

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(類別：實習)

100 年度台德技術合作計畫
「再生能源發電對智慧型配電系統
之衝擊與對策研究」
出國報告書

服務機關：台灣電力公司

出國人 職 稱：電機工程研究專員

姓 名：謝忠翰

出國地點：德國

出國期間：100 年 6 月 14 日~100 年 6 月 27 日

報告日期：100 年 8 月 26 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：再生能源發電對智慧型配電系統之衝擊與對策研究

頁數 51 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/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

謝忠翰/台灣電力公司/綜合研究所/電機研究專員/8078-2266

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(開會)

出國期間：100.0614~100.06.27

出國地區：德國

報告日期：100.08.26

分類/號目：

關鍵詞：智慧型電網(Smart Grid)、配電自動化(Distribution Automation)、智慧型電子裝置(Intelligent Electrical Devices, IED)

內容摘要：(二百至三百字)

自能源危機爆發後，利用再生能源技術發電一直是全世界各國積極發展目標。其中，德國由於政府鼓勵再生能源技術的研究與開發，因此擁有全世界最大風力發電區(累計裝置容量)，以及全球第二大太陽能發電區。再生能源屬於分散型電源的一種，發電後通常直接併入配電系統中，但因發電來源取決於大自然，具有不穩定的特性，對原本僅負責供電與客戶之配電系統將造成相當之衝擊並衍生若干新的技術問題。

於此同時，各種智慧型電子裝置(Intelligent Electrical Device, IED)隨著科技進步不斷開發，智慧型配電系統是電力公司建置智慧型電網之基礎建設，亦是未來發展重點，故實有必要進行再生能源發電併網後對智慧型配電系統之衝擊與解決對策研究，以因應政府推動再生能源政策，並確保供電品質。

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

出國報告審核表

出國報告名稱：再生能源發電對智慧型配電系統之衝擊與對策研究		
出國人姓名（2人以上，以1人為代表）	職稱	服務單位
謝忠翰	電機研究專員	台灣電力公司
出國期間：100年6月14日至100年6月27日		報告繳交日期：100年 9月5日
計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整（本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」） <input type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.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 <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 <input type="checkbox"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input 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"/> 9.其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 2.退回補正，原因：_____	
	<input type="checkbox"/> 3.其他處理意見：	

說明：

一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。

二、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。

三、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「出國報告資訊網」為原則。

摘要

感謝經濟部國際合作處及台灣電力公司惠予本人機會，赴德國進行「再生能源發電對智慧型配電系統之衝擊與對策研究」研習，本次的研習自民國 100 年 6 月 14 日出發，至 6 月 27 日返抵國門，共計 14 天，扣除往返行程，實際研習時間依原研習計畫書所示。

本研習主要目的在探討再生能源發電對配電系統之衝擊與解決對策，以因應政府推行再生能源之政策，確保系統供電品質。再生能源發電的種類繁多，舉凡地熱能、風力能、太陽能、生質能、水力能等，然而限於時間，本研習著重在目前政府大力推動且明顯對電力系統造成影響的風力發電為主，同時了解智慧型電子裝置(Intelligent Electronic Device, IED)相關通訊協定訂定進度及未來各項應用。

本報告內容包含研習目的簡介、過程說明、研習心得、結論與建議等，限於篇幅，研習心得包含德國再生能源發展現況、德國電力系統簡介、分散型能源發電對配電系統之衝擊與對策，最後是成果與建議。

目次

章節	頁次
壹、出國目的.....	3
貳、出國過程.....	7
參、心得.....	26
肆、成果與建議.....	47

壹、出國目的

一、任務：

參加經濟部 100 年度台德合作人員計畫，赴德國研習「再生能源發電對智慧型配電系統之衝擊與對策」。

二、緣起：

台灣的能源百分之九十七以上自國外進口，因此降低對進口能源的依賴，積極開發再生能源乃成為我國目前能源發展的重要目標。雖然國內風力發電仍在起步階段，但是興建中與規劃中的風場數量與裝置容量都相當可觀，加上太陽能發電在國內逐漸受到重視，意味著未來為數眾多的再生能源發電機組將陸續併入台電系統。

再生能源發電屬於分散型電源 (DG)，通常直接併入配電系統，然而其中風力發電與太陽能發電由於來源取決於大自然，具有供應不穩定的特性，對原本僅負責供電予客戶的配電系統將造成衝擊並衍生許多新的技術問題。於此同時，由於電力電子科技益發達，ICT 廠商開發出各種適用於配電系統之智慧型電子裝置 (IED)，並透過國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 訂定開發相關通訊協定，藉以發展成為智慧型配電系統。故本研習主要目的在探討再生能源發電對配電系統之衝擊與解決對策，以因應政府推行再生能源之政策，確保系統供電品質。

三、目的：

隨著日本 311 地震造成的核危機影響所及，全球政府被迫重新審視核能作為替代能源的安全性。包括德國在內的歐洲各國決定關閉國內大量老舊核電站，以期避免潛在的安全隱患。在當前全球大力提倡發展低碳經濟的背景下，風能及太陽能已逐步成為再生能源發電主要代表。截至 2010 年德國風力發電總裝置容量達到 27.2GW，佔整體電

力供應 7%；同時太陽能發電總裝置容量為 17,000MW，佔整體電力供應 2%，值得一提的是德國在 2010 年太陽能板的裝置容量就有 7,400MW。德國政府預計在 2050 年再生能源發電要達成 25%佔比，再接下來借鑒其發展經驗及模式，對我國發展風能產業意義重大。

日前，北德五州政府達成共識，呼籲德國完全廢棄核能，大力發展以風能為主的綠色能源。德國電力網路主要是由 E.ON Netz、VE-T、RWE 與 EnBW 四家電力公司所組成，四家電力公司之風力發電機裝置總容量佔比分別為 42、38、18 與 2%。

本研習主要目的在探討再生能源發電對配電系統之衝擊與解決對策，藉由德國先進國家發展經驗及實地訪視，提供本出國報告供主管單位參考，以因應政府推行再生能源之政策，確保供電可靠度及系統供電品質。

四、預期成果：

- (一)觀摩德國再生能源發電系統、配電系統控制中心、相關智慧型電子裝置技術及目前之發展與應用，藉以做為國內相關業務辦理之參考。
- (二)拓展國際視野，了解國外再生能源發電之先進發展及應用狀況，並對照國內目前台電公司辦理相關業務辦理所遭遇之困難提出討論並交換意見。
- (三)限於本次研習時程不長，盼藉由本次禮貌性訪察廣結人脈，為公司建立未來跨國技術交流及請益管道。

貳、出國過程

一、行程

本次的研習自民國 100 年 6 月 14 日出發，6 月 15 日抵達法蘭克福，至 6 月 27 日返抵國門，共計 14 天，扣除搭機行程，實際研習時間依研習計畫書所列為 11 天。在此謹簡介過程與內容，詳細技術細節將於研習心得中作深入探討。本次研習詳細行程表及內容(中英文併列)如表 2-1 所示。

表 2-1 研習行程及內容

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	實際訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for discussion)
06/14 ~ 06/15		往程(Taipei→Frankfurt)	
06/15	法蘭克福 Frankfurt	SIEMENS Energy Sector Power Distribution Division Yuan Wang	-聽取西門子公司現有智慧型電網架構、發展情形；另拜會西門子配電系統、再生能源及科技顧問部門人員。 -Introduction of SEIMENS Smart Grid and Portfolio
06/16	法蘭克福 Frankfurt	SIEMENS Energy Sector Power Distribution Division Thu Hang Pham Energy Sector Power Distribution Division	-西門子在全球各地佈建智慧型配電網路(IED)及電力系統自動化研發成果。 -IEC61850 在智慧型配電系統與電網之應

		Cedric Harispuru	<p>運。</p> <ul style="list-style-type: none"> -Introduction of SEIMENS Smart Grid and Portfolio -Intelligent Grid Access via IEC61850
06/17	法蘭克福 Frankfurt	<p>SIEMENS Energy Sector Power Distribution Division Sven Köppe Energy Sector Power Distribution Division Arnold Kuhlmann</p>	<ul style="list-style-type: none"> -再生能源發電(風力&太陽能)對配電系統、電力潮流等影響進行討論。 -Solution to network by recycling energy like wind generation, solar energy
06/18	法蘭克福 Frankfurt	例假日	
06/19	法蘭克福 Frankfurt	例假日	
06/20	法蘭克福 Frankfurt	<p>ABB AG Senior Director Astrid Böttcher Head of Marketing & Technology LBU Grid SYSTEMS Gunter Strak</p>	<ul style="list-style-type: none"> -拜會 ABB 人員 -聽取 ABB 目前在風力發電技術之發展與規劃 -討論離岸風場利用超高直流電纜輸送電力之技術及注意事項 -輸電系統分析及最佳化介紹 -Presentation & Introduction of ABB Wind Power -Project visit of ABB “BorWin1-HVDC” project detail -Distribution System Analysis and Optimization -Efficient Grids for

			utilities and industrial companies
06/21	法蘭克福 Frankfurt	<p style="text-align: center;">ABB Head of Marketing & Technology LBU Grid SYSTEMS Gunter Strak Distribution Systems Power System Consulting Andreas Underbrink</p>	<p>-與 ABB 人員就該公司於 2009 年進行 MeRegin(Minimum Emission Region)計畫進行討論，該試驗計畫含括 150 部各類型發電機組、50 個儲存裝置及 800 戶用戶。</p> <p>-Briefing of MeRegio Project Detail</p> <p>-Project visit of the MeRegio (Minimum Emission Region) Project</p>
06/22	法蘭克福 Frankfurt	<p style="text-align: center;">ABB Senior Project Manager Power Technology Stephan Kautsch RWE Power System Consulting Business Unit Grid System Adam Slupinski</p>	<p>-與 ABB 及 RWE 人員舉行風機併網討論會議。討論議題包括併網點電力品質控制、低/中壓 STATCOM 系統、離岸風機交流/直流併網等。</p> <p>-Training Seminar “Wind Connection”</p> <p>.Power quality controlled at the point of connection</p> <p>.LV/MV STATCOM</p> <p>.AC vs DC connection of off-shore</p>
06/23	法蘭克福 Frankfurt	<p style="text-align: center;">ABB、FGH(RWE) Department Director Power Equipment Technology Christoph Kahlen</p>	<p>-由 ABB 安排與德國風力系統認證中心 (FGH)人員就現有 On-shore 及未來 Off-shore 風力電場相關測試技術、認證流程進行討論。</p> <p>-實地參觀認證試驗</p>

			場。 -Certification of Advanced Electrical Characteristics based on Measurements, Validated WEC Models and Simulation of Wind Farms
06/24	法蘭克福 Frankfurt	SIEMENS Power Transmission and Distribution-Medium Voltage Boris Begovac	-參觀西門子公司 IED 設備、數位保護電驛、開關及變壓器工廠。 -參觀智慧型配電系統控制中心 Factory visiting— 1. Switchgear、Transformer、Protection Relay factory tour。 2. Control Room of Smart Distributed System visit.
06/25	法蘭克福 Frankfurt	配合班機時程留宿法蘭克福	-參訪資料整理 -Data Compilation
06/26 ~ 06/27	法蘭克福 Frankfurt	返程(Frankfurt→Taipei)	

二、參訪過程及內容綜論

此次研習的第一站是西門子公司，了解該公司目前智慧型電腦架構及發展情形，參訪內容簡述如下：

1. Spectrum Power DNA overview：

介紹西門子公司針對未來智慧型配電系統所開發之配電網路應用系統(Distribution Network Applications, DNA)，這套系統主

要目地為協助運維人員簡化並改善配電系統分析時間，同時提供可靠度更高之電網運轉狀態資訊。系統主要功能可區分為電網故障管理、狀態預測、有效/無效電力控制等幾大項。

—故障管理(Fault Management)：處理事故型故障(Outage Faults)，如短路電流故障等，及非事故型故障(Non-outage Faults)事件—如天然災害引起事故，可即時找出故障發生點，同時可經由 IEC61643 協定遠端取得資料。除故障點位置定位功能之外，故障管理功能也另提供故障隔離及線路轉供之功能，藉以縮短事故處理時間並降低對用戶之影響，未來當大量掛載於系統上之再生能源發電裝置發生故障時，可迅速找出故障點，進行隔離，同時調度其他電源裝置，避免危及整體供電系統。

—狀態預測功能(Status Estimate)系蒐集配電系統上匯流排(Busbars)電壓、潮流方向等資料進行即時計算，以進行電網上有無過載或違反電壓限定(Voltage Limit Violation)之預測。短期負載排程功能，可連結先進讀表架構系統(Advance Metering Infrastructure, AMI)電表資料，提供用戶就最近 7 日內或特定日期進行負載排程，最低排程區間可為 15 分鐘。

2. 智慧型配電系統控制中心(Control Center Spectrum Power)

由西門子公司能源部門人員介紹該公司因應未來再生能源發電系統與電網併聯，所發展出之智慧型電網控制系統、控制中心及相關功能。系統示意圖如下。

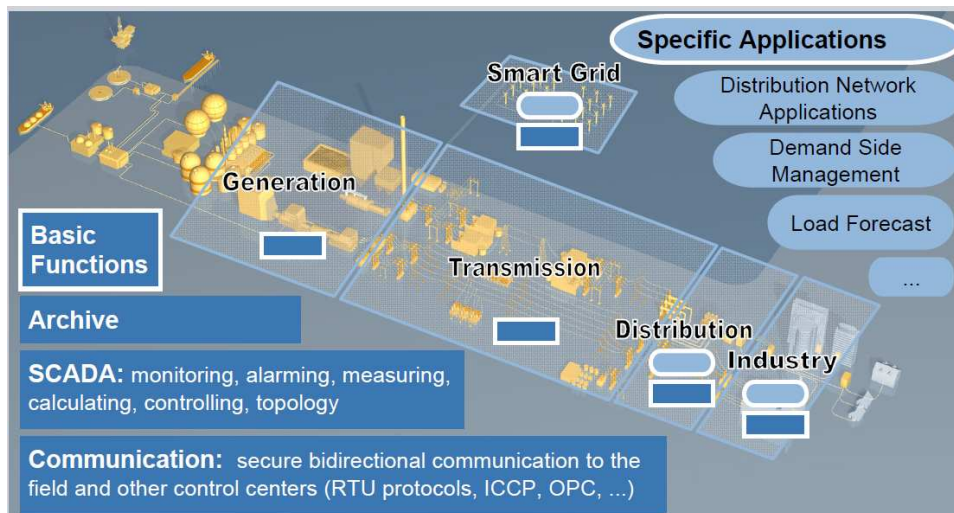


圖 2-1 智慧型電網控制系統圖

系統功能有電網狀態監控、故障事件排除—包括故障偵測、隔離、開關復歸等、電網控制及事故分析四大主功能，另開發大範圍風場即時監控(SCADA)平台，透過網路將風場即時狀態回傳至控制中心，並結合天氣預報資訊，進行機組出力預測，避免系統因風機運轉不穩定造成事故，風場即時監控平台如圖 2-2 所示。

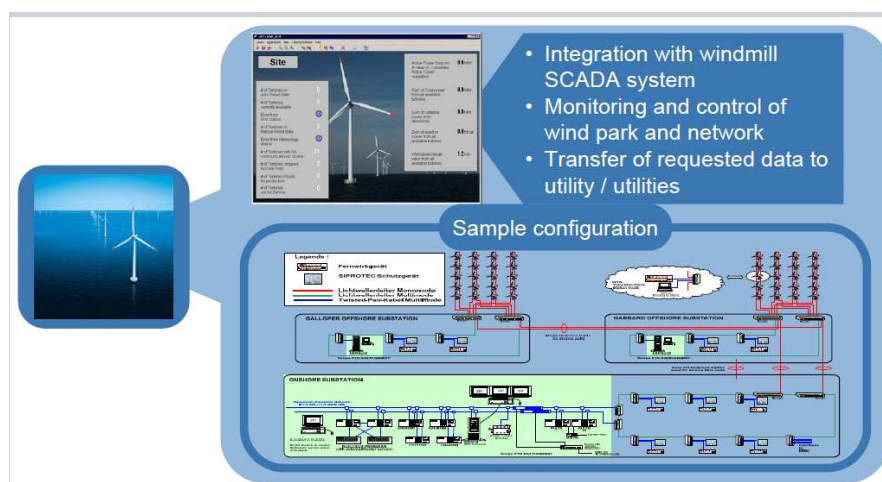


圖 2-2 風場即時監控平台

3. 智慧型配電網路與自動化成果

配電系統自動化包括變電所自動化、配電自動化及具自癒 (self-healing) 功能電網自動化三部份，西門子公司提出 ENEAS (Efficient Network and Energy Automation System) 計畫來達到上述自動化目標。

變電所自動化發展可分為幾個重大演進，如下圖所示：

- 智慧型電子裝置 (Intelligent Electronic Device, IED)、數位式電表、數位式保護電驛及通訊設備等各種設備，大量設置於變電所。
- 以變電所監控系統 (LOCAL SCADA) 取代傳統配電盤面，整合各種現場自動化設備，並負責與遠端調度控制中心連線。
- 採用共通的通訊協定，使現場的資料收集設備具有設備之間資料的互通性及交換性，有效降低系統的建置及運轉維護成本。

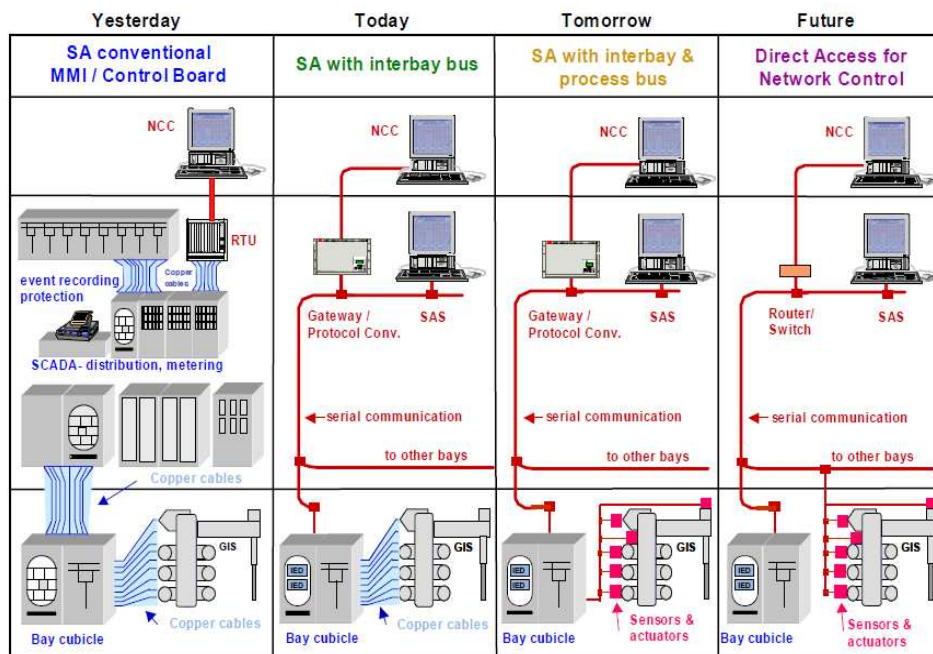


圖 2-3 變電所自動化演進過程[C109 出國報告]

4. 饋線自動化

饋線自動化在電力公司已行之有年，各家國際大廠亦配合開發各類型自動化設備。台電公司於 1995 年於北南區處完成第一期饋線自動化建置，至 100 年 7 月底完成自動化饋線數達 5,313 條，自動化比為 57.9%(饋線總數：9,176)，且仍持續推動中。隨著智慧型電網議題增溫及智慧型電子裝置蓬勃發展，新一代自動化網路配合未來分散式電源及微電網發展趨勢，從過去著重在監控/遙控能力逐漸轉為強調系統自癒能力，也就是透過整合式通訊技術及設備，發展出強健性饋線自動化系統，自動化發展過程如圖 2-4。

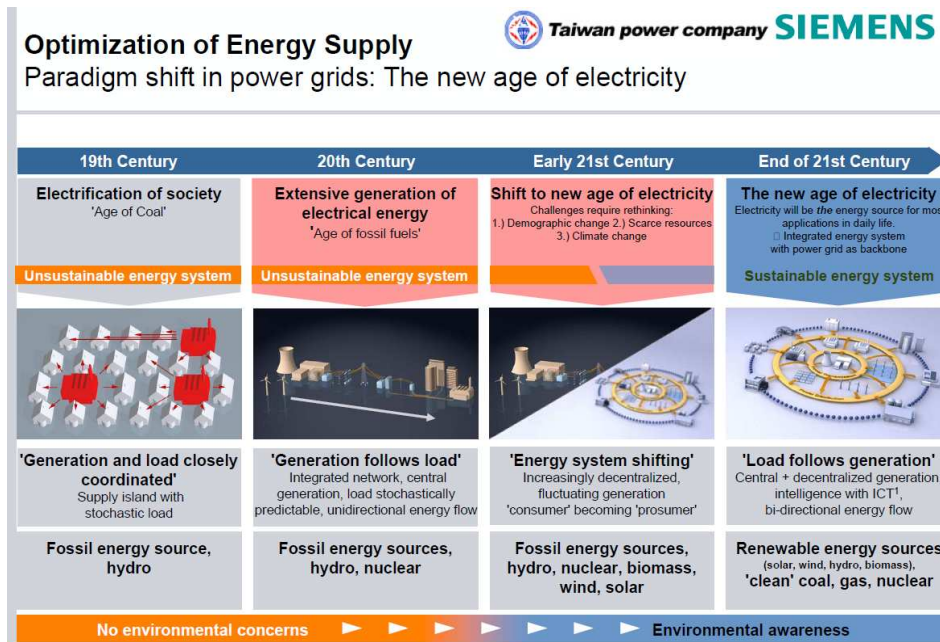


圖 2-4：自動化發展流程

5. IEC61850 於智慧型配電網路之運用

現今全球電力公司都積極關注共通協定為 IEC61850 協定，配合智慧型電子裝置 (IED)，如斷路器、變壓器、電容器等電力設備控制邏輯的微處理器裝置，提供變電所保護 (Protection)、量測 (Measurement)、控制 (Control)、及通訊 (Communication) 功能。IEC61850 通訊協定由國際電機協會 (International Electrical Community, IEC) 發起，依循下列原則進行標準制定：

- 開放式的應用資料結構，可利用通用服務傳輸任何一種資訊。
- 網路應具有資訊優先順序傳輸特性。因為電力自動化的資訊，依其對系統影響的程度，具有不同優先順序的特性，依循 IEC61850 通訊協定標準的通訊網路，須具備此種資訊傳輸特點，可將變電

所產生的資訊分為快速、中速和低速等不同等級要求的信息、同步資料、以及大量的文件傳輸。

—通訊網路須具備時間同步，和保有資料完整性的能力。

—採用抽象通信服務介面，以適應網路技術新的發展：IEC61850 通訊協定採用 TCP/IP 為基本架構，可應用於電力工業及標準化的各式有線/無線通訊設備，有效降低通訊成本。圖 2-5 為與西門子接待人員之合照。圖 2-6 為西門子智慧型配電網路模擬控制中心。



圖 2-5 與西門子接待人員合影



圖 2-6 智慧型配電網路模擬控制中心

6. FGH-Certification of Advanced Electrical Characteristics based on Measurements, Validated WEC Models and Simulations of Wind Farms

Forschungsgemeinschaft für Elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V. (以下簡稱 FGH)原名 FGH Engineering & Test GmbH，為一獨立之實驗室，提供客戶高壓開關、輸電纜線、變壓器等電力設備測試，在 2005 年被 CESI 公司併購，成為一個非營利性的電力供應和電力系統研究機構。成立後的 FGH 組成包括測試部門、認證委員會、電力設備技術部門、系統研究部門及

董事會，其中測試部門及認證委員會直屬於董事會，組織架構如圖 2-7 所示。

Organization chart

Organization chart of FGH Engineering & Test GmbH

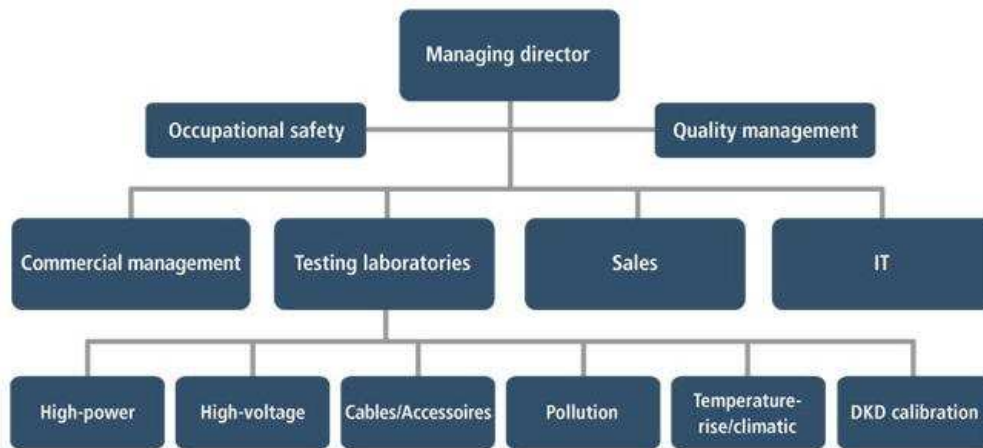


圖 2-7 FGH 組織架構

該機構成立之宗旨為開發及提供電力事業相關能力、技術和知識給旗下會員使用，並協助設備商進行風機相關設備試驗服務，內容如下：

- 電力網路規劃 (Reliability-oriented network planning according to deterministic or probabilistic criteria)
- 資產管理 (Asset management and development of appropriate maintenance strategies)
- 設備週期診斷 (Condition evaluation and estimation of the residual life duration of technical equipment)
- 分散式電源發電設備整合 (Integration of decentralised power generation units into the network)

- 保護及控制系統之評鑑(Evaluation of protection and control systems)
- 風機變頻器特性認證(Certification of the power generation characteristics of wind energy converters)

FGH 同時也與德國 RWTH Aachen University 以及其他研究機構結合，提供全德國最完善之風力發電機組(包括沿岸及離岸發電機)低電壓穿越測試(LVRT Testing)及認證服務，風機設備必須要有該機構之認證，德國政府才會同意架設，目前台灣風機裝設前，僅進行系統衝擊模擬評估，並無相關認證程序，未來在再生能源發電政策支持下，大規模風力發電場(尤其是離岸風場)為發展重點，因此在風機佈建前之相關認證程序也將形重要，此亦為筆者本次造訪 FGH 公司最主要原因之一，圖 2-8 為筆者與 FGH 人員之合影。

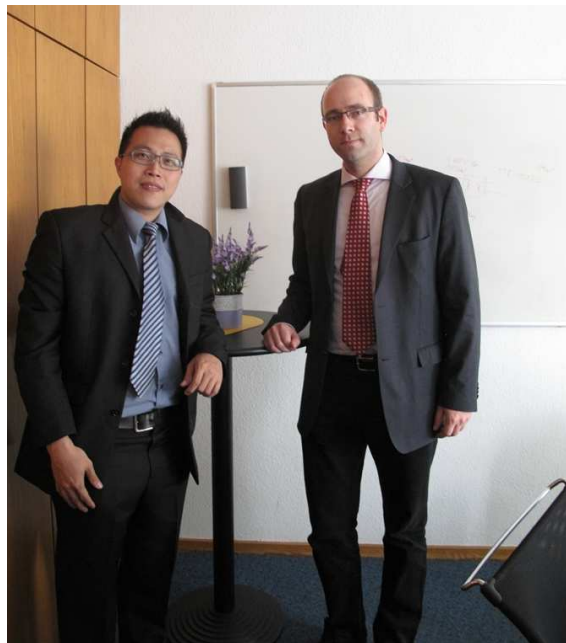


圖 2-8 與 FGH 人員合影

本次參訪 FGH 主要討論議題為” Certification of Advanced Electrical Characteristics based on Measurements, Validated WEC Models and Simulations of Wind Farms” ，內容包括風機電網規則(Grid Codes)—包括風機在高低電壓及高低頻等不同狀態之保護規則、風場安裝之電力品質技術需求、低電壓穿越測試場參觀及風機認證流程(單一風機/群聚式風機)。

低電壓穿越測試為 FGH 測試部門主要服務項目，測試標準主要參照 IEC61400-21 之規定，測試內容包括限流電抗(Current Limiting Reactance)等。在德國風機測試及認證流程相當繁覆，簡而言之，風機出廠後，由製造公司與特定試驗機構合作，進行場測並產出相關測試報告，製造公司再將測試報送交 FGH，由該機構在不同電網特性下開始符合性測試(Conformity Test)，結果經判讀核可後，由 FGH 出具認證合可書。認證流程及認證合可書如圖 2-9，2-10 所示。

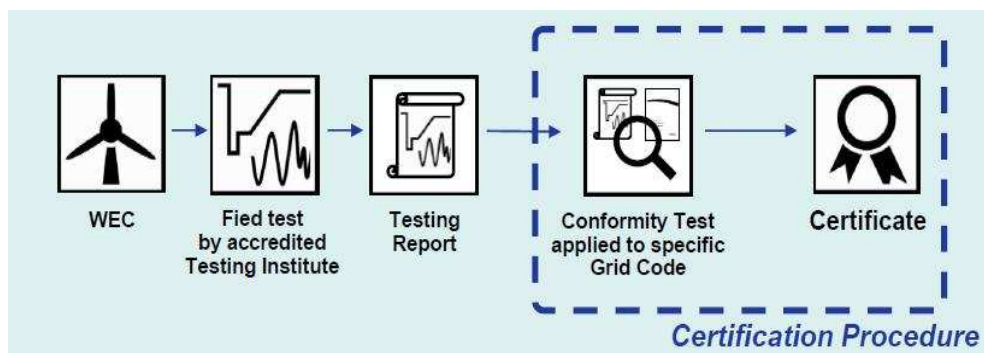


圖 2-9 測試及認證流程



圖 2-10 認證合可書

7. Project MeRegio

MeRegio 計畫全名為 The Minimum Emission Region

Project，為德國政府發展智慧型電網(E-Energy)重點計畫之一，該專案由 ABB 公司 Christof Weinhardt 博士負責，參與單位包括 ABB AG、EnBW、IBM、SAP AG 計畫於德國西南部建立 150 部各類型發電機組、50 部儲能裝置及 1000 個用戶數(包括個人用戶、商業用戶)之零排放測試區域，藉以找出減少碳足跡之最佳方法。為了達成此目標，本計畫佈建大量具智慧型電子式裝置 (IED)及通訊設備，整合能源供應商以及能源消費者在此區域內即時能源供應及消耗之資訊，以促進高效能源生產和消費。本計畫預計投入金額約 6 千萬歐元。

MeRegio 計畫所面對之困難點不光是設備端整合問題，同時在整個計畫架構下系統界面整合，如各項分散式電源裝置平衡、

實際運作時費率收費方式等，在在都是該計畫預計會遭遇之難題。根據德國政府之規劃，該計畫將於 2012 年 10 月結束，並提出完整評估及效益報告。整體計畫架構如圖 2-11 所示。

System-Structure

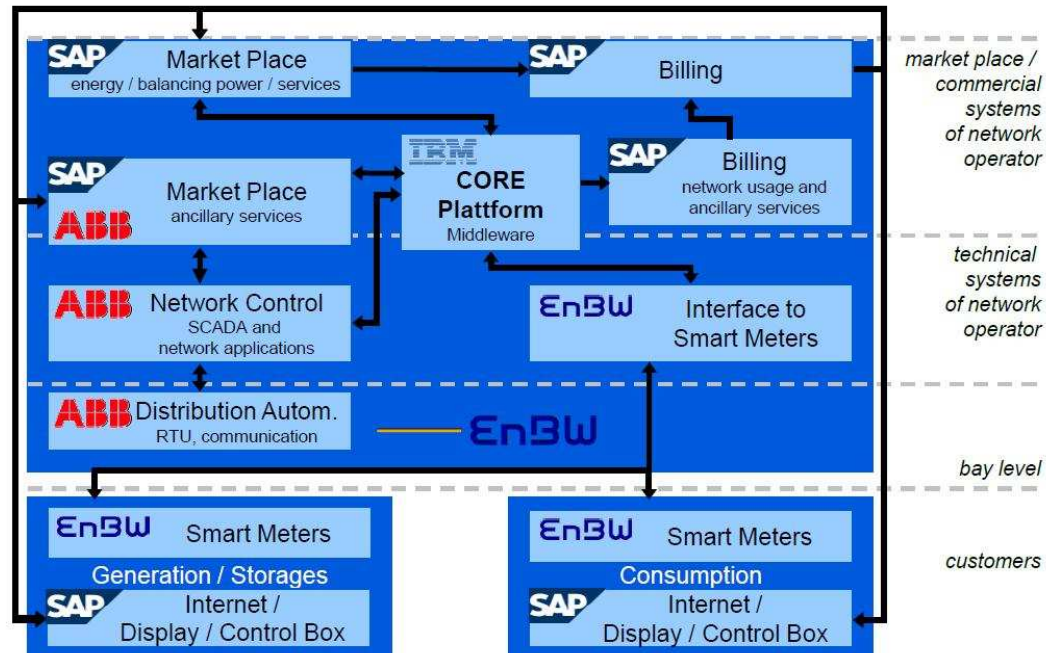


圖 2-11 MeRegio 系統架構圖

8. 離岸風場電力輸送最佳方式

囿於地形、氣候及用地取得等因素限制，要在台灣本島內找到多點可建置大規模風場之區域，難度甚高，因此離岸式風場應該是相對較佳之規劃目標，惟全球現有離岸式風場發展仍為至成熟期，尤其在電力傳送的經濟度上明顯不足，針對此一議題，各家大廠陸續提出高壓直流觀念及設備，此次 ABB 公司

亦介紹輕型高壓直流(HVDC Light)技術，HVDC Light 技術是針對地下或水下輸電而設計的最新的輸電系統，也可適合於遠距離輸電，輕型直流的容量上限可達到 1200MW， ± 320 kV。該技術提供了很多對環境的好處，包括電力線路不可見，中性的電磁場，乾式電纜和經濟型的換流站。ABB 公司對本技術寄予厚望，希望能經由此技術提高大型風場電網的可靠性，同時提高高壓直流輸電的經濟功率低到幾十兆瓦。圖 2-12 為與 ABB 公司人員之合影。



圖 2-12 與 ABB 公司人員之合影

9. 設備工廠參觀——

本次研習最後由西門子公司安排參觀該公司智慧型電子式

裝置組裝、檢測及保護電驛工廠，了解該公司在出售智慧型電子式設備前所需進行組裝步驟，及了解出廠前測試項目等，圖2-13及14為與當日接待人員及廠區內之合照。



圖2-13 與接待人員合影(一)



圖2-14 與接待人員合影(二)

參、心得

一、再生能源現況—德國

1.1 再生能源發展動機

1.1.1 環境保護

德國是世界主要工業化國家之一，為歐洲第一大經濟體，國際貿易排名世界第二。德國政府在過去十年內成功開發風力、太陽能、水力、地熱等再生能源，用於滿足電力、燃料等方面的需求，甚至早在 2000 年，德國政府即設定至 2010 年採用再生能源的比重加倍之目標。

1.1.2 確保能源供應

德國對進口能源依賴度不斷攀升，另因日本福島核能電廠事故之影響，德國政府宣佈將於 2025 年前陸續關閉境內 17 座核能廠，為了確保能源供應不得不積極推動再生能源。

1.2 再生能源政策

德國發展再生能源技術乃是為了提供所有能源的需求，包含(1)做為與電力網連結的發電用(2)做為不與電力網連結的電力供給(3)加熱和冷卻用(4)陸上運輸與船運所需動力用。由表 3.2 所示可以知道德國再生能源在電力供應上將由 2000 年的 4.5%提升至 2010 年時的 12.5%以及 2020 年時的 20%。

	Situation 2000	2010	2020
Goals in Primary Energy	2.1%	4.2%	To be defined
Goals in Electric Power	4.5%	12.5%	20%

表 3.2 德國再生能源政策

為了達成所規劃的目標，德國政府採取下列措施：

- 生態稅(ecological tax)改革
- 藉由制定新的再生能源法(new EEG, Renewable Energy Law)以支持再生能源技術的開發與推廣
- 市場獎勵計畫每年投入 200 million 歐元
- 對 biogenic 燃料實施免稅

1.3 發展狀況

1. 德國電力系統與風力發電簡介

整個德國電力系統畫分為四家大型電力公司(Transmission System Operator)控制區，分別是 RWE Net、EnBW、E.ON Netz、Vattenfall Europe Transmission，如圖 3.1。

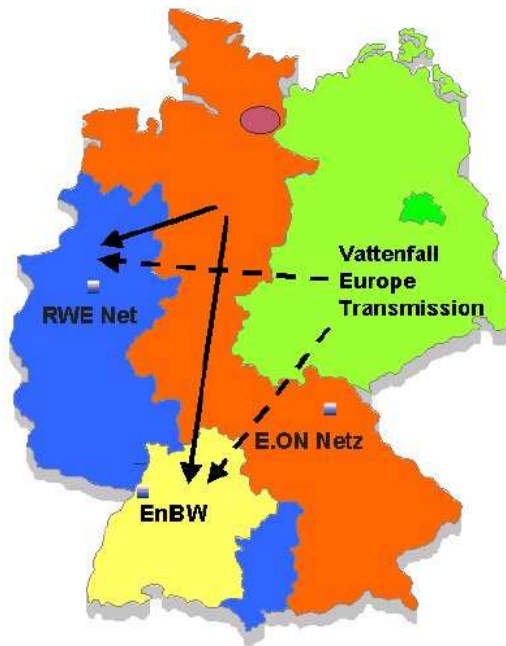


圖 3.1 德國四大電力公司範圍

圖 3.2 為德國電力系統架構圖，由圖中可知德國最高輸電電壓為 220/380kV（我國為 161/345kV），與我國最大不同點在於其電網不僅國內互聯，另與歐洲其他各國電網互聯。台灣為一海島型國家，所以是一獨立電力系統。圖 3.3 為風場依照裝置容量大小分別連結到不同等級的電力網。值得注意的是大多數風場屬中小型風場，為民眾或社區或公司組織所投資，德國四大 TSO 級電力公司自設風場的量小到可以忽略。

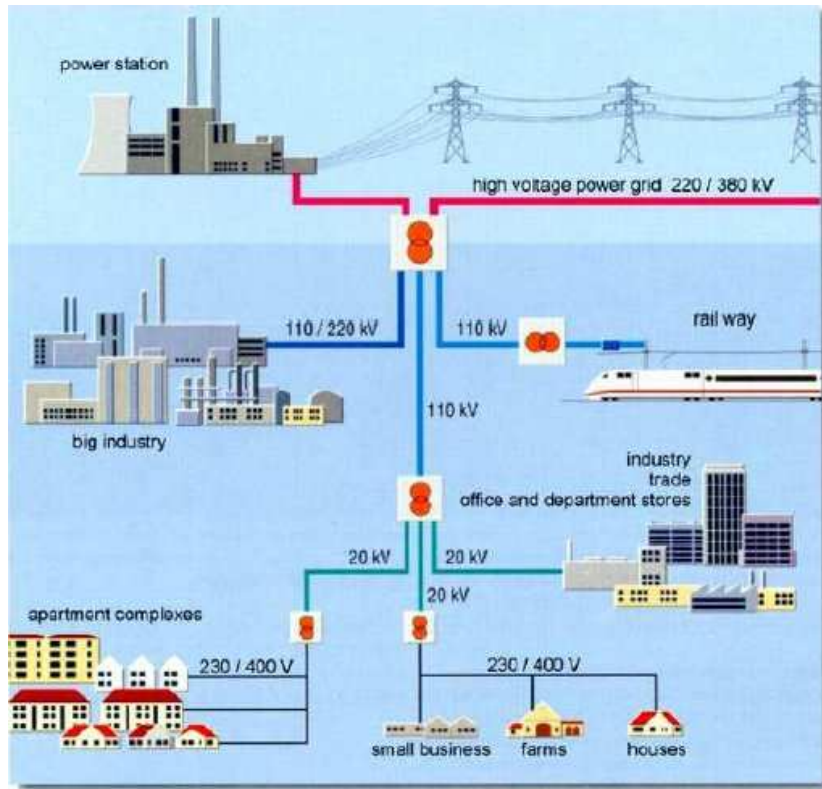


圖 3.2 德國電力系統架構圖

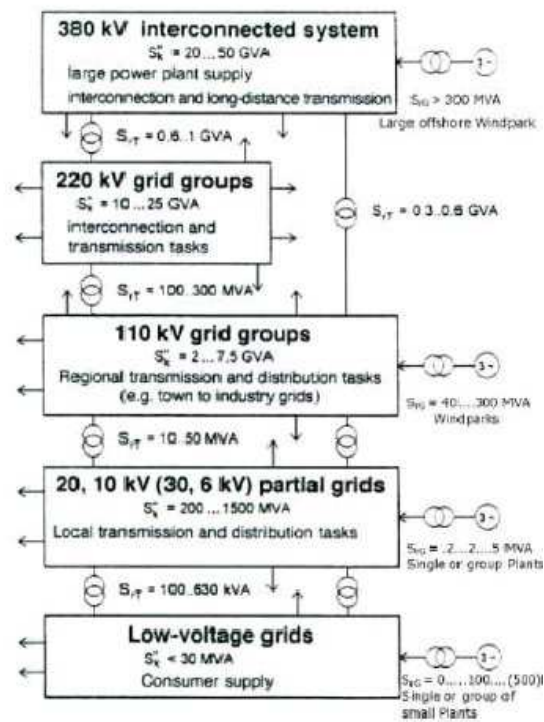


圖 3.3 風場與不同等級的電力網路連結

2. 分散型能源發電對智慧型配電系統之衝擊與對策

由於大部分再生能源發電機組也屬於分散型發電，所以本文將探討隨著分散式電源發電比率增加，而日顯重要的智慧型配電系統規劃與運轉相關議題。

2.1 分散型發電對配電系統故障與保護之衝擊

分散型發電之導入台電現有配電系統，根據模擬程試試算及相關測試計畫結果顯示，將引起配電系統保護與故障清除實務上的重大改變。如果沿用既有線路復閉器(line recloser)和保險絲，直接將 DG 加入饋線將導致故障清除程序誤動作的狀況發生。此一誤動作可能是短路狀況下負載潮流改變的結果。配電系統由於 DG 的存在已經不可以再視為放射狀饋線，而是雙方向或多方向的饋線電路。

DG 連結配電系統最重要的結果是：

- 開關和保險絲遮斷容量(breaking capacity)需要確認，因為容量有可能因為原來的短路電力(short circuit power)增加而變得不足。最後就是現有設備必須升級。
- 故障電流有可能會因為在 DG 和電網之間加入阻抗(例如電抗器或變壓器)而降低，然而，這將導致線路損失和電壓變化(variation)的增加。另一種方法是利用無遮蔽(explosive)保險絲或電力電子設備在故障發生時將 DG 解聯。
- 故障保護與協調體系必須重新檢討。最好是重新計算所有設定值(settings)。新的保護協調體系有可能必須用到更複雜以及更昂貴的保護系統。

在計算短路電流和選擇設定值時，會遇到下列困難：

- 經由換流器(inverter)提供電力的發電機(燃料電池、太陽光電、風力機組、感應發電機)，其短路電流與暫態行為有別於同步發電機。感應發電機會貢獻故障電流，但是只有在轉子尚未失磁前的那一段短暫期間。

- 藉由轉換器(inverter)提供電力的發電機，其暫態輸出能力相當有限。因此，當短路或在進行自動復閉程序時，在維持發電機運轉或恢復發電機運轉時，可能會有困難。
- 由於 DG 運轉狀態並非由電網運轉者決定，因此，隨著 DG 運轉模式不同，即使相同的故障類型也有可能導致不同的故障電流準位。
- 當孤島運轉時(也就是 DG 在蓄意或非蓄意的狀況下與配電系統解聯後，至少還有一部 DG 提供電力)，必須有適當的設備保護機制。

目前解決上述困難的方法只有部分反映在文獻上，配電系統保護，故障狀況模擬軟體，以及相關硬體等技術的演變，仍有待密切注意。

2.2 電壓調整

電壓調整的目的在於使配電系統的電壓分佈曲線 (voltage profile) 隨時都在可接受的範圍內，包括輕載與重載狀況以及可能發生的不同負載模式。目前一般係採用無效電力並聯補償 (reactive shunt compensation)，分接頭切換變壓器 (tap changing transformer) 以及與其密切關聯的電壓調整器來達到此一目標。如果沒有另外採取諸如協調控制 (coordinated control) 手段的話，有關維持良好電壓分佈曲線的問題通常會限制所能加入系統的 DG 容量。

2.2.1 沒有 DG 的狀況下

電流流向負載所經過配電系統的線路阻抗以及變壓器會導致電壓降。在放射狀的電力網路下，電壓將隨著遠離饋入點而降低。也就是說，在饋線起始點與終止點附近的用戶將分別面對電壓最高和最低點。無效電力並聯補償 (reactive shunt compensation)，分接頭切換變壓器 (tap changing transformer) 用來維持電壓在某一特定範圍內，典型值為正負 10% 等級。

2.2.1.1 無效電力並聯補償

無效電力並聯補償一般可以彌補的幾個近乎固定量的百分比，確實有其局部效果，因此可用來修正電壓準位。無效電力補償用的固定電容器常用來平衡線路以及諸如馬達之類電感性負載的無效電力消耗。電容器在高負載時或許有需要用到，而在低載狀況下卻會導致過電壓，遇到這種情形時，比較好的方式是透過斷路器連接電容器，例如白天負載上升時連接電容器，夜晚負載下降時切離電容器。

2.2.1.2 分接頭切換變壓器 (tap changing transformer)

具有分接頭切換器 (tap changer) 的變壓器係用來微調網路電壓。典型的分接頭變換範圍為 $\pm 10 \sim 15$ 段，而每一段可以改變電壓 0.5~1.5%。分接頭切換器的運作可用來補償每天負載變動對電壓所造

成的影響。其基本的控制邏輯就是單純地偵測現場電壓是否超出某一範圍而且時間超過某一預先設定值，然後命令分接頭向上進一段或向下退一段。延遲時間在幾秒或幾分鐘範圍視現場實際運轉狀況而定。然而，變壓器電壓固定並不能保證下游某一點的電壓也會固定。這種狀況可以藉由以分接頭控制電網下游某一點電壓的方式來處理。這裡所提及的有關分接頭切換變壓器的原理也可以套用在所謂的電壓調整器上，而這些調整器事實上可以視為具有分接頭切換功能的自動變壓器。

2.2.2 配電系統日益升高的 DG 加入量

DG 機組影響所連結的配電系統電力潮流以及電壓降。對放射狀電力網路而言，增加 DG 數量以及有效電力第一個好處是舒緩上游電網的負擔，因為現場 DG 機組可供應電力給下游負載。電網所減輕的負載會使得電壓下降程度趨緩，如圖 3.4 右邊機組所示。

假使有效電力高過下游負載所需，電力將會經由上游網路向外輸出。如此一來，所增加的電力會提升對上游網路的壓迫，也就是造成更大的電壓降。而此電壓降恰與沒有安裝 DG 之饋線的電壓降方向相反，也就是電壓往上游方向遞減，如圖 3.4 左邊機組所示。

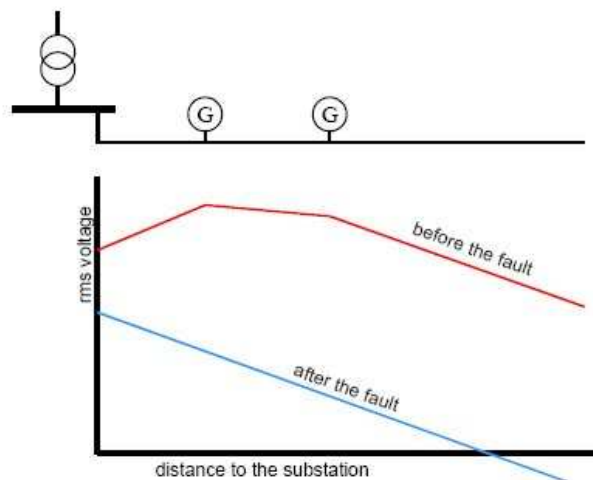


圖 3.4 DG 機組對配電線路電壓之影響

在安裝有 DG 的狀況下，電壓分佈曲線會隨負載模式以及發電模式而改變，而且兩者方向相反。負載與發電量同時變化一般而言是有利的，然而輕載搭配 DG 高發電量時就比較麻煩了。當 DG 機組端電壓達到上限時，DG 甚至需要主動地降載。

DG 安裝於配電系統下游時，負載電壓降補償的效果就會打了折扣。有些時候甚至不可能利用先前安裝的控制設備將電壓分佈曲線維持在一可接受範圍。這種狀況經常會限制在既有電網上所能安裝的 DG 數量。

依電網介面不同，有些 DG 機組消耗無效電力，有些則是提供無效電力，這也會影響電壓變化曲線。直接並聯的非同步發電機消耗無效功率，所幸一般都會配備電容器補償此無載無效電力消耗。同步發電機和自整流式(self-commutated)電力電子則可以用來提供或消耗無效電力，並且可以參與電壓調整的行列。例如，德國 Enercon 風力發電機組屬於後者，可以運轉在功率因素超前或滯後一定範圍內，提供或消耗無效電力，有利於配電系統電壓維持。可惜的是電網法規(grid code)大多規定固定無效電力輸出或固定功率因素運轉。

對修正電壓分佈曲線而言，DG 機組可以視為資產。結果有可能變成過度依賴這些機組是否在可使用狀態。某些狀況下，機組跳機會引起過電壓。

3.2.3 協調控制

在裝設大量 DG 機組的配電系統，使用分接頭切換變壓器(tap changing transformer)和切換式無效電力補償會產生的一個問題就是它們都是依照現場條件運轉，卻相互造成影響，甚至影響到大半個系統。此一問題有賴協調這些控制動作來解決。協調控制可以有下列兩種方式。

2.2.3.1 集中式協調控制

有一種集中式電壓調整體系係利用 μ SCADA 得知配電系統相關不

同點的狀態。根據所得到的資訊，使用預先定義好的策略給予位於不同地點的現場控制器不同設定值。此一小規模實驗性計畫類似使用於超高壓(UHV)系統的解決方案，係基於三階層控制：

一次控制使用現場控制器。

二次控制，利用較大範圍資訊蒐集，定義不同主控制器的中期設定值。

三次控制，定義整個系統長期的狀況。這種方式已經由 Tractebel 以及 EdF 公司提出用以做為大系統的電壓控制。對配電系統而言，可採用相同的原理與方法，兩階層控制還算便利。最後一個有待解決的問題是真的有必要時，不同饋線間的電壓個別控制(decoupling)。對 N 個饋線的系統而言，可以在 N-1 個饋線上採用個別電壓調整器予以實現。

2.2.3.2 自主式協調控制

當大量 DG 加入配電系統時，這些分散於各處的發電機組必須對電壓控制以及頻率控制做出貢獻。對微電網(micro-grid)運轉而言，這是理所當然的。若考慮可靠度的話，以下狀況是有利於系統的：

- 電壓控制功能分散於各個發電機組
- 電壓控制器獨立自主運轉

頻率控制採用的方法一下垂率控制(droop control)同樣該應用在所有機組，因為這將有助於負載比例分擔以及自主運轉。應該採用監控系統隨時監視以確保不至於高過發電機組實際裝置容量，但是在此電壓與頻率控制並不需要依靠寬頻通訊。

具有穩態控制誤差及使用特定增益值(gain)特性的下垂率控制廣泛應用於同步發電機之間的負載分擔。有關下垂率控制應用於分散式發電機組電壓與頻率控制的相關研究已有文獻可考，但是有關額定功率時的下垂率對線路參數間的關係以及下垂率控制器比例帶範圍(bandwidth)對線路參數間的關係尚待進一步研究。在文獻中電壓與頻率的下垂率控制應用於微電網運轉，靜態控制器特性令人滿意，但

是動態特性則有待進一步研究。

在設計電壓與頻率控制器時，應該與轉換器(converter)與交流配電系統間介面(濾波器)之選用與設計相結合。濾波器的參數選用必須使 DG 機組可以連結各種配電系統而不必再考慮某一特定配電系統的短路阻抗。這對要求高電力品質時是很重要的。

2.3.3 其他電力品質議題

接下來的三個議題是考慮導入更多 DG 機組時應該注意的其他電力品質議題。在此謹簡要敘述於後。

2.3.3.1 電壓變化(variation)

電壓變化是一個重要議題，經常是較大數量 DG 加入配電系統的主要障礙。此議題已在電壓調整一節中討論。

2.3.3.2 電壓波動(fluctuation)

電壓波動乃是源於生產的電量快速變化。最受關注的是輸出電力強烈隨時間變化的發電源：明顯地就是風力發電與太陽能發電。風力機組產生或多或少連續變化的發電量。在文獻 D)以三個時間大小加以區隔：

- 由於風力渦輪機(wind turbine)動態行為引起的頻率為幾個 Hz 的變化。
- 以風機葉片掃過塔座(tower)的頻率發生之週期性發電量脈動。對大型風機而言，典型值為 1Hz。
- 由於風速改變引起的較慢速變化

有些證據顯示位於同一風場的風機可以達到一種”同步運轉”(synchronized operation)的狀態，因而放大由塔座引起的發電量脈動。導致同步運轉的原因目前並未完全釐清，但是在文獻中認為是經由電網電壓的風機之間的交互作用。同步運轉只有在不受地形引

起亂流影響而風速較固定的風場才會發生。

由發電機發電量變化引起的電壓變化可能發生在介於閃爍 (flicker) 範圍(1 秒以及更快些)和諸如 EN 50160 和其他標準的文件中的 10 分鐘平均值。在文獻中，以 1 秒或更長的時間範圍研究太陽能發電量的波動。飄過的雲彩可能導致輸出電量在閃爍頻譜 (spectrum) 邊緣快速變化。這個問題的嚴重性有待進一步研究。此外，也有必要提出在閃爍頻譜範圍(1 秒以及更快些)以及 EN 50160(10 分鐘平均值)之間所允許的電壓變化。

2.3.3.3 電網上的切換動作

正常運轉期間，電網上會有幾種類型的切換動作。所引起的暫態或驟降可能會導致 DG 機組誤動作而跳機。在 DG 機組設計階段對於這些所謂的”正常事件”如何豁免跳機必須加以考慮。由於這種正常事件而跳脫大部分 DG 機組無疑是對電源供應可靠度與安全性的嚴重威脅。如果只有少數 DG 跳脫那麼只是影響 DG 運轉者收入罷了。

應該考慮的正常事件例子如下：

- 電容器加壓，以及其他暫態行為
- 變壓器加壓
- 發電機跳脫或負載跳脫(Loss-of-generation and loss-of-load)

在微電網運轉下，以上事件所引起的電壓暫態以及驟降可能更加嚴重。在制定豁免規定之前對於微電網的可靠度要求應該加以討論。

2.3.3.4 異常事件

以上將故障所引起的電壓驟降當成異常事件的一個例子來討論。電壓驟降並非最嚴重的事件，但是在大部分狀況裡，其衝擊最大(就每年事件嚴重程度與發生次數而言)。其他或許必須考慮的異常事件如下：

- 短暫中斷:DG 機組在復閉之前應該先解聯，否則故障很難排除。如果 DG 機組在復閉時仍然連接電網，直接被驅動的機器可能會損壞。

復閉和 DG 機組搭配的並不是很好。對較大的單一 DG 機組，有可能決定暫時解除復閉機制。但是這種做法對於由許多小 DG 機組貢獻大量電力的電網將明顯地降低系統可靠度。

- 長時間中斷與孤島運轉。
- 大規模的擾動。有關在大規模擾動(輸電系統級)期間，需要 DG 機組增加系統安全的某些討論已開始進行。DG 機組的行為不外乎停機(blackout)或是安然度過(ride-through)。
- 電壓上升(swell)，有可能只是瞬間上升又降回來(dips)，就會引起 DG 機組誤跳脫。
- 閃電和其他嚴重過電壓可能會損害 DG 機組。這類過電壓侷限於小範圍，所以機組跳脫不太可能會危害到系統的可靠度與安全。請注意，電容器加壓引起的暫態現象歸類為”正常事件”，DG 機組應該對此暫態豁免跳脫。
- 地磁感應電流(geomagnetically induced current)是大規模停電的一個潛在原因。遇到這種狀況 DG 運轉益形艱難。
- 文獻 E)指出自激磁期間(self-excitation)，感應發電機與功率因素修正用的電容器之間有可能發生鐵磁共振(ferroresonance)。鐵磁共振也可能發生在連接配備 Dy 接線(Dy-connected)變壓器的 DG 機組的電纜其中某一相保險絲燒斷時。DG 機組偵測到三相不平衡而解聯，留下剛卸的載變壓器還在激磁中的電抗與電纜電容形成鐵磁共振電路。高達 3~4 倍標么值的過電壓輕易達到，首先損壞突波避雷器，接著就是變壓器。

對以上每個電力品質相關議題該如何注意，有必要予以討論。

2.4. 保護機制

2.4.1 DG 對保護機制的衝擊

2.4.1.1 電力系統的保護

當今配電系統網路的保護系統係設計成在自高壓端饋送電力的放射狀系統下運作。隨著 DG 加入配電網路，電力潮流以及短路電流都已改變。它們可以流往兩個方向，從低壓至中壓網路，如果是裝設有大規模 DG 則也有可能從中壓流至高壓網路。預定時間的過電流時間(definite-time overcurrent-time)電驛可能會跳脫。逆向時間(inverse time)電驛變得用途更大，而可以涵蓋到電網 95%所需。依發電機種類而異，故障電流會因為連結 DG 而不同。採用同步發電機的 DG 機組(例如 CHP plants)會提供額外的短路電流(高達 8 倍額定電流)。

受控換流器(inverter)在發生短路時提供之短路電流限制在額定電流大小，採用轉換器者已經整合過電流和低電壓保護功能並且可以立即切離。然而連續饋送短路電流是有需要的，為了

- 在不同網路規劃下可以釐清保護條件
- 在故障排除後 DG 可以立即參與電壓回復過程

保護協調應將 DG 在故障下饋電的期間縮到最短。除非發電機組透過換流器(inverter)連至電網，否則低壓電網的短路電流容量可能會被超過。採用換流器(inverter)者必須保證提供保護電驛正常動作用所需之最小故障電流。

為了應付新的環境，所有有關保護手段的協調都必須加以調整。在某些狀況下，整個保護系統的觀念應該全盤檢討。

2.4.1.2 DG 電場的保護

DG 電廠必須要擁有自己的保護系統以便發生危險故障狀況時可以切離電網，同時可以防止非刻意的孤島運轉。

此保護體系的建構，保護設備的技術和接地採用的方法都必須獲得配電系統運轉者(DSO, Distribution System Operator)的同意。而

設定值必須依據電網系統的整個保護體系來設定。

通常，電壓(低電壓和過電壓)以及頻率(低頻或是高頻)保護設備必須裝設在切離點。在某些狀況下，有時候需要另外加裝像某些工業用電網已經在使用的保護設備，例如向量偏移(vector shift)和負載偏移(load shift)。在某些環境下，低壓電網的電壓保護是足夠的。

2.4.2 有待研究的主題

為了應付大規模的 DG 加入系統，必須開發配電系統保護電驛新的控制法則和體系以克服現有的限制。特別是：

- 考慮以下項目的孤島運轉偵測和智慧型隔離
 - 系統穩定度規定
 - 現場頻率控制和電壓控制規定
 - 遠方跳脫策略修正
 - 電網切換和電力供應服務的回復
- 具故障偵測和故障定位的系統監視要求
- 搭配中間切換裝置和配電管理系統的依電網狀況而調整的保護與控制
- 未來故障電流限制器對保護規定之影響

現有的保護技術必須加以提升。許多嶄新的技術有利於 DG 加入配電系統。智慧型自動化觀念可以用來將停電期間縮至最短。採用嶄新資訊與通訊技術的保護、測量、控制與自動化的結合將開啟廣範圍 DG 加入系統的大門。

2.5. 配電系統的監督管理

分析 DG 連結電網最保險的方式就是考慮以 DG 最大容量為其發電量，而所有用戶耗電量最小時的狀況。這種狀況是非常嚴格的而且是 DG 連線的障礙，所以其他管理電網的方式有必要加以研究。

DG 加入電網的量可以利用下列方式來提升：

- 在考慮最差的可能狀況下，興建新的基礎建設或是升級現有線路，採用這種方式新加入系統的 DG 機組將不會超過電網容量。
- 不考慮最差的狀況但是以另一種不同的方式來管理電網，也就是將”配電網路是主動的並且也必須以主動的方式來管理”納入考慮。第一種方案成本很高而且導致過大的基礎建設。但是到最後電網的管理仍是有需要的。

第二種方案必須改變電網管理的方式並且投資在資訊技術 (IT)，將管理輸電網路的構想調整後應用在配電網路。這種方式也需要一些投資，但是投資在資訊技術比投資在能源基礎建設便宜。另一方面，電網管理比較複雜，結果，作業理念必須改變而且必須發展軟體工具。關於管理複雜度提高的問題也必須一併解決。

作業理念必須加以改變以應付大量的 DG 機組，而且此一改變必須按部就班。首先，需要加以監視再根據狀況設計控制策略。其次，配電網路將會趨向網狀而不再是現在的放射狀。

向電網管理邁進的第一步是取得充分的觀測值，意思是獲得足以推斷電網狀態所需要的資訊。

在配電系統裡實體測量非常少：負載完全沒測量。考量配電系統網路將很有可能由放射狀演變成網狀拓撲，需要用到類似輸電系統中所採用的狀態估測技術的機會增加，但是壓低自動化的成本也必須加以考慮。其結果就是不可能建立所有需要的測量點，而是必須定出可觀測量的滿意程度。

一、再生能源對系統安全衝擊

再生能源有別於一般傳統能源，未來發展將朝多元化且對系統電源佔比有增加趨勢，為因應其對系統衝擊，首先應對再生能源之特性有所了解，茲說明如下：

◆ 穩定性及持續性較低的非可靠性電源：

再生能源主要部分係指風力和太陽能為間歇式能源，其出力大小及時段，需視當時天候狀況而定，而難以掌握，因而增加系統運轉之困難度。

◆ 發電出力無法調度控制、及預估：

為配合綠色能源政策及充分使用無碳能源，再生能源其出力大小及時段，由於受到當時天候狀況之影響，無法準確預估，且因再生能源引接於系統末端且裝置容量較小，太陽能電力常引接至配電系統，亦無法比照傳統機組接受調度控制之機制，將造成系統衝擊。

◆ 規模大容量化、發電系統佔比增加：

風力發電機組由於科技日新月異，單機容量或風場規模已有朝向大容量化發展之趨勢，而太陽光電由於收購價格極具吸引力，數百萬瓦特等級大容量，併入系統後其運轉狀況，對系統的衝擊也越來越大。

◆ 類型多(太陽能、生質能、風力、地熱、水力、海洋能等)，

模型參數建立困難，模擬難度增加：

再生電源計畫併入系統前，需進行系統衝擊檢討，分析再生能源發電併入電網系統後之電力潮流、故障電流、系統穩定度及電力品質等狀況，以評估該發電計畫併入電網系統後所造成的衝擊影響，惟因各製造廠家自行發展不同技術，且種類繁多其模型和參數很難制式化，甚至尚未建立模型參數，影響系統模擬準確度。

◆ 綠能政策：

氣候暖化與變遷問題必須嚴肅面對，且我國進口能源已逾總能源供應量的 99.3%，屬高度能源依賴國家，可藉由再生能源的促進與推廣，逐漸取代傳統化石能源的使用，達成減碳目標。

二、再生能源對系統安全衝擊之因應對策

了解再生能源之特性後，我們知道再生能源對系統衝擊已無可避免，為降低其對系統安全衝擊，相關因應對策分析如下：

◆ 再生能源模型參數之建構：

利用電力系統模擬程式分析再生能源之暫態及動態特性，需藉由其模型及參數完整反應對系統之衝擊，由於該模型及參數較特殊且種類繁多，常非系統模擬程式內建而無法直接使用，則需藉助 MATLAB/ SIMULINK 建立分析所需模型，或選用近似模型和參數進行模擬分析，故因失真而影響模擬分析之準確性和增加複雜性，故建立再生能源模型參數建構之核心技術為首要目標，方可確實掌握再生能源之系統衝擊檢討、規劃及運轉等方面，忠實反應其特性，進而擬訂其因應對策。

◆ 線上即時電力系統動態安全評估技術：

由於間歇性再生能源之發電出力無法調度控制、及預估，為降低其對系統衝擊，則需對系統網路作即時更精確監控，以掌握對系統更具靈活彈性之運轉調度，線上即時電力系統動態安全評估技術為較具體有效之因應方法。為面臨未來更複雜的經營環境，近年先進國家積極發展線上即時電力系統動

態安全評估技術，可提供調度人員 EMS 相關系統即時運轉資訊，作為調度、控制之參考，有助於電力系統安全運轉及供電可靠度之提昇。

◆ 電力系統相量量測系統(PMU)之廣域監控：

電力系統受到不同形式小擾動後產生響應行為，經由量測裝置 PMU 透過 GPS 衛星信號同步採樣每秒 20 次後，根據電力系統兩端系統電壓的相角改變，將可清楚地觀察出系統的穩定性，及有無發生低頻振盪的現象並求出系統的阻尼係數。

◆ 集中式線上 RAS (Remedial Action Schemes,RAS)、SPS 應用：

主要因素為本公司面臨民意高漲及環保意識抬頭，規劃之輸變電工程常無法如期加入系統，正常情況下運轉雖無問題，惟發生嚴重事故時恐造成大規模停電。為利用既有系統提昇電力系統之輸送能力，滿足負載持續成長，正常情況下須將現有的輸電線運轉至接近其最大之輸送容量，惟發生事故時，則需藉由集中式線上 RAS 或 SPS 為最後防線，整體性考量當時系統運轉狀況，採卸載、跳機或投切無效電力補償設備以為因應，縮小停電範圍，確保系統不致發生連鎖事故之大規模停電。

◆ 儲能設備：

風能、太陽能為間歇式非連續性能源，併入電網容易對電網安全造成衝擊，可利用抽蓄電廠啟停靈活的調節特點，尖峰系統時可作為電源，又可發揮抑制電網負荷、穩定的作用。抽水抽蓄電廠的規劃上必須結合目前及未來電源結構變化、電網發展分佈、負荷變化特點等相關因素，以維護電力系統安全、穩定運行，提高供電品質和可靠性。

肆、成果與建議

一、成果

本次研習成果如下：

- (一)觀摩德國再生能源發電系統、配電系統控制中心、相關智慧型電子裝置技術及目前之發展與應用，做為國內相關業務辦理之參考。
- (二)拓展國際視野，了解國外再生能源發電之先進發展及應用狀況，並對照國內目前台電公司辦理相關業務辦理所遭遇之困難提出討論並交換意見。
- (三)限於本次研習時程不長，盼藉由本次禮貌性訪察廣結人脈，為公司建立未來跨國技術交流及請益管道。

二、建議

- (一)建構本公司智慧型電網，可整合利用同步相量監測設備(PMU)監測資料，提昇 EMS 輸入系統即時狀態資料之準確性：

本公司目前於核二、龍潭、峨眉、中寮(北)、等電廠及超高變電所，已建置之同步相量監測設備(PMU)利用所採擷的同步三相電壓及三相電流的相量數據，先計算出電壓與電流三相信號的各相有效值與角度，然後再計算出有效功率 / 無效功率 / 視在功率，由於前端同步相量監測設備(PMU)之電壓電流相角傳送過來的時間，這個時間是經過 GPS 衛星調校過的，非常準確且每秒刷新資料高達 20 次。如能以高加權因數與 EMS 之目前輸入資料一併輸入狀態估計(S.E)，則更能掌握系統事故前後之瞬息萬變系統即時狀態資料之準確性，或大停電後復電程序，採取適當之調度及運轉策略。

(二)擴大再生能源政策宣傳：廣大民眾的支持是推廣再生能源成功的基石，短期或可透過各種媒體加強宣導，長期而言可考慮將再生能源納入各級學校教材，經由宣導結合教育，增進對再生能源的認識，並建立正確觀念，進而爭取一般民眾對再生能源的認同。據調查 80%的德國民眾支持再生能源，也就是老百姓願意付出較高的代價購買再生能源產生的電力，而捨棄傳統石化燃料和核能機組產生的電力。而筆者在與接待人員私下聊天時，亦發覺利用再生能源發電與保護地球資源的觀念，某種程度已經是德國人內心的”信仰”，因此不論花再多代價、努力，甚至犧牲，他們仍堅持要達到此一”信仰”。我國面臨的形勢遠比德國嚴峻、復雜，也就是更迫切需要發展再生能源。對於先進技術與觀念的推廣，相信民眾是需要而且是可以宣導與教育的。

1. **落實產官學整合：**在德國只要提到再生能源電機工程與系統技術研發，位於卡塞爾大學的 ISET 總是扮演者舉足輕重的角色。尤其德國風力發電電機工程相關論文以及技術文章有許多都出自該機構，該機構目前 125 個成員當中包含科學家、教授、學生與員工。該單位接受產業界甚至國外委託研究，例如德國四大電力公司當中除了先後與 ISET 合作開發風力發電管理與預測系統，涵蓋 95% 的德國風場發電量預測，電力公司取得所需技術與工具，而 ISET 則取得經費來源；又如位於福萊堡的太陽能研究所 ISE，其負責人以及研究人員大部分都是大學教授和博碩士班學生，經費來源除了一部份為政府資助外，大部分也是經由接收委託或合作計畫案而獲取經費，而該單位是目前歐洲規模最大也是最重要的太陽能應用技術研發機構。政府機關如何輔導，產業界如何利用學術機構研發資源提昇產業技術似乎還有努力的空間。
2. **加強國際合作與交流：**目前再生能源發電是全球關注之議題，台電公司在電網自動化部份成效卓越，在智慧型配電系統甚至智慧

型電網發展上具有相當優勢，應多加利用此一優勢，與國際重要研究機構合作，發展出最適合本公司之運轉模式。

參考資料

1. EIA country analysis briefs Germany sept. 2003.
2. "Renewable Energy Policy Review Germany", European Renewable Energy Council May 2004.
3. Wind Report 2005, E.on/Netz.
3. "Distribution Grid Issues Related to DG Deployment", 23rd-26th March Workshop Proceedings Keynote Paper, EU-deep.
4. "Grid Code Requirements Concerning Connection and Operation of Wind Turbines in Germany", Erlich and U.Bachmann, <http://www.uni-duisburg.de/FB9/EAN/>

[downloads/papers/pesgm2005-000784.pdf](#)