

# 邁向低碳經濟～ 智慧型電網

文・圖／劉志文

地球的暖化絕大部分來自人類大量使用化石燃料、過度排放二氧化碳等氣體所產生的增溫現象，近年來氣候異常即是最明顯的例子。若是全球溫度持續上升，對於人類將造成不可預期的大災難，如不正常的暴風雨和旱災、傳染性疾病或病蟲害流行、農業生產週期被破壞、南北極冰河融化和海平線上升進而影響動植物棲地及生態環境，最後可能連人類社會結構都會改變。因此，限制二氧化碳等溫室氣體的排放量，是目前人類對於保護地球生態所能做的第一步。聯合國於1992年制訂「聯合國氣候變化綱要公約」，又於1997年通過具有約束力之「京都議定書」，要求該議定書內「附件一國家」之成員，在第一階段之承諾期間（2008至2012）必須降低溫室氣體的排放量。讓各國在制訂未來的能源政策時，除了將環保列為重要考量因素外，尚須加入溫室氣體減量的機制。

「智慧型電網（Smart Grid）」為目前國際視為解決化石燃料能源供應短缺與極端氣候所帶來之人類生存挑戰的重要方法之一。包括美國、歐洲以及開發中國家在內，二氧化碳的排放中超過50%來自發電廠的發電過程，由於對電力的需求持續成長，隨著大量綠色再生能源發電及電動車充放電併入電網，使得電力網的控制管理複雜化，故未來電網的發展必須朝向自動化、資訊化，以及具有可與用戶雙向溝通，作需求面管理的智慧型電網（Smart Grid），才能滿足日益複雜的電力需求，並達成節能減碳的目的。

目前先進國家所規劃的未來電網架構皆以智慧型電網為基礎，例如美國能源部Grid 2030計畫、歐盟Smart Grid計畫、日本NEDO計畫等。臺灣也必須跟上國際電業的腳步。廣義來說，智慧型電網為整合發電、輸電、配電及用戶的先進電網系統，有自動化及資訊化的優勢，具備融合綠色能源發電及電動車充放電、自我監視、診斷及修復等功能。其基本運作模式為運用各種高科技的感測器與智慧型儀表，即時且完整地收集從供電端到用電端所有設備的能源使用資訊，再透過通訊網路和精密的軟體系統，來分析處理電力供需的資料，並以此資料作為電力系統自動化後，供給、調度和需求面的管理。

由此可知，智慧型電網需要能夠充分地整合能源使用資訊、通訊技術、電力傳輸、電能管理以及將來可能的電能交易和電能服務，故不只是一種特定的技術，而是將近年來快速發展的多種數位技術應用於電力系統的現代化上，例如跨網路的整合通訊技術、先進的控制方式、先進的感測（Sensing）、讀表（Metering）及量測（Measurement）技術、以及先進的電力設備電網元件等。而這些關鍵的數位技術將為現代化的電網奠定基礎；換言之，智慧型電

網的佈建，意味著又一個類比產業的數位化。智慧型電網可說是邁向低碳經濟的康莊大道。

以同步相量量測器（PMU）為基礎之廣域量測系統（WAMS）應用技術為當代智慧電網所應具備之重要技術之一。筆者在美國康乃爾大學博士研究時，即師承PMU發明人之一Prof. James Thorp，當時（1990-1994）PMU研究剛萌芽，筆者有幸學習此一新技術，並在1994年回臺大任教之後繼續此方面研究。至目前為止，筆者共完成指導8位博士生作PMU方面之研究。並經由與台電公司及歐華科技公司（PMU臺灣製造商）合作研究計畫，推動在台電公司核二廠、龍潭、峨眉、中寮、嘉民、龍崎、核三廠等超高壓變電所裝置PMU，其中導入筆者研究團隊所研發之創新動態穩定度監測演算法及輸電線故障定位演算法等，歐華科技公司並成功輸出部分電網至中國。筆者目前亦執行能源國家型智慧電網主軸計畫，藉此整合產學界與台電公司研發能量，強化及擴充台電既有WAMS應用功能，並研發擴展廣域量測系統，包括廣域頻率量測網路及輸電線無線感測網路應用，以提升我國電網穩定度及安全性，並開發具國際競爭力之廣域量測應用自主技術。謹提供3張研究成果圖如右供參考。☞（本專題策畫／臺大綠色電能研究中心陳德玉主任）



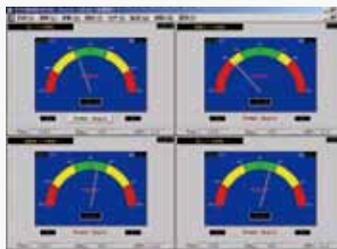
### 劉志文小檔案

臺大電機工程學系教授。主要研究領域為電力系統、電力電子、膠囊內視鏡，近年專注於智慧型電網、電力系統分析、太陽光電換流器及膠囊內視鏡，在智慧型電網廣域相量量測系統有相當成果展現。

1987年臺大電機系畢，先後於1992、1994年取得Cornell 大學碩博士學位。2001年獲中央研究院傑出年輕研究學者獎，2002年獲中國工程師學會「詹天佑論文獎章」，2004年臺大「研究貢獻獎」，2005年國科會「最高級研究計畫主持費」及2008年「傑出研究獎」。

## Application: On-line Phasor Monitoring

J.-Z. Yang and C.-W. Liu, "A Precise Calculation of Power System Frequency and Phasor", *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol. 15, No.2, pp.494-499, 2000.



- Remote PMUs transmit positive sequence voltage phasors and frequency to central centers 20 times per second.
- The angle swing curve will be monitored, if the frequency of angle swing falls into the interval [0.2 Hz, 2.5 Hz].

Green Electric Energy Research Center, NTU

12

## Real Fault Locator Example



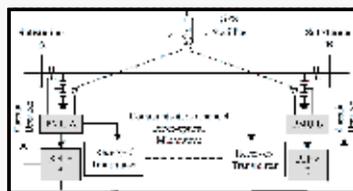
Y.-H. Lin, C.-W. Liu and C.-S. Chen, "An Adaptive PMU Based Fault Detection/Location Technique for Transmission Lines With Consideration of Arcing Fault Discrimination, Part I: Theory and Algorithms", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 19, No.4, pp. 1587-1593, Oct. 2004.  
Y.-H. Lin, C.-W. Liu, and C.-S. Chen, "An Adaptive PMU Based Fault Detection/Location Technique for Transmission Lines With Consideration of Arcing Fault Discrimination, Part II: Performance Evaluation", *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol. 19, No.4, pp. 1594-1601, Oct. 2004.

On April 19, 2002, a A-phase ground fault over a 345 kV line between Lungchi substation and 3<sup>rd</sup> Nuclear power plant substation is located by PMU technique.

Green Electric Energy Research Center, NTU

23

## Application: Transmission Line Relaying



J.-A. Jiang, C.-S. Chen, and C.-W. Liu, "A New Protection Scheme for Fault Detection, Direction Discrimination, Classification, and Location in Transmission Lines", *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol.18, No.1, pp.34-42, 2003.

PMU based line relaying is one kind of differential protection schemes. Moreover, the combination of two-end voltage and current phasor measurements as differential function has advantages over that of employing current differential scheme.

Green Electric Energy Research Center, NTU

31