

## ～～輸電線路數位電驛應用簡介～～

台電供電處電驛技術課電機工程師 蔡隆田

### 一、前言

隨著科技的發展，電力系統保護電驛已經進入智慧型電驛的數位時代。數位保護電驛功能強大，除具備安全可靠的完整保護功能之外，並整合有表計、故障測距、故障紀錄、自我偵測、可程式邏輯規劃、數位通信介面等等附加功能。整體而言，數位電驛具有維護週期長、運用彈性高、透過詳實的事故分析研擬對策以提昇保護協調功能等等應用上的重要優點。

### 二、數位電驛應用與維護

以下簡介日本東京電力公司數位電驛之應用與維護。

東京電力輸電線路保護電驛應用原則

275kV 及 500kV：使用兩套差流電驛作為主保護，通信媒體主要使用微波通信；使用一套或兩套測距電驛作為後衛保護。

154kV：使用兩套差流電驛作為主保護，通信媒體主要使用光纖通信；或使用非閉鎖(unblocking)方式之載波測距保護電驛作為主保護；使用一套測距電驛及方向性過流電驛作為後衛保護。

東京電力在輸電線路保護電驛的選用上與台電之規劃方向不謀而合，捨棄保護安全性較低的閉鎖(blocking)方式載波(或音頻)測距保護電驛，選擇差流電驛或非閉鎖(unblocking)方式之載波測距保護電驛作為主保護。可以證明台電選擇以差流電驛為第一主保護；允許

越區傳訊跳脫(Permissive Overreach Transfer Trip, POTT)方式音頻測距電驛為第二主保護兼三區間測距後衛保護的規劃方式實為符合保護電驛技術發展運用世界潮流的正確選擇。

東京電力保護電驛維護執行方式

275kV(含)以上系統之電驛維護工作由東京電力公司工程師進行維護試驗。

275kV 以下系統之電驛維護工作則允許可以在東京電力公司工程師監督下委外進行維護試驗。

東京電力數位電驛定期維護執行方式

數位電驛定檢週期為 6 年，但新裝設完成後的第一個週期不必執行，即裝機後第 12 年執行第一次定檢。

電驛盤面定檢之試驗項目：

1. 盤面狀況及接線檢視
2. CT 及 PT 回路接地確認
3. 電驛動作測試

(1) 採不加電壓、電流方式執行電驛跳脫動作試驗

(2) 電驛警報指示輸出動作試驗

4. 絕緣阻抗量測

5. CT 及 PT 回路阻抗量測

分析東京電力針對數位電驛定期維護的執行方式頗具合理性，檢測要點偏重於外部接線正確性之測試與檢查，因電驛裝機後外部接線(包含開關廠設備到電驛間的引接線)有可能因環境影響或相關工程作業而隨著時間有所變化，因此有必要定期加以測試檢查；至於數位電驛本身則不

斷地在執行自我檢測，一有異常便會立即發出警報，此時則必須立即進行電驛的故障查修作業，因此只要數位電驛表計功能顯示正常，自我檢測無異常示警，定期維護時並沒有絕對必要針對數位電驛的保護特性動作值以模擬電壓、電流的方式做大量的試驗；至於數位電驛動作後是否可以正確完成跳脫迴路，以及其各警報接點動作後的警報信息是否可以正確傳達，應該是定期維護的重點項目，此等電驛接點及迴路測試則可以利用下達數位電驛的強迫接點動作輸出指令來完成跳脫及警報試驗。

台電使用之數位電驛多具有接點動作測試功能，妥善應用該項功能，可以簡化試驗程序及減少人力，並達成定期測試以確認保護及警報回路功能的重要目的。

### 三、SEL-311L 線路差流電驛簡介

台電 345kV 線路保護電驛使用 SEL 公司之數位差流電驛 SEL-311L 作為第一主保護，以下簡介 SEL-311L 電驛之功能及特色。

原理簡單使用容易的線路差流電驛

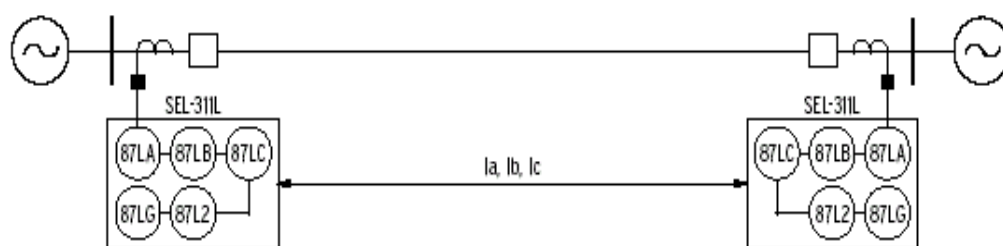


圖 1 SEL-311L 含 A 相、B 相、C 相、零相及負序差流元件

靈敏簡單的保護特性

SEL-311L 電驛使用遠端電流相量(phasor)與本端電流相量的向量(vector)

SEL-311L 透過保護用通信頻道交換線路兩端(或三端)彼此的三相電流相量信號，利用差流原理演算法判斷是否保護線路上發生各類型故障，可達到 1 週波動作速度。差流電驛之設定簡單容易，在絕大部分的應用中不需做故障電流分析。

SEL-311L 差流電驛內建測距及過流等後衛保護功能。

SEL-311L 可使用單一保護頻道或雙重保護頻道以提高保護可信賴度，可應用於兩端或三端子線路。保護線路中可以有負載分歧而不會誤動作。含復閉功能並具邏輯控制規劃之彈性可藉以實現自動化。

功能簡介

SEL-311L 電驛在保護方面除了最主要的差流保護(87L)功能(含三相差流元件、零相差流元件及負序差流元件)外，並具有測距保護(21)、方向性延時過流(67)、瞬時過流(50)、延時過流(51)、高頻/低頻(81)、同步檢定(25)、復閉(79)等保護功能。

比(Alpha 平面)以及各相序電流的 Alpha 平面抑制區來達成可不受線路負載量、比流器飽和或分歧負載等因素

影響之高速保護特性。

## Alpha Plane Restraint and Operate Regions

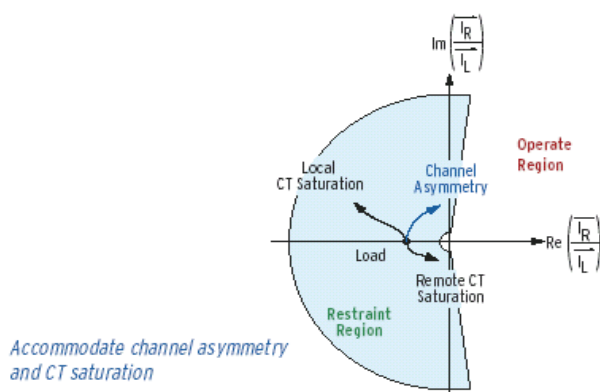


圖 2 SEL-311L 電驛使用 Alpha 平面  
判斷差流動作值

負相序差流元件對於不平衡故障有很高的靈敏度，可以在故障電流低於負載值或線路充電電流值情形下，正確安全的偵測出高阻抗故障。

比流器特性差異下的安全性

使用 Alpha 平面差流演算法，於外部故障中一端或多端比流器發生飽和現象時，仍保有保護安全性不致多跳。

可適應第一半週波的嚴重比流器飽和現象。

使用既有比流器，不要求各端比流器具相等匝比或相同特性。

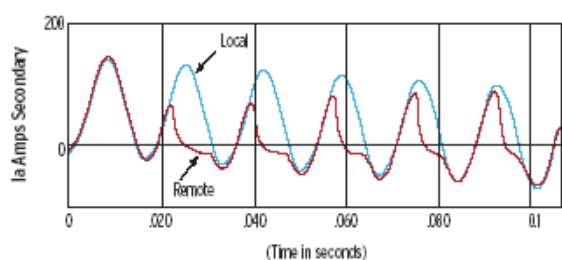
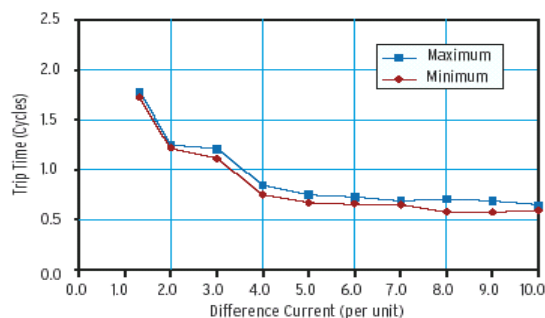


圖 3 比流器飽和現象二次側電流波形

## Differential Trip Speed



High-speed protection

圖 4 SEL-311L 電驛差流動作速度

後衛功能包含完整的測距及過流保護

SEL-311L 電驛內的後衛保護就是等同於一個功能完整的 SEL-311C 測距測距電驛，包含了 4 區間的正相序記憶極化量測距電驛，充分的記憶時間特性可以在零電壓短路故障下提供測距元件正確保護功能。使用 SEL 公司專利的 Mirror Bits 通信或傳統通信介面設備可以完成通信輔助之全線路主保護跳脫，例如 POTT 方式或 DCB 方式等等。

SEL-311L 在線路差流電驛的電流通信頻道不良時，可具有獨立的後衛保護能力。

彈性的保護通道選擇性

可使用單一保護通信頻道或雙重保護通信頻道，可選用 G.703、EIA-422(56 或 64k)、多模光纖或單模光纖等通信介面。

使用備援頻道可增加可靠性及安全性，當主頻道不良時，不會影響保護速度及安全性。

不需降低保護靈敏度或保護速度，即可適應不對稱的通信延時及通信延時變動之影響。

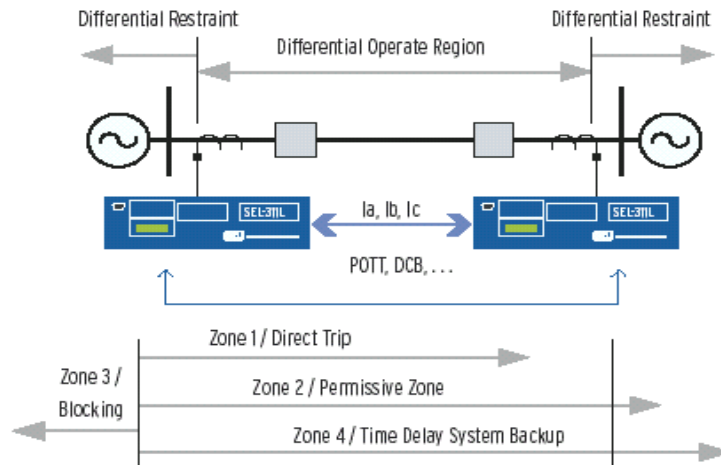


圖 5 SEL-311L 具備完整測距保護功能

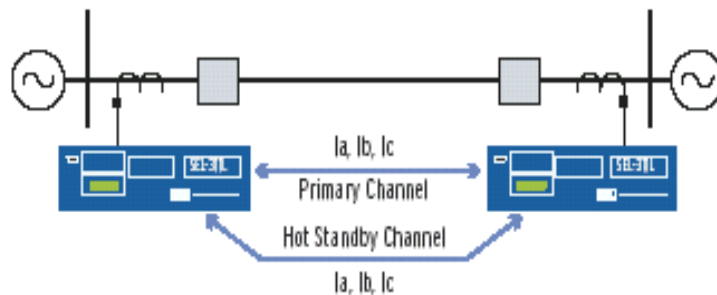


圖 6 雙重保護頻道主頻道及備援頻道

線路分歧負載保護協調

在國外常有輸電線路中接分歧負載之引接方式，SEL-311L 應用在分歧負載線路時，依據潮流分析及故障分析之結果妥善設定差流元件(負序差流元件在此應用中並不適合啟用)後，便不會因負載側事故而多跳，而且電驛中的差流延時元件更可作為分歧負載的後衛保護。

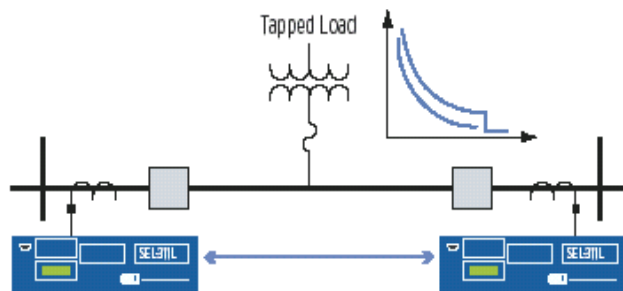


圖 7 SEL-311L 適用於分歧負載線路保護

三端子線路保護

對於三端子線路之保護，三端電驛間可以使用兩個或三個保護通信頻道，使用

三個保護頻道時，當其中任一個保護頻道不良時不會影響三端子線路保護。

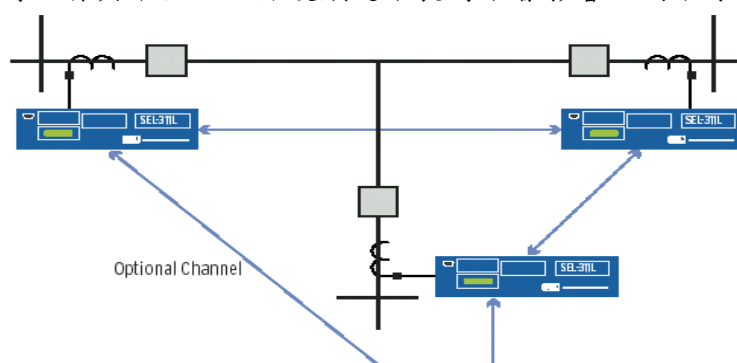


圖 8 三端子線路電驛間可用兩個頻道完成保護

即使是其中有弱電源端，線路三端均可達到相同之高速保護。

分歧負載線路如以三端子保護電驛設置，則更可以確保靈敏及高速保護。台電之應用

台電 345kV 線路使用一具 SEL-311L 電驛專司差流主保護，再以一具 SEL-311C 電驛專做第一套測距後衛保護，另設置一套完全獨立之 POTT 測距做為第二主保護兼後衛保護，進一步提高了電驛保護功能之可靠度。

在差流通信介面方面選用 EIA-422 經多工器設備連接通信處之光纖通信或數位通信系統，可以有效利用通信頻寬資源，這也正是差流保護通信方式之主流趨勢。

台電 161kV 輸電系統常有三端子線路規劃，並且常有雙 T 引接供電方式，由於三端子線路在不同運轉條件下，故障電流分佈的匯入(infeed)或匯出(outfeed)效應之故，某些故障情況可能使得測距 POTT 保護方式因視在阻抗變化而難以發揮快速動作功能，此時主保護動作可能會有所延時甚或需仰賴測距區間延時後衛來動作跳脫。

因此在應用測距電驛保護時，決定測距電驛標置的重要觀念之一便是要考慮在各種系統及故障情形下電驛所看到的視在阻抗(apparent impedance)變化因素所產生之保護越區間(over reach)及欠區間(under reach)問題。簡言之，故障發生時測距電驛所“看到”的故障阻抗並不是電驛設置點到故障點的實際線路阻抗，而是與線路其他端所貢獻到故障點的電流大小有關。

#### 四、三端子線路保護

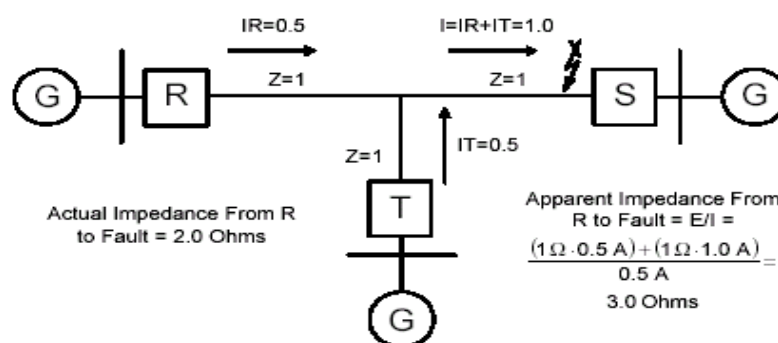


圖 9 Infeed 效應導致視在阻抗改變

例如圖 9 的三端子系統，因為從 T 端匯入故障電流的關係使得 R 端電驛看到 3 歐姆的視在阻抗，大於電驛到故障點的實際線路阻抗(2 歐姆)。

再看圖 10 的系統情形，從 T 端匯出故障電流的關係使得 R 端電驛看到 1.5 歐姆的視在阻抗，小於電驛到故障點的實際線路阻抗(2 歐姆)。而且在 T 端匯出故障

電流情形下，T 端的正向測距電驛會看不到這個內部故障，反而是反向測距電驛動作而判斷為外部故障，必須等 S 端第一區間測距電驛動作跳脫使匯出效應消失後 R 端及 T 端才能藉由通信輔助區間來判斷跳脫，但是有可能會因 T 端電流反向 (current reversal) 邏輯成立而造成延時。

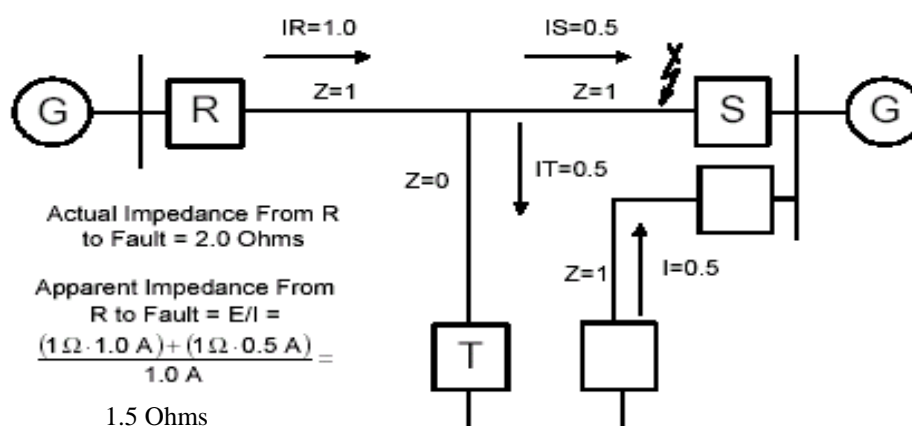


圖 10 Outfeed 效應導致視在阻抗改變

線路差流電驛應用於三端子保護，則可以不受故障電流匯入或匯出等動態變化影響，可發揮全線路高速保護的功能。因此，線路差流電驛非常適合做三端子線路之主保護電驛。

## 五、台電輸電線路保護

台電 345kV 線路保護正全面進行汰換數位電驛工程，並已規劃逐步將 161kV

線路電驛汰換成線路差流電驛搭配測距電驛的保護方式。在 345kV 及 161kV 線路保護電驛陸續汰換成數位電驛後，可有效確保系統保護之速度及可信賴度，提高供電品質。

## 六、參考資料

SEL-311L 電驛說明書