

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

96年第2季 (9604 No.64)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(100)台北市羅斯福路4段198號 電話：(02)2360-1095 傳真：(02)2364-9611

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、電力線通訊技術於配電饋線自動化之應用

(一) 研究緣起與目的：

利用電力線通訊並非新的技術，多年來一直被電力公司用作電網控制的技術，然因為技術的瓶頸，一直未被廣泛應用，拜通訊與電力電子技術的突破，這幾年來利用電力線通訊技術終於有了新的進展，目前利用電力線通訊甚至能夠提供寬頻應用。目前公司饋線自動化正積極進行當中，這些饋線自動化工程進行中也鋪設光纖進行通訊，然僅限於主饋線，連接用戶之分歧線則尚未進行自動化，也就是無通訊網路。為了未來用戶服務自動化與饋線設備監測自動化，運用電力線通訊技術來達到上述目標為可行方案之一。基於此，本計劃將就電力線通訊技術加以探討與評估在配電饋線之各種應用，以期能夠建立方便、價格低廉與穩定性高的網路系統，充分發揮電力線的附加價值，進而達到用戶服務自動化與饋線設備監測自動化之目標。

(二) 研究目標：

1. 配電饋線電力線通訊測試系統建立。
2. 系統設備之性能與穩定性評估。
3. 各種應用之探討。

(三) 研究內容：

1. 電力線通訊技術資料收集。
2. 建立配電饋線電力線通訊測試系統。
3. 電力線通訊與主饋線通訊系統之結合測試。
4. 各種應用之探討測試。
5. 系統性能與穩定性測試。
6. 系統網管能力之建立。

(四) 研究成果與應用：

1. 電力線通訊技術於都會地區（尤其是地下配電室，GSM or GPRS不適用）進行分歧線自動化是可行的技術，可同時兼具數據、語音與影像等應用。
2. PLC通訊品質雖會隨著距離的加長而衰減，但是並非唯一的因素，在一定限制範圍內，設備（耦合器）安裝品質、參數調整與頻段的調整等影響通訊品質更鉅。
3. PLC系統與目前自動化系統中光纖網路整合容易，將之整合可形成一個更綿密的網路系統而可進行更進一步的自動化系統。
4. 耦合器安裝時須注意相別

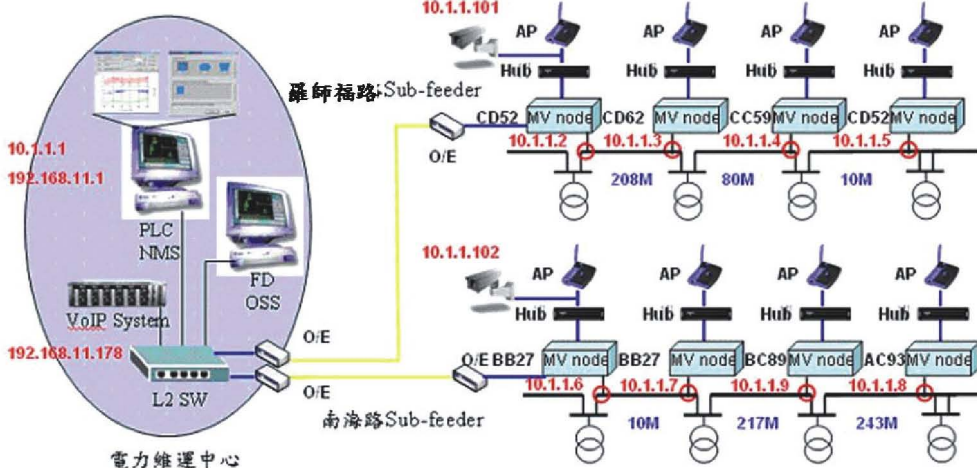


圖1 系統架構圖

的正確，且當兩點之間線路不會太長時可考慮單獨使用一個耦合器，效果並不影響太大。

5. 使用電感性耦合器安裝容易，對於無法停電作業時，是一種不錯的選擇，同時得到不錯



圖2 系統頭端設備

通訊品質。

6. 目前世界各國電業除了提供用戶最佳的服務同時，如何將成本極小化以提高競爭力或提供電業的附加價值都是各電業努力的目標（日本除NTT外，東京電力為一個相當有規模的電信業者）。電力線通訊剛好是電業既有資產（電力線）的附加價值充分發揮，所以引起廣泛的注意與興趣。

（電力室：蒲冠志）



圖3 系統耦合器安裝

二、尖山電廠觸媒脫硝應用特性研究

（一）研究緣起與目的

尖山電廠共有12部發電機組，皆加裝選擇性觸媒還原脫硝設備，可有效降低氮氧化物的排放量，控制#1-4機之氮氧化物排放於750ppm~850ppm間，並將#5~12機的氮氧化物濃度控制於363ppm環保承諾排放值以下。

由於尖山電廠為首次加裝蜂巢式觸媒脫硝反應系統，且為採用尿素轉化為氨當還原劑之電廠，對脫硝應用特性欠缺相關運轉與維護保養經驗，為確保氮氧化物排放合格與運轉順利，本計劃將掌握與建立觸媒脫硝系統之各種相關資料，除瞭解評估系統之使用狀況外，並可增加運轉之可靠性，確保機組正常供電。

（二）研究方法

本研究計畫以本所建立之實驗室內量測觸媒性質之實驗方法與步驟進行觸媒樣品之特性量測，並統真實運轉情形，藉以評估觸媒使用狀況與造成劣化原因，其研究方法如下：

1. 與電廠進行現場相關性能測試，瞭解系針對現行運轉遭遇問題原因檢討，提出改善建議及研究解決方法。
2. 量測蜂巢式觸媒性質如脫硝活性、比表面積、孔隙度、成份、表面成份物質等變化情形，並建立相關資料記錄。
3. 探討脫硝觸媒活性衰退原因並提出延長觸媒活性方法及防止觸媒中毒技術。
4. 建立脫硝系統運轉效試維護紀錄、觸媒特性相關資料與量測觸媒活性衰退程度，提供以後觸媒壽命評估及更換時機判斷參考。

（三）研究成果

1. #1~4機脫硝系統屬第1期工程，於90年初即已正式商轉，觸媒與運轉狀況皆良好。
2. #5~12機屬第2期工程，於93年4月進行脫硝性能測試，無法符合規範要求，本研究結果證實觸媒床內並無硫酸銨成份，而是因觸媒量不夠、尿素無法完全分解成氨、油灰嚴重覆蓋觸媒塊等原因造成系統無法達到設計效率要求，與現場運轉不當無關，為承包廠家設計錯誤所致。
3. 承包商針對台電提出之3個原因改善，並同意免費更換所有觸媒，效試結果符合規範要求，於94年9月19日初驗，10月3日辦理總驗收，#5~12機皆可順利滿載調度發電。
4. 油灰覆蓋觸媒使煙氣無法接觸觸媒表面進行

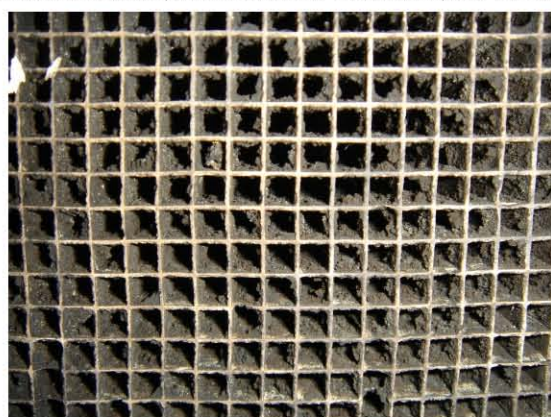


圖1 #5機煙氣進口BASF舊觸媒外觀

有效之脫硝反應，是影響尖山電廠觸媒性能降低的主要原因。

(四) 建議

尖山電廠觸媒性能降低的主因為油灰覆蓋觸媒表面，建議電廠：

1. 以壓差之大小，來判斷觸媒床積灰情形。
2. 增加吹灰次數至1值2次，即1天吹灰6次，以改善油灰覆蓋觸媒之情形。

(綜研所：張玉金、吳天化；發電處：梁毅功、高德發；尖山電廠：洪中郎、歐致誠、陳榮文、陳興旺、陳清能)

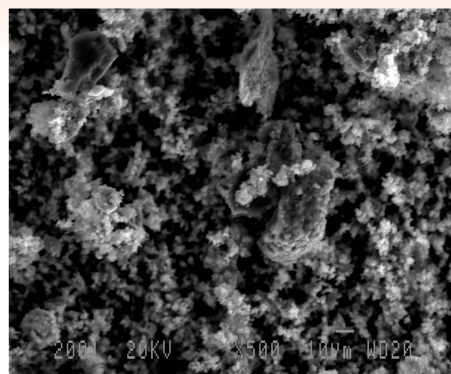


圖2 #5機煙氣進口BASF舊觸媒表面×500倍

三、運用動態彈性概念於軸系平衡計算法研究

平衡的工作，在迴轉機裝機或維修過程中為重要的一環，因拆裝過程之任何動作，造成轉軸在軸承之相對位置、外型有任何改變、或有損傷，均足以產生不平衡的問題。常常轉子在外觀上看不出有麼不對勁，然而在旋轉之後，振動問題就顯現出來了。所以要討論這問題，必先瞭解轉子運轉在那一個轉速，然後轉子本身在旋轉之後，所能容忍的振動值為何，換句話說就是要求之精度，必須在容許值之內。本文討論的目標設定在大型汽輪發電機組之轉子，旋轉在3600RPM，合理之殘留量為G2.5，大約為每千磅1.0 oz-inch，如此小比例之殘留量於平衡機處理只是第1步要做好的，接下去的轉子處理、安裝、對心，仍然有可能造成不平衡的問題。

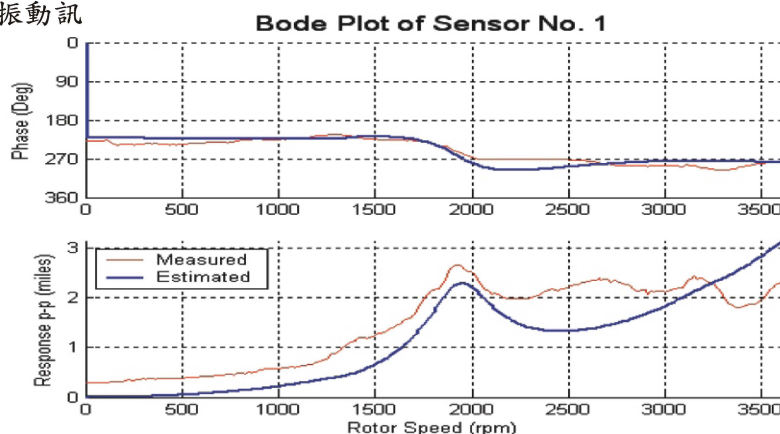
如上所述轉子系統常遇到的問題是不平衡所引起，而其原因可細分如下：殘留質量不平衡 (Residual Unbalance)、轉軸彎曲 (Shaft Bow)、對心失準 (Mis-alignment)、製造公差引起真圓度問題 (Round off Error) 等等。要在振動訊號中分出不平衡，利用轉子加速過程中系統通過各臨界轉速及感測器所量測到之振動訊號大小，去鑑別出所有振因事實上不易做到，原因在於複雜振動頻率中不平衡與其它振因混雜難以辨認。但在單一轉速下將所有引起振動之作用力，於複雜振頻分析出質量不平衡力是可行的，也是本文處理平衡之第1步。

一般關於旋轉機械之平衡，大多以少數修正平面加修正質量，藉以抑制振幅，因此反應在平衡作業上需先瞭解不平衡質量之分佈，實作上即有效獲得系統之影響係數矩陣 (Influence Coefficient Matrix)，然後據此完成平衡作業。本研究為運用振

動模態之模型加入不平衡計算，於不平衡振動反應上，運用動態彈性影響係數觀念，考慮不平衡頻率之一倍轉速作用在所建立之振動模型上，即為不平衡力之動態彈性影響係數矩陣 (Dynamic Stiffness Influence Coefficient Matrix) 的應用。此動態彈性概念之不平衡力影響係數矩陣，係表現轉子不平衡質量於各振模之不平衡反應，與振動間之線性因果關係，簡單的以多次外加於所建立模型之不同位置修正質量方式取得，如廣泛應用於複雜困難之設備，會有減少實際平衡工作及量測的好處。

本研究應用有限元素法建構模型，推导出動態彈性概念之不平衡力影響數矩陣，計算轉軸振動反應，然後與轉軸振動之Bode Diagram比較 (如附圖)，如相似度高獲得很好的預測，也就是預期得到適當的重量位置，可以應用於電廠之快速平衡作業。

(能源室：蒯光陸、鍾秋峰、唐文元、陳瑞麒)



附圖：550MW機組在1號軸承之轉軸振動模擬及實測訊號比較 (紅線—實測Bode圖、藍線—轉軸振動模擬結果)

四、知識協同分享機制之建立與應用

(一) 研究背景、目的、方法

本公司自92年正式推行知識管理以來，就廣建知識社群，促動本公司以超連結組織方式運作，規劃建置知識管理之評量激勵制度與知識獲利指標體系等目標而言已陸續完成，當知識社群運作逐漸成

熟後，本公司還可透過「虛擬工作網路」與「協同合作」(Virtual team network & Collaboration)作業，以推動跨單位或跨領域之社群交流與合作。

(二) 計畫目標

本計畫之目標在構建「虛擬工作網路」基礎

建設與「協同合作」運作機制，以啟發虛擬工作團隊觀念、訓練組織協同合作與行動辦公、成立虛擬顧問團隊等。

(三) 成果及其應用

台電知識管理系統已建置個人工作日誌(台電 Blog)、處級單位協同園地(台電協同合作園區)、新台電智庫系統(台電智庫)。其中，個人工作日誌主管/有興趣同仁可訂閱(RSS)、若有新發佈可自動發送、有價知識可轉入智庫、工作訊息(記載日常工作相關心得、經驗分享)、生活訊息(記載生活點滴並分享)；處級單位協同園地提供專案管理資料庫、部門入口網站、部門文件資料庫、部門知識協

同管理網站；新台電智庫提供知識地圖、專家黃頁、知識社群(229)、KPI、權限控管、可訂閱(RSS)、主動派送。

(四) 預期效益

1. 透過網際網路、電話、傳真或視訊來溝通、協調，甚至共同討論、交換文件等，便可以分工完成一份事先擬定好的工作。
2. 整合企業入口環境，讓使用者客製化運用、訊息和協同運作的業務流程，以滿足未來的行動辦公室的需求，並創造行動商務的有利條件。
3. 提昇工作的效率與彈性，並促進知識交流與經驗傳承。

(電經室：余長河)

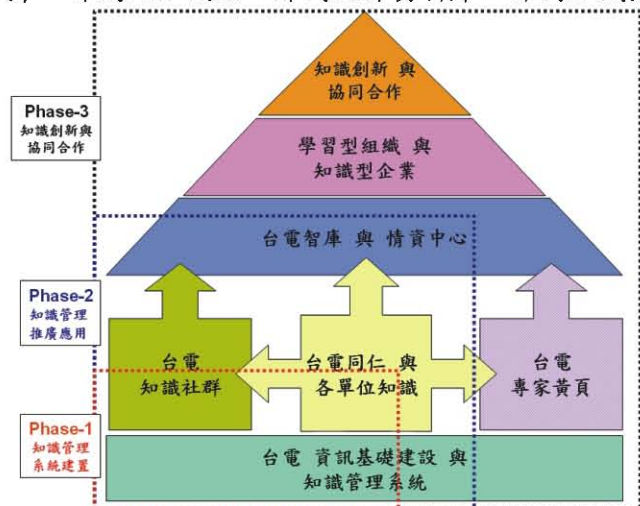


圖1 台電智庫整體規劃架構



圖2 台電知識協同管理系統架構示意圖

五、台灣地區鹽害程度分佈調查研究

(一) 研究背景

台灣四周環海為典型亞熱帶海島型氣候區，沿海一帶的輸配電線路，每年10月至隔年3月間遭受強烈東北季風吹襲，由於受到海風夾帶大量鹽分與濃霧之影響，時常造成絕緣礙子污損，甚至造成供電饋線之停電事故，因此本案於全省設立323座鹽害等效鹽分附著量 (ESDD) 測站，採用兩個變數線性迴歸分析，繪出海岸線距離與ESDD統計值之指數衰減曲線，並求出指數衰減趨勢線之公式，利用此公式來建立台灣地區ESDD分佈圖，以提供台電輸配電線路礙子之絕緣設計規劃及運轉維護之參考依據。

(二) 研究內容

依全省輸配電系統所設立的323處鹽害測點，每月定期進行等效鹽分附著量 (ESDD) 量測工作，累積至95年12月的ESDD量測資料，作為統計分析之資料庫，求出台灣地區各縣市出現ESDD之最大值 (ESDD_{max})、5% 統計值 (ESDD_{5%}) 及非鹽霧季最大值 (ESDD_{Nmax})，利用兩個變數線性迴歸分析 (linear regression analysis) 指數方法 (exponential method)，求出ESDD值與離海岸線距離 (km) 的指數衰減趨勢線公式，依據全省海岸線距離之遠近，利用此趨勢線計算公式，分別求出台灣各地區之ESDD統計值，並於地圖上同時標示出附近鹽害測點實測ESDD值，繪製成台灣地區鹽害程度分佈圖。

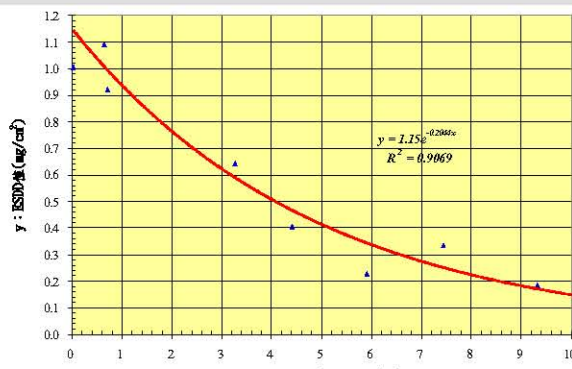


圖1 彰化沿海地區ESDD_{max}值之衰減趨勢線 (離海岸線10km以內)

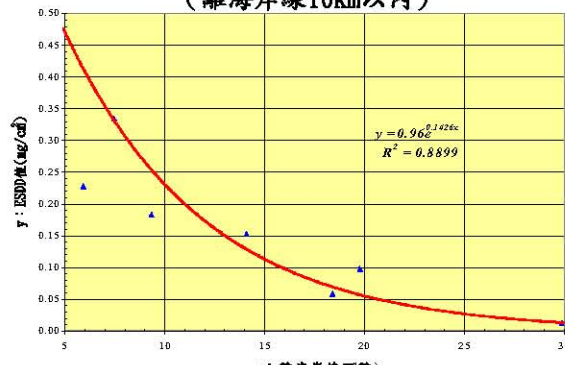


圖2 彰化沿海地區ESDD_{max}值之衰減趨勢線 (離海岸線10-30km)

(三) 海岸線距離與ESDD統計值之線性迴歸分析

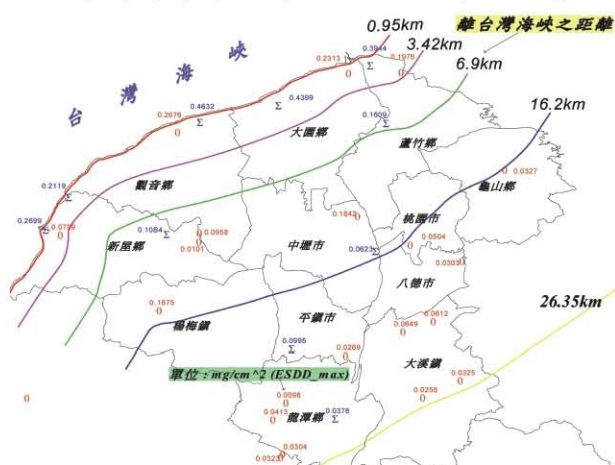


圖3 桃園地區污損等級區間內測點ESDD_{max}實測值

由於內陸離海岸線距離遠近對於ESDD值之大小會產生顯著的影響，且兩者數據點的XY散布圖，一般呈現指數衰減之趨勢，故選用指數衰減趨勢預測 ($Y = a \times e^{-bx}$) 作為迴歸分析之模型，並以離海岸線距離為自變數(X軸)及ESDD統計值為因變數(Y軸)，迴歸分析範圍為北部、西部及南部沿海



圖4 桃園地區經修補後ESDD_{max}污損等級分佈圖

10公里以內及10~30公里之所有測點，並排除周遭環境有工業污染源、遮蔽物或礙子吊掛高度不足等影響因素之測點，篩選出適當的測點進行兩個變數的線性迴歸分析。迴歸分析結果以圖表預測與顯示趨勢(如圖1及圖2)，趨勢線是用圖形的方式顯示資料的趨勢，同時顯示其方程式之公式結果。趨勢線之可靠性是以R²值(亦稱為確定係數)顯示趨勢線估計值與實際資料接近程度(為0~1的數字)，當R²值為1或接近1時，其趨勢線最為可靠，當出現負值時，代表趨勢線與實際值差異大。

(四) 繪製台灣地區輸配電線路礙子ESDD_{max}污損等級分佈圖

由沿海各地區出現不同ESDD_{max}污損等級的離海岸線距離，找出該沿海地區於ESDD_{max} = 0.5mg/cm²、0.25mg/cm²、0.125mg/cm²、0.06mg/cm²及0.03 mg/cm²時，其相對離海岸線距離公里數，利用MapInfo地理資訊系統繪圖功能，沿著所屬海岸線依序繪出5條平行線(如圖3)，再參照平行線鄰近鹽害測點之實測值、海岸地形及周遭環境等，逐步進行平行線之修正及補強工作，讓每兩條平行線區間範圍內所有測點實測值(mg/cm²)，能符合所屬的ESDD_{max}污損等級，以降低污損等級分佈圖與實測值之誤差，再使用MapInfo的編輯功能來進行台灣電子地圖(5000:1)之切割、合併、刪除圖形物件及疊加節點等步驟，將代表不同ESDD_{max}污損等級之顏色分別填入5個區間內，各顏色所代表的ESDD值污損等級如下：■為特重度(0.5 mg/cm²以上)、■為極重度(0.25~0.5 mg/cm²)、■為重度(0.125~0.25 mg/cm²)、■為中度(0.06~0.125 mg/cm²)、■為輕度(0.03~0.06 mg/cm²)、■為輕微度(0.03 mg/cm²以下)，逐步完成各地區之ESDD_{max}污損等級分佈圖(如圖4)，進而建立台灣地區輸配電線路礙子ESDD_{max}污損等級分佈圖(圖5)。

(五) 成果推廣運用

本案是經由慎密的規劃、科學化量測、數學統計分析及電子圖資繪圖建立而成，繪製的台灣地區輸配電線路礙子ESDD污損等級分佈圖，每個污損等級區間代表的ESDD值範圍皆能符合實測值之大小，故能準確反應出各地區線路礙子實際鹽害污損之程度，非常具有實際應用之價值，可供線路礙子絕緣設計規劃及運轉維護之參考，以增進重鹽霧害地區線路及設備之可靠性。

(高壓室：陳健賢、廖財昌)

- 各污損等級之ESDD值
- : 0.5以上(特重度)
 - : 0.25~0.5(極重度)
 - : 0.125~0.25(重度)
 - : 0.06~0.125(中度)
 - : 0.03~0.06(輕度)
 - : 0.03以下(輕微度)

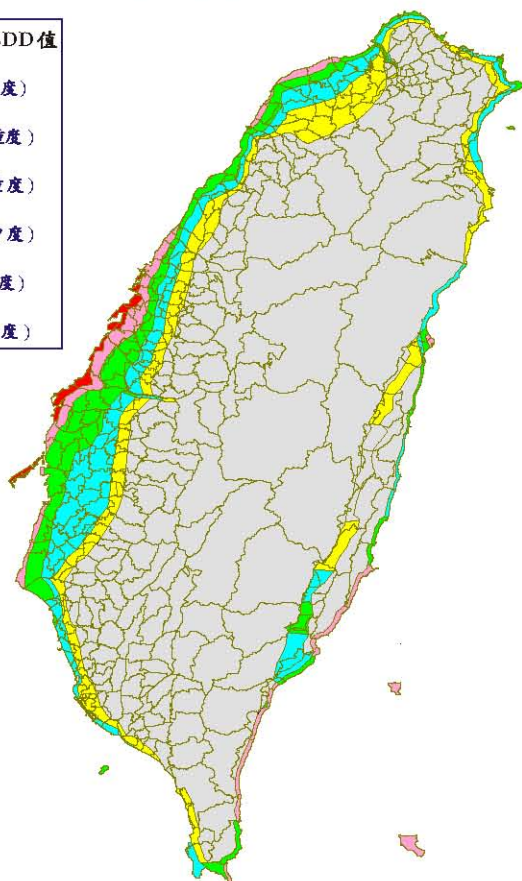


圖5 台灣地區輸配電線路礙子ESDD_{max}污損等級分佈圖

新技術新設備介紹

地網設計模擬實例

(一)緣起：

目前本公司興建變電所時，有關接地電阻值的設計標準依據民國七十四年電研所編號8506訂定變電所接地電阻目標值研究報告辦理，其研究參考的理論係依據IEEE STD.80-1976版Guide for Safety in AC Substation Grounding，惟該項設計準則已歷經1986年版及2000年版修訂，原研究報告的內容，是否合乎系統運轉需求，待進一步研究探討，為本研究報告之緣起。本文參考IEEE STD.80-2000版Guide for Safety in AC Substation Grounding之相關規定，並利用本公司現有之合法地網設計分析軟體，實地完成兩新建屋外型與屋內型配電變電所接地系統設計分析與探討，採用之分析軟體與新建變電所如下面說明與介紹。

(二)地網設計分析軟體

本報告所採用之地網設計軟體包含ETAP與CYME，主要功用與接地網系統設計特性簡介說明如下。

1. ETAP：電力暫態分析軟體(Electrical Transient Analysis Program, ETAP)研發機構：美國(Operation Technology Inc., OTI)。主要功用：套裝軟體包含(1)負載潮流分析、(2)故障電流分析、(3)諧波分析、(4)暫態穩定度分析、(5)設備保護協調與(6)接地網系統設計(Ground grid Design)等相關模擬分析，本報告只需利用接地網系統設計部分。

2. CYME-PSAF：CYMGRD(Substation Grounding)。主要功用：變電所接地網(Substation grounding grid)設計與分析。

(三)IEEE簡化公式應用實例

1. 屋外型配電變電所介紹

某新建69/11.4 kV屋外型配電變電所，預計最終配置30MVA主變壓器4台，高壓側 Δ 採連接方式，低壓側採Y接線且中性點直接接地。在11.4 kV側量得之每台變壓器阻抗為 $0.02+j0.5\ \Omega$ ，實際運轉時每兩台變壓器並聯之等效阻抗為 $Z_{t1}=Z_{t2}=Z_{t0}=0.01+j0.25\ \Omega$ 。長期系統於變電所接地故障電流最大之時，在69 kV匯流排往系統看，等效正、負、零序阻抗分別為 $Z_{s1}=Z_{s2}=0.107+j2.14\ \Omega$ 及 $Z_{s0}=1.5+j12.86\ \Omega$ 。故障清除時間 T_f 、人體電擊時間 T_s 、以及地網導體通電時間 T_c 均設為0.5秒。

2. 地網設計IEEE簡化公式步驟實例

參照IEEE-80如圖1所示之程序方塊圖，設計該屋外型配電變地網地網有12個步驟。

(四)ETAP分析軟體應用實例

ETAP分析軟體利用有限元素法(FEM)分析計算該屋外型配電變電所地網之結果，與上述IEEE簡化公式互相比較如表1所示。從而可知，IEEE簡化

公式相對上較保守，即其計算的 R_g 、GPR、 E_M 和 E_S 之數值均較大。另一方面，FEM分析方法能夠描繪出地面電位上升的情形。圖2所示為利用ETAP地網設計軟體模擬所得地網鋪設後之步間電壓之分佈情形。同時，還可以提供地網範圍之外地面電位的資訊，例如地網周邊外1公尺處的最大接觸電壓，經計算後查知為517 V，尚小於容許值738.7 V。

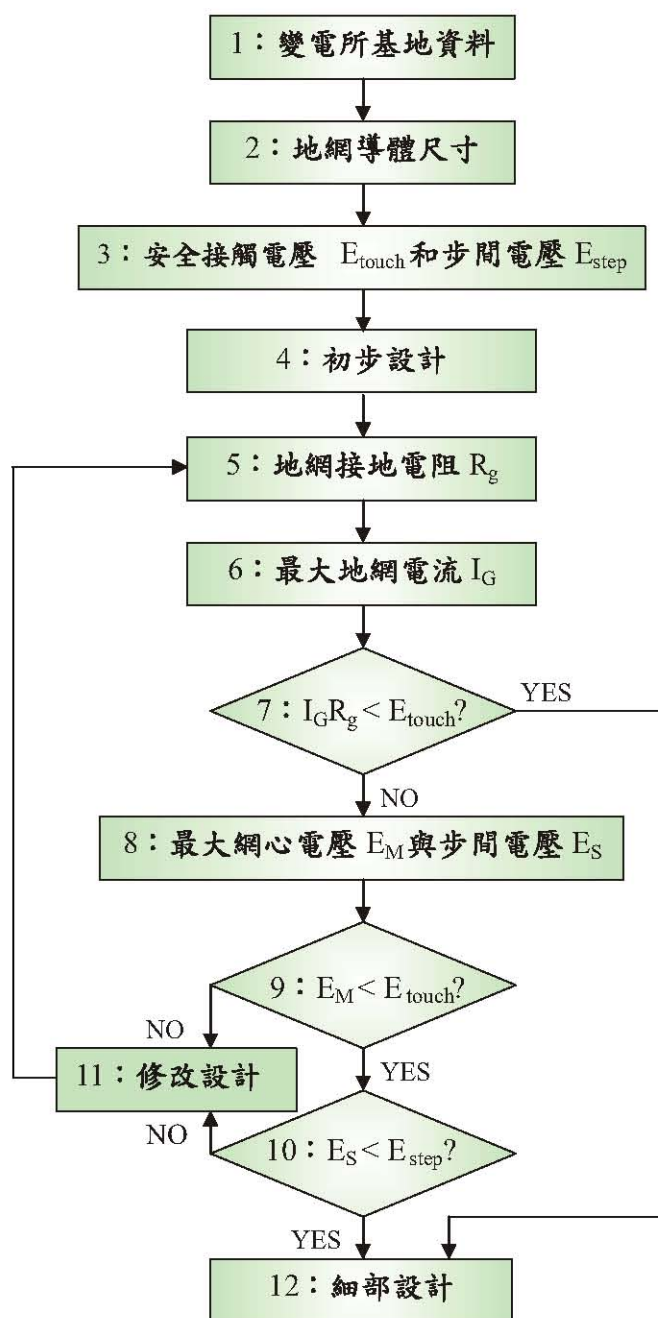


圖 1 IEEE-80之地網12個設計步驟流程方塊圖

表1 不同計算工具之結果比較

分析方法\地網資料	$R_g (\Omega)$	GPR (V)	$E_{touch} (V)$	$E_M (V)$	$E_{step} (V)$	$E_S (V)$
IEEE 簡化公式	0.728	3125	739.9	389.2	2467	310.2
FEM 分析軟體	0.68	2902	738.7	334.3	2463	244.1

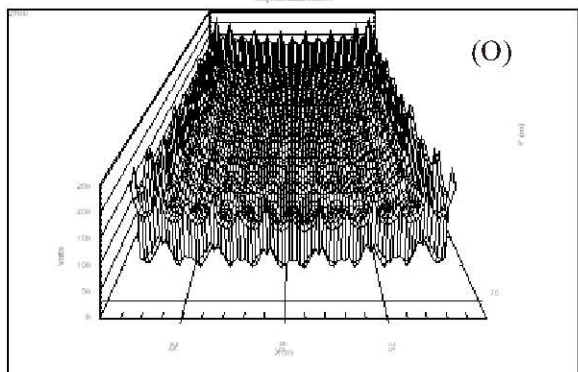


圖2 步間電壓的分佈情形

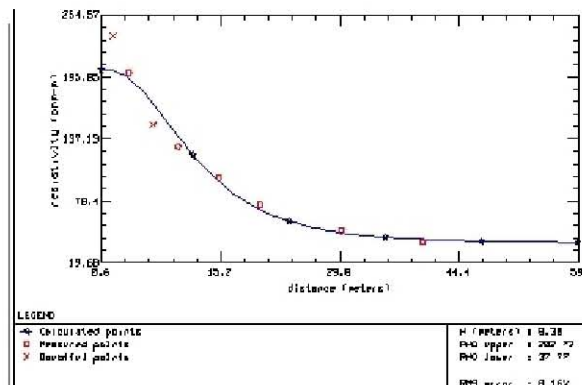


圖3 變電所土壤深度與電阻係數對應分布曲線

(五) CYMGRD地網設計實例

1. 屋內型配電變電所介紹

南部某新建161/11.95/23.9kV屋內型一次配電變電所(D/S)，預計最終配置60MVA主變壓器兩台，高壓側採 Δ 連接方式，低壓側採Y接線且中性點直接接地。在161kV側量得之每台變壓器阻抗，分別為 $6.6099+j206.36\Omega$ 、 $6.3506+j205.3259\Omega$ ，實際運轉時，每兩台變壓器並聯之等效阻抗約為 $Z_{e1}=Z_{e2}=Z_{e0}=3.3+j103\Omega$ 。

2. CYME分析軟體應用實例

利用CYME-CYMGRD接地網系統設計分析軟體與變電所6筆不同深度之現場實測土壤電阻係數資料(利用NORMA - Model 1 UNILAP GEO X之多功能接地電阻計中之四極法測得)，模擬出變電所土壤深度與電阻係數對應分布曲線，如圖3所示。該新建161/11.95/23.9kV屋內型一次配電變電所接地銅棒(5/8" ϕ x 8ft x 54支)、裸硬銅線(80 mm², H.D.C)與裸軟銅線(150mm², S.D.C)配置立體圖與

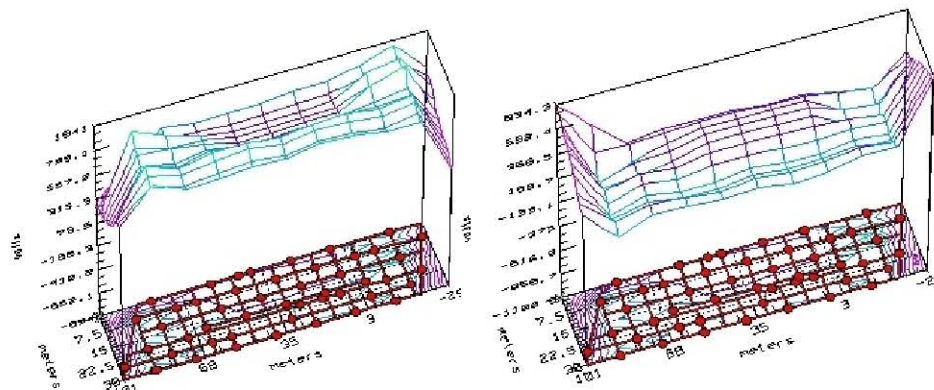


圖4 步間電位與接觸電位等位線立體圖

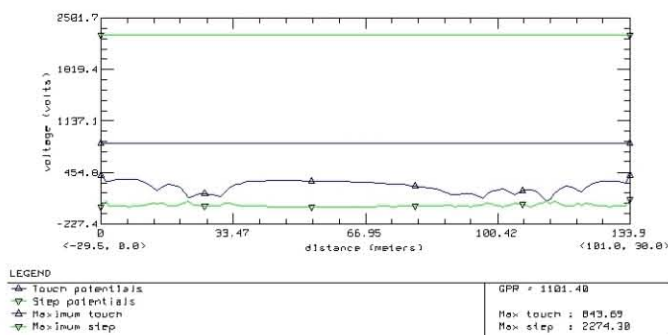


圖5 步間電位、接觸電位與允許值比較平面圖

步間電位 (Step potential)、接觸電位 (Touch potential)等位線立體圖比較如圖4所示。圖5所示為步間電位、接觸電位與允許值平面圖比較。由圖5所示之步間電位、接觸電位與允許值平面圖比較得知，該變電所所設計之地網之步間電位、接觸電位皆在允許安全值內。

(六) 結論

經上述分別實際利用IEEE簡化公式與地網設計軟體包含ETAP與CYME之實例應用，證實如能善加活用現行商業接地網設計軟體，除地網設計架構資料可彈性修改外，亦可輕易取得低於允許值之安全步間電位、接觸電位與接地電阻，地網設計已不再是困難的工作，值得各單位參考。

(電力室：江榮城、林水秀)

研發與試驗活動

配電系統巡檢作業結合RFID、GPS創新技術

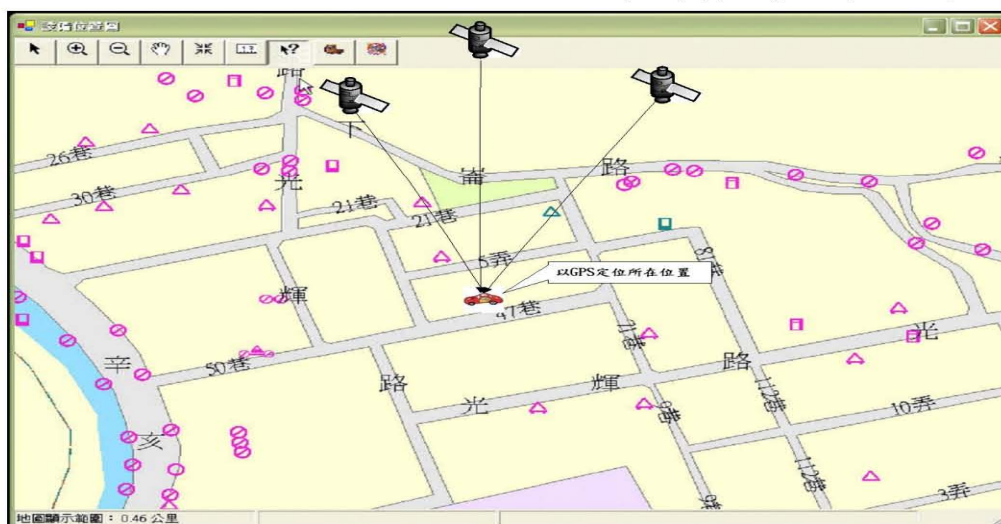
(一) 背景

負載室於民國96年3月7日代表本所參加公司96年度技能競賽暨創新技術觀摩發表。

(二) 創新意涵

目前公司投入相當的人力與時間於配電/變電設備的維護巡檢作業上，為降低維護人力，提高巡檢維護效益以及降低設備事故率，進而提高供電可靠度，本所與業務系統合作，進行配電系統巡檢作業結合射頻識別(RFID)、全球衛星定位系統(GPS)之創新技術應用。

(利用GPS進行台電配電設備巡檢圖)



(三) 目的

1. 增廣科技新知。
2. 彰顯公司專家經驗及智庫之價值。
3. 展現研發及業務單位協力促進之績效。

(四) 活動特色

1. 目前國內外並無利用RFID於電力設備之案例，故其適用性、耐候性及傳輸特性先進行探討；RFID具有高安全性、資料儲存容量大，且節省人工辨識的時間，有效提昇工作效率。
2. 現場巡檢結合GPS定位系統，使人員可更快速搜尋、確實進行巡視檢點工作。



測試無線射頻辨識標籤(RFID Tag)應用於台電配電設備之適用性



設置無線射頻辨識標籤(RFID Tag)於台電二次變電所示意圖

(五) 活動內容概述

展示系統自動提示設備維護巡檢週期已到，主管派遣技術員攜帶紀錄器結合RFID、GPS技術，輔助進行設備維護巡檢作業，快速完成交辦事項及達成更好的作業品質，並完整紀錄巡檢工時與區分安全責任，巡檢結果納入管理資訊平台管控。

(六) 對單位業務助益

巡檢作業為「資產管理 (Asset Management)」之開端，又資產管理屬於「智慧電網 (Smart Grid)」之範疇。目前，本所銜命以公司願景為目標，與各相關單位協力學劃智慧電網之發展藍圖，而本案例可成為智慧電網發展協力促進典範之一。

(負載室：張文奇、蔡森洲)