

出國報告（出國類別：研習）

監控自動化技術 於智慧型電網與再生能源發電之應用研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳以彥 電機工程師

曹昭陽 電機工程師

派赴國家：德國、瑞士

出國期間：100年8月16日~8月27日





報告日期：100年10月24日

出國報告審核表

出國報告名稱：監控自動化技術於智慧型電網與再生能源發電之應用研習		
出國人姓名	職稱	服務單位
陳以彥 曹昭陽	電機研究專員	台灣電力公司綜合研究所
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____（例如國際會議、國際比賽、業務接洽等）	
出國期間：100年8月16日至100年8月27日		報告繳交日期：100年10月24日
出國計畫主辦機關審核意見	■1.依限繳交出國報告 ■2.格式完整（本文必須具備「目的地」、「過程」、「心得」、「建議事項」） ■3.無抄襲相關出國報告 ■4.內容充實完備。 ■5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ■9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： ■辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人	 	審 核 人		單 位 主 管		主 管 處 主 管	總 經 理 副總經理
-------------	--	-------------	---	------------------	--	-----------------------	---------------


 楊金石

QP-08-00 F06

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

監控自動化技術於智慧型電網與再生能源發電之應用研習

頁數 50 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人事處，陳德隆，23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳以彥，台灣電力公司，綜合研究所，十等電機工程師，80782261

曹昭陽，台灣電力公司，綜合研究所，九等電機工程師，80782260

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：100.8.16~100.8.27

出國地區：德國、瑞士

報告日期：100.10.24

分類號/目：

關鍵詞：IEC61850，IEC61400，監控自動化

內容摘要：(二百至三百字)

本公司之自動化包括 ADCC/DDCC 及變電所自動化正逐年更新中，而此領域最受矚目的標準 IEC 61850 的應用範圍，已經從第一版的變電所自動化擴充到第二版的電力公用事業自動化，由於 IEC 61850 標準被視為未來智慧型電網的骨幹，其相關技術應用直接或間接會影響到智慧型電網的效能，而本公司目前尚未有 IEC 61850 整合應用實例與經驗，因此派職赴技術先進國家-德國/瑞士研習與參訪，研習內容包括風力發電控制、國際標準 IEC 61400-25 以及採用 IEC 61850 標準的變電所/電力系統之監控自動化系統的設計理念及相關 RTU/IED 之成功應用系統等技術，作為日後開發與設計類似系統之參考，提供未來本公司輸電、供電、配電 SCADA 系統建立之正確方向。同時，充實本所電力監控、電力網路資訊技術平台之技術層次，提昇未來在此領域之競爭力與利基。本次出國研習內容包括：

- 1、風力發電控制器技術與標準研習。
- 2、IEC 61850 標準於變電所自動化研習。

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

目次

壹、前言.....	4
貳、目的.....	6
參、行程提要.....	7
肆、實習項目紀要.....	8
伍、綜合感想與心得.....	48

壹、前言

綜合研究所近年來在電力監控自動化領域已建立設計與建置中小型 SCADA 系統之關鍵技術，並已實際自立設計包括綠島與蘭嶼發電廠等離島電力監控系統、變電所磁場即時監測顯示系統，以及太陽光電基準系統等，這些系統均已穩定運轉中。考量未來風力發電等分散式發電源之整合以及智慧型電網之建立，電力監控自動化相關研究同仁除了致力於新技術的開發外，也一直持續關注著監控自動化技術在國際上的發展趨勢。

目前本公司擁有的風機已經逾 200 部，各廠家風機控制都是採封閉式控制，而風機/風場的監控也是採用各廠家私有的通訊協定。和世界上所有的風機/風場運轉者一樣，本公司風機/風場運轉資訊的取得必須依賴原製造廠商的技術支援，不同廠牌風機/風場間往往面臨運轉資訊整合困難的窘境，也就是必須取得各廠家的通訊協定技術文件並針對各廠家的通訊協定逐一撰寫驅動程式，才有可能將不同廠牌風機/風場的資訊整合到監控系統。為了解決這個問題，國際上已經制定風機與監控系統通訊協定標準 IEC 61400-25，而國際上的風機大廠已逐漸支援此國際標準，因應未來持續增建的機組以及智慧型電網整體規劃，必須對此風機與監控系統國際標準 IEC 61400-25 進行了解。

此外，本公司之自動化包括 ADCC/DDCC 及變電所自動化正逐年更新中，而此領域最受矚目的標準 IEC 61850 的應用範圍已經從第一版的變電所自動化擴充到第二版的電

力公用事業自動化，由於 IEC 61850 標準被視為未來智慧型電網的骨幹，其相關技術應用直接或間接會影響到智慧型電網的效能，而本公司目前尚未有 IEC 61850 應用實例與經驗。因此，有必要赴技術先進國家如德國/瑞士等研習與參訪包括風力發電控制、國際標準 IEC 61400-25 以及採用 IEC 61850 標準的變電所/電力系統之監控自動化系統的設計理念及相關 RTU/IED 之成功應用系統等技術，作為日後開發與設計類似系統之參考，提供未來本公司輸電、供電、配電 SCADA 系統建立之正確方向。同時，充實本所電力監控、電力網路資訊技術平台之技術層次，提昇未來在此領域之競爭力與利基。

貳、目的

本次透過基電公司安排前往德國 Beckhoff Automation 公司總部，研習監控系統控制器技術。Beckhoff Automation 控制器目前已成功應用在前述本所開發建置之變電所磁場即時監測顯示系統與太陽光電基準系統。該系列控制器支援 IEC 61131-3 程式語言表標準，以及 IEC 61400-25 風機監控通訊協定標準，並且已經廣泛應用在風機控制與監控上，藉由該研習可學習其應用程式設計理念與技術，作為本公司在風力發電監控系統應用上之重要技術來源。此外，藉由參加 ABB 公司所安排的研習與參訪，了解變電所自動化與 SCADA 技術的最新發展趨勢，特別是新一代通訊協定 IEC 61850 技術之應用以及 ABB 公司對此協定之驗證技術。目前 IEC 61850 通訊協定在智慧型電網中扮演極關鍵角色，透過研習、討論與觀摩可充實此技術領域之深度與廣度。

參、行程提要

一、100年08月16日~100年08月17日

行程：台北⇒桃園中正國際機場⇒法蘭克福國際機場
⇒德國 Ver1。

二、100年08月18日~100年08月19日

控制器技術研習 (Beckhoff Automation)。

三、100年08月20日~100年08月20日 (六)

路程：德國 Ver1⇒瑞士蘇黎士。

四、100年08月22日~100年08月24日

IEC 61850 標準研習-ABB

五、100年08月25日~100年08月25日

路程：瑞士蘇黎士⇒德國法蘭克福。

六、100年08月26日~100年08月27日

返程：自德國法蘭克福⇒法蘭克福國際機場⇒桃園國
際機場⇒台北。

肆. 實習項目紀要

誠如以上所介紹的，本次研習的內容分為兩大部份，即控制器技術研習，以及 IEC 61850 標準研習。以下分別就此兩大部份進行探討。

4.1 控制器技術研習：

Beckhoff Automation 控制器支援 IEC61131-3 程式語言標準，目前本公司應用 Beckhoff 產品的專案包括：(1) 變電所磁場即時監測與顯示系統（本所自行研發）(2) 太陽光電基準系統（本所自行研發）(3) 興達鹽灘地 4.6MW 太陽光電發電站（華城電機設計建造）。此次赴 Beckhoff Automation 研習的主要目的則是著眼於其控制器在風機控制與風場監控上的應用。

截至 2010 年底，台電公司運轉中的風機共計 203 部，風機廠牌包含 Vestas（核一廠、彰化彰工、雲林麥寮、雲林四湖、林口灰塘）、GE（核三廠、大潭、大園、觀音）、GAMESA（新竹香山）、ENERCON（澎湖、彰化王功）、Harakosan（台中電廠、台中港區）等，其在維護上的共同困難點在於風機控制系統採封閉式，而且只提供運轉與警報訊息，一旦發生故障，儀控維護人員只能從警報訊息研判故障原因，而無法進入控制系統從控制邏輯線上逐一細部診斷故障狀態。這是因為風機設計廠家視風機控制技術為 know-how，惟恐控制理念經由控制邏輯流出而被仿造，然

而這種控制系統只提供運轉與警報訊息的方式造成維護上極大困難，因此公司內部曾經有自行開發風機控制器的提議。由於 Beckhoff Automation 在風機控制與風場監控的應用上經驗豐富，為了探究自行開發風機控制器的可行性以及因應未來推動智慧型電網時風場監控整合，因此選定該公司的技術為研習內容。

由於出發前已經與 Beckhoff Automation 公司負責台灣業務的 Joshua Rusdy 先生取得密切聯繫，並且告知我方研習重點在於該公司產品在風機控制上的應用，因此該公司特地安排風機控制專家 Andreas Franke 進行簡報並全程陪同整個研習過程。圖 1 為 Beckhoff Automation 在對我方簡報中置入我國與德國國旗以表示對研習人員來訪的誠摯歡迎。圖 2 為研習人員與 Beckhoff 接待人員合影於德國 Verl 的 Beckhoff 總部。左起為 Joshua Rusdy、曹昭陽、陳以彥以及 Andreas Franke。Andreas Franke 先生曾在德國 DeWind 風機製造公司任職，在風機控制上有十幾年的經驗，因此被 Beckhoff Automation 網羅以推動風機控制的市場。



圖 1、Beckhoff Automation 在簡報中置入我國與德國國旗以表示對研習人員來訪的誠摯歡迎。

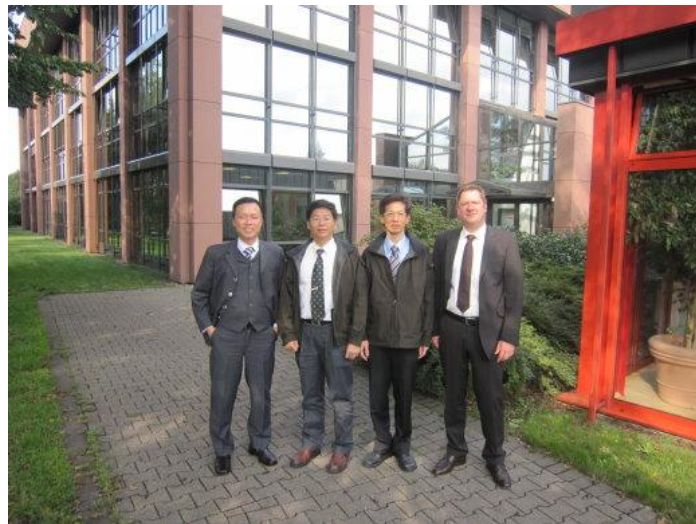


圖 2、研習人員與 Beckhoff 接待人員合影於德國 Verl 的 Beckhoff 總部。左起為 Joshua Rusdy、曹昭陽、陳以彥以及 Andreas Franke。

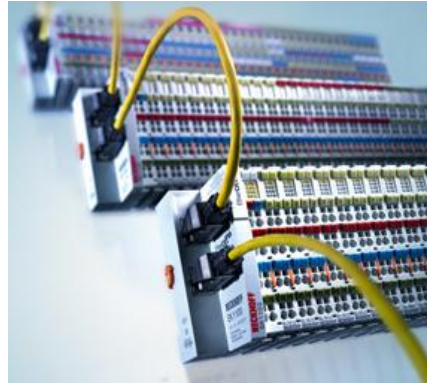
4.1.1 Beckhoff Automation 公司簡介

Beckhoff Automation 是德國的自動化公司，總部設在位於漢諾威西方約 2 小時車程的小鎮 Verl。該公司在 2010 年的營收為 346 Million 歐元，較前一年成長 46%。截至今年 3 月止全球員工人數為 1950 人，在德國有 9 個業務與技術分公司，在德國以外則有 28 個子公司與分公司，全球各地的經銷商則超過 60 家，該公司在台灣的經銷商是基電公司。就一個專攻工業自動化的公司而言，體質穩健，在國際監控自動化市場上也相當活躍。在臺灣，Beckhoff Automation 的產品常見於半導體製程或精密機械的控制，主要是搭配著德國生產的製程設備或機具進入我國。

Beckhoff Automation 的產品可區分為四大類，包括 (1) 工業級電腦：工業級電腦、嵌入式電腦 (模組式) 可安裝於 DIN rail 上的電腦 (2) I/O 模組：各種信號類型和支援多種 fieldbus 的 I/O 模組 (3) 運動控制 (motion control)：用於單軸與多軸定位的個人電腦技術，主要應用在 CNC 等工具機的控制 (4) 自動化軟體：所有的 Beckhoff Automation 控制器都是採用遵循 IEC 61131-3 國際標準 PLC 程式語言的 TwinCAT 做為程式開發環境。圖 3~圖 6 分別顯示這四大類產品，以本公司的應用來說，除了第三類，也就是運動控制以外，其他三類產品都是我們的研習興趣所在。



圖三、工業級電腦：工業級電腦、嵌入式電腦（模組式）可安裝於 DIN rail 上的電腦



圖四、I/O 模組：各種信號類型和支援多種 fieldbus 的 I/O 模組



圖五、運動控制（motion control）：用於單軸與多軸定位的個人電腦技術。

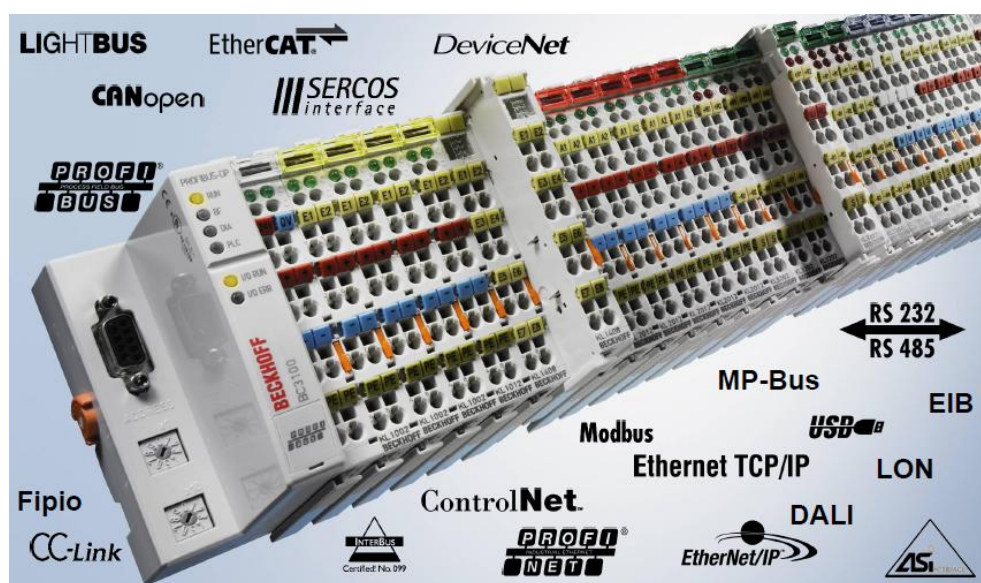


圖六、自動化軟體：所有的 Beckhoff Automation 控制器都是採用遵循 IEC 61131-3 國際標準 PLC 程式語言的 TwinCAT 做為程式開發環境。

4.1.2 Beckhoff Automation 產品的特色

- 支援高達 22 種不同的 fieldbus，具高度整合彈性

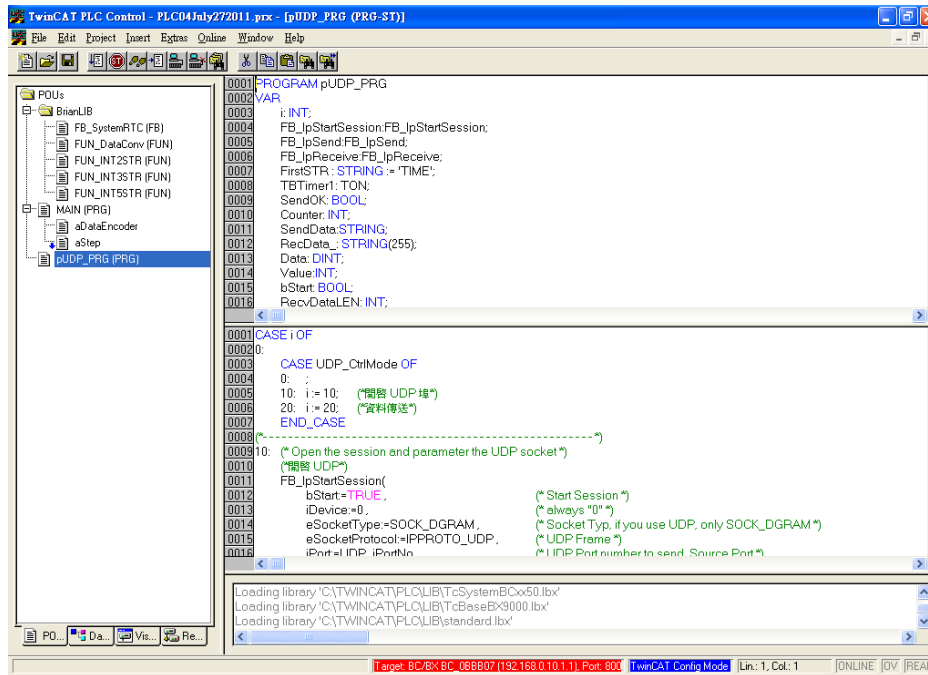
如圖七所示，Beckhoff Automation I/O 模組支援高達 22 種不同的 fieldbus，例如三菱電機公司主導的 CC-Link 或由西門子等公司推動的 Profibus 等。由於控制邏輯程式的撰寫都是採用遵循 IEC 61131-3 國際標準 PLC 程式語言的 TwinCAT 做為程式開發環境，面對不同 fieldbus 時，只需要更換為支援該 fieldbus 的 bus coupler 再灌入應用程式即可與採用該 fieldbus 的設備連線，因此具高度整合彈性。



圖七、支援 22 種不同的 fieldbus 的 Beckhoff Automation I/O 模組

- 採用開放式技術

Beckhoff Automation 採用微軟公司作業系統，在控制邏輯程式的編寫上則採用 IEC 61131-3 國際標準。圖八為採用 IEC 61131-3 國際標準的可程式控制器應用程式開發環境 TwinCat。



圖八、採用 IEC 61131-3 國際標準的可程式控制器應用程式開發環境 TwinCat

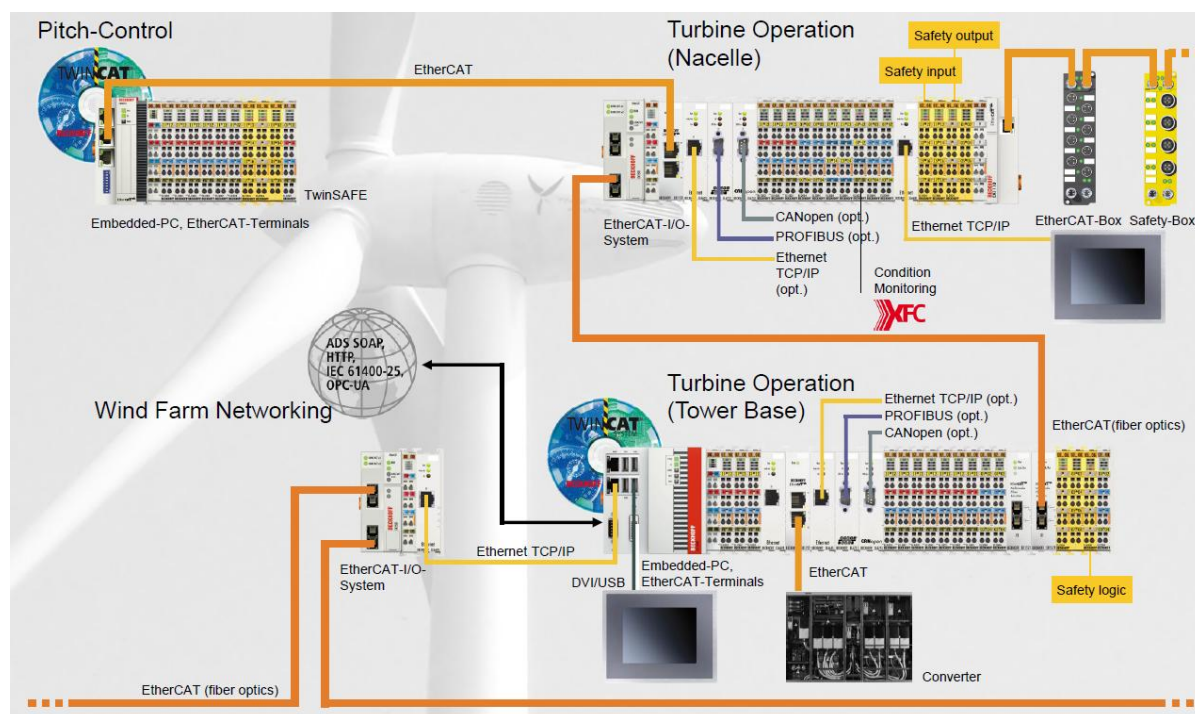
IEC 61131-3 標準包含下列五種標準可程式控制器程式語言：

- Ladder Diagram (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Structured Text (ST)

- Instruction List (IL)
- Sequence Function Chart (SFC)

4.1.3 Beckhoff Automation 產品在風力發電上的應用

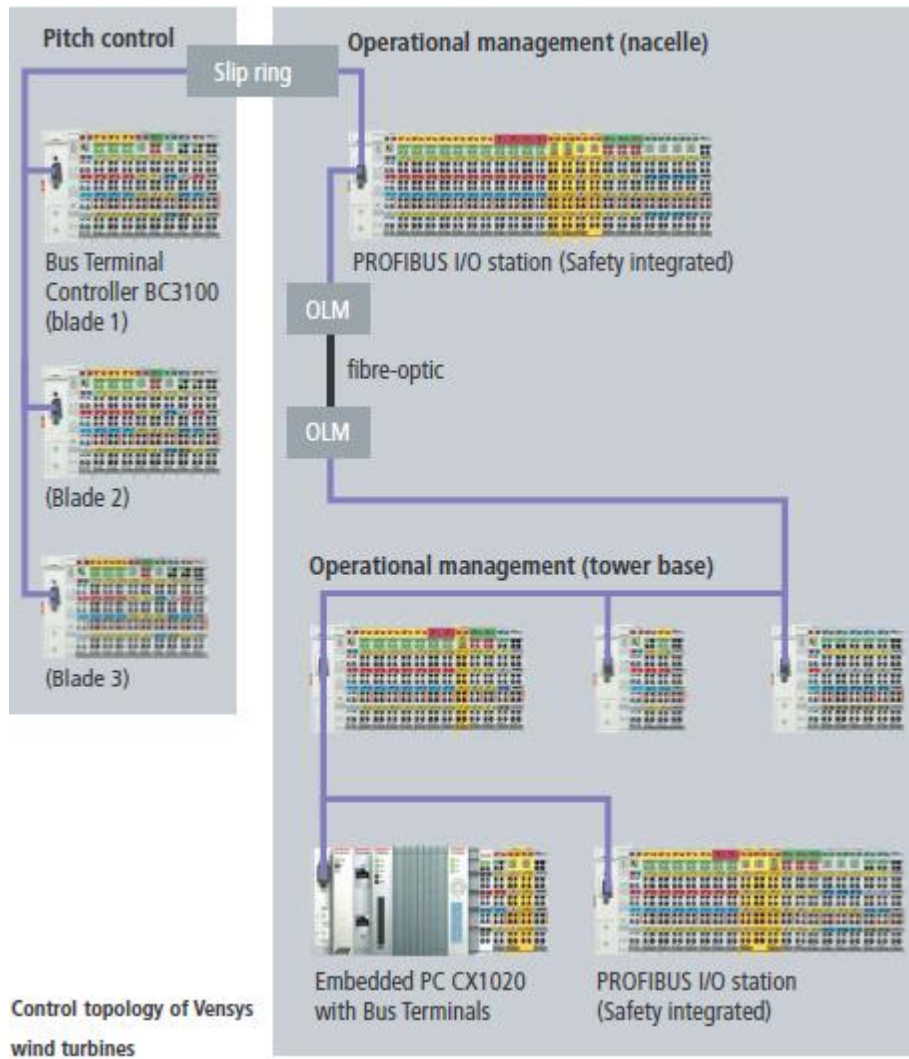
Beckhoff Automation 風機控制器應用程式之開發係採用 IEC 61131-3 國際標準的可程式控制器應用程式開發環境 TwinCat，該公司在經過多年風機控制應用經驗後，已經建立風機控制所需要的各種函式庫，大幅縮短應用程式之開發。圖九為 Beckhoff Automation 典型的風機控制系統架構圖，主要分為葉片旋角控制 (pitch control)、位於機艙的風機控制 (turbine control) 以及位於塔基的風機運轉 (turbine operation) 三大部分。此三部份之間的控制器透過光纖乙太網路連接，並且採用該公司所開發的 EtherCat (Ethernet for control automation technology) 技術提升通訊效能。EtherCat 是一種高效能的乙太網路通訊 fieldbus 系統，主要是開發給需要快速更新資料的自動化應用。風機對風場監控系統的連線則是透過 ADS SOAP、HTTP、IEC 61400-25 以及 OPC 的方式。其中 IEC 61400-25 是風機/風場和 SCADA 系統之間通訊協定標準，將再另加介紹。目前採用 Beckhoff Automation 產品做為風機控制的風機生產廠家至少包含德國 VENSYS Energy AG、中國新疆金風科技、中國廣東明陽、德國 Multibrid GmbH、德國 DeWind、芬蘭 Winwind 以及德國 Avantis 等。



圖九、Beckhoff Automation 風機控制系統架構圖，分為葉片旋角控制 (pitch control)、位於機艙的風機控制 (turbine control) 以及位於塔基的風機運轉 (turbine operation)

圖十為採用 Beckhoff Automation 控制系統的德國 VENSYS Energy AG 風機控制系統架構圖。同樣地，2010 年全球第 3 大(市佔率 10%)的中國新疆烏魯木齊金風科技獲得德國 VENSYS Energy AG 公司授權，製造並銷售由 VENSYS Energy AG 公司設計的風機，其 1.5M 與 2M 無齒輪風機採用 Beckhoff Automation 公司控制系統。基地位於德國 Bremerhaven 的 Multibrid GmbH 是法國 AREVA 集團的子公司，其安裝在德國第一個離岸風場 Alpha Ventus 的 6 部 5MW 級風機 M5000，便是採用 Beckhoff Automation 的控制器與控制系

統。圖十一為德國 Multibrid GmbH 的 5MW 風機 M5000 安裝於離岸風場以及安裝前機艙的外觀。



圖十、採用 Beckhoff Automation 控制系統的德國 VENSYS Energy AG 風機控制系統架構圖 (source: PC Control | Wind Special 2010)



(a) 安裝於德國離岸風場 Alpha Ventus 的 M5000 外觀



(b) 安裝前的 M5000 機艙外觀

圖十一、德國 Multibrid GmbH 的 5MW 風機 M5000 (source: <http://www.aveva-wind.com/1/M5000/konzept/>)

雖然 Beckhoff Automation 公司在風機控制上已經有豐富的經驗，但是對於我方自行研發風機控制器以取代現有風機控制器的構想卻是持保留的態度。原因是各廠家風機都有其獨特設計與特性，除非原風機生產廠家願意提供詳細的設備性能與特性資訊以及 know-how，否則存在的風險高，例如不恰當的控制設計極可能危害

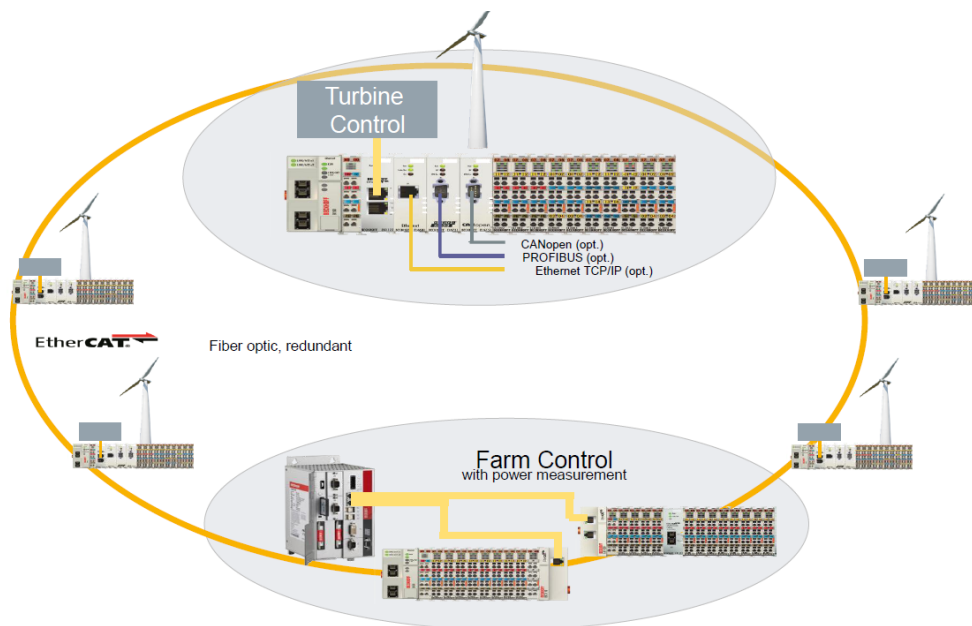
到風機相關配件。因此，該公司基於與客戶維持長久良好關係的政策考量，不願意對我公司這類的應用提供技術支援。這樣的看法雖然令人感到失望，至少讓我們知道自行研發風機控制器以取代現有風機控制器就算不是不可行，也是挑戰性非常高的。

4.1.4 德國第一個離岸風場 Alpha Ventus 簡介

1. 地點:位於北海中距離 Borkum 島海岸約 45 公里處（水深 30 公尺），圖十二為由 12 部 5MW 風機組成的德國第一個離岸風場 Alpha Ventus 之遠眺
2. 投資規模：兩億五千萬歐元（5MW REpower 風機*6 + 5MW Multibrid 風機*6）
3. Alpha Ventus 風場由三家電力公司 EWE, E.ON and Vattenfall 合夥
4. 正式完成試運轉於 2010 年 4 月 27 日
5. 截至 2011 年 6 月 30 日前的 9 個月發電量為 190 MWh



圖十二、由 12 部 5MW 風機組成的德國第一個離岸風場 Alpha Ventus
(source: <http://www.alpha-ventus.de/>)

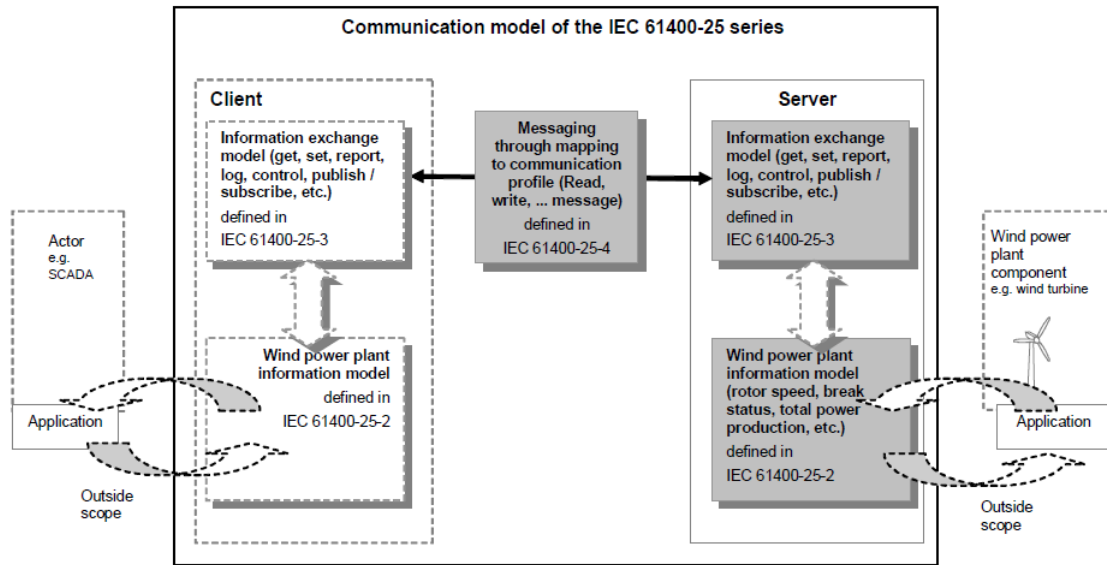


圖十三、採用 IEC 61400-25 標準的 Beckhoff Automation 風場監控
架構

4.1.5 IEC 61400-25 標準簡介

圖十三為採用 IEC 61400-25 標準的 Beckhoff Automation 風場監控架構。IEC 61400-25 是風力發電廠之間或監控系統 (SCADA) 之間通訊的標準，規範了風場 (wind park) 監視與控制的通訊 (Communications for monitoring and control of wind power plants)，是風機設計標準 IEC 61400 的子標準。這個標準的制定使得不同風場之間的資訊得以互相交換，而與生產廠家無關。這個標準是單純化風機和 SCADA 必須扮演角色的基礎，風場運轉資訊當中重要的部份、資訊交換方法 (information exchange methods) 以及通訊堆疊 (communication stacks) 均予以標準化。因此，可以很容易地拿來做為制訂採購規範和合約的參考。IEC61400-25 標準含下列六部份：

- Part 25-1: 原則和模型的總體描述 (Overall description of principles & models)
- Part 25-2: 資訊模型 (Information models)
- Part 25-3: 資訊交換模型 (Information exchange models)
- Part 25-4: 通訊底層細部對映 (Mapping to communication profiles)
- Part 25-5: 一致性測試 (Conformance testing)
- Part 25-6: 狀態監控之邏輯節點 (LN) 類別和資料類別 (新) (LN classes and Data classes for Condition Monitoring)



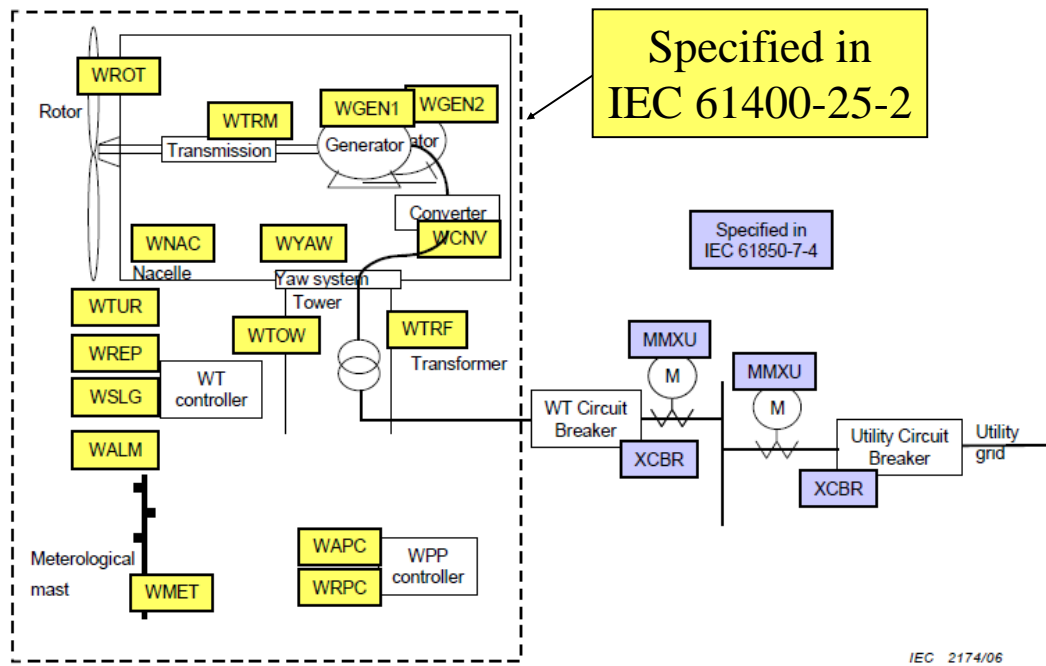
圖十四、IEC 61400-25 系列的通訊模型

圖十四為 IEC 61400-25 系列的通訊模型，由圖中可以看出風場組成部分，例如風機的設計與應用以及 SCADA 的設計與應用並不在此標準規範的範圍內。此通訊模型為 Client/Server 架構，風場端為 Server，而 SCADA 為 Client。在 Server 與 Client 兩端係透過 Part 25-4 所定義的通訊底層細部對映（Mapping to communication profiles），目前制定的對映方法包括下列五種：

- SOAP-based web services
- OPC/XML
- IEC 61850-8-1 MMS

■ IEC 60870-5-104

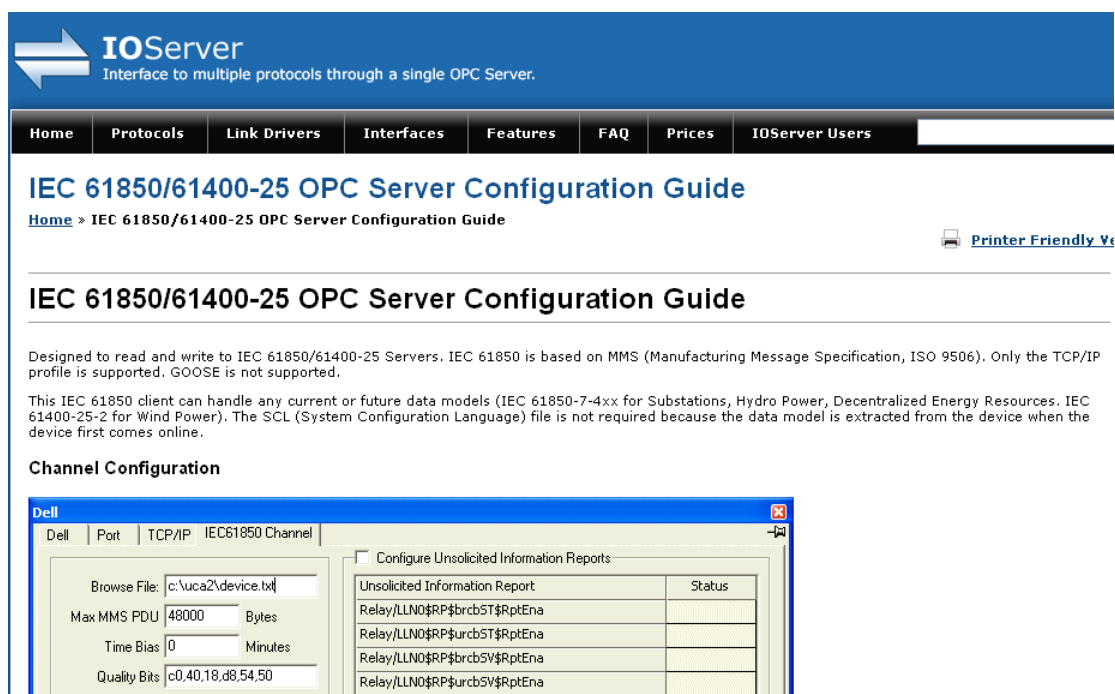
■ DNP3



圖十五、邏輯節點實例的使用 (Use of instances of logical nodes)

圖十五展示了 IEC 61400-25 邏輯節點實例的使用 (Use of instances of logical nodes)，由圖中可以看出風機變壓器以上連接到電網所需的設備 (例如斷路器、Merging Unit) 已經由 IEC 61850-7-4 規範，而不在此重複規範。

目前採用或支援 IEC 61400-25 標準的廠家至少包含 Vestas、Enercon、REpower、Siemens、ABB、GE 等，且持續增加中，可見 IEC 61400-25 標準已逐漸成為趨勢。就通訊底層細部對映的方法而言，IOserver 公司已經推出 OPC Server for IEC 61850\61400-25，如圖十六所示，而 MatrikonOPC 也有 OPC Server for IEC 61850\61400-25 產品，如圖十七所示。這意味著採用 IEC 61400-25 標準的風機/風場，可以很容易地藉由上述 OPC Server 連結到具有 OPC Client 的圖控系統，例如 Intouch、iFix 等常用的監控系統圖控軟體，因此，不同廠牌風機監控系統的整合難度將大幅降低。由於 IEC 61400-25-4 制定的通訊底層細部對映方法也包括了 IEC 61850-8-1 MMS，這對以 IEC 61850 標準為骨幹的智慧型電網而言，風力發電的控制變得可能，對電力系統的穩定度將有很大的幫助。



圖十六、IOserver 公司的 OPC Server for IEC 61850\61400-25

(source: <http://www.ioserver.com/iec-61850-61400-25.html>)

The screenshot shows the MatrikonOPC website's 'Downloads' section. The header includes the MatrikonOPC logo, a language dropdown menu, and navigation links for Products, Support, Training & Events, Company, Resources, and Downloads. A search bar is also present. The main content area features a 'DOWNLOADS' banner with a breadcrumb trail: Home > Downloads > OPC Server for IEC 61850\61400-25 Download. On the left, a sidebar lists various download categories: All Downloads, OPC Archived Webcast, OPC Servers, OPC Product Software, OPC Specifications, OPC Tutorials, OPC Whitepapers, and Portal Login. The main content area displays a 'Download Free: OPC Server for IEC 61850\61400-25 Download' link. Below this link is a descriptive paragraph: 'This OPC Server provides connectivity to any IEC 61850\61400-25 compliant RTU, IED (Intelligent Electronic Device), PLC, meter, transducer, relay, etc. This OPC Server enables you to monitor and control Electrical Substations and Wind Turbines that are located far in the fields securely and reliably. It connects to multiple devices using one or more protocols at the same time, and the read and write operations with the devices are optimized to deliver the necessary data in time for the protective relaying.' To the right of the text is a CD-ROM icon. At the bottom of the main content area, the version number 'v. 1.2.0.684' is displayed.

圖十七、MatrikonOPC 的 OPC Server for IEC 61850\61400-25
(source: <http://www.matrikonopc.com/>)

4.2 IEC 61850 標準研習：

IEC 是國際電工委員會（International Electrotechnical Commission）之簡稱，其主要任務是針對電機電子相關技術準備及出版國際標準。IEC 61850 則是新一代的變電所自動化標準。由於 ABB 公司參與 IEC 61850 標準的制定，並且是國際上支援 IEC 61850 標準的電力控制設備主要供應廠家之一，在 ABB 台灣分公司莊紹文協理以及 Jan Stuerzjl 先生的安排下，前往瑞士 ABB 研習該標準相關技術與應用。圖十八為兩位研習人員留影於瑞士 ABB 各種電力控制與監控產品在電力系統發電、輸電、配電上應用的展示牆。



圖十八、瑞士 ABB 各種電力控制與監控產品在電力系統發電、輸電、配電上應用的展示牆。

4.2.1 ABB 公司簡介

ABB 在電力和自動化科技業界居世界領導地位，它卓越的技術讓電力公用產業與工業界客戶們能在提昇業績的同時並減低對環境所造成的影響。ABB 目前公司遍及全球 100 多個國家，擁有超過十二萬六千名員工替業界服務。ABB 集團成立於 1988 年，由瑞典 Asea 和瑞士 BBC Brown Boveri 兩家公司合併並更名為 ABB。Asea 公司成立於 1883 年，BBC Brown Boveri 公司則成立於 1891 年。台電公司通霄火力發電廠於民國 70 年裝設的第 3 號複循環機組便是由 BBC 製造，此外通霄火力發電廠於民國 78 年裝設的第 4、5 號複循環機組則是由 ABB 製造；ABB 公司產品在變電所自動化方面的應用不勝枚舉，在台灣台電公司約 7 年前興建的線西變電所便是採用 ABB 的自動化控制系統，而 ABB 有關 IEC 61850 的產品在台灣的應用則有南亞科技林口廠、中油公司大林廠 RTU 設備更新，以及福聚太陽能股份有限公司屏東生產廠。ABB 有兩個核心事業部，電力技術事業部和自動化技術事業部，分別對客戶提供相關產品與服務。

4.2.2 IEC 61850 發展沿革

在變電所自動化的應用上，原有開放的通訊協定標準主要為（1）歐洲慣用的 IEC 60870，例如 IEC60870-5-101（SCADA 到控制中心，串列）、IEC60870-5-103（IED 到 SCADA

控制中心)以及 IEC60870-5-104 (SCADA 到控制中心，乙太網路)和 (2) 美洲慣用的 DNP 3.0 (IED 到 SCADA 控制中心，SCADA 到控制中心，DNP 3.0 serial/ DNP 3.0 over TCP)。

IEC 61850 一開始著重在變電所自動化，主要用來取代 IEC 60870-5-103，於 1995 年開始設計雛型概念，2001 年開始標準的制定工作，同時 2001 年 UCA User Group 停止發展 UCA 2.0 (美洲)，2005 年標準制定完成公佈 Edition 1，2010 年公佈 Edition 2。

4.2.3 IEC 61850 標準簡介

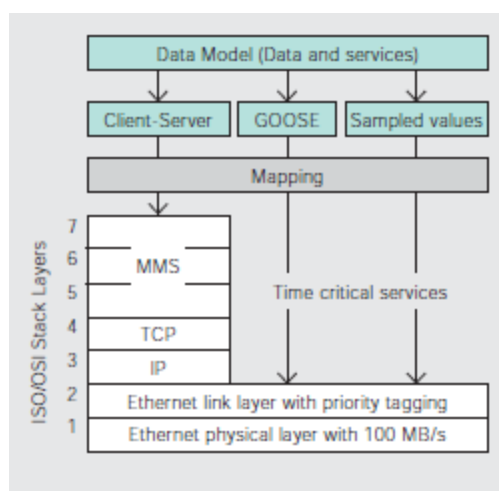
IEC 61850 共分為 10 個 Part，如表一所示。其中 Part 8-2~以後，保留以後功能擴充之用途。

表一、IEC 61850 標準的 10 個 Part

簡介及概述	Part 1
專用術語	Part 2
一般需求	Part 3
系統及專案管理	Part 4
通訊需求與設備模型	Part 5
通訊模型 (資料模型及服務程式)	Part 6
變電所規劃語言 (SCL)	Part 7
變電所及饋線設備基本通訊架構-原理與模型	Part 7-1

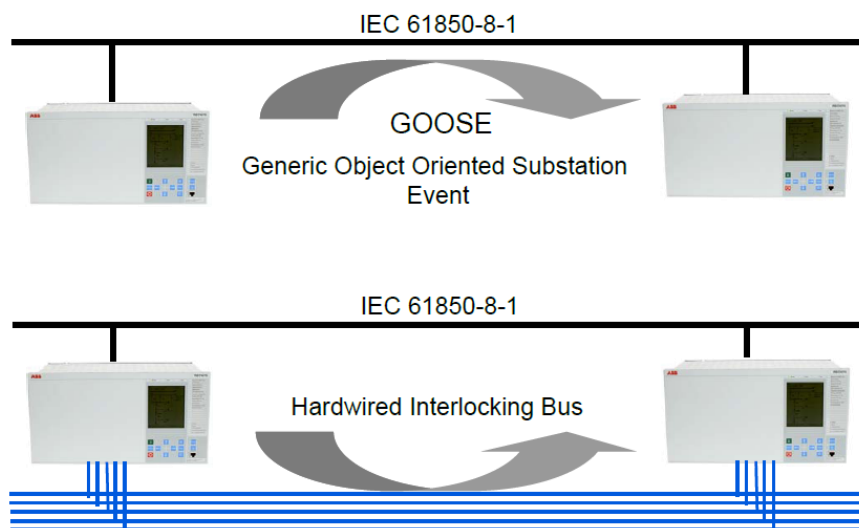
變電所及饋線設備基本通訊架構-抽象通訊服務界面(ACSI)		Part 7-2
變電所及饋線設備基本通訊架構-共同資料類別：共同資料類別和相關屬性		Part 7-3
變電所及饋線設備基本通訊架構-相容邏輯節點種類別和資料類別		Part 7-4
Part 8-1：特定通信服務對映(SCSM)-變電所內常用的MMS (ISO/IEC 9506-1 and ISO/IEC 9506-2) 及 ISO/IEC 8802-3	Part 8-x：預留供將來使用	Part 8
Part 9-1：特定通信服務對映(SCSM)-串列單向多點對單點連結取樣類比值傳送服務對映	Part 9-2：特定通信服務對映(SCSM)-ISO/IEC 8802-3 取樣類比值傳送	Part 9
一致性測試		Part 10

4.2.3.1 採用乙太網路(Ethernet)技術及架構



圖十九、IEC 61850 通信疊層與對映關係。

IEC 61850 採用了主流技術做為通訊堆疊(stack)，也就是採用 ISO/OSI 的七層架構，包括乙太網路（第 1 和第 2 層）、TCP/IP（第 3 和第 4 層）以及製造信息傳遞規範（manufacturing messaging specification, MMS）。物件模型及其服務對映到 MMS 應用層（第 7 層）。只有對時間要求非常嚴格的服務，例如取樣值（sample value，指經 Merge Unit 傳送而非經傳統 CT/PT 測量而得的電壓或電流值等）和 GOOSE 則是直接對映到乙太網路連結層（即第二層）。由於信號傳遞不須經過 TCP/IP 等封包以及拆解過程，而且在傳送前不須先耗費時間建立 TCP 連線，所以可以大幅提高信號傳遞速度，圖十九為 IEC 61850 通信疊層與對映關係。



圖二十、傳統變電所與採用 IEC61850 標準的自動化變電所連鎖（Interlocking）示意圖

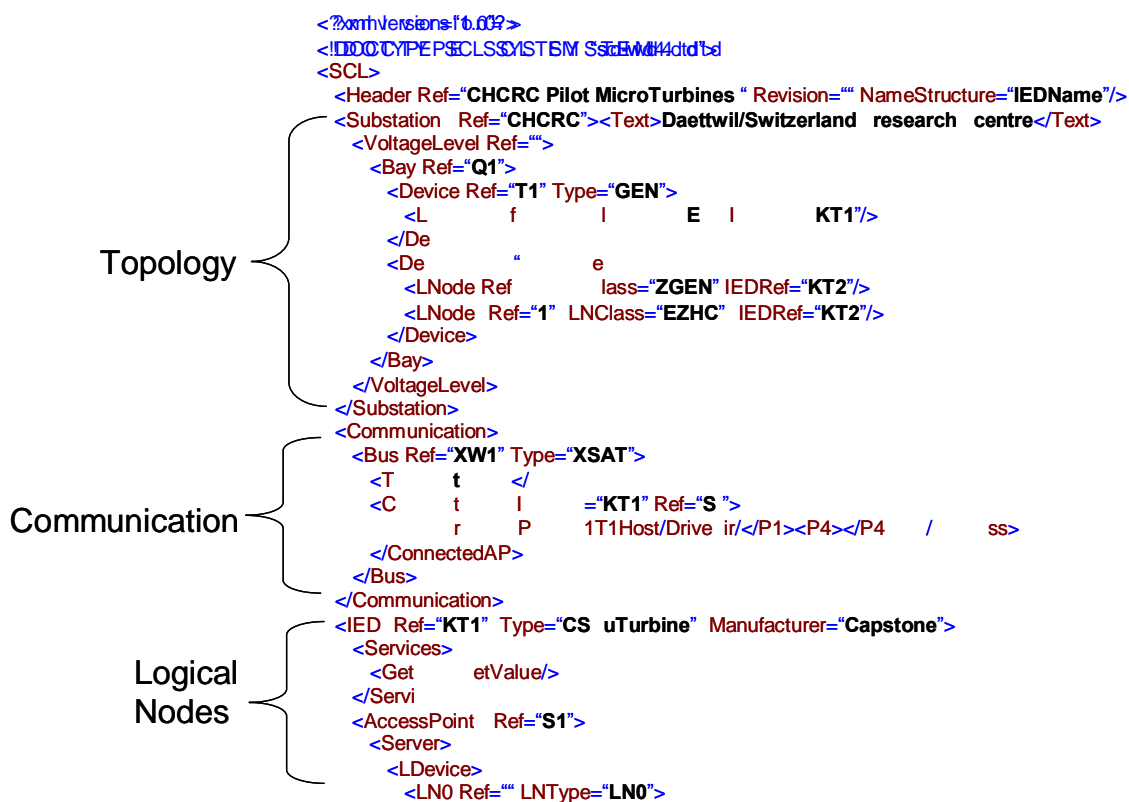
圖二十為傳統變電所與採用 IEC61850 標準的自動化變電所在連鎖（Interlocking）方面示意圖，由圖中可看出前者的保護電驛等設備彼此間之連鎖乃是採用大量的硬體接線來執行，而後者則是利用 GOOSE 機制透過乙太網路傳遞連鎖信號，兩者特性比較如下：

- 傳統變電所
 - 測試簡單容易
 - 運轉人員熟悉的安裝維護程序
 - 盤面之間需要更多的接點、I/O 與接線
- 採用 IEC61850 標準的自動化變電所

- 使用 GOOSE 彼此傳遞資訊
- 需要 GOOSE 模擬器(昂貴)進行測試
- 不需要額外的 I/O 接點，全部接在乙太網路
- 所有的資訊都被清楚的監控
- 運轉人員的不信任感

4.2.3.2 IED 及 SCADA 規劃工具檔案轉換的標準化

- 基於 XML 程式語言的規劃語言，圖二十一為採用 XML 做為變電所規劃語言 SCL 的範例



圖二十一、以 XML 做為變電所規劃語言 SCL 的範例

- 變電所自動化系統工程執行程序標準化
- SCL (Substation Configuration Language) 的標

準化

表二、典型的 SCD 內容

完整的變電所拓撲與主要設備之描述
包括其功能性已經標準化成資料模型的所有保護和控制裝置(伺服器)以及站階層(Station level)自動化系統(客戶)
所有通訊位址
系統內完整的水平以及垂直的資料流程
變電所自動化功能性和一次設備間的關聯性

IEC 61850 標準中最了不起的成就而且與其他通訊標準最大的差異在於導入了變電所規劃語言 SCL。SCL 使得建立用來在軟體工程工具之間交換規劃資料(例如在一個系統中標準化過的物件模型和裝置的資料流程規劃)的檔案變成可能。IEC 61850 已經定義了幾種檔案類型，每一種類型的內容視特定工具所扮演的角色(例如系統規劃工具或裝置規劃工具)以及系統規劃過程中不同階段而定。系統規劃描述檔(system configuration description, SCD)便是這種檔案類型之一，它被定義成一個完整系統的主文件，表二為一個典型 SCD 的內容。從系統的觀點來看，每個裝置(客戶或伺服器)其連接到系統的介面都已經在此檔案中描述。如此一來，這個完整的 SCD 變成為此 IEC 61850

系統文件的中心，而此文件將被用在所有未來此變電所自動化的相關活動，例如測試、維護和擴充。工程師無須再擔心人工規劃測試和分析工具環境時不小心產生的錯誤。工程師必須做的只是很單純地引入該專案的特定 SCL 檔到測試工具即可。

IEC 61850 工程規劃工具所產出之標準化檔案，種類如下：

(1) SSD: 變電所自動化系統規範描述 (Substation automation System Specification Description)，指的是整個系統設備物件描述。

(2) SCD: 變電所規劃描述 (Substation Configuration Description)，指的是單一變電所描述。

(3) ICD: IED 功能 / 能力描述 (IED Capability Description)，指的是 IED 所支援的功能項目描述。

(4) CID: 規劃完成的 IED 的描述 (Configured IED Description)，針對一特定 IED 的規劃。

- 系統及設備的互操作性 (interoperability)
- 系統及設備資料的互交換性 (interchangability)
- 長期的穩定性 (Long term stability)
- 自由的設備功能配置及規劃 (Free configuration)

4.2.4 ABB IEC 61850 SVC 參訪

IEC 61850 的目標是達成變電所自動化系統中 IED 彼此間的互操作性，因此系統測試應該也是 R&D 測試以及一致性測試中的一部份。然而 IEC 61850-10 的內容只著重在單一 IED 設備的測試，就系統的角度而言，目前一致性認證並無法保證不同廠家所生產的 IED 設備間的互操作性。有鑑於此，ABB 在導入 IEC 61850 標準時，不僅開發相關產品，同時也建立了一個系統認證中心（System verification and validation center, SVC，如圖二十二所示），用以驗證 IED 設備間的互操作性以及系統建置的正確性。Verification 指的是檢測產品是否依照原來的規範製造，也就是製造時是否符合規格要求；Validation 指的是檢測該產品功能是否符合需求，是否可正常運行於原本設計的環境。此中心在 2005 年中期已經準備好開始運作，2006 年自 UCAIug（Utility Communication Architecture International Users Group）取得做為 IEC 61850 測試設施與競爭力（test facility and competence）中心的資格。該中心據稱是世界上第一個獲得此位階資格的製造廠家測試實驗室。

在 Mr. Stefan Meier 先生的帶領下，作者有幸實地參訪 ABB SVC。SVC 主要的特色包括：

- a. 每一產品、系統組成元件、應用以及工具都是在真實系統環境下進行測試，以展示其規範所制定的功能性

和性能。

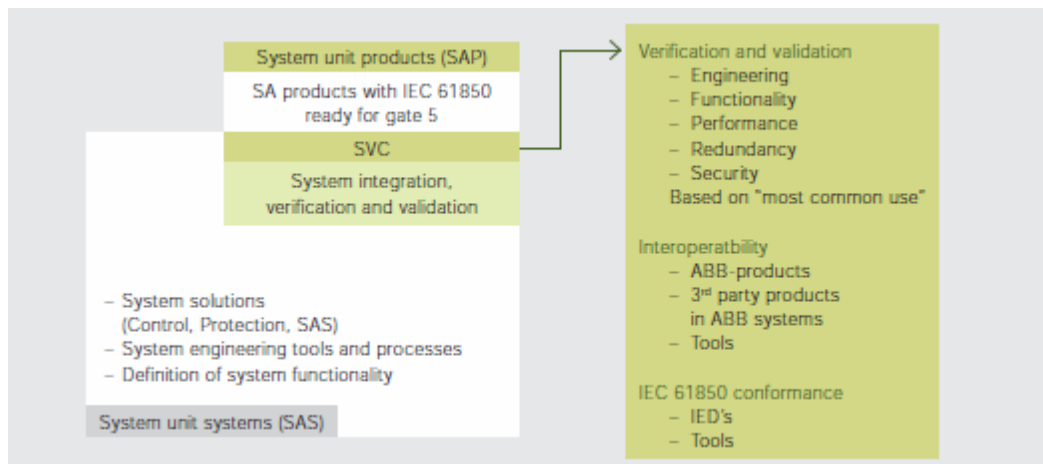
- b. 互操作性測試所觀察的重點在於涵蓋所有潛在規劃的變電所自動化系統中至少兩個 IED 之間的動態互動 (dynamic interaction)。
- c. 數以百計的 IED 可以在 SVC 模擬，有助於找出變電所自動化系統所受到的限制。

ABB IEC 61850 系統認證中心的工作內容項目，如圖圖二十三所示，包括：

- a. 對最常用的項目進行認證，涵蓋工程 (engineering)、功能性 (functionality)、效能 (performance)、備援 (redundancy)、安全 (security) 等。
- b. 互操作性 (interoperability) 認證範圍：ABB 的產品、在 ABB 系統中的其他廠家產品、各種工具。
- c. IEC 61850 一致性測試 (conformance test) 涵蓋的項目：各種 IED 產品、各種工具。



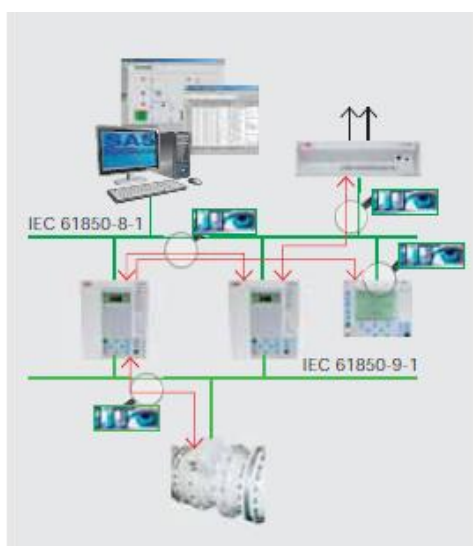
圖二十二、瑞士 ABB IEC 61850 系統認證中心 SVC



圖二十三、ABB IEC 61850 系統認證中心工作內容

4.2.5 ABB 測試與診斷工具軟體 ITT600 SA Explorer

IEC 61850 標準主要是建立在，例如 XML(extensible markup language)、乙太網路、MMS(manufacturing messaging specification)以及 TCP/IP 等已知的技術上。然而，IEC 61850 結合上述各種技術與應用，既有的工具大多是為單一特定任務而設計（例如通訊分析），而未納入有關變電所自動化的部份，所以無法應付現今的挑戰。為了克服這個問題，很顯然地開發新一代的軟體工具以有效率地管理與支持 IEC 61850 系統整合過程是必要的。因此，ABB 開發了一套適合變電所自動化領域通訊、保護以及控制應用專家的軟體測試工具，稱為 ITT(Integrated Testing Toolbox)600 SA(Substation Automation) Explorer。這套工具軟體已經實際應用在超過 900 個 ABB 提供的 turn-key 變電所自動化專案。

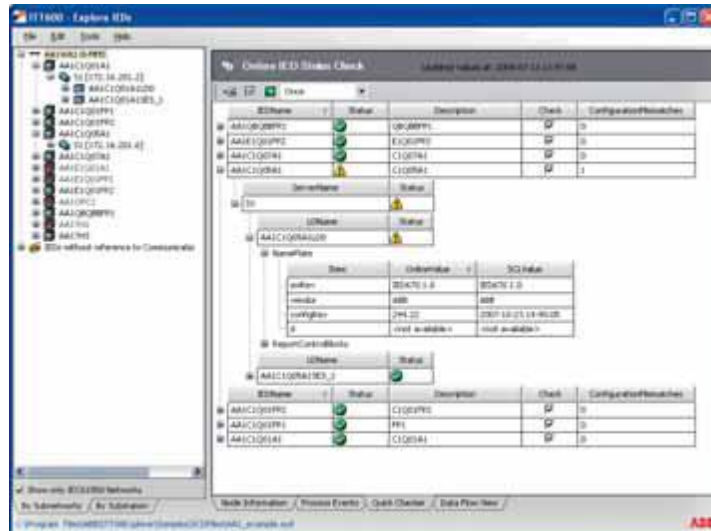


圖二十四、分析與診斷工具的應用範圍

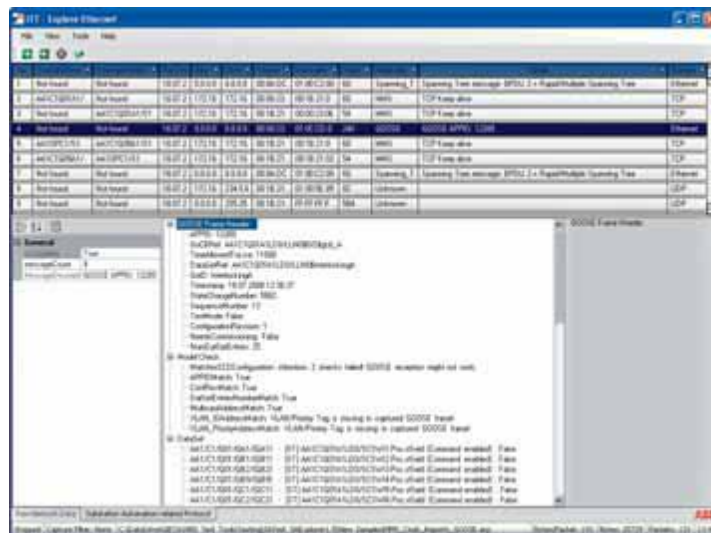
IEC 61850 建立並只專注在顯示應用專案相關的資料而已，ABB 的作法則是建立一套工作組以隱藏技術成份的複雜度。ITT600 SA Explorer 藉由組合一組內建智慧而可以解譯 IEC 61850 資料的強力線上診斷工具以簡化 IEC 61850-based 變電所自動化系統的診斷以及故障排除工作。圖二十四所示為 ITT600 SA Explorer 分析與診斷工具的應用範圍。表三則是 ITT600 SA Explorer 分析與診斷工具的典型特色。圖二十五為利用 ITT600 SA Explorer 比較 SCD 檔是否確實與線上資料一致，也就是、一致性檢查（Consistency check）。圖二十六則是利用 ITT600 SA Explorer 對乙太網路流通資料進行解碼分析的例子。

表三、ITT600 SA Explorer 分析與診斷工具的典型特色

■ 使用專案特定資料（SCD 檔）來規劃
■ 建立線上通訊連線到各 IED 設備，使用已規劃好的靜態或動態資料組和控制方塊作為報表應用
■ 將執行中系統的健康狀態予以視覺化
■ 檢查資料和規劃版本與 SCD 檔之間是否一致
■ 分析和驗證執行中的應用專案
■ 根據 SCD 檔將以太網路流通資料（Ethernet traffic）解碼成變電所自動化領域語言
■ 顯示出所記錄資料的功能性（系統導向）或產品導向定址（addressing）

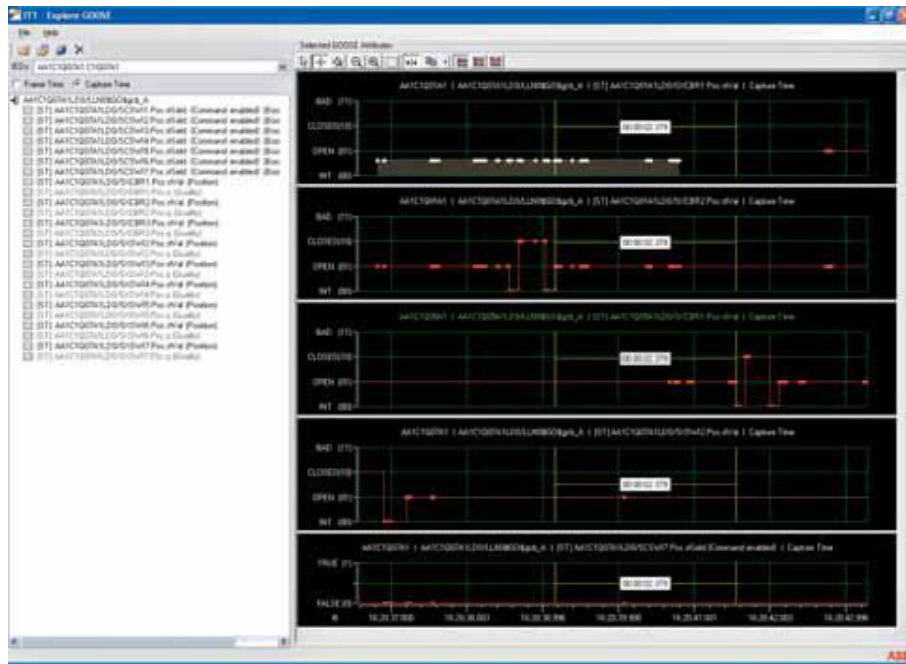


圖二十五、一致性檢查 (Consistency check)，利用 ITT600 SA Explorer 比較 SCD 檔是否確實與線上資料一致

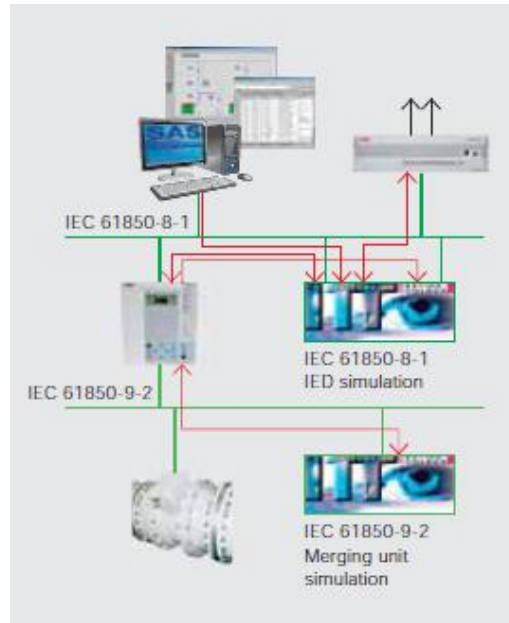


圖二十六、利用 ITT600 SA Explorer 對乙太網路流通資料進行解碼分析

圖二十七展示了為利用 ITT600 SA Explorer 對多台 IED 之間的水平 GOOSE 通訊進行分析範例，圖二十八則是圖示了 ITT600 SA Explorer 模擬工具的應用範圍。



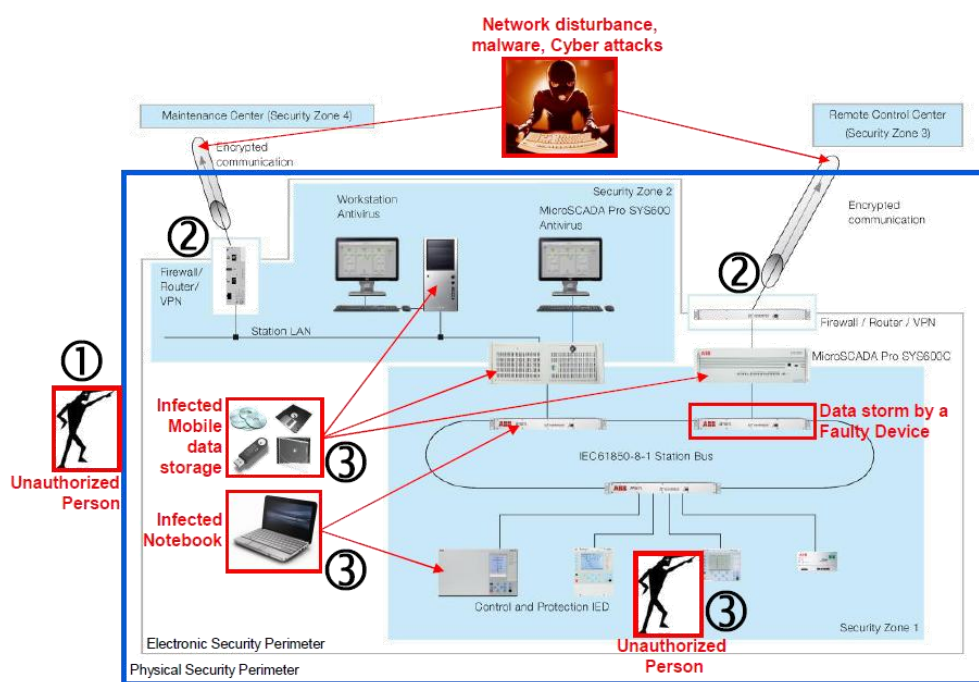
圖二十七、利用 ITT600 SA Explorer 對多台 IED 之間的水平 GOOSE 通訊進行分析



圖二十八、ITT600 SA Explorer 模擬工具的應用範圍

4.2.6 資通安全 (Cyber Security)

由於 IEC 61850 標準在通訊上採用了主流技術－乙太網路，雖然獲致了許多益處，卻也同時引起資通安全的疑慮。ABB 公司對於應用 IEC 61850 相關技術的監控自動化系統，在資通安全的考量上主要區分為實體防護、網路防護和防護深度三個層次。如圖二十九所示，IEC 61850 監控自動化系統的資通安全考量區分為實體防護、網路防護和防護深度三個層次。



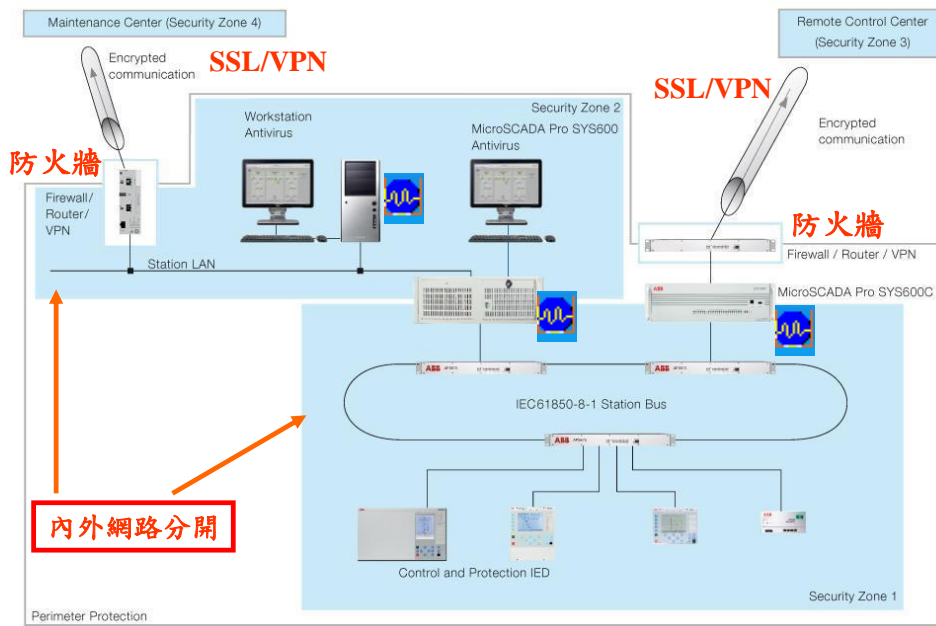
圖二十九、IEC 61850 監控自動化系統的資通安全考量區分為實體防護、網路防護和防護深度三個層次

實體防護指的是限制未經授權或不具有權限的人員進入監控系統所在區域，例如採用圍籬、門禁管制以及影

像攝影機等方式防止上述人員進入，如圖三十所示；網路防護指的是從遙控中心或維護中心經由網際網路對監控系統進行通訊時必須防止來自網路上的入侵、惡意軟體（malware）以及網路攻擊等，一般的做法是採用防火牆/路由器/VPN，並且通訊採加密方式，如圖二十九所示。防護深度指的是如何防止受到感染的筆記型電腦、抽取式儲存裝置（例如 USB）等從內部連接到監控系統，以及故障裝置引起的資料風暴（data storm）等。圖三十一所示為 ABB 將監控自動化系統區隔成四個不同安全區域，對資通安全層層把關，並且將 Station LAN 和 Station BUS 區隔成內外網路。



圖三十、實體防護常採用的方式圍籬、門禁管制以及影像攝影機



圖三十一、將監控自動化系統區隔成不同安全區域，對資通安全層層把關

4.2.7 IEC61850 Edition 2 簡介

2005 年標準制定完成的 IEC61850 Edition 1 (Communication Networks and Systems in Substations) 著重在變電所自動化，而 2010 年公佈的 Edition 2 則是擴充到電力自動化 (Communication Networks and Systems for Power Utility Automation)，以下列出兩者主要差異。

Edition 2 新增部分

- (1) 水力電廠的通訊與監控(7-410)
- (2) 分散式能源的通訊系統(7-420)
- (3) 變電所自動化系統的邏輯點(LN)模型函數(7-500)
- (4) 水力電廠邏輯點(LN)模型函數(7-510)
- (5) IEC61850 應用於變電所之間的通訊(90-1)
- (5) IEC61850 應用於變電所與控制中心之間的通訊(90-2)

Edition 2 修訂部分

- (1) IEC61850-6 SCL 的修改(修改最多)
 - 新增 IID 與 SED 文件，更明確與具彈性的定義
 - IID (Instantiated IED Description)
 - SED (System Exchange Description)

(2) IED 之間互相備援，更高的可靠性(8-1、9-2)

(3) 支援追蹤(Tracking)與紀錄(Logging)，安全性提昇
(7-3、7-4)

(4) 新資料物件模型，降低維護的複雜度與更簡易的測試(7-2)

伍、綜合感想與心得：

心得：

1. 自行研發風機控制器以取代現有風機控制器存在的風險高，除非原風機生產廠家願意提供詳細的設備性能特性資訊以及 know-how，否則即便是風機控制器開發者如 Beckhoff Automation 也不願輕易冒險。
2. 由於風機/風場 SCADA 通訊標準 IEC 61400-25 本身為 IEC 61850 標準的延伸，而 IEC 61850 標準 Edition 2 已經將分散型發電系統 (DG) 以及水力發電廠的自動化納入，因 IEC 61400-25/IEC 61850 標準的相關技術之研究與實作，應該是本所未來在監控自動化技術發展上非常重要的項目。
3. IEC 61850 已逐漸成為變電所數位通訊之標準，用以整合變電所內各項設備(變壓器、斷路器、IED 及自動化設備)，目前各大電力系統供應商亦致力發展相關應用，而各國電力公司亦有試行建置以 IEC61850 為標準之數位化變電所。

建議：

1. 基於維護與備品取得之考量，未來風機採購宜儘可能採用開放式控制架構。此外未來風機採購，規範的制定宜將 IEC 61400-25 標準納入考慮，以有利於未來風場監控的整合以及智慧型電網之推動。
2. 本公司目前尚無 IEC 61850 數位化變電所之建置及維運經驗，有必要投入人力與研發資源針對 IEC 61850 技術及應用深入研究，了解變電所及饋線自動化採 IEC 61850 之效益以及相關配套措施。
3. IEC61850 建構之化變電所，在歐洲已成為趨勢與主流，未來本公司對於大量使用乙太網路技術的可靠性、現場運轉維護人員的熟悉性(例如傳統 PT、CT 被 Merge Unit 取代)以及變電所全數位化之衝擊等，建議應訂定相關作業與實行細則規範，及早因應準備。
4. 由於歐債危機之緣故，歐元下跌，熱錢湧入瑞士避險，造成瑞士法郎大幅升值，且瑞士物價昂貴，建議應更動態檢討出差人員生活費，以符合實際現況。