

# 出國報告（出國類別：實習）

## 數位電驛區域網路之運用

（裝訂線）

服務機關：臺灣電力股份有限公司

姓名職稱：陳順斌/八等電機工程師

派赴國家：美國

出國期間：93年12月13日至93年12月20日

報告日期：94年2月17日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：數位電驛區域網路之運用

頁數 29 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：臺灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳順斌/臺灣電力公司/供電處/八等電機工程師/02-23667716

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：93.12.13 ~ 93.12.20 出國地區：美國

報告日期：94.02.17

分類號/目

關鍵詞：數位電驛、區域網路、乙太網路、集線器

內容摘要：(二百至三百字)

隨著科技發展趨勢，現代智慧型保護電驛的應用，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、自我偵測報警、數位通信介面...等附加功能，應用區域網路傳輸資訊之技術，配合遠方存取系統進行資料存取，可完成快速、安全、有效率之事故資料讀取分析及相關電驛標置、邏輯功能設定，以利及時改善系統弱點，使得保護電驛的應用能快速、靈活地因應系統變化，並藉此次赴國外電驛製造廠家舉辦訓練課程研習機會，掌握數位電驛區域網路運用之未來發展方向，並吸取數位電驛運用上相關經驗，期能有益於本公司之智慧型數位電驛發揮最大功效，以確保系統供電安全。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

# 目 錄

一、前言及目的 .....	4
二、出國行程說明 .....	5
三、SEL 訓練課程---輸電線路保護 .....	6
3-1 前言 .....	6
3-2 差電流電驛 .....	7
3-3 方向比較保護系統 .....	12
3-4 測距電驛其他應用問題 .....	13
3-5 數位電驛區域網路之運用 .....	17
四、參訪美國加州 DWP 電力公司 .....	22
五、其他技術問題研討 .....	26
5-1 保護電驛定期檢測 .....	26
5-2 保護電驛動作正確率 .....	28
六、心得與建議事項 .....	29

## 一、前言及目的

隨著科技的發展、社會的進步，對於電力的須求也愈來愈大，此時擔任供應電力的電力公司，就有責任義務提供良好的電力品質給用戶，而此良好的電力品質包含了供電的連續性，亦即除非萬不得已，電力公司均應將優質的電力輸送給用戶。此時除了積極開發電源，提供不虞饋乏的電力外，亦須靠適當的保護系統，來對我們的電力系統做一完善的保護，以避免設備、人員受到損傷，甚至影響了整個系統的供電安全。

一個完整的電力系統可概分為發電系統、輸電系統及配電系統三個部分，無論在那一部分發生故障，都有可能影響整個系統供電，因此必須搭配良好的保護設備，以期能儘早隔離故障區域，俾使健全系統得以繼續擔任供電任務，而不致影響其它非故障區域用戶。由於輸電線路均是暴露在外，且分布範圍又十分廣闊，因此故障機率遠比其他電力設備要高出許多，尤其是一些非人力所能抗拒的因素，如：雷擊(約佔 78%)、野生動物誤觸(約 2%)、鹽塵霧害(12%)、風害(6%).....等，因此惟有做好適當的保護，方能提高供電的可靠度。

現今電力系統保護電驛已經進入智慧型電驛的數位式時代。數位式保護電驛功能強大，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、自我偵測報警、可程式邏輯規劃、數位通信介面...等附加功能。整體而言，數位式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，以提昇保護功能等等應用上的重要優點。

為使本公司輸電線路保護系統之規劃運用更為靈活、維護工作更為簡化，藉此次赴國外電驛製造廠家舉辦訓練課程之研習機會，掌握智慧型數位電驛及其通信網路界面未來發展方向，深入了解其技術原理、特性，吸取數位電驛相關使用經驗，期能有益於本公司智慧型數位電驛運用，並發揮其最大功效，確保供電安全、系統穩定。

## 二、出國行程說明

本次出國研習應用 93 年度第 93039 號出國計劃，赴美實習「數位電驛區域網路之運用」，為期 8 天，相關任務地點及實習內容行程，重點說明如下：

日期	任務地點	實習內容
931213	台北 ↓ 美國洛杉磯	往程(長榮航空)
931214 ∩ 931216	美國洛杉磯	參加 SEL 公司訓練課程 PROT407---Transmission Line Protection
931217 ∩ 931218	美國洛杉磯	參訪 DWP 電力公司 參觀 RS-P 及 RS-A 變電所
931219 ∩ 931220	美國洛杉磯 ↓ 台北	返程(長榮航空)

## 三、SEL 公司訓練課程---輸電線路保護

### 3-1 前言

本次出國行程安排參加 SEL 電驛製造廠家所舉辦之「輸電線路保護」訓練課程，課程內容充實豐富，包含有：輸電線路故障型態(平衡/不平衡故障)、輸電線路過電流保護、測距保護、差電流保護、其它輸電線路保護常見的問題(Infeed/Outfeed Effect、Fault resistance、Evolving faults、Magnetic Mutual Coupling、Current reversal、Power Swing Blocking、CT Saturation、CCVT Transient Overreach...)、方向比較保護系統(POTT、PUTT、DCB、DCUB)及提高電力系統暫態穩定度(Reclosing System)、數位電驛區域網路之運用...等，訓練期間並與參訓之其他電力公司工程師技術交流，並吸取各種不同應用方式之電力系統保護經驗，現將其中本公司常用且較為重要部分，於以下各節簡單介紹。

線路之保護方式很多，依線路的特性(架空或地下電纜)、電壓等級、系統接地方式、供電方式(輻射狀或是環路)、線路長度、通訊媒體的配合及線路的重要性等之不同，而分別採行各種妥適的保護方式。就目前保護電驛科技發展的現況而言，線路保護方式大致上可分為：非載波系統(Non-pilot System)、載波系統(Pilot System)及副線保護電驛系統(Pilot-wire Relaying System)三類。

#### 1.非載波系統

非載波系統可分為過電流電驛及測距電驛兩大類，過電流電驛又可區分為有方向性及無方向性過電流電驛兩類別，一般無法達到快速保護的要求。

#### 2.載波系統

載波系統之保護方式可分為方向比較方式、相位比較方式及遙控跳脫方式等三大類，其中最常用方向比較方式。而方向比較方式又可區分為閉鎖方式(DCB)、非閉鎖方式(DCUB)、POTT 方式及 PUTT 等方式。

#### 3.副線保護電驛系統

副線保護電驛系統，在初期是以金屬副線為信號傳輸媒體的傳統式副線電驛，包括循環電流方式及反相電壓方式兩大類，而後者已在二十年前

停產。近代的副線保護電驛系統，則是以光纖或微波為信號傳送媒介，有類比式及數位式兩種型態。

一般而言，過電流電驛運用於複雜的輸電網路，在保護協調上有其困難，且無法達到快速保護的要求；測距電驛則因必須考慮比流器、比壓器以及各種可能之誤差，其第一區間之保護範圍無法涵蓋被保護線路之全部，線路兩端各有 10~20% 被排除在快速保護範圍之外；另外，如果線路太短，則第一區間保護範圍之設定亦有困難。因此，發展出所謂的頻道控制保護方式，但其相關設備投資與維護之費用較為昂貴，在比較各項因素下，唯有差電流電驛是一種既快速又簡單的保護電驛，其應用於輸電線路保護時，不但能夠 100% 完全保護該線路，而且又能夠快速地動作隔離故障，因此差電流電驛可說是輸電線路最佳的保護電驛，本公司目前亦已汰換完成 345kV 保護電驛，改以差電流電驛當作輸電線路之主保護。

### 3-2 差電流電驛

本公司目前更新汰換之 345kV 主保護電驛---SEL-311L 差電流電驛，其除可當作線路差電流保護之外，尚具有 SEL-311C 測距電驛之保護、控制及通信功能，其中保護功能，如：差電流保護、測距保護、方向性及非方向性過電流保護、欠電壓及過電壓保護、頻率保護及多次復閉功能...等等，其電驛前、後視圖如圖 3-1 所示。

SEL-311L 電驛之通信介面、處理器及輸出接點均與本身後衛保護功能(如：測距保護)獨立分開，因此差電流保護功能發生任何異常狀況時，並不影響本身電驛之其他後衛保護功能，可提高電驛之可靠性。

SEL-311L 電驛標準配備具有 8 個標準輸出接點、6 個高速大電流遮斷能力之輸出接點(Fast and High-Current Interrupting Output Contact)、6 個光耦合輸入點(Optoisolated Contact Input)及數個通信埠(1 個 EIA-485、3 個 EIA-232、1 個 IRIG-B 時間同步)，其電驛輸出、入介面配置圖如圖 3-2 所示。

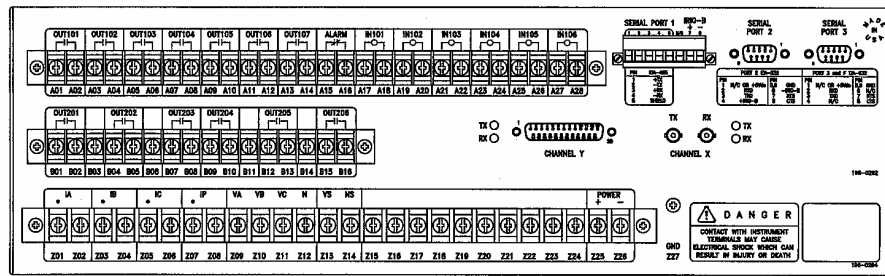
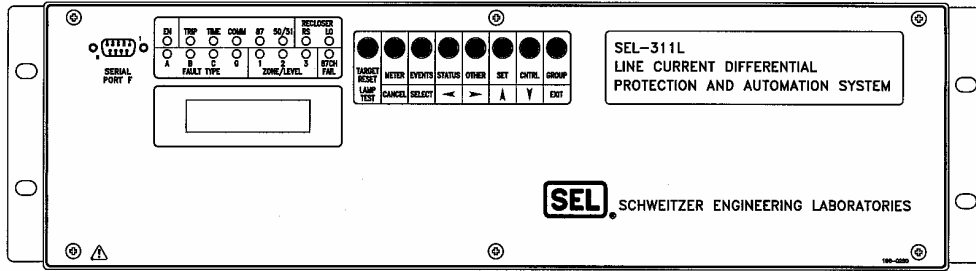


圖 3-1 SEL-311L 電驛前、後視圖

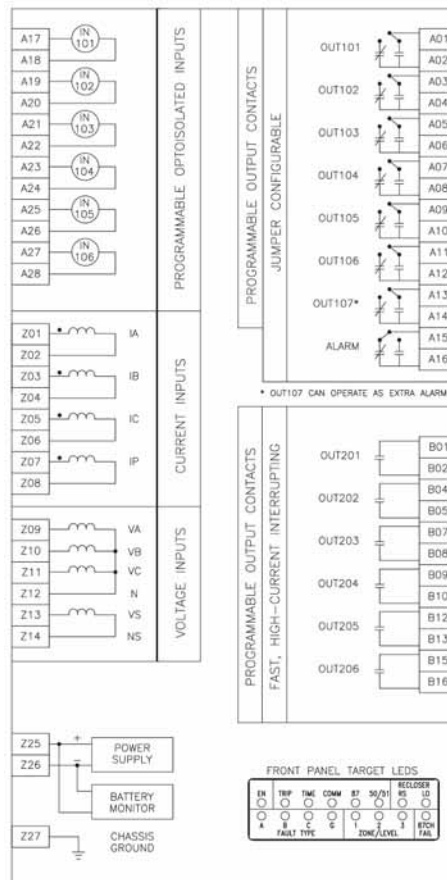


圖 3-2 SEL-311L 電驛輸出、入配置圖



可預先選擇差電流元件所使用之通信介面為下列任一種或任兩種之組合：

獨立之 EIA-422 通信埠(56 至 64 Kb/s)

獨立之 G.703 通信埠(64 Kb/s)

850nm 多模光纖通信埠(IEEE 標準 PC37.94)，最長可連接至 2KM

1300nm 單模直通光纖通信埠，最長可連接至 80KM

當電驛採購兩組通信介面時，第二組通信介面可當作備用介面(Hot Standby)，即於第一組通信介面(或通信媒體)故障時，自動啓用以維持正常差電流保護(第二組通信介面通常採用不同通信媒體或不同通信路徑，以避免同時故障)；其亦可用於三端線路保護通信用。由於差電流電驛需利用通信媒介來傳達兩端間之電流資訊，因此通信媒介的良窳，將影響差電流電驛動作之快速性與正確性，故良好的通信品質為應用差電流電驛保護必備的條件。

SEL-311 L 電驛包含 5 個差電流元件:3 個"相"差電流元件(3 相電流每相各 1 個)、1 個負序成分差電流元件及 1 個接地差電流元件。"相"差電流元件提供高電流故障之快速保護，負序及接地差電流元件則提供不平衡故障極靈敏的保護。

SEL-311L 電驛互相交換二端或三端線路經時間同步之電流取樣資料，差電流元件 87LA、87LB、87LC、87L2 及 87LG 分別比較各端  $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ 、 $3I_2$  及  $3I_0(I_G)$  之電流取樣資料，所有電驛執行相同之差電流運算邏輯，以避免時間延遲，如圖 3-3 所示。

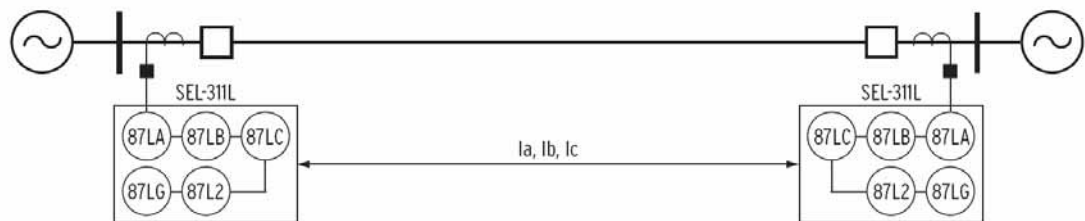


圖 3-3 SEL-311L 電驛差電流元件示意圖

3 相差電流元件 87LA、87LB、87LC 用來偵測 3 相故障，負序差電流元件 87L2 則用來偵測內部不平衡故障(當任何一端 3 個相電流超過 3 倍額定值(15A)時會被抑制住，以避免誤動作)，接地差電流元件 87LG 亦用來偵測內部不平衡

故障(當任何一端 2 個以上相電流超過 3 倍額定值(15A)時會被抑制住，以避免誤動作)。

本電驛之差電流動作原理係應用 SEL 公司開發出之"Alpha plane"，即為取遠端電流( $I_R$ )與本端電流( $I_L$ )之相量(或稱複數)比值，並將其繪於平面圖上，其為一無單位只有大小及角度之平面，且每個差電流元件各有其獨立之 Alpha plane，如圖 3-4。

SEL-311L 電驛將流入被保護線路之電流角度設為  $0^\circ$ ，流出被保護線路之電流角度設為  $180^\circ$ ，因此現若有一 5 安培之負載電流由本端流至遠端，則本端電驛 A 相將產生  $5 \angle 0^\circ$  之電流，且遠端電驛 A 相將產生  $5 \angle 180^\circ$  之電流，其遠端電流( $I_R$ )與本端電流( $I_L$ )之比值將為

$$\frac{\bar{I}_{AR}}{\bar{I}_{AL}} = \frac{5 \angle 180^\circ}{5 \angle 0^\circ} = 1 \angle 180^\circ$$

$$\frac{\bar{I}_{BR}}{\bar{I}_{BL}} = \frac{5 \angle 60^\circ}{5 \angle -120^\circ} = 1 \angle 180^\circ$$

$$\frac{\bar{I}_{CR}}{\bar{I}_{CL}} = \frac{5 \angle -60^\circ}{5 \angle 120^\circ} = 1 \angle 180^\circ$$

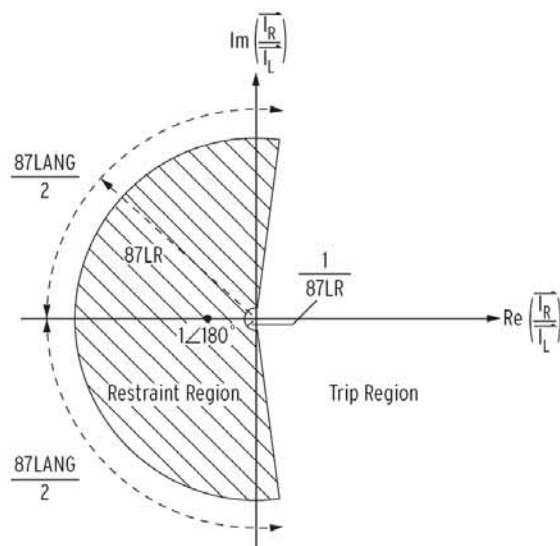


圖 3-4 SEL-311L 電驛 Alpha plane 圖

SEL-311L 電驛在 Alpha plane 上  $1 \angle 180^\circ$  的位置圍繞一個扇形之抑制區，當線路發生內部故障時，電驛遠端電流( $I_R$ )與本端電流( $I_L$ )之比值將落於抑制區

外，且其差電流值亦大於設定值時，電驛即動作跳脫；反之，當電驛遠端電流( $I_R$ )與本端電流( $I_L$ )之比值落於抑制區內，或雖其比值落於抑制區外，但其差電流值小於設定值時，電驛均不會動作。

此抑制區係由電驛 2 個設定值形成，首先是 87LANG 決定抑制區的角度範圍，87LR 決定抑制區的外徑，內徑則由 87LR 之倒數決定。電驛 3 種差電流值(相間、負序及零序)須大於差電流設定值亦是電驛動作跳脫條件之一，亦即電驛"相"差電流是否大於"相"差電流設定值 87LPP、負序差電流是否大於負序差電流設定值 87L2P 及零序差電流是否大於零序差電流設定值 87LGP，均是電驛動作跳脫條件之一。例如：A 相電流比值落於抑制區外，且其"相"差電流值亦大於 87LPP，則 87LA 元件動作，表示為一內部故障，電驛將動作跳脫。

在 A 相電流之 Alpha plane 上，可繪出此負載電流位於原點左方 1 單位處，如圖 3-5 所示；同理 B、C 相電流亦個別有其 Alpha plane。事實上，當系統正常供電時，所有兩端線路之負載電流不論其電流大小、角度均會在 Alpha plane 上得到一接近  $1 \angle 180^\circ$  的點。相同地，一個外部故障亦會對兩端電驛產生大小相等、角度相反故障電流，因此外部故障亦會在 Alpha plane 上得到一接近  $1 \angle 180^\circ$  的點，如圖 3-5。

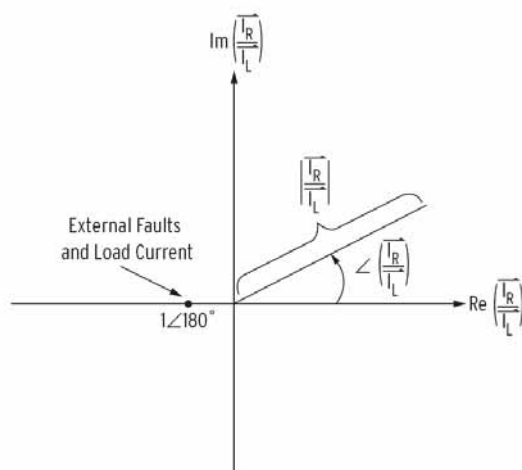


圖 3-5 SEL-311L 電驛於負載電流及外部故障之 Alpha plane 圖

### 3-3 方向比較保護系統

輸、配電線路若採用過電流方式來保護，則其優點為電驛系統簡單及投資費用較低廉，但其缺點為易受故障電流、負載潮流等變化而影響其動作，且為達到所有主保護/後衛保護電驛均能有良好的協調性，所有電驛均應有適當的延時，如此一來，電力系統中若有故障發生，將無法在最短的時間內隔離故障，因此在一些較重要的線路或須較快速動作隔離故障的線路，可採測距電驛保護。

採用測距保護的優點有：

- 1.約 80%的主保護線段可獲得快速跳脫。因其第一區間保護並無時間上的延遲，可瞬間跳脫，隔離故障。尤其在主保護線段的末端故障(第一區間設定之臨界點)，測距電驛的動作時間將遠快於過電流電驛。
- 2.測距電驛的靈敏度較過電流電驛高。因為過電流保護的設定須考慮負載潮流及故障時之電力潮流分布，若靈敏度設定太高則可能會有誤動作的情形，而測距電驛完成其選擇性條件為阻抗而非電流，故無此缺點。
- 3.協調工作較過電流保護容易得多。測距保護僅需知線路阻抗與視在阻抗值，即可設定測距電驛，其保護協調依一般第一、二、三區間設定準則，即可自動達成；而過電流保護則須作負載潮流分析與故障電流計算，再求出所有主保護/後衛保護電驛間之關係，並加入適當的協調時間間隔，最後尚須再分析所有電驛是否全部協調，在環路式線路之過電流保護協調，更是難求。
- 4.測距電驛之動作特性受電源阻抗及系統構造改變的影響較小，而過電流保護則須在系流變更後，重新分析所有電驛之動作。

當線路使用測距電驛做保護時，因考量誤差、協調或暫態超越(Transient Overreach)問題，無法設計使其在線路末端故障時，獲得快速的跳脫。另外，倘若所保護之線路太短，其第一區間保護範圍的設定也有實際上的困難。因此為了達到使被保護線路能有 100%快速保護的要求，可搭配適當的載波電驛系統(Pilot Relay System)。此處所謂的載波電驛系統泛指所有利用通信頻道控制保護電驛動作的方式，而非僅指電力線載波(Power Line Carrier)保護方式。使用載波電驛系統，對線路內部任何地點的故障，均可提供兩端同時的快速跳脫，其優點為：

- (1)減小輸電線路燒燬與設備受損的機率；
- (2)改善電力系統的暫態穩定度；
- (3)快速跳脫可搭配快速復閉電驛，如果復閉成功，可提高系統穩定度，以改善供電品質。

載波電驛系統簡單地說，其實可說是利用通信媒介(如：電力線載波、微波(Microwave Channel)，音頻(Audio Tone Channel)或光纖(Fiber Optical Channel))來傳遞允許跳脫信號或閉鎖信號，配合本端電驛之動作，來達到被保護線路 100% 的保護。

一般而言載波電驛系統可分為方向比較閉鎖系統(Directional Comparison Blocking System)、方向比較非閉鎖系統(Directional Comparison UnBlocking System)、允許越區轉移跳脫系統(Permissive Overreach Transfer Trip System : POTT)、允許欠區轉移跳脫系統(Permissive Underreach Transfer Trip System : PUTT)，本公司目前 345kV 系統其中一套主保護即完全使用 POTT 保護方式，161kV 亦逐漸將方向比較閉鎖系統汰換為 POTT 保護方式，以提高其保護之安全性。

### 3-4 測距電驛其他應用問題

測距電驛在輸電系統中之使用頗為廣泛，因其動作之可靠性較佳、動作時間較快且協調亦較為容易。但在一些較特殊之場合，測距電驛之應用可能會產生一些盲點而使得對線路的保護不臻完美，因此必須有其他因應之道來改善測距電驛應用上產生之缺點，使得測距電驛在應用於線路保護時能更加妥善。

測距電驛之標置設定為利用各線路阻抗長短，來設定本端電驛之第一、二、三保護區間動作阻抗值，使用於多端線路時，在故障發生後，其他各端線路均會提供故障電流，此故障電流可能導致測距電驛形成欠區保護，而使得原本該快速動作之電驛不動作，延長了隔離故障的時間。

輸電線路若採測距保護時，兩端的第一主保護區間各達線路的 80% ~ 90%，換言之，該線路僅有 60%~80% 為兩端測距電驛之主保護快速動作區間，因此必須採用其他保護方式來達到 100% 的線路主保護快速動作區間，如：副線電驛保護、差流電驛保護.....等，但若線路採測距電驛保護時，只需搭配適當的載波電驛，亦即可達到 100% 的線路主保護動作區間。

輸電線路大都採兩端連接，如本公司現行 345KV 超高壓線路，均為兩端分別連接至超高壓變電所匯流排上，但有時無法在線路中間設立變電所，卻又需在線路中間引接出電源時，可能需將線路改採兩端以上供受電，此時在電驛標置的設定上，須更加小心，因故障發生時，整個電力潮流並不像兩端線路單純，其結果可能導致保護電驛的誤動作(即越區保護)，或延長了電驛的動作時間(即欠區保護)，對電力系統而言，非預期性的電驛動作或不動作，都將產生不良之後果，故對多端線路的電驛標置，須更加謹慎。

輸電線路因需要而改接成三端以利供受電時，若有故障發生，則支線電路(及第三端線路)亦會提供故障電流，而此支線故障電流將會使測距電驛之動作受到影響，其可能會使測距電驛越區保護動作造成誤跳，或欠區保護不動作造成故障區域雖在電驛保護區間內，但電驛卻不動作的嚴重後果，故在多端線路測距電驛的標置上，須衡量其安全性與可靠性孰輕孰重，以使電驛之不正常動作所造成的損失最小。

多端線路在故障發生時，其支線電流的流向與測距電驛對故障區域的判斷有絕對的關係，現依其流向分為流入方向(Infeed Direction)與流出方向(Outfeed Direction)來做一探討。

當支線電流方向為流入方向時，如圖 3-6 所示，以電驛 5(Ry5)為例，假設 F 點為電驛 5 所設定的第一區間標置值位置，則其電驛標置值  $Z_{set}=Z_{HF}$ ，但當故障發生時，電驛實際上所測得的視在阻抗( $Z_{app}$ )將是

$$\begin{aligned}
Z_{app} &= V_{Ry} / I_{Ry} \\
&= (Z_{HJ} * I_{Ry5} + Z_{JF} * (I_{Ry5} + I_{infeed})) / I_{Ry5} \\
&= Z_{HJ} + Z_{JF} (1 + I_{infeed} / I_{Ry5}) \\
&= Z_{HF} + Z_{JF} * (I_{infeed} / I_{Ry5}) > Z_{HF}
\end{aligned}$$

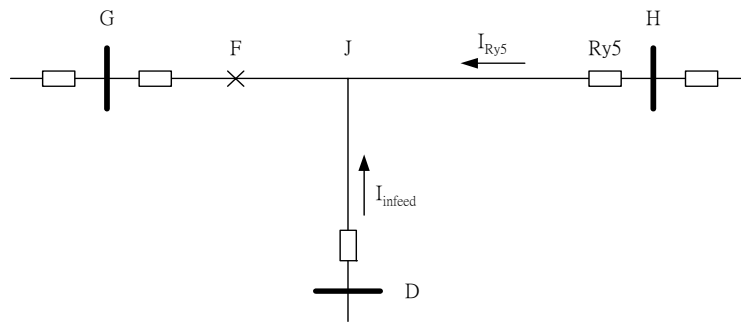


圖 3-6 支線電流為流入方向之三端線路單線圖

亦即故障發生時，電驛測得的電壓因支線電流流入的影響而上升，導致故障之視在阻抗變大，此時若大於電驛之設定值，則可能造成電驛誤判，使得原本在保護區內的故障，誤以為是外部故障而不動作，即欠區保護 (Underreach Protection)，將對電力系統、電力設備，甚至人員造成損傷，此時即需要後衛保護區間(第二、三區間)來提供後衛保護，以彌補主保護電驛的不足。

但第一區間的電驛標置仍不宜考慮支線電流的流入，因若三端線路中任一端未併入系統或系統架構變更時，使得流入之支線電流不若計算時大，將使第一區間越區保護，使得非主保護區內的外部故障誤動作，造成停電區域的擴大，故其設定須視系統、設備……等狀況而定，若所希望電驛動作之可靠性優於安全性，則電驛阻抗標置可設得大一點(表只要有可能是內部故障，即快速動作)；相反地，若安全性優於可靠性，則電驛阻抗標置值就須小一點(表只要有可能是外部故障，電驛就不動作)。

假設 F 點故障時，支線電流方向為流出方向，如圖 3-7 所示，電驛 4 之電驛標置值  $Z_{set} = CRZ1 * Z_{GI}$ ，但所測得之視在阻抗為

$$\begin{aligned} Z_{app} &= V_{Ry} / I_{Ry} \\ &= (Z_{GD} * I_{Ry4} + Z_{DI} * (I_{Ry4} - I_{outfeed})) / I_{Ry4} \\ &= Z_{GD} + Z_{DI} - (I_{outfeed} / I_{Ry4}) * Z_{DI} \\ &= Z_{GI} - (I_{outfeed} / I_{Ry4}) * Z_{DI} < Z_{GI} \end{aligned}$$

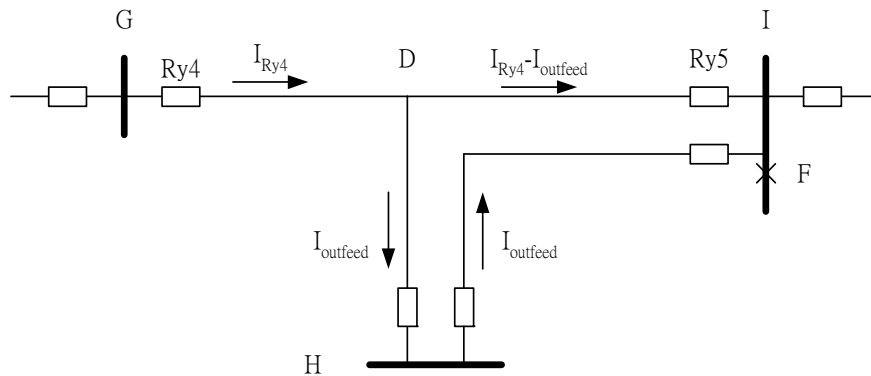


圖 3-7 支線電流為流出方向之三端線路單線圖

$Z_{Ry}$  因支線電流的影響，所測得的阻抗 ( $Z_{app}$ ) 將比實際阻抗 ( $Z_{GI}$ ) 小，此時若比第一區間的設定值還要小時，將導致電驛的誤動作，即越區保護 (Overreach Protection)，造成停電受影響的區域擴大，故須儘量避免此情形的發生。



### 3-5 數位電驛區域網路之運用

本公司 345kV 輸電線路保護電驛已全面汰換為多功能智慧型數位電驛，161kV 部分亦逐步汰換中，現代智慧型保護電驛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、自我偵測報警、可程式邏輯規劃、數位通信介面...等等附加功能，因此可將同一變電所之保護電驛連結，並整合成一小型區域網路結構，配合遠方存取系統，進行電驛資料變更存取，使得保護電驛的應用能快速、靈活地因應系統變化。

隨著網路科技的進步，應用區域網路傳輸資訊之技術，可即時對電驛資料進行存取，完成快速、安全、有效率之事故資料讀取分析及相關電驛標置、邏輯功能設定，以利及時改善系統弱點，確保供電安全。本公司已陸續引進此型電驛運用於 345kV 及 161kV 輸電線路之保護，以取代舊型之保護電驛，其中 345kV 各變電所已連結為小型區域網路結構，可透過數據機(Modem)撥號，由各控制中心直接對系統中之數位電驛進行資料變更存取。

本公司目前 345kV 各變電所係利用通信處理器(communication processor)連結同一變電所之保護電驛，使其成為一小型區域網路結構，並透過其通信介面(目前採 Modem 撥接方式)，與控制中心連接，以達遠端資料擷取之目的。如圖 3-8 所示為 SEL-2030 通信處理器，共有 15 個通信埠可連接至電驛(已扣除 1 個通信埠連接至數據機)，若欲連接之電驛超過 15 個，則可改樹狀連接(如圖 3-9)，將其中 1 個通信埠連接至第 2 台通信處理器，如此一來便可連接至更多台電驛(29 台)。通信處理器並提供一個 IRIG-B 介面，可接收衛星同步信號，再將此時間對下游所有電驛同步，如此一來，所有電驛均有相同之時間基準，對事故分析及其他應用提供相當大之參考價值。

圖 3-10 為連接通信處理器與電驛間之光電轉換器，電驛可透過其將「電」之資料轉換為「光」資料，到了通信處理器再轉回「電」之資料，以傳送較長距離並避免干擾。

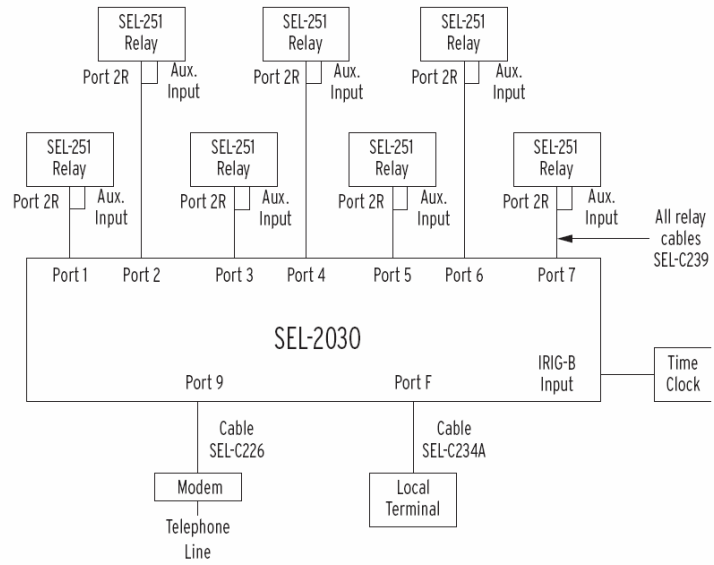


圖 3-8 SEL-2030 通信處理器

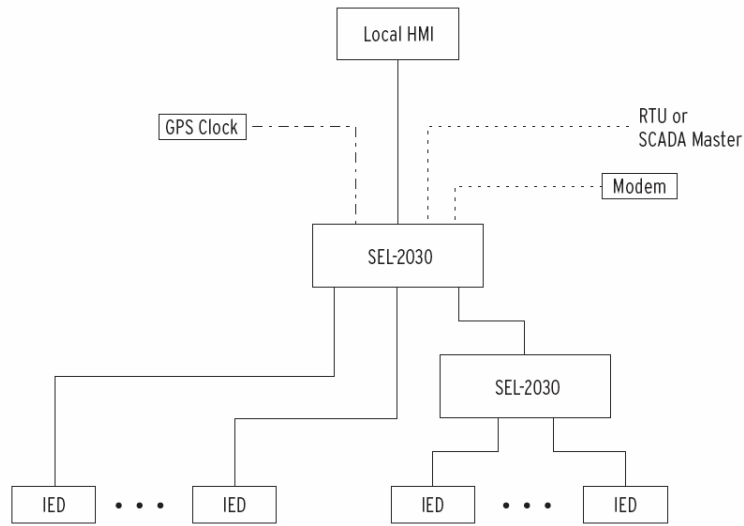


圖 3-9 SEL-2030 通信處理器樹狀連接



圖 3-10 SEL-2800 及 SEL-2815 光電轉換器

圖 3-11 為目前線上使用撥接方式之控制中心與 345kV 各變電所小型區域網路結構連結圖，如圖所示控制中心之個人電腦可利用電驛廠商提供之應用軟體或進入終端機模式，透過數據機(Modem)專線撥號，撥號完成後由該變電所之數據機應答，並連接至通信處理器，再透過指令操作，即可連接至下游各數位式電驛，完成由各控制中心直接對系統中之數位電驛進行資料變更存取之目的，如圖 3-12 及圖 3-13 即為目前 345kV 使用之通信處理器連接至保護電驛示意圖。

上述方式雖可達成區域網路結構，並由各控制中心直接對系統中數位電驛進行資料存取，但傳輸速率較慢且較不穩定，若遇資料量較大時，需耗費較多時間，且偶有通信中斷之情形；現今之保護電驛均具乙太網路(Ethernet)介面能力，傳輸速度快且穩定，只需將所有保護電驛接至集線器(Hub)，再引接至通信網路骨幹，即可以網路連接方式，完成由各控制中心直接對系統中之數位電驛進行資料連結，如圖 3-14，未來數位保護電驛將朝此方向進行。

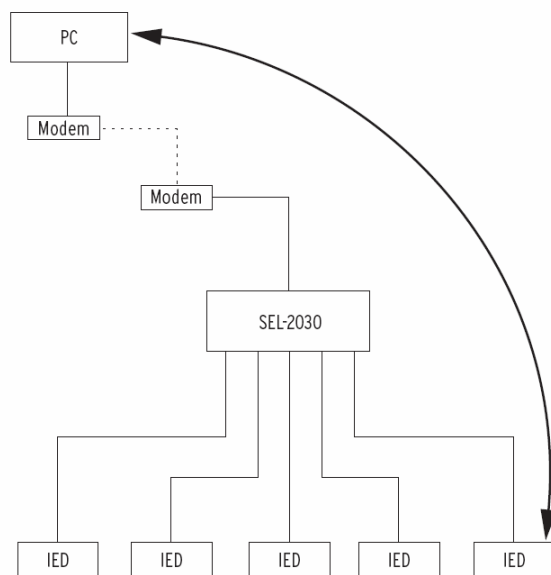


圖 3-11 使用撥接方式之控制中心與變電所區域網路連結圖

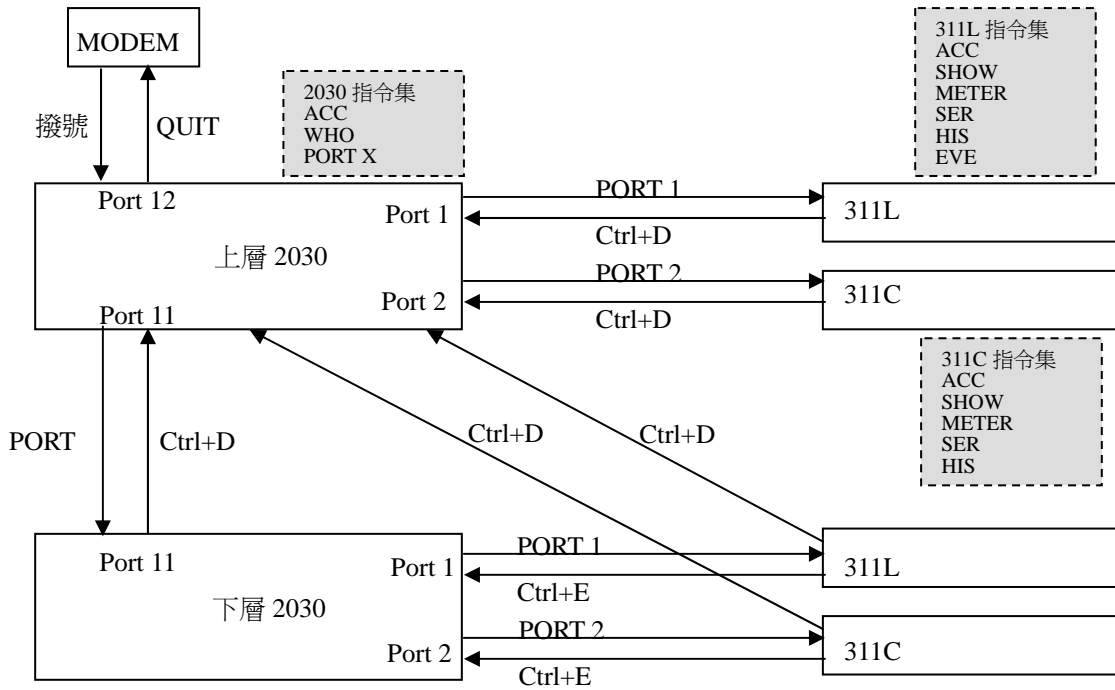


圖 3-12 變電所區域網路連結圖(使用 SEL-2030 通信處理器)

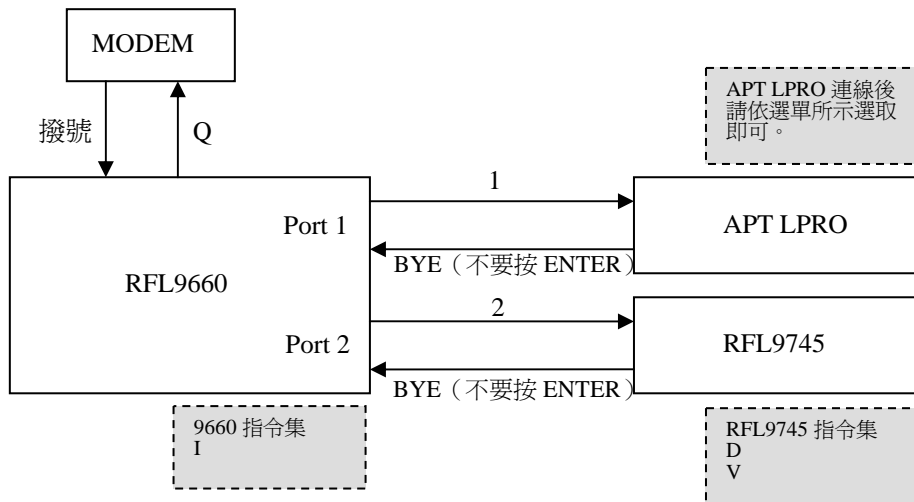


圖 3-13 變電所區域網路連結圖(使用 RFL-9660 通信處理器)

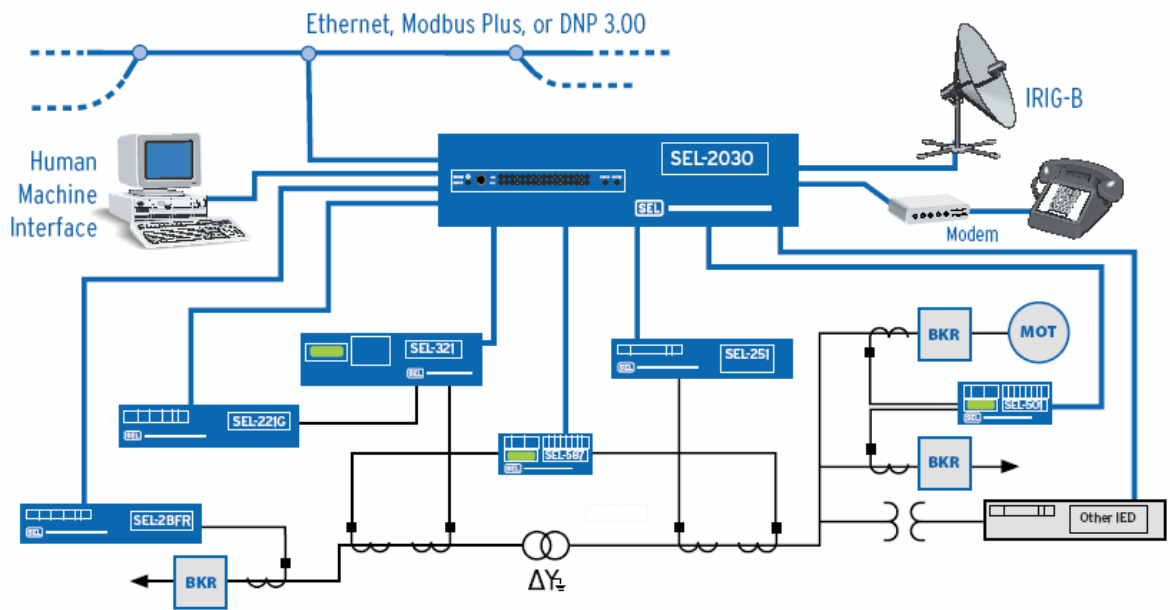


圖 3-14 變電所區域網路透過乙太網路連結圖

## 四、參訪美國加州 DWP 電力公司

本次出國參訪之電力公司為美國加州洛杉磯 Department of Water & Power 電力公司(簡稱 DWP 電力公司)，其變電所計有 Switching Station: 500kV/230 kV 12 所、Receiving Station: 230kV/ 34.5kV 15 所、Distributing Station: 34.5kV/4.8kV 120 所，且電驛部門仍區分有電驛技術部門、電驛標置計算部門及現場測試維護三個部門，系統架構及組織與本公司相似。

本次參訪除了解該公司電力系統及其保護方式、與該公司工程師技術交流外，另安排行程實際參觀 34.5kV Receiving Station-P, RS-P (Market)及 230kV Receiving Station-A, RS-A (Harbor)兩所變電所。

DWP 電力公司方向比較保護系統採用 POTT、PUTT、DCB、DCUB 4 種方式，仍大量使用電力線載波(Power Line Carrier；PLC)，且應用於 Blocking/Unblocking scheme 及 DTT，其主要因素為成本考量(線路長且橫跨沙漠)及 PLC 在其使用經驗上安全性頗高。

至於其使用 PLC 安全性較高之原因為：

- 屬大陸型氣候較為乾燥，因此載波品質良好。
- 使用新型 RFL-9780 載波機組，有異狀時會自動告警，並閉鎖相關保護功能，提高安全性。
- 使用雙頻道(Dual Channel)，收到任何一個頻道之閉鎖信號，即視為閉鎖跳脫，可避免單一頻道信號不良時所造成之多跳情形，其收頻道使用情形如下：
  - 單回線用不同之兩相傳送信號(如：R 相及 T 相)
  - 雙回線則用不同線路同相傳送信號(如：不同回線之 R 相)

DWP 電力公司除電壓等級與本公司不同外，其餘保護方式及保護設備之應用，均與本公司頗為類似，唯一較大不同處為其超高壓及一次輸電系統不使用復閉功能，因其系統較為穩定，即使線路因故障跳脫後不試送復閉，對系統亦不會造成穩定度問題，其系統較大問題為系統發電量不足以因應系統最大負載，故於尖峰時，若有與其他系統連接之 Tie Line 跳脫(與其他線路買、受電之線路)，即有可能造成停、限電，其系統保護設備應用情形如表 4-1 所示。

表 4-1 DWP 電力公司系統保護設備應用情形

電壓等級 (kV)	CB 數 (每回線)	每個 CB 之 CT 數	電驛使用情形	復閉電驛 使用情形	其他
500	1.5	8	E/M 及 S/S	不使用	數位電驛 採購中
230	1.5	6	E/M、S/S 及數位電驛	不使用	電驛汰換中
34.5	1.5/2	4	數位電驛	架空線 使用	汰換完成 完全自動化
4.8	1	2	數位電驛	架空線 使用	--

DWP 電力公司之 500kV 電力系統保護電驛，亦已面臨汰舊換新之際，將由原 E/M 及 S/S 電驛汰換為三套數位式主保護電驛：SEL-421(Blocking scheme /PLC)、L90(Current Differential scheme/ MUX)及 D60(POTT/Microwave)，並使用 DTT (RFL9780/PLC dual channel)遠端遙跳功能，目前其系統已規劃完成，其保護系統單線圖如圖 4-1 所示。





DWP 電力公司之 161kV 部份則已進入由原 E/M 及 S/S 電驛汰換為兩套數位式主保護電驛階段中：SEL-321(POTT/Microwave)及 ABB REL356 或 RFL9300(Current Differential scheme/ MUX)；34.5kV 系統則已汰換完成(採 POTT 或 Current Differential scheme)，值得一題的是其 SCADA 系統亦已使用 30 年，須一併汰換更新，便利用此次電驛汰換之際，將原 SCADA 功能與保護功能(控制、監視、保護、資料擷取...等功能)均整合於智慧型數位式電驛內，節省了採購新 SCADA 之成本及時間，並完成完全自動化變電所之建置，圖 4-2 為數位式電驛之盤面，圖 4-3 為數位式電驛之背面接線圖(右上方為整合 SCADA 之通信介面，採 DNP3.0 通信協定)。



圖 4-2 數位式電驛盤面



圖 4-3 數位式電驛背面接線

## 五、其他技術問題研討

### 5-1 保護電驛定期檢測

#### ◇ 緣由

保護電驛已逐漸汰換為新型數位式保護電驛，均具備自我測試功能，於電驛故障時自動發出警訊，故是否仍需做電驛之定期檢測工作(如每 5 年或 10 年做一次)?又是否因應定期檢測週期之不同，所做之檢測項目亦不同(如每 5 年做電驛功能性測試、10 年做完整之整體試驗(含電驛特性試驗、功能試驗、跳脫試驗、外部接線查試...)?

#### ◇ SEL 公司經驗

數位式電驛本身很少有問題，且均具自我監測功能，發生故障時會自動告警，並閉鎖相關保護功能，避免誤動作；另舊型 E/M 電驛之元件(如電容器)，將隨時間而老化、劣化，影響其特性，但數位式電驛採 CPU 運算，特性並不隨時間改變，因此做電驛特性屬白做工、浪費時間，若需測試時亦僅需測試如：邏輯及其它保護功能(Binary Input 及 Binary Output，如：52a 接點、BF 接點、POTT Key、跳脫接點等)、AC 量測值(PT、CT，如：電壓、電流值、功率角等)、其他輔助元件(輔助電驛...)，不需做電驛特性。

可依據電驛動作跳脫情形調整維護週期，若維護週期內電驛均未曾動作過，則按原週期定檢；如維護週期內曾因電力設備故障而動作過，且跳脫情形正確良好，表示電驛性能及相關週邊保護設備均正常，則可將測試時間由此往後延 1 個週期，以節省人力及時間。

#### ◇ DWP 電力公司經驗

- 電驛定檢週期視系統電壓等級及線路重要性而定
  - 500kV 重要線路(如與其他電力系統相連接線路)：2 年
  - 500kV 其他線路：3 年
  - 230kV 重要線路(如與其他電力系統相連接線路)：5 年
  - 230kV 其他線路：6 年
  - 配電線路：10 年
- 現亦面臨人力短缺，維護週期均延長
  - 500kV 已延長至 4~5 年
  - 230kV 已延長至 6~8 年
  - 且許多皆已逾期
- 定檢時做完整試驗(含電驛特性試驗)

#### ◇ Southern California Edison 電力公司經驗

- 視電壓等級及線路重要性
  - 500kV (僅有 15 條線)：每年
  - 230kV 重要線路(如與其他電力系統相連接線路)：每年
  - 230kV 其他線路：2~5 年
  - 配電線路：10 年
  - 饋線：不做
- 定檢時做完整試驗(含電驛特性試驗)

## 5-2 保護電驛動作正確率

### ◇ 緣由

電驛須於電力設備發生異常時動作，跳脫相關斷路器以隔離故障區域，但有時可能因某些原因，造成電驛之動作異常(如電驛本身故障、外部接線錯誤、標置錯誤、人為過失...)，請問是否有統計歷次電驛動作之正確率?其計算方式基準及實績為何?

### ◇ SEL 公司經驗

- 電驛動作正確率=正確動作次數/(正確動作+誤動作次數)
- 2002 年某系統共裝設 48 組 SEL-321，動作 32 次，無誤動作紀錄，正確率 100%。

### ◇ DWP 電力公司經驗

其電力系統一年電驛動作次數總計約 1 千多次，電驛動作正確率約 99%以上，少有誤動作情形。

分析電驛誤動作原因較常見為：標置計算錯誤、測試人員操作不當(測試時跳脫、遙跳對方、放回電驛時跳脫...)、圖面設計錯誤且未發覺(有些公司於加入系統時不做接線試驗)，少有因電驛本身故障導致跳脫。

所使用之數位電驛至今未曾發生過故障，且所有電驛產品參加投標前，須事先對電力公司技術人員完成教育訓練，並經電驛人員認可才具資格投標。另電力公司可指定電驛廠牌，避免不同電驛整合時發生問題。

## 六、心得與建議事項

感謝公司、處長、李副處長及簡課長能給我這個出國研習的機會，此行學到了很多有關智慧型保護電驛的新知及生活上難得的經驗，相信對日後的工作及人生的經歷，都會有很大的幫助，本人也很樂意將此行之所見所學，與所有同仁共同分享研討。

此行看到許多新的電驛設計理念，其結合數位信號處理的技術，將系統資料量化，並結合通訊區域網路應用技術，將變電所相關資訊傳回至中央控制端，如有事故發生時，中央控制端可即時將現場資料直接上傳或下載，不需要再派工程師到現場處理，增加了系統之緊急應變能力，並可及時改善系統弱點；在平時更改電驛標置時，亦可利用通訊網路遠端做標置更改設定，節省許多人力、時間。

另外並透過 SEL 公司安排參觀美國洛杉磯 DWP 電力公司，該公司除電壓等級與本公司不同外，其餘保護方式及保護設備之應用，均與本公司頗為類似，但其中某些保護設計理念及方式，仍與本公司有些微不同，相信在彼此技術交流下，對雙方系統保護都能有所助益。

保護電驛之技術及應用發展日新月異，建請公司繼續派員參加各項國際性電力訓練課程及實際參訪國外電力公司，讓工程師瞭解到目前電力發展的趨勢及實際應用情形，以與國外技術人員相互研習新的理論及技術，相信對於系統分析及保護均有極大幫助，並能將新的技術知識應用到目前的工作上，使我們的系統能夠更穩定運轉，以提供良好供電品質。