

公務出國報告（出國類別：實習）

數位式多功能保護電驛結合

IEC61850 之應用技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：黃彥閔 電機工程師

派赴國家：美國、加拿大

出國期間：102 年 10 月 09 日至 102 年 10 月 18 日

報告日期：102 年 11 月 27 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：數位式多功能保護電驛結合 IEC61850 之應用技術

頁數 32 含附件：是 否

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

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

黃彥閔/台灣電力公司/供電處/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：102.10.09 ~ 102.10.18

出國地區：美國、加拿大

報告日期：102.11.27

分類號/目

關鍵詞：數位式多功能保護電驛、IEC61850、變電所自動化

內容摘要：(二百至三百字)

IEC61850 於推動變電所自動化中扮演重要角色，故現今新型之數位式多功能保護電驛多朝向此規範設計，然本公司現階段所使用之保護電驛，部分型號過於老舊不符規格，另電驛周邊之軟硬體亦未配合升級，故 IEC61850 尚未廣泛應用至本公司的系統保護。此次藉由實地造訪美加地區電驛製造廠家 SEL 及 GE 公司，除深入了解 IEC61850 的應用實例，並參訪 Toronto Hydro One Cherrywood 變電所、GE 智慧電網研發中心、SEL 年度技術發表會以及 WPRC 會議，蒐集了美加地區對於 IEC61850 等相關應用作為規劃之參考，俾提升本公司發展變電所自動化之保護效能。

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

目 錄

出國報告書審核表-----	1
出國報告提要-----	2
目錄-----	3
圖表目錄-----	5
壹、前言及目的-----	7
貳、出國行程說明-----	8
參、IEC61850 簡介-----	9
一、IED 資料模型-----	11
二、資料傳遞方式-----	11
肆、SEL 及 GE 電驛於 IEC61850 標準下之應用實例-----	15
一、SEL 電驛應用於 La Venta II Wind Farm 變電所-----	15
二、GE 電驛應用於 Benavente 變電所-----	19
伍、現場參訪-----	22
一、Toronto Hydro One Cherrywood 變電所-----	22
二、GE 智慧電網研發中心-----	23

三、SEL 年度技術發表會-----	24
四、WPRC 會議-----	28
陸、心得與建議-----	31
一、心得-----	31
二、建議-----	31
柒、參考文獻-----	32

圖表目錄

圖 3-1	IEC61850 分層式架構-----	10
圖 3-2	Feeder12 電驛對於斷路器位置狀態之控制-----	11
圖 3-3	IEC61850 資料傳遞方式-----	12
圖 3-4	Client 透過 MMS 讀取資料-----	12
圖 3-5	Relay 透過 GOOSE 傳送資料-----	13
圖 3-6	Sampled Values 動作流程-----	14
圖 3-7	CT/PT 訊號實際值與取樣值比較-----	14
圖 4-1	La Venta II Wind Farm 位置-----	15
圖 4-2	La Venta II Wind Farm 建造圖-----	16
圖 4-3	La Venta II Wind Farm 保護架構圖-----	16
圖 4-4	La Venta II Wind Farm 故障示意圖-----	17
圖 4-5	SEL-311L 故障波形紀錄比較圖-----	17
圖 4-6	SEL-451 故障波形紀錄比較圖-----	18
圖 4-7	GE Hard Fiber Process Bus System -----	19
圖 4-8	GE Hard Fiber Process Bus System 裝設於 Benavente---	20
圖 4-9	Benavente 變電所保護架構-----	20

圖 4-10	GE-D60 故障波形紀錄比較圖-----	21
圖 5-1	Toronto Hydro One Cherrywood 變電所-----	22
圖 5-2	GE 智慧電網研發中心-----	23
圖 5-3	GE 智慧電網解決方案示意圖-----	23
圖 5-4	SEL 年度技術發表會-----	24
圖 5-5	SEL-411L 電驛及功能-----	25
圖 5-6	Traveling Wave Fault Location 動作原理及參數-----	25
圖 5-7	161kV Goshen~Drummond 線路位置示意圖-----	26
圖 5-8	Goshen 端 SEL-411L 故障波形紀錄-----	26
圖 5-9	Drummond 端 SEL-411L 故障波形紀錄-----	27
圖 5-10	現場設備故障-----	27
圖 5-11	變壓器電流組成示意圖-----	28
圖 5-12	測距電驛 21N 互感補償示意圖-----	29
圖 5-13	相間與單相開路故障相序連接示意圖-----	30
圖 5-14	同時發生相間與單相開路故障相序連接示意圖-----	30

壹、前言及目的

保護電驛進入數位化世代後，可整合多種保護功能於一身並提供控制與通訊等介面，而非如傳統 E/M 型電驛一般，僅具有單項保護功能，因此不論是在整體盤面規劃、電驛測試或是與其它智慧型設備溝通，都能變得更加簡易且兼具效率，也正因上述之優點，數位式多功能保護電驛於推動變電所自動化中，扮演舉足輕重之重要角色。

在變電所自動化之過程中，數位式多功能保護電驛皆須依照 IEC61850 標準，故現今新型之數位式多功能保護電驛多朝向此規範設計，然本公司現階段所使用之保護電驛，部分型號過於老舊不符規格，另電驛周邊之軟硬體亦未配合升級，故 IEC61850 尚未廣泛應用至本公司的系統保護，亦可能造成未來變電所自動化之銜接困難。

此次藉由實地造訪美加地區電驛製造廠家 SEL 及 GE 公司，除深入了解 IEC61850 的應用實例和分析其優缺點，並請代為安排參訪 Toronto Hydro One Cherrywood 變電所、GE 智慧電網研發中心、SEL 年度技術發表會以及 WPRC 會議，蒐集了美加地區對於 IEC61850 等相關應用作為參考，俾提升本公司發展變電所自動化之保護效能。

貳、出國行程說明

本次出國實習係依照行政院 102 年度第 83 號出國計畫，安排赴美國及加拿大實習「數位式多功能保護電驛結合 IEC61850 之應用技術」，為期 10 天，相關任務地點及實習內容行程，重點說明如下：

日期	地點	機構	主題
10/09	紐約	往程	
10/10	紐約 ~ 多倫多	GE 公司	1. GE 電驛及相關智慧型裝置(如: Hard Fiber Process Bus System、Brick)應用於變電所自動化之實例探討。
10/11	多倫多		2. 參訪 Toronto Hydro One Cherrywood 變電所、GE 智慧電網研發中心。
10/12 ~ 10/13	多倫多 ~ 西雅圖 ~ 斯波坎	路程	路程暨報告撰寫(假日)。 【註】 ：10/12 夜宿西雅圖。
10/14 ~ 10/16	斯波坎	SEL 公司	1. SEL 電驛應用於變電所自動化之實例探討。 2. 參訪 SEL 年度技術發表會、WPRC 會議。 【註】 ：10/16 夜宿西雅圖。
10/17 ~ 10/18	西雅圖 ~ 台北	返程	

參、IEC61850 簡介

追求變電所自動化的過程中，因受限於標準及規範尚未統一，因此各 IED 廠家均自行定義其資料模型或通信協定，故不同廠牌 IED 間的資訊無法互通，造成日後整合困難。2001 年歐洲 IEC 及美國 EPRI 技術委員會決議訂定 IEC61850 作為變電所自動化的統一標準，共分為十大類及十四個標準，如下所示：

- IEC 61850-1 : Introduction and Overview
- IEC 61850-2 : Glossary
- IEC 61850-3 : General Requirements
- IEC 61850-4 : System and Project Management
- IEC 61850-5 : Communications Requirement for Functions and Device Models
- IEC 61850-6 : Configuration Description Language for Communication in
Electrical Substations
- IEC 61850-7-1 : Basic Communication Structure for Substation and feeder
equipment Introduction
- IEC 61850-7-2 : Basic communication structure for substation and feeder
equipment Abstract Communication Service Interface (ACSI)
- IEC 61850-7-3 : Basic communication structure for substation and feeder
equipment- Common Data Classes
- IEC 61850-7-4 : Basic communication structure for substation and feeder

equipment compatible logical node classes and data

- IEC 61850-8 : Specific communication service mapping (SCSM)
- IEC 61850-8-1 : Mappings to MMS (ISO/IEC9506-1 and ISO/IEC 9506-2)Ed.2
- IEC 61850-9-1 : SCSM Sampled Values over serial unidirectional multi-drop point to point link
- IEC 61850-9-2 : SCSM-Sampled values over ISO/IEC 8802-3
- IEC 61850-10 : Conformance Testing

IEC61850分層式架構，如下圖 3-1所示：

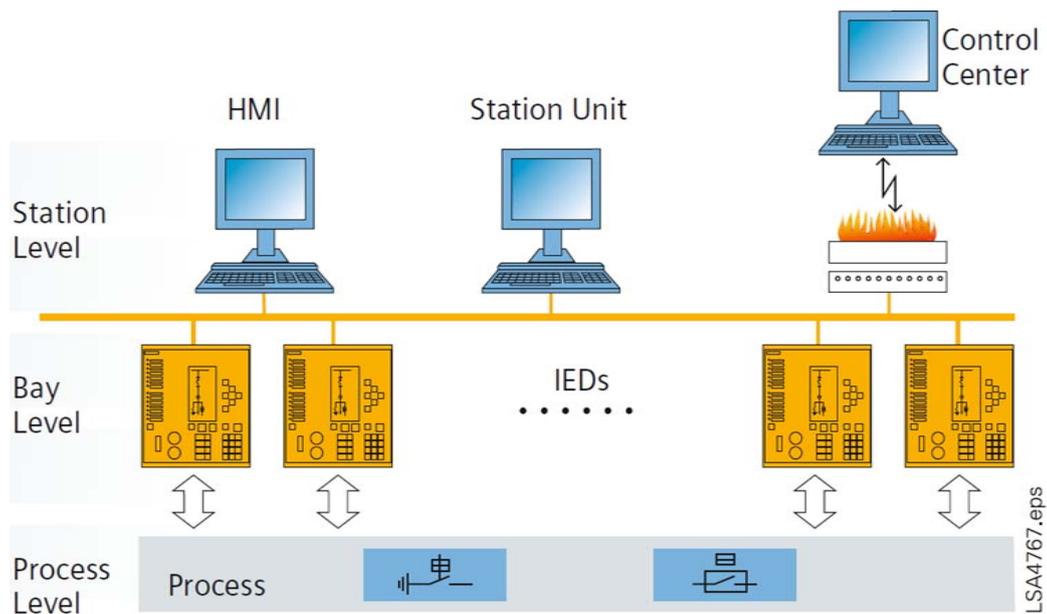


圖 3-1 IEC61850 分層式架構

依據上述標準，IEC61850 不單是只有定義變電所自動化之架構，更涵蓋了此架構底下的諸多細部規範，如：IED 內部資料的名稱與屬性、不同 IED 間資料的傳遞介面與方式、現場 CT/PT 取樣值之規範與傳輸、以及各種智慧型設備的規格測試等，以期在此標準下能加速變電所自動化之流程，且同時兼顧品質與可靠度，以下將介紹與電驛較為相關之標準。

一、IED 資料模型

在 IEC61850 的資料模型下，從大範圍至小規範皆有一套標準須依循，首先需定義 IED 的位置，接著依據 IED 內部之功能如：保護、控制、測量等定義 Logical Device，然而單一個 Logical Device 可能就包括斷路器、CT、PT 等變電設備，因此尚需制定 Logical Node 來區分，最終則是由資料的屬性來確切表達狀態，作為不同 IED 間資料互通之基礎，圖 3-2 所示之資料模型，即代表 Feeder12 電驛對於斷路器位置狀態之控制。

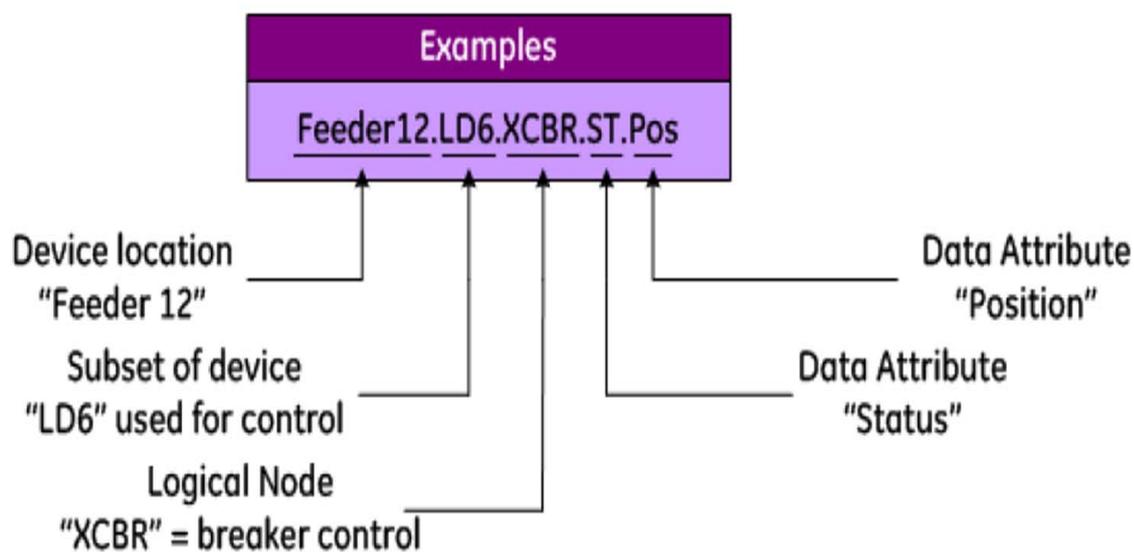


圖 3-2 Feeder12 電驛對於斷路器位置狀態之控制

二、資料傳遞方式

如圖 3-3 所示，在 IEC61850 資料傳遞方式的標準下，常使用 MMS(Manufacturing Message Specification)及 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)及 SV(Sampled Values)三種資料傳遞方式。

Services and Mappings

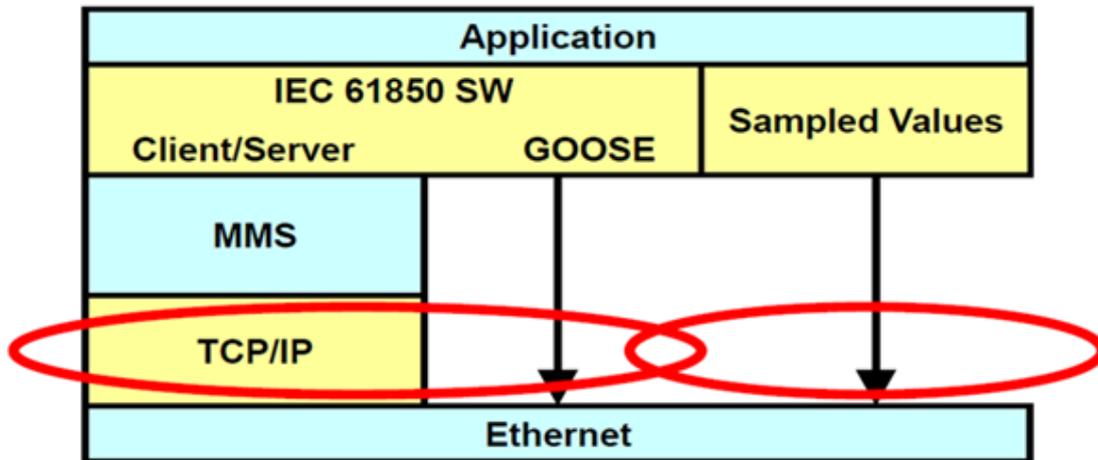


圖 3-3 IEC61850 資料傳遞方式

- MMS (Manufacturing Message Specification): 因 Client 端 (如 :SCADA) 與 Server 端 (如 :電驛) 彼此間的訊息格式往往十分複雜而無法即時處理，故此類型的訊息常以 MMS 作為溝通；如圖 3-4 所示，Client 端以 MMS 方式下達一個 read 的訊息給 Server 端，而 Server 端收到此訊息後，將儲存於電驛內部的數值回傳給 Client 端。

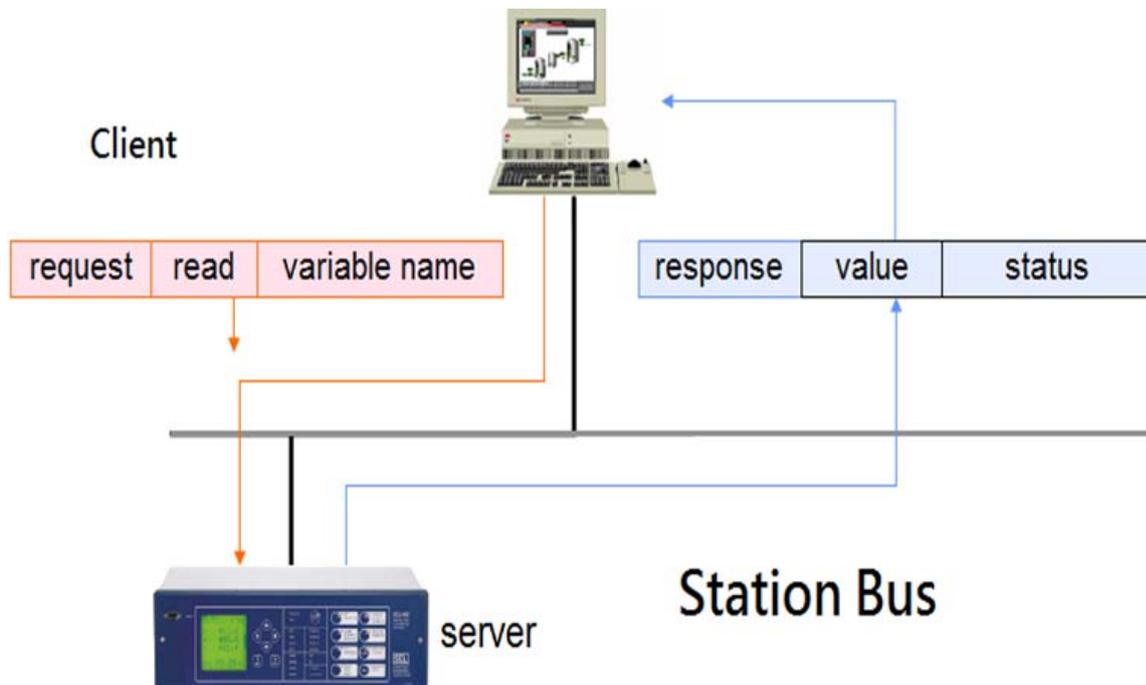


圖 3-4 Client 透過 MMS 讀取資料

- GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event)：因不同 IED 間的資料互通必須是快速且正確，尤其是當故障發生時，IED 才能以可靠的資料因應，故此類型的訊息常以 GOOSE 作為溝通，而 GOOSE 的特點包括：訊息採一對多廣播而非點對點傳輸(如:MMS)、傳輸型態以 Ethernet 為基礎下高速傳輸(Station Bus 達 100Mbit/s)、當有事件發生時，GOOSE 的訊息更新頻率會更加快速。如圖 3-5 所示，當 Feeder1 發生故障時，Feeder1 Relay 會透過 GOOSE 將斷路器失靈保護始動訊息 BFI 送至 Bus Relay，若超過預定時間而故障電流仍然存在時，Bus Relay 則送出跳脫訊號將匯流排斷路器啟斷。

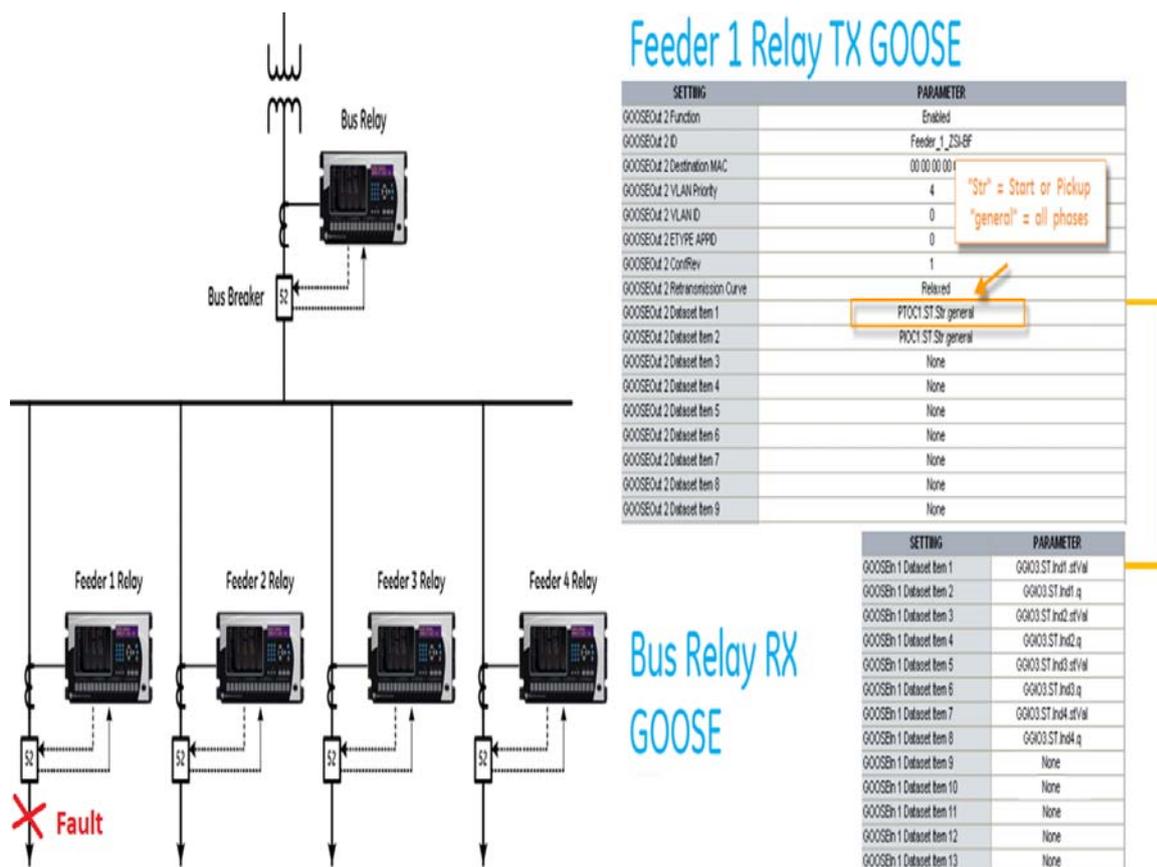


圖 3-5 Relay 透過 GOOSE 傳送資料

- SV (Sampled Values)：因各個 IED 常需要 CT 及 PT 等電氣訊號作為控制或保護之用(如圖 3-6 所示)，因此 IEC61850-9 則針對取樣時的頻率與時間誤差訂定標準：

1. 頻率：保護：4.8kHz（每週波 80 個點）。

量測：15.36kHz（每週波 256 個點）。

2. 時間誤差：小於 1 微秒。

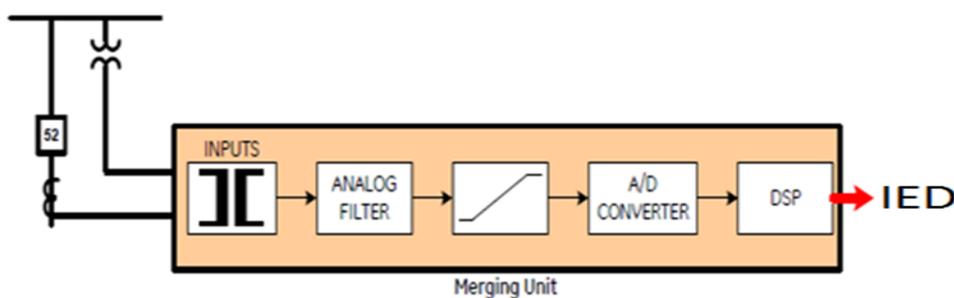


圖 3-6 Sampled Values 動作流程

然而現階段欲達到此標準實屬不易，受限於頻寬限制，一個 100Mbit/s 為基礎之 Process Bus 無法接超過 6 個量測設備(一個量測設備為 16Mbit/s)，因此對於需要多組 CT 訊號的匯流排保護電驛則無法應用；此外，如圖 3-7 所示，因取樣時間誤差標準須小於 1 微秒，若訊息傳遞時經過太多 Switch 則無法達到規範，故尚須使用 GPS 作為時間同步之用。

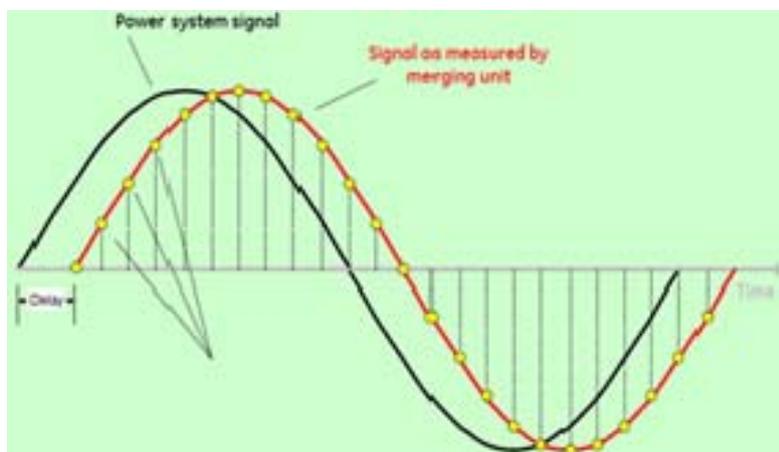


圖 3-7 CT/PT 訊號實際值與取樣值比較

肆、SEL 及 GE 電驛於 IEC61850 標準下之應用實例

為確保數位式多功能保護電驛在 IEC61850 的標準下，不同的 IED 間資料具有互通性，以及當事故發生時，電驛能否正確動作以避免停電範圍擴大，最好的方法就是實際建造一個智慧型變電所，而所內同時並存傳統架構與 IEC61850 架構之系統與設備保護，經由時間的驗證來評估其可行性，以下將分別介紹目前 SEL 與 GE 電驛於 IEC61850 的應用實例。

一、SEL 電驛應用於 La Venta II Wind Farm 變電所

La Venta II Wind Farm 位於墨西哥瓦哈卡州南方(如圖 4-1 所示)，由於腹地廣闊且風速超過每秒 9 公尺，遠大於風機平常運轉時所需風速(約每秒 2 至 4 公尺)，故預計於 2017 年前將擴增至 3GW(如圖 4-2 所示)；而美國 SEL 公司則在此背景下，與其它的電驛廠家 GE、SIEMENS 等一同嘗試建置以 IEC61850 為架構下之智慧型變電所(34.5kV/230kV)，透過實際參與以驗其效。



圖 4-1 La Venta II Wind Farm 位置圖



圖 4-2 La Venta II Wind Farm 建造圖

如圖 4-3 所示，La Venta II Wind Farm 變電所內 230kV 線路、變壓器及匯流排係使用 SEL、GE 及 SIEMENS 等電驛作為保護，不同的電驛間可以透過光纖所構成的環狀乙太網路，以 GOOSE 模式傳送及接收訊息，或是經由傳統接線式架構溝通；至於 Client 端的 SCADA 雖是採用 DNP 協定，亦可透過 SEL-3332 電驛將 DNP 與環狀乙太網路互相轉換資料，然 SCADA 的訊息格式較為複雜且不需即時性，因此係使用 MMS 的方式交換訊息而非使用 GOOSE。

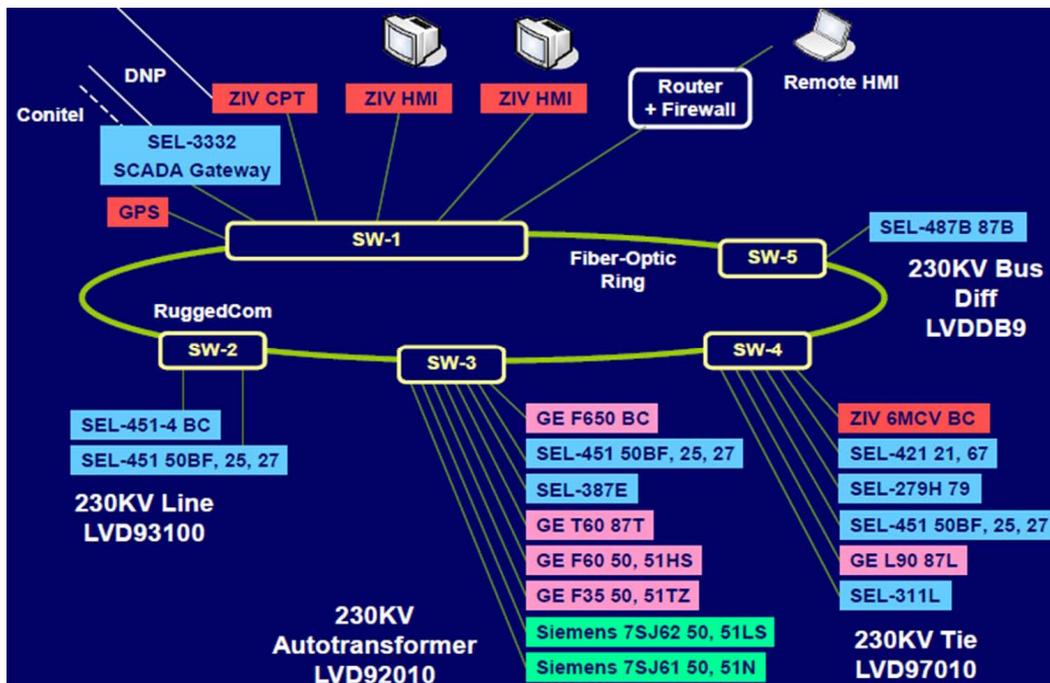


圖 4-3 La Venta II Wind Farm 保護架構圖

為確保 SEL 型電驛與它牌電驛間資料具有互通性，且事故發生時能夠正確動作，今實際測試一故障於 La Venta II Wind Farm 變電所 230kV 線路(如圖 4-4 所示)，而此線路採用 SEL-311L 電驛作為測距保護與 SEL-451 電驛作為斷路器失靈保護，透過波形紀錄比較可發現 GOOSE 模式下，電驛皆動作正確，測距保護跳脫訊號 21Trip 較傳統式快 12.5ms(如圖 4-5 所示)，而斷路器失靈保護跳脫訊號 BFT 亦比傳統式快 8ms(如圖 4-6 所示)。



圖 4-4 La Venta II Wind Farm 故障示意圖

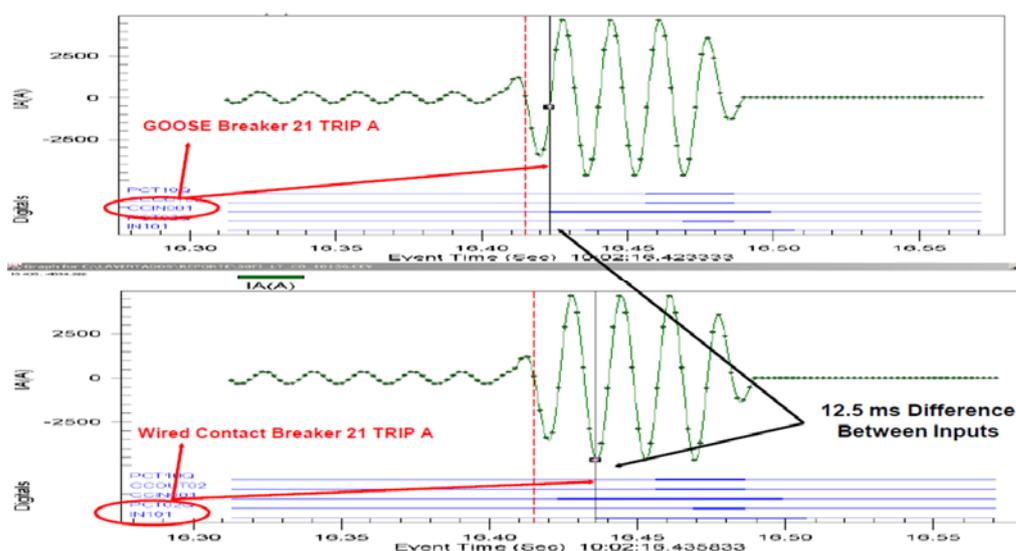


圖 4-5 SEL-311L 故障波形紀錄比較圖

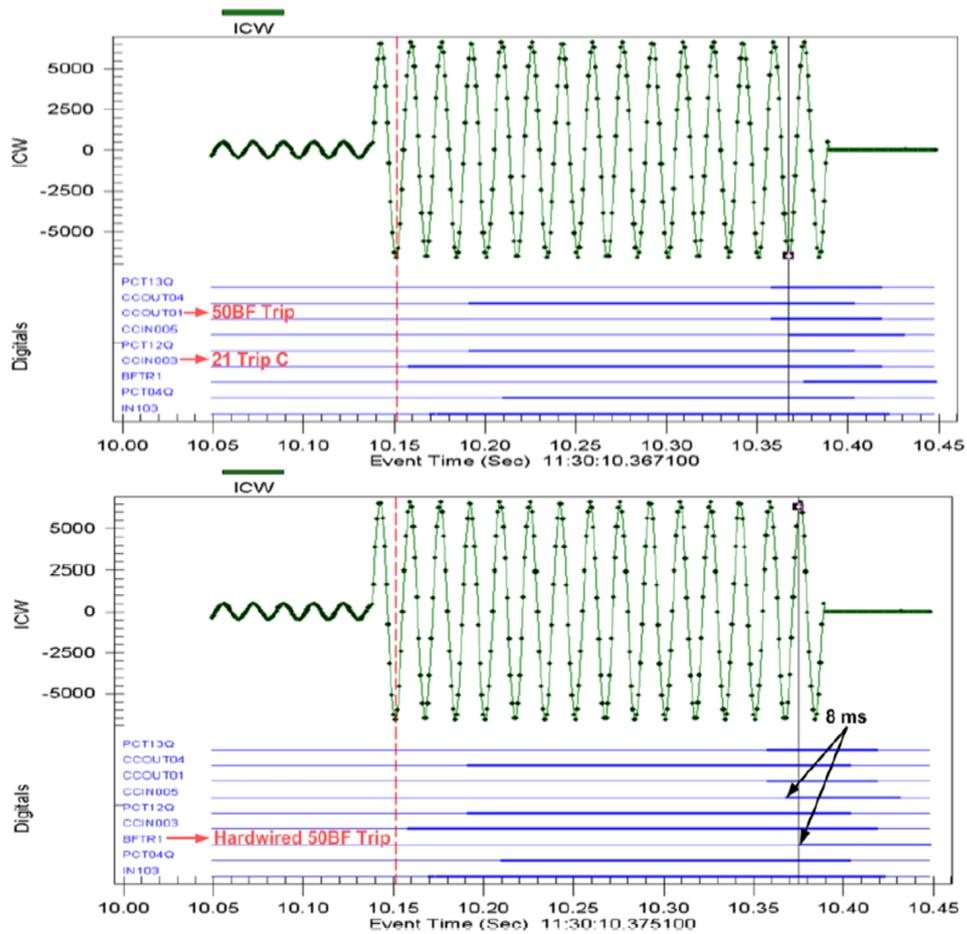


圖 4-6 SEL-451 故障波形紀錄比較圖

由此例可知，當 SEL 型電驛達到 IEC61850 等相關規範時，可作為發展變電所自動化之用，且同時兼具速度與正確性，但此實例僅顯示 SEL 型電驛可與它牌電驛間透過 GOOSE 模式下達到資料互通，但電驛本身所需的 CT 及 PT 等電氣參數仍需依賴傳統接線，而非透過 IEC61850 架構下的 Process Bus 取得，因此 La Venta II Wind Farm 變電所尚未達到 IEC61850 之全部架構與規範。

二、GE 電驛應用於 Benavente 變電所

基於 IEC61850-9 規範取樣時頻寬與時間同步等問題，GE 自行研發 Hard Fiber Process Bus System(如圖 4-7 所示)，在此系統中，開關場之 CT 及 PT 等電氣信號先透過銅纜接至 Brick，經 Brick 取樣、濾波以及數位訊號處理後，透過 Hard Fiber Outdoor Cable 傳送至 Hard Fiber Cross Connect Panel，而 Hard Fiber Cross Connect Panel 的功能如同端子板一般，分別依據電驛的需求，將相關訊號經由 Indoor Fiber Cable 直接送至電驛本體，由於此系統係使用光纖以太網路點對點連接，因此不但沒有頻寬、時間同步或是資通安全等問題，且大幅減少建置一變電所需要之銅線使用量，而 Hard Fiber Process Bus System 已於 2009 年應用至西班牙的 Benavente 變電所(如圖 4-8 所示)。

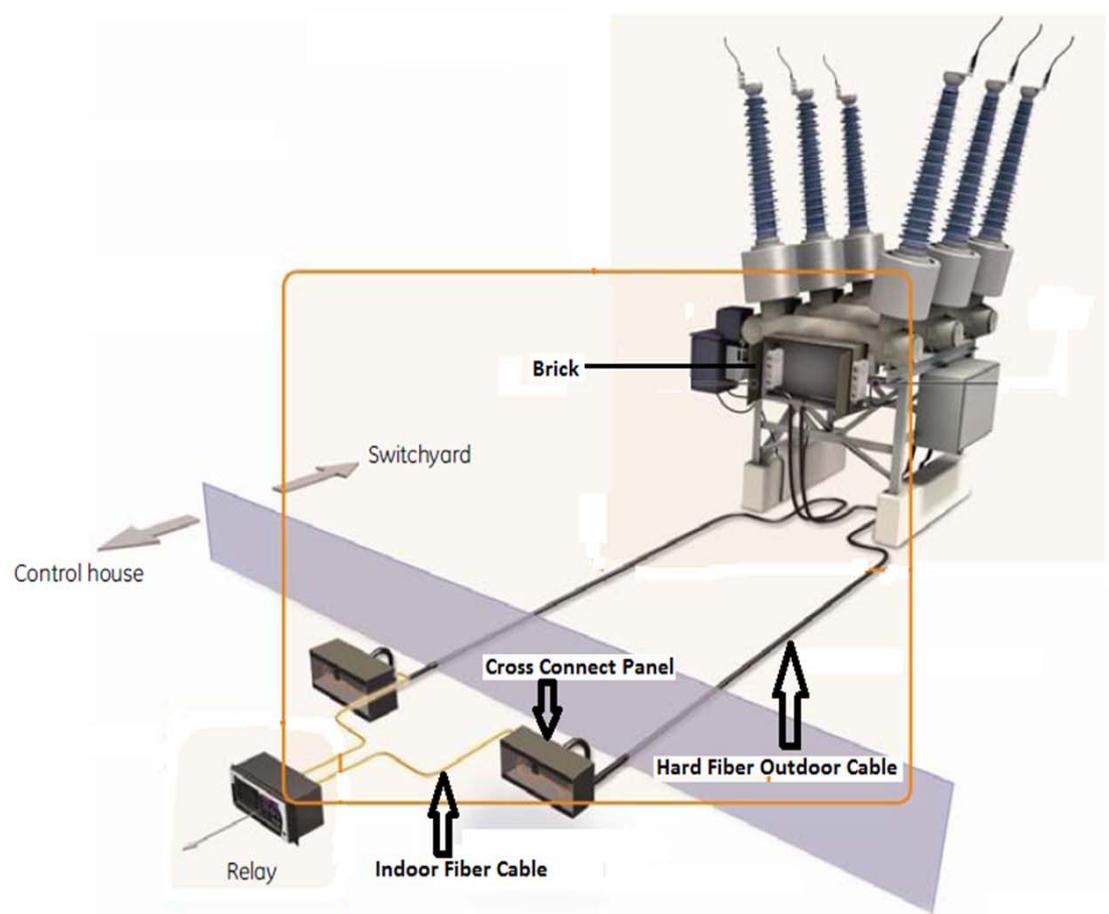


圖 4-7 GE Hard Fiber Process Bus System



圖 4-8 GE Hard Fiber Process Bus System 裝設於 Benavente

如圖 4-9 所示，Benavente 變電所內 132kV 線路 Vilecha 係使用 GE-D60 電驛作為線路保護、而 T2 變壓器保護(45kV/132kV)則為 GE-T60 電驛，兩者電驛所需之電壓、電流訊息則是同時使用 Hard Fiber Process Bus System 與傳統接線式接至電驛本體。

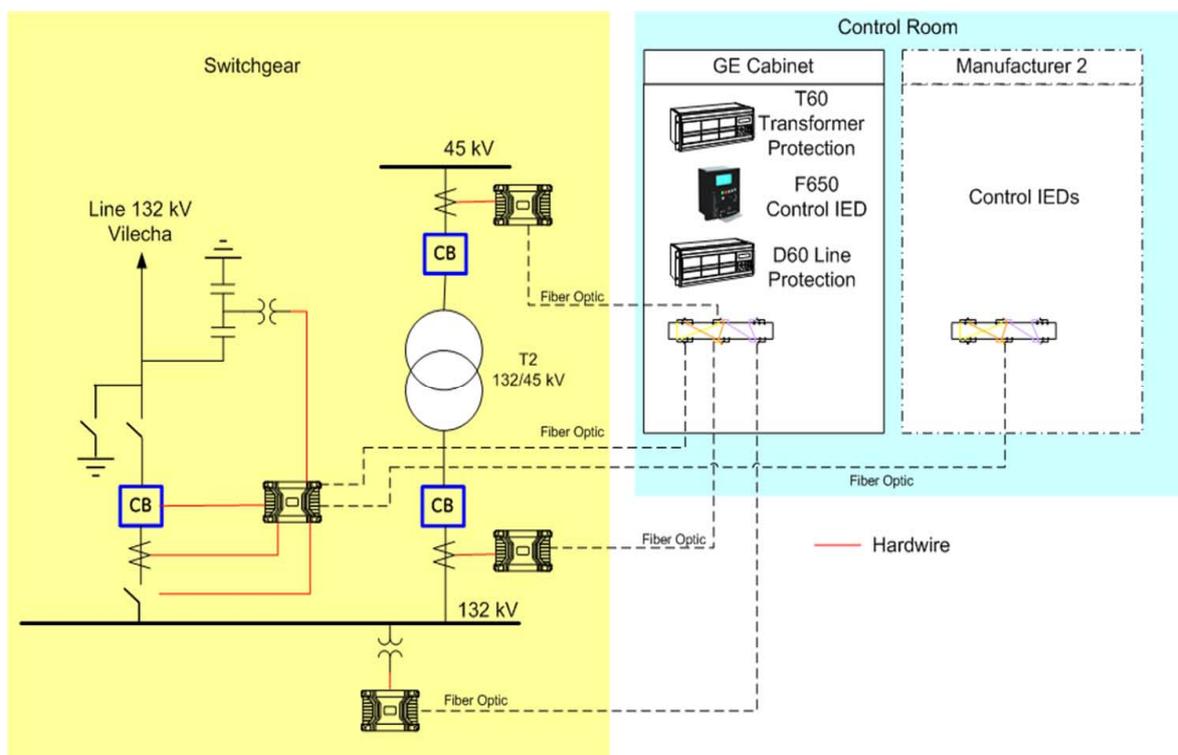


圖 4-9 Benavente 變電所保護架構

為確保 GE 建置之 Hard Fiber Process Bus System 與電驛能正確運作，今實際測試一故障於 Benavente 變電所 132kV 線路，透過 GE-D60 波形紀錄比較顯示，Hard Fiber Process Bus System 之故障電流波形與傳統接線式相似，且電驛皆正常動作(如圖 4-10 所示)。

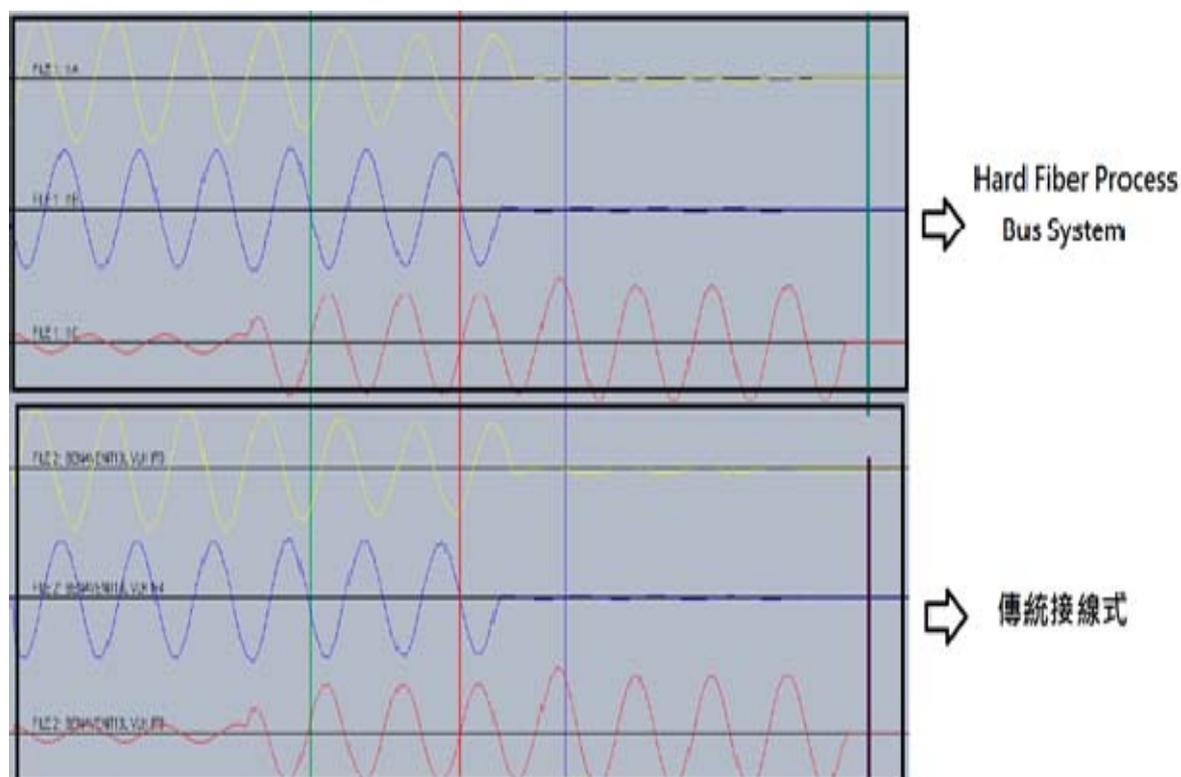


圖 4-10 GE-D60 故障波形紀錄比較圖

由此例可知，GE Hard Fiber Process Bus System 可克服 CT 及 PT 訊號取樣時頻寬限制與時間不同步等問題，且經試驗後結果與傳統接線式架構相似，但此系統僅支援 GE 型電驛，它牌電驛無法透過此系統獲得電壓與電流等訊息，因此容易造成日後整合及擴充困難；此外，Hard Fiber Process Bus System 實際應用至變電所尚不滿五年，安全性與可靠度還需時間驗證。

伍、現場參訪

本次行程除了與 SEL 及 GE 公司的電驛人員一同探討 IEC61850 之核心技術外，亦實際參訪 Toronto Hydro One Cherrywood 變電所、GE 智慧電網研發中心、SEL 技術發表會與 WPRC 會議；現將各相關交流經驗分述於下列各節。

一、Toronto Hydro One Cherrywood 變電所

Toronto Hydro One Cherrywood 變電所位於加拿大多倫多東方，主要負責該地區 500kV 及 230kV 輸電暨部分配電系統，而所內設備保護電驛除了 BF 電驛仍是傳統式以外，其餘皆已汰換為數位式電驛，且採用兩套不同廠牌以避免單一廠家設計缺失致使電驛誤動作；此外，GE Hard Fiber Process Bus System 已於 2011 年實際應用至此變電所(如圖 5-1 所示)，據現場維護員表示，此系統使用至今功能皆正常，並未因當地冬季嚴寒且下雪的惡劣氣候所影響。



圖 5-1 Toronto Hydro One Cherrywood 變電所

二、GE 智慧電網研發中心

GE 智慧電網研發中心位在加拿大萬錦市，於 2011 年底成立，主要用作智慧電網展示以及 IEC61850 等議題研究(如圖 5-2 所示)，參訪人透過研發中心提供的先進觸控技術以及人機介面輔助，了解到傳統式變電所依據 IEC61850 規範逐步演進至智慧型變電所面臨的種種困難，以及 GE 公司如何針對上述困境提出解決方案(如圖 5-3 所示)。



圖 5-2 GE 智慧電網研發中心

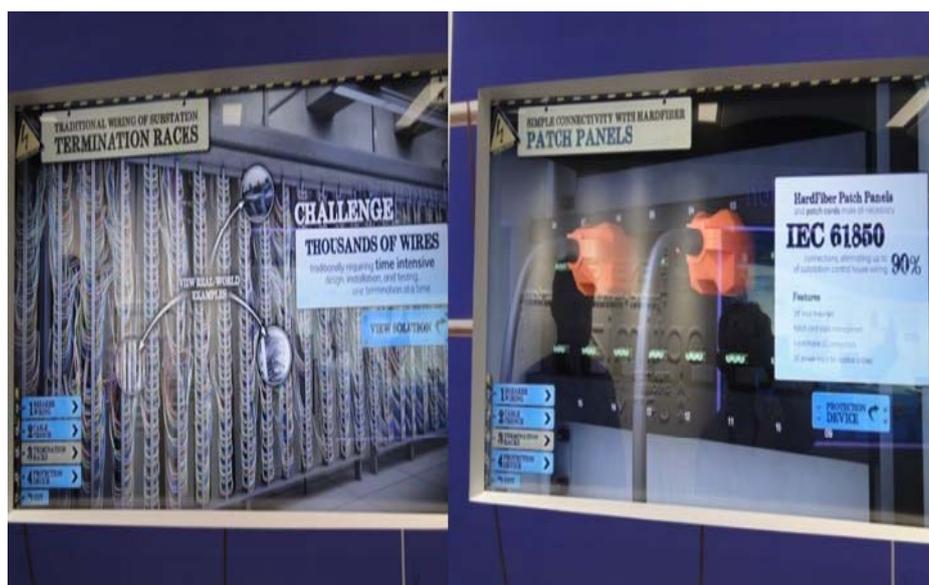


圖 5-3 GE 智慧電網解決方案示意圖

三、SEL 年度技術發表會

SEL 年度技術發表會(如圖 5-4 所示)每年於美國華盛頓州斯波坎市舉辦，主要是發表該年度 SEL 電驛應用至系統與設備保護、智慧電網及 IEC61850 等相關議題，而此次會議中提到了 SEL-411L 電驛(如圖 5-5 所示)已內建新型故障定位技術 Traveling Wave Fault Location，該技術係利用線路發生故障時會伴隨一個近乎光速傳遞的高頻行波，只要能預先求出行波在傳輸線上的行徑速率，以及行波自故障發生到抵達電驛所花費之時間，即可估算出故障點位置，相較於以阻抗大小為基礎之故障定位演算法，Traveling Wave Fault Location 因與故障時之接地阻抗無關，故準確性較高，相關原理及參數如圖 5-6 所示。



圖 5-4 SEL 年度技術發表會

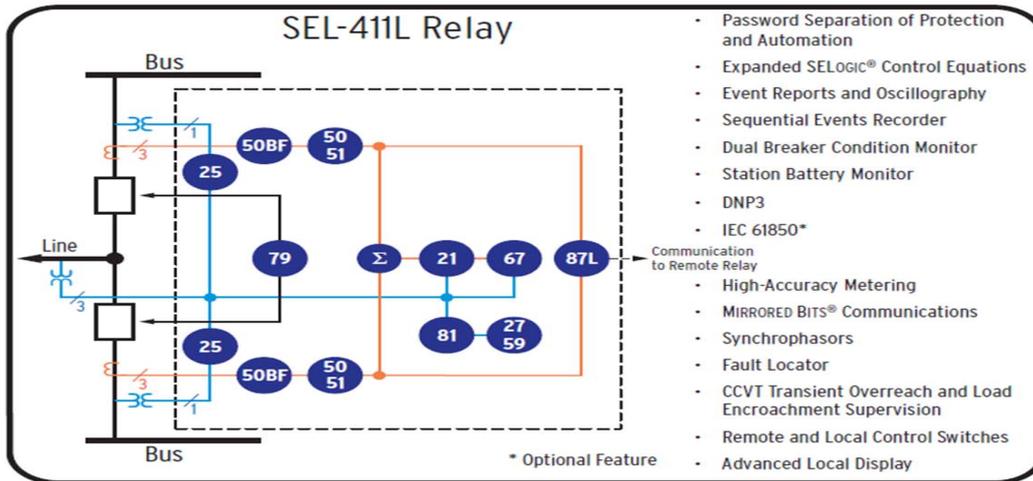
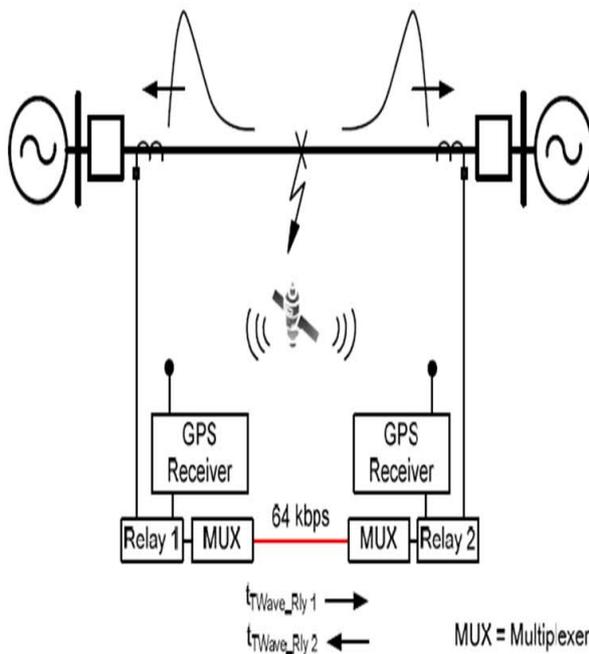


圖 5-5 SEL-411L 電驛及功能



$$TWFL = \frac{LL + (T_{waveA} - T_{waveB}) \cdot c \cdot LPVEL}{2}$$

where:

TWFL is the TW-based fault location.

LL is the line length.

TwaveA is the TW arrival time recorded at Terminal A.

TwaveB is the TW arrival time recorded at Terminal B.

c is the speed of light.

LPVEL is the propagation velocity of the TW in per unit of the speed of light.

圖 5-6 Traveling Wave Fault Location 動作原理及參數

試舉一實例證明 Traveling Wave Fault Location 之功效，如圖 5-7 所示，SEL-411L 電驛已預先裝設於美國愛達荷州附近 Goshen 端與 Drummond 端作為全長 72.77miles 的 161kV 線路保護之用，並開啟電驛內部 Traveling Wave Fault Location 功能。

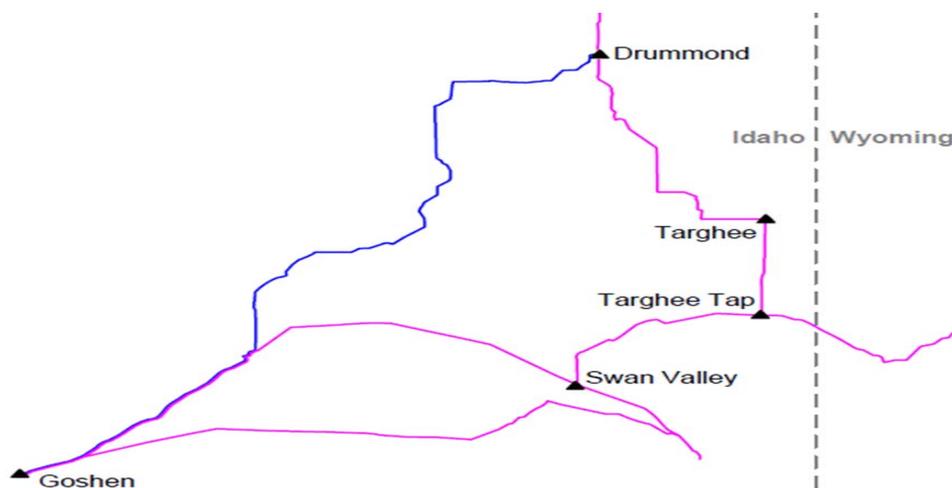


圖 5-7 161kV Goshen~Drummond 線路位置示意圖

2012 年 04 月 24 日此段線路發生 C 相接地故障，故障期間 Goshen 端波形紀錄如圖 5-8 所示，而 Drummond 端波形紀錄如圖 5-9 所示。

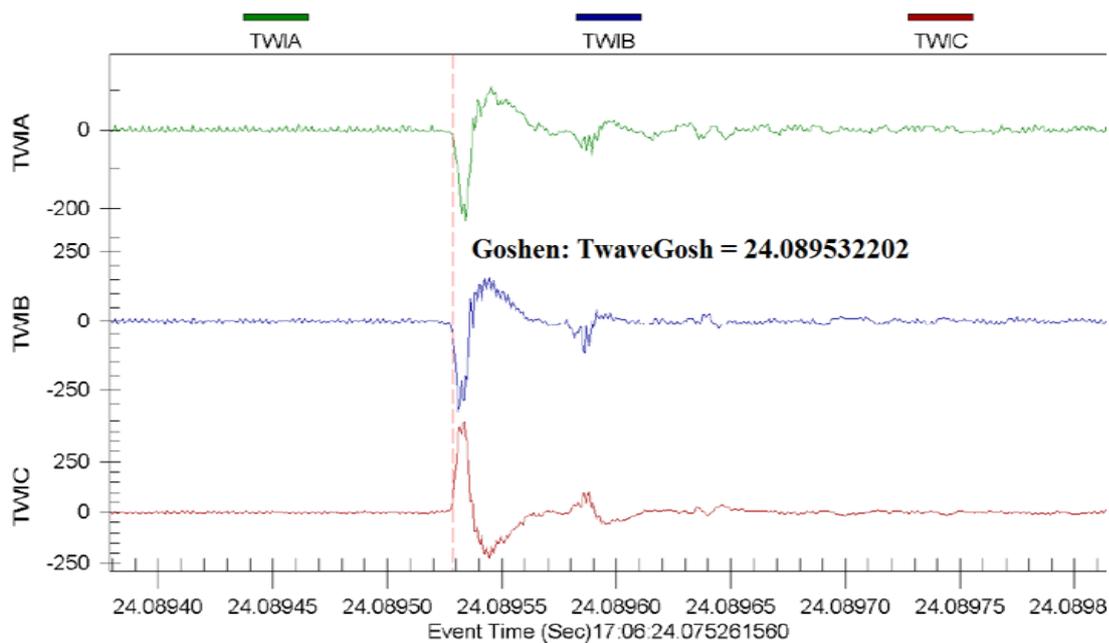


圖 5-8 Goshen 端 SEL-411L 故障波形紀錄

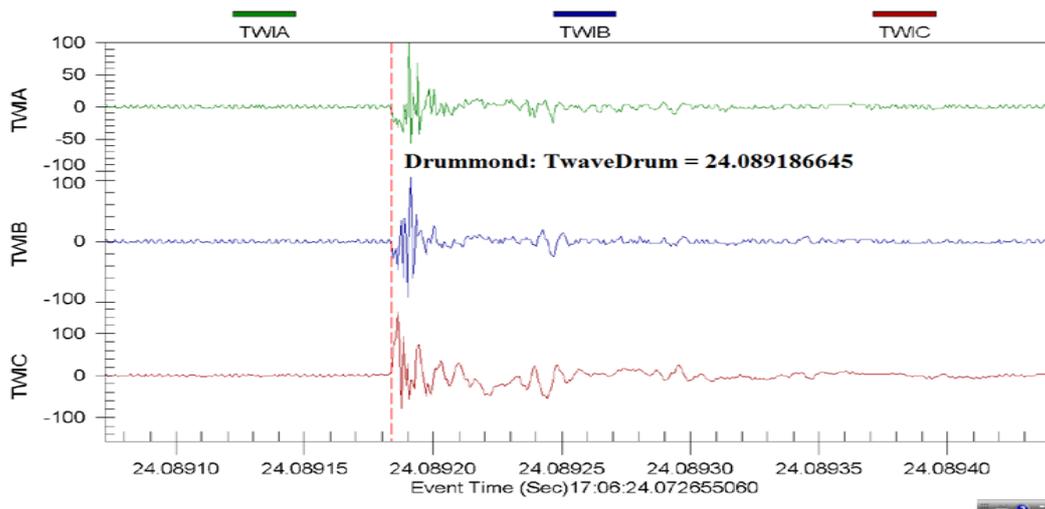


圖 5-9 Drummond 端 SEL-411L 故障波形紀錄

獲得相關參數後，故障距離估算如下：

$$TWFL = 72.77 * 0.5 + (24.089532202 - 24.089186645)$$

$$* 186282.39705 * 0.98821 * 0.5 = 68.19 \text{ miles (Goshen 端)}$$

最後實際派員尋找故障點 可於距離 Goshen 端 67.91miles 處發現變電設備故障，如圖 5-10 所示。



圖 5-10 現場設備故障

由此例可知，Traveling Wave Fault Location 的確具有高準確性，全長達 72.77miles 的 161kV 線路，尋找一故障點卻僅有 0.28miles 誤差，且誤差值不受接地阻抗之影響，公司可審慎考慮引進。

四、WPRC 會議

WPRC(Western Protective Relay Conference)會議每年於美國華盛頓州斯波坎市舉辦，主要是發表各廠家電驛之最新技術以及電驛原理教學，由於各廠家之原廠技師都會在此會議中出席，若電驛設定有疑義或是技術方面的問題，皆可於會議中發問；現將部份教學內容分享如下。

Q1: 變壓器高壓側過流瞬跳始動值是否一定要大於 Inrush Current?

Ans: 否。現今數位式變壓器保護電驛多內建一 Fourier Filter，透過此 Filter 可以把故障電流的直流及諧波成份去除(如圖 5-11 所示)，因此高壓側過流瞬跳始動值可以設為小於 Inrush Current，而不需像傳統 E/M 型電驛設為滿載電流的 8~12 倍。

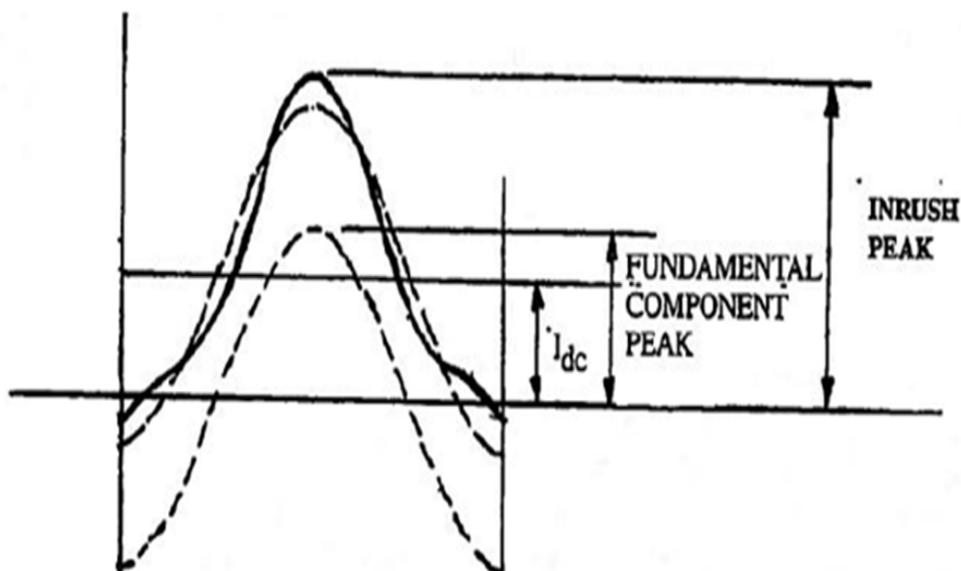
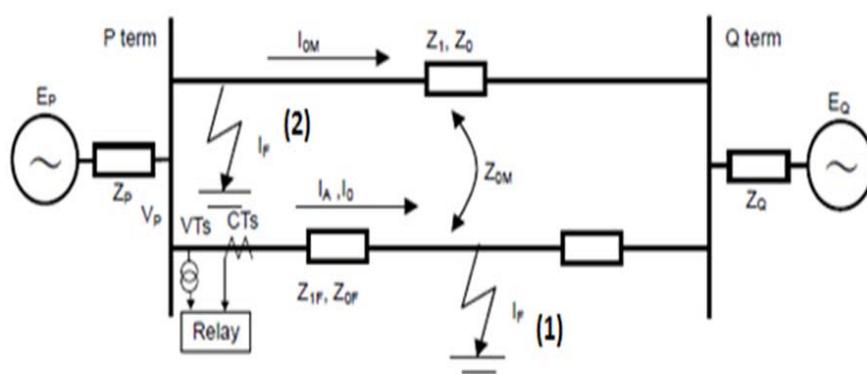


圖 5-11 變壓器電流組成示意圖

Q2: Parallel Line Compensation 對於測距電驛 21N 是否恆為幫助?

Ans: 否。如圖 5-12 所示，當 Fault(1)時，故障電流主要流經下方線路，故上方線路 I_{0M} 之值甚小，因此測距電驛 21N 雖因考慮互感但僅略增測距範圍；但若 Fault(2)時，上方線路故障電流 I_{0M} 增加甚大，因此測距電驛 21N 會因考慮互感而大幅增加其測距範圍，可能致使上端線路故障而下端測距電驛動作跳脫。



$$V_{PA} = Z_{1F} I_A + (Z_{0F} - Z_{1F}) I_0 + Z_{MF} I_{0M} = Z_1 \left(I_A + \frac{Z_{0F} - Z_{1F}}{Z_{1F}} I_0 + \frac{Z_{0MF}}{Z_{1F}} I_{0M} \right)$$

$$= Z_{1F} (I_A + k_s I_0 + k_m I_{0M})$$

where,

V_{PA} : A-phase voltage at P term, I_A : A-phase current of faulted line

I_0 : zero sequence current of faulted line, I_{0M} : zero sequence current of adjacent line

Z_{1F} : positive sequence impedance from relay to fault point

Z_{0F} : zero sequence impedance from relay to fault point

Z_{0MF} : zero sequence mutual impedance from relay to fault point

$k_s = (Z_0 - Z_1) / Z_1$, $k_m = Z_{0M} / Z_1$

圖 5-12 測距電驛 21N 互感補償示意圖

Q3: 只要不發生接地故障，就一定不會有零序電流嗎？

Ans: 否。當一線路發生 A 相開路故障與 AB 相短路故障時，其正序、負序及零序網路之連接如圖 5-13 所示，因此一線路若同時發生上述兩種故障(如圖 5-14 所示)，縱使不發生接地故障，亦會產生零序電流，故容易使電驛人員誤判。

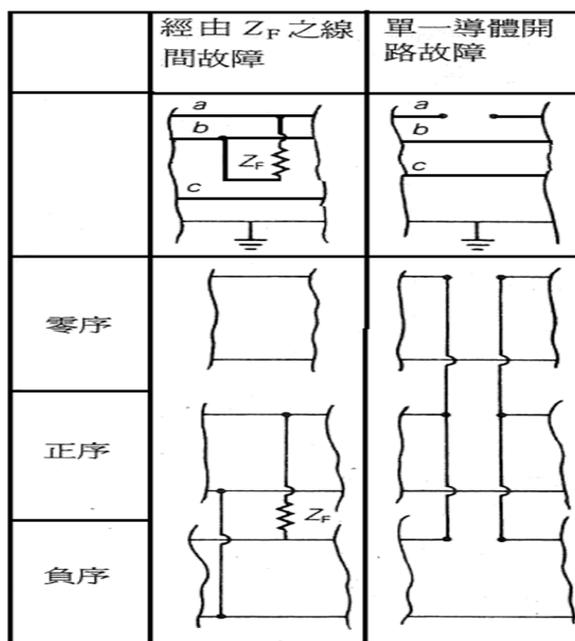


圖 5-13 相間與單相開路故障相序連接示意圖

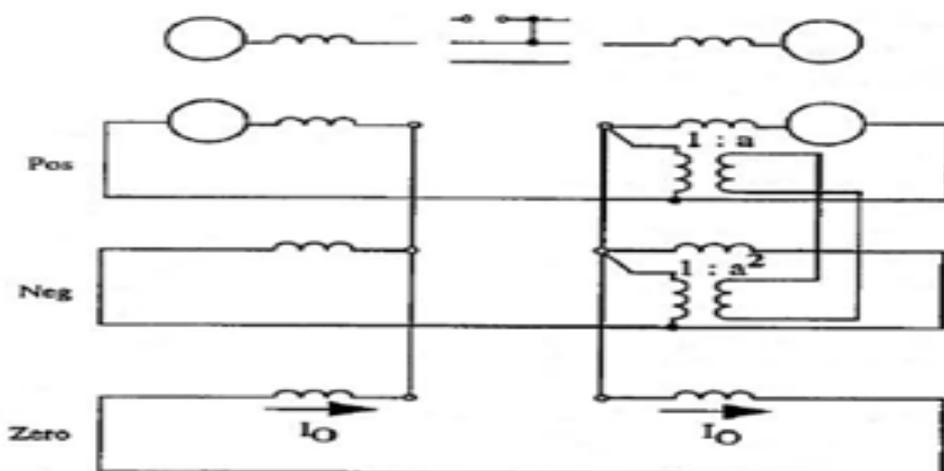


圖 5-14 同時發生相間與單相開路故障相序連接示意圖

陸、心得與建議

一、心得

- 強烈感謝長官給予我出國實習的機會，使我能一窺電驛領域之最新技術，並與美加地區的電驛人員實際探討電驛相關設定，亦感謝技術組與標置組諸位組長及課長指導我有關公務出國之公文流程以及在國外應注意之事項。
- 此次國外實習，深刻體會到英文及專業的重要性，唯有兩者兼具方能與國外技師即時地探討與溝通，期盼往後的日子能在這些方面多加精進；此外，國外之食、衣、住、行皆與居住在本國迥異，此經驗誠屬難得，本人樂意將實習期間之所見所聞，與各位同仁一同分享。

二、建議

- 現今通訊網路之技術與可靠度已大幅提升，且廣泛應用於 IEC61850 標準下之多功能保護電驛，建議同仁有機會能多涉獵這方面的專業知識，並請公司持續派員出國實習，以確切掌握 IEC61850 核心技術。
- 因 GE Hard Fiber Process Bus System 與它牌電驛不具有互通性，故公司若規劃試辦時，需採購 GE 所支援的電驛型號，否則 IED 恐無法取得電壓、電流等電氣訊號。
- 目前 SEL-411L 電驛內建之 Traveling Wave Fault Location 僅可做到兩端子應用且誤差尚有約數百公尺，若未來引進且規劃使用此功能時，請考慮上述因素擇點試辦。

柒、參考文獻

- [1] GE 公司提供之講義。
- [2] SEL 公司提供之講義。
- [3] S. Marx, B. K. Johnson, A. Guzmán, V. Skendzic, and M. V. Mynam, “Traveling Wave Fault Location in Protective Relays: Design, Testing, and Results,” proceedings of the 16th Annual Georgia Tech Fault and Disturbance Analysis Conference, Atlanta, GA, May 2013.
- [4] J. Cardenas, I. Ojanguren, I. Garces, “IEC61850 9-2 Process Bus: Operational Experience in a Real Environment,” 21st International Conference on Electricity Distribution, Frankfurt, JUNE 2011.
- [5] A. Hamze, M. Adamiak, M. Goraj, J. Cardenas 132k, “R&D Multivendor Project IEC61850 Process Bus at Iberdrola’s Benavente V Substation,” GCC Power 2009 Conference and Exhibition, Riyadh, November 2009.
- [6] Roger A. Hedding, “False Applications of Reliable Relaying Principles Revisited,” proceedings of the 40th Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 2013.