

出國報告（出國類別：實習）

智慧型氣體絕緣開關設備技術資料蒐集及 運用維護等技術實習

服務機關：台灣電力公司營建處

姓名職稱：何曉碩 電機工程師

派赴國家：法國

出國期間：103 年 11 月 12 日至 103 年 11 月 21 日

報告日期：103 年 12 月 22 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

智慧型氣體絕緣開關設備技術資料蒐集及運用維護等技術實習

頁數 28 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

何曉碩/台灣電力公司/營建處電氣組/電機工程師/(02)23666965

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103 年 11 月 12 日至 103 年 11 月 21 日

出國地區：法國

報告日期：103 年 12 月 22 日

分類號/目

關鍵詞：智慧型氣體絕緣開關、GIS、智慧型、氣體絕緣開關、斷路器、CB

內容摘要：本次出國計畫任務為「智慧型氣體絕緣開關設備技術資料蒐集及運用維護等技術實習」。本報告內容係將本次在法國 Alstom 公司實習對於智慧型氣體絕緣開關設備技術資料蒐集及運用維護等技術等方

面做資料蒐集及記錄。

因應本公司智慧型電網的建立，氣體絕緣開關設備配合設置相關線上偵測系統。本公司相關單位如系統規劃處、供電處、業務處正致力推廣發展智慧型電網，其中彈性交流輸電系統 (FACT)、特殊保護系統 (SPS) 及智慧型電表等今已逐步應用於本公司電力系統，而智慧型電網其中不可或缺的智慧變電所，亦由供電處檢討評估，氣體絕緣開關設備已廣泛應用於本公司變電所及開關場，為配合本公司智慧型電網的完善，氣體絕緣開關設備亦須裝備各種線上偵測系統，俾早期偵測設備狀況，供運轉維護同仁參考，為使同仁對氣體絕緣開關設備偵測系統能進一步了解，藉由派員至氣體絕緣開關設備製造廠家實習，學習及了解其設置之經驗、相關智慧型氣體絕緣開關設備監測技術與運作情形，以及線上監測裝置後續運轉維護應注意事項等，蒐集相關資料，以提供本公司於未來氣體絕緣開關設備線上監測裝置之規範編擬參考，了解先進國家氣體絕緣開關線上監測設備發展及趨勢，有助於提供本公司未來線上監測方式之選擇性。

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

大綱

壹、目的

貳、過程

參、智慧型氣體絕緣開關設備技術資料蒐集及運用維護等技術實習

一、氣體絕緣開關設備線上偵測系統(B-watch3)

- (一) 監測功能
- (二) 系統架構
- (三) 操作介面

二、氣體絕緣開關設備部分放電線上偵測系統(PD-watch)

- (一) Partial Discharge (PD)成因及偵測原理
- (二) 系統架構
- (三) 操作介面

三、氣體絕緣開關設備(GIS)技術交流

肆、心得及建議

壹、目的

因應本公司智慧型電網的建立，氣體絕緣開關設備配合設置相關線上偵測系統。本公司相關單位如系統規劃處、供電處、業務處正致力推廣發展智慧型電網，其中彈性交流輸電系統(FACT)、特殊保護系統(SPS)及智慧型電表等今已逐步應用於本公司電力系統，而智慧型電網其中不可或缺的智慧變電所，亦由供電處檢討評估，氣體絕緣開關設備已廣泛應用於本公司變電所及開關場，為配合本公司智慧型電網的完善，氣體絕緣開關設備亦須裝備各種線上偵測系統，俾早期偵測設備狀況，供運轉維護同仁參考，為使同仁對氣體絕緣開關設備偵測系統能進一步了解，藉由派員至氣體絕緣開關設備製造廠家實習，學習及了解其設置之經驗、相關智慧型氣體絕緣開關設備監測技術與運作情形，以及線上監測裝置後續運轉維護應注意事項等，蒐集相關資料，以提供本公司於未來氣體絕緣開關設備線上監測裝置之規範編擬參考，了解先進國家氣體絕緣開關線上監測設備發展及趨勢，有助於提供本公司未來線上監測方式之選擇性。

貳、過程

本次出國行程如下

日期	工作內容
11/12-11/13	往程(台北-巴黎-里昂)
11/14-11/19	Alstom 參訪及智慧型氣體絕緣開關設備相關技術研討、交流 於艾克斯萊班 里昂附近 (11/19 里昂-巴黎)
11/20-11/21	返程(巴黎-台北)

在 Alstom 公司實習期間，由 Mr. Eric Ravoir 及 Mr. Fernando Peixoto 簡介 Alstom 公司及該公司產品總類，並對該公司銷售實績概況做一說明，之後由 Mr. Fernando Peixoto 及 Mr. Thomas Nivelleanu 說明智慧型氣體絕緣開關設備監測系統，結束後前往研發機構由 Mr. Pascal Richet 現場操作智慧型開關設備監測系統，及前往工廠參觀氣體絕緣開關設備生產製造流程，參觀完工廠後，最後針對本次行程之問題互相討論。

參、智慧型氣體絕緣開關設備技術資料蒐集及運用維護等技術實習

本次實習內容主要分為三大項，第一部份為氣體絕緣開關設備線上偵測系統(B-watch3)，第二部份為氣體絕緣開關絕緣設備部分放電線上偵測系統(PD-watch)，第三部份為氣體絕緣開關設備技術交流。

一、氣體絕緣開關設備線上偵測系統(B-watch3)

B-watch3 為 Alstom 公司開發出來的產品，用於監測氣體絕緣開關設備運轉情形，已有 20 多年的運轉經驗。

(一) 監測功能：

B-watch3 主要偵測項目如下：

- (1) 壓力監測功能
- (2) 溫度監測功能
- (3) 內部閃絡位置監測功能

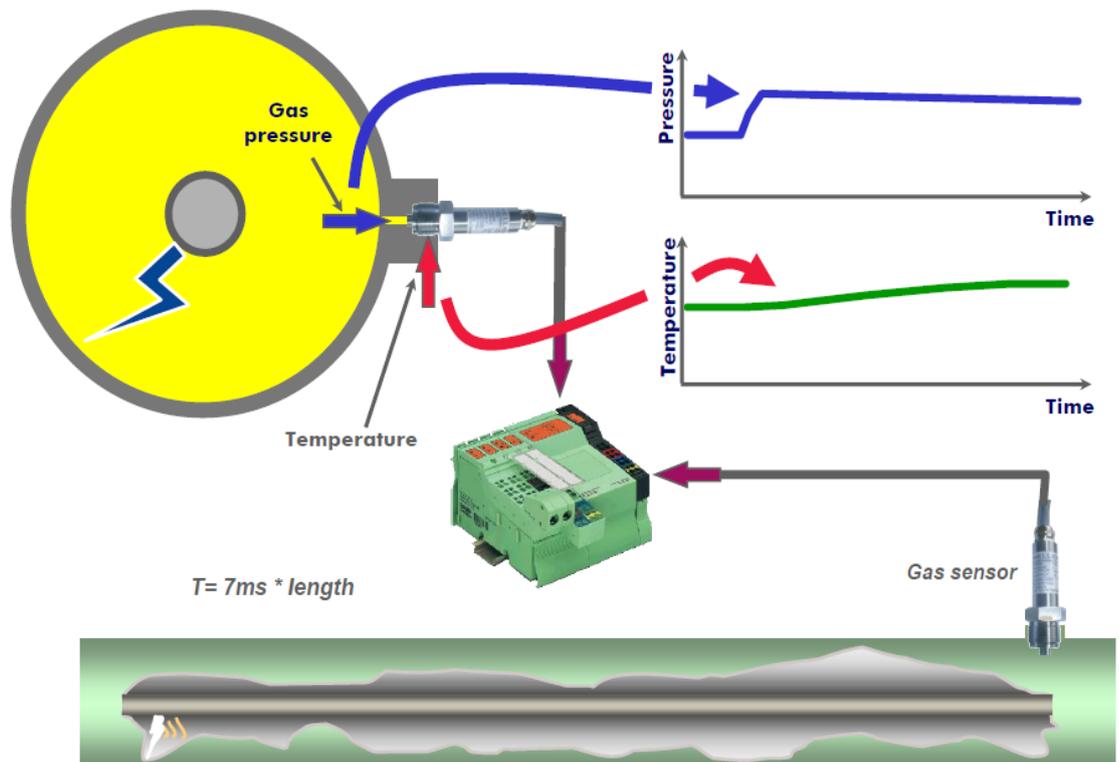


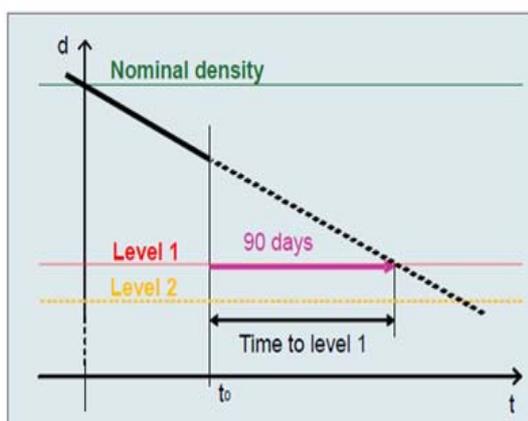
圖 1

因氣體密度會隨溫度及壓力改變，介由偵測溫度及壓力修正 SF₆ 氣體密度。另外圖 1 表示當內部發生閃絡時，壓力及溫度會發生變化，最近的傳感器將會感應到氣壓的衝擊，藉由氣壓及溫度的變化來定位閃絡發生的位置。

(4) SF₆ 氣體密度監測功能

• Gas monitoring functions

- Low density thresholds calculation :
 - 1st threshold (non-urgent) with specific output by compartment
 - 2nd threshold (urgent) with specific output for CB and global output for other compartments
- Gas "overpressure" (actually : overdensity):
 - 3rd threshold (leak between compartments)



- Density decrease advanced alarms (1st threshold to be reached within 90 days).
- Density increase advanced alarms (3rd threshold to be reached within 90 days).

圖 2

B-watch3 共分 3 個警報點，第 1 及第 2 緊報點為 SF₆ 氣體低密度警報，第 3 緊報點為 SF₆ 氣體高密度警報，另外偵測軟體藉由 SF₆ 氣體洩露曲線預測何時達警報點提早充填 SF₆ 氣體避免事故發生，請詳圖 2。

(5) 傳感器(Sensor)損壞自動警報功能

(6) 斷路器 Circuit Breaker(CB)狀態監測功能

斷路器 CB 主要監測項目如下：

- 甲、 斷路器 CB 開關次數及操作型式(O-C)
- 乙、 斷路器 CB 衝程曲線

- 丙、 斷路器 CB 開關速度及時間
- 丁、 斷路器 CB 開關電流大小
- 戊、 斷路器 CB 損耗

- **Mechanical monitoring**

- **Main contact travel characteristics**

- Travel curves
 - Operations times
 - Main contact touch time
 - Main contact separation time
 - Operations speeds
 - Main contact touch speed
 - Main contact separation speed

- **Operations characteristics**

- Operation type determination (C, O, CO, OC, OCO)
 - Operations counter

- **Electrical monitoring**

- **Interrupted current record**

- Arcing time
 - Current intensity

- **Electrical wear**

- I^2t integration
 - Number of breaking operations in various ranges of current

圖 3

圖 3 為斷路器 CB 監測項目更進一步說明。

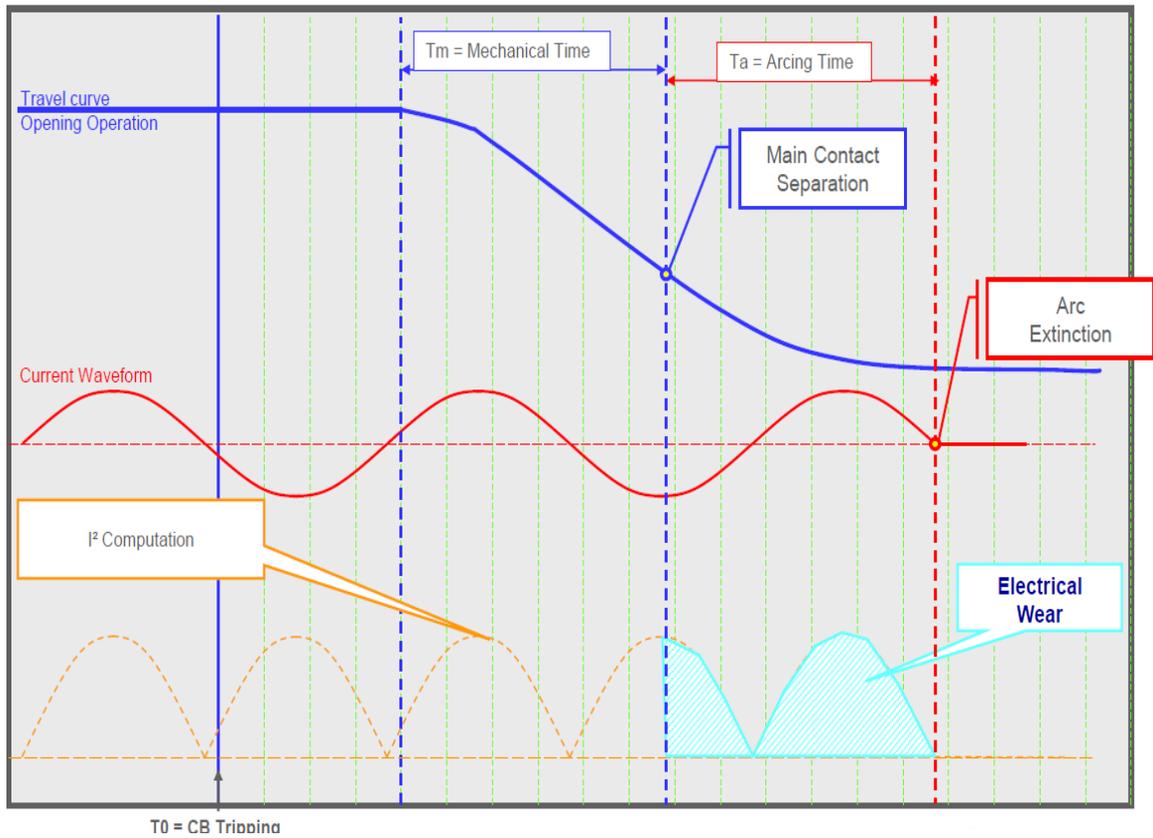


圖 4

圖 4 為當斷路器 CB 於 T_0 時開始跳脫時，斷路器 CB 的動作狀態及斷路器 CB 電流的狀態，當斷路器 CB 接觸子分離時有電弧產生，藉由電流的平方乘以電弧產生到消失的時間乘積來評估斷路器 CB 損耗的情形，為日後氣體絕緣開關設備延長壽命評估的重要資料。

(二) 系統架構：

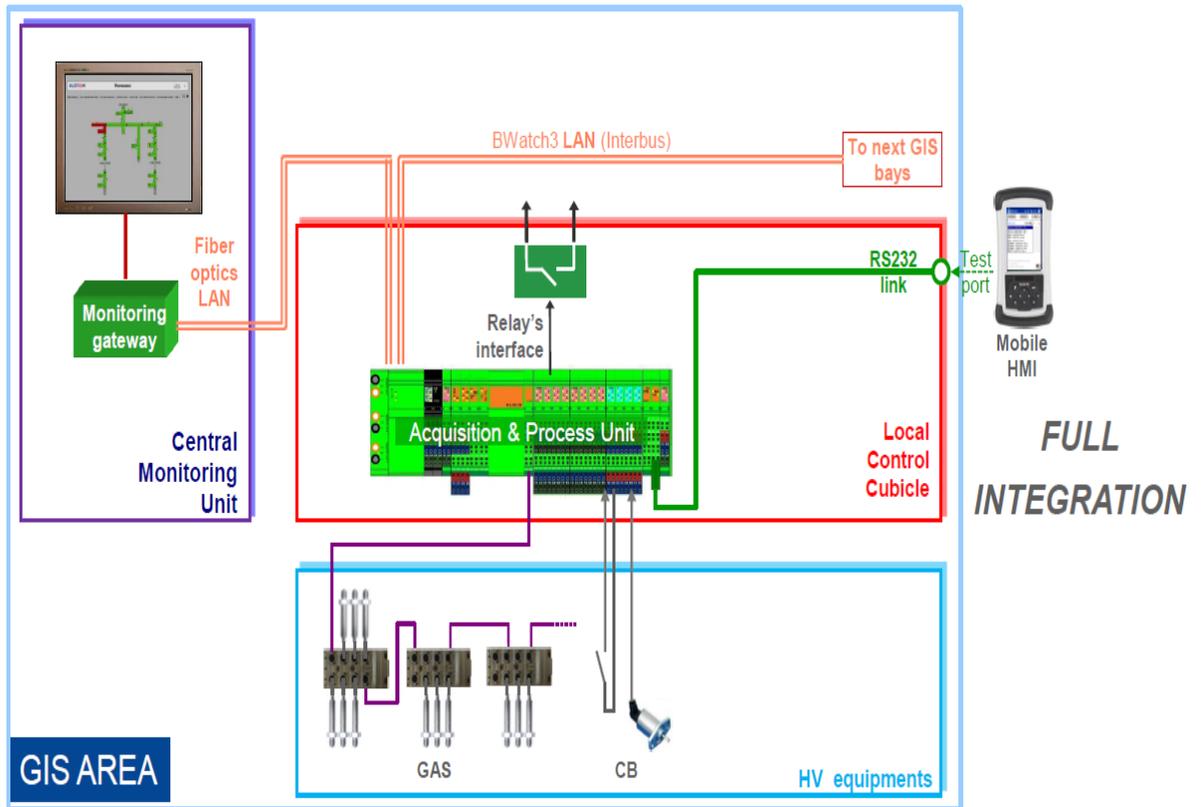


圖 5

圖 5 為整個 B-watch3 的系統架構，於氣體絕緣開關設備每一氣室裝設一 SF₆ 氣體偵測傳感器，於每一斷路器 CB 操作機構箱裝設斷路器 CB 偵測傳感器，傳感器將蒐集到的資料傳送到現場控制箱(Local Control Cubicle)處理，資料處理後將資料送到中央監控室，現場控制箱可設置一監控面版(HMI)或使用可攜式測試平板(Portable Test Pad)進行 B-watch3 操作、維護及傳感器校正。

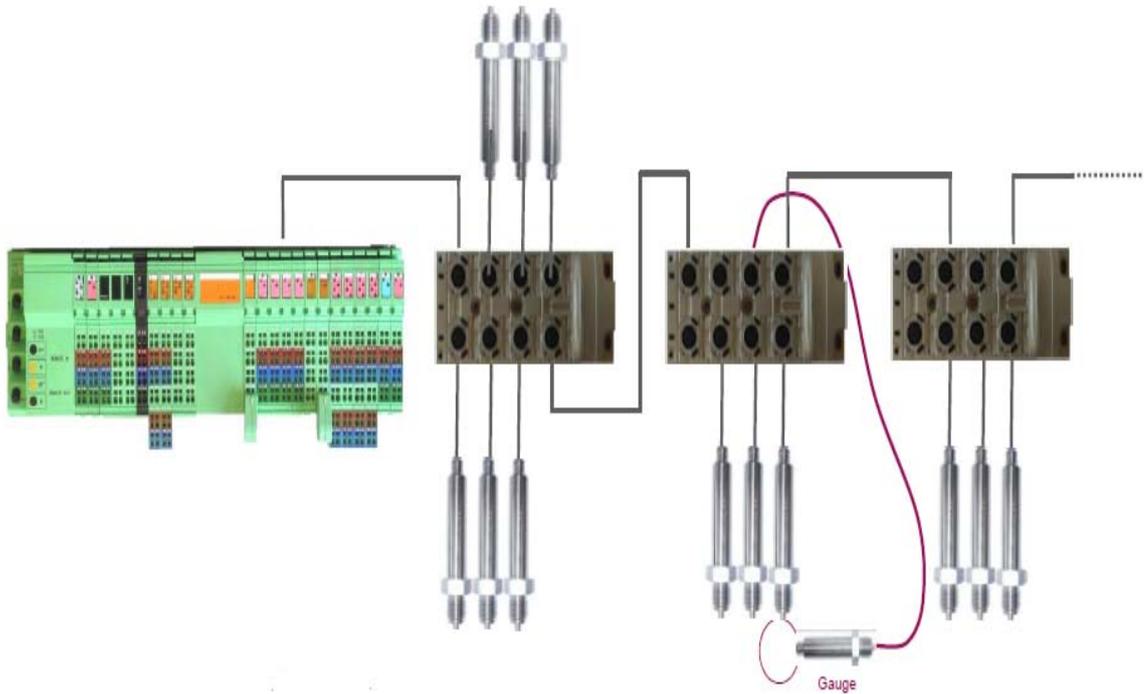


圖 6

圖 6 表示於氣體絕緣開關設備每一氣室裝設一 SF₆ 氣體偵測傳感器後接到一連接板，此連接板共 8 個連接孔，連接板串連後將資料送至現場控制箱處理，不同傳統氣體密度錶計，一錶計拉一訊號線至現場控制箱，使用 B-watch3 偵測 SF₆ 氣體可以大幅減少訊號線的使用。

(三) 操作介面：



圖 7

圖 7 為氣體絕緣開關設備在正常情況下所偵測的畫面，左上圖為模擬氣體絕緣開關設備現場位置於正常情況下為綠色，左下圖為各氣室所偵測到的氣體壓力、溫度及密度數值，右下圖為斷路器偵測的畫面。

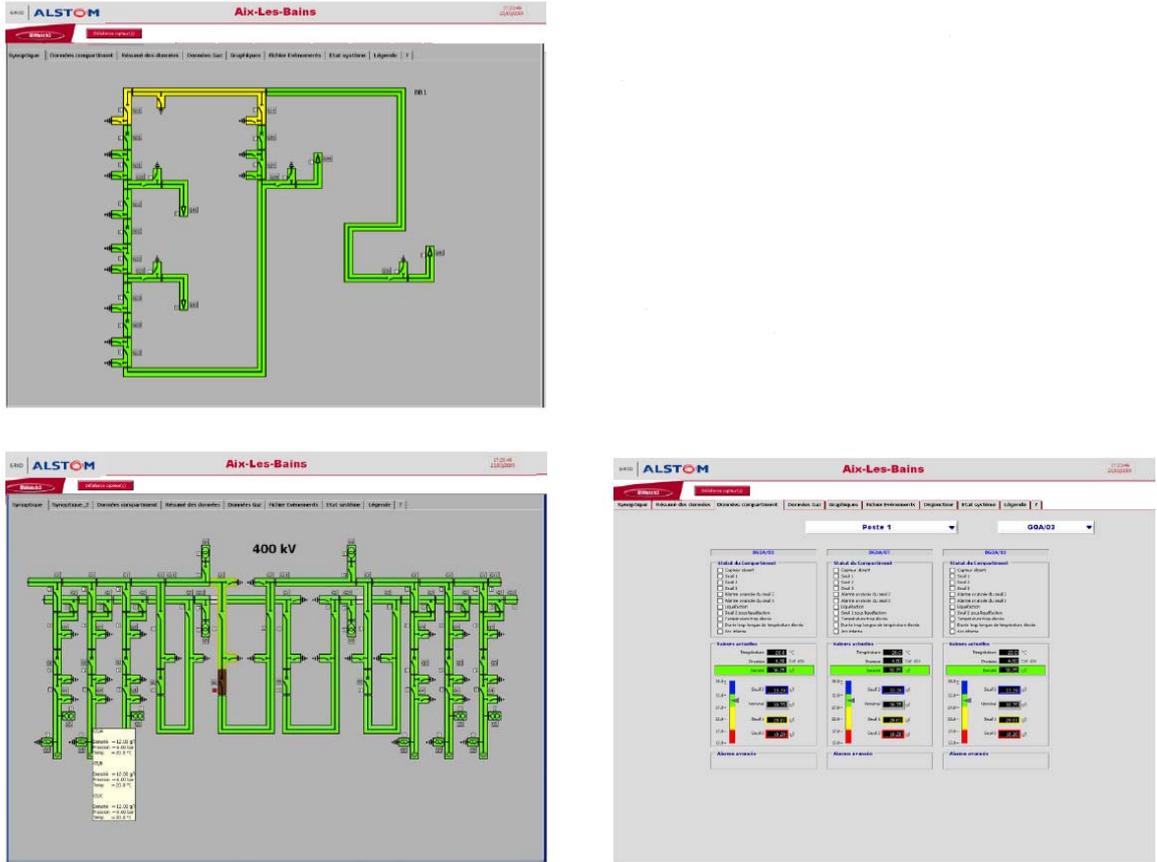


圖 8

圖 8 為氣體絕緣開關設備在警報發生情況下所偵測的畫面，左上圖及左下圖為模擬氣體絕緣開關設備現場位置於警報發生情況下為黃色或紅色，右下圖為各氣室所偵測到的氣體壓力、溫度及密度數值及警報設定值。

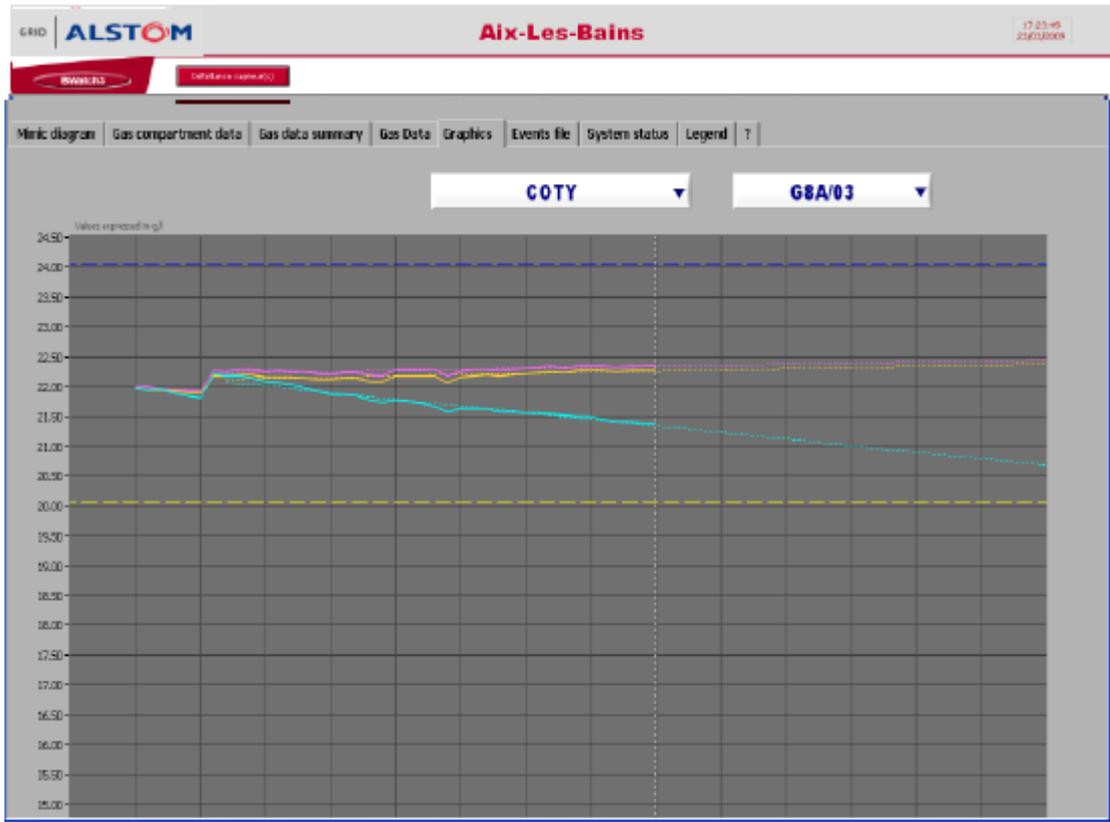


圖 9

圖 9 為 SF₆趨勢圖，可藉由此圖資評估 SF₆何時達到警戒值，提早對氣體絕緣開關設備作維護工作，減少事故及停電發生，提高系統的穩定性。

Operation date		Operation type		
1	Date	Pole A	Pole B	Pole C
2	20/04/2009 10:56	O	O	O
3	20/04/2009 10:56	C	C	C
4	20/04/2009 10:52	O	O	O
5	20/04/2009 10:51	C	C	C
6	20/04/2009 10:51	O	O	O
7	20/04/2009 10:46	C	C	C
8	20/04/2009 10:46	O	O	O
9	20/04/2009 10:45	C	C	C
10	20/04/2009 10:42	O	O	O
11	20/04/2009 10:37	C	C	C
12	20/04/2009 10:35	C	C	C
13	20/04/2009 10:20	C	C	C
14	20/04/2009 10:20	C	C	C
15	20/04/2009 10:20	C	C	C
16	20/04/2009 10:19	C	C	C
17	20/04/2009 10:19	C	C	C
18	20/04/2009 10:19	C	C	C

圖 10

圖 10 為斷路器偵測的畫面，紀錄斷路器起斷情形。

Closing operation example

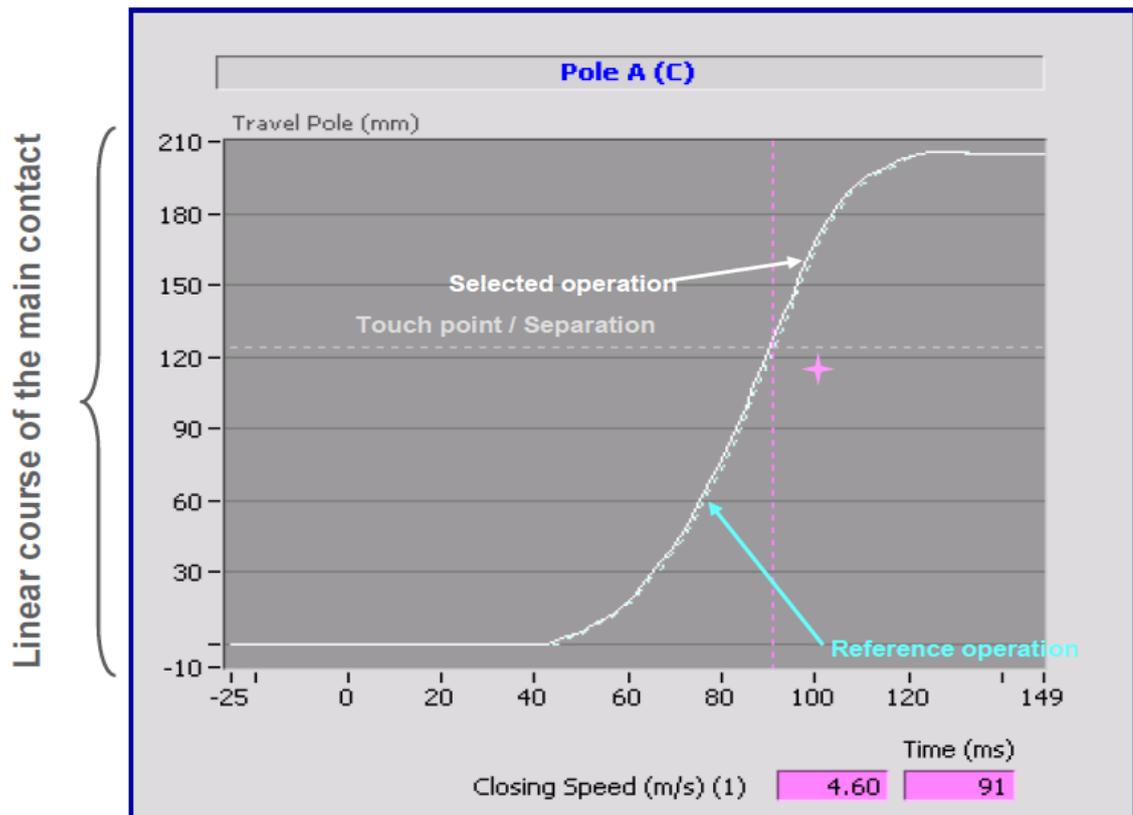


圖 11

圖 11 為斷路器偵測的畫面，紀錄斷路器衝程圖形、起斷速度及時間。值得注意的是斷路器衝程曲線可與以前的紀錄的曲線做比對，藉由比對結果可看出斷路器操作機構是否正常。

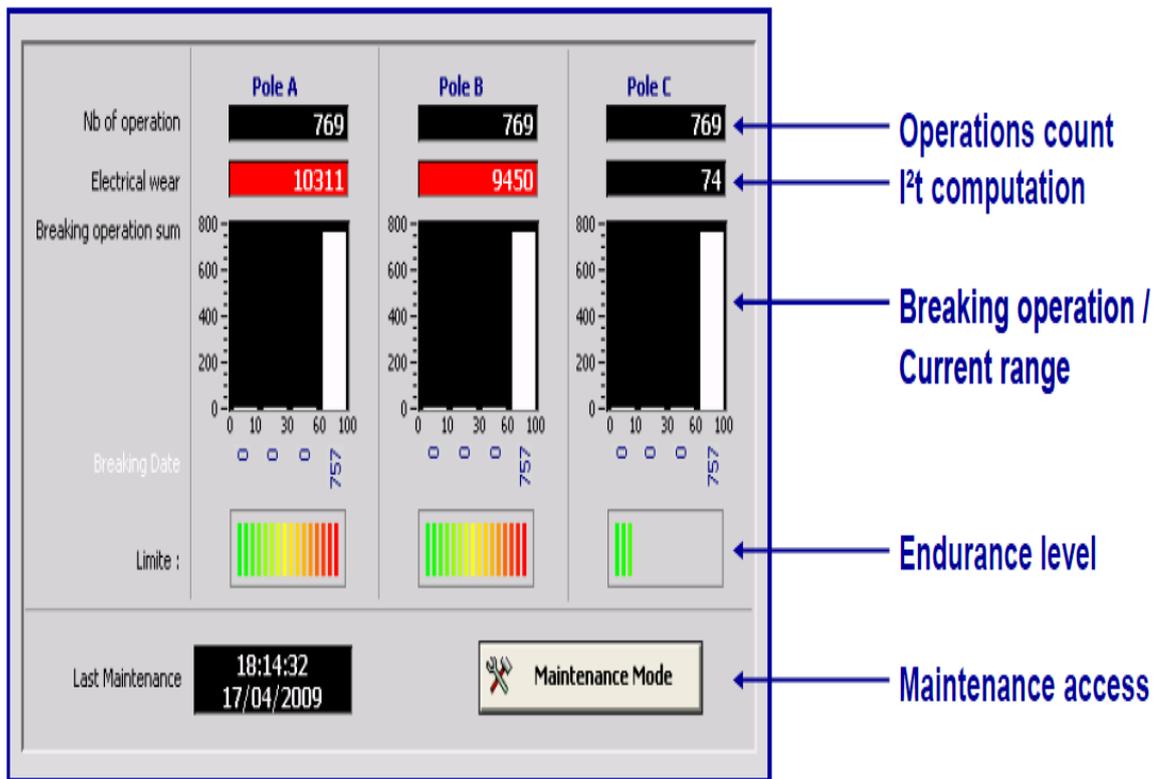


圖 12

圖 12 為斷路器偵測的畫面，紀錄斷路器起斷次數、損耗情形、起斷電流及斷路器壽命。值得注意的是斷路器 A 相、B 相、C 相起斷次數相同但是因為起斷電流大小或時間不同，造成斷路器的損耗起情形也不同，透過 B-watch3 系統診斷出斷路器 A 相、B 相壽命已達臨界值，需要進一步的維護。

二、氣體絕緣開關設備部分放電線上偵測系統(PD-watch)

PD-watch 為 Alstom 公司開發出來的產品，用於監測氣體絕緣開關設備部份放電情形，相較於其他廠牌的部份放電線上偵測設備，Alstom 所開發出來的 PD-watch 僅有 5 多年的運轉經驗，但是 Alstom 為氣體絕緣開關設備的製造商，加上本身的研發中心，每套新開發出來的氣體絕緣開關設備都會測試部份放電傳感器的最佳位置，及研究不同部分放電成因所偵測到的頻譜圖，大大增加此系統的可信度。

(一) Partial Discharge (PD)成因及偵測原理：

在周圍環繞絕緣介質的導體上施加高電壓後，如果絕緣介質內存在介電係數的弱點(缺陷)，則會在介質內造成電場強度的分佈不均勻，此一現象可能導因於絕緣材質的不良或材質的老化、劣化、污染及帶電導體的突出尖端等因素，使得洩漏電流在絕緣介質內形成一個局部放電的通道，且由於電荷的轉移而產生暫態放電電流脈波，在經長時間的電應力衝擊後，放電電流在此一通道內部擴散，持續使介質劣化並降低絕緣材料的絕緣能力及耐久性，當局部放電在介質內擴散到相當的程度的時候，極易導致放電路徑全部貫通，使得絕緣材料永久破壞造成電力設備的燒損。

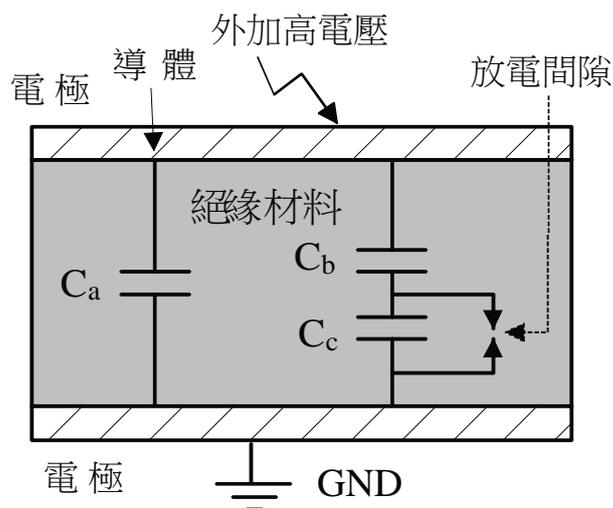


圖 13

如果在材料的絕緣缺陷處產生局部放電現象，則在兩極間或電極與絕緣材料間並未形成完全短路狀態，此時絕緣特性的破壞僅發生於該間隙之中，一般將之等效為電容器

等效模型如圖 13 所示，等效公式如下所示。

$$C_T = \frac{C_b \times C_c}{C_b + C_c} + C_a$$

$$C_c = \frac{\epsilon_c \times A_c}{d_c}$$

$$V_c = V_t \times \frac{C_b}{C_b + C_c}$$

C_a ：絕緣介質中總靜電容量 [mF]

C_c ：放電間隙之靜電容量 [mF]

C_b ：與放電間隙串聯之介質靜電容量 [mF]

A_c ：間隙內兩極之等效面積(與電場方向垂直) [mm^2]

d_c ：放電間隙距離(與電場方向平行) [mm]

V_t ：外加端電壓 [kV]

V_c ：空隙內電壓值 [kV]

氣體絕緣開關設備乃藉 SF_6 氣體及環氧樹脂(Epoxy Resin)絕緣件作為高電壓的絕緣媒介。氣體絕緣開關設備的絕緣特性劣化主要可大略分為下述原因：

- 因氣封不良而造成 SF_6 氣體洩漏導致密度降低。
- 環氧樹脂絕緣件的表面缺陷或內部空孔。
- 導體表面粗糙或缺陷。
- SF_6 儲氣槽內鐵屑引起靜電感應後附著於間隔器上造成放電。
- SF_6 氣體本身純度降低或劣化。
- 內部零組件移位造成電場分布變動。
- 內部零組件因接觸不良造成電位浮動。

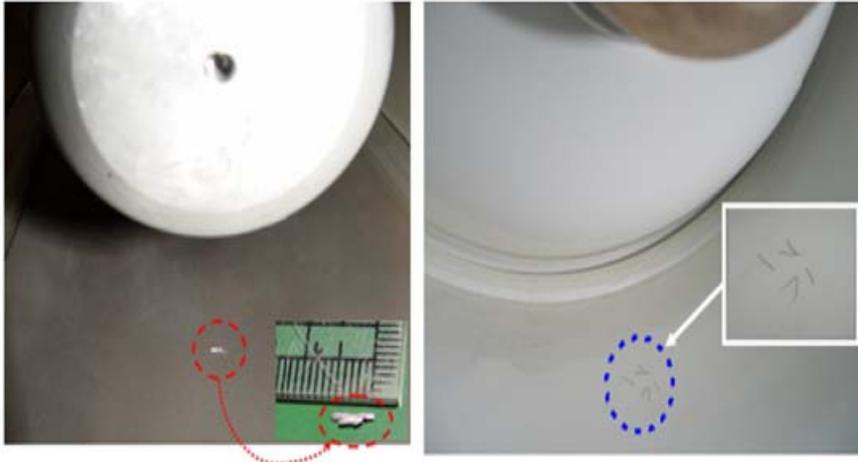


圖 14 內部金屬異物

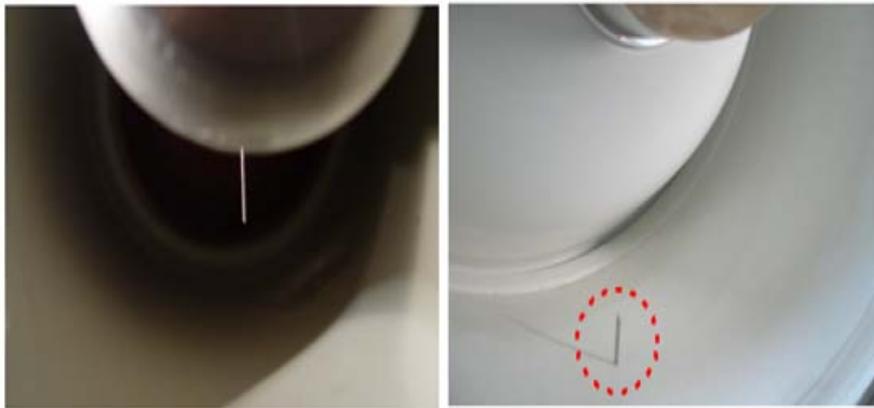


圖 15 導體上之突起物

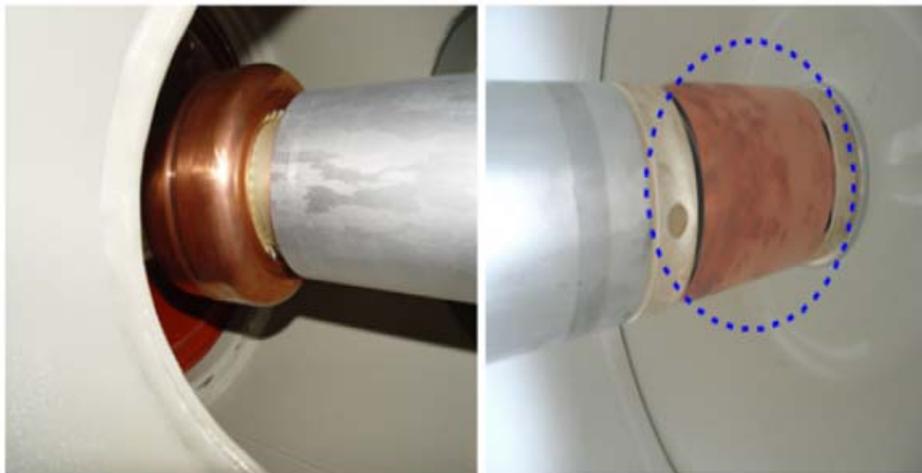


圖 16 浮動電位



圖 17 絕緣物缺陷

部分放電偵測原理是利用正常電壓輸送時，若因氣體絕緣開關設備有內部金屬異物(圖 14)、導體上有異常突起物(圖 15)、螺絲未鎖緊或導體未密合所產生之浮動電位(圖 16)、絕緣物上有空洞現象(圖 17)，因上述四種模式是會產生異常之超高頻電磁波，藉由部份放電傳感器偵測到超高頻電磁波，再利用 Neural Network 理論判別，故障之型式，並研判是否有立即上之危險如圖 18 所示。

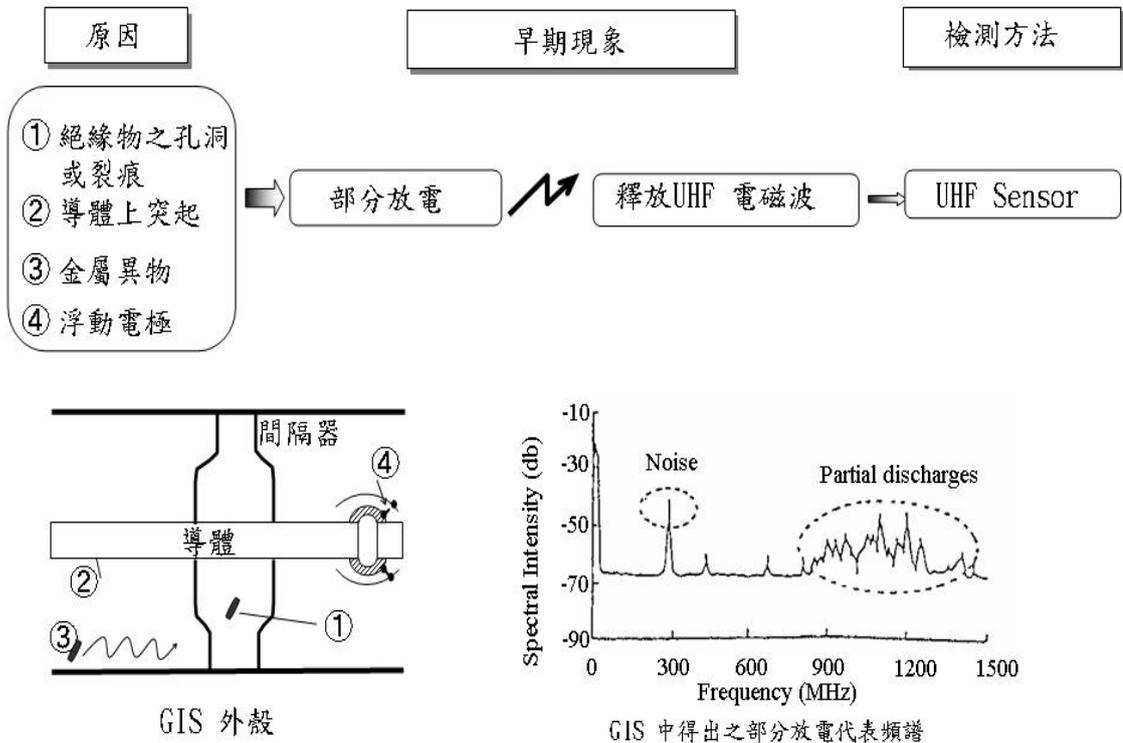


圖 18

(二) 系統架構：

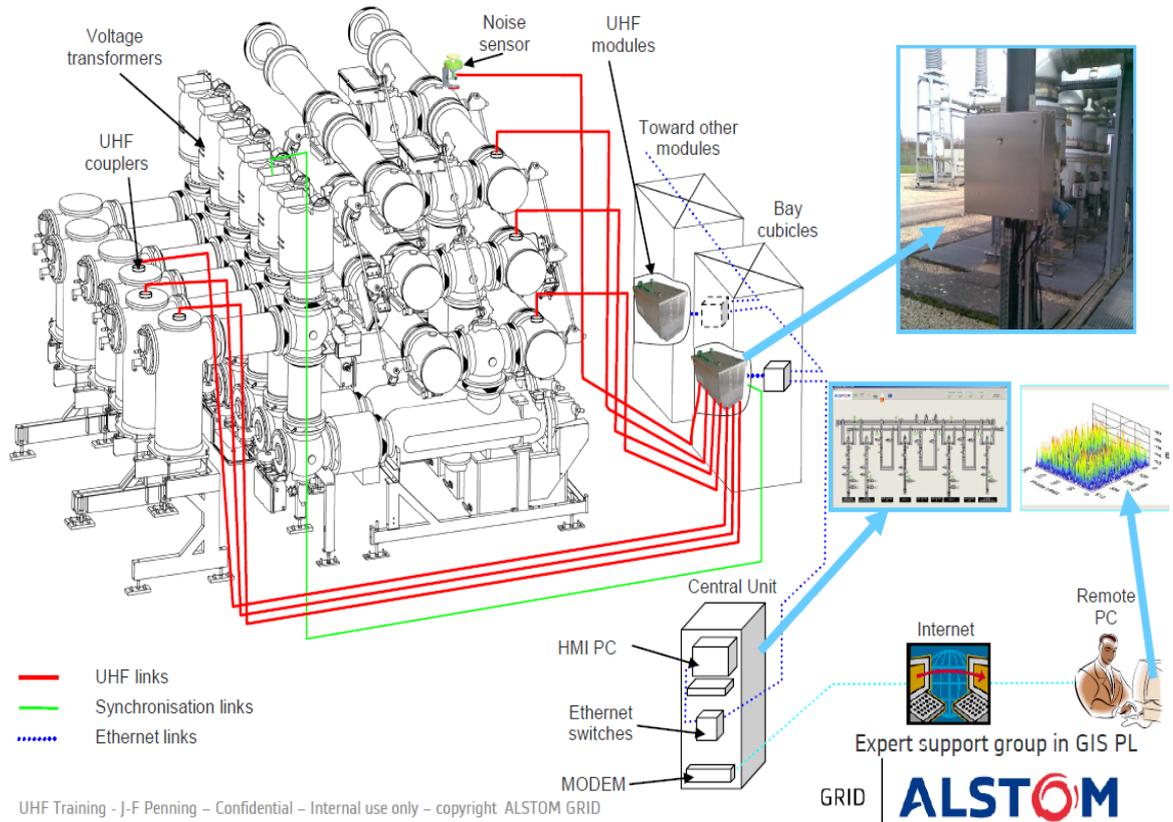


圖 19

圖 19 為 PD-watch 設備配置示意圖，設計者會經過計算後決定傳感器(UHF Couplers)及噪音傳感器(Noise Sensor)設置位置，傳感器接至資料蒐集箱後再將資料送至專家診斷系統進行資料分析。

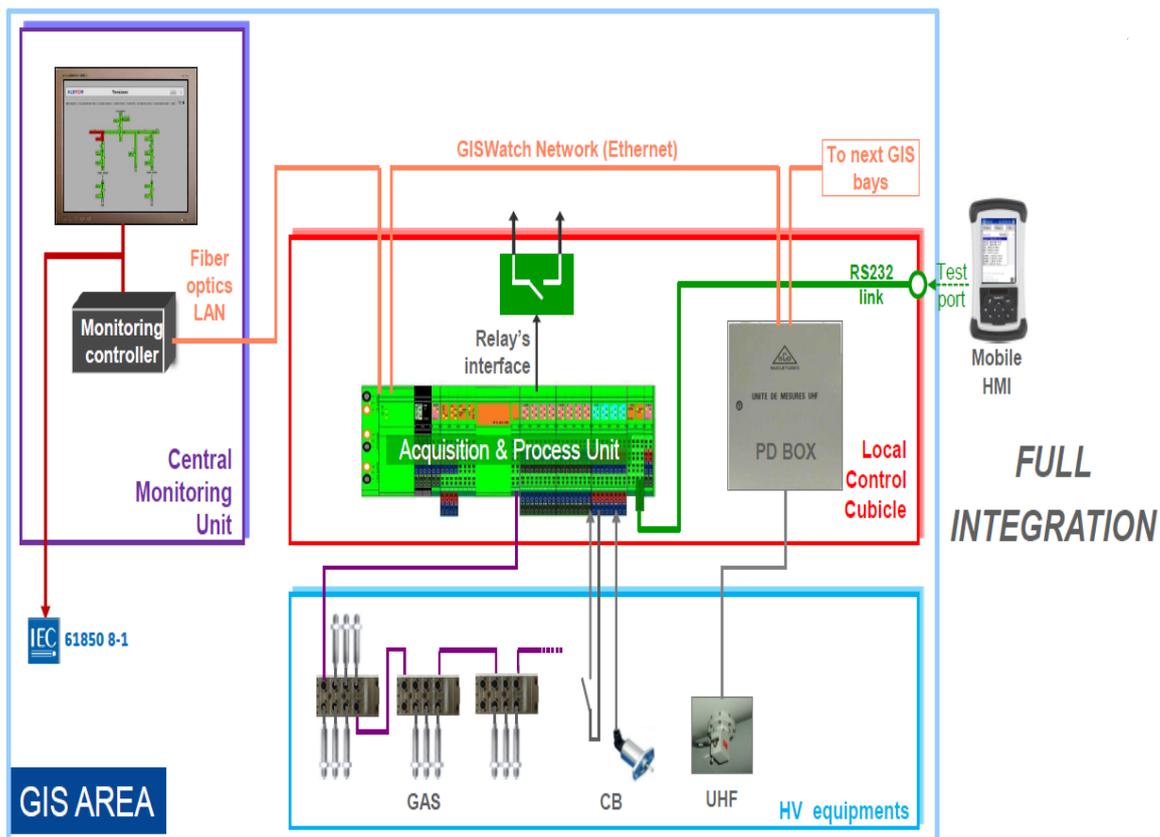


圖 20

圖 20 為 B-watch3 與 PD-watch 整合之系統架構圖，可於同一台電腦上監看氣體絕緣開關設備運轉情況及部分放電情形。

(三) 操作介面：

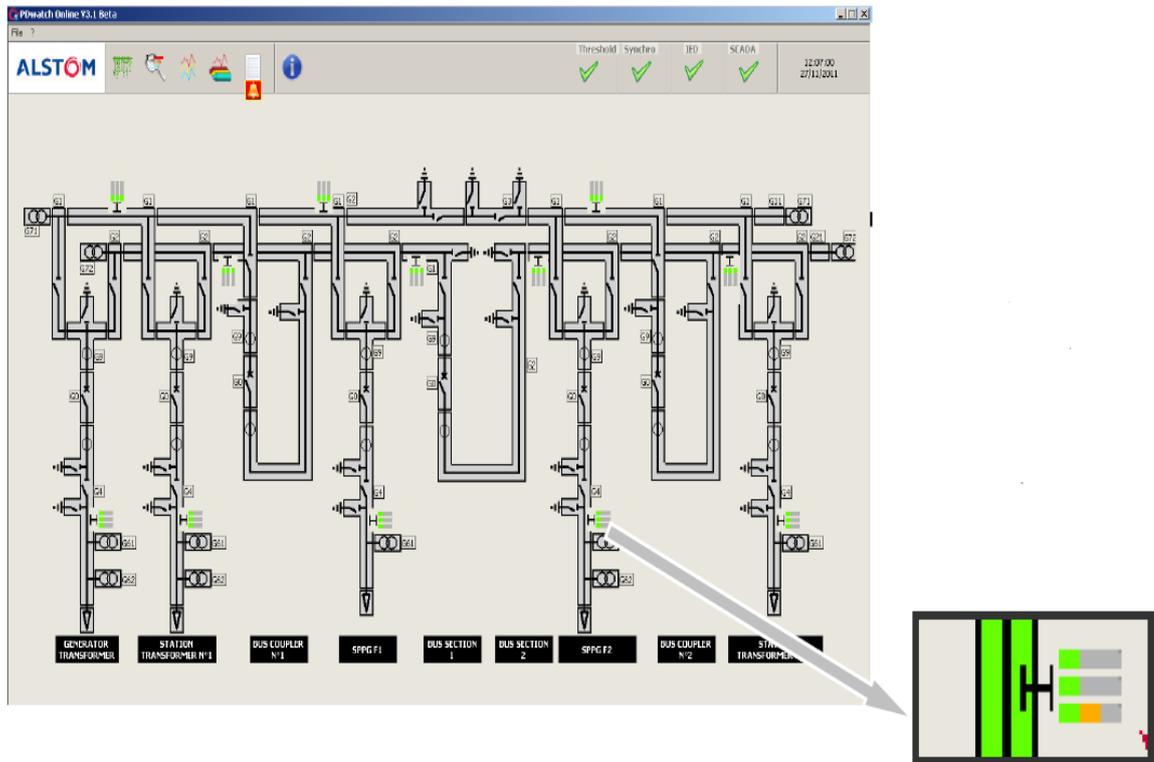


圖 21 部分放電偵測畫面



圖 22 部分放電偵測頻譜圖

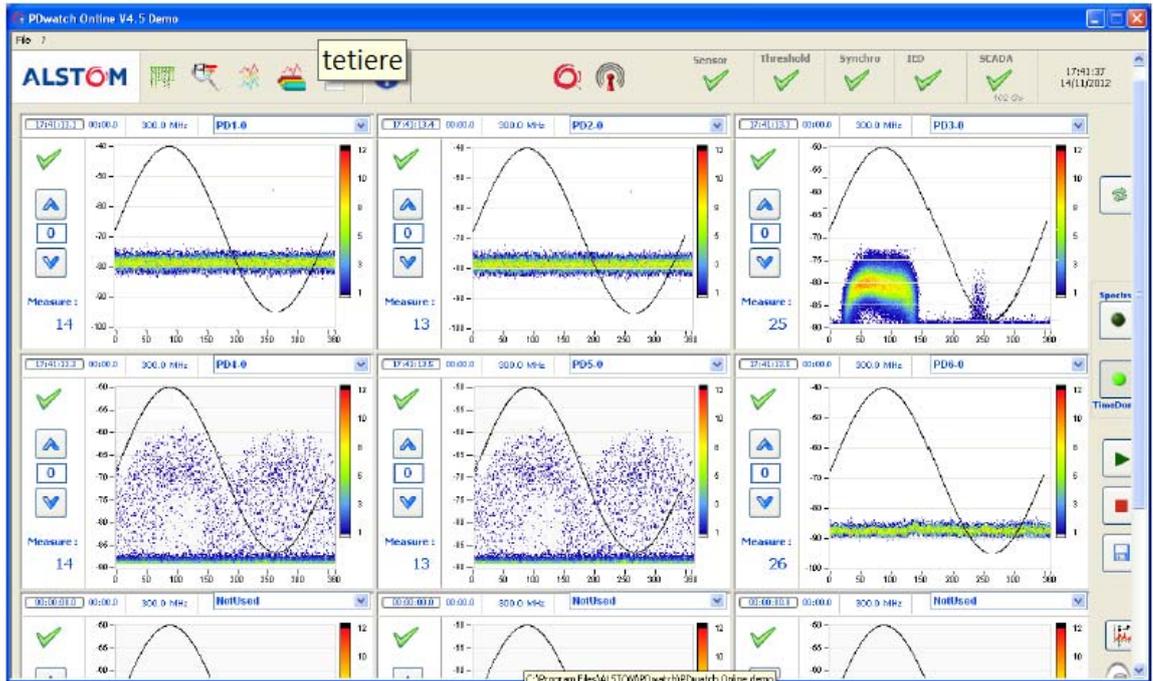


圖 23 部分放電偵測頻譜圖

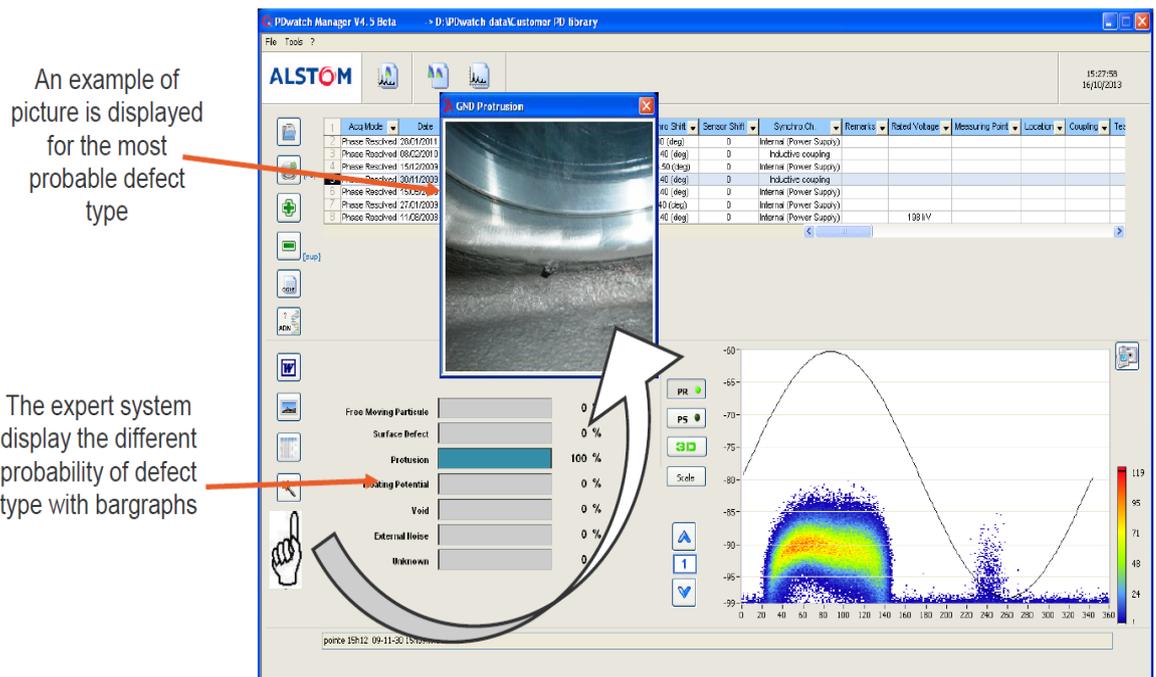


圖 24 部分放電偵測頻譜圖

藉由偵測到的頻譜圖經由專家診斷系統診斷出部分放電的原因及位置，圖 24 為系統診斷出部分放電的原因為導體上有異常突起物，當發生部分放電初期，系統即時警報，現場維護人員將可提早進行維護，預防事故的發生。

三、氣體絕緣開關設備(GIS)技術交流

Alstom 曾交貨台電公司 T105 型及 B105 型氣體絕緣開關設備共計 10 套，所使用的外殼為鋁合金，斷路器的操作機構為彈簧操作，每一型式的氣體絕緣開關設備皆有破裂片之設計，環氧樹脂(Epoxy Resin)絕緣件包封在金屬殼內(圖 25)，不同其他廠牌設計為外露型式(圖 26)，可避免因氣候環境等因素老化，延長絕緣件壽命。另外值得一提的是 Alstom 公司已有氣體絕緣開關設備延長壽命的實績。

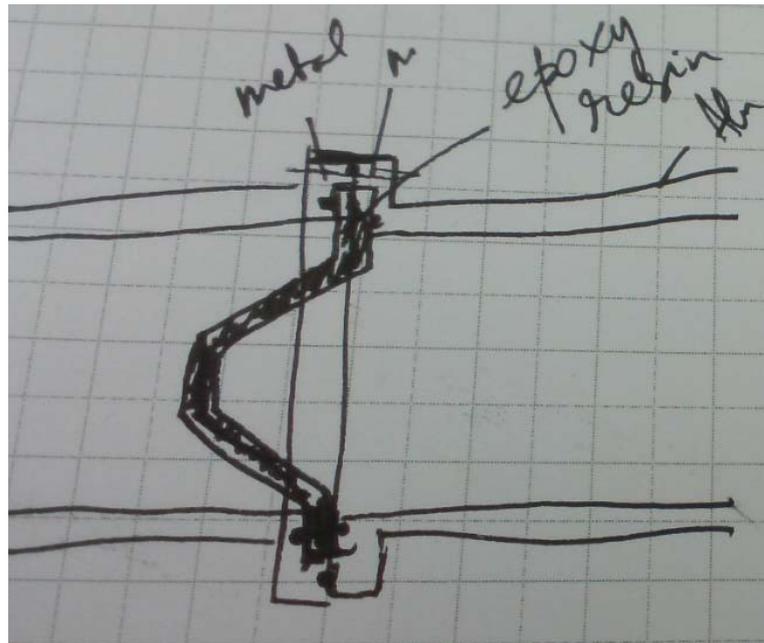


圖 25

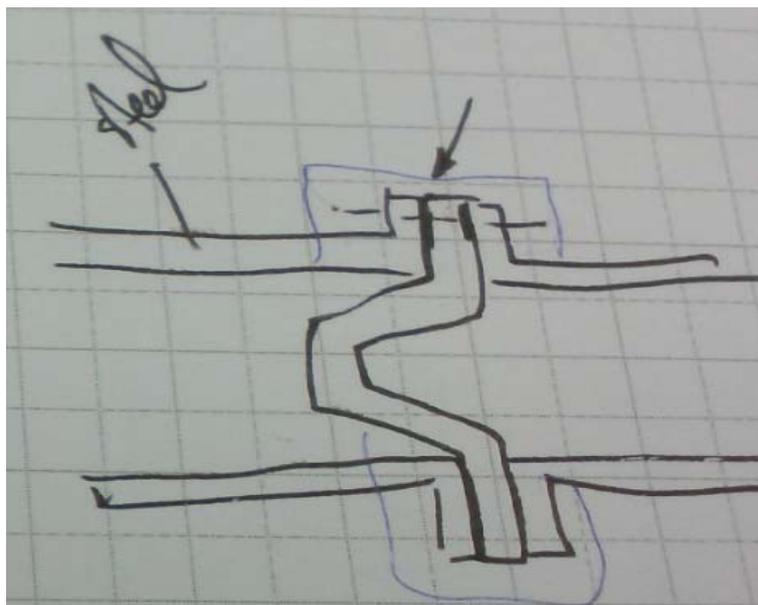


圖 26

肆、 心得及建議

本次出訪 Alstom 除了實習智慧型氣體絕緣開關設備及運用維護外，剛進 Alstom 接待處就陸續有人來拜訪，原來這個工廠除了生產製造氣體絕緣開關設備外，還有電力相關課程的訓練服務例如預防感電課程、環境風險管理、發電機操作維護課程、變壓器相關課程、氣體絕緣開關設備相關課程、電力系統相關課程等，提供非常的完善，部份課程學員可先於線上網路學習後，再至現場實地演練，本公司可嘗試對外招收學員辦理類似服務增加民眾對電力設施的了解。

品質優良的氣體絕緣開關設備不只要有好的設計更要有好的品管，在參觀工場方面現場製造人員落實 ISO 的品管制度，於每個製造細節作詳實的品管記錄，每區都有負責的製造工作及生產流程，分工及動線非常清楚，廠內明亮，並要求參觀人員戴安全帽及穿安全鞋，不可離開參觀動線，對工安非常重視，在採購設備方面應要求設備製造商落實 ISO 的品管制度，產品品質才有保障。

智慧型氣體絕緣開關設備除可預防事故的發生，亦大幅減少人員操錶時間，偵測斷路器的運轉資料有助於氣體絕緣開關設備延長壽命的評估，建議如有預算可在上述提到 Alstom 交於本公司氣體絕緣設備裝設。