

出國報告（出國類別：實習）

氣體絕緣開關(GIS)設備之智慧型監控技術發展與應用實習

服務機關：台電輸工處北區施工處
姓名職稱：許天成 九等電機工程師
派赴國家：瑞士
出國期間：103.11.19~103.11.28

摘 要

智慧電網已成為歐、美等先進國家電力公司積極規劃推動之課題，同樣地，本公司為提高電力系統可靠度及穩定度，已成立智慧電網推動小組，檢討本公司智慧電網之架構及推動方式，與本處有關者主要為興建合乎運維及調度單位需求之智慧變電所，本處有必要提早搜集智慧變電所之相關技術，以因應未來業務需求。

目前系統上氣體絕緣開關(G.I.S.)之監控僅限於氣體壓力監控，對於絕緣氣體(SF₆)含水量及密度之監測與 G.I.S.局部放電監測等監測系統，現行設備並未裝設相關線上感測器來自動監測，目前係以定期維護保養時之人工量測及抄表，來判斷 G.I.S.設備之健康狀態。因應未來電網智慧化及狀態維護保養(CBM)之需求，新設計之 G.I.S.應加入智慧型監控系統(含相關感測器及智慧電子式裝置)以監測 SF₆含水量及密度與 G.I.S.是否局部放電，使其達到最佳化維保，進而根據長期運轉狀態自動提出預防保養建議及預期壽命評估。

本次參訪 ABB 公司及 ALSTOM 公司，藉由線上監測設備的實際操作了解其安裝位置、引接及網際網路之應用，更重要的是了解其在軟體應用上的分析功能，能夠提供運轉維護人員多少的資訊與後續處理判斷。

另外 ALSTOM 公司提供潔淨氣體 g³取代 SF₆作為 GIS 開關設備絕緣氣體的新環保科技，則是這次行程的另外一項新知收穫。

目 次

壹、 實習計畫緣由及目的.....	4
貳、 實習過程.....	5
一、 行程簡介.....	5
(一) ABB 公司	5
(二) ALSTOM 公司	6
二、 專題探討.....	9
(一) 狀態維護(CBM)取代定期維護(TBM).....	9
(二) 部分放電監測.....	10
(三) SF ₆ 氣體監測	12
三、 產品資訊.....	14
(一) ABB 公司 GIS 設備 SF ₆ 氣體偵測	14
(二) ALSTOM 智慧型監控系統	17
參、 心得及建議.....	20

圖

圖 1 ABB 總部.....	6
圖 2 與 ABB 工程師合照 1	6
圖 3 與 ABB 工程師合照 2	6
圖 4 與 ABB 工程師於展示間合照	6
圖 5 展示間 GIS 設備規格	6
圖 6 Aurau 車站會面地點地圖.....	7
圖 7 Aurau 車站會面地點照片	7
圖 8 ALSTOM 瑞士廠升起中華民國國旗	8
圖 9 與 ALSTOM 瑞士廠同仁合照	8
圖 10 GIS 設備	8
圖 11 GIS 線上監測氣體 sensor	8
圖 12 GIS 監測 PD sensor.....	8
圖 13 ALSTOM 展示間合照	9
圖 14 展示間 GIS 設備照片	9
圖 15 展示間 GIS 設備控制盤	9
圖 16 典型的 GIS 內部分放電類型	10
圖 17 Pc 與 dBm.....	12
圖 18 sensor 裝置影響 Pc 與 dBm	12
圖 19 161kV GIS 各 SF6 氣室閥位置.....	14
圖 20 控制與通信模組.....	15
圖 21 SF6 氣體密度偵測器銜接電纜	15
圖 22 SF6 氣體密度偵測器	15
圖 23 控制與通信模組實際配置照片	15
圖 24 ABB 公司 SF6 氣體密度設備架構圖	16
圖 25 變電站 GIS 各氣室即時讀值點選介面	16
圖 26 GIS 單一 Bay 各氣室即時現況數值.....	16
圖 27 操作與監測資料紀錄.....	16
圖 28 長期監測數值趨勢分析圖.....	16
圖 29 ALSTOM 公司數位 CT 及 VT 方案.....	17
圖 30 ALSTOM 公司 SF6 氣體監測方案	17
圖 31 ALSTOM 公司 PD 監測方案	17
圖 32 SF6 氣體與 g ³ 氣體對比 CO ₂ 所造成的溫室效應.....	18

壹、實習計畫緣由及目的

目前系統上氣體絕緣開關(G.I.S.)之監控僅限於氣體壓力監控，該監控表計均裝設於設備上且無資訊分享，僅限於定期維護保養時之人工量測及抄表，來判斷 G.I.S.設備之健康狀態。而現行設備雖裝設絕緣氣體(SF6)密度監測警報，但其含水量與 G.I.S.局部放電監測等則依靠運轉單位維護人員另備器材定期量測監控。

因應未來電網智慧化及狀態維護保養(CBM)之需求，新設計之 G.I.S.應加入智慧型監控系統(含相關感測器及智慧電子式裝置)以監測 SF6 含水量及密度與 G.I.S.是否局部放電，使其達到最佳化維保，進而根據長期運轉狀態自動提出預防保養建議及預期壽命評估。

經查，國外廠家已有相關偵測設備可供參考實例。故本次依 103 年度出國計畫第 76 號，執行「氣體絕緣開關(GIS)設備之智慧型監控技術發展與應用」實習計畫。

貳、實習過程

一、行程簡介

本次出國於 103 年 11 月 19 日至 103 年 11 月 28 日期間安排於瑞士參訪 2 家設備技術廠家，其一為 ABB 公司，另一家則為 ALSTOM 公司。

(一) ABB 公司

ABB 集團 (Asea Brown Boveri)，成立於 1988 年，由瑞典通用電機公司 (ASEA) 和瑞士的勃朗-包維利股份公司 (BBC) 兩家公司合併並更名為 ABB。本次行程透過 ABB 集團在台設立子公司台灣艾波比公司業務經理 Urania Chang 協助安排參訪 ABB 集團瑞士總公司。

本人於 11 月 21 日抵達 ABB 集團總公司(位於蘇黎世 Oerlikon 車站)，由於公司所在距離車站並不遠，故從車站可以步行前往，到達後 ABB 公司區域業務經理 Angeles Fernandez 慎重接待並先引領至該部門之會議室，就本次的會面做一初步溝通了解。我們談及有關目前高壓以上之 GIS 設備監測設備需求及發展，Angeles 經理表示實務上在商品的應用範疇中，相關的線上監測設備在使用上並不是相當普及，原因大致皆屬電力設備運轉公司對於監測設備所測得的警報數據仍存有疑慮，因此其表示希望能先向我介紹目前較多業者較能接受的線上監測氣體診斷系統設備，並說明該系統已推出近 2 年，成熟度已具備。Fernandez 經理先對該項產品作一完整的產品說明簡報，之後邀請了技術部門工程師 Alexej Nikischin 及 Chaiwat Senawong 等 2 位先生，加入了後續的研討會議及產品實測。

在 ABB 蘇黎世總公司參訪期間，Alexej Nikischin 及 Chaiwat Senawong 工程師鉅細靡遺的實際的操作線上監測氣體診斷系統設備，從偵測 sensor 的裝置、通訊線路引接、data 掃描頻率、主機裝設及無線通訊接收設備等，逐項介紹。當然在休息用餐時間，我們彼此閒聊有關家人及文化差別的資訊。這是我第 1 次同

瑞士人談話，發現其實在年輕人教育求職及成家購屋壓力上其實大同小異，當然彼此最大的差別應該還是飲食選擇上的不同。特別的是，我向其表示有午睡的習慣竟引起其極大的羨慕，其表示若於辦公桌上午睡易引起其他同事以為是身體不舒服，所以在公司內是不會這麼做的。不過他也表示，認為午睡片刻應該確能提振下午上班精神，他很希望公司能推廣這樣的午睡習慣。



圖 1 ABB 總部

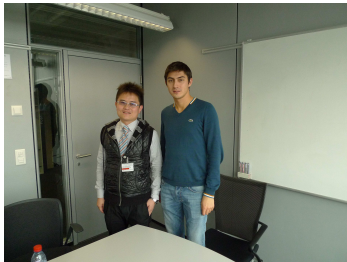


圖 2 與 ABB 工程師合照 1



圖 3 與 ABB 工程師合照 2

當然在參訪的期間內，工程師也為我詳盡的介紹工廠內 GIS 設備的生產程序，並實際參觀實際生產現況。其中在場內高壓測試設備項目中，工程師特別為我介紹了該設備亦裝設了線上監測氣體診斷系統設備，並且在年中時，因分析了長期氣體洩漏率的數據後，推測出該設備因絕緣氣體不足而有絕緣強度不足之虞，故通報維護協調停修保養時程。再充填後，重新運作並持續監控。(註：基於商業生產機密，ABB 廠房生產部門不允許拍照。)



圖 4 與 ABB 工程師於展示間合照



圖 5 展示間 GIS 設備規格

(二) ALSTOM 公司

ALSTOM 是一家大型的法國公司，總部位於法國巴黎附近，其主要業務為電力及軌道交通基礎設施（例如 TGV 和歐洲之星）。本次行程透過 ALSTOM 集團在台設立子公司台灣艾斯敦公司客戶經理 Paul PENG 協助安排參訪 ALSTOM

集團位於瑞士工廠。

本人於 11 月 24 日抵達 ALSTOM 集團瑞士生產 GIS 工廠(位於 Oberentfelden)，由於工廠距離車站尚有一段距離，相關公共運輸路線又不甚熟悉，故於行前即請 PENG 經理先予聯絡協請瑞士工廠可於拜訪期間提供車站接送，故期間即由瑞士工廠方面的標約課長 Chin Chor CHONG 熱情接送。由於人生地不熟深怕屆時難以相認，故於台灣行前即先藉由 google 地圖確認車站接送地點，如圖。



圖 6 Aarau 車站會面地點地圖

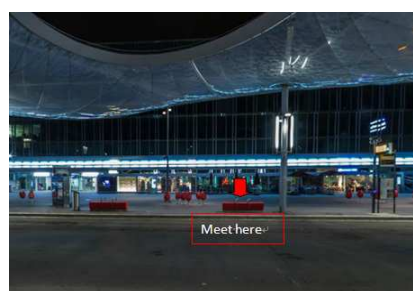


圖 7 Aarau 車站會面地點照片

參訪首日 CHONG 課長即刻於相約地點認出我。於車程中與 CHONG 課長閒聊中認識其為馬來西亞國籍華人，祖籍廣東客家人，因於英國留學後娶妻生子落腳歐洲。過程中與 CHONG 課長以華語對話，讓我本次行程首次有了暢所欲言的痛快感受。

ALSTOM 公司瑞士工廠十分重視這次的參訪，特別在廠區大門處升起中華民國國旗，直到參訪期間結束前皆未曾降下，著實令人感動。標約部門經理 Christoph STEINMANN 為了這次參訪安排了整個介紹行程，並請 Alfonco SINAGA 先生為我簡報公司歷史及產品資訊。參訪期間適逢 ALSTOM 公司中國大陸蘇州廠總經理李健先生於瑞士廠區拜訪，故也因此與李總經理交換了彼此電力建設上的經驗，當然也閒聊了一些兩岸問題的看法，十分新鮮有意義。



圖 8 ALSTOM 瑞士廠升起中華民國國旗



圖 9 與 ALSTOM 瑞士廠同仁合照

在參訪期間，我們談及有關目前高壓以上之 GIS 設備監測設備需求及發展，CHONG 課長表示 ALSTOM 公司一直關注顧客需求及最新科技的發展，為符合全球顧客不同的需求，同時必需考量生產成本及效率，故原則上 ALSTOM 公司在電力開關設備的生產上已盡可能的 compact。就目前 170kV 電壓等級的 GIS 設備 Line Bay 而言，長度僅 4133mm，設備最高高度僅 3108mm，單一 Bay 寬僅 1000mm。在設備外殼的設計上均預留符合智慧電網 sensor 裝置點並可提供各種線上監測設備，以彈性適應顧客不同的需求，同時也在外殼適當點設置可視窗，供運轉維護人員在免拆除情況下直接觀測機構操作。



圖 10 GIS 設備



圖 11 GIS 線上監測氣體 sensor



圖 12 GIS 監測 PD sensor

在進入生產部門前，ALSTOM 公司也慎重其事的請我穿著安全工作衣及安全鞋，除了確保個人安全外，亦確保無塵室的清潔。工程師為我詳盡的介紹工廠內 GIS 設備的生產程序，並實際參觀實際生產現況。其中在場內高壓測試設備項目中，特別安排品管部門主管為我介紹設備在廠內作例行試驗所需注意事項，並彼此討論了有關部分放電線上監測相關運用發展。(註：基於商業生產機密，

ALSTOM 廠房生產部門不允許拍照。)

特別值得一提的是，ALSTOM 公司積極的介紹有關綠能科技的發展，GIS 自 1970 年以來即以 SF₆ 作為絕緣及斷弧氣體，而由於近年來環保意識抬頭，相關造成溫室效應之氣體在京都議定書簽定以後，已開發國家逐漸採取高關稅手段以期降低使用。因為 SF₆ 氣體所造成的溫室效應是等量 CO₂ 的 23,500 倍，故 ALSTOM 公司與 3M 公司合作發展新的潔淨氣體，以解決汙染問題。相關論述詳後。



圖 13 ALSTOM 展示間合照



圖 14 展示間 GIS 設備照片



圖 15 展示間 GIS 設備控制盤

二、專題探討

(一) 狀態維護(CBM)取代定期維護(TBM)

早期變電設備維護保養採事後維護，即發生故障後再進行修理。於 1950 年左右由美國導入，改為在故障前定期施行保養檢查(TBM, Time-based maintenance)，即事先安排時間進行維修及更換零件以防止突發之設備故障。之後更推進到由監視劣化狀態來檢出機器異常的徵兆，稱作狀態維護(CBM, Condition-based maintenance)，以達成點檢週期延長，減少維修費用，減少停電時間。

氣體絕緣開關(GIS)設備因劣化而產生的異常及故障主要有絕緣破壞、操作機構不正常動作、絕緣氣體洩漏及其他原因等，而其中以絕緣破壞屬發生率最高。另經統計分析，大部分的氣體絕緣開關(GIS)設備故障發生率產生的時間點，

則多為服役 25 年以上後發生率大增。

故在氣體絕緣開關(GIS)設備狀態維護(CBM)及定期維護(TBM)的選擇方案下，或許可以服役年限(也許 25 年)做為考量，即新設之開關設備採以監視劣化狀態之狀態維護(CBM)為點檢方案。而超過設定服役年限的開關設備則除了狀態維護(CBM)外，再輔以定期施行保養檢查，以降低故障發生的產生。

(二) 部分放電監測

GIS 之帶電體均包封於金屬外殼中，帶電體以環氧樹脂(Epoxy Resin)絕緣件支撐，帶電體與包封金屬外殼間以 SF₆ 氣體做為高電壓的絕緣媒介。當帶電體施加高電壓後，絕緣介質內如存在介電係數之弱點，例如 GIS 內部若存在著金屬的微粒異物、絕緣材質不良或材質老化、劣化、汙染或帶電體有突出尖端等，則絕緣介質內電場強度分布不均勻，導致洩漏電流在絕緣介質內形成一個通道。由於電荷的轉移產生暫態放電脈波，如持續存在並產生電應力衝擊，放電電流將在此一通道內部擴散，該現象將持續使 SF₆ 氣體分解和劣化，並降低絕緣材料的絕緣能力及耐久性。當部分放電(Partial Discharge)在絕緣介質內擴散到相當程度時，極易導致放電路徑全部貫通，將造成閃絡，使得絕緣材料永久破壞，造成電力設備燒損。

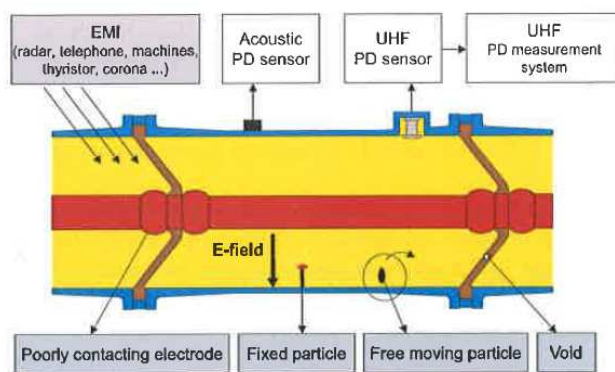


圖 16 典型的 GIS 內部分放電類型

為防止氣體絕緣開關(GIS)設備因絕緣破壞、閃絡而產生接地故障，進行部分放電的偵測將可提前預知設備絕緣劣化狀況。而在部分放電的偵測，主要在於

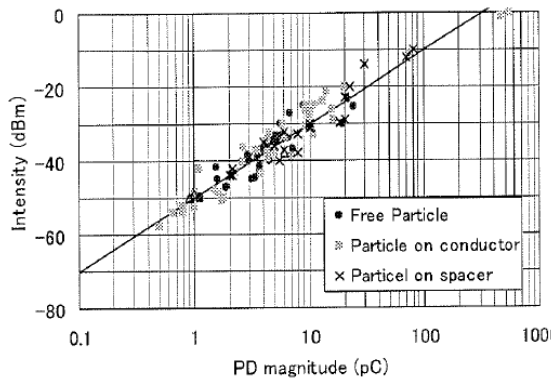
部分放電時偵測其所產生超高頻電磁波的發射。

目前偵測部分放電的方法主要有：UHF(sensor 安裝於設備外殼內部，偵測頻率範圍為 300~1500MHz，靈敏度可測得 0.1~5pC)、VHF(sensor 安裝於設備間隔器處，偵測頻率範圍為 10~100MHz，靈敏度可測得數 10pC)、Vibration(sensor 安裝於設備外殼外部，偵測頻率範圍為 10KHz，靈敏度可測得 50pC)、AE(聲頻 sensor 安裝於設備外殼外部，偵測頻率範圍為 100KHz，靈敏度可測得數個 pC) 及 CT(比流器 sensor 安裝於設備外殼接地導體，偵測頻率範圍為 1~10MHz，靈敏度可測得數個 100pC)等，我們將以 UHF 偵測做為主要介紹。

UHF 的偵測 sensor 分為 Dipole Antenna Type 及 Disk Type，而分析頻譜方法則分為 Narrowband Method 與 Wideband Method。Narrowband Method 可藉由頻率辨識的方法利用程式輕易的消除外部干擾波，其成本較高，Wideband Method 對於外部干擾波的清除則有困難，其成本較低。由於部分放電發生時會在 GIS 設備內產生超高頻電磁波，故偵測的 sensor 可裝置於金屬設備外殼之內外側，裝置於內側者，利用 GIS 設備盲蓋內側安裝，而裝置於外側者，則有 GIS 設備盲蓋外側安裝及間隔器(spacer)安裝等 2 種型式。在既有的 GIS 設備上可直接於金屬設備外殼外側裝置 sensor，免於停電開蓋的麻煩。不過 sensor 裝置位置的不同是會影響可偵測到的放電值大小。

偵測波形取樣週期為 1 次/1 分鐘，部分放電情形可由 sensor 所採集到的波形頻率及相位加以診斷。首先擷取屬於部分放電所產生的超高頻電磁波頻率波形，即波形頻率介於 0.5GHz~1.5GHz，再以相位波形判讀是否符合交流電正負弦波之特性，以屏除外部干擾磁波。

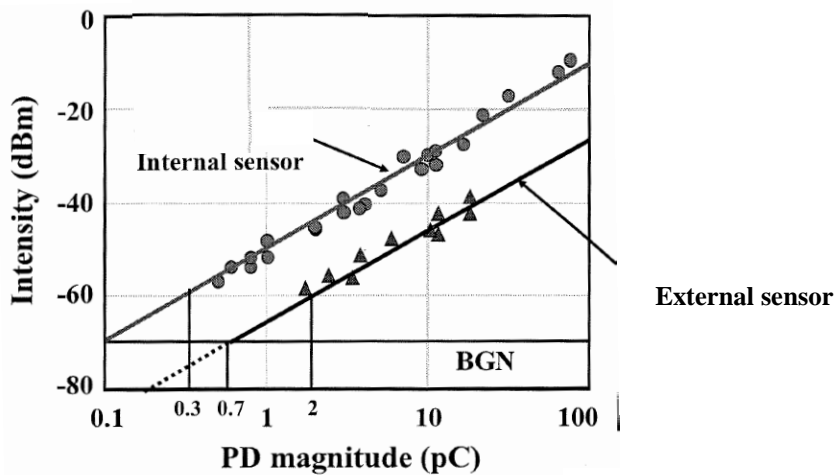
由 sensor 所偵測到的 UHF 波形與部分放電所產生的量(pC)有著正比例的線性關係。



資料來源：中興電工公司提供
Hitachi 技術簡報資料

圖 17 Pc 與 dBm

不過，由於 sensor 裝設位置的不同，判讀 UHF 的波形 dBm 轉換為部分放電的電荷值(pC)亦有所不同的參照值。



資料來源：中興電工公司提供
Hitachi 技術簡報資料

圖 18 sensor 裝置影響 Pc 與 dBm

藉由軟體程式執行危害判斷，即先對部分放電波形之量級、持續時間等判別是否達到所設定的數值，再經由類神經網絡(樣本訓練，由實測部分放電實例所取得的相關波形作為樣本資料，如帶電導體有突出尖端、金屬外殼內有微粒或雜質等，隨時供對照判別部分放電類別)運算判斷是否屬相關絕緣破壞之部分放電情形，得出部分放電警報或僅為一般部分放電事件的結論。

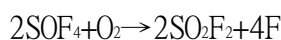
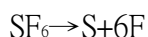
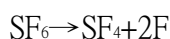
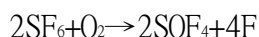
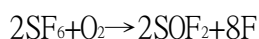
(三) SF₆ 氣體監測

絕緣氣體 SF₆ 新品於製造過程中不可能完全排除水分含量，而設備零組件

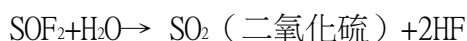
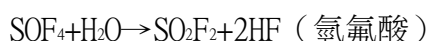
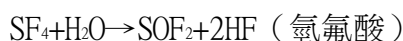
(如環氧樹脂絕緣支撐件)於設備組裝時所吸收的水分進入 GIS 密閉設備中。另由於水分子直徑比 SF₆ 氣體分子直徑要小，SF₆ 氣體中水分的分壓力比外部環境空氣中的水蒸氣分壓力小的多，因此在 GIS 設備外殼組裝密封不良，其設備接合處些許細微的孔洞或裂紋，即便 SF₆ 氣體不洩漏亦難避免水分的侵入。

GIS 設備內 SF₆ 之含水通常以水蒸氣形式存在，在較低溫度下，水蒸氣可能結露附著於零件表面，如附著於絕緣件表面則可能產生沿面放電，造成絕緣破損事故。

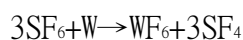
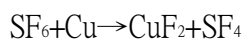
另，在電弧或電暈高溫作用下，SF₆ 將被分解，產生的某些有毒產物，包含氟原子和某些有毒的低氟化合物。



SF₆ 氣體分解物（低氟化合物）與其內的水分發生化學反應而生成某些有毒產物，例如 HF 氟化氫等有強烈腐蝕性的劇毒物。



在 SF₆ 斷路器設備中，當 SF₆ 氣體中的水含量達到一定程度時，在電弧作用下，SF₆ 氣體分解物即經水解反應產生毒性，與發弧電極材料(銅及鎢合金)等金屬之化學反應生成低價氟化硫氣體與微粒析出物，繼而嚴重影響設備的正常運轉。



有關 SF₆ 管制，以本公司 161kV GIS 設備為例，該設備安裝後之完工試驗標準為斷路器氣室 SF₆ 含水量需為 150 PPM 以下，其它氣室 SF₆ 含水量則為 500 PPM

以下。而設備於加入系統運轉後，其斷路器氣室於首年之第 3、6、12 個月須執行 SF₆ 氣體含水量試驗，其後則每 5 年測量 1 次。檢測方法即是打開充氣閥直接取得微量 SF₆ 氣體作含水量試驗。

線上監測則是在各斷路器氣室之氣閥位置加裝 SF₆ 監測感測器，直接測量設備之 SF₆ 壓力、溫度及濕度並轉換成數位訊號，再經 RS-485 硬體介面之通訊方式上傳至監測 IED。監測 IED 可調整監測週期(最小監測週期為 1 分鐘)，亦可採按照變化率上傳，並具備 64MB NAND FLASH 記憶體，可將由感測器所測量並上傳之數值儲存於記憶體中(至少可保存 1 年以上)。

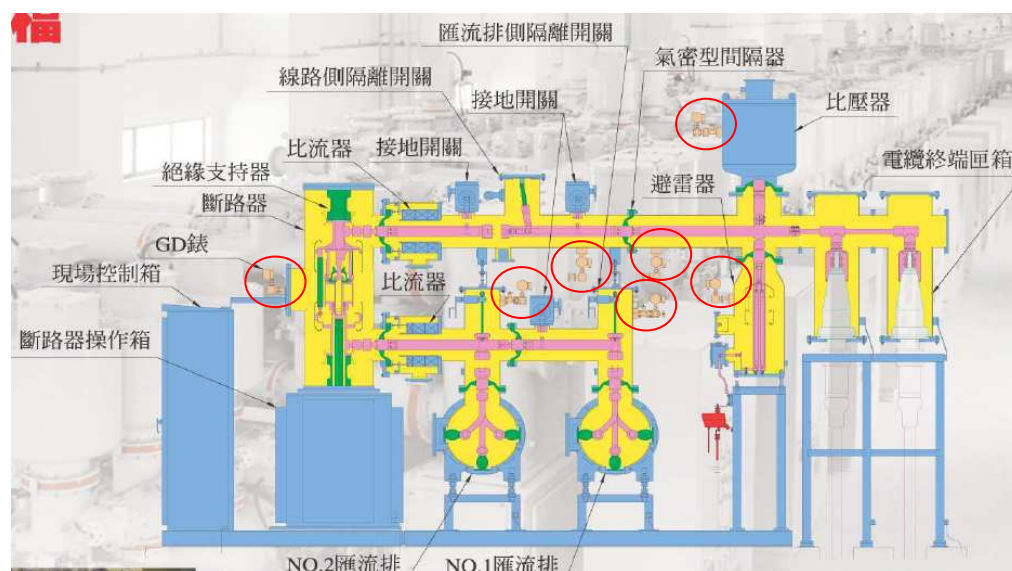


圖 19 161kV GIS 各 SF₆ 氣室閥位置

三、產品資訊

(一) ABB 公司 GIS 設備 SF₆ 氣體偵測

ABB 公司目前正在推廣線上監測 GIS 之 SF₆ 氣體密度設備，產品稱作 The Modular Switchgear Monitoring，簡稱 MSM。這項產品可以適用各種以 SF₆ 氣體絕緣的開關設備，而且不需與設備控制及保護迴路連接，為一獨立監測設備。主要裝置有：

1. 控制與通信模組(Control and Communication Module)

工作電壓為 24Vdc，乙太網路介面(RJ45,10/100Mbit/s)，通訊協定適用 IEC

61850-8-8、SNTP、FTP 及 HTTP，有故障警報點輸出可供引接。可銜接最多 10 只類比資料輸入模組

2. 類比資料輸入模組(Analog Input Module)

單一模組計有 8 個類比輸入訊號可供 8 只 SF₆ 氣體密度偵測器銜接使用。

3. SF₆ 氣體密度偵測器(SF₆-gas density sensor)

依 IEC 62271 規範測試，並提供符合工業標準之介面，該偵測依壓力補償原則將實際數值轉換為 6.5 至 20mA 的輸出訊號供傳輸。



圖 20 控制與通信模組

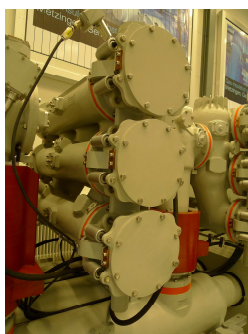


圖 21 SF₆ 氣體密度偵測器銜接電纜



圖 22 SF₆ 氣體密度偵測器

在 ABB 公司的展示間裡的 GIS 設備已在各個氣室裝置 SF₆ 氣體密度偵測器，而偵測器之所需工作電源及所蒐集類比資料傳輸等皆由實體線連接至類比資料輸入模組。透過控制與通信模組可由多種方式讀取偵測數值，如實體線連接至現場 LED 顯示讀表，亦可透過乙太網路連接至集線器(HUB)，分享資訊至網區內所連接的電腦、平板電腦或智慧型手機，又或者設置伺服器透過路由器(ROUTER)，以帳號密碼管控，讓設備維護者可透過網際網路於不限時域的條件下隨時掌握 GIS 設備的氣體密度資訊。

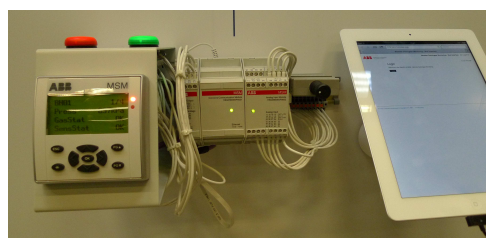


圖 23 控制與通信模組實際配置照片

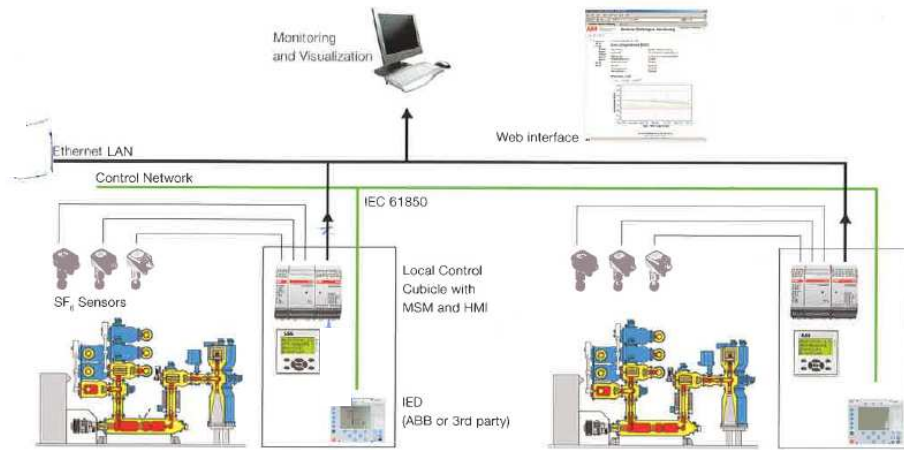


Figure 1: MSM Architecture. The Monitoring System network is separate from the control network.

圖 24 ABB 公司 SF₆ 氣體密度設備架構圖

SF₆ 氣體密度偵測器可提供即時數據及智慧化分析，運轉維護者可透過上述介面取得如下之資訊：

1. 即時 SF₆ 氣體密度及洩漏速率。
2. SF₆ 氣體警報狀態(下限值或者是極度下限值)
3. 氣體壓力值趨勢圖(日平均值、月平均值、年平均值)
4. 預測未來發生警報時刻
5. 自我偵測監測元件狀態

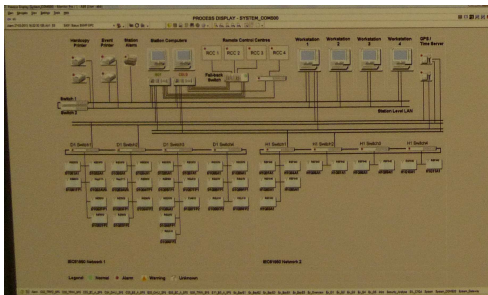


圖 25 變電站 GIS 各氣室即時讀值點選介面

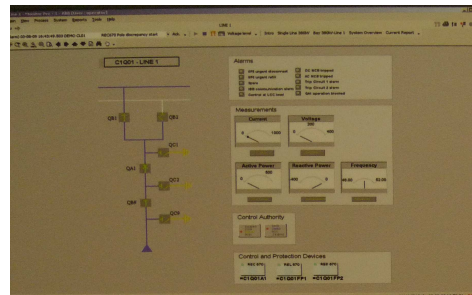


圖 26 GIS 單一 Bay 各氣室即時現況數值

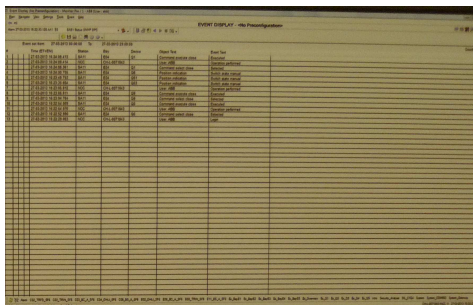


圖 27 操作與監測資料紀錄

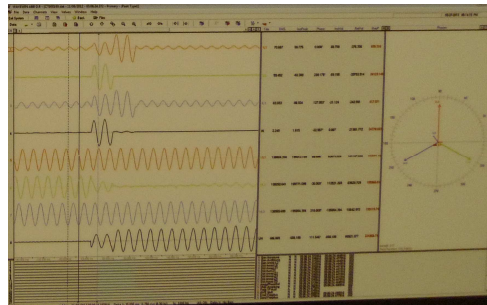


圖 28 長期監測數值趨勢分析圖

在氣體壓力值趨勢(日平均值、月平均值、年平均值)分析項目中，ABB 公

司表示，以目前未裝設線上氣體監視設備之 GIS，在定期維護保養時之人工量測及抄表部分，由於實地量測的時間點不定及周溫瞬時的變化條件下，設備上之量測元件所顯示的數值有其客觀條件上的缺失。如假設在某 A 時間點、周溫 12°C 條件下取得壓力數值為 100hPa，另在某 B 時間點、周溫 15°C 條件下取得壓力數值為 107hPa，則該 2 項數值的比較是有失客觀及準確的分析。故在 MSM 設備中，可先定義一基準客觀值，即設定周溫為 20°C，而在不同週溫條件下所取得的數值皆需依運算公式轉換為以周溫 20°C 條件下的數值，後續有關於日平均值、月平均值、年平均值等分析則依此基準取得值得信任的趨勢圖供參考。

(二) ALSTOM 智慧型監控系統



圖 29 ALSTOM 公司數位 CT 及 VT 方案

圖 31 ALSTOM 公司 PD 監測方案

ALSTOM 公司提出一套裝概念的 GIS 智慧監測設備供客戶自行選擇，在既有的定型 GIS 設備模組均盡可能的將所有適用於數位電網需求的設備納入其中，如傳統 CT、PT 與 NCIT(Non-Conventional Instrument transformers)的選擇，

部分放電監測的選擇、SF₆ 氣體監測及斷路器操作監測等。

特別值得一提的是，ALSTOM 公司積極的介紹有關綠能科技的發展，提出與 3M 公司合作所開發出的潔淨氣體，也預定於今(104)年中旬推出以該潔淨氣體絕緣及吹弧之商業量產設備。

1938 年 SF₆ 氣體首次用在冷卻中壓電弧，至 1980 年 SF₆ 氣體幾乎成為絕緣及中壓吹弧啟斷的惟一選擇。1997 年京都議定書將 SF₆ 氣體列為引發溫室效應(全球暖化潛值)的氣體之一，因 SF₆ 氣體所造成的溫室效應是等量 CO₂ 的 23,500 倍。電力工業是 SF₆ 氣體最大的消耗團體，現今高壓電力設備每年約消耗 10,000 噸 SF₆ 氣體。

3M 公司 Novec™ 工程液，是根據 3M 特有的氫氟醚(hydrofluoroether)之化學研究，發展出一系列低全球暖化潛值的溶劑。依 ALSTOM 公司以 2.5mm gap 測試 breakdown voltage Novec 混和物承受力約為 SF₆ 氣體的 2 倍。但 Novec 混和物於 -4.7°C 才汽化，不符合目前 Switchgear 的使用特性，故需添加其他氣體成為混和物，而混合物中 Novec 的分子量比例取決於設備最低運轉溫度的汽化壓力，ALSTOM 公司以 -25°C 過壓力情況下可達到 SF₆ 氣體的絕緣電壓強度標準。ALSTOM 公司稱 Novec 混和物為 g³ (念法為 G cubic)。

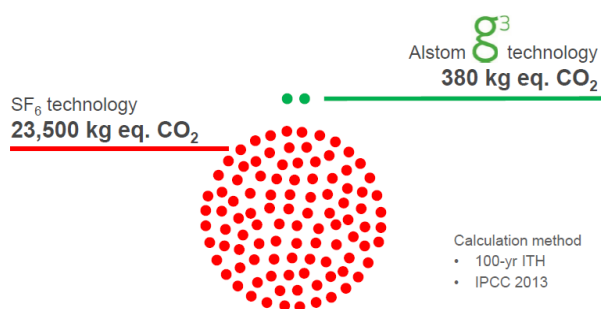


圖 32 SF₆ 氣體與 g³ 氣體對比 CO₂ 所造成的溫室效應

ALSTOM 公司與 3M 公司共同開發取代 SF₆ 氣體的 g³ 氣體，所造成的溫室效應是等量 CO₂ 的 380 倍，幾乎是將原 SF₆ 氣體所造成的溫室效應影響降低 98%。g³ 氣體無腐蝕性，可廣泛的應用於目前既有的高壓設備材質，其不燃的特性亦與目前使用的 SF₆ 氣體相同。在不同溫度及壓力的運轉條件下，絕緣能力可

達 SF₆ 氣體絕緣能力的 85%~100%。不論在絕緣能力的表現亦或是經濟價格上皆與現有絕緣氣體大致相同。

ALSTOM 公司表示將於 2015 年中期發表第一批產品，相信屆時即能一窺 GIS 設備相關實際運轉之絕緣能力與吹弧絕緣能力。

參、心得及建議

GIS 設備的線上監控系統因為 IEC61850 規範的制定，相關系統建置及監測架構均已相當成熟，惟在既有電力設備運轉維護上的使用，實際上並不普遍。究其原因可能是對於偵測 sensor 技術的不信任、資訊通訊設備不熟悉以及與既有維護觀念的衝突等，使得全球能源產業的各個電力公司少有推廣。我曾與 ALSTOM 中國蘇州廠的李總經理就教智慧型電網在中國大陸電力系統的發展現況，其表示中國也是因為在不信任的基礎下，使得智慧型電網難以推廣。

曾與國內重電業者討論，當裝設線上監控系統的 GIS 設備發出相關警報時，不論是透過運轉維護人員專業判斷，或是智慧型專家系統辨識故障，亦或是由設備廠家分析故障原因等，得出結果後該如何擬定處理方式，其實是需要更專業且熟稔經驗方得作出決策的，如 GIS 設備即時停止運轉或另排定運轉時程...等。因此，在判斷 G.I.S.設備之健康狀態上，當因智慧型電網的建立而全面改採裝設線上感測器來自動監測設備維護與否，屏除目前所執行的定期維護保養人工量測及抄表來判定，其中的相關確保電力設備安全運轉措施及替代方案可能需要詳細考量。

不過線上監控系統最大的優勢即是確實能夠有效的將設備現況透過通訊設施即時且又不限地域性的告知相關維護人員，而相關接收設備資訊的人機介面也已經是不侷限於特定機種了。舉凡各種個人用智慧型手機及平板電腦等，皆可藉由網際網路連結至變電所設備資訊伺服器，讀取及操作變電所設備，為電力公司的人力資源調配提供了機動靈活的彈性，我想這應該也是智慧型電網所要追求的一項指標吧。

另 ALSTOM 公司與 3M 公司所共同開發的 g³ 潔淨氣體，預定於今(104)年商業量產各電壓等級的開關設備。這是非常值得關注的一項消息，尤其在日漸注

重環保注重溫室效應污染的今日，能夠使用取代 SF₆ 氣體在開關設備上的使用，可能將會是未來開關設備製造及使用的主流產品。

本次參訪瑞士 2 家製造廠，是個人第 1 次以自助方式前往歐洲，舉凡搭機搭車、入住及購物等均十分新鮮有趣，也因為與歐洲當地人的接觸惟一的語言工具就只有英文而已，因此也更實際地強化了英語對話能力。

最後，感謝公司提供這次的實習機會，讓我得以直接獲得技術廠家有關線上監測產品的各項資訊，也希望本次所帶回的各项技術及採購規範內容能對工作有所效益。