

出國報告(出國類別：實習)

# 監控自動化與電子互感器 於變電所智慧化之應用研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：王永富 五等電機工程師

派赴國家：中國

出國期間：102年7月21日~102年7月27日

報告日期：102年8月23日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：監控自動化與電子互感器於變電所智慧化之應用研習		
出國人姓名	職稱	服務單位
王永富	電機工程專員	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）	
出國期間：102年7月21日至102年7月27日		報告繳交日期：102年8月26日
出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1. 依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2. 格式完整（本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」）
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3. 無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4. 內容充實完備
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5. 建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6. 送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. 送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. 退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（1）不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（2）以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（3）內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（4）抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（5）引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（6）電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（7）未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	（1）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"/>	<input type="checkbox"/>	（2）於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	（3）其他
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. 其他處理意見及方式：

報告人：研電  
102.8.22  
王永富 單位 主管  
研電  
102.8.23  
蒲冠志 主管處 主管  
研電  
102.8.23  
楊金石 主管  
研電  
102.8.23  
徐真明 總 經 理  
 副總經理：

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、審核作業應於報告提出後二個月內完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務報告資訊網為原則」。

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

監控自動化與電子互感器於變電所智慧化之應用研習

頁數 36 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司 人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

王永富/台灣電力公司 綜合研究所/五等電機工程師/02-80782308

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：102.07.21~102.07.27

出國地區：中國

報告日期：102.08.23

分類號/目

關鍵詞：IEC 61850、監控自動化、電子式互感器、變電所智慧化

內容摘要：

變電所的智慧化與監控自動化推動過程中，對於變電所內資料的蒐集、處理、傳輸以及硬體設備的互操作性以及可替代性，大多以 IEC 61850 標準為通信系統為基礎。而 IEC 61850 也將變電所分成站控層、間隔層以及過程層，其中以過程層的推動較為不易，因需整合各廠家的傳統式變比器、電子式互感器以及合併單元。而本公司目前在變電所智慧化以及監控自動化的推動缺少相關實際建置經驗，因此派職至中國研習與參訪，研習內容包括電子式電壓電流互感器的種類及應用、合併單元與電子式互感器的整合以及採用 IEC 61850 標準的變電所之運轉經驗技術，作為本公司未來建置以及整合智慧化變電所的參考借鏡。

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

## 目錄

壹、目的 .....	5
貳、出國過程 .....	6
一、行程 .....	6
二、過程 .....	6
參、IEC 61850 於變電所智慧化之應用 .....	9
一、IEC 61850 於變電所智慧化的演進 .....	9
二、IEC 61850 於變電所智慧化之通訊應用 .....	12
三、IEC 61850 標準資訊模型 .....	13
四、電子互感器 .....	19
五、合併單元 Merging Unit .....	25
肆、參訪內容 .....	30
一、新東北電器集團參訪 .....	30
二、上海 Alstom 參訪 .....	32
伍、心得與建議 .....	35
一、心得 .....	35
二、建議 .....	35

## 壹、目的

變電所智慧化部分，電子互感器(ECT 以及 EVT)佔有相當份量。而傳統變比器(CT 以及 VT)，因其材料特性，有體積較大且容易磁飽和等缺點，將影響到電力系統之穩定度以及可靠度。目前雖有已有電子互感器(ECT 以及 EVT)可克服傳統互感器之缺點，但使用之電力公司尚不普遍，僅所謂金磚四國：巴西、俄羅斯、印度以及中國有較多應用，且大部分皆為全新建立之自動化變電所。

為推動變電所智慧化，除上述電子互感器外，對於變電所之資料蒐集、處理以及傳輸則必須要有共同的通信協定標準，而 IEC 61850 則是基於通用網路平台變電站自動化系統的通訊協定標準。IEC 61850 作為製定電力系統的通信系統基礎，能大幅度改善信息技術和自動化技術的設備數據收集，並減少工程作業、現場驗收、運行、監視、診斷和維護等費用，節省大量時間，增加了自動化系統使用的靈活性。它解決了變電所自動化系統產品的互操作性和協議轉換問題。

電子互感器與所使用之通訊協定標準 IEC 61850 具正相關性，而本公司現今尚無使用電子互感器之經驗，未來若要務實推動智慧電網及相關自動化，需要了解監控自動化與電子互感器之發展趨勢以及相關應用於變電所之情況，而目前各電力設備廠家逐漸朝向 IEC 61850 之標準通訊規範以達到整合目標。藉此比較各電力設備商之電子互感器以及變電所自動化相關應用，俾利智慧電網之推動。

## 貳、出國過程

### 一、行程

本次出國實習前往中國大陸瀋陽以及上海進行「監控自動化與電子互感器於變電所智慧化之應用研習」，為期七天，相關任務地點與實習內容行程，其重點說明如表 1：

表 1、出國行程表

日期	地點	機構	主題
102.07.21	桃園>瀋陽		
102.07.22	瀋陽	新東北 電氣集團	126kV GIS 自動化標準與現狀、合併單元信號及相關模組應用以及組裝廠房參訪。
102.07.23   102.07.26	上海	Alstom	有源/無源電子式互感器以及合併單元相關應用及整合、蘇州通里高壓直流自動化變電所參訪、高壓設備實驗室參訪。
102.07.27	上海>桃園		

### 二、過程

藉由本次出國實習了解中國大陸目前在電子式互感器在變電所自動化實際應用情況，參訪成員包含台灣科技大學陳南鳴教授以及楊政和同學，7/22 首先參訪位於瀋陽的新東北電氣集團高壓開關有限公司，該公司可以追溯到1937年，為中國大陸電力輸變電行業的領先企業，目前專門生產高壓、超高壓、特高壓輸開關設備及其它相關機械設備。雖然參訪行程只有一天，但該公司的副董事長一

孫兆平先生、副總經理－孫濤先生、台北分公司孫世傑專員以及相關工程師也全程與我們交流以及參訪，介紹該公司目前在 GIS 自動化上對於電子式互感器、合併單元以及相關通訊監控的實際應用，另外也參訪了該公司 GIS 的一貫生產線以及高壓試驗實驗室。

7/22~7/26 參訪 Alstom 上海分公司，為自動化設備開發廠家，而該公司的總經理－佘雙慶先生也親自接待我們，參訪期間陳田軍博士介紹光學電子式電流互感器應用，針對以 IEC 61850 為架構的自動化變電所之過程層進行技術交流，另外也藉此次參訪前往蘇州的±800kV高壓直流變電所，以及高壓設備試驗實驗室。而目前於樹林所區內的開關廠也有委託 Alstom 建置無源電子式互感器。



圖 1、與新東北電器集團人員合影

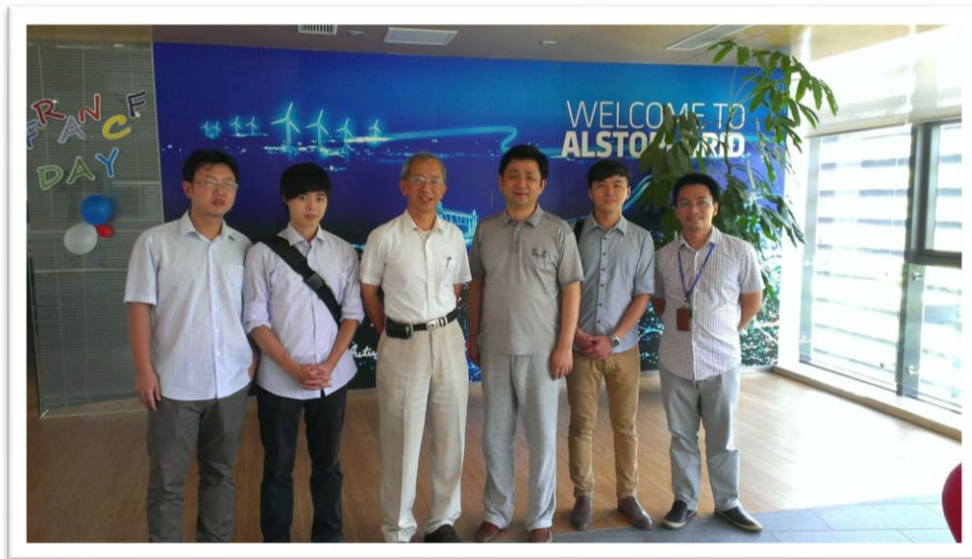


圖 2、與上海 Alstom 分公司人員合影



圖 3、於蘇州通里高壓直流變電所留影



## 參、IEC 61850 於變電所智慧化之應用

### 一、IEC 61850 於變電所智慧化的演進

為促使變電所自動化(Substation Automation System, SAS)以及智慧化的推動，各相關廠家也陸續發表因應變電所自動化的設備，可謂百家爭鳴，且相關廠家間之設備，其所使用的通訊規格並不相容，幾乎每個廠商都有自己的通訊標準，因此自動化設備在變電所的使用上可能會有壟斷的情況出現，或者是需要更多投資在通信協定的轉換上。而 IEC 61850 通訊協定的出現，代表著各廠家之間的自動化設備不僅可達到互操作性、可交換性以及資料共享的目標，也可簡化作業程序以及降低施工時程等優點。IEC 61850 是變電所內通訊網路以及系統的新標準，其核心的概念為：

- 從不同的一次設備以及變電所自動化功能中，建立一個物件模型描述的訊息。
- 在 IED 與自動化設備間建立一個特定的通訊規格。
- 使用一種組態語言以交換變電所工程以及變電所網路控制工程所使用的工程工具之間的組態訊息。

以 IEC 61850 為標準規範所建置的自動化變電所，依通訊可將變電所劃分為站控層(Station level)、間隔層(Bay level)以及過程層(Process level)。站控層部分包含站內監控人機介面、資料庫以及站對外通訊、警告以及訊息交換等功能；間隔層則設有保護、控制以及監測設備，如 IED；過程層除了傳統式變比

器與現場開關設備外，還有電子式互感器以及合併單元(Merging Unit, MU)。

由於數位電驛、IED 以及更新的通訊技術引進，傳統的實體通訊線路將會被以乙太網路為基礎的通訊架構所取代，如圖 4 以及圖 5 所示。同樣地，此架構概念可利用 IEC 61850 標準來因應新舊設備之間相容性。

若變電所中有建置電子式互感器，會以 IEC 61850 為基礎，再經由串列點對點(Serial Peer to Peer)的方式將訊號傳輸給保護電驛，如圖 6 所示。

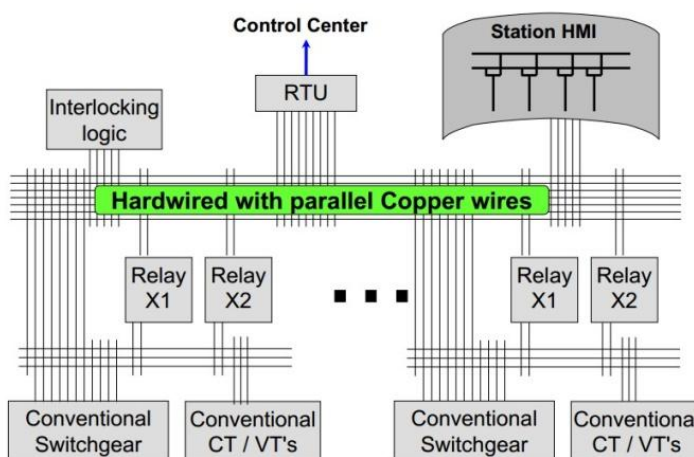


圖 4、傳統變電所通訊線路配置

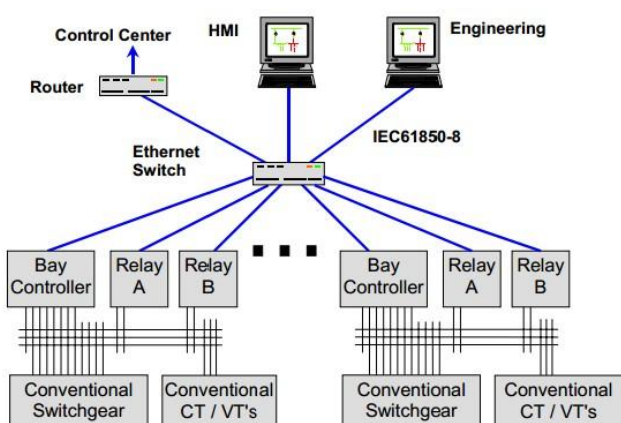


圖 5

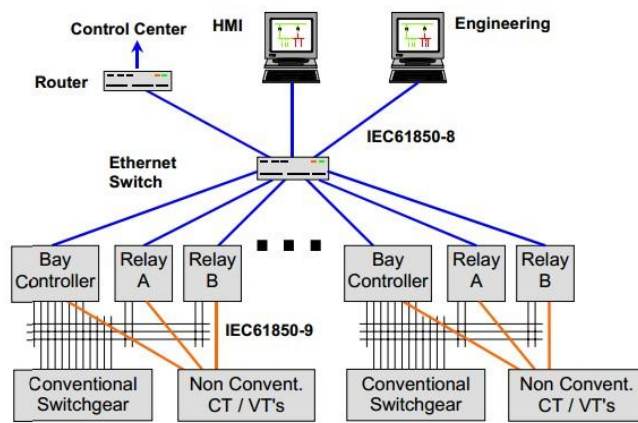


圖 6

接下來會於開關上建置具有通訊界面的驅動設備，進而減少了間隔層與過程層之間的銅線電纜，並且簡化了變電所通訊拓樸架構，如圖 7 所示。

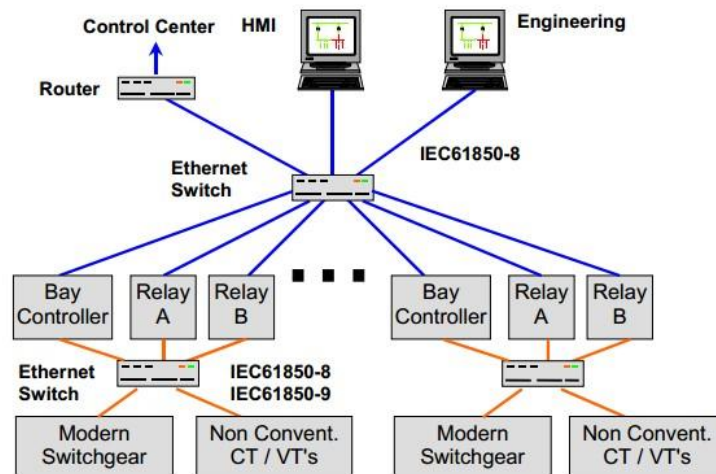


圖 7

由於站控層、間隔層以及過程層是以 IEC 61850 的通訊協定標準，未來變電所站內的資料傳輸將形成以較緊密的資料存取模式，如圖 8 所示。

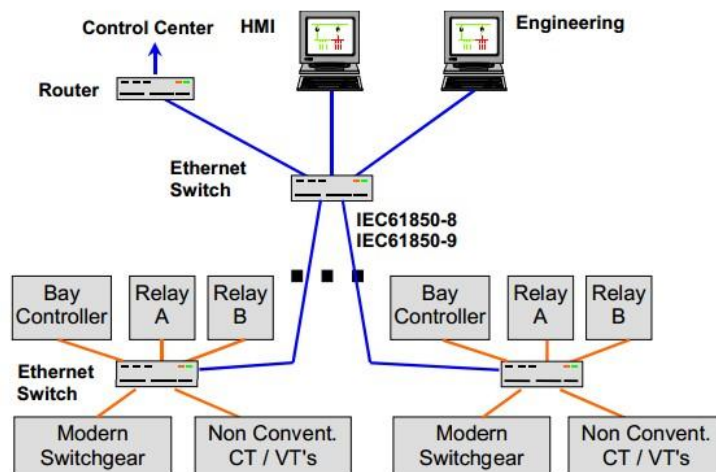


圖 8

由圖 4 至圖 8 可明顯看出，在變電所自動化推動的過程中，以過程層較為複雜，畢竟各廠家間設備的通訊監控部分需要有十足的相容性，因此合併單元在出場測試驗證時，則必須要有一套嚴謹的試驗標準。

## 二、IEC 61850 於變電所智慧化之通訊應用

IEC 61850 是以乙太網路為通信架構，並具備兩種通訊型式，一為 Client/Server 通訊模式，應用在站控層與間隔層之間的監控資料雙向通訊；而另一種為點對點通訊，主要應用於間隔層中 IED 之間以 GOOSE 傳遞的訊息，以及過程層設備的取樣數據資訊交換，而傳統 IED 間硬體線路的通訊模式以 GOOSE 高速點對點資訊交換方式取代，且所有邏輯運算皆於 IED 內部進行，不需要經過 SCADA 來發送命令執行功能；而取樣值為 IEC 61850 中定義過程層上的資料之通訊服務對應，其為變電所現場 CT/PT 與開關場 I/O 相關電氣訊號與狀態之類比量，透過合併單元將數位化後的取樣值，藉此傳遞各種資料至間隔層以及站控層設備，如圖 9 所示。

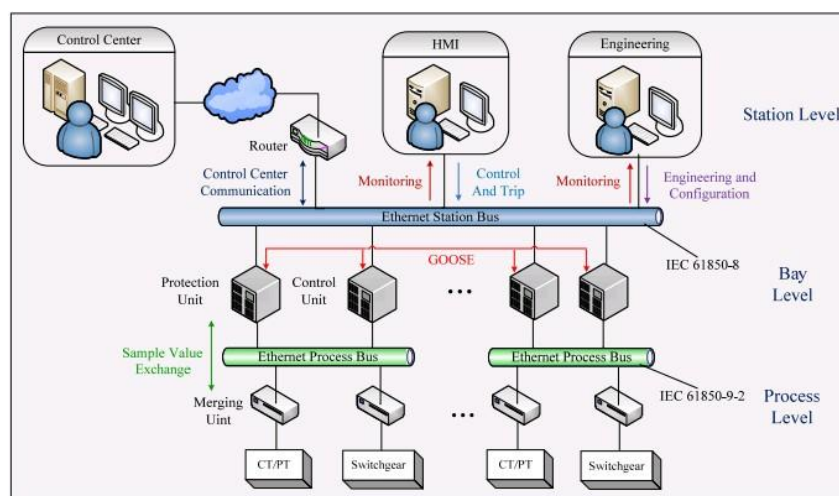


圖 9、IEC 61850 於變電所智慧化應用之架構[資料來源:IEC61850-5]

變電所以 IEC 61850 標準為架構所帶來的效益如下：

- 通訊協定標準化。
- 節省線路成本以及提高通訊傳輸效率。
- 提升設備之數據資料互交換性以及可操作性。
- IED 智慧功能提升。
- 維護簡單。
- 提高系統整合度。
- 擴充性佳。

## 一、 IEC 61850 標準資訊模型

圖 10 為變電所自動化資訊模型架構，其訊息交換機制依賴於定義完整的資訊模型，並建立實體設備的通用訊息，而這些資訊模型以及建模方式則為 IEC 61850 標準的核心。

IEC 61850 的目標是設計一個可提供變電所內執行互通性功能，以及滿足不同設備商之監護操作性的通訊系統架構。為了達到此目標，利用該標準，清楚的將實體的物理設備以及虛擬的邏輯設備區隔，其四個基本組成架構為：邏輯節點 (Logical Node, LN)、邏輯連結(Logical connections)、功能類別(Functions) 以及物理實體設備 (Physical devices)。

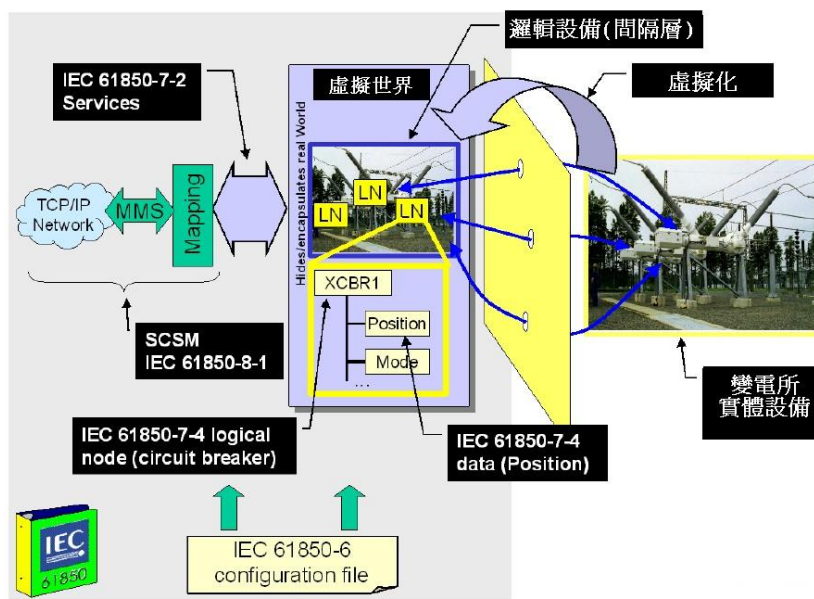


圖 10、變電所自動化資訊模型架構[資料來源: IEC 61850-7-1]

## 邏輯節點與邏輯連結

邏輯節點表示電力系統上使用的功能類別或是儀器設備，每一個邏輯節點提供了一個完整的組成以及命名的信息列表。變電所的功能可分為多個邏輯節點，每個邏輯節點可以需求選擇資料物件(Object)，而每個資料物件再依照所描述的名稱、位置、資料數值(Data Object)以及屬性(Attribute)進行分類。邏輯設備(Logical device, LD)即為邏輯節點的集合，通常依照邏輯節點的功能來區分邏輯設備，一般來說邏輯設備即為 IED。

邏輯節點可看成一種具備專門交換資料功能的接受容器，邏輯節點的名稱則是接收容器的標籤，以便於辨認資料歸屬。然而有部分屬於 IED 本身，但不屬於任何功能類別，例如銘牌資訊或是設備自我檢視結果的傳輸資料，該物理設備的邏輯節點名稱為 LPHD。而邏輯節點間的資訊交換以及整合後合併到功能類別中

的部分是利用各種邏輯連接來達成，邏輯連接架構如圖 11 所示。邏輯節點分配給功能類別 F 以及物理設備 PD，邏輯節點間藉由邏輯連結進行連結，而相關物理設備則需透過物理連結(Physical Connections, PC)。任何邏輯節點都是物理設備的一部分；任何邏輯連結都是物理連結的一部分；而所有屬於邏輯設備中的邏輯節點共同資料則稱為 LLN0。

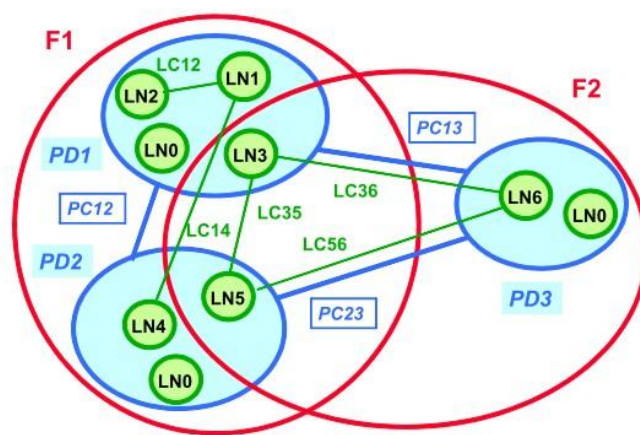


圖 11、邏輯連結架構[資料來源:IEC 61850-5]

大部分的邏輯節點所提供的資訊可歸類成圖 12 所示，一個邏輯節點的語意表示了數據資料以及數據資料屬性，邏輯節點可以提供最多 30 個數據資料，而這些數據資料包含了超過 20 個數據資料屬性，而邏輯節點可能包含超過 100 個的個別訊息點。

因為這些數據資料有各自的屬性，針對實際設備與其功能相關資訊對應到虛擬的資料與通訊服務模型，而這些數據的屬性亦代表了系統的訊息，且須經由特定服務介面進行交換的動作，此服務稱為抽象通信服務界面 (Abstract Communication Service Interface, ACSI)。

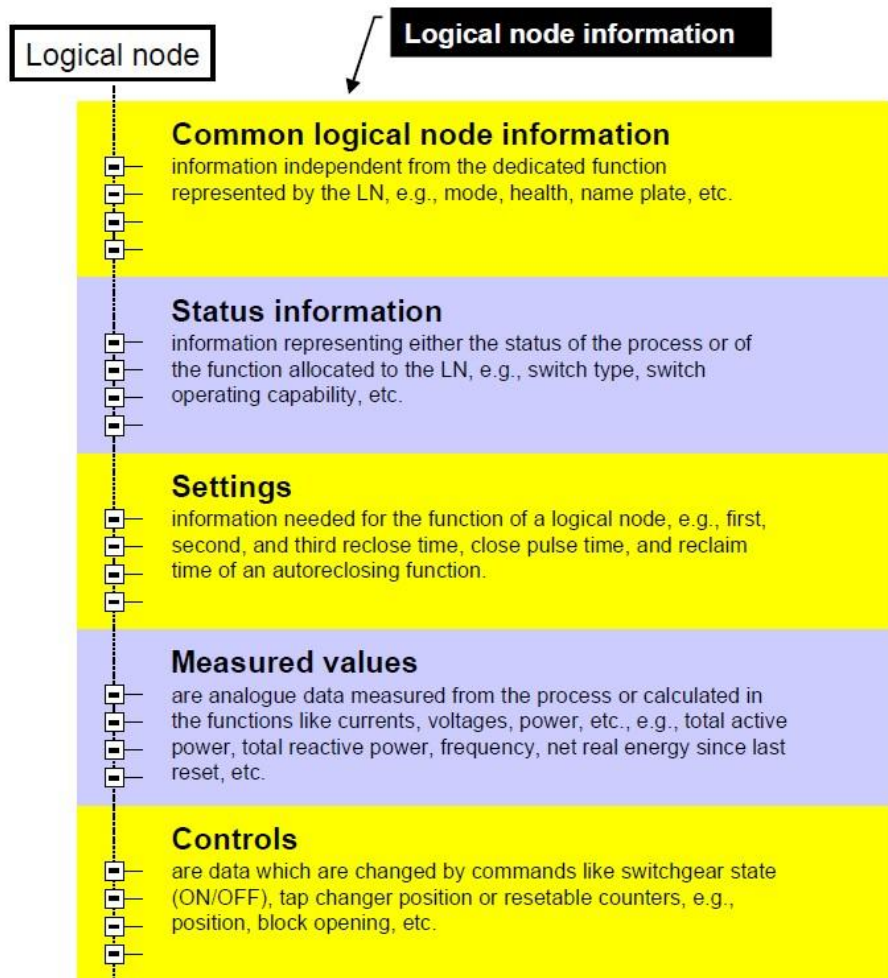


圖 12、邏輯節點資訊模型[資料來源:IEC 61850-7-1]

## 邏輯節點資訊模型應用

表 2 列出了 IEC61850-7-4 中所定義的邏輯節點群組，約有上百個被定義的邏輯節點涵蓋了變電所以及饋線設備的應用。因為保護設備高度衝擊的安全性以及電力系統運轉可靠度，所以保護以及其相關應用的資訊模型定義是相當重要的，所涵蓋的應用包括許多功能，例如監視、測量以及控制等。



表 2、邏輯節點群組[資料來源:IEC 61850-7-1]

邏輯節點群組名稱	定義
Automatic control, A	自動控制
Supervisory Control, C	監視控制
DER (Distributed Energy Resources),D	分散式電源
Functional blocks, F	功能性方塊
Generic references, G	通用參考功能
Hydro power, H	水力機組
Interfacing and archiving, I	介面及架構
Mechanical and non-electrical primary Equipment, K	機械以及非電氣一次設備
System logical nodes, L	系統邏輯節點
Metering and measurement, M	表計及量測
Protection functions, P	保護功能
Power quality events detection related, Q	電力品質相關
Protection related functions, R	保護相關功能
Sensors and monitoring, S	感測器及監測
Instrument transformer, T	設備變比器
Wind power, W	風力機組
Switchgear, X	開關設備
Power transformer, Y	電力變壓器
Further power system equipment, Z	預留未來電力設備

## 邏輯節點的分配以及使用

可隨意分配的變電所功能種類或邏輯節點並不會受到變電所分層架構的限制，以下為站控層、間隔層以及過程層的邏輯節點應用說明：

### 站控層

站控層中的邏輯節點，不但有人機介面(IHMI)部分，且還包含了所以其他功能，例如全站互鎖(CILO)、警報、事件處理(CALH)以及全站電壓控制(ATCC)等。

較常見的邏輯節點字首為 I、A 以及 C。

## 間隔層

間隔層中的邏輯節點代表了系統中的控制、保護以及自動化功能，而為了結合控制以及保護設備，保護功能的邏輯節點與控制功能的邏輯節點將會一起使用在該層級中。由於現階段過程層尚未相當普遍，所以目前間隔層以及過程層的邏輯節點會使用在單一物理設備中。例如 XCBR 表示輸入/輸出卡片的功能性，CSWI 表示控制處理器的功能性。較常見的邏輯節點字首為 P、C、X 以及 A。

## 過程層

該層中的邏輯節點表示電力系統的一次設備，也會包含部分簡單的檢視以及閉鎖功能，較常見的邏輯節點字首為 X、Y 以及 Z。

## 通用邏輯節點的使用

通用邏輯節點是提供非標準化邏輯節點的功能資料數據，而通用邏輯節點不得取代邏輯節點使用，因為會增加互操作性的難度。圖 13 為系統邏輯節點在不同層級應用，其包含了通用自動化功能、斷路器控制功能以及電壓控制功能。

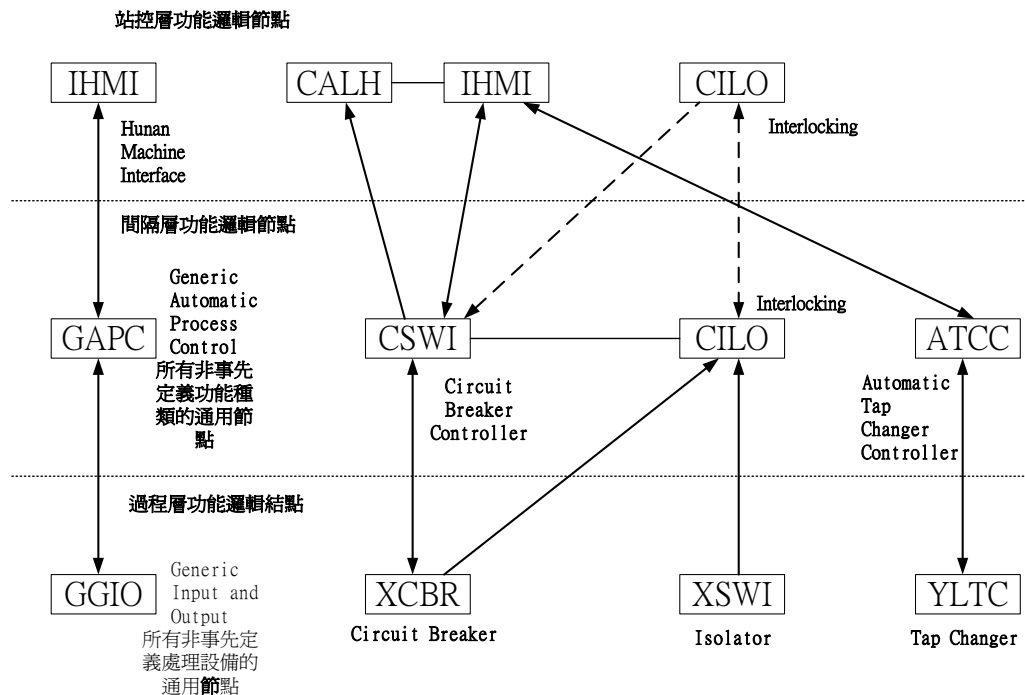


圖 13、邏輯節點應用[資料來源:IEC 61850-5]

#### 四、電子互感器

電子式互感器與傳統電磁感應式互感器相比，電子式互感器具有以下優點：

高、低壓側完全隔離，絕緣性能佳；不含鐵芯，能夠解決磁飽和及鐵磁諧振等問題；動態範圍廣，頻率範圍寬，測量解析度高；無低壓側無開路和短路危險；互感器無油可以避免火災和爆炸等危險，體積小，重量輕。若在高壓側需要電源則為有源式電子互感器；而在高壓側不需要電源則為無源式電子互感器。依原理可分類如圖 14 所示。

#### 有源式電子互感器

一般來說，較常見的有源式電子互感器如以法拉第電磁感應原理的電子式電流互感器、電容分壓型電子式電壓互感器以及電阻分壓型電子式電壓互感器。

法拉第電磁感應原理的電子式電流互感器可分兩種，一為鐵心線圈低功率電流互感器(Low Power Current Transformer, LPCT)，具備高導磁材料以及微量電壓信號輸出，可減輕傳統電磁式互感器的磁飽和現象，其原理架構如圖 15 所示。另一種為 Rogowski 線圈型電流互感器，利用非磁性材料的空心線圈取代鐵心線圈，徹底解決了磁飽和的問題，其原理架構如圖 16 所示。

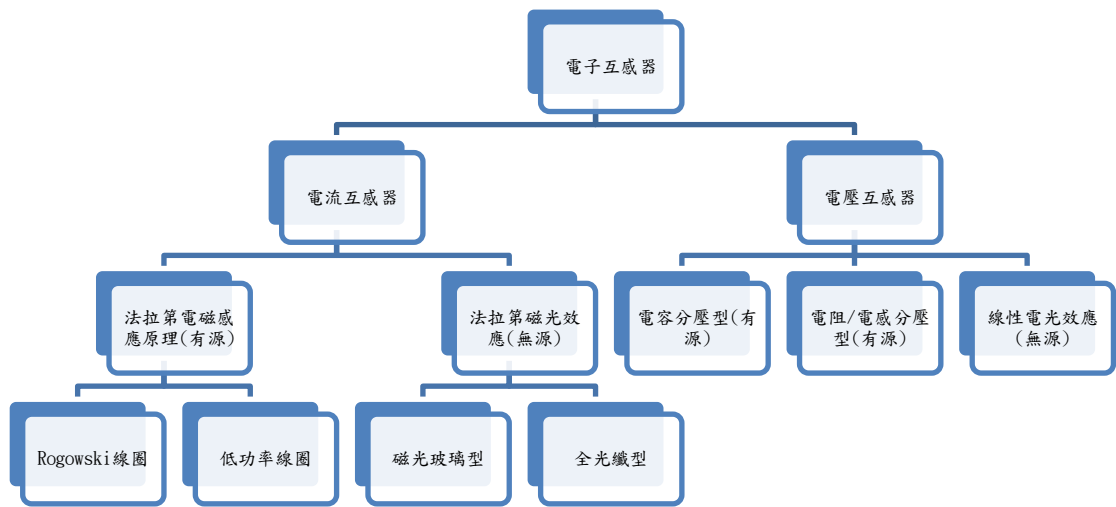


圖 14、電子互感器分類

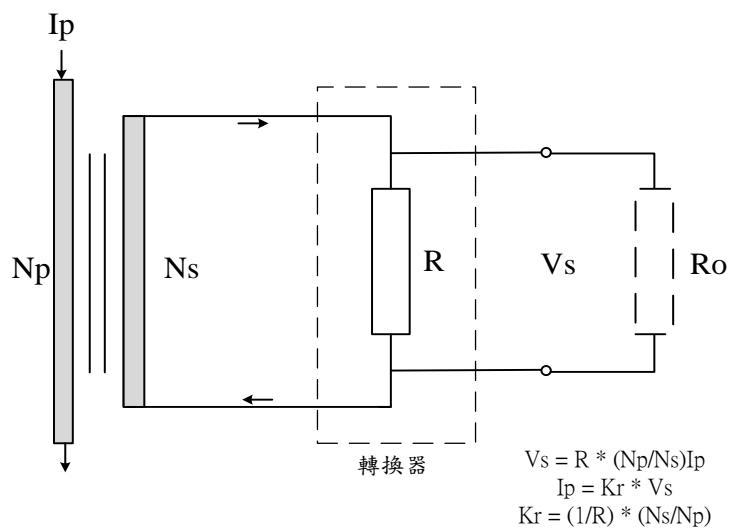


圖 15、鐵心線圈低功率電流互感器架構

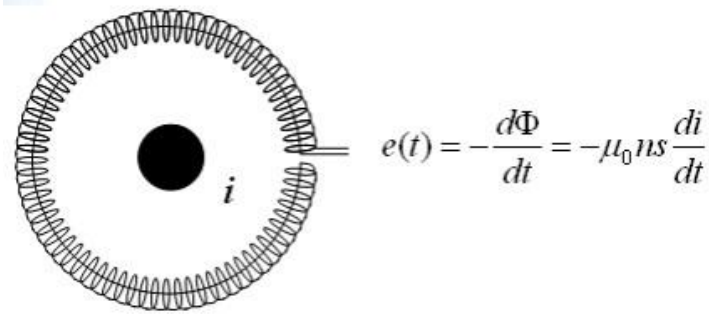


圖 16、Rogowski 線圈型電流互感器架構

Rogowski 線圈型電子式電流互感器較常見的安裝方式為獨立支撐型以及 GIS 應用型；獨立支撐型電子式電流互感器，利用低功率線圈以及 Rogowski 線圈於高壓側進行取樣，經過 A/D 轉換器轉換為數位信號，再藉由光電轉換經由光纖而傳送到合併單元。GIS 應用型部分，高壓側信號處理以及光電轉換部分均可在 GIS 外殼完成，結構更為簡單可靠。

電子式電壓互感器目前最主要的感應方式為電容分壓以及電阻/電感分壓，電容分壓模式就為常見其原理如圖所示，為增加高電壓測量的解析度以及改善暫態特性，於電容分壓的出口端並接一精密電阻，而利用電壓互感器的輸出訊號進行積分即可求得量測電壓  $V_i$ ，其原理架構如圖 17 所示。

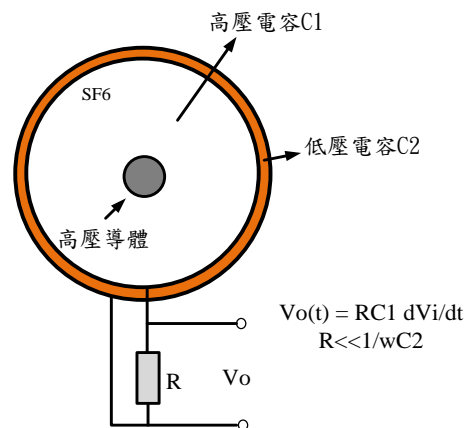


圖 17、電子式電壓互感器架構

## 有源式電子互感器目前存在之問題

### 測量頻率

傳統式電流互感器相比，雖然 LPCT 可以減少磁飽和現象，Rogowski 線圈甚至完全解決了磁飽和問題，但由於有源電子式電流互感器是基於法拉第電磁感應原理感應電流變化，因此仍然存在測量頻率問題，頻率過低的電流分量測量不準確，不具備測量非週期分量的能力，更不能測量直流電流。利用電容分壓的電子式電壓互感器存在暫態測量的時間延遲問題；而電阻/電感分壓的電子式電壓互感器也有測量頻率問題。

### 電子電路電源供應

於高壓側需要完成信號轉換以及光電轉換，故高壓側的電子電路的電源供應即為有源式電子互感器的關鍵部分。較常見的高壓側電源供應有兩種，分別為由匯流排母線供應以及光源驅動。匯流排母線電源供應的缺點為當母線電源失效時，有源式電子互感器也會停止運作；光源驅動採用雷射光或其他光源從地面低電位側通過光纖將光能量傳送至高電位側，能夠穩定供給電源，缺點是光電轉換技術尚未成熟。

### 運轉維護

電子式電壓互感器存在鐵磁諧振引發的設備故障具潛在不利因素。而從絕緣角度看，無論是電磁感應方式還是電容分壓方式，測量的都是匯流排母線對地的電壓，因此無法明顯地改變絕緣結構和大幅度降低絕緣成本。獨立支撐式的電子

式電流互感器，高壓側取樣設備若故障需要較長時間停電更換，信號取樣設備也有電磁干擾以及壽命問題。

## 無源式電子互感器

無源電子式電流互感器一般稱為光學電子式電流互感器(Optical Current Transformer, OCT)主要是利用法拉第磁光效應進行開發，法拉第磁光效應是利用 LED 所發出的光源，經由偏光器會有一線性偏振光，線性偏振光通過置放在磁場中的法拉第材料後，偏振光受到磁場的作用，其偏振面即產生旋轉作用，線性偏振光旋轉角度  $\theta$  與量測電流  $I$  成比例關係，由公式  $\theta = \oint V H d l = V I$  ( $V$ :Verdet 常數;  $l$ :光通過之路徑;  $H$ :量測電流在光纖環路上產生的磁場強度;  $i$ :導體流過的交流電流) 可知，旋轉角  $\theta$  與量測電流  $I$  成正比，將旋轉角  $\theta$  的變化，轉換為光線的變化，再經由光電轉換以及信號處理即可求得電流  $I$ 。光學電子式電流互感器較常見的有磁光玻璃型電流互感器，其原理如圖 18 所示，以及全光纖式電流互感器，其原理如圖 19 所示。

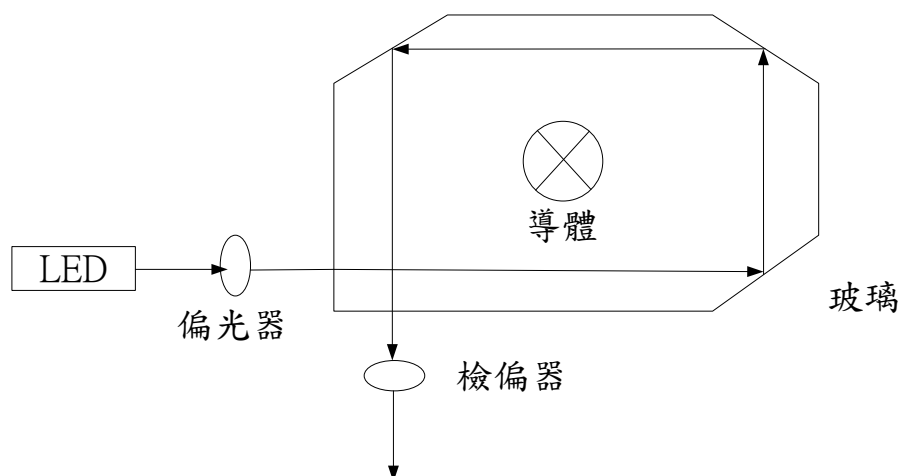


圖 18、光玻璃型電流互感器架構

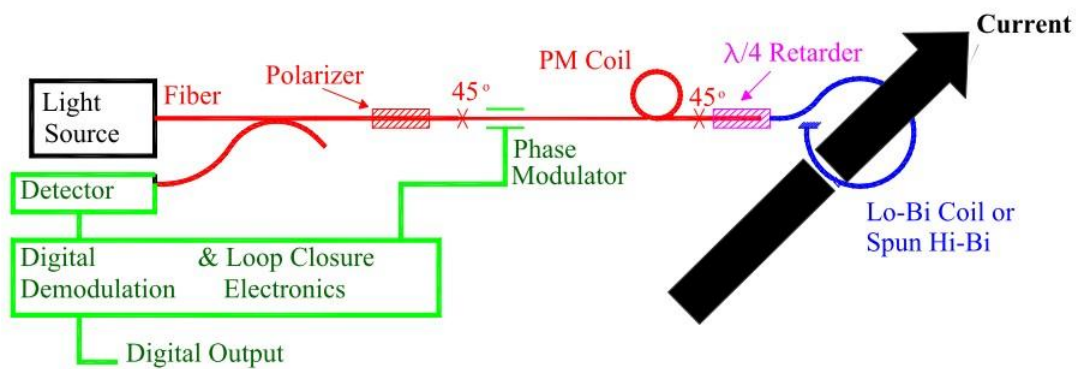


圖 19、全光纖式電流互感器架構

無源電子式電壓互感器(Optical Voltage Transformer, OVT)則是利用線性電光效應(普克爾效應)開發，係利用某些透明之光學介質在外部電場作用下，其折射率會隨外加電場而呈現線性變化，其原理如圖 20 所示；具有測量品質優良，運轉安全，但運轉可靠度仍受到質疑，光學電子互感器使用光纖傳輸，而光纖傳輸方式用於電流互感器可以大幅度簡化絕緣結構和降低製造成本，用於電壓互感器卻達不到此種效果，另外，電力系統電流互感器的數量遠多於電壓互感器，市場規模更大。

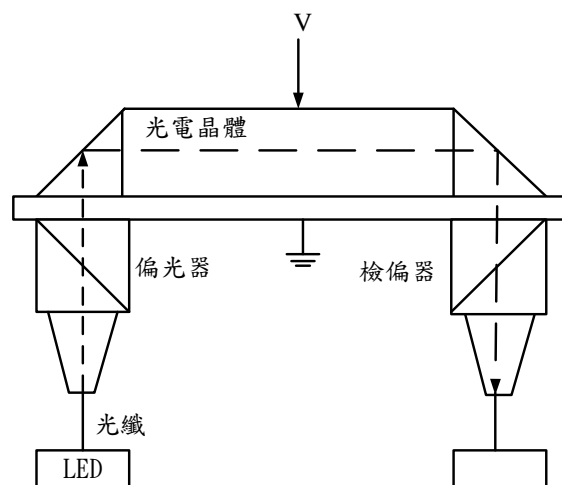


圖 20、無源電子式電壓互感器架構



與有源式電子互感器比較，因為是利用光學元件構成，一次側不含有電子電路及供應電源，並且利用光纖傳送數位信號，且並無測量頻率問題，但目前較不普及的原因主要有兩個，一是量測精密度會受到環境影響，二是仍存在長期運轉可靠度問題。

另外，Alstom 所推廣的全光纖電子式電流互感器具備下列優點：

- 測量範圍廣，可包括 10mA~ 63 kA。
- 一套全光纖電子互感器同時測量直流、交流及高次諧波；精確度高、低失真的電流測量有利於提高系統的整體診斷功能。
- 同一路全光纖電子 CT 數據輸出通道同時滿足測量、保護、控制、計量、諧波分析。
- 採樣頻率：每周波 3300 取樣點可提供直流到超過 100 次諧波的範圍。
- 暫態特性優異，取樣及傳輸延遲極低，低於 50us；響應時間≤100us。
- 截止頻率小。

## 五、合併單元 Merging Unit

合併單元 (Merging Unit, MU) 主要的功能是同時取樣三相電壓以及電流信號並且彙整，再依照規範格式輸出至二次設備，其架構如圖 21 所示。傳統變比器、電子互感器與數位保護裝置、一次設備等數據與二次設備的連接主要由合併單元來實現，為變電所自動化推動的基礎之一，合併單元的輸入為電子式互感器的數位訊號值、傳統變比器的類比訊號值以及一次設備的開關訊號，匯入處理

後的數位合併數據再經由光纖輸出至間隔層的 IED 設備。圖 21 為合併單元概念

圖，典型輸入通道數量為 12 個。

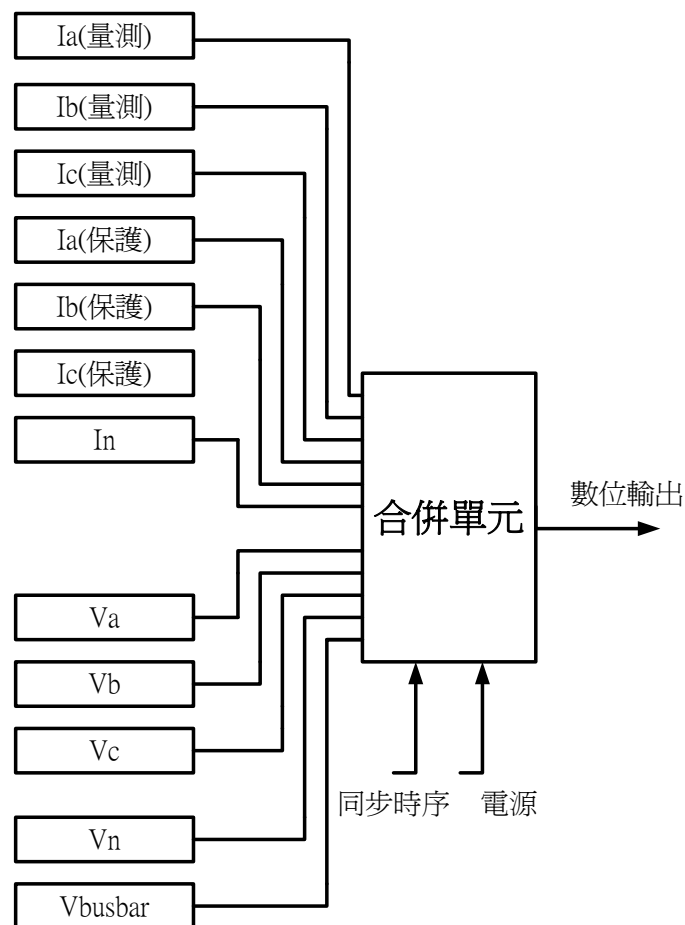


圖 21、合併單元典型概念圖

合併單元必須具備多工處理、高可靠度、即時性之特性，以及抗干擾能力，

以滿足在環境較惡劣的過程層下運作；而合併單元包含以下三種功能模組：

- 同步模組

時間同步系統是自動化變電所建置中的重要關鍵之一。合併單元同步功能

為實現電流以及電壓的取樣同步，它包括：接收以及校正同步信號、發送

同步信號至取樣設備以及同步信號異常處理。

- 接收訊號數據處理模組

接收數據模組主要是接收各通道的數據信號以及校正，以及針對各通道之數據信號進行排序。

- 數據訊號輸出模組

各數據接收完成後，根據 IEC 60044-8 以及 IEC 61850-9 規範進行輸出，通常可以看到發送端僅有一個，而接收端不只一個，且輸出僅為單一方

向。

## 合併單元時間同步

時間同步是實現合併單元功能的要素之一，合併單元需接收多個電子式互感器或傳統變比器的數據訊號，若各互感器間的訊號不同步，則可能會使保護電驛誤動作，故必須考慮各接受訊後的取樣同步問題，規範 IEC 61850-9-2 有提出以 IEEE 1588 參考標準，將取樣數據直接傳送至合併單元，但因技術門檻較高以及工程困難，目前以中國大陸地區而言，取樣數據同步的方法主要有 2 種。

- 全球定位系統(GPS)脈衝信號：即全站及相鄰站採用同一 GPS 每秒脈衝信號，以 GPS 每秒脈衝信號來調整所有自動化模組的取樣時間，經合併單元匯總後，自動實現各類比訊號量的同步取樣，這種方法的同步效果取決於 GPS 每秒脈衝的精度及完整性。
- 採用插值法：各測量環節 A/D 進行非同步取樣，而在合併單元中用插值法計算各路電流電壓量在同一時刻的取樣值，它不依賴於 GPS 信號而完成取樣數據的同步，較前一種方法有更高的可靠性。在實際工程中可同時使用

上述 2 種方法，即當有 GPS 每秒脈衝信號且完整時，可達到很高的同步精度，誤差在 ns 級；當 GPS 每秒脈衝遺漏時，同步精度略低，誤差在  $\mu s$  級，仍可滿足保護和計量的精確度要求。

合併單元數位輸出有兩種技術方案：一種是 IEC60044-8，採用點對點連接，使用 IEC60870-5-1 規定的 FT3 數據格式傳輸，傳輸速度為 2.5Mbps 或 10Mbps；另外一種是採用 IEC61850-9 描述的乙太網路方式，傳輸速度為 10Mbps 或 100Mbps，按照 ISO/IEC8802.3 協定進行數據封包，並通過 TCP/IP 協定實現數據傳輸。對於即時性要求較高的數據訊號可採用點對點方式傳輸，相反地，對於即時性要求較不高的數據訊號可採用乙太網路方式傳輸。所以在應用上需優先考慮以上兩種通信規範，亦即合併單元需要有兩種輸出通道，如圖 22 所示。

#### Hardware Design : rear panel

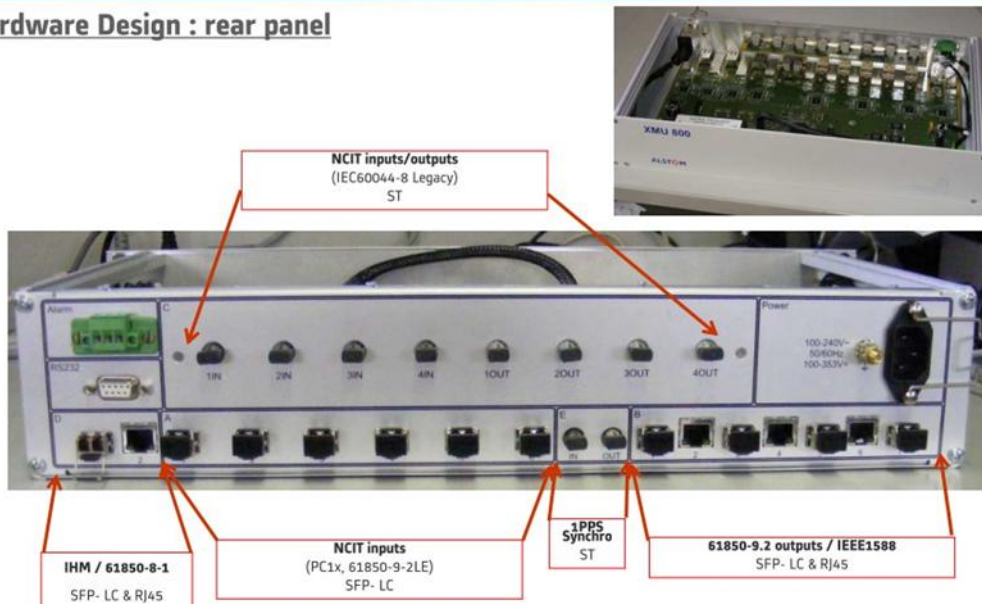


圖 22、合併單元輸出通道

IEC 61850 標準對合併單元的取樣值傳輸服務功能又分為兩種，即 IEC 61850-9-1 和 IEC61850-9-2。前者以 IEC60044-7/8 為基礎，而後者除

“SendMSVMessage” 服務外又增加較多內容且對通信網絡要求更高。相較之下，IEC 61850-9-2 在某種程度上代表了技術發展的趨勢，其採用以太網路傳輸方式，能實現取樣值數據的自由配置和共享，但合併單元與保護裝置之間的數據匹配過程複雜，網路頻寬需求較大，具有一定的實現難度。

另外，雖然 IEC 標準明確了合併單元的數據輸出格式，但沒有明確規定電子式互感器與合併單元的介面。因此，如果合併單元由變電所自動化製造商提供，由於互感器廠家的取樣設備一般採用私有契約，即存在電子式互感器與合併單元介面問題；如果合併單元由電子式互感器製造商提供，介面標準的問題就不存在。目前的在中國的智慧化變電所中，合併單元主要還是由電子式互感器廠家提供。

## 肆、參訪內容

### 一、新東北電器集團參訪

該公司目前有開發 126kV 之自動化 GIS，且有特定合作廠家建置間隔層以及過程層相關設備，當天針對變電所自動化相關交流議題如下：

- 目前 ECT/EVT 技術已使用及開發中的產品規格、種類：  
  
電子式互感器按結構分為 AIS(敞開式變電站用)和 GIS 式，目前有源 ECT、有源 EVT 以及無源 ECT 產品涵蓋 10kV-750kV 等級，在 66kV、110kV、220kV、330kV 等級變電站有廣泛應用。無源 EVT 產品有少量運行，目前仍處於研製階段。
- 目前 ECT/EVT 技術已使用在哪些電壓等級的自動化變電所：  
  
在 66kV、110kV、220kV、330kV 有較廣泛應用，500kV 有少量應用。
- ECT/EVT 使用前需要瞭解的安裝問題、測試項目、測試方法，包含裝設位置及應用：  
  
AIS 結構 ECT/EVT 為獨立式安裝，GIS 結構 ECT/EVT 為安裝須與 GIS 開關廠配合。測試分為型式試驗、例行試驗、特殊試驗，具體項目和方法仍參照國家電網標準。
- ECT/EVT 使用後的運轉維護方式、使用壽命、維修方式、維修時測量及檢查的重點：  
  
建議 2 年後進行工作頻率耐壓、誤差等預防性試驗。使用壽命≥40 年，具體

維修方式依情況而定。

- 電子式互感器及合併單元的通信頻寬需求，以及過程層與IED的傳輸通信形式，傳送的時間延時、取樣率及誤差率：

ECT/EVT 與合併單元、合併單元與其他 IED 均通過光纖傳輸數位信號，合併單元以 IEC61850-9-2 為基礎，發送延遲時間為 1ms，取樣率 4kHz。

- 合併單元的使用規格及變電站實際運行案例，是否依變電站不同可靠度的要求而裝設不同類型或數量的電子式互感器及合併單元：

MU 類型根據 ECT/EVT 結構選擇，數量取決於保護電驛和互感器內是否雙套配置，比如一般 220kV 間隔、110kV 主變間隔等雙套配置。而合併單元會依傳統變比器以及電子式互感器而有所分別。

- MU 與 EVT/ECT 連接上防止信號干擾的方法：

利用屏蔽方式改善。

- 已使用的有源/無源 ECT/EVT 的實際安全及數量：

南瑞公司之各類有源/無源 ECT/EVT 在現場安全運轉約 2000 多套。

- 安裝 ECT/EVT 需要考慮的環境因素：

考慮環境溫度、濕度、日照輻射、風速、髒污等級等，電子式互感器具有很好的環境適應能力，一般均能適應。

- ECT/EVT 的型式試驗依據：

試驗依據 IEC 60044-8。南瑞公司各類型及各電壓等級 ECT/EVT 均在西安高

壓電器研究院或武漢高壓研究所通過型式試驗。



圖 23、控制機櫃盤面

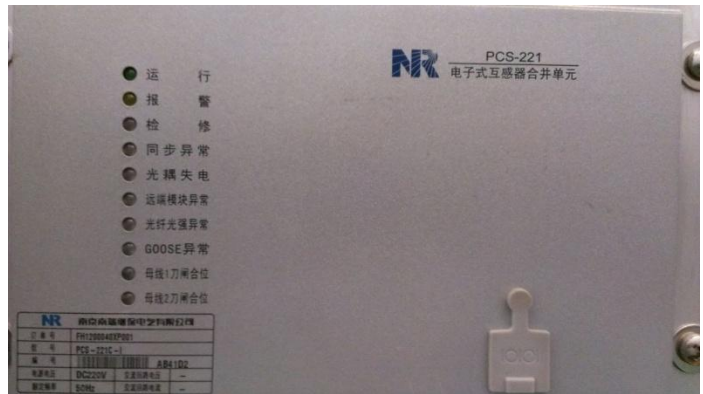


圖 24、電子式互感器合併單元



圖 25、電子式互感器

## 二、上海 Alstom 參訪

Alstom 對於自動化變電所的承包為一貫性的，包含量測、數據轉換、保護、監測以及控制部分，能為客戶進行變電所客製化建置，並且依照 IEC 61850 規範進行設計，而若有客戶要求需要不同廠家的設備應用，該公司也能夠進行相關測試後再進行建置，以達到互操作性的目標。電子式互感器部分，電流互感器以及電壓互感器都有進行開發，其中以純光纖電子式電流互感器(OCT)的聲譽較佳，且目前大都應用於 110kV 以上之變電所，也有應用在大陸蘇州高壓直流變電站中。



合併單元在使用上，會依照是否為傳統式變比器而對應使用的合併單元。其對於過程層實體架構如圖 26-1 及圖 26-2 所示。

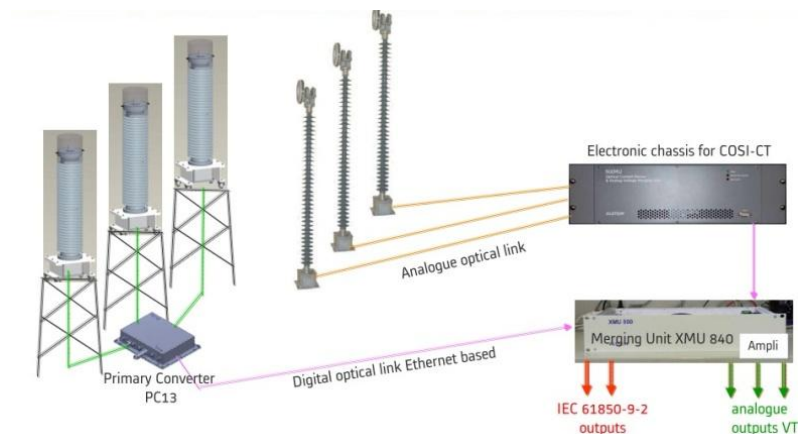


圖 26-1、過程層實體架構配置

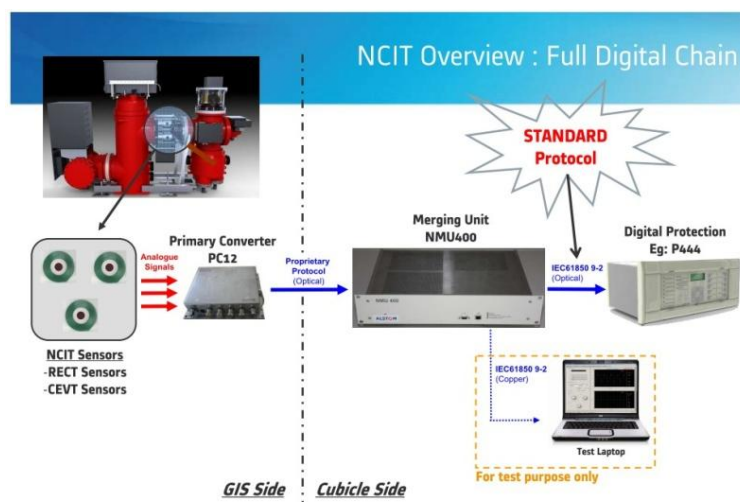


圖 26-2、過程層實體架構配置

設備備援部分，除電子式互感器外，A/D 轉換器、合併單元，以及網路交換機等都必須要有備援，以防止其中一項設備故障而造成保護電驛誤動作的情況發生，如圖 27 所示。

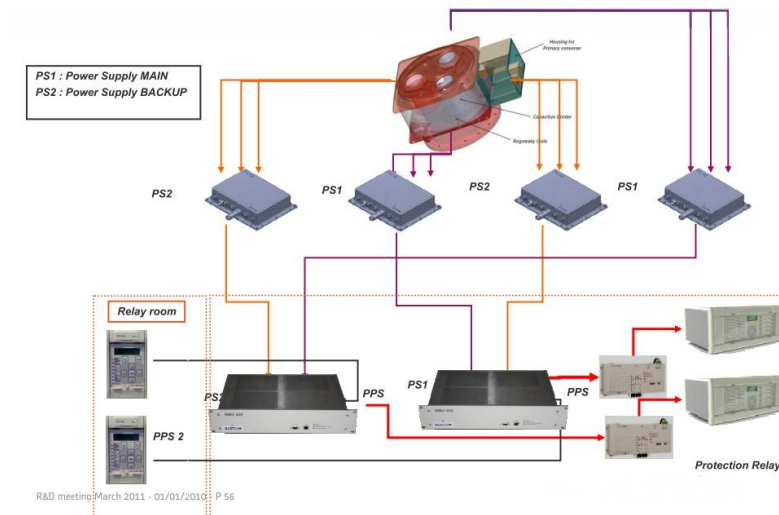


圖 27、過程層設備備援架構

實際應用部分，經由參訪得知於中國大陸國家電網於山東有設立一試驗型變電所，主要用意是將各廠家的變電所自動化設備進行實際試驗以判斷是否相容以及符合規範，因中國大陸目前自動化變電所仍是由單一廠家承包居多，並無法完全瞭解其相容性。於蘇州高壓直流變電站參訪中，該站的控制室，皆以 LCD 螢幕顯示目前運轉狀態，不若本公司大多以控制盤面顯示，且詢問對於自動化設備於運轉上是否有遇到技術性困難，該值班人員說明因至今只有運轉三年經驗，並無遇到太大問題。

## 伍、心得與建議

### 一、心得

- (1) 雖然目前有 IEC 61850 規範要求相關應用，但中國大陸的國家電網有設立相關國家級測試實驗室，要求國內外各廠家設備必須通過相容性測試後才能實際應用在電網上，且針對 IEC 61850 規範再進行部分修正以及更詳細的定義，實際建置部分也有一套工程標準程序，並依照電壓等級分門別類。而此次僅參訪相關設備應用商，並無法了解設備詳細測試以及校驗過程。
- (2) 中國大陸雖建置較多自動化變電所且也有實際運轉中，不過變電所內設備大多使用承包商自家產品，是否能達到相容性其實仍有待評估。
- (3) 合併單元典型之訊號輸入通道為 12 個，但也有 32 個信號輸入通道的合併單元，經詢問後表示，其通道數量可進行客製化。

### 二、建議

- (1) 電子互感器所使用的通訊規範與 IEC61850 相關，而目前 IEC 61850 規範仍未定義完全，但中國大陸地區已積極投入相當人力進行研究。且本公司目前變電所架構要汰舊換新，所花費的工程以及成本相當大，建議可先培養相關人員，以即時因應未來技術變化。
- (2) 若本公司欲建立相關自動化變電所，建議可先從示範型變電所進行評估，因為相關文獻眾多，並無法單從文獻而了解其中內涵。

- (3) 建立標準試驗實驗室，不僅可了解各廠家電子互感器特性，也可建立公司自有的標準作業流程。
- (4) IEC 61850 標準與通用資料模型(Common Information Model, CIM)有相關性，但通用資料模型是屬於較上層部分，本公司目前已有投入相關計畫，未來若要建立 IEC 61850 標準之自動化變電所，則需考量通用資料模型之相關規範。