

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

100年第3季 (100.07 No.81)

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

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、配電線路損失統計網路化研究

(負載研究室：黃佳文、王念中、陳裕清)

(一) 研究背景：

線路損失是電力傳輸過程中必然發生的物理現象，其大小與線路電流之平方及線路電阻成正比，故輸配電線路損失主要受系統電源配置與電網結構之影響。抑低線路損失一直為台電公司營運績效指標項目之一，近年來亦成為節能減碳配合行動的其中一員，目前台電公司現行之電力系統架構圖如圖1所示，台電線路損失分為輸電系統損失及配電系統損失，其中配電系統損失又略可分為二次變電所（主變銅損、鐵損）、高壓饋線（主幹線、分歧線）、配電變壓器、低壓線（包含接戶線）及非技術性損失（包含竊電、計費電表故障）等項目，分布範圍既廣且雜，需要投入相當人力統計、分析。預期隨著區處饋線數量增加，區營業處規劃課線損分析及業務處技術組的業務量將會倍增。

由於配電系統供電電壓較低，電流相對較大，造成配電系統損失於全系統總損失之占比極大，如何精確的計算配電饋線之損失，作深入之探討，是本研究之重點。台電在 90 年代初期即引進 Web Based 資訊系統，以有效解決日益繁重的資料處理與資訊整合工作，並長期致力於系統技術上之研究及改善，建立配電線路損失多元之統計、分析模式，為符合時代需求，計畫將配電線路損失統計予以整合及網路化，藉由共同作業平台，達到資源共享、提升工作效率、有效分析配電線路損失因子，進而抑低線路損失。

(二) 研究目標：

1. 探討配電系統現行作業方式並參考國外模式

後提出具體可行適用台電之改良方案，建立 Web Based 配電系統損失統計分析資訊作業平台，有效提昇各區營業處及業務處之配電線路損失統計作業時效及降低統計作業誤差。

2. 配合總管理處及區營業處之配電線路損失統計分析作業方式提出改進後可行之標準作業程序(SOP)供參考，開發之網路版資訊作業平台包含輔助（區處）計算、統計及分析等功能，與資料庫共享、統一分析提示及輸出、輸入表單格式，並滿足多元統計模式、作業期限通知及提供增刪功能之系統。
3. 建立網路化配電系統損失統計分析資訊作業平台與台電現有各區營業處配電管路圖管理系統（CMMS）、用戶服務資料倉儲、及新電費核算開票系統 NBS 等資料流通機制，以提昇配電系統損失計算統計分析應用價值。

(三) 研究方法與程序：

1. 訪談業務處及區營業處對該系統之需求，蒐集並整合目前業務處及區營業處損失計作業所需之統計、分析之表單格式。
2. 彙整分析台電現有之配電系統損失分析計算方法，以建立實用型與準確型不同應用目的之分析方法。
3. 規劃與分析 Web Based 配電系統損失分析資訊平台資料流與軟硬體架構。
4. ORACLE 概念資料庫、邏輯資料庫以及實體資料庫設計，以及資料庫資料擷取轉換介面

設計。

5. 資料庫查詢介面、輸出輸入報表格式設計、損失計算模式程式以及作業時程預期通知等功能之程式設計。
6. 選擇代表性區處進行損失計算作業實測，以驗證所建構系統之實用性與準確性。
7. 區處/業務處資訊平台使用維護教育訓練。

(四) 研究成果及其應用：

1. 所完成之區域型以及實用型饋線損失計算模式，將可提升區營業處配電系統損失計算精

確度。

2. 所完成之配電線路損失估算資訊平台，可有效提昇各區營業處及業務處之配電系統線路損失統計作業時效，並降低統計作業誤差。
3. 所完成之配電線路損失估算資訊平台，可迅速找出高損失異常饋線以及損失因子，以作為損失改善策略擬訂之參考。
4. 所完成之配電線路損失估算資訊平台，可有效整合區處電務系統、業務系統之損失分析相關資料。

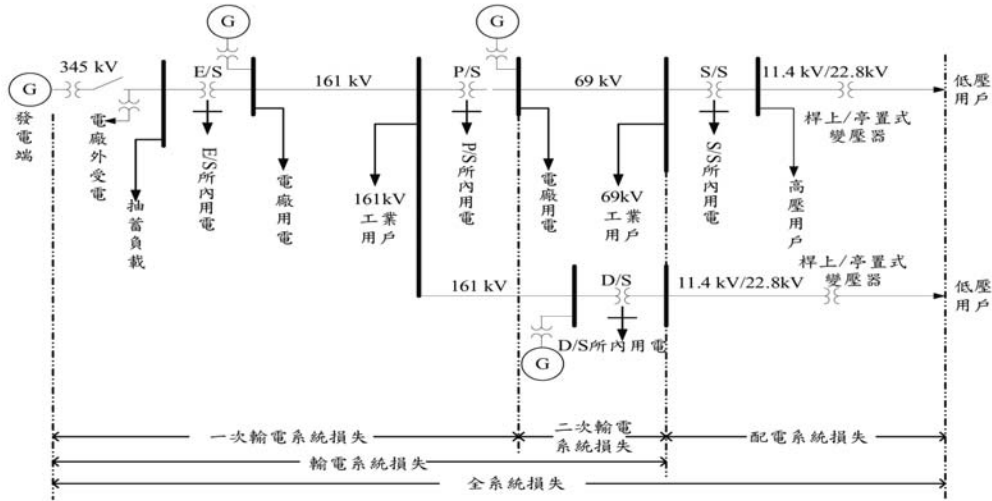


圖 1 台電公司系統簡化架構圖



圖 2 配電線路損失情形查詢結果頁面



圖 3 業務處報表產生頁面

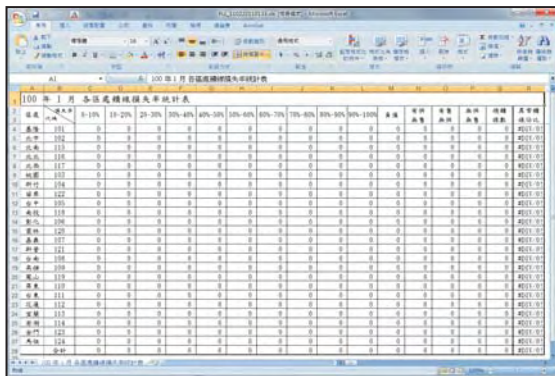


圖 4 各區處饋線損失率統計表頁面

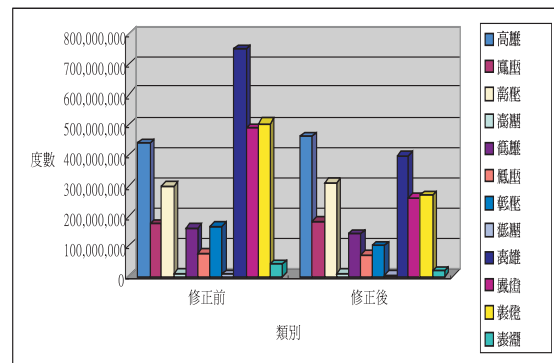


圖 5 4 個區處抄表校調前後高壓、低壓與表燈長條比較圖

二、電力整合資源規劃(ERP)之研究

(電力經濟與社會研究室：洪紹平、陳鳳惠)

(一) 研究緣起與目的：

整合資源規劃 (IRP) 是一個為電力公用事業規劃的流程，此規劃流程評估供給端資源、需求端資源等各種不同的電力資源選擇來滿足未來電力需求，並選擇最佳資源組合，以最小化電力供給成本，同時滿足可靠性需求與其他目標。是現階段許多國家用以達成節能減碳的方法之一。

台電公司目前電力供需之規劃，係從需求面之電力需求預測始，考量各類能源之燃料供應成本與環保因素，以及未來系統之最適電源投資組合，進行長期電源與電網之規劃與投資，與整合資源規劃 (IRP) 同時納入供給端資源與需求端資源之系統整體性規劃方式不同。

透過本研究，藉由對整合資源規劃 (IRP) 理論、相關規劃軟體工具、與主要國家推行現況之探討，提供台電公司未來評估整合資源規劃 (IRP) 推行之參考。

(二) 電力整合資源規劃 (IRP)：

1. 整合資源規劃 (IRP) 理論與流程

整合資源規劃 (IRP) 依美國能源效率經濟委員會定義 (American Council for an Energy-Efficient Economy)，為傳統公用事業資源規劃的延伸。傳統公用事業資源規劃者，考量需求、可靠度、成本、以及政府法規政策等之目標達成，在可接受的可靠度與成本範圍下，從燃料、電廠、配電系統與電力採購中進行資源選擇。整合資源規劃 (IRP) 則更進一步延伸：(1)以公平、一致性、可比較的方式，評估來自供給面與需求面的所有資源選項；(2)最小化總成本；(3)創造一個彈性的計畫，可容許不確定性及因應外在條件變化調整。整合資源規劃 (IRP) 流程如圖 1：

2. 整合資源規劃 (IRP) 軟體工具

整合資源規劃 (IRP) 是運用各種自動化軟體工具進行的動態化流程，運用工具協助實施 IRP 的步驟如下：

- (1)收集目前能源效率或負載曲線的數據，並設定對電力的需求模式，技術，替代能源的改善目標。
- (2)定義和預測未來的能源服務需求情況。
- (3)計算使用替代能源的成本和對電力負載的影響。
- (4)比較常規和替代電力供應方案的環境成本與經濟成本。
- (5)評估 IRP 策略是否滿足供給端和需求端最低成本，限制條件，經濟成本和環境影響。

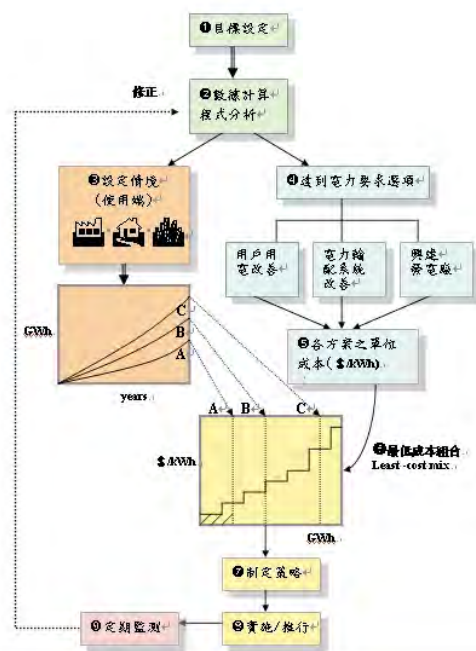


圖 1 整合資源規劃 (IRP) 流程圖

(6) 實施成本最低的策略。

整合資源規劃 (IRP) 的軟體工具可透過自行開發、使用既有軟體工具、或整合既有軟體工具並自行開發介面等三種方式。既有軟體工具部分，在收集並統計現有數據之軟體工具有：試算表、資料庫管理系統等；在預測未來能源服務需求之軟體工具有：HOMER；在發電能源選項及各選項成本之軟體工具有：WASP、GIS of SWERA、Solar and Wind Energy Resource Assessment、再生能源項目分析軟體 (RETScreen) 等；在策略實施之輔助工具有：永續能源規劃系統 (LEAP)、AURORAmp、PRiSM DMS、EGEAS 等。

3. 主要國家推行現況

針對美國、丹麥、中國、韓國與澳洲等五個主要國家整合資源規劃 (IRP) 推行現況進行調查研析說明如下：

(1) 美國

美國為整合資源規劃 (IRP) 發源地，在聯邦法規下，2009 年共計有 28 個州有整合資源規劃 (IRP) 相關立法。實證研究發現：執行整合資源規劃 (IRP) 相關法規之州別，雖在二氧化碳年度排放量變化上未達顯著關係，但其人均二氧化碳排放量顯著較低。

(2) 丹麥

丹麥自 1994 年開始實施整合資源規

劃 (IRP)，由能源署引導與協調電力業者執行。2000 年後，由於電業法修改，電力市場自由化，改由發電業者與輸配電業者自行協調規劃執行。

(3) 中國

中國目前未有整合資源規劃 (IRP) 相關立法，僅北京海澱供電公司開始進行測試計畫。中國學者並擴大整合資源規劃 (IRP) 提出整合資源戰略規劃。

(4) 韓國

韓國於 1990 年修訂電氣事業法，採用整合資源規劃 (IRP) 概念，將需求管理納入，同時對供給端與需求端進行考量，訂定每兩年設立電力供需計畫。

(5) 澳洲

澳洲尚未有整合資源規劃 (IRP) 相關立法，而為因應未來氣候變遷政策的不確定對澳洲能源市場衝擊的疑慮，澳洲能源市場營運機構 (AEMO) 採用整合資源規劃 (IRP) 進行概略分析，提供各界進一步分析之基礎。

(三) 結論：

為追求多元目標的達成，整合資源規劃 (IRP) 已成為各國政府與電業電力資源規劃之重要工具。從整合資源規劃 (IRP) 理論、軟體工具、與主要國家推行現況之研析，可作為未來評估整合資源規劃 (IRP) 推行之參考依據。

新技術新設備介紹

一、太陽風暴對電網影響簡介

(一) 緣起：

近期媒體報導，2012~2013 年可能會發生一生中僅有一次的大太陽風暴，並可能導致大停電的發生，因此本文探討太陽風暴產生現象、對電力設施的可能影響，以及相關的防範措施與預警，供決策參考。

(二) 太陽風暴簡介：

太陽風 (Solar wind) 即為太陽不斷向外噴發等離子體 (日冕物質拋射, Coronal Mass Ejections, CME)，含有輻射及中性的電漿，而太陽風暴 (Solar storm) 是指太陽在黑子活動高峰階段產生的劇烈爆發活動，大量的等離子體不斷從太陽噴發，並吹向地球。太陽活動週期通常以太陽表面黑子 (Sunspot) 數量的週期性變化來劃分，通常以 11 年為 1 週期。

太陽活動週期開始的 4 年左右為上升期，黑子不斷產生，越來越多，活動加劇，並達到極大；黑子數達到極大的 1 年，稱為太陽活動極大年；在隨後的 7 年左右的時間，黑子活動逐漸減弱，黑子也越來越少，黑子數極小的那一年，稱為太陽活動極小年。從 1755 年起算的黑子週期為第 1 周期，1999 年開始為第 23 周期，2009 年 9 月開始為第 24 周期。圖 1 為過去觀測到之太陽黑子數紀錄^[1]，過去發生太陽風暴影響較大的年份為 1859 年、1921 年及 1989 年，而目前預估 2012~2013 年會達到太陽活動極大年，如圖 2 所示^[2]。

太陽風內的高能量粒子如果直接吹襲地球表面，對地球生命與生態具有即毀滅性的影響，但地球有磁場和大氣遮蔽，會將高能量粒子阻隔在地球之外，但部度分進入地球磁場區域內的粒子順著地

(電力研究室：王永富、林群峰、楊金石)

磁的磁場線方向而往南北極方向移動，在低電離層且磁力線較密集的地方產生大量的電流 (此現象稱「極光電流」, Electrojet)，形成所謂的「極光」，如圖 3 所示。

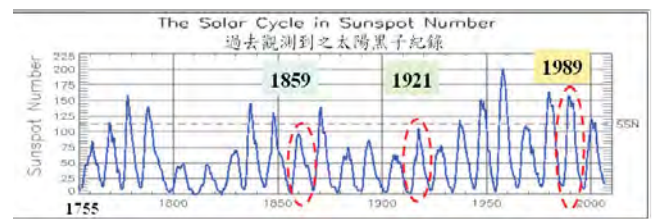


圖 1 觀測到之太陽黑子數目

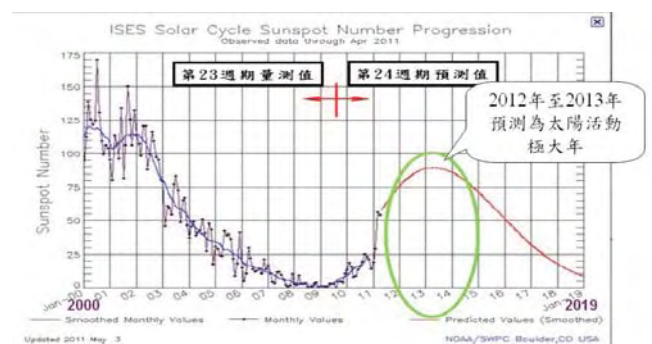


圖 2 第 23 週期太陽黑子量測值與第 24 週期太陽黑子預測值

東西向的極光電流引發的變化的磁場強度為 ψ ，則由麥克斯威爾方程式可知，該磁場在地球表面感應生成的電場強為 $E = -d\psi/dt$ 。設 $\psi = \psi_m \sin \omega t$ ，則可得 $E = \omega \psi_m \sin(\omega t - 90^\circ)$ ，表示變化的磁場將感應產生落後 90° 同頻率變化的電場，即在地球表面生

成東西方向的地面地勢，若在東西向的傳輸線兩端感應電場，即會產生地磁感應電流(Geomagnetically Induced Currents, GICs)，其表示如圖 4 所示^[3]。

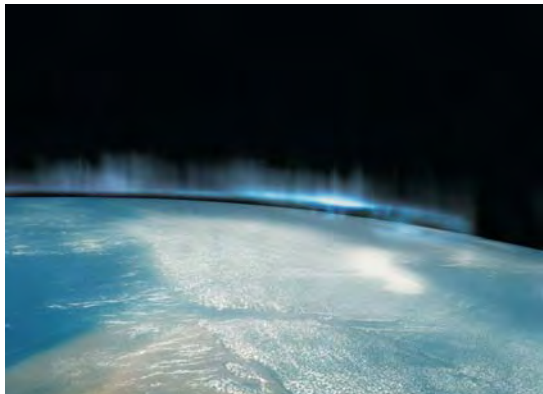


圖 3 從外太空拍到的極光

GICs 會由變壓器或併聯電抗器中性點流入電力系統，再沿輸電線另一中性點流回地面，而 GICs 其變化頻率範圍約在 0.001Hz~0.1Hz，在 60Hz 的輸電系統下可看成一「半直流電流」，若 GICs 過大會造成變壓器、電抗器及保護電驛等無法正常運作，對電網之穩定造成一大威脅。

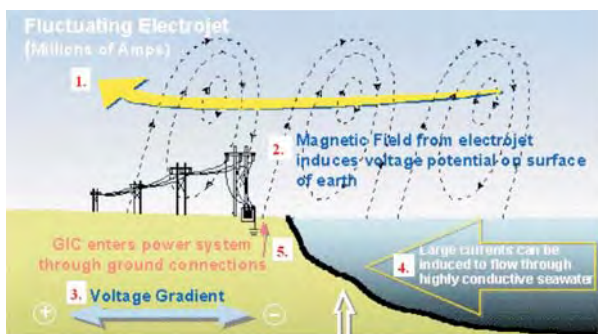


圖 4 地面感應電勢產生地磁感應電流

(三) 太陽風暴對電網影響：

變壓器在正常情形下磁通激磁特性對應激磁電流表示，可以看出變壓器會操作在鐵心飽和的線性區間且對應有少量的激磁電流，變壓器在正常操作時磁通極值會接近鐵心飽和曲線上的膝點，如圖 5 所示^[4]。

圖 6 可看出受到 GICs 影響的變壓器偏離磁通會在正半週時超過鐵心飽和曲線的膝點，而對應至激磁電流部分，可看出變壓器在半週期飽和時會有大量的激磁電流，會造成變壓器過熱及繞組損失的增加。圖 7 為遭太陽風暴而受損的變壓器。

變壓器會因為 GICs 而進入半週期飽和 (Half-cycle saturation) 狀態而會消耗虛功，因為在半週期飽和時，有大量的基頻激磁電流，且每相落後電壓 90 度，故會產生一個從系統吸收虛功的反應，當 GICs 增加時會因為變壓器吸收大量虛功而造成電壓崩潰。當 GICs 增加時，交流傳輸系統的容量會

下降，因為虛功與電壓有其關聯性，系統電壓下降時會降低暫態的穩定度。

若變壓器在太陽風暴發生時若無故障發生，但在累積數次的風暴週期後，內部確實會遭受一些的損壞，而致使變壓器使用壽命縮短。大型的太陽風暴會影響的區域範圍很大，會因為大量的 GICs 而使多數的變壓器損壞，雖然一台變壓器需花費幾百萬元，但變壓器損壞造成的結果卻是難以估計。而變壓器半週期飽和造成的諧波會使發電機的轉子過熱及機械震動。

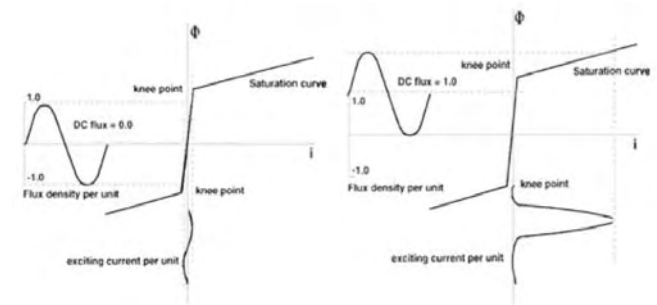


圖 5 正常操作時激磁電流 圖 6 受到 GICs 影響激磁電流

(四) 實際案例說明：

1989/3/13 加拿大魁北克電力系統於凌晨 2 點 45 分受到太陽風暴襲擊，加拿大魁北克系統電網中 7 台 SVC 超載，全部跳脫；La Grande 水力電廠低頻卸載動作，5 條 735 kV 線路相繼跳脫，共喪失 9500 MW 發電量；由於裝置容量占魁北克系統總容量的 44%，因此導致魁北克系統中其他電網的電壓和頻率相繼持續降低。魁北克系統功率出現波動，導致 Churchill Fall 水力電廠也跳脫，使東北部電網與魁北克系統解聯，整個魁北克系統崩潰。同時，位於紐澤西的 Salem 核電廠，一具 1,200 MVA, 500 kV 升壓變壓器受到 GICs 的影響，造成無法修復的損壞。

(五) 防範對策

1. 一般對策

- (1) 於變壓器中性線裝設電容器或與長程輸電線串聯電容器以避免 GIC 流入。
- (2) 啓動停用的輸電線及變壓器，藉由輸電線及變壓器分散 GIC，避免變壓器飽和及過熱。
- (3) 關閉並聯電抗器以釋放虛功，讓飽和的變壓器消耗虛功。
- (4) 盡可能地降低系統電壓值（變壓器匝比及電壓調節器），藉此保護系統電壓擺動造成的過電壓損害，及釋放更多虛功，但此項措施會使系統損耗增加。
- (5) 調整過電流電驛設定以防止誤動作發生，但會降低過載或故障的保護層級。
- (6) 降低關鍵變壓器負載，而使變壓器不會因

GIC 的偏離磁通造成過熱。

(7)停用較脆弱之裝置如變壓器及長程輸電線。

(8)降低區域間傳輸線路容量以釋放虛功。

2. 地磁感應電流監測與預測

EPRI 的 SUNBURST 計畫能夠量測 GICs，且與公共事業業者合作，於用戶端建立量測系統，並將量測到之資料建立資料庫以利分析，量測系統如圖 8 所示^[1]。

EPRI 並與 NASA 合作執行 **Solar Shield** 計畫，此專案是開發一個太陽活動對於北美電網影響的原形預測地磁感應電流系統，來增強 EPRI 的 SUNBURST 研究支援工具。預測系統分為長時間層級預測及短時間層級預測。長時間層級 1：提早 1-2 天給予預警，為部份概率預測 GICs；長時間層級 2：提早 30-60 分鐘給予預警，並完全確定預測 GIC。其功能包括：(1) GIC 活動開始時間、(2) GIC 密度、(3) GIC 影響地理位置、(4) GIC 活動結束時間 (5) GIC 活動結果以表單方式來處理，供決策與防制 GICs 行動用。

圖 9 為美國太空天氣預報中心(SWPC)太陽風暴即時監測網站內容包括太陽風相關即時資料與預警^[5]，另歐、日、大陸亦有相關的網站可供太陽風暴查詢。

3. 車載式備用變壓器

EPRI 與美國國土安全部合作研發一種車載式備用變壓器，能夠暫時取代因太陽風暴造成損壞的變壓器，此變壓器的設計是以體積小、運輸方便及快速安裝為概念。

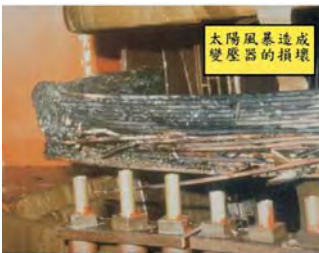


圖 7 太陽風暴受損的變壓器



圖 8 GICs 量測系統

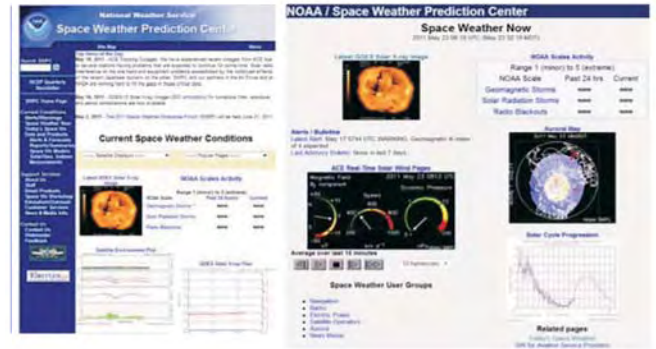


圖 9 美國太空天氣預報中心 (SWPC) 太陽風暴即時監測網站

(六) 結論：

太陽風暴對通訊與控制等微電子系統的衝擊，可看成類似高空核爆電磁脈衝影響採取相同的防護措施。

雖台灣的地理位置屬中低緯度，且輸電線大部分為南北走向，受到地磁感應電流影響的機率比高緯度國家小，但大型的太陽風暴發生時，地磁感應電流亦可能會影響到電力系統，因此仍需採取預防措施。

(七) 參考文獻：

- [1] Rich Lordan and Luke Van der Zel, "High Impact Low Frequency Events," EPRI, 2011
- [2] National Oceanic And Atmospheric Administration "Solar Cycle Progression," <http://www.noaa.gov>
- [3] W. A. Radasky and J. G. Kappenman, "Impacts of Geomagnetic Storms on EHV and UHV Power Grids," 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, AP EMC 2010, art. no. 5475523, pp. 695-698
- [4] Tom. S. Molinski, "Why utilities respect geomagnetically induced currents," Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 64 (16), pp. 1765-1778, 2002.
- [5] <http://www.swpc.noaa.gov/SWN/index.html>

二、氣封開關設備延長使用年限之研究

(高壓研究室: 范振理、陳柏江)

(一) 緣起及目標：

本公司氣封開關設備 (含 GIS、C-GIS 及 GCS 等) 為數眾多，目前使用年限依現行規定為 25 年。經統計斷路器於 25 年服役期內之操作次數僅數百次，依 IEC 60694 與 IEC 62271-100 氣體絕緣開關之機械壽命 10000 次。另公司之規定每 12 年內檢 1 次，在第 2 次內檢 (24 年) 後的次年即需汰換，內檢週期似有不當等問題需檢討，如能延長 GIS 等之

相關設備壽命，可為公司遵節龐大開支。

(二) 研究內容：

蒐集氣封開關設備資料，其內部絕緣材料設計使用年限為 50 年，接觸器與消弧接點則與啓斷次數相關，至少可操作 2000 次。經調查發現高頻度操作之斷路器，經操作 2000 次後主接觸器，輔助接點等均完好如新。用現行現場檢測技術如部份放電、X 光攝影技術、紅外線測溫儀等可發現開關設備內部

老化或缺陷。並經實際現場部份放電量測數百檔 GIS 之狀態，驗證結果大致良好，並無老化現象發生。

參考 Cigre 建議之狀態基準維護策略 (Conditional Base Maintenance, 簡稱 CBM) 與現行之時間基準維護策略 (Time Base Maintenance, 簡稱 TBM) 相較, CMB 無法降低維護成本。

(三) 研究成果

本公司現行規定為 25 年之使用年限可延長至 36 年。GIS 使用年限如由 25 年延長至 36 年其經濟效益以(1) GIS 生命週期之總投資費用(2)依折舊計算平均每年開關設備之使用費。(3)計算供電處所屬 GIS 年度使用費差異。以目前全系統 2656 檔 161 kV 與 408 檔 345 kV GIS 每年共可謂公司節省 398,656 仟元，即每年近 4 億元新台幣。並建議檢討在使用 24 年後定期點檢項目與維護方式或採用狀態基準

維護方式作為延長使用壽命之依據。



運轉中之 GIS

研發與試驗活動

大陸國電科技環保集團訪問本公司

(研究發展企劃室：鄭增祥)

大陸國電科技環保集團一行 7 人於 2011/02/21-22 拜訪本公司，除拜會費副總經理外，並就等離子點火、汽輪機改造、脫硫及風力發電等議題提出討論，本公司參與的單位包括發電處、環保處、開發處、營建處、修護處、核火工處及綜研所等，討論非常熱烈，雙方獲益良多。第二天並安排參訪林口發電廠，由陳廠長金海親自接待並由王副廠長育林簡報林口發電廠現況，其間國電專家亦提出等離子點火及脫硫等方面介紹，並與現場技術人員討論，會後並參觀現場設施，實際達到技術交流目的。訪問期間相關照片如後附。

國電科技環保集團來訪名單如下：

1. 中國國電科技環保集團有限公司：
楊總經理助理東、王杰怡小姐
2. 北京國電龍源環保工程有限公司：
劉副總經理漢強、王副總經理雪芝
3. 煙台龍源電力技術股份有限公司：
苗副總經理雨旺
4. 北京龍威發電技術有限公司：
肖副總工程師官和
5. 國電聯合動力技術有限公司：
蔡經理助理安民



拜會費副總經理(一)



拜會費副總經理(二)



會議討論情形(一)



會議討論情形(二)



林口電廠陳廠長金海會議致詞情形



參觀林口發電廠現場設施



王副廠長育林簡報林口發電廠現況



團體合照