

公務出國報告（出國類別：實習）

新型數位式保護電驛
於智慧型電網之應用技術

服務機關：臺灣電力股份有限公司

姓名職稱：陳順斌 十等電機工程監

派赴國家：加拿大

出國期間：100年6月20日至100年7月6日

報告日期：100年8月25日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：新型數位式保護電驛於智慧型電網之應用技術

頁數 44 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/十等電機工程監/02-23666619

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100.6.20 ~ 100.7.6 出國地區：加拿大

報告日期：100.8.25

分類號/目

關鍵詞：數位式電驛、智慧型電網、IEC61850、智慧型(數位型)變電所

內容摘要：(二百至三百字)

1. 目前國內正積極推廣智慧型電網，亦正值本公司電力系統保護電驛陸續由傳統機電式改為微處理機數位式，其除可增進電驛動作之可靠性、提高系統穩定度、記錄系統事故波形利於事故後分析外，更可結合 IEC61850 通信協定，應用於未來智慧型(數位型)變電所之建置。
2. 藉由本次經濟部之年度國際合作研習機會，參訪加拿大 GE 電驛製造廠家、Waterloo 變電所及 Hydro One 電力公司，實習並交流各類新型數位式保護電驛於智慧型電網之最新技術應用(如:應用 IEC61850 通訊功能、事故後資料自動回傳功能等)，以符合國際趨勢，並研討未來規劃、應用於國內系統，以提升整體電力系統保護效能。

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

目 錄

一、前言及目的-----	4
二、出國行程說明-----	5
三、智慧型電網之應用-----	6
3.1 智慧型電網簡介-----	7
3.2 IEC61850 通信協定-----	13
3.3 數位式電驛於智慧型變電所之應用-----	17
3.4 GE 產品應用方式-----	21
四、與其他變電所、電力公司及實驗機構之技術交流--	34
4.1 參訪 Waterloo 變電所技術交流-----	34
4.2 參訪 Hydro One 電力公司技術交流-----	36
4.3 參訪 Kinectrics 電力設備實驗室技術交流-----	37
4.4 參訪 GE 公司數位式電驛技術交流-----	40
五、心得與建議-----	43

一、前言及目的

國內目前正積極推廣智慧型電網之建置，亦正值本公司電力系統保護電驛陸續由傳統機電式改為微處理機數位式期間，數位式保護電驛除可增進電驛動作之可靠性、提高系統穩定度、記錄系統事故波形利於事故後分析外，更可結合 IEC61850 通信協定，應用於未來智慧型(數位型)變電所之規劃建置，除具原有安全可靠之必要條件外，亦可達到節省材料成本、縮短施工時程、提高運轉操作效率及節省日後運轉維護人力等優點。

藉由本次經濟部提供之年度國際合作研習機會，安排參訪國內目前較常用之加拿大 GE 數位電驛製造廠家，並請其代為安排參訪多倫多 Waterloo 變電所、Hydro One 電力公司及 Kinectrics 電力設備實驗室，實習並交流各類新型數位式保護電驛於智慧型電網之最新技術應用(如:應用 IEC61850 通訊功能、事故後資料自動回傳功能等)，以符合國際趨勢，並研討未來規劃、應用於國內系統變電所，以提升整體電力系統保護效能。

本次實習期間，除吸收有關前述智慧型電網之技術新知，亦帶回一些數位式電驛之新研發技術及應用經驗，相信對未來公司保護系統的規劃應用工作及公司建置智慧型變電所有莫大之助益，希望能藉由本報告與所有同仁共同研討分享。

二、出國行程說明

本次出國研習係應用經濟部 100 年度德國、法國、奧地利、俄羅斯或加拿大技術研習訓練計畫，安排赴加拿大實習「新型數位式保護電驛於智慧型電網之應用技術」，為期 17 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
06/20		往程(當日抵達)	
06/21 ~ 06/26	多倫多	GE 公司	IEC61850, Hard Fiber system, Brick (Merging Unit)等變電所電氣介面光纖化後，保護及自動化等變電系統智慧型電網之應用及規劃方式
06/27 ~ 06/30	多倫多	Waterloo 變電所、Hydro One 電力公司、Kinectrics 電力設備實驗室	參訪 GE 數位電驛製造廠之生產及品管流程、參訪 Waterloo 變電所、多倫多 Hydro One 電力公司及 Kinectrics IEC61850 電力設備實驗室做技術交流
07/01 ~ 07/04	多倫多	GE 公司	各型數位式電驛之新應用技術、電驛事故資料自動回傳系統研討、無線通信系統及本公司 GE 產品應用問題、參訪 GE 數位電驛製造廠之生產及品管流程等
07/05 ~ 07/06		返程	

三、智慧型電網之應用

由於台灣欠缺自有能源，因此絕大部分能源均仰賴國外進口，如何達到節能減碳(環保)、提升電力系統運轉效率、利用再生能源…等議題，成為近日來熱門的議題。建置智慧電網(Smart Grid)除可達成上述目標外，亦可具有節省人力/費用、提升電力品質、增進供電可靠度等諸多優點。

智慧電網的應用範圍廣泛，每個廠家、每家電力公司之定義均不盡相同，簡單的說即為將電力設備與通信系統做整合、進行系統資料交換，最後能達成經濟、環保、安全、可靠之最終目標均可視為其一部分。例如較為人所知的先進讀表基礎建設(AMI)、智慧電錶(Smart Meter)、微電網(Micro Grid)、整合型電壓/無效功率控制(IVVC)、特殊保護系統(UPS)、智慧型(數位式)變電所(Smart/Digitized Substation)、智慧電器(Smart Appliance)、資產管理(Asset Management)及需量反應(Demand Response)等，與數位式電驛應用技術較為相關者，為利用 IEC61850 通信協定達成智慧型(數位式)變電所之建置規劃，此點將作為本出國報告之主題，上述各領域之應用方式亦將於下節逐一簡介。

3.1 智慧型電網簡介

1.先進讀表基礎建設(AMI)及智慧電錶(Smart Meter):

智慧電錶之準確度約 0.2%，較傳統式 0.5% 為高，其亦可規劃做為時間-電價管理，讓用戶得知其用電習慣及成本，配合宣導教育，進而調整用戶之用電習慣，長期來看可減少或轉移尖峰負載，達到平均尖/離峰用電量，減少系統為因應尖峰負載所需增加之發/變電設備投資成本。

智慧電錶亦兼具遠端遙控開關控制功能，於停/復電操作時較有效率亦可減少問題，如：

- 遇用戶欠費不繳時可遠端遙控斷電，避免需派人員赴現場斷電可能衍生之糾紛；遇緊急災害時，可遠端及時斷電避免災害擴大，俾利及時搶修；
- 饋線事故跳脫後，可將同饋線之用戶開關全數遙控啓斷，待饋線檢修由變電所端加壓成功後，再行遙控投入用戶側開關，可避免饋線加壓瞬間之較大突入電流…等；
- 智慧電錶亦可利用先進讀表基礎裝置，透過無線或網路通信遠端取得末端用戶用電資訊(如:用電度數、電壓、功因…等)，不需再定期派員至用戶端執行電費抄表作業，可提高效率暨減少人力暨費用。

2.微電網(Micro Grid):

本公司大型發電系統屬於集中管理式，統一由電能管理系統(EMS)透過自動發電控制(AGC)、自動頻率控制(AFC)及緊急發電控制(EGC)控制，而微電網屬於分散式，應用於區域性小型發電機(如:柴油機)與再生能源(風力、太陽能、潮汐等)間之管理運用、電力

儲存(可減低系統尖峰之負擔),惟因電源來源較不穩定且受限於儲存能力,與系統運轉安全息息相關,故其佔比不可太大(建議 16%以下)。

傳統的電力結構中採用火力、核能、水力等集中式電廠提供特(超)高壓電網,再經輸電系統到高壓電網及中低壓電網,也由於是集中式架構,電廠之監控屬集中調度運轉管理。微電網將連結分散式發電設備,包括太陽能、風力和燃料電池等,並形成一個個的微電網系統。此一微電網系統既可選擇與大電網並聯運轉,也可以選擇獨立運作,視其系統之最佳化調度模式而定。

微電網可在孤島運轉及併聯運轉之間轉換,但重點在於需做到穩定地與系統電網的併聯與切離,而新的微電源併入不應對現行系統造成影響。理想的微電網架構中,設備之間是對等的,因而不需主控設備,而且能做到即插即用。在管理上,要能有效進行功率管理及控制,並根據動態負載的要求對實功、虛功進行獨立監控。

3.特殊保護系統(SPS):

特殊保護系統是電力系統防衛計劃中的重要項目,當電力系統遭遇各種極端之偶發事故時,可能導致系統不穩定而崩潰,此時可能造成大區域甚至全系統停電,因此需建立一套針對各種極端之偶發事故的特殊保護系統,預擬在各種極端事故發生時,立即做出適當之處置,啓動事先規劃之補救控制動作,例如:遙控卸載、遙控跳脫發電機組或系統解聯等,使系統能迅速恢復穩定運轉。

國外部分電力公司亦稱之 SPS 為系統廣域保護 WAP(Wide Area Protection)或系統矯正策略 RAS(Remedial Action Scheme)。

4. 智慧型(數位式)變電所(Smart/Digitized Substation):

傳統式變電所之開關廠至控制室間及所內監控/保護等界面均採敷設傳統金屬電纜達成信號傳遞目的，現今智慧型(數位式)變電所主要為整所變電所之信號均採通信方式(光纖或網路)達成，具備建造成本較低、時程較快、日後運轉維護較節省人力、運轉操作較有效率、較安全可靠等優點；惟早期因無統一之標準可供依循，各廠家均利用自行研發之封閉式通信協定方式(如 DNP、CDC Type II、LON、Modbus)達到自動化目標，各廠家間介面並不相容，造成日後擴建及整合困難，浪費不少人力、時間及技術，2001 年初期歐洲 IEC 及美國 EPRI 技術委員會決議結合歐美標準各自優點(IEC61870-5-103 及 UCA 2.0)，再制訂出一套全世界統一之標準，即為目前大家熟知之 IEC61850，希望能達成一種標準、一種技術及一個世界之目標。



目前世界各大主要電力設備廠(GE、SEL、Siemens、Alstom、ABB、Areva、Toshiba 等)均宣布將遵循 IEC61850 標準，生產相容性產品；KEMA 及 ABB SVC(System Verification Center)亦將對符合標準之相關產品實施認證作業，希望有朝一日電力界能達到世界大同之終極目標。

IEC61850 採用開放式應用資料結構做爲「變電所通訊網路和系統」通訊協定(Communication networks and systems in substation)，可利用通訊服務傳輸任何一種資料。此協定可將變電所產生的資料依重要性建立傳送優先順序，分別爲：

- 快速:如:功能使用/閉鎖、跳脫、連鎖、保護及 GOOSE (Generic Object-Oriented Substation Event)及電壓/電流等取樣資料(Sampled Value)等信號；
- 中速:如:狀態點、開關操作控制信號；
- 低速，如:設備資料傳輸、設定更改…等)

IEC 61850 基本上以 TCP/IP 爲基本架構，可應用於電力工業及標準化的各式有線及無線通訊設備，能有效降低通訊成本。近年來 IEC61850 除原本定義變電所內之標準外，亦逐步發展增加變電所至變電所(IEC61850-90-1)及控制中心至變電所間之標準(IEC61850-90-2)，其已擴展至所外部份，故已更名爲「電力公司自動化通訊網路和系統」通訊協定(Communication networks and systems for power utility automation)。

本次出國研習主題爲數位式電驛於智慧電網之應用技術，將著重於利用 IEC61850 通信協定與 IED 或 Bay Controller 達成智慧型(數位式)變電所之應用，並簡介目前世界各國之進展與優劣分析。

5.智慧電器(Smart Appliance):

配合智慧電器之設定，可與智慧電錶透過通信相互溝通，進而調整用戶用電方式及習慣，平均尖/離峰負載，降低用電成本，如：

- 飯店可於使用者 Check-in 後房間內電器始供電，Check-out 後自動斷電，以節省電能；
- 學校可於表定上課期間教室內冷氣、電燈等電器始供電，課程結束後即不供電，避免忘記關電形成浪費；
- 宿舍之電器使用需經 IC 卡感應啓閉，充分達到使用者付費，自然使用者會節約不必要之電能使用，避免浪費；
- 電動車可於下班回家後充電，但電源會依時間-電價選擇離峰較便宜且電力有餘裕時充電，達到省錢、平均負載及提高設備利用率等優點。

6.資產管理(Asset Management):

電力設備資產管理可分為幾種方式，較常用的為定期維護方式即 TBM(Time-Base Maintenance)，其為不論設備狀態好壞，定期實施預防性維護，另一種為狀態預知維護即 CBM (Conditioned-Base Maintenance)，其為進行設備狀態監測診斷，確認設備狀態後視情型再實施維護。

近年來為電力設備維護點檢的適當化和效率化，導入了以考量設備狀態，來決定維護點檢時機的維護方法稱為狀態維護，其應用 IED 擷取設備之狀態資料，如：電壓、電流、溫度及設備操作狀態(次數、啓斷電流)…等存於資料庫內，經過人工或電腦分析資料後，可自動安排提醒維護檢修時程，並視實際運轉情形，機動

調整設備維護週期、提高設備利(使)用率，具備節省維護人力、提升系統運轉安全等優點。

7.需量反應(Demand Response):

應結合智慧電錶、智慧電器及自動化等系統，依用戶運轉歷史資料、負載預測及簽定之合約機動調整用電，可藉由調整用電後降低尖峰負載(將其平均至離峰用電)，提高設備平均利用率，減少供電瓶頸地區供電困難情形，可間接降低電廠及變電所(設備)等為因應短時間之尖峰負載所需增加之發/變電設備投資成本。

8.整合型電壓/無效功率控制(IVVC):

本項控制之目的在於維持系統標準額定電壓、降低無效功率，進而減少電流降低設備損失(如:線損、變壓器銅損等)、提高系統有效功之輸電能力(P)，最後可間接降低電廠或變電所投資成本。可運用交流彈性系統 FACTS(如:L、C、SVC、STATCOM)、OLTC等方式，本公司供電系統亦採用 RPDC 方式控制變電所內 SC 之較佳化投切，另輸變電工程亦計劃於龍潭 E/S、鳳林 E/S 及台東 P/S 等地裝設 SVC 或 STATCOM，除希望維持良好電壓品質外，亦希望能解決某些偶發事故造成之電壓偏低(電壓崩潰)問題。

3.2 IEC61850 通信協定

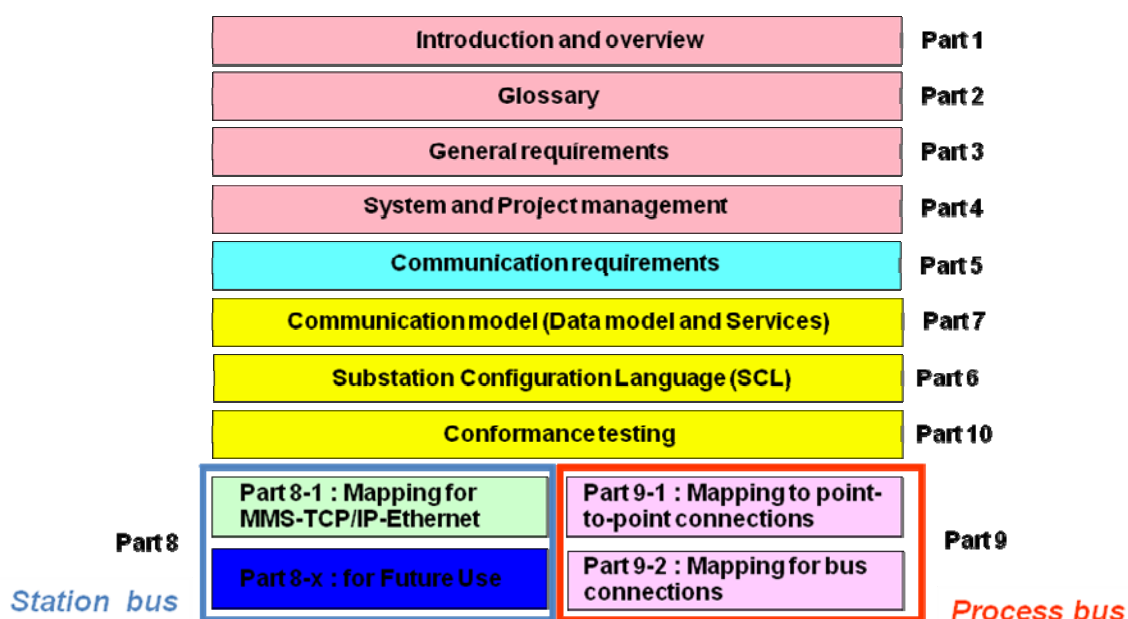
在全球經濟快速成長與通訊技術的成熟，帶動變電所自動化產業的改變，不過也因以往各大廠家所自行制定的封閉式通信協定，已無法滿足未來擴展之需求，當監控系統需整合各大廠家設備時，即存在相關通信協定互連相容性之問題，此時須花費大量的人力和時間來做轉換，使得技術複雜度與成本逐漸增加，為解決此一重要突破性問題，有必要將目前紛亂的通信協定加以標準化。

2001年由代表歐洲地區的國際電工技術委員會（IEC）以及代表北美地區的美國電力研究所（EPRI）共同會商研討，結合 IEC60870-5-103 與 UCA 2.0 各自標準之優點，制訂統一之國際標準通訊協定，即為大家熟知之 IEC 61850，其最終目標就是以一個世界、一種技術及一種標準（One World, One Technology, One Standard），達成世界大同，使不同製造廠設備及電力監控系統走向統一化、標準化，未來電力監控系統與相關設備整合時，能有共通語言，並使得維護簡單化，以及降低未來擴充成本。

IEC 61850 根據電力系統設備特點，制定了結合變電所自動化與保護系統之需求，各部分包含系統與設備相關資料類別與通訊服務之定義，以物件導向模型化技術為基礎，來建立階層式資訊模型與其詳細的資訊與屬性描述，具變電所擴充需求及資料與設備管理功能，並採用乙太網路作為通訊系統基礎，運用抽象通信服務介面與特定通訊服務對應，適應各種網路協議技術迅速發展之需求，同時應用變電所規劃語言與建置規劃工具，提供變電所內完整設備規劃描述與連結，達到設備間高互操作性之目標，此外亦對現場資料匯流排、取樣值傳輸與相關特定通訊服務做定

義，最後作整體符合性測試，以建立維護方便性、高擴充性及互操作性之變電所自動化系統。

IEC61850 其中第 8 部分為處理變電所設備與設備間(含控制中心或其他變電所經 Router/Gateway 轉換之信號)之資料處理匯流排 (Station Bus)，第 9 部分為變電所與開關廠設備間之資料處理匯流排(Process Bus)，各階層之定義如下表所示。



IEC 61850 標準系統共定義下列數個部分，而 part 8-X 則預留供未來功能擴充之用，其各部份主要功能及基本需求簡述如下：

- IEC 61850-1：各部份之介紹與總覽（Introduction and Overview）。
- IEC 61850-2：語彙、術語及專有名詞（Glossary）。
- IEC 61850-3：一般常用之基本需求（General Requirements）。
- IEC 61850-4：系統與計劃管理（System and Project Management）。
- IEC 61850-5：功能及設備模型之通訊需求（Communications Requirement for Functions and Device Models）。
- IEC 61850-6：變電所規劃與描述語言（Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations）。
- IEC 61850-7-1：變電所及饋線設備之基本通訊架構之介紹（Basic Communication Structure for Substation and feeder equipment Introduction）。
- IEC 61850-7-2：變電所及饋線設備之基本通訊架構之抽象通訊服務介面（Basic communication structure for substation and feeder equipment Abstract Communication Service Interface（ACSI））。
- IEC 61850-7-3：變電所及饋線設備之基本通訊架構之共同資料類（Basic communication structure for substation and feeder equipment-Common Data Classes）
- IEC 61850-7-4：變電所及饋線設備之基本通訊架構之相容的邏輯節點類別與資料類別之定義及其邏輯定址（Basic communication structure for substation and feeder equipment Compatible logical node classes and data classes）
- IEC 61850-8-1：特定通訊服務對應之對應至MMS 及ISO/IEC 8802-3 (Specific Communication Service Mapping(SCSM) Mapping to MMS(ISO

9506-1 and ISO 9506-2)and to ISO/IEC 8802-3)

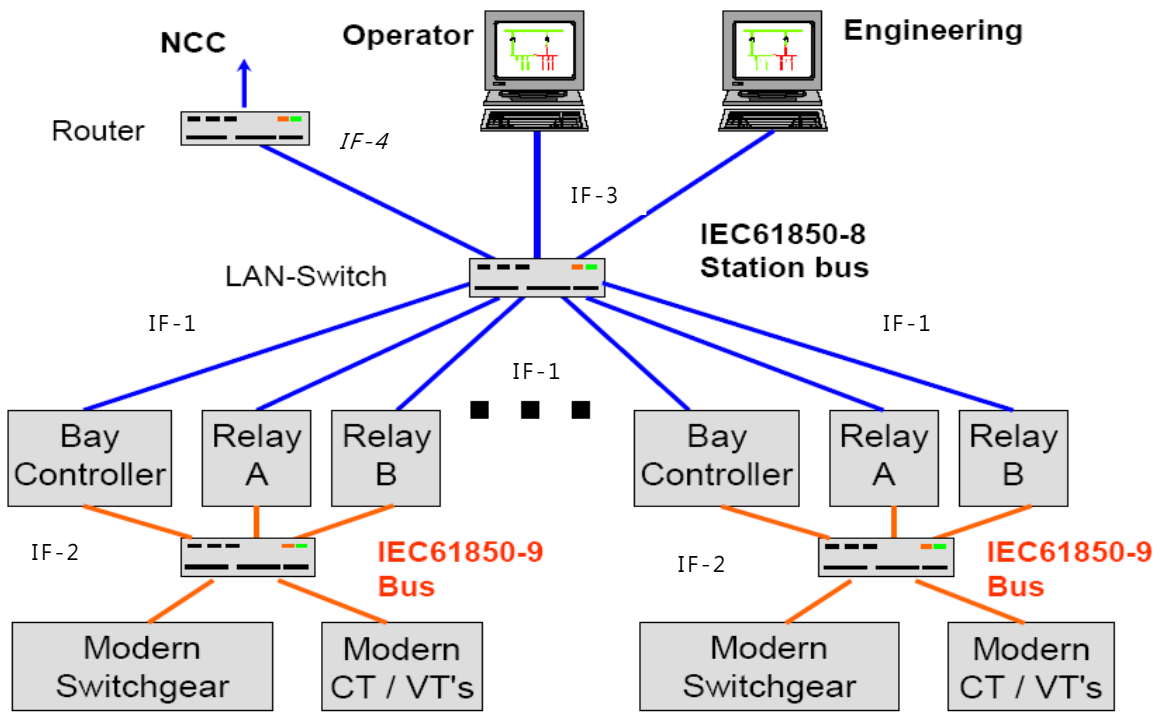
- 整個變電所內之通訊對應
- Client/Server 架構之SCADA 功能之通訊服務對應
- Peer to Peer 架構如GOOSE 及GSSE 即時資料交換之通訊服務對應。
- IEC 61850-9-1：特定通訊服務對應之取樣值於串列單向多站點對點連接
(SCSM Sampled Values over serial unidirectional multi-drop point to point link)
- IEC 61850-9-2：特定通訊服務對應之取樣值於乙太網路之通訊對
(SCSM-Sampled values over ISO/IEC 8802-3)
- IEC 61850-10：符合性測試 (Conformance Testing)

3.3 數位式電驛於智慧型變電所之應用

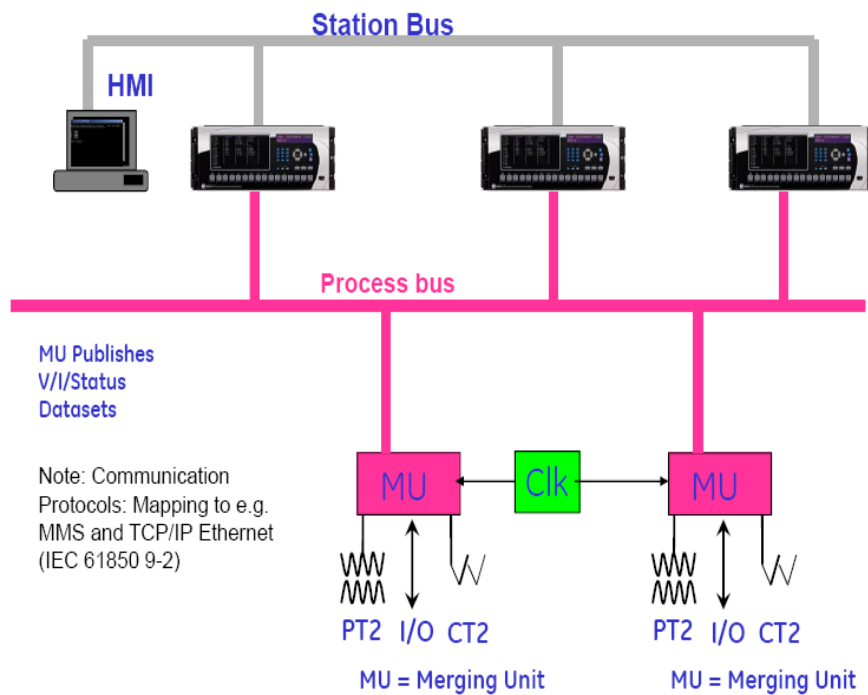
IEC 61850 標準化之變電所自動化系統(Substation Automation System, SAS) 將變電所通訊系統劃分為 Station Level、Bay Level 與 Process Level 三個層級。

Station Level 設備包含站內監控人機介面、資料庫與對外通訊等功能；Bay Level 設備則有保護、控制與監測等單元 (Unit)；而 Process Level 設備除了 CT、PT 與開關等現場設備，並包含了先進的轉換與處理器如:Merging Unit。

如圖中所示之編號為 IEC 61850 定義各階層設備間資料交換介面 (Interface, IF)，其中 IF-1 代表 Substation 與 Bay Level 間之保護與控制之資料交換或 Bay Level 與 Bay Level 設備間之資料交換；IF-2 為 Bay Level 與 Process Level 間 CT、PT 與開關 I/O 狀態等資料交換，而 IF-3 為 Station Level 與遠端工作站 (Work station) 間之相關技術服務 (Technical services)，另外 IF-4 則為 Station Level 與遠端網路控制中心 (Network Control Center, NCC) 間之資料交換，此部分未在標準規範第一版中定義。



IEC 61850 標準變電所自動化系統之功能分層

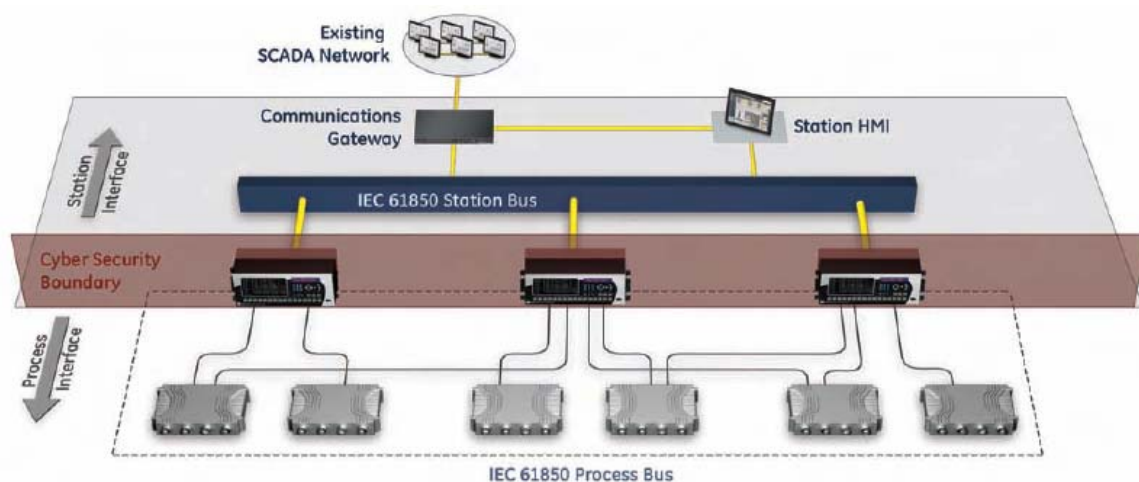


透過 MU 將現場 CT/PT 及開關狀態/控制信號轉換至 Process Bus

反觀 IEC61850 9-2(Process Bus(LAN))部分，迄今面臨數個問題，如：

- 未列於 NERC 網路安全範圍內，目前尚在研議其標準中；
- 信號經 Switch 時間會有延遲，故有時間同步及資料格式(需帶 Time Tag)問題；
- 大量 CT/PT 取樣值(Sampled Value)、控制及狀態信號，經 Switch 頻寬不足(1G 只能接 14 個設備)。

故 9-2 標準尚未完全成熟，尚在研討修訂中，部分廠家因商業因素不想受限於此瓶頸，乃應用自行技術實現開關廠至變電所間信號轉換處理，惟此應用方式侷限於相同廠家之設備方能溝通。下節擬以加拿大 GE 公司之產品及實現之方式做一介紹。

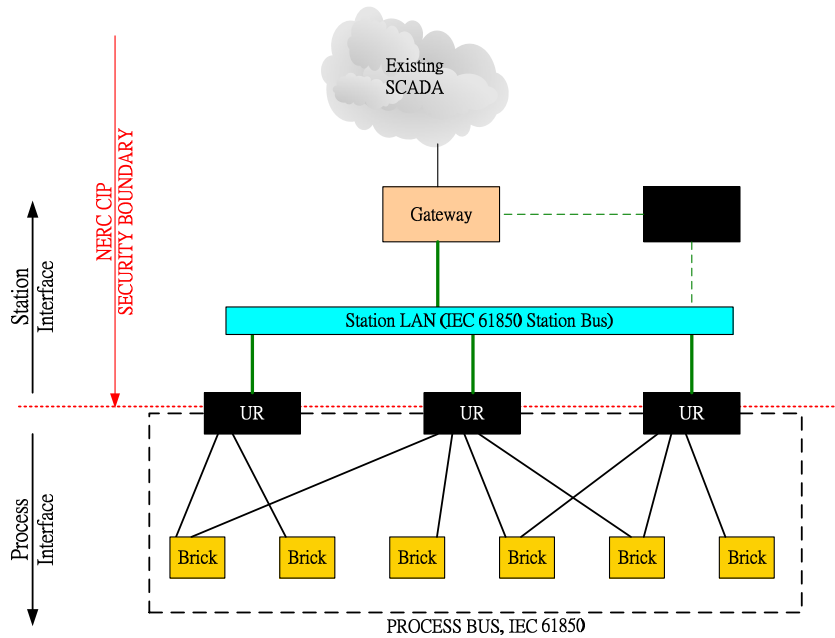


The HardFiber System uses IEC 61850 to communicate measurements and commands between Bricks and relays in the control building over dedicated point-to-point fiber optic connections that avoids cyber-security issues altogether.

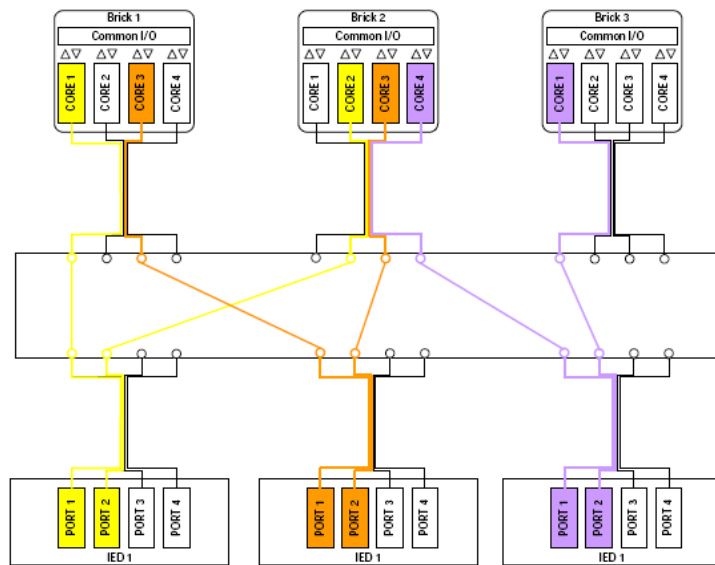
網路安全範圍示意圖

3.4 GE 產品應用方式

GE 採用自行開發之 Merging Unit(命名為 Brick)將開關場信號轉換後傳送至 Process Bus，中途經光纖轉接盤後，再以光纖傳送轉接至需要之 IED 或 Bay Controller，GE 認為會使用到此開關設備之信號者，應侷限於少數幾個 IED 或 Bay Controller，沒必要放在整個 Switch 網路上，再以 IP 定址傳送/接收，徒增困擾，如下圖所示。



Brick、IED 或 Bay Controller 及 Gateway 階層關係圖



開關廠至 IED 或 Bay Controller 光纖路徑圖

基本上每個 Brick(M.U.)轉換處理之信號包含:CT/PT 交流信號(可任選 2 組)、投入/跳脫等控制信號(輸出接點)、現場狀態點及溫度偵測點信號(輸入點)等，再以 1 條光纜(4 芯)雙向傳輸連接開關廠與控制室，取代原許多電氣電纜。1 個 Brick 最多可接 4 個 IED 或 Bay Controller，每個 IED 可接 8 個 Brick，其外觀如下圖所示。



Figure 4. Rugged outdoor merging unit

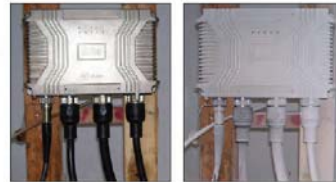


Figure 5. HardFiber Brick merging units tested for dust pre-dust inspection (left) and post-dust inspection (right)



Figure 6. HardFiber Brick merging units tested for water ingress (pressure washing); post water inspection

Brick 連接口及其經防塵、防水試驗標準

由控制室至開關場之信號流程可概述如下:控制中心下達控制命令(走 IEC61850 8-1)或 IED 動作信號->由 IED 或 Bay Controller 經 Processor Card 傳送(非動作傳統式接點)->屋內光纜->光纖跳接

盤->室外光纜至開關場(Hard Fiber，非金屬線電纜)->Brick(Merging Unit)->轉換為電氣信號輸出控制開關設備，如下圖所示。



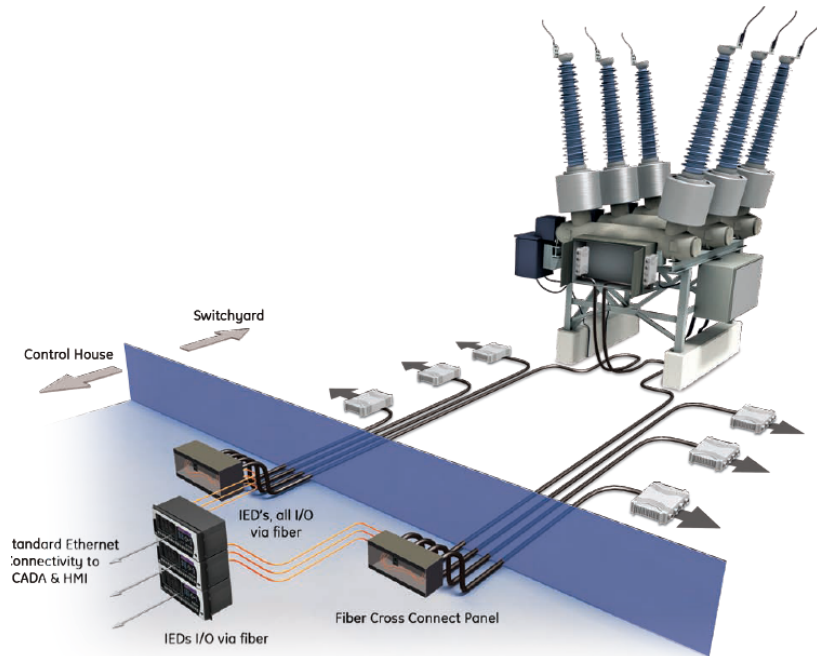
控制室至開關場傳送信號所經之主要元件流程圖

反之由開關場至之信號流程可概述如下:開關設備之電氣輸入信號-> Brick(Merging Unit 走 IEC61850 9-2) ->轉換為光信號經室外光纜至控制室(Hard Fiber，非金屬線電纜) ->光纖跳接盤->屋內光纜->經 IED 或 Bay Controller Processor Card 傳送(非動作傳統式輸入點) ->控制中心或其他設備接收，如下圖所示。



開關場至控制室傳送信號所經之主要元件流程圖

為簡化變電所建置流程，可在設計階段時併請 GIS 開關設備廠家施工時一併安裝 Brick，故於加入前每個 Brick 僅需敷設 1 條光纜連接開關廠與控制室(如下圖所示)，節省相當多之人力及材料費用，變電所之興建時程亦可縮短。



開關場 Brick 與控制室間以光纜連接

以下為國外電力公司實際應用 IEC61850 系統之數張裝設圖片，可供大家參考：



現場 Brick 安裝實況



開關場至控制室僅需少數幾條光纜(無金屬電纜)



光纖轉接與 IED 盤(前視圖)

Process bus wiring



光纖轉接與 IED 盤(後視圖)



IED 背面接線盤(後視圖)

<p>Before</p>	<p>1</p> <p><i>Traditional breaker wiring</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Low density copper needs 1000s of terminations • Manual, one-by-one installation by highly skilled workers 	<p>2</p> <p><i>Traditional cable trenches</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Outdoor cables carry copper wires to control building • Miles of copper wire throughout a typical switchyard
<p>After HardFiber</p>	<p><i>All copper wiring ends at the Brick</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminate 33% of breaker terminations • Easy replacement of Bricks reduces maintenance 	<p><i>Outdoor fiber cable replaces copper wiring in trenches</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce copper cabling needed by 40% • Pre-terminated fiber cables ensure high quality
<p>3</p> <p><i>Thousands of individual copper wires from switchyard</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Thousands of hand wired terminations into a rack • Labor-intensive using specialized workers 	<p>4</p> <p><i>Labor-intensive copper wiring on relay panels</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Thousands of connections to protection and control devices • Manual wiring prone to errors and extended testing 	
<p><i>Fiber cross connect panels replace copper terminations</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminate 90% of control building terminations • Fewer high energy signals improve employee safety 	<p><i>Only fiber connections at the relay via the UR IEC 61850 Process Card</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Power system protection behaves as today • Built on established Universal Relay platform 	

使用 IEC61850 Process Bus 前、後對照圖

經分析，若採用 GE IEC61850 之優點如下：

- 節省材料成本(Cable、端子(板)、盤內配線(平均 1 條信號線需經過 8 個端子)、電纜溝(槽)空間可縮小；
- 節省人力成本 50%(設計、施工、接線、測試加入、日後維護查修)；
- 人員安全性較高(控制室內無 CT/PT 等高電壓、大電流信號)；
- 動作安全性較高(任何環節信號異常均可閉鎖、告警)；
- 變電所建造時程可縮短(分為 GIS 廠家協助安裝、FAT 工廠試驗、SAT 加入前實測三部分)；
- 控制迴路較單純(以軟體 Mapping 方式規劃設計，今少數光纜對接，無實體金屬配線連接)；
- 採點對點連接、無網路安全、時間同步及頻寬不足等尚待解決之問題；
- 結合自我診斷告警功能，IED 維護週期可由 Time-based 改為 Condition-based 或 Event-driven(alarm、fail 或 trip 後)；

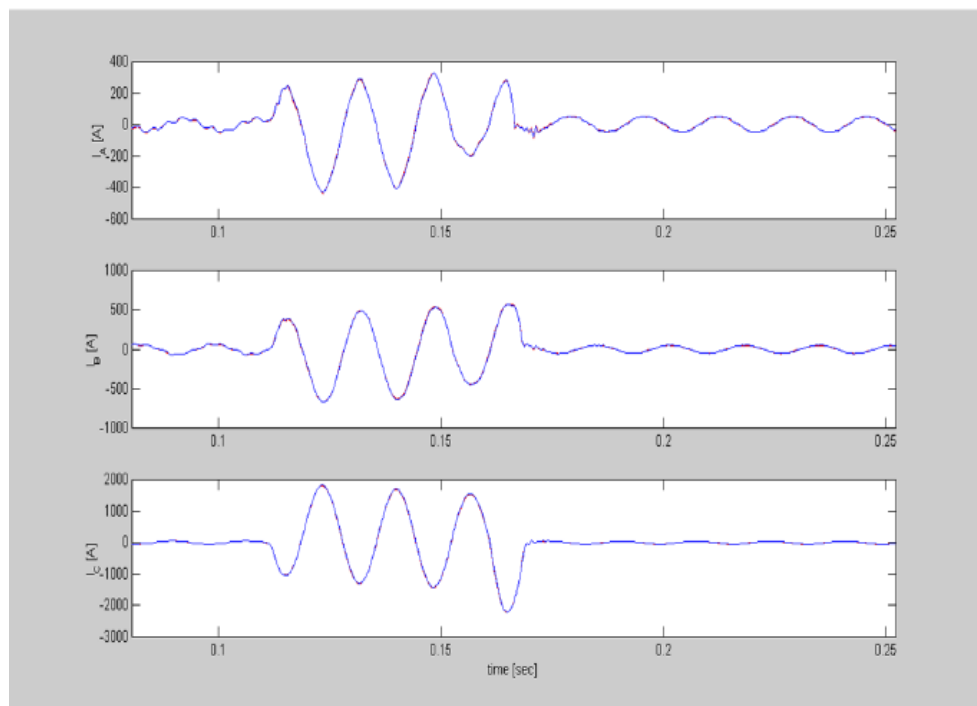
惟目前若欲應用 IEC61850，其仍有數項困難點尚待解決，經分析如下：

- IEC61850 9-2 尚未完全標準化，目前各廠家可能應用各自技術、設備實現，尚未達成世界大同，造成一連串相關設備均需使用相同廠牌之現況，無法混用，本公司礙於政府採購法限制，採購時不可指定廠牌，可能造成日後擴充時整合困難(否則可能要限制性招標)。
- 因電驛介面均已光纖化，盤面上無法配置測試開關，日後執行測試維護作業時，可能需由開關場執行才能確保無盲點，

且需於現場開關設備至 Merging Unit 間增設測試設備(包含 CT 短路設備或測試隔離開關)。

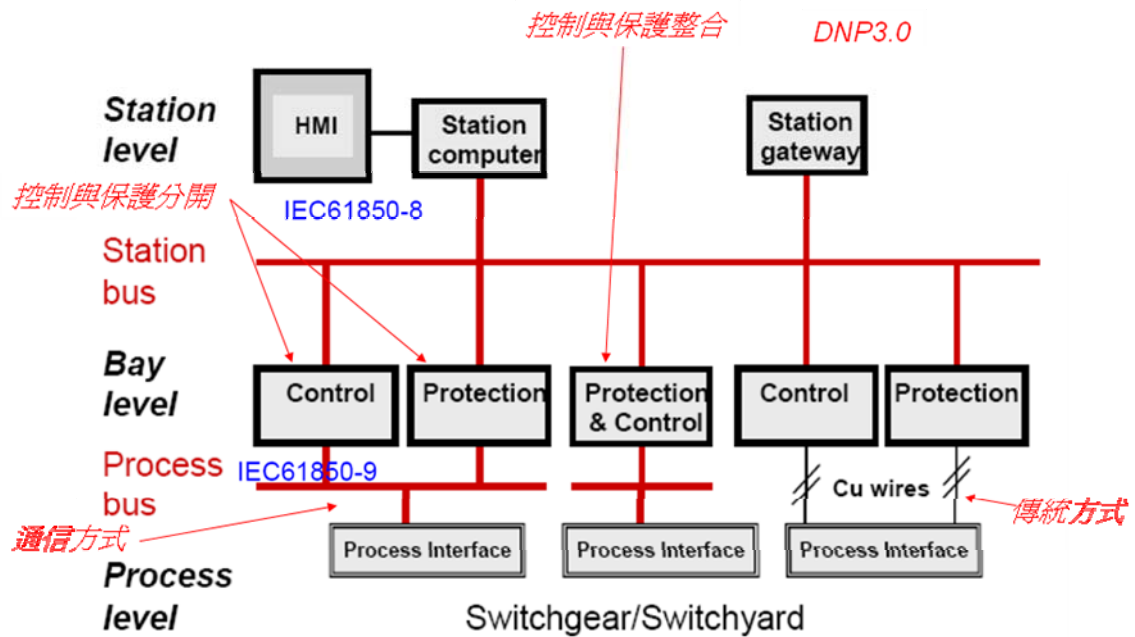
- ▶ 未來待 IEC61850 9-2 技術較為成熟時，公司若規劃試辦，可能需先經相關單位研議確認執行範圍，如:要採 Station Bus 或 Process Bus，抑或兩者同時採用；規劃後即刻上線使用或暫與現行系統併行監測，待一段時間運行良好後再啓用；保護與監控是否整合(若整合兩者功能時需注意避免日後互相干擾)…等。如下圖為應用傳統式與 IEC61850 9-2 方式之信號比對，可發現兩者信號幾乎完全一致(相互重疊)。

Jul 22, 2008 (external fault), Currents — Dist. (traditional) — Dist. (Process Bus)



傳統式與 IEC61850 9-2 方式之電流信號比對圖

- ▶ 亦可採行如國外部分電力公司，先委請綜合研究所或實驗室依實際規劃先建立變電所測試模型，待模擬驗證確認穩定可靠後，再移入實際系統使用，此時與實際系統之差異僅為通信光纜之長短，其餘均相同，應用起來較具信心。



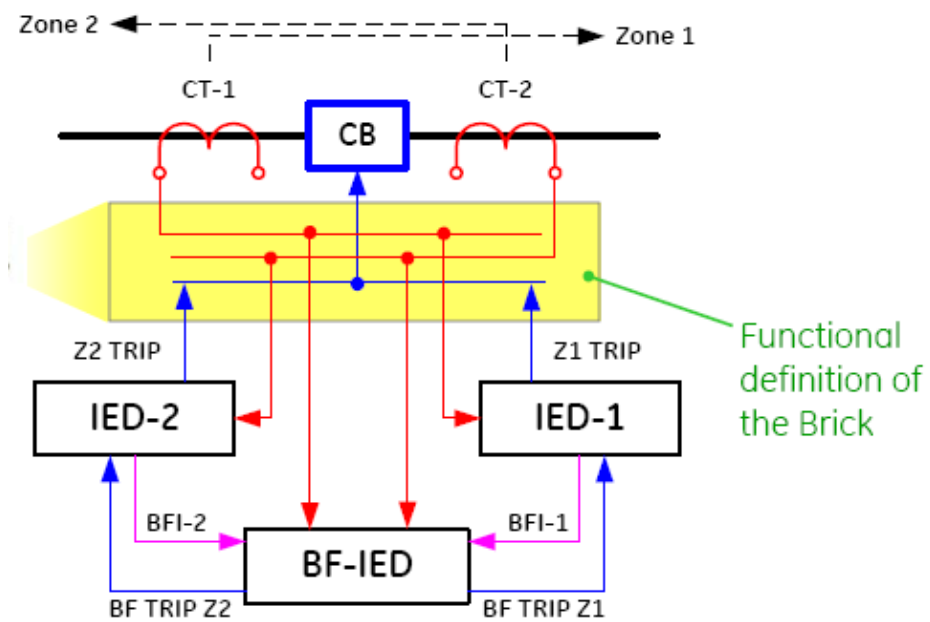
數種實現 IEC61850 之架構選擇

➤ 應用實例 1:

如下圖為系統規劃架構，假設 Zone 2 為 Bus、Zone 1 為輸電線，則此 CB 開關設備可裝設 1 個 Brick(Merging Unit)，將 CT-1、CT-2 及 CB 跳脫等電氣信號轉換為光信號後傳送至控制室，其中 CT-1 信號接至 IED-1(線路保護電驛)及 BF、CT-2 信號接至 IED-2(匯流排保護電驛)及 BF(此部分為 IEC61850 9-2)，其中 1 個 Brick 可接 4 個 IED、每個 IED 可接 8 個 Brick；

- ✓ 若線路故障，則 IED-1 動作將跳脫信號傳至 Brick 後動作接點跳脫 CB，並給 BF 電驛一個信號(BFI，此部分為 IEC61850 8-1 Goose Message)；
- ✓ 若匯流排故障，則 IED-2 動作將跳脫信號傳至相關斷路器之 Brick 後，動作接點跳脫同一個 Bus 之 CB，並給 BF 電驛一個信號(BFI，此部分為 IEC61850 8-1 Goose Message)。

- ✓ 若電驛動作後 CB Failure 跳不開，則 BF 電驛動作，回傳一個信號給 IED-1 及 IED-2 (此部分為 IEC61850 8-1 Goose Message)，達到跳脫同一個 Bus 之 CB 及遙跳線路對側 CB(DTT)之 BF 後衛保護功能。
- ✓ 亦可增設第 2 個 Brick 接不同組 CT，再將其引接之前述 IED 電驛，IED 電驛可選擇將此 2 個 Brick 之信號做比對，若有不符處可閉鎖電驛功能發出警報或採取其他預設方式規劃(如:Redundant 系統)，此部分涉及投資成本及動作之安全性、可靠性。

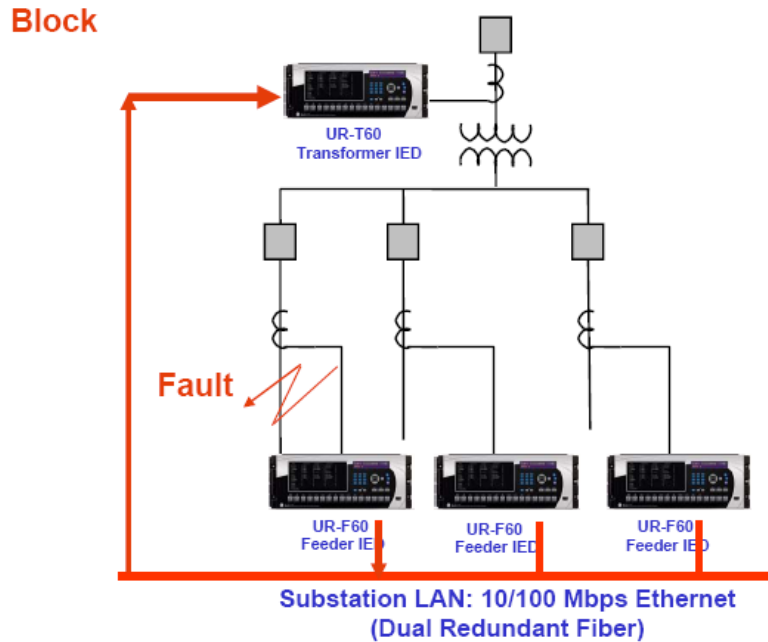


Brick 與 IED 之應用實例

➤ 應用實例 2:

如下圖為應用 Goose message 作為主/後衛電驛間閉鎖保護系統架構。該系統使用 GE T60 差動電驛為變壓器之主保護，下游使用 F60 做過電流保護，相關動作邏輯說明如下:

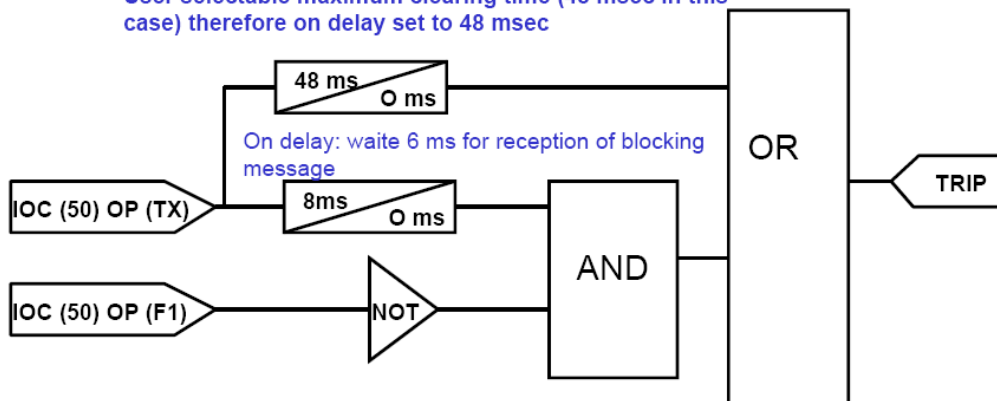
Typical GOOSE Application: Blocking scheme



GOOSE Message 應用實例

Typical GOOSE Application: Blocking scheme

User selectable maximum clearing time (48 msec in this case) therefore on delay set to 48 msec



GOOSE Message 應用實例動作邏輯圖

- ✓ 當變壓器發生故障時:T60 電驛 IOC(50) OP(TX)元件動作，饋線因無備後電源 F60 電驛 IOC(50) OP(F1)元件不動作，T60 在 8ms(2ms 接收時間+6ms 安全餘裕)延時後 Trip 動作，跳脫主變高壓側 CB，隔離故障；
- ✓ 當饋線發生故障時:T60 電驛 IOC(50) OP(TX)元件動作，饋線亦因有偵測到故障 F60 電驛 IOC(50) OP(F1)元件動作，此時如圖之 AND 閘條件不符合，故不輸出，不跳脫主變高壓側 CB；本故障應由饋線電驛動作跳脫 CB，隔離故障；
- ✓ 當饋線發生故障、且饋線 CB Failure 時:T60 電驛 IOC(50) OP(TX)元件動作，饋線亦因有偵測到故障 F60 電驛 IOC(50) OP(F1)元件動作，此時如圖之 AND 閘條件不符合，故不輸出，不跳脫主變高壓側 CB；本故障應由饋線電驛動作跳脫 CB，但饋線 CB Failure 無法隔離故障，在 48ms 延時後仍會由 OR 閘上方輸出跳脫信號，發揮後衛保護功能，跳脫主變高壓側 CB，隔離故障；此 48ms 需考量 CB 之動作時間再加一安全餘裕，避免多跳而導致停電範圍擴大；
- ✓ 此觀念日後是否可推廣於 Bus Relay 與所有線路主保護動作之應用，仍待研討(即 Bus Relay 動作條件應配合匯流排上所有線路主保護均未動作，可避免線路近端故障時，Bus Relay 因其他因素多跳)。

四、與其他變電所、電力公司及實驗機構之技術交流

本次利用經濟部之年度國際合作研習機會，除安排加拿大 GE 電驛製造廠家行程，研習各類新型數位式保護電驛於智慧型電網之最新技術應用(如:應用 IEC61850 通訊功能、事故後資料自動回傳功能等)外，亦實際參訪多倫多之 Waterloo 變電所、Hydro One 電力公司及 Kinectrics 電力設備實驗室，可與國外交流數位電驛應用之實際經驗，以符合國際趨勢，並研討未來規劃、應用於國內系統，以提升整體電力系統保護效能。現將各相關交流經驗分述於下列各節。

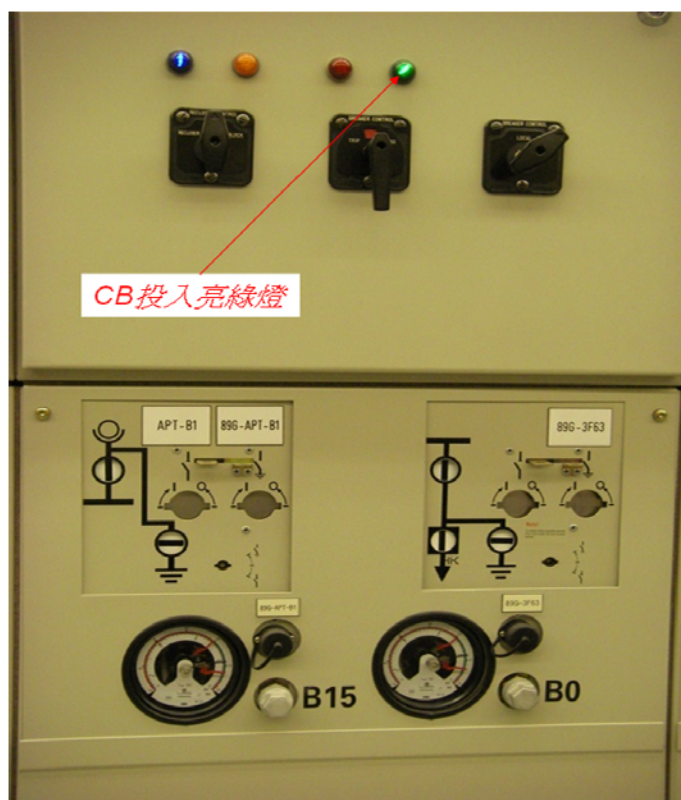
4.1 參訪 Waterloo 變電所技術交流

國外單一變電所規模均較小，不似國內因地窄人稠，所有線路均匯集於有限之變電所，其與國內之系統架構規劃方式亦不同，如多倫多之 Waterloo 變電所即為一變壓器變電所(Transformer Station)，其引入 2 迴 230kV 線路直接 T 接兩台變壓器 230kV/28kV，無 230kV Bus，且採變壓器二次側 28kV 併聯供電。

整間變電所之線路、變壓器及中壓 CGIS 饋線均採數位式保護電驛，惟其因電力線載波通信品質良好，為節省成本，仍大量使用本通信功能；反觀本公司因地理、氣候等環境因素，早期使用之方向閉鎖保護系統(DCB)，較常因信號不良誤判而致電驛多跳，目前已全面汰換為安全性較高之方向比較允許越區轉移跳脫保護系統(POTT)或更新之差電流數位保護系統(87L)，其餘應用方式與本公司類似。

另外國外現場變電設備看起來較本公司老舊，部分有鏽蝕狀況，相對下公司維護保養工作較為落實。下圖為中壓 CGIS 設備，

與公司設計相似，惟其 CB 指示燈之亮燈情相與公司相反，其為 CB 投入亮綠燈、C 啓斷亮紅燈。



Waterloo 變電所中壓 28kV CGIS 設備

下圖為 Waterloo 變電所 230kV 線路鐵塔，可注意的是其塔頂有一巨大鳥巢，不過礙於當地環保規定不可摘除否則違法，經詢問其表示目前尚未有因鳥類(應頗大)過於靠近引起之閃落事故，但要注意鳥類之排遺如大量落在碍子上，需及時清理，否則可能引起之閃絡事故。



Waterloo 變電所 230kV 輸電鐵塔

4.2 參訪 Hydro One 電力公司技術交流

多倫多 Hydro One 電力公司為安大略省最大之電力公司，原有發電/輸電及配電部分，經電力自由化後主要負責 Toronto 之 500kV 及 230kV 輸電系統(97%)暨部分配電系統，其餘系統均分別成立其他電力公司(如前節之 Waterloo Inc.)，該公司 2010 年之尖峰供電量為 25,075 MW，擁有約 28,951 迴線公里輸電線(其中 282 公里為地下電纜)，約 284 個輸電級變電所及 1,008 個配電變電所。

Hydro One 公司較大，變電所亦逐漸由傳統式電驛改採數位式電驛，應用方式亦與本公司類似，惟其保護採用兩套不同廠牌之

電驛(Brand A and Brand B policy)，避免同一廠家電驛設計可能同時產生相同盲點。

近年來其研議使用 GE IEC61850 系統，已委請獨立研究實驗中心(下節之 Kinectrics Lab)測試 2 年，並長期派駐工程師會同原廠及實驗室人員一起測試，順道做技術轉移，目前已屆結案階段，評估應無問題，且安全可靠，預計年底移設至變電所裝設加入(目前等待第 2 家符合之廠家)。

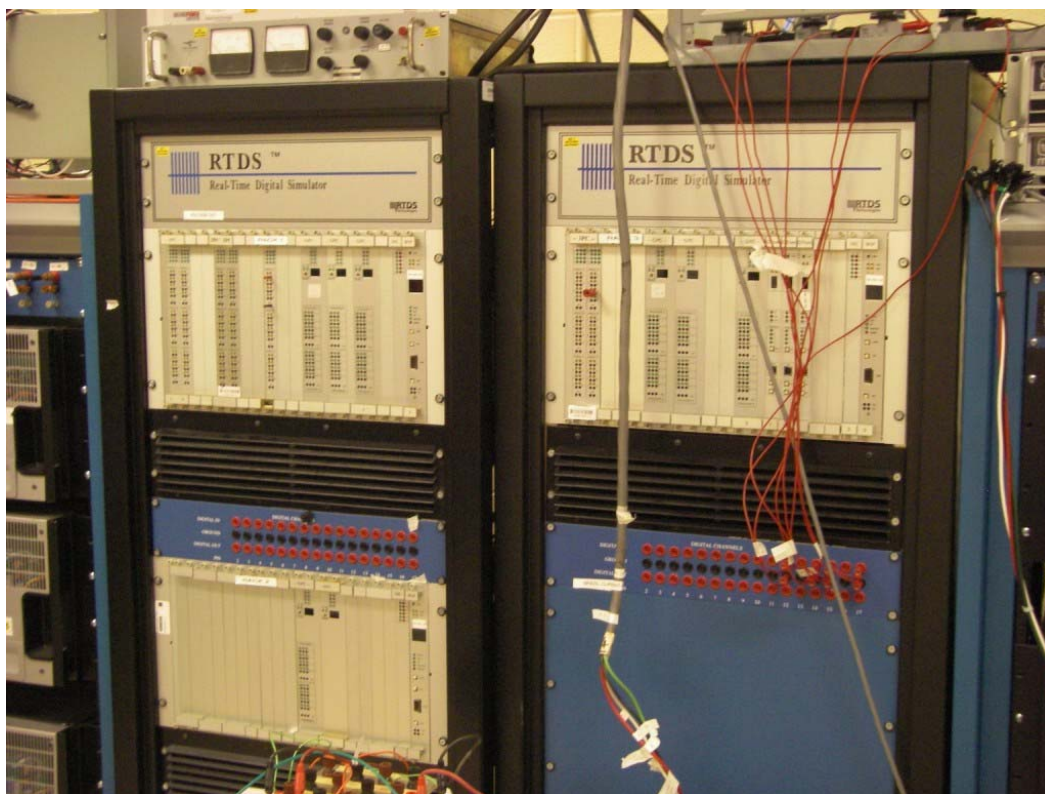
GE 原廠亦建議未來公司若有意願應用 IEC61850，可參考此模式，派駐相關人員長期參與設計、測試及改善工程，應較能獲得完整性技術轉移，否則日後有問題或需擴建時，恐無法靠自有能力自行完成。

另外有關該公司之保護電驛維護週期亦與本公司相近，即視電壓等級及設備重要性而定；每一事故案例均編號分析，動作良好者結案歸檔，動作較不好者(以人為因素占多)，需追蹤改善直到完成，其並未類似本公司特別統計電驛動作正確率。

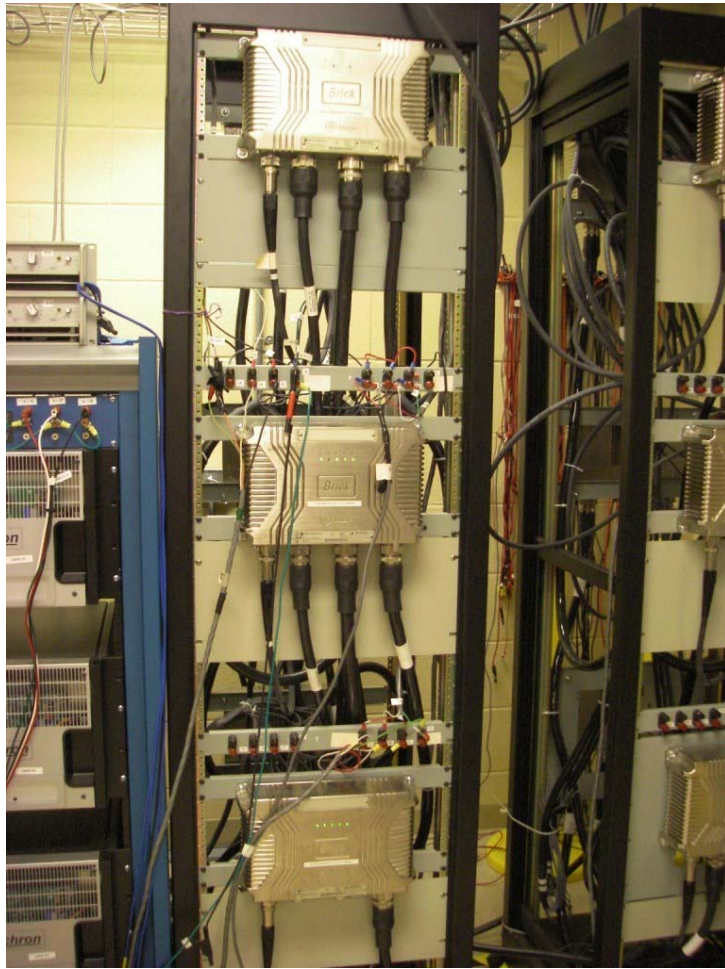
4.3 參訪 Kinectrics 電力設備實驗室技術交流

Kinectrics 電力設備實驗室主要負責各電力設備委託研究、測試及認證案，屬獨立公正機構、財源獨立，可確保其立場客觀，使用之設備亦與本公司類似(即時數位模擬系統(RTDS)、Omicron、Fluke 及各廠家測試產品)，如上述 Hydro One 電力公司即委託本實驗室測試 IEC61850 相容性及動作可靠度，其依實際變電所系統建立模型(線路、匯流排、變壓器、BF、通信網路架構及相關開關設備等)，搭配實際自動化及保護設備規劃，由 RTDS 模擬操控暨事

故測試系統，確認相關性能均需安全可靠，屆時若通過認證，再將此系統移植至變電所裝置，兩者唯一之差異應只在於光纖網路之長度，基本架構均相同。



即時數位模擬系統(RTDS(應用 IEC61850))



依實際變電所系統建立之 Brick(應用 IEC61850)模型



依實際變電所系統建立之各型保護電驛(應用 IEC61850)模型

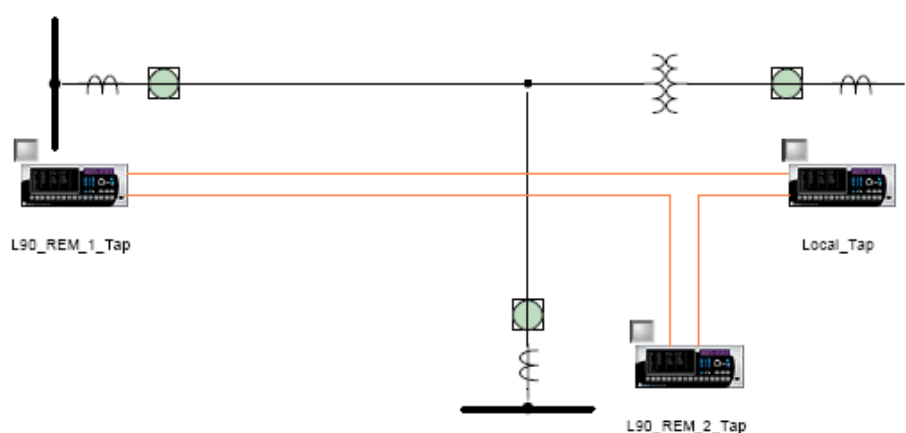
本次除研習智慧型變電所與數位電驛之應用技術外，尚與實驗室研究人員交換有關由太陽風暴引起之地磁感應電流 GIC (Geomagnetically Induced Current) 相關議題，其表示 GIC 屬直流 DC 及低頻成分(亦含諧波)，較有可能影響高緯度地區，且較有可能影響變壓器等含鐵心之電力設備，可能引起飽和等效應，目前未有明確事證顯示數位式保護電驛可能或因而誤動作(具 EMC 及 EMI 能力)。惟其提及若 GIC 嚴重時，若產生足夠諧波，且變壓器若同時產生故障，則可能因諧波抑制功能而不動作，屆時可能需與國外保持技術溝通聯繫，以視狀況適時調整變壓器保護之諧波抑制功能(改為僅於高壓側加壓一段時間內有諧波抑制功能，正常後即取消諧波抑制功能)。

4.4 參訪 GE 電驛製造廠家其他技術交流

本次除研習數位式電驛於智慧型變電所之應用技術外，尚帶回許多有關數位式電驛未來新發展之應用技術，對本公司而言，將來可有較新之應用方式，如：

- L90 數位式差電流電驛可接收對方端三相合成之電壓信號，可應用於無線路比壓器(LPT)之同步檢測後併聯(如：本公司 69kV 輸電系統)，節省線路比壓器成本；
- 日後可選購具 Switch module(8 個 ports)之電驛，以後不需每個電驛均佈線至 Switch，只要將 8 具電驛連接至 Switch module，再由其拉一條網路線至網路交換器即可，節省網路線敷設成本/人力，架構亦較簡捷。

- B95 數位式匯流排電驛將可應用至 48 Bay(應用 IEC61850)，較目前 24 個 Bay 多 1 倍，將來可應用於較多檔位之變電所，如中港 E/S、板橋 E/S。
- L30 數位式差流電驛日後可應用於含變壓器之不同電壓等級線路保護，形成線路暨變壓器差流(87TL)保護方式，如下圖。



線路暨變壓器差流(87TL)保護方式單線圖

- 數位電驛加入選購相量量測單元(PMU)功能，於聯絡線或重要變電所可應用此功能監測系統間相對電力功率角(Power Angle)，預知系統潮流及穩定度訊息。
- 具符合 IEC61850 8-1 Station Bus 介面，可利用此部分達成監控通信化取代傳統電纜功能。
- 電驛面板 LCD 螢幕具中文介面顯示功能，可更清楚表達電驛訊息供運轉人員參考。
- 有關電驛動作事故資料自動回傳系統使用 View Point monitor 軟體，一套網路價約 2000 美元，可連接 150 個設備，無法類似網路一層層串接，於本公司系統之應用明顯

不足，已與國外公司提議是否可研發改善，待與廠家密切聯繫並視其進展再評估是否引進。

- 產品品質及維修時間、價格:時效:工廠若有現成品則於一週內可用快遞寄送；若無現品需生產則需約 20 天左右；維修價格則為提供新品，但以維修價，非新品價收費。
- GE 公司目前有舊電驛換新電驛折價策略，如常用之 SR760 IED 饋線過流電驛故障，可更換為最新版本之新電驛，並以新品 6 折收費，再將舊品寄回。

五、心得及建議

感謝大部本年度提供本公司額外與國外機構國際交流合作的機會，亦感謝本處長官，指派本次出國研習的機會，此行實習期間，除吸收有關新型數位式電驛及智慧型電網之技術新知，亦獲得生活上難得的經驗，相信對未來公司保護系統的規劃應用工作及公司建置智慧型變電所有莫大之助益，亦對日後的人生經歷都會有很大的幫助，本人也很樂意將此行之所見所學，與所有同仁共同研討分享。

此行除研習保護電驛之應用技術外，尚看到許多不同於本公司目前使用方式之新的電驛技術及變電所監控應用實例，例如：GE Hard Fiber System，其結合 IEC 61850 新發展出之通信協定(Process Bus)技術，僅需在開關場每個 CB 裝設幾個信號轉換介面(Brick；約 25*20*10cm 大小)，不需像傳統方式須於現場敷設許多金屬銅線電纜，即可將開關廠至控制室間所有聯絡信號，如：CT、PT、開關狀態信號(52a/b、89a/b…)、開關控制信號(如：CB、DS、ABS、接地開關…等)，完全由幾條光纜取代。既可省下大量材料成本，又可精簡日後人力維護費用，也可提高安全性(因無電纜絕緣不良、接觸不良、甚至可改善 CT 飽和問題提高電驛動作安全性…等)，此種技術已實際應用於美國電力公司(AEP：American Electric Power)500kV 系統，本公司未來應可參考採行此法，委託研究試點規劃設計。

GE 公司 EnerVista suite Tools(ViewPoint)可遠端監控及管理 IED 裝置，除原可在遠端進行電驛一級維護工作及更改設定外，於系統發生事故後亦可由數位電驛發送事故資料至伺服器，惟其容量受限於只能引接 150 個設備，對應用上造成瓶頸，此點已與國外公司提議是否可研發改善，待與廠家密切聯繫並視其進展再評估是否引進。

保護電驛技術及相關網路、通信應用發展日新月異，為因應未來IED 電驛大量汰換及加入運轉，及因應未來公司建置智慧型電網的挑戰，建議大部及公司應持續派員出國從事相關技術研習。尤以本公司目前正規劃汰換匯流排、變壓器及輸電線及其他電力設備之保護電驛，若能將相關技術做結合(IEC61850)，對系統自動化及保護，應均能獲得最大效益，因此相關專業人才之培育及國外技術訓練需求甚殷，建請持續派員，以確切掌握新知。