明 (+號表 OR、*號表 AND、!表 NOT)
$TMB1A = 87L$	1. TMB1A 旗標為 1 時，代表電纜段差動電驛 87C 動作 2. 87L 為電纜段差動電驛 87C 動作
$TMB2A = 87CHFAIL$	1. TMB2A 旗標為 1 時，代表電纜段差動電驛 87C 差動用通訊頻道不良 2. 87CHFAIL 為電纜段差動電驛 87C 差動用通訊頻道不良

● 311L (87L) 設定：

若本端之 87L、POTT 或 ZONE1 雖動作、但收到 87C 動作旗標 (RMB1A=1) 或收到 87C 差流通信問題 (RMB2A=1)，則本端初步判斷結果為「不可復閉」。

若本端初步判斷結果為可復閉，則本端差流電驛會將 87L 用差流通信頻道的 T3X 暫存器旗標設為 1，並傳送至乙超高壓變電站。

Mirrored Bit Transmit Equations And SELogic	說明 (+號表 OR、*號表 AND、!表 NOT)
$OUT1 = 87L$	1. OUT1 接點動作將觸發並啟動 311C 電驛復閉程序 2. 87L 為線路用差動電驛 87L 動作
$OUT2 = RMB1A + RMB2A + !R3X$	1. OUT2 接點動作表示電纜段發生故障或電纜段差動電驛通訊不良或遠端判定「不可復閉」，任一條件將觸發 311C 電驛復閉功能強制閉鎖 2. RMB1A 為 87C 電驛動作旗標 3. RMB2A 為 87C 電驛差流通信不良旗標 4. R3X 若為 0 表示遠端判定結果為「不可復閉」
$T3X = !RMB1A*!RMB2A$	1. T3X 為 1 時表示本端判定結果為「可復閉」 2. T3X 旗標將傳送至遠端

● 311C (21+79) 設定：

Mirrored Bit Transmit Equations And SELogic	說明 (+號表 OR、*號表 AND、!表 NOT)
$79RI = Z1G + M1P + IN1$	1. 79RI 為 311C 電驛復閉功能觸發條件 2. Z1G 為 311C 電驛第一區間接地故障跳脫 3. M1P 為 311C 電驛第一區間相間故障跳脫 4. IN1 為 311C 內建之 INPUT 點，參考附件三可知其動作條件為本端之 311L 電驛動作或 POTT 電驛動作
$79DTL = IN2$	1. 79DTL 為 311C 電驛復閉功能強制閉鎖條件

	2. IN2 狀態受 87L 之 OUT2 影響
--	--------------------------

● APT L-PRO (POTT) 設定：

APT L-PRO OUTPUT MATRIX	說明 (+號表 OR)
OUT1 = 21P1 Trip + 21N1 Trip + COMM Trip	1. OUT1 接點動作將觸發並啟動 311C 電驛復閉程序 2. 21P1 Trip 為 APT L-PRO 電驛第一區間相間故障跳脫 3. 21N1 Trip 為 APT L-PRO 電驛第一區間接地故障跳脫 4. COMM Trip 為 APT L-PRO 電驛 P'OTT 故障跳脫

## 七、結論：

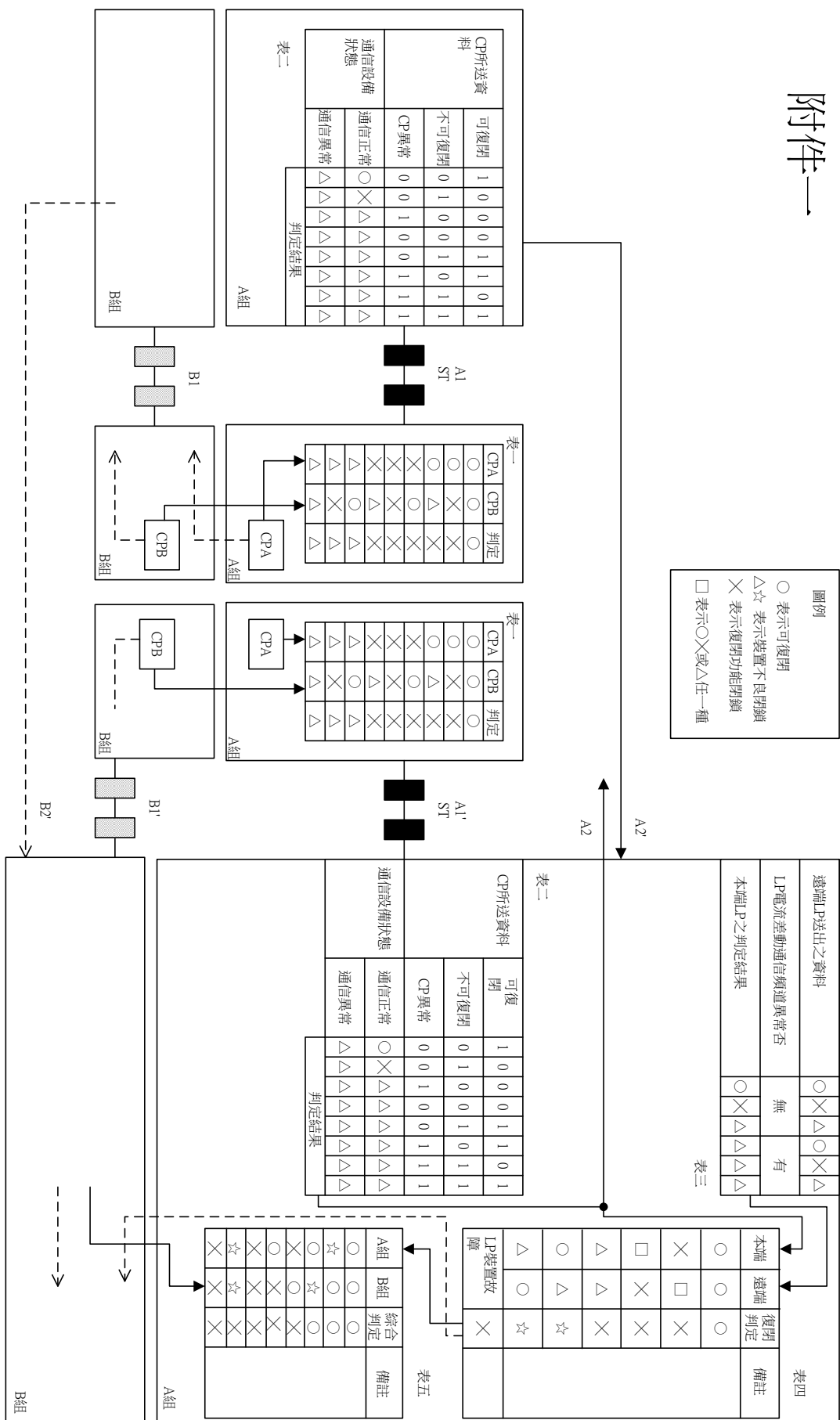
目前新型數位保護電驛均具備可程式邏輯、可程式 I/O 點及內建多個高速傳輸通道，於保護應用上具有極大的彈性可供保護電驛工程師進行局部之變更及調整。

以南科為例，若以嘉民及龍崎為試送端，僅需比照前述方式加裝電纜段差動保護電驛至嘉民或龍崎端之高速通信頻道，並變更部分保護電驛之可程式邏輯，即可針對部分架空部分電纜之超高壓線路達到

「電纜區間事故檢出自動閉鎖復閉功能」。如此便可以同時享有高速復閉功能、提高供電系統安全及穩定性，又可以避免於電纜段發生事故時因復閉而造成電纜設備再次損害。

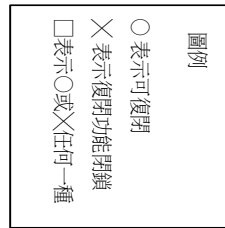
隨著通信科技的日益發達與普及，數位電驛搭配高速傳輸通道進行保護協調及傳輸資料，儼然已經成為一種新趨勢，於未來若善加利用，可預期本公司之供電系統將會更為穩定、安全及可靠。

# 附件一





# 附件二



表三

遠端87L初步判定結果 R3X之旗標值	1	0	1	0
87L 電流差動通信頻道異常否	無		有	
遠端87L之判定結果	○	×	×	×

表四

本端	遠端	復閉判定	備註
×	○	○	
×	□	×	
□	×	×	
87L或通信頻道故障		×	

87L差電流用64Kbps/s數位通信頻道

表二

87C所 送資料	RMB1A	1	0	0	1
	RMB2A	0	1	0	1
87L、FOITT或 ZONE1跳斷断路器					
MIRRORED BITS不良					
ROKA=0					
本端判定結果					

甲超高壓變電站

表一

	TMB1A	TMB2A
電纜段內部 故障	1	
電纜段差流通 信故障		1

87C

表一

	TMB1A	TMB2A
電纜段內部 故障	1	
電纜段差流通 信故障		1

87C

表二

87C所 送資料	RMB1A	1	0	0	1
	RMB2A	0	1	0	1
87L、FOITT或 ZONE1跳斷断路器					
MIRRORED BITS不良					
ROKA=0					
本端判定結果					

乙超高壓變電站

# 附件三

87L 差電流用 64kbp/s 數位通信頻道

