

出國報告審核表

出國報告名稱：電力變壓器之智慧化監控

| | | |
|------------------------|-------|--------|
| 出國人姓名 (2人以上，以1人為代表) | 職稱 | 服務單位 |
| 陳式禮 | 電機工程師 | 台灣電力公司 |

出國類別 考察 進修 研究 實習
其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)

出國期間：102年06月04日至102年06月13日 報告繳交日期：102年08月08日

| | |
|--------------|--|
| 出國計畫主辦機關審核意見 | <p><input checked="" type="checkbox"/>1.依限繳交出國報告</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>3.無抄襲相關出國報告</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>4.內容充實完備</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>5.建議具參考價值</p> <p><input type="checkbox"/>6.送本機關參考或研辦</p> <p><input type="checkbox"/>7.送上級機關參考</p> <p><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</p> <p><input checked="" 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"/>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_____</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>10.其他處理意見及方式： <p style="font-size: 1.2em; margin-top: 10px;">報告內容理論多采務業具，並介紹最新產品趨勢，可供本公司建置智慧電網(Smart Grid)之參考</p> </p> |
|--------------|--|


 副處長
102.8.14
劉金溢

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 |  |
| |  | |  |  |  | | | |

課長 經理 劉副座

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：電力變壓器之智慧化監控

頁數 23 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：

陳式禮/台灣電力公司/中區施工處/變電設計專員/ (04) 25211694

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：102 年 06 月 04 日至 102 年 06 月 13 日 出國地區：德國

報告日期：102 年 08 月 08 日

分類號/目

關鍵詞：電力變壓器(Power Transformer)、智慧化監控 (Intelligent Monitoring)、感測器(Sensors)、IEC 61850

內容摘要：(二百至三百字)

因應未來電網智慧化之需求，新設計之電力變壓器應盡量減少實體接線，能自動監控並紀錄油溫、線溫、有載分接頭位置及冷卻系統運轉狀態等，並能繪製長期運轉狀態曲線圖，其冷卻系統應能自動控制，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。由於最新之變壓器智慧化監控與傳統變壓器之監控方式截然不同，爰有必要提早搜集相關技術及採購規範內容，本文將就本次出國研習有關最新電力變壓器之智慧化監控之技術，以及參訪 ABB 與 MR 公司之設備工廠之目的、行程與心得作完整說明，並於文末提出建議事項，作為本公司規劃及建置該設備時參考。

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

出國報告（出國類別：實習）

電力變壓器之智慧化監控

服務機關：台電輸工處中區施工處

姓名職稱：陳式禮 八等電機工程師

派赴國家：德國

出國期間：102.06.04~102.06.13

報告日期：102.08.08

目 錄

| | |
|---------------------------------------|----|
| 壹、實習計畫緣由及目的 | 2 |
| 貳、出國實習過程 | 3 |
| 參、實習心得-智慧化監控設備 | 4 |
| 一、產品發想的由來 | 4 |
| 二、變壓器智慧化監控情境..... | 4 |
| (一)實體接線差異分析 | 4 |
| (二)智慧化監控之情境說明 | 6 |
| 三、智慧化監控設備的元件與規格 | 9 |
| (一)平台系統 | 9 |
| (二)感測器..... | 11 |
| (三)人機介面軟體..... | 14 |
| 四、MR公司在智慧化監控系統後之最新應用 | 15 |
| (一)Integrated Smart Module, ISM | 16 |
| (二)依據ISM概念研發之產品 - TAPMOTION ED | 16 |
| 五、通訊協定 IEC61850 簡介 | 18 |
| (一)IEC61850 起源與內容簡述..... | 18 |
| (二)IEC61850 之於 TCP/IP 架構的傳輸說明..... | 19 |
| (三)協定特色 | 21 |
| 肆、實習心得與建議事項 | 22 |
| 一、實習心得 | 22 |
| 二、建議事項 | 23 |

壹、實習計畫緣由及目的

在電力傳輸系統中電力變壓器乃一極為重要的設備，尤其在輸變電系統中更扮演著相當重要的角色，故其健康狀況對於輸變電系統影響相當廣泛；一旦發生嚴重事故而使變壓器燒損時，將引起各界關注及民眾恐慌，進而可能對變電所的安全性產生質疑，故如何即時研判目前運轉中的變壓器之狀態，將有助於避免代價昂貴的故障狀況發生。

因應未來電網智慧化之需求，新設計之電力變壓器應盡量減少實體接線，能自動監控並紀錄油溫、線溫、有載分接頭位置及冷卻系統運轉狀態等，並能繪製長期運轉狀態曲線圖，其冷卻系統應能自動控制，平均分配動作時間，使其達到最佳化運轉，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。

由於最新之變壓器智慧化監控與傳統變壓器之監控方式截然不同，爰有必要提早搜集相關技術及採購規範內容，以因應未來採購之需求。

關鍵詞：電力變壓器(Power Transformer)、智慧化監控 (Intelligent Monitoring)、感測器(Sensors) 、IEC 61850

貳、 出國過程

本次出國實習分別赴德國 ABB 公司及 MR 公司，實習電力變壓器之智慧化監控技術，期間過程茲分述如下：

一、 往程【102.06.04】：台北 → 法蘭克福。

二、 德國 ABB 公司【102.06.05 ~ 102.06.07】：

赴德國 ABB 公司哈雷(Halle)變壓器維修中心研習電力變壓器監控系統 TEC 之原理、特性、監測及診斷等相關技術。

三、 德國 MR 公司【102.06.07 ~ 102.06.11】：

赴 MR 公司雷根斯堡(Regensburg)總部及訓練中心研習電力變壓器監控系統 TRAFUGUARD 相關技術及智慧變電所相關設備。

四、 返程【102.06.11 ~ 102.06.16 (含順道觀光 3 天)】：法蘭克福 → 台北。



由左至右：

Valeria、本人、Magnus 及 Daniel



由左至右：

Markus、本人及 Pecs

參、實習心得 - 智慧化監控設備

一、產品發想之由來

本次參訪的兩家公司不約而同地具體說明：由於電力變壓器在整個輸變電系統之戰略地位可謂樞紐，爰無論是考量變壓器設備成本、系統調度作業之穩定度及可靠度，關鍵因素之一：即在於能否**即時(Real-time)**掌控變壓器之狀態，正如同計程車公司遭遇客人呼叫乘車，指派哪一輛計程車前往提供乘載服務的決策過程，計程車距離客人的遠近、計程車是否空車之狀態等等因素均須一一考量，此即 Fleet Management。對應到電能之供需過程，應由何部變壓器提供電能服務，變壓器之負載狀態是輕載或是滿載、自身設備元件狀態是否需要進行保養或維護等均須獲得掌握，方能有效進行控制，此即 Fleet Management 之控制模式，亦為電力變壓器智慧化監控系統產品發想之由來。

二、變壓器智慧化監控情境

(一) 實體接線差異分析

如圖 1 所示，裝設於變壓器之電驛，其信息透過點對點實體接線方式引接至控制室，是以，盤面及實體接線多，施工亦繁雜。

如圖 2 所示，智慧化監控設備係透過各種感測器的信息(data)，連接至其平台系統之輸入基板後，收集與處理這些輸入信息形成數據(information)，並透過軟體及韌體(內容皆以電腦程式語言撰寫，主要以廠商設備設計經驗與 IEEE 等學理模型為主)來判斷數據是否足以形成事件(event)，再透過實體為光纖的網路傳輸方式，將資料傳至中控室或遠端，並可於個人電腦上透過網站介面顯示該變壓器的狀態。

比較圖 1 及圖 2，採用智慧化監控設備，具有減少實體接線及盤面數、甚至施工上亦相對簡易等優點。

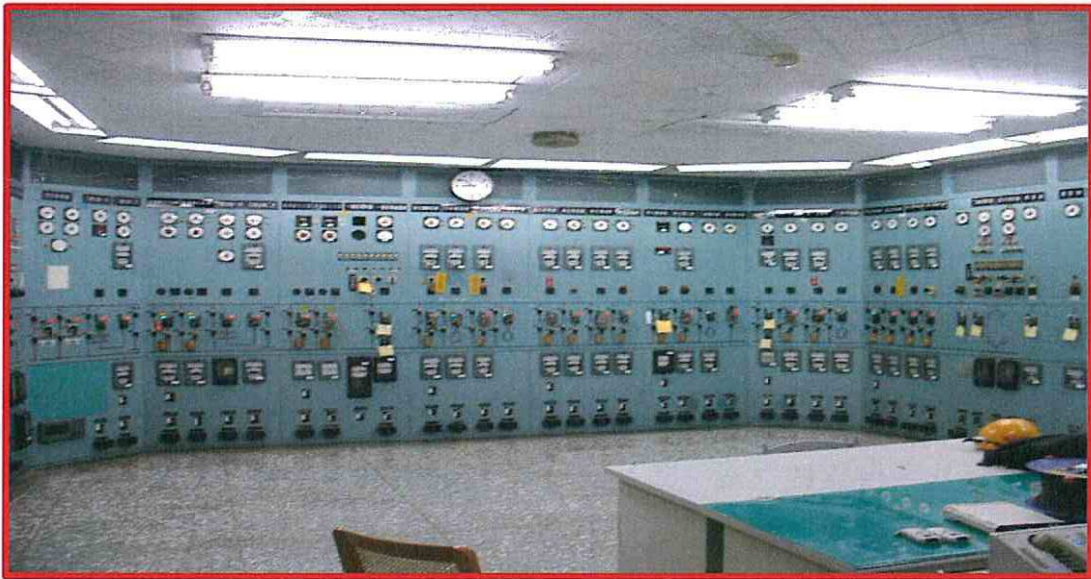
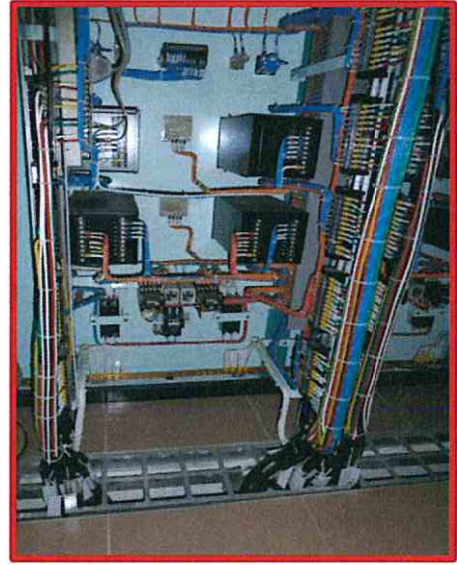
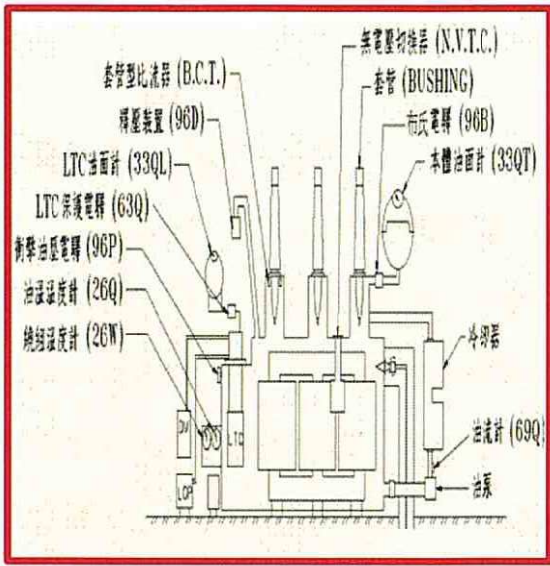


圖 1 變壓器監控之現況

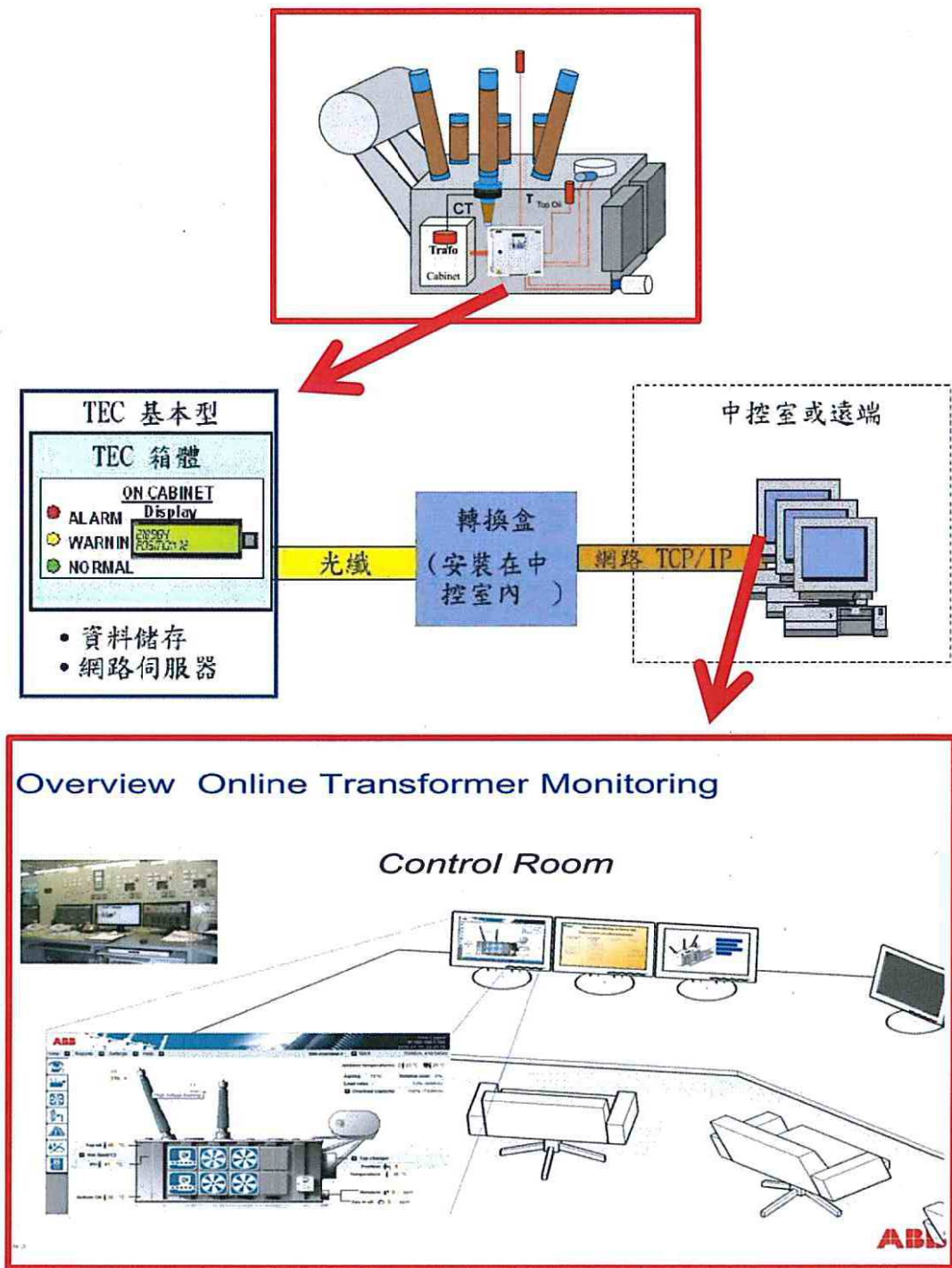


圖 2 變壓器智慧化監控設備之模擬圖(以 ABB 公司產品 TEC 為例)

(二) 智慧化監控之情境說明

1. 以 ABB 公司之產品為例，進入系統首頁(如圖 3)，左方索引標籤歸類在「眼睛+變壓器」，該頁面內容包含有：變壓器溫度、負載電壓及電流、周溫與設備壽命與過載能力、OLTC 位置與其濕度及溫度、油中氣體/水分與冷卻系統等資訊。

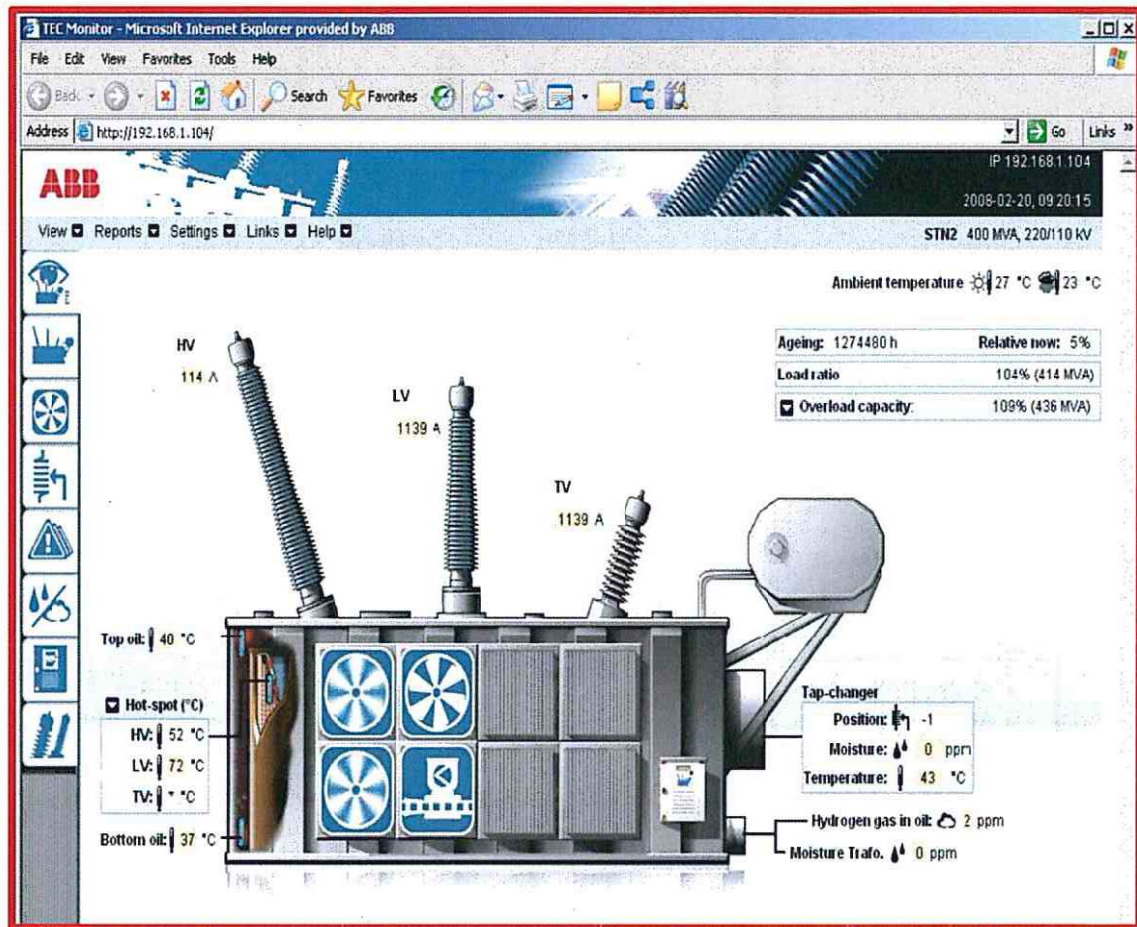


圖 3 TEC 於瀏覽器上之網頁畫面

2. 事件分類

無論 ABB 或者是 MR 公司，收集信息、處理信息所成之數據，乃至所構成之事件(Event)，大致上依該事件對變壓器或監控設備之平台系統可能造成之影響程度，分作下列數種等級，當發生符合等級之事件時，瀏覽畫面會顯示受影響的數值區側邊及受影響的快速索引標籤上產生一小的對應各等級之警報符號，另外，各個不同等級事件符號可同時顯示於瀏覽畫面(如圖 4)。

- (1) 注意事件(Normal)用於指示型動作，例如：「TEC 的門是開的」等事件。
- (2) 警告事件(Warning)用於表示已有些微問題且可能發展成更嚴重的問題，例如：「上部油溫開始變熱」等事件。

(3) 警報事件(Alarm)表示變壓器或 TEC 系統發生嚴重問題，例如：「當上部油溫上升到危險等級」，此時建議檢查原因並評估狀況。

(4) 跳脫事件表示發生極嚴重問題，建議變壓器立即停止運轉並檢查原因。

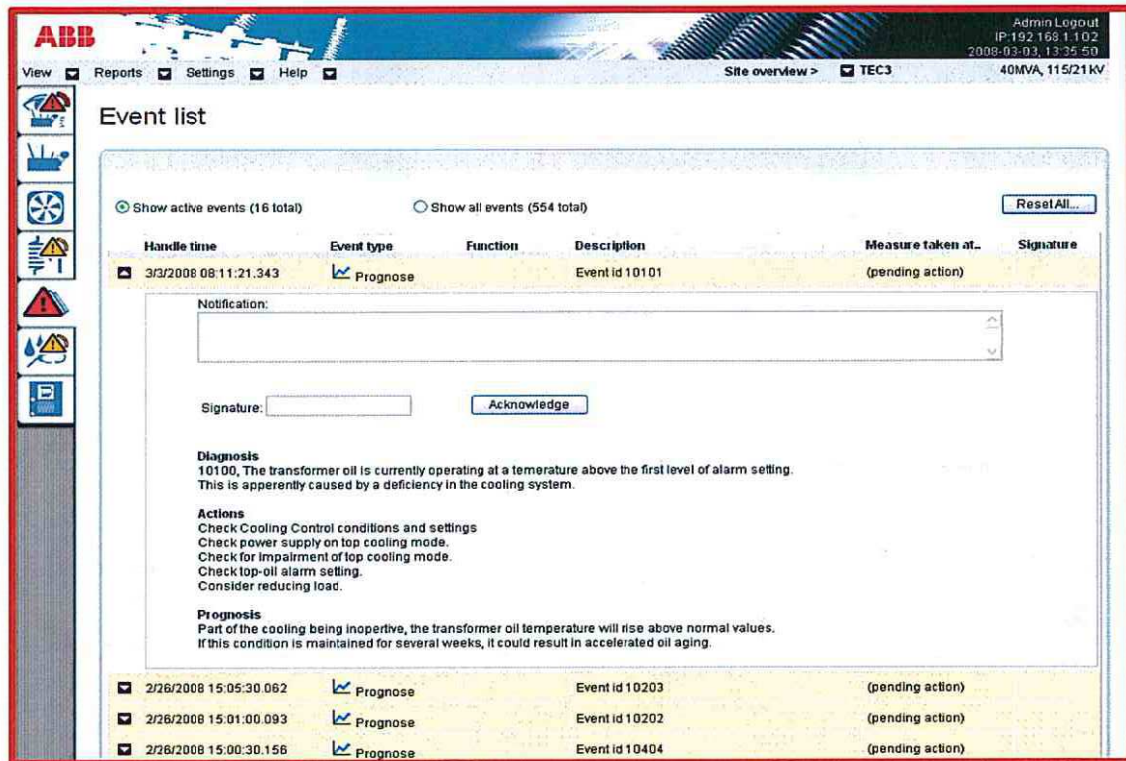


圖 4 警告事件與警報事件並存之網頁畫面

3. 智慧化監控模式說明

所謂智慧化監控係指：利用電腦程式語言將廠商經驗與國際期刊之學理模擬後，將其內建於監控設備，並將感測元件收集之信息化為數據與該模型共同演算(Algorithm)，以作為評估是否應該發生事件之依據或更動預測項目之數值。以熱點溫度預測為例(如圖 5)：

第一階段：當感測元件量測上部油溫與底部油溫時，透過平台系統內建之熱力學模型，演算取得熱點溫度。

第二階段：同一時間，取得演算之熱點溫度後，另一個索引標籤「熱點預測(Hot-spot forecast)」之溫度老化(Temperature ageing IEC normal paper)欄位顯示 177 小時。

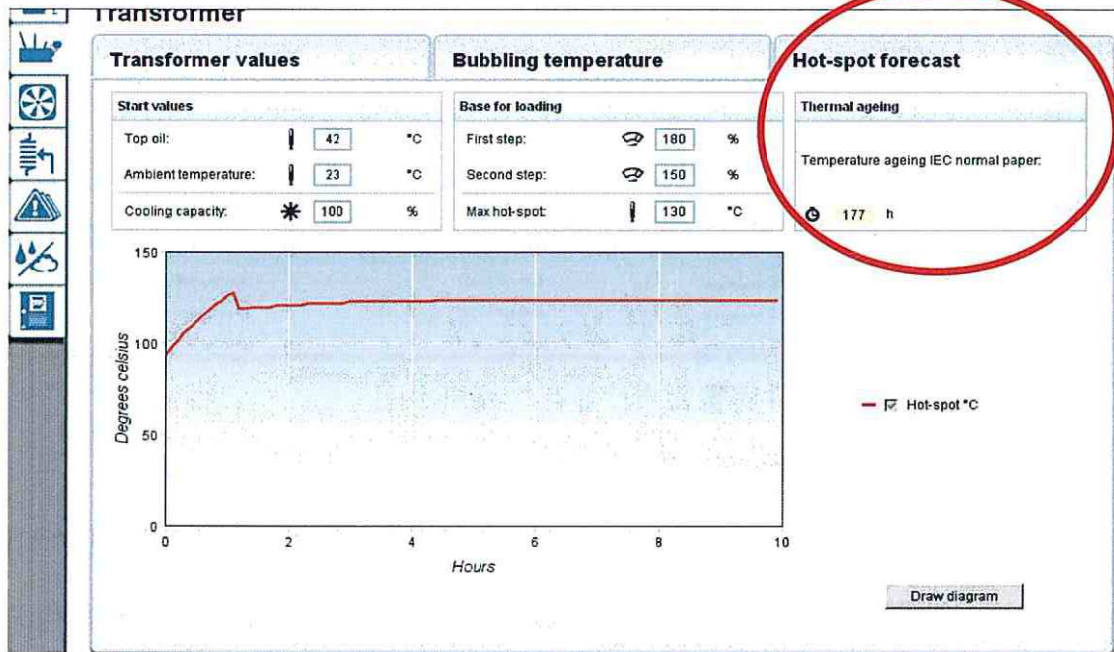
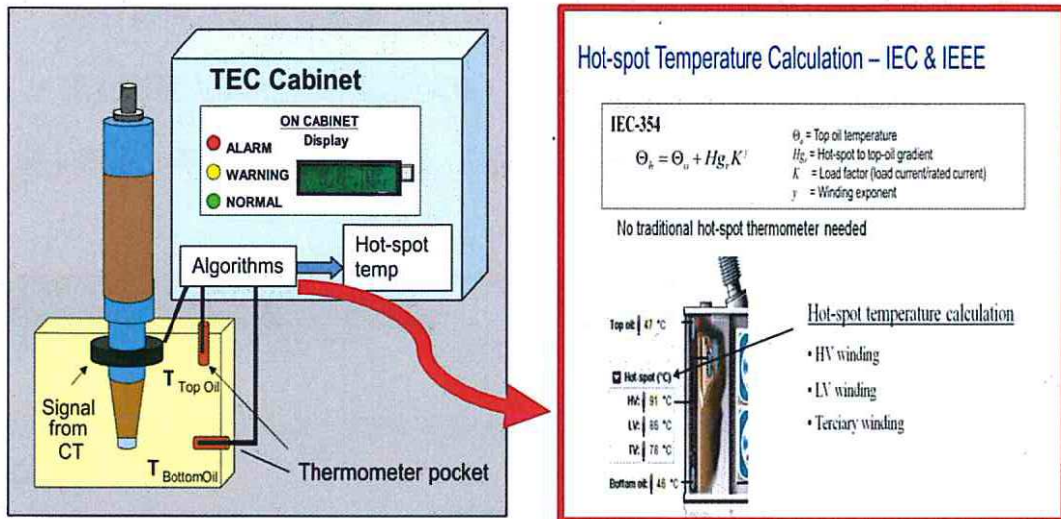

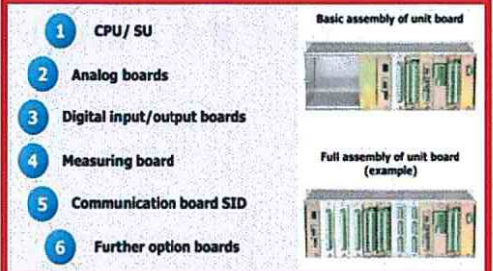


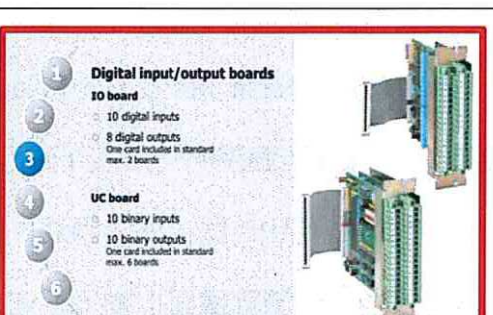


圖 5 智慧化監控示意圖

三、 智慧化監控設備之元件與規格

比較 ABB 公司之 TEC 產品及 MR 公司之 TRAFUGUARD 產品之組成，主要係包含下列元件：(一)平台系統 Platform、(二)感測器 Sensor 及(三)人機介面軟體 Human-interface soft，由於兩家公司產品之元件功能大同小異，茲以 MR 公司 TRAFUGUARD 產品為主要說明範例，說明如下：

(一) 平台系統

| 以 MR 公司 TRAFOGUARD 為例 | 說明 |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ● 正面，由上而下依序為：指示燈、RS-232 通訊埠、顯示器及操作鍵。 ● 經由 RS-232，可自行使用參數設定 |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ● 背面，支援隨插即用，包含六大單元：中央運算單元、類比信號單元、數位信號輸入/輸出單元、量測單元、通訊處理單元。 |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ● 中央運算單元，以 MOTOROLA 製造之 32 位元處理器為主。 ● 電源供應單元，提供 3 種級距電源 |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ● 類比信號單元 ● AD8 卡：可記錄 8 個類比輸入信號 (4-20mA) ● TEM 卡：連接 9 個數位溫度感測器，以及 2 個類比溫度感測器 Pt-100 |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ● 數位信號輸入/輸出單元 ● IO 卡：10 個數位輸入信號與 8 個備用數位輸出 ● UC 卡：10 個數位輸入信號與 10 個備用數位輸出 |

| | |
|--|--|
|  <p>Measuring board MI board</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 measurement input for load current <ul style="list-style-type: none"> 0.2 A 1 A 5 A 1 measurement input for load voltage <p>Further MI board for measuring motor voltage and motor current of OLTC drive One card included in standard max. 2 boards</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 量測單元 ● 取得 CT 電流，PT 電壓之訊號。 ● 亦可取得 OLTC 驅動馬達的電壓及電流訊號。 |
|  <p>Communication board SID</p> <ul style="list-style-type: none"> Visualization via PC Control centre communication in acc. with IEC 61850 2 GB disk space (including for operating data) board included in standard <p>Data transfer once per minute Visualization Control room</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 通訊處理單元 ● 可使系統相容於 IEC61850 通訊協定。 ● 讓使用者透過 PC 操作，充分滿足設備可視化效果。 |
|  <p>Further option boards</p> <p>MCI board</p> <ul style="list-style-type: none"> Media converter board for RJ45/Ethernet to fibre optic <p>AC board</p> <ul style="list-style-type: none"> 50V DC supply | <ul style="list-style-type: none"> ● 擴充處理單元。 ● AC Board 可提供 60V 的 DC 電源。 ● MCI Board 提供乙太網路 RJ-45 與光纖之間的實體轉換服務。 |

圖 6 平台系統之組成元件說明圖

(二) 感測器

1. 油中氣體/水分感測器

油中氣體分析技術 DGA 粗略可分為單氣體分析與多氣體分析兩大類技術，ABB 與 MR 公司目前大都外購相關組計以提供服務，目前主流產品有 GE Syprotec 公司 Hydran M2 及 GE Kelman 公司 TAPTRANS 兩種，其性能業已摘要作表說明（如表 1）。

監控實務上，以 ABB 公司之 TEC 產品為例，係透過油中氣體偵測器，將其標示並儲存其數據後，於瀏覽畫面上顯示目前之氣體數值及氣體含量隨時間變化之趨勢圖形，以供使用者觀察油中氣體含量的變化趨勢是否與負載有關，及監測變壓器是否有過

熱等異狀發生，並可將相關圖資以*.CSV 檔案格式列印(如圖 7)。

同理，在油中水分之偵測技術分析上，係將濕度感測器所測得之數值儲存成其數據，並計算變壓器油中水分含量，以 ppm 或相對濕度 RH%表示之，使用者於可於瀏覽畫面之圖形中觀察到油中水分含量之趨勢，進而採取適當的水分管理措施。

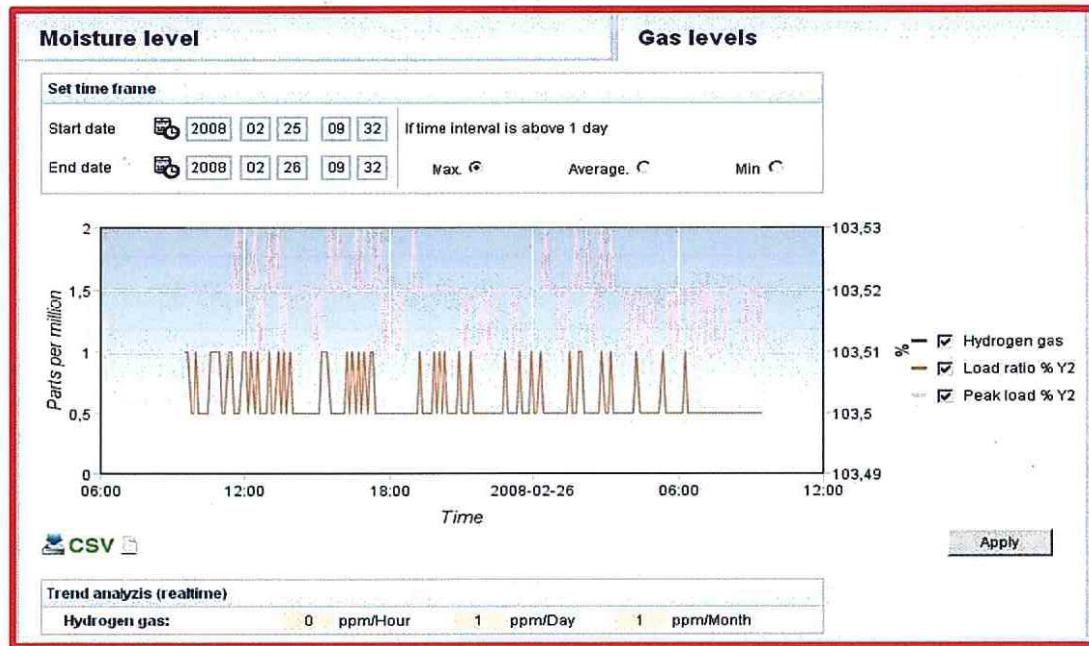
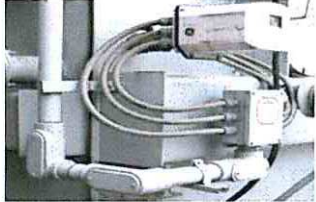



圖 7 TEC 之油中氣體/水分偵測功能視窗

表 1 油中氣體監測設備性能摘要

| 製造公司 | GE Syprotec | GE Kelman |
|------------------------------------|---|---|
| 產品名稱 | Hydran M2 | TAPTRANS |
| 圖片 |  |  |
| 測量範圍與精度 | 濕度：0 ~ 100 %RH，±2% 氣體：0 ~ 2000，±25ppm | 濕度：0 ~ 100 %RH，±5% 氣體：0 ~ 5000，±1 ppm |
| 可偵測氣體數 | 超過 1 種 | 8 種 |
| H ₂ (氫) | 100% | 100% |
| CO (一氧化碳) | 18% | 100% |
| C ₂ H ₂ (乙炔) | 8% | 100% |
| C ₂ H ₄ (乙烯) | 1.5% | 100% |
| CH ₄ (甲烷) | - | 100% |
| CO ₂ (二氧化碳) | - | 100% |
| CH ₄ (甲烷) | - | 100% |
| C ₂ H ₆ (乙烷) | - | 100% |
| O ₂ (氧) | | 100% |
| 技術種類 | 簡單成份及 TGA | 多成份 |
| 相對濕度 RH% | 100% | 100% |
| 通信模組 | RS-232、RS-485 | RS-232、RS-485、乙太網路及 GSM 無線傳輸 |
| 外部感測器 | 4 個 | 5 個，另有 3 個 12~30V DC 數位輸入端。 |
| 價格 | 4,000 歐元 | 25,000 ~ 35,000 歐元 |

2. 溫度感測

溫度感測器一般經信號轉換器，連接至平台系統之信號輸入板(如圖 9)，由於皆為該公司之自製品，因此，技術規範主要係以輸送信號 4 ~ 20 mA 作為要求項目，大於 22 mA 及小於 4 mA 狀態判定為無效信號。

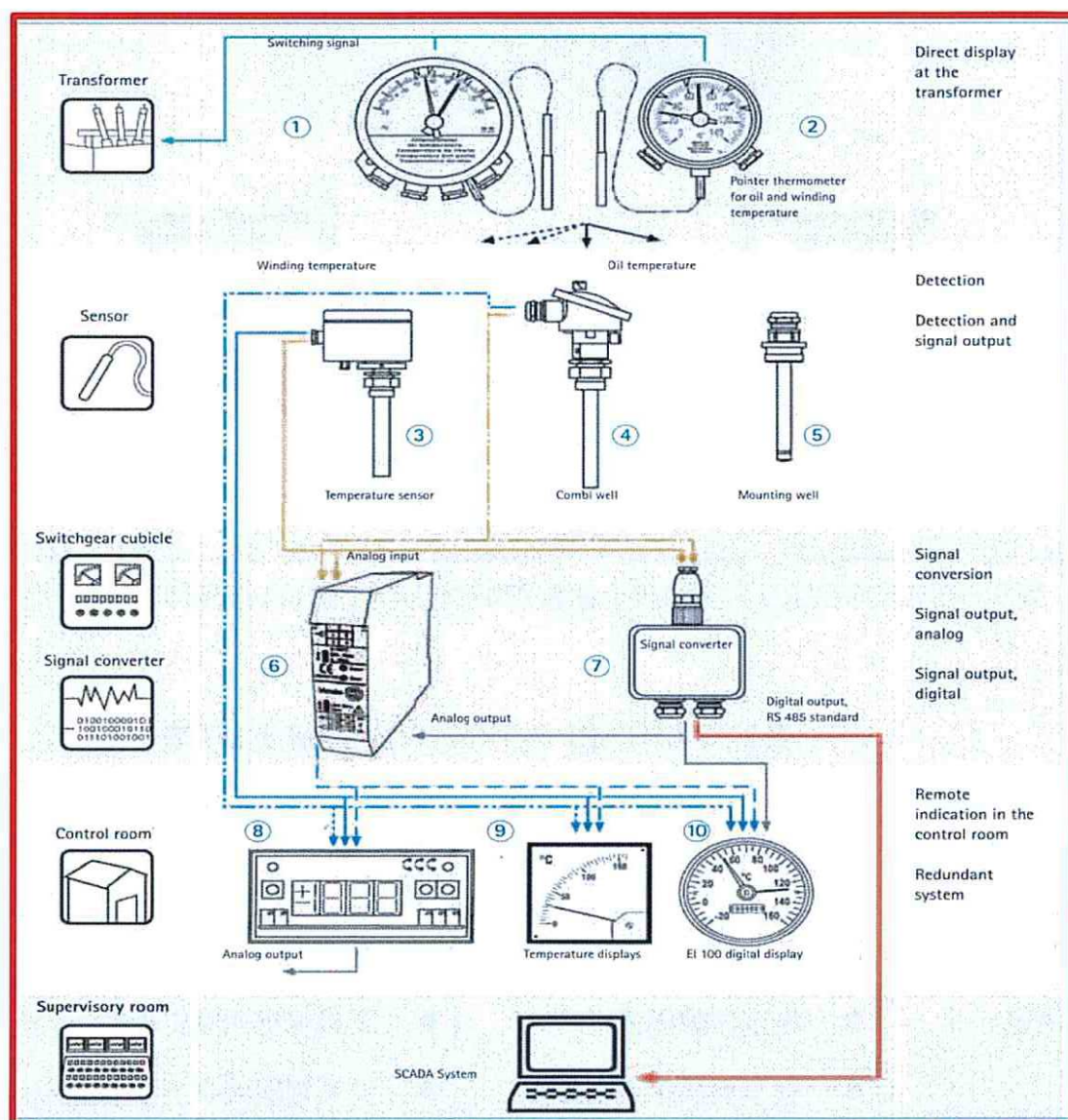


圖 8 溫度感測器連接示意圖

(三) 人機介面軟體

以 MR 公司 TRAFUGUARD 為例，人機介面軟體分為 TRAFOSSET 及 TRAFOVISOR 兩個子系統(如圖 9)，兩子系統之編譯語言及用途摘要詳表 2 說明，由於二者子系統的編譯語言均屬常見，爰技術規範擬

定方向至少可朝教育訓練時數著手。

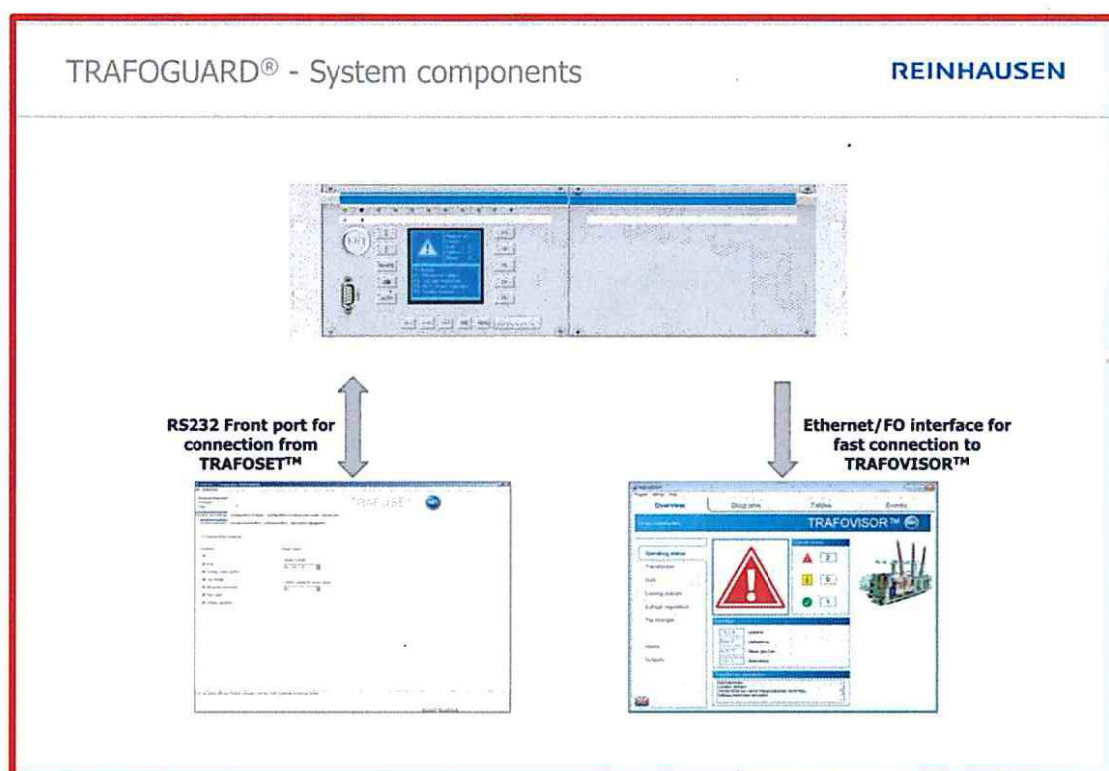


圖 9 TRAFUGUARD 與其介面軟體關聯性示意圖(資料來源：MR 公司)

表 2 TRAFOSSET 及 TRAFOVISOR 摘要說明表

| 系統名稱 | TRAFOSSET | TRAFOVISOR |
|------|--|--|
| 編譯語言 | Delphi | LabView |
| 通訊介面 | RS232 串列埠 | RJ45 或光纖 |
| 用途 | <ul style="list-style-type: none"> ● 設定參數極值 ● 在不更換韌體前提下，可定義新的指示燈號。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 下載現況與歷史資料 ● 於瀏覽器網頁上觀看圖形 |

四、MR 公司在智慧化監控系統後之產品應用

(一) Integrated Smart Module, ISM

MR 公司於 2009 年至 2012 年研發 TRAFUGUARD 智慧化監控設

備，並於 2012 年依據該設備研發經驗，定義了 **Integrated Smart Module**(簡稱 **ISM**)系列之產品，如圖所示，該 ISM 系列產品要素包含：

1. **資料取得** 可從類比信號或數位訊號取得資料。
2. **量測與計算** 不管是負載電流、電壓及溫度皆可量測，並依據指令計算。
3. **實際值顯示** 即時顯示實際量測到的數值。
4. **通訊與虛擬化** 包含網路瀏覽畫面虛擬化，甚至是滿足通訊協定，達到連接「自動化數據採集與監控系統(supervisory control and data acquisition, SCADA)」目標。

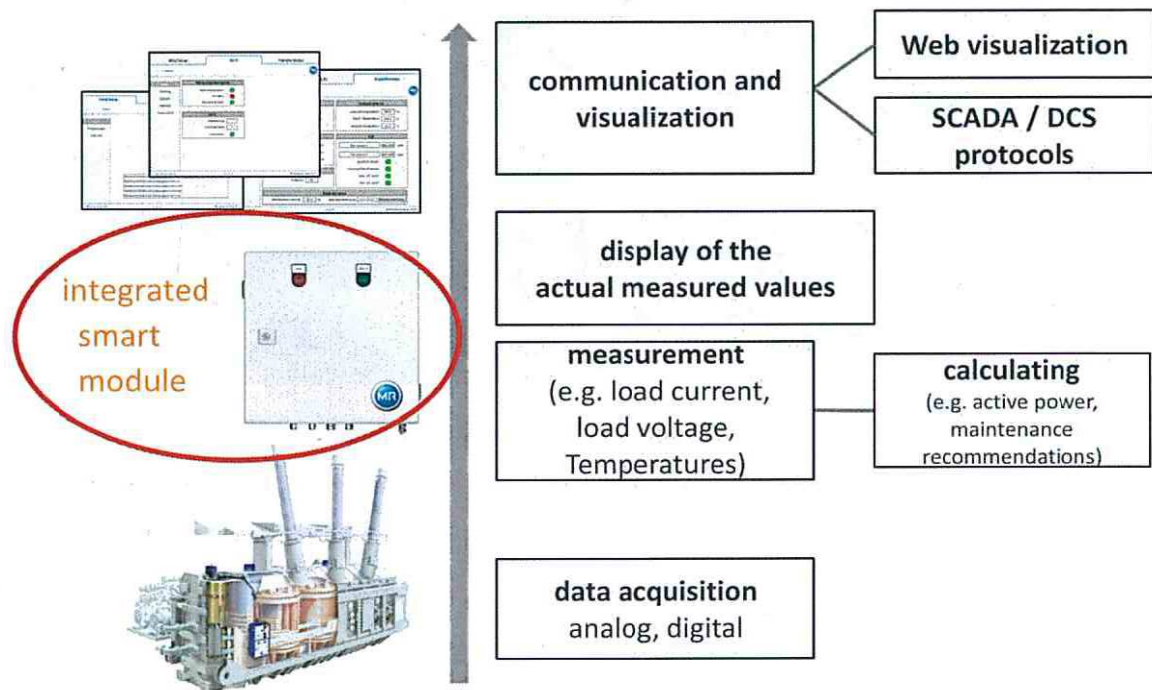


圖 10 MR 公司 ISM 產品概念示意圖(資料來源：MR 公司)

(二) 依據 ISM 概念研發之產品 - TAPMOTION ED

TAPMOTION ED 係為傳統 OLTC 馬達驅動器加上 ISM 控制器的新型設備，傳統 OLTC 切換接點之方式，不外乎現場手動或遙控二種方式。如圖 11 顯示 TAPMOTION ED 實體接線，上排為傳統 OLTC 馬達驅動器實體接線，現今下排加入 ISM 模組後，使得

OLTC 切換可依據電壓調整器 TAPCON 訊號直接判讀，進而動作(如圖 12)。

相較於 TRAFUGUARD 僅具備監視功能，TAPMOTION ED 除具備監視功能之外，更加上可直接驅動馬達之功能，真正實現即時監視和即時控制目標。

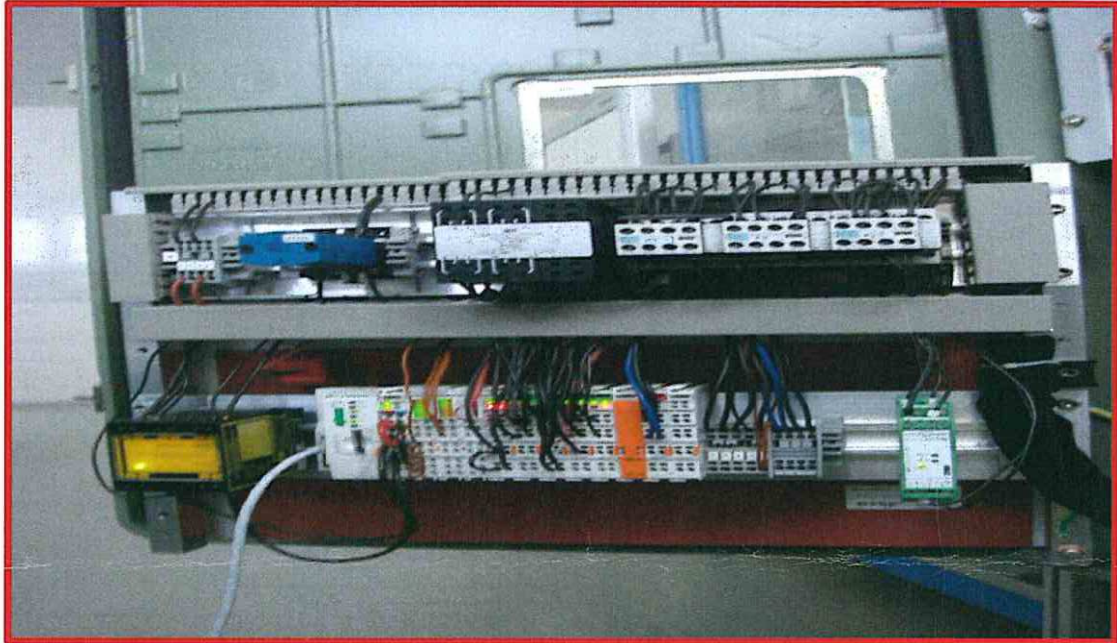


圖 11 TAPMOTION ED 內部實體接線圖(資料來源：MR 公司)

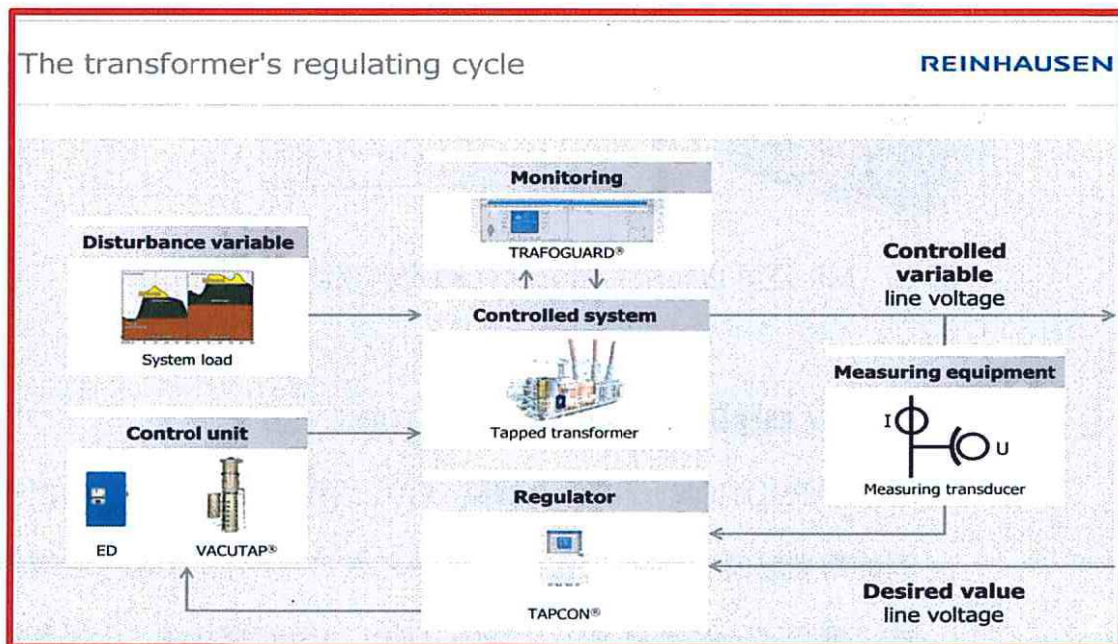


圖 12 電力變壓器之調節系統說明圖(資料來源：MR 公司)

五、 通訊協定 IEC61850 簡介

(一) IEC61850 起源與內容簡述

由於變電所之量測、控制與保護設備正邁向數位化，亦即由傳統機械式儀表、電驛及點對點的控制電纜引接方式，逐步改為數位式儀表，包含智慧型電子裝置(IED)、遠端遙控單元(RTU)、SCADA 及串列通訊架構(如 DNP3.0 及 RS-485)等等，為利於數位化與網路化整合，採用共通的通信標準實有其必要性，愛國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 提出 IEC61850 「變電所通訊網路和系統」通信協定，以滿足變電所設備之間的互操作性 (interoperability)、自由配置 (free configuration) 及長期穩定 (long term stability) 的效益要求。IEC61850 標準共可分為 10 部分，其內容如下表 3。

表3 IEC61850標準的架構與內容

| 標準編號 | 名稱 | 內容 |
|------------|--------------------|--|
| IEC61850-1 | 基本原則 | IEC 61850標準的介紹與概述 |
| IEC61850-2 | 術語 | 本標準使用的術語說明 |
| IEC61850-3 | 一般要求 | 品質要求 (可靠性、可維護性、系統可用性、安全性)、環境條件等 |
| IEC61850-4 | 系統和專案管理 | 專案要求 (參數分類、工具、文件)、系統使用週期 (產品版本、專案交接及交接後的支援)、品質保證 (責任、測試設備、型式試驗、系統試驗、工廠試驗、現地試驗) |
| IEC61850-5 | 功能和設備模型的通信要求 | 邏輯節點的通路、邏輯通信鏈路、通信信息部分 (PICOM) 的概念、功能的定義 |
| IEC61850-6 | 與 IED 有關的變電所通信結構語言 | IED和系統屬性的語言描述 |

| | | |
|--------------|--|--------------------------------|
| IEC61850-7-1 | 變電所和饋線設備的基本通信結構：原理與模型 | 變電所和饋線設備基本通信結構的原理與模型 |
| IEC61850-7-2 | 變電所和饋線設備的基本通信結構：抽象通信服務介面（ACSI） | 抽象通信服務介面的描述、抽象通信服務的規範、服務資料庫的模型 |
| IEC61850-7-3 | 變電所和饋線設備的基本通信結構：公共資料分類和屬性 | 抽象公共資料分類和屬性的定義 |
| IEC61850-7-4 | 變電所和饋線設備的基本通信結構：相容的邏輯節點和資料物件的定址 | 邏輯節點的定義、資料物件及邏輯定址 |
| IEC61850-8-1 | 特殊通信服務映射（SCSM）：映射到 MMS 和 ISO/IEC8802-3 | 變電所層和間隔層之間的通信映射 |
| IEC61850-9-1 | 特殊通信服務映射（SCSM）：串列單向多路點對點通信鏈路的採樣 | 間隔層和過程層之間串列單向多路點對點的通信映射 |
| IEC61850-9-2 | 特殊通信服務映射（SCSM）：映射到 ISO 8802-3 的採樣值 | 間隔層和過程層之間採樣值的通信映射 |
| IEC61850-10 | 一致性測試 | 系統一致性測試的項目 |

註：Part 9-1 已於 2009 年刪除，部分內容已併入 Part 9-2。

(二) IEC61850 之於 TCP/IP 架構的傳輸說明

吾人一般使用之乙太網路，其信息通訊係依照傳輸控制協定/網際協定 (TCP/IP) 共 5 層，而變電所使用之通訊協定 IEC61850 標準將變電所通信體系分為 3 層（如圖 13）：變電所層（Station level）、間隔層（Bay level）及過程層（Process level）。在變電所層和間隔層之間的網路採用抽象通信服務介面（ACSI）映射（Mapping）到 1. 製造信息規範（Manufacturing Message Specification, MMS）、2. 傳輸控制協定/網際協定（TCP/IP）及 3. 乙太網或光纖網。在間隔層和過程層之間的網路採用單向多路點對點傳輸乙太網（如圖 14）。變電所內的智慧型電子裝置均採用統一的通信協定，例如：DNP3.0 或 IEC61850 可透過網路進行垂直及橫向的資訊交換（如圖 15）。

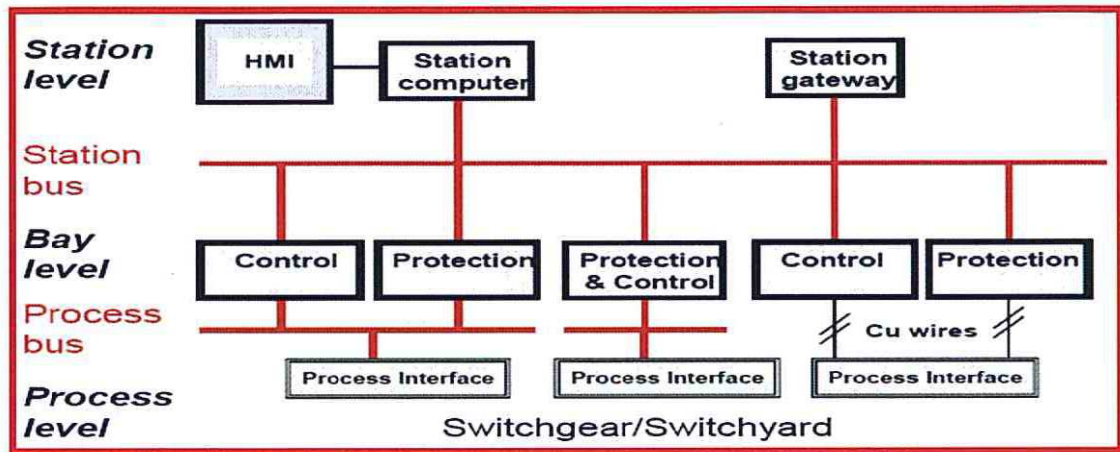


圖 13 IEC61850 標準的變電所通信分層體系與通信協定(資料來源: ABB 公司)

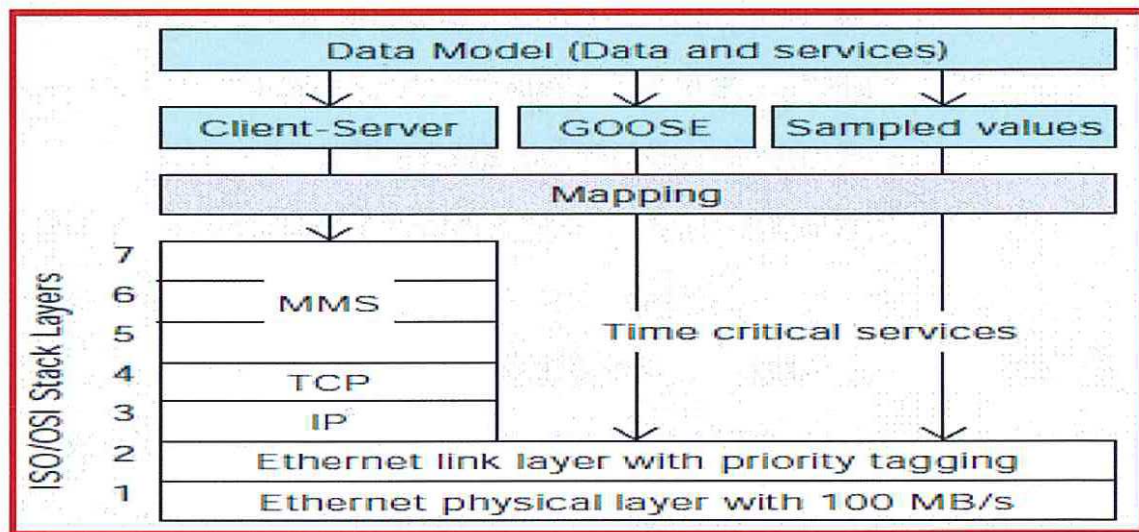


圖 14 IEC61850 的資料模型映射到通信堆疊層的架構(資料來源: ABB 公司)

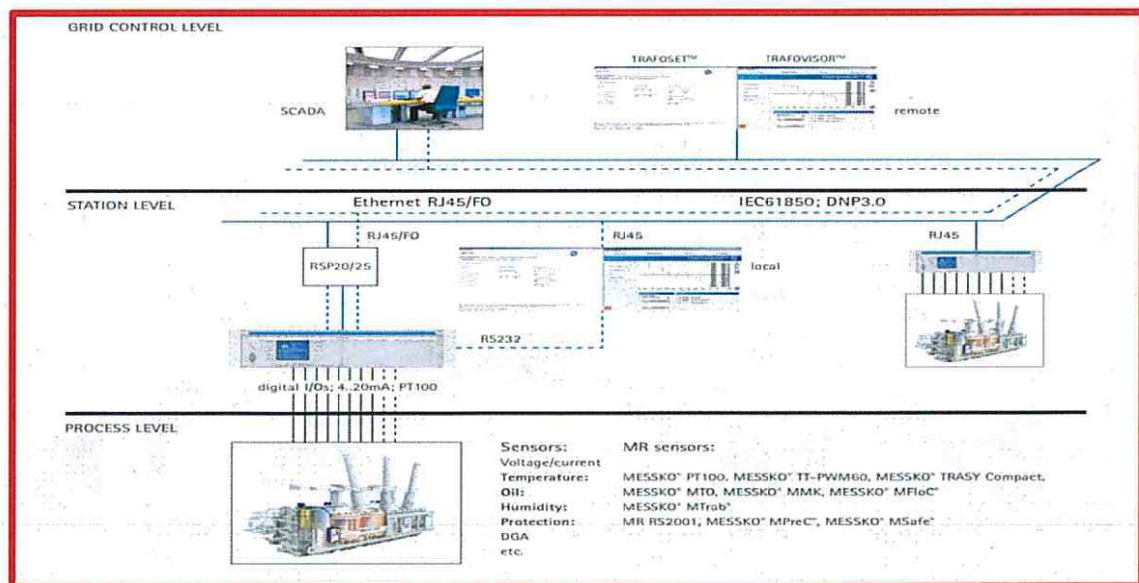


圖 15 同一變電所下，設備之信息交換示意圖(資料來源: MR 公司)

(三) 協定特色

1. 對於不同廠商製造的智慧裝置只要符合 IEC61850-3 一般要求，均可稱為相容於 IEC61850，然而不同廠牌智慧裝置之信息連結能否順利，即可否滿足「互操作性」之需求，乃是裝置與裝置之間均須滿足 IEC61850-8-1 標準，爰辦理採購時，此為一關鍵環節。
2. 通用物件導向變電所事件(Generic Object Oriented Substation Event, GOOSE)的應用，不同於傳統主從架構(Master-Slave Frame)，此方式屬對等通訊(Peer-to-Peer communication)，IED 之間透過同一層的通訊網路直接做資料交換(即橫向通訊，如圖 16)，可節省因通訊造成的時間延遲及降低系統電腦的使用率。
3. 通常 GOOSE 所發送的資料係指須快速傳遞的變電所事件，如命令、警報、指示等，其時間的延遲必須在 4ms 以內，主要應用在開關的跳脫、故障紀錄器的啟動及開關位置的連鎖(interlocking)等。以往開關設備的連鎖係採用控制電纜實體接線方式達成，現在藉由 GOOSE 通訊方式即可達到連鎖功能(如圖 17)，可減少盤與盤之間的控制電纜數量及接線時間，並實現變電所完全網路化與數位化。

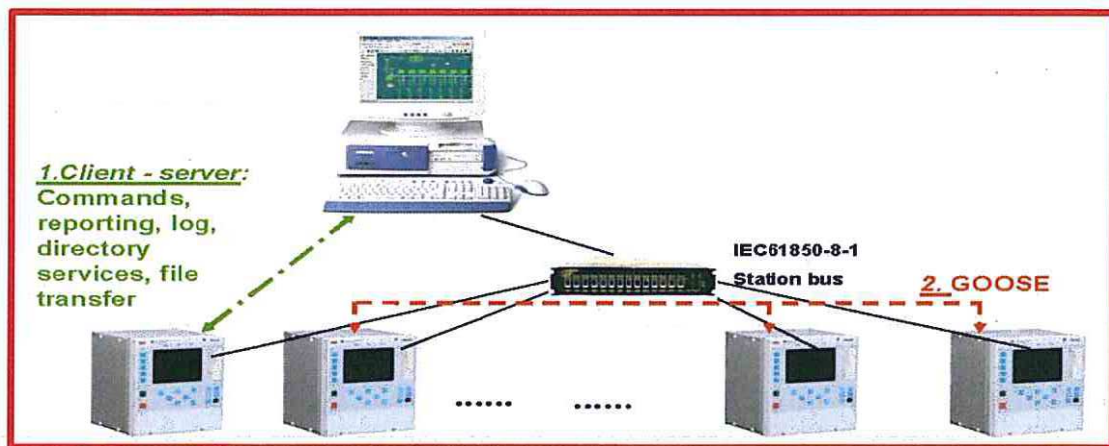


圖 16 IED 間利用 GOOSE 通訊方式直接做資料交換 (資料來源：ABB 公司)

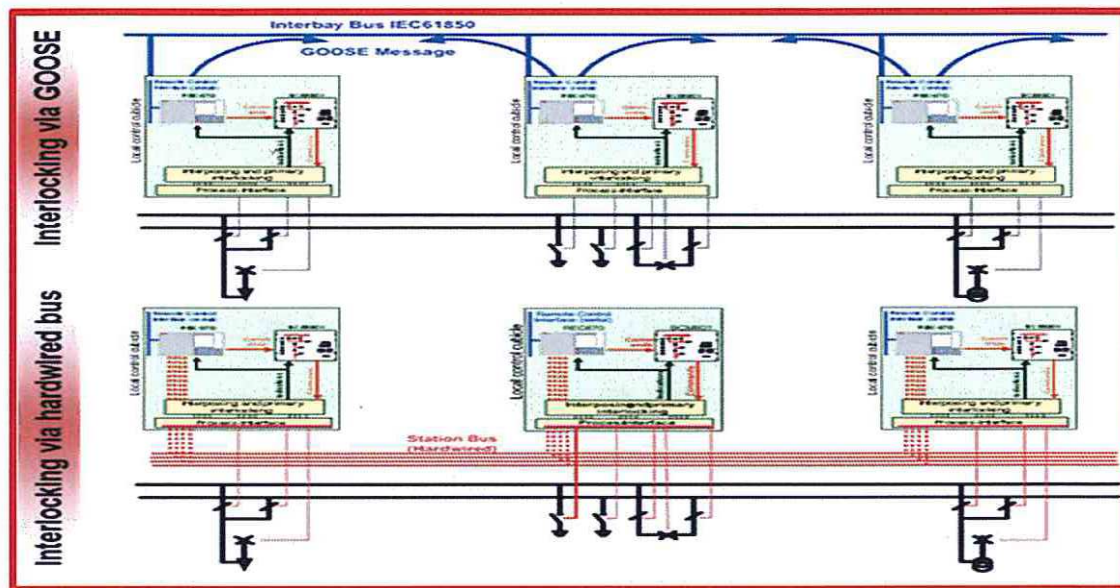


圖 17 設備連鎖採用 GOOSE 通信及傳統實體接線比較（資料來源：ABB 公司）

肆、出國實習心得與建議

一、實習心得

本次赴德國參加電力變壓器智慧化監控技術實習，瞭解到國外目前在智慧化監控技術上的發展及應用係源自對電能供需特性的因應。囿於電能具有供需要即時、不易儲存等性質，為達到有效控制電能之目的，本次參訪的兩家公司均不約而同地認為應首先從供電過程之主要樞紐-電力變壓器著手，爰監控範圍著重於設備負載狀態之掌握、設備自身零組件之耗損情形及預知故障，對提升電力變壓器設備安全及供電可靠度有莫大助益。

參訪 MR 公司後，讓本人深深體悟「專注」二字的威力，蓋因該公司並未生產變壓器，卻從有載切換開關（On-Load Tap-Changer, OLTC）、套管、感測器乃至監控設備等變壓器所需之配套設備，持續研發新技術、創新其產品，尤其是 MR 生產之有載切換開關(OLTC)產品，其市占率取得全球領導地位，恰恰同《隱形冠軍》作者赫爾曼·西蒙教授所說的：「“隱形冠軍”是指那些非常專注、具有全球性或區域性市場領袖地位的中小企業，他們的產品不易被人覺察，加上自身低調，公眾知名度比較低，但在各自行業

內往往是遊戲規則的制定者或無可撼動的霸主。」，猶記得在該公司實習期間，親眼目睹印度人亦在同一訓練中心接受有關 OLTC 的知識，那種真切體悟所謂「全球化」的氛圍，當下心胸之洶湧，至今仍澎湃不已。

受惠於資通訊(Information-Communication Technology, ICT)科技進步所賜，各製造廠家已研製相當出色之監測設備，國內華城、士林等公司亦已推出類似產品，惟該項產品應用時間尚短且仍在持續發展中，待日後該產品應用與所需成本到達合理 C/P 值後，將可引進本公司輸、供電系統。同時，在引進採用後，如何透過該監控設備所測得之數據，更細部的去研判目前運轉中的電力變壓器內部可能會發生故障的狀況，將是日後運轉維護之重要課題。

二、建議事項

由於本次實習係為撰寫採購用技術規範之未來目標，爰提供數點建議，俾以作為參考重點

(一) 對於智慧化監控系統首應注重的環節，臚列如下：

1. 爭取人機介面軟體程式碼之開放，或對該軟體及其程式碼提供足以考取專業證照程度之訓練時數。
2. 應定期注意 IEC 對於通訊協定 61850 之更新訊息
3. 感測元件之精密度決定其價格，應設法在成本與效益之天平兩端取得平衡。

(二) 參照 MR 公司 ISM 系列之產品要素，可預見智慧變電所設備之技術規範，內容主體應包含類似該要素之要求。

(三) 網路控制系統經常遭遇數據封包丟失或延遲之問題，IEC61850 模型在數據映射和接入過程中，由於資料結構規模的不對稱，亦可能有類似問題發生，如何降低發生風險，將是今後研究的重點課題。