

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

103年第2季 (103.04 No.92)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(10091)台北市羅斯福路4段198號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2364-9611

目錄

研究計畫成果

- 一、研議導入能源技術服務模式「離島用戶示範計畫」之研究.....1
- 二、員工訓練、圖書資料庫及知識管理連結系統之建置與應用.....2
- 三、應用模糊類神經網路於48小時領前時間風力發電預測之開發.....3

技術服務

- 火力電廠包覆管線導波檢測.....5

研發與試驗活動

- 台中#10機輔機匯流排電源快速轉供分析.....7

台灣電力公司

使命：滿足用戶多元化的電力需求、促進國家競爭力的提升、維護股東及員工的合理權益。

願景：成為具有卓越聲望的世界級電力事業集團。

經營理念：誠信、關懷、創新、服務。

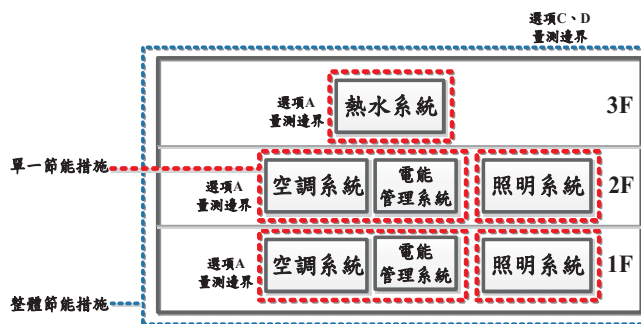
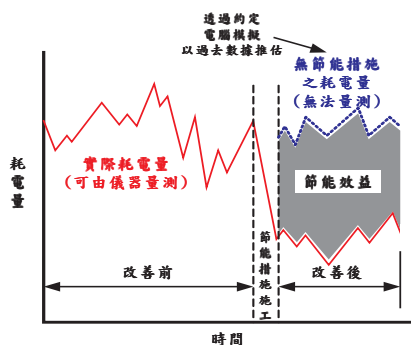
研究計畫成果

一、研議導入能源技術服務模式「離島用戶示範計畫」之研究

(負載研究室：林素真)

針對綠島民宿空調、熱水、照明系統及電力等耗能系統，以節能績效合約模式進行方案設計、建置與施工，並遵循國際節能績效量測與驗證規範 (IPMVP) 進行量測與驗證，最後結合節能減碳效益評

估，改善用戶能源使用效率；研析現行環境下導入 ESCO 的行動方向，可提供本公司「永續發展行動方案」推動節能服務政策參考。



$$\text{節能量} = \text{改善前} - \text{改善後} \pm \text{調整量}$$

示範民宿的量測邊界

圖 1 節能績效量測與驗證的概念

(一) 民宿示範成果，照明、熱水及空調系統節能率分別為 20.03%、78.96% 及 44.88%，整體節能率達 66.83%，二氧化碳排放可減少 13,832 公斤/年，利用電力能源管理，空調使用由 20 小時

降低至 12.8 小時，民宿人為的空調浪費具有節能潛力。以貸款利率 2.75% 採節能效益分享模式本公司可 3 年回收。



民宿外觀



T8 型照明燈具



窗型冷氣機



柴油鍋爐



電力能源管理系統



T5 型照明燈具



分離式冷氣機



熱泵系統

圖 2 綠島示範民宿節能改善前、後照片

- (二) 政府於綠島推廣電動機車已達 100 輛，經評估電動機車的每公里單位油當量為 0.0168 LOE/km，比一般機車(0.0154 LOE/km)還耗能，且增加碳排放量；除非電動機車電力來自再生能源，否則將導致供電虧損更嚴重。綠島電力系統尖峰發生在現行時間電價的離峰時段，建議長期蒐集相關的離島耗能數據，分析尖離峰時段，並重新切割制訂適用孤島獨立系統的尖、離峰時段，提升負載率延緩機組的投資。
- (三) 模擬評估綠島發電機組加裝廢熱回收裝置(ORC)供應周邊 20 家民宿區域冷熱水，可大幅降低空調及電熱水器的用電。區域冷水系統，節能潛力為 454,000 kWh/年；區域熱水系統，節能潛力為 232,500 kWh/年。綠島可執行的節能方案分別為綠島電廠發電機組廢熱回收應用於區域冷水、區域熱水及 ORC 發電、綠島 LED 路燈、綠島民宿照明、空調、熱水及電能管理系統節能改善。需求端(包含綠島民宿、路燈、觀光景點)節能潛力每年約有 105 萬度(占綠島用電的 7.49%)；供電端每年節能潛力則有 164 萬度(占綠島用電的 11.70%)，CO₂ 減排量共計 1,903 噸/年。
- (四) 所蒐集國外離島，大多利用該離島的環境優勢及資源，藉助風電及太陽能發電等再生能源減少石化發電，或是利用生質燃料及電動車取代現有的交通工具，減少碳排放，可作為我國發展節能減碳的借鏡。
- (五) 歐、美、亞各政府推動 ESCO 發展成功關鍵因

素，含能源相關法規、減化融資的作業流程、權責機關以推動能源政策及降低 ESCO 產業的風險。電力市場開放後，先進電業(NextEra Energy, Pepco Holdings, Inc., Consolidated Edison, 東電, 關西電力等)為避免長期削價競爭，積極介入 ESCO 提供用戶創新需求能源服務。建議可參考先進電業成立 ESCO 的架構，研究及示範提供用戶含 DR、能源效率及再生能源的全方位完整解決方案(Total Solution)，藉以提升相關能力。

節能減碳是全球的趨勢，台電受限於財務、節能與 M&V 技術人力條件，建議於電力市場躉售開放時再介入 ESCO 新事業；現階段，以能源技術服務模式方式減少離島供電虧損，包括推廣宣導本計畫示範民宿的節能成效、舉辦離(綠)島導入能源技術服務模式績優競賽活動、舉辦台電節能技術與 ESCO 專案管理提升及教育訓練計畫以及綠島供應端的發電機組廢熱回收應用於 ORC 發電或區域冷、熱水的示範工程，鼓勵 ESCO 業者至高供電成本離島地區提供用戶節能，以減少供電虧損；將離島發展為低碳觀光示範島嶼，成為國際仿效的亮點。並俟機建議政府建立我國 ESCO 良好發展環境及公平市場制度，包括：增修能源管理法、建立 M&V 第三公證單位機制、能源市場應進行改革不過度管制電價、成立專責 ESCO 推動單位等。

二、員工訓練、圖書資料庫及知識管理連結系統之建置與應用

(電力經濟與社會研究室：余長河、林鍾洋；威知公司)

本公司員工訓練(台電網路學院)、圖書資料庫

(訓練所與綜研所)及知識管理(台電智庫)等平

台已建置多年具備相當規模，其中，圖書資料庫平台可以提供資料蒐尋功能並將有用的資料轉化為台電智庫的知識，再經知識專家之編輯知識後成為台電網路學院之教案。

台電網路學院為因應未來尖端科技之發展，須為培育未來所需人才，厚植人才發展，擬研究未來開發數位課程之必要性及可行性，利用學習地圖建構出具有系統性、層次性、完整性之學習流程，建立職涯發展路徑，讓同仁以「生涯目標導向」、「能力導向」來建構自己的學習計畫，養成「自主學習」的能力，促進人才與企業共同成長。

台電智庫剛完成系統功能強化工作提供知識社群、知識庫、知識專家、文件審查區、員工提案、

SKM（台電策略知識管理機制）工具、討論園地、問題處理、常見問題、使用教學、電子報、意見調查等功能。

這些系統本質尚屬於上下游關係彼此互相聯貫，但現因由人資處、訓練所與綜研所等單位各自負責經營故缺乏上下游聯貫難以發行整合之功能，故建置員工訓練、圖書資料庫及知識管理連結系統（台電整合檢索系統），以連結這些系統並發揮綜合效益。

台電整合檢索系統具備資料庫多維度整合查詢，可於新系統進行知識之連結、存取、回饋或討論，以創造新知識或產出關鍵知識，產生知識加值效果。

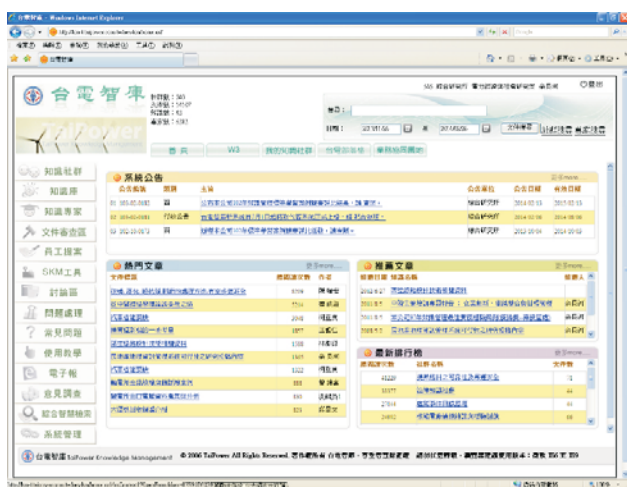


圖 1 台電智庫新系統



圖 2 台電整合檢索系統

三、應用模糊類神經網路於 48 小時領前時間風力發電預測之開發

（能源研究室：曹昭陽、周儷芬、鄭雅堂）

風力發電屬於間歇性能源，其注入電網電力之變動將容易造成電力系統不穩定，且因無法預估的出力將增加電力調度困難度及電網運轉投資與操作成本。提供有效的出力預測，可降低尖載機組（高燃料成本）熱機備載所需燃料成本，同時可降低發電不確定性的風險，提供調度單位在機組排程及規劃系統備轉容量時作為參考。

過去幾年來，本所投入風力發電預測技術之研究不遺餘力，主要著重在統計模型的技術開發與應用，包含線性 (ARIMA) 或非線性的時間序列模型。然而若要精確且長領前時間預測風速，通常需要組合多種預測方法來進行預測，例如結合類神經網路、模糊邏輯系統與氣象預報資訊，以有效地進行長領前時間預測。因此本文將簡介目前應用模糊類神經網路 (Fuzzy Neural Network, FNN) 於 48 小時領前時間風力發電預測之研發進展。

FNN 模式的優點在於能學習輸入與輸出間的

關係而不需要提供轉換的數學函式，這種特性特別適合風力預測的工作，因為風力預測具有不同變數的多輸入以及相異變數間轉換的特性，並不容易以特定的數學函式來呈現，而利用 FNN 技術可以來轉換此一複雜的非線性且時變的關係，進而獲得較佳的預測結果。在此預測系統的輸入為風場實測風速以及氣象預報風速，輸出則是預測風速再轉換成預測發電量，預測領前時間為 48 小時，預測系統架構如圖 1 所示，涵蓋範圍為澎湖中屯風場以及金門金沙風場。

系統的預測機制是以過去 3 小時風速結合未來 3 小時氣象預報風速，一共 6 個輸入值經過 FNN 推估未來 1 小時風速，而未來 2~48 小時風速之預測則是以同樣演算法逐時迭代而得，預測領前時間越短則受過去實測風速影響越大，預測領前時間越長則受氣象預報風速影響越大。圖 2 是中屯風場領前 48 小時之風場出力預測實例，預測時間是 103 年 3

月 12 日 14 時 (標示於圖上方以及圖中綠色直線)，綠色直線左側為歷史資料，其中紅色曲線為過去 48 小時實際發電量而綠色曲線為過去 48 小時之 1 小時領前預測發電量；綠色直線右側為預測結果，其中綠色曲線為未來 48 小時預測發電量。圖 3 是中屯風場領前 48 小時之風場出力預測歷史資料查詢實例，查詢的預測點是 102 年 12 月 12 日 11 時，綠色直線左側為預測點當時之歷史資料，其中紅色曲線為預測點過去 48 小時實際發電量而綠色曲線為預測點過去 48 小時之 1 小時領前預測發電量；綠色直線右側為預測點之未來預測結果，其中綠色曲線為預測點當時之未來 48 小時預測發電量，而紅色曲線為用來與預測值比較之實際發電量。

本研究主要成果包含建立風場運轉和氣象預報資訊之即時連線與整合，以及 FNN 預測機制之開發並將預測結果透過網頁的方式呈現，在同仁們的努力下已初步建立長領前時間風力發電預測系統之雛形。接下來的研究方向，主要包含以下項目：

1. 預測準確度的持續改進。
2. 擴大模糊類神經網路學習樣本。
3. 藉由與風場風速資料比對擇優選取氣象預報點。
4. 預測時間解析度的提高。
5. 預測涵蓋範圍的擴充—將本公司所有風場納入預測。

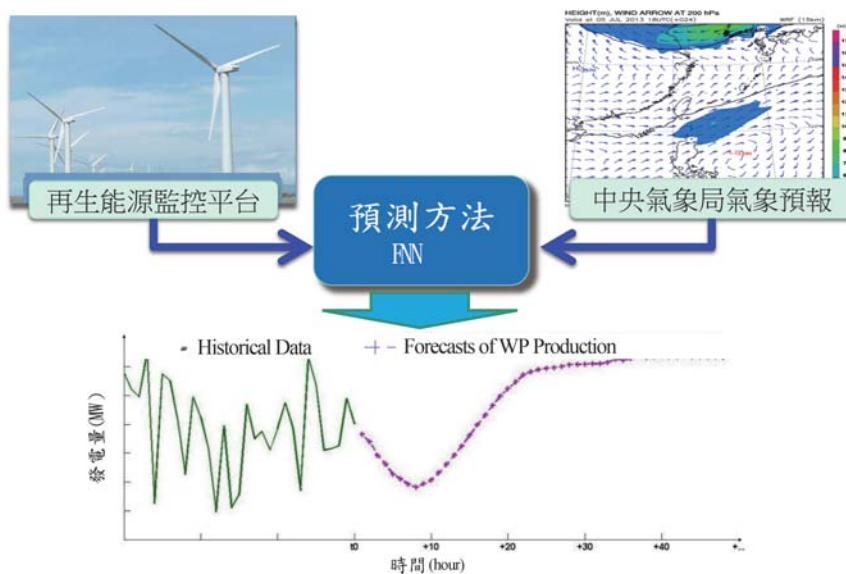


圖 1 線上 48 小時領前風力發電預測系統架構圖

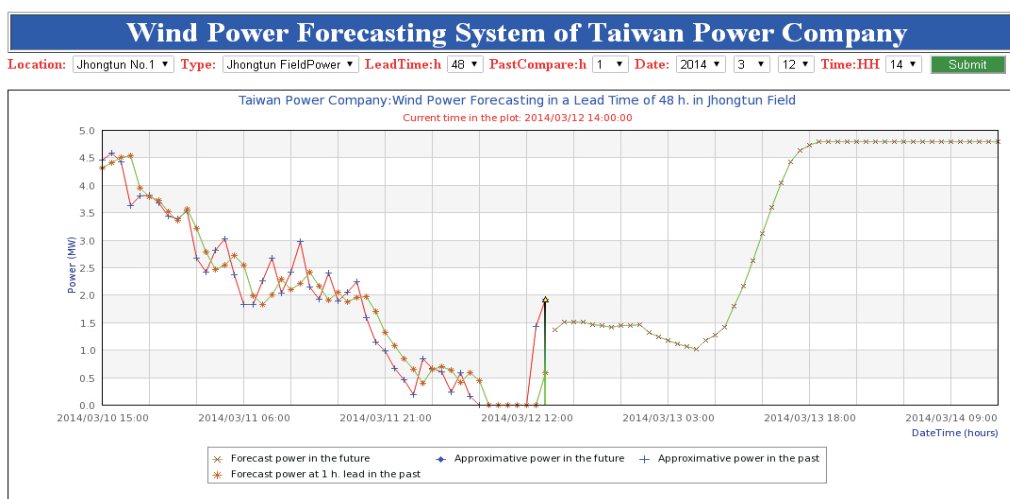


圖 2 線上 48 小時領前風場出力預測，以中屯風場為例

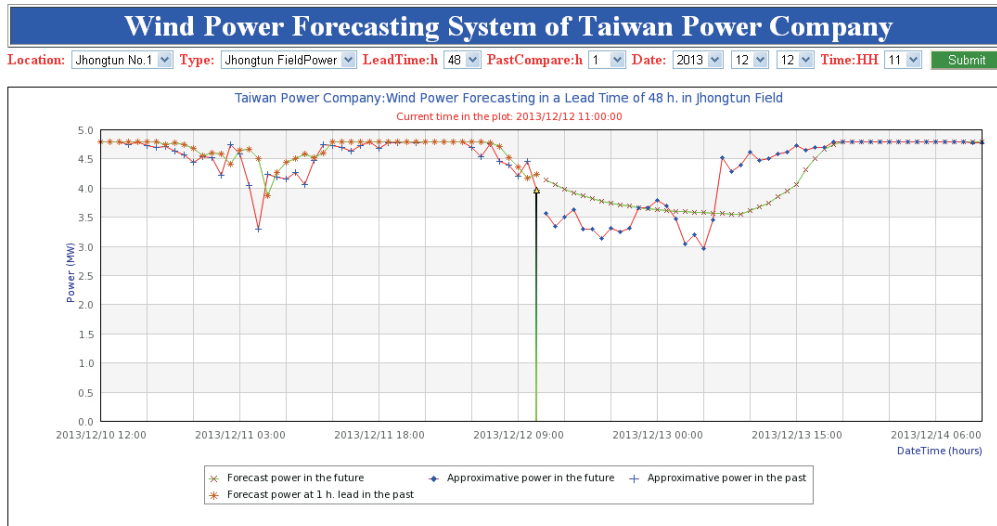


圖 3 48 小時領前風場出力預測歷史資料查詢，以中屯風場為例

技術服務

火力電廠包覆管線導波檢測

(化學與環境研究室：曾志富、張書維、吳成有)

(一) 前言：

國內某火力發電廠為全燃重油的基載火力機組，由於油槽區中的輸油管線距離長且有保溫包覆裝置，在長期使用下會有包覆下腐蝕 (Corrosion Under Insulation, CUI) 問題，因其檢測不易，常造成電廠現場人員維護不易。考量減少拆架、拆保溫等時間及成本問題，本次使用超聲導波檢測技術進行長距離管路腐蝕診斷，此方法具有整體性快速篩檢特性，可提供管線完整、安全的檢查。此外，藉由本次研究結果，來評估此方法的適用性。

(二) 研究方法與步驟：

導波法因其特定模態具有不易衰減之特性，可作為長距離管線之快速篩選 (Screen) 檢測，工廠場站許多不易接近與量測的管線；例如，穿越馬路、包覆管線、貫穿樓板或高架等管線，皆可採用導波法以進行管線壁厚劣化評估，導波法所使用的主要工具包含:WaveMaker G3、充氣式探頭、固定式探頭、打氣筒、纜線及電腦，如圖 1 所示，現場導波檢測如圖 2 所示。

以導波法檢驗管線腐蝕缺陷之原理，乃將超音波探頭排列成環狀，以相互對稱方式安裝在管線外壁，利用連續脈衝回波法 (Pulse Echo Method) 將特定頻率之超音波，沿著所欲檢測之管壁傳導。音波會藉著所激發的波傳模態在管線的直部、彎頭、焊道以及支撐處傳送，當遇有缺陷及聲阻抗改變 (Impedance Change)，會產生回波反射與波式轉

換 (Mode Conversion)，這些回波訊號都會傳回探頭處。檢測儀器即可藉軟體將探頭所接收到的回波訊號加以分析、比對，以判斷管線內外壁是否有腐蝕或裂縫之現象。



圖 1 導波檢測設備



圖 2 現場導波檢測

一般導波法測量結果，會以圖 3 方式呈現，可顯示出管壁腐蝕所發生的軸向位置與周向分佈位置，其訊號大小可顯示出各腐蝕所造成的圓截面積損失變化量。

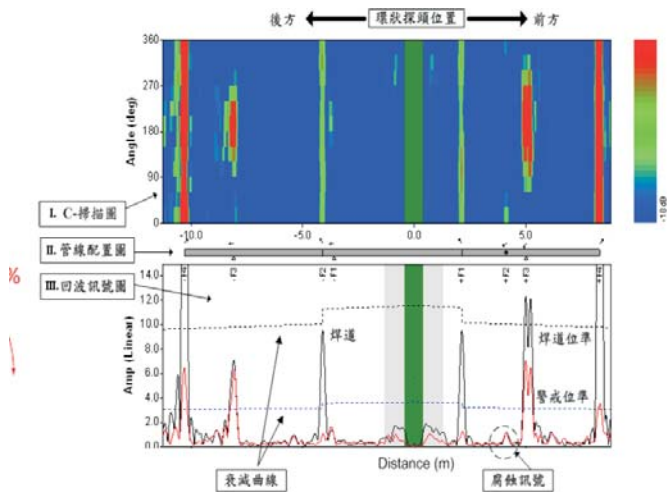


圖 3 導波回波訊號示意圖

以圖譜結果判斷腐蝕程度可依下列幾點來說明:1.下方掃描圖形：黑色訊號為 T(0,1)模態而紅色訊號為 F(1,2)模態。2.上方掃描圖形：紅藍顏色表示不同回波訊號大小，顯示腐蝕周向與軸向分佈。3.中間區灰色的現場管線特徵示意圖：此乃利用導波檢測管線之回波信號，來標示管線各種可見特徵與探頭相對位置之情形。4.虛線為衰減曲線(Distance Amplitude Correction Curves, DAC)：此衰減曲線共有法蘭位準(Flange Level)、釦道位準(Weld Level)、

警戒位準(Call Level)及雜訊位準(Noise Level)等四種曲線，此中分別代表計算截面積損失(Estimated Cross Sectional Loss, ECL)為 100 %、25 %、10 % 及 5 %；亦即，管線特徵的截面積損失與管壁截面積之比值。5.多組頻率分析：依待測管徑不同，單次訊號擷取與分析可同時進行多組頻率分析(10~15 組)，通常為 10 kHz~50 kHz。6.測量時所標記的特徵點，以探頭安裝位置當做原點，+或-表示座標方向，S 表示支撐座位置，W 表示釦道位置，F 表示非特定位置，例如:+F2 表示正方向第二點測量位置。以導波進行管線長距離厚度劣化評估，可快速地找出截面積損失量大於 3 %之管壁腐蝕區，此為一項作為快速掃描管線狀況之非破壞檢測技術，可疑腐蝕區分為三大類，如圖 4 所示。

1. Minor Indication (輕度腐蝕)：黑色(對稱)波形與紅色(非對稱)波形都低於警戒位準，它必須相對的腐蝕少於 10 % 截面積的損失。記錄於檢測報告即可。
2. Medium Indication (中度腐蝕)：黑色的波形介於警戒位準和釦道位準，但是紅色的波形低於警戒位準，它必須相對的大於 10% 分佈於管線上非穿透管壁的截面積損失，建議於 2 年後拆除此區域之保溫包覆追蹤檢查。
3. Major Indication (嚴重腐蝕)：當黑色和紅色波形都超過警戒位，缺陷有很大的可能完全穿透管壁，建議立即拆除該異常訊號位置之保溫包覆，以其他非破壞檢測方法定量評估該腐蝕程度。

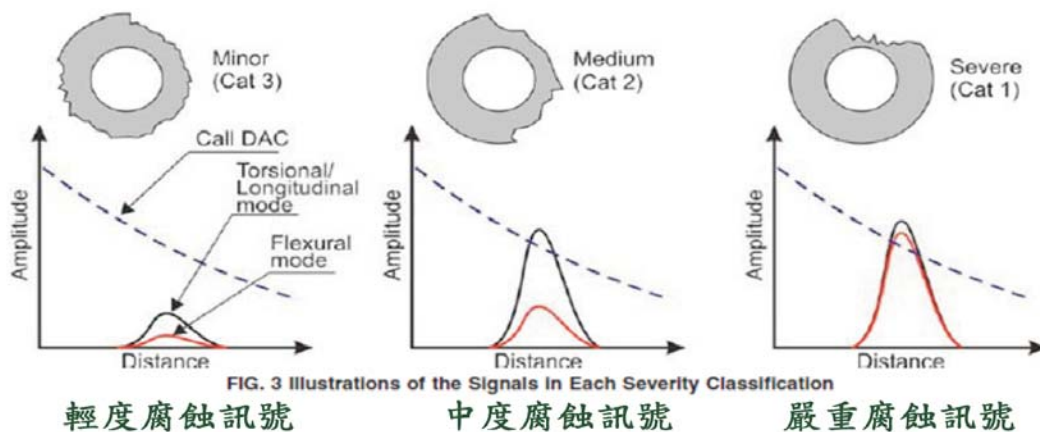


圖 4 腐蝕訊號分為三大類

(三) 研究成果：

本次研究主要調查 C、D、E 油槽旁包覆管線腐蝕情況，共計測量 11 個點，現場勘查結果發現管路支撐座有部分地區發生腐蝕，尤其以 C 槽管路支撐座腐蝕情況最為嚴重，其餘地方因為被保溫綿包覆，所以無法察看內部腐蝕情況。由於油槽裝設至

今約有 20~30 年之久，且又靠近沿海地區，因設備老化而造成腐蝕機會最大，再者，支撐座底部為不鏽鋼，而連接區為碳鋼，由於材質不同，也會因電位差異而使腐蝕情況加大。以編號(11): C-10” -P1 包覆管線結果來看，如圖 5 所示，檢測探頭安裝位置位於前方彎管+F7 後方 17.5 m 處，檢測分析範圍

標定為探頭前方+F8 至後方-F9 前共 42.5 公尺，檢測結果顯示管線 S2~+F3、S6~-F7、-F5 為嚴重腐蝕訊號，如圖 6 所示，S1~+F4、-F4~S5、+F1、+F6、-F6、-F8 為中度腐蝕訊號，S4 為正常支撐座訊號，-F3 為輕度腐蝕訊號，其餘檢測範圍內管線區段無發

現嚴重腐蝕訊號。以測量準確性來說，未受到外來干擾物影響的直管測量準確性較高，而諸如彎管或是管路上有法蘭、三通管等，則會受到干擾而影響判讀，測量準確性較低。

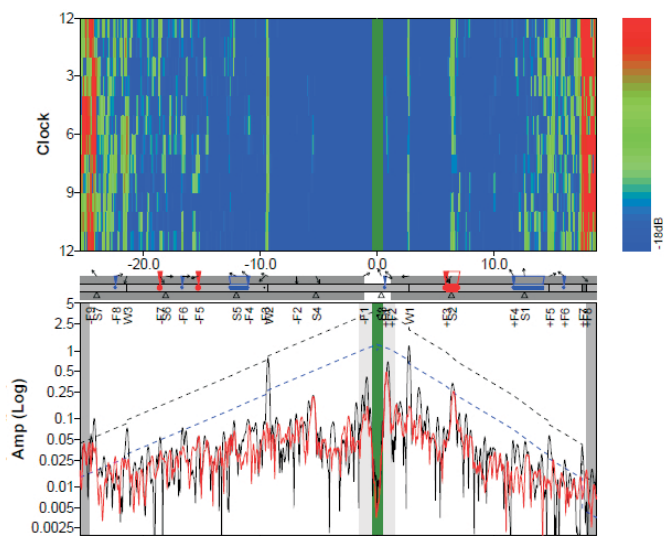


圖 5 C-10'' -P1 包覆管線示意圖及測量結果



圖 6 左圖 S2~+F3 及右圖 S6~-F7 皆為嚴重腐蝕

研發與試驗活動

台中#10 機輔機匯流排電源快速轉供分析

(高壓研究室：鄭強)

(一) 前言：

發電機系統之電機機械組成元件包含：發電機、發電機匯流排(亦稱相間絕緣匯流排 Isolated Phase Bus; IPB)、主變壓器(Unit Transformer; UT)、輔助變壓器(Unit Auxiliaries Transformer; UAT)、起動變壓器(Station Service Transformer; SST)、輔機系統匯流排、斷路器及其負載等，系統結構，如圖 1 所示；圖中顯示輔機匯流排上配置有輔助變壓器、起動變壓器等多重電源。

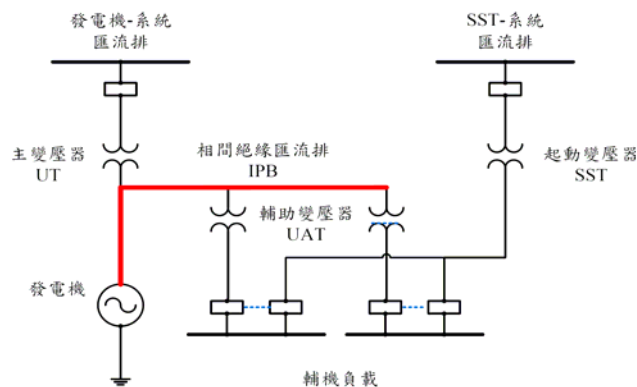


圖 1 汽力機組輔機系統單線圖

(二) 台中#10機 10A2 匯流排快速轉供電源切換量測與分析：

T10A2 匯流排負載含 6.9 kV 供電之三相感應電動機及 480 V 之低壓負載，如 IDF 10-2、PUL10-2、PUL10-4、T10AH2、ACB10-2、T10B2、T10P2、T10PH、等；快速轉供操作時序，係先將主電源斷路器啓斷，斷路器跳脫機構開始動作的瞬間，利用其 b 接點，提供後衛電源斷路器投入訊號，令其投入線圈致能，驅動斷路器投入操作。斷路器之啓斷時間較投入操作機械動作所需時間為短，故兩者先切後投操作之時間差，即為匯流排停電時間。惟在匯流排上運轉中的旋轉電機，含有轉動慣量，可驅動電機操作點轉換至發電機區域，並藉電機突波吸收電容器、電力電纜介質電容及雜散電容，提供感應發電機激磁電流，建立電機定子線圈感應電壓，此電壓亦稱之為匯流排殘餘電壓。

T10A2 匯流排之 T10 FA-101 及 T10 FA-102 真空斷路器啓斷後；後衛電源之 TSU 910-92、TSU 910-91 真空斷路器投入前，為快速轉供所需之斷路器啓斷與投入之操作時期。本次執行之快速轉供匯流排停電時間為 52.000 msec，在 TSU 910-92、910-91 後衛電源斷路器投入前，在匯流排上的三相殘餘電壓為 V_{ab} 6.198 kV、 V_{bc} 6.135 kV、 V_{ca} 6.034 kV、 V_{ab_tsu} 7.130 kV、 V_{ab_t10} 6.940 kV， V_{ab} - V_{bc} - V_{ca} 電壓降為 0.918、0.911、0.899 標么。殘餘電壓之相電壓計算值為 V_{an} 3.528 kV、 V_{bn} 3.586 kV、 V_{cn} 3.491 kV，匯流排頻率下降至 59.6304 Hz。

T10A2 匯流排經快速轉供操作後，改由起動變壓器電源供電，匯流排三相電壓 V_{ab} 6.892 kV、 V_{bc} 6.906 kV、 V_{ca} 6.887 kV、T10 輔助變壓器之 V_{ab_t10} 6.838 kV。輔機匯流排電源快速轉供三相電壓、電流波形，如圖 2 所示；電源電壓之相角差，如圖 3 所示。

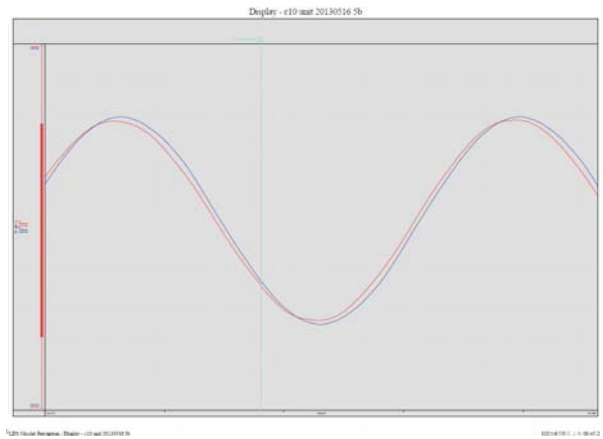


圖 3 T10 a 相電壓超前 TSU a 相電壓 6.44° 之正弦波形

(三) 結論：

台中#10機停機前，T10A2 匯流排電源依快速轉供圖控邏輯，執行匯流排電源快速轉供操作。在快速轉供操作時序中，匯流排經歷停電及殘餘電壓時期；後衛電源斷路器完成投入操作後，T10A2 匯流排改由起動電壓器供電，三相電壓及負載電流波形及頻譜呈現 TR-FB3 變壓器之激磁湧流及電機再加速電流等特徵。

輔機系統之電源轉供，可依系統正常或異常狀態，彈性調度輔助變壓器、起動變壓器及緊急變壓器等可用之輔機電源，以維繫輔機系統供電連續性與可靠度，降低停電風險，對穩定機組設備安全、環保承諾有其重要性。

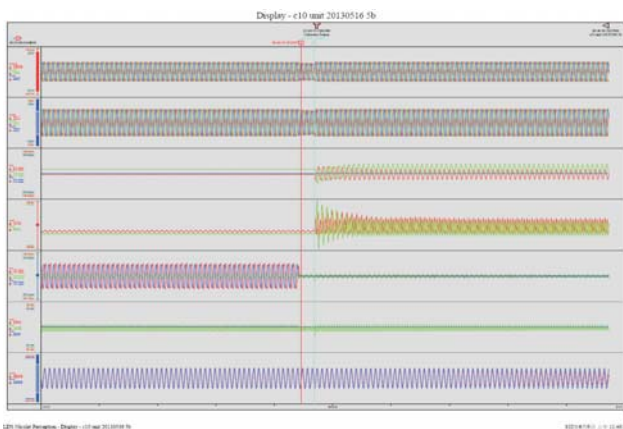


圖 2 T10 輔機匯流排快速轉供前、中、後三相電壓、電流波形紀錄