

(99)電返國報字第 111、113、129 號出國報告
行政院及所屬各機關因公出國報告書
(出國類別：開會及洽公)

參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子
SIEMENS 公司及設備製造廠
出國報告

服務機關：台灣電力公司

出國人員：

姓名	職稱	單位	姓名代號	出國計畫
李肖宗	15 等企業管理監	副總經理室	063735	99 年度第 129 號
謝建賢	13 等電機工程監	供電處	582573	99 年度第 111 號
洪永輝	12 等電機工程監	系統規劃處	066050	99 年度第 129 號
吳進忠	12 等電機工程監	電力調度處	850899	99 年度第 113 號

出國地區：法國、德國

出國期間：99 年 8 月 20 日至 99 年 9 月 3 日

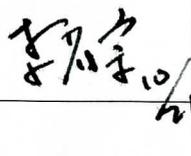
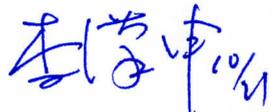
報告日期：99 年 10 月 25 日

出國報告審核表

出國報告名稱：參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子 SIEMENS 公司及設備製造廠報告		
出國人姓名(2 人以上,以 1 人為代表)	職稱	服務單位
李肖宗	副總經理	台灣電力公司副總經理辦公室
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99 年 8 月 20 日至 99 年 9 月 3 日		報告繳交日期：99 年 10 月 18 日
出國計畫主辦機關審核意見	■1.依限繳交出國報告 ■2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) ■3.無抄襲相關出國報告 ■4.內容充實完備。 ■5.建議具參考價值 ■6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.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"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <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"/> 9.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 checked="" type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

- 一、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。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人	李肖宗 	審 核 人	副總經理	總經理	
-------------	--	-------------	------	-----	---

QP - 08 - 00 F06

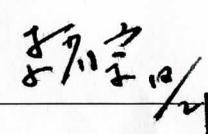
出國報告審核表

出國報告名稱：參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子 SIEMENS 公司及設備製造廠報告		
出國人姓名(2 人以上，以 1 人為代表)	職稱	服務單位
謝建賢	副處長	供電處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99 年 8 月 20 日至 99 年 9 月 3 日		報告繳交日期：99 年 10 月 18 日
出國計畫主辦機關審核意見	■1.依限繳交出國報告 ■2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) ■3.無抄襲相關出國報告 ■4.內容充實完備。 ■5.建議具參考價值 ■6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.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"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <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"/> 9.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 checked="" type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

三、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。

四、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	謝建賢 	審核人	單位 主管 	主管處 主 管	總經理 副總經理 
-----	--	-----	---	------------	--

QP-08-00 F06

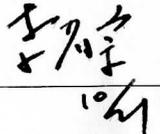
出國報告審核表

出國報告名稱：參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子 SIEMENS 公司及設備製造廠報告		
出國人姓名(2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
洪永輝	幹線規劃組長	系統規劃處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年8月20日至99年9月3日		報告繳交日期：99年10月18日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.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"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <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"/> 9.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 checked="" type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

五、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。

六、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人	洪永輝	審 核 人	單 位 主 管		總經理 副總經理
				QP-08-00 F06	

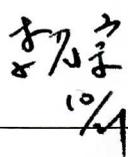
出國報告審核表

出國報告名稱：參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子 SIEMENS 公司及設備製造廠報告		
出國人姓名(2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
吳進忠	計劃組長	電力調度處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年8月20日至99年9月3日		報告繳交日期：99年10月18日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.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"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <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"/> 9.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 checked="" type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

七、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。

八、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	吳進忠	審核人	單位 主管	主管處 主管		總經理 副總經理	
							

QP-08-00 F06

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子 (SIEMENS)公司及設備製造廠報告

頁數 110 含附件 是 否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話：臺灣電力公司／陳德隆／02-23667685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
李肖宗	台灣電力公司	副總經理辦公室	副總經理	02-2366-6240
謝建賢	台灣電力公司	供電處	副處長	02-2366-6561
洪永輝	台灣電力公司	系統規劃處	幹線規劃組長	02-2366-6911
吳進忠	台灣電力公司	電力調度處	計劃組長	02-2366-6627

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他：國際會議

出國期間：99 年 8 月 20 日至 99 年 9 月 3 日 出國地區：法國、德國

報告日期：99 年 10 月 25 日

分類號／目

關鍵詞：智慧型電網(Smart Grid)、資產管理(Asset Management)、智慧型電錶 (Smart meters)、靜態虛功補償器(Static Var Compensator, SVC)、靜態同步補償器(Synchronous Static Compensator, STATCOM)

內容摘要：

本報告主要以國際高壓大電力會議(CIGRE)第 43 屆年會之會議主題與分組討論議題，以及參訪德國西門子(SIEMENS)公司與設備製造廠為內容，分

別針對第 43 屆年會之開幕演講、公開論壇、專題討論、論文分組與發展趨勢、節能減碳、大停電風險之降低、歐洲智慧型電網之發展趨勢、變壓器資產管理、SVC 及 STATCOM 之分析比較提出報告並提出建議。

本報告內容共分八章，

壹、心得與建議

貳、出國目的

參、出國行程

肆、國際大電力系統會議(CIGRE)

伍、參加第 43 屆年會之觀察與心得

陸、智慧型控制中心監視、分析和控制功能

柒、參訪德國西門子(SIEMENS)公司及設備製造廠

目 錄

行政院及所屬各機關出國報告提要	II
目 錄	IV
圖表索引	VI
壹、心得與建議	1
1.1 心得	1
1.2 建議	6
貳、出國目的	11
參、出國行程	13
肆、國際大電力系統會議(CIGRE)	14
4.1 CIGRE的源起	14
4.2 國際大電力系統會議(CIGRE)第 43 屆年會	14
4.3 分組討論主題與論文	27
4.4 輸變電設備展覽會	56
伍、參加第 43 屆年會之觀察與心得	57
5.1 前言	57
5.2 智慧型電網	57
5.3 歐洲智慧型電網發展近況	58
5.4 節能減碳	69
5.5 大停電風險之降低	70
5.6 其他觀察心得	72
陸、智慧型控制中心監視、分析和控制功能	77
6.1 前言	77
6.2 現在技術的回顧	78
6.3 智慧型控制中心之下一代監視、評估和控制的構想	79
6.4 落實智慧型控制中心之的技術規則	84
柒、參訪德國西門子(SIEMENS)公司及設備製造廠	90

7.1 SVC及STATCOM技術與運用	90
7.2 SVC及STATCOM參訪觀察心得	95
7.3 德國西門子智慧型電網技術觀察心得	96

圖表索引

圖 4-1 電網所面臨的挑戰.....	19
圖 4-2 各區域發展的重點與順序.....	19
圖 4-3 HVDC之發展.....	20
圖 4-4 電力電子的應用.....	21
圖 4-5 先進的電纜技術.....	21
圖 4-6 FACTS之應用.....	22
圖 4-7 PMU與廣域控制之應用.....	22
圖 4-8 配電系統自動化.....	23
圖 4-9 未來電網技術發展重點.....	25
圖 4-10 調頻容量與發電容量.....	56
圖 5-1 歐洲廣域智慧型電網.....	61
圖 5-2 高壓輸電鐵塔形狀改變可改善視覺感受.....	74
圖 5-3 降低電磁場鑽石型輸電鐵塔設計.....	75
圖 5-4 變壓器火災/OIP套管故障油噴出引起.....	76
圖 6-1 目前的控制中心與其功能.....	79
圖 6-2 智慧型控制中心與其功能.....	80
圖 6-3 朝向未來智慧控制中心的技術規則.....	89

圖 7-1	SVC與STATCOM之架構.....	91
圖 7-2	SVC之VI特性與運轉能力曲線.....	92
圖 7-3	STATCOM之VI特性與運轉能力曲線.....	93
圖 7-4	SVC與STATCOM之特性比較.....	93
圖 7-5	SVC與STATCOM之損失比較.....	94
圖 7-6	SIEMENS德國紐倫堡工廠模組化設計之STATCOM (SVC PLUS).....	96
圖 7-7	德國西門子公司在歐洲地區智慧型電網的發展項目.....	98
表 3-1	出國行程.....	13
表 4-1	第 43 屆年會議程.....	15
表 7-1	SVC與STATCOM比較.....	95
表 7-2	智慧型電網評估指標.....	99

參加國際高壓大電力會議第 43 屆年會及參訪西門子 SIEMENS 公司及設備製造廠 出國報告

壹、心得與建議

1.1 心得

此次參加 Cigre 年會，議程緊湊內容十分充實豐富。除聆聽開幕演說、主題論壇及大停電等共同議題之討論外，也參加部分分組討論會，議題內容多有涉及觀念性的闡述、新技術的開發及設備與運轉維護經驗等之發表，本次出國計畫攜回之研習成果，除個別分組討論之成果有些較為細節部分但值得本公司相關單位參考者，將依各分組分類方式整理於出國報告之中。另外，討論內容涉及經營、策略性及公司面臨相關議題之觀察心得，除奉 董事長指示已於經營會議報告外，並將部份心得簡述如下：

1.智慧型電網

(1) Smart Grid 的共同遠景

能源網路的遠景、智慧型電網的趨勢及 Smart Grid 工業整合等議題為此次會議討論之主題。結論認為『Smart Grid』共同的遠景應為：

- A.鼓勵消費者參與(Engaging Consumers)
- B.提高能源效率(Enhancing Efficiency)
- C.確保可靠度(Ensuring Reliability)

D. 促進再生能源及電力傳輸(Enabling Renewables & Electric Transportation)

- (2) 發展先進的控制系統以消納離峰之核能電力、補償來自再生能源的不穩定電力、協調儲能電力(包括儲能電池、可變速的抽蓄機組)及調控系統頻率變化等並發展再生能源的輸出電力預測。
- (3) 大量再生能源加入電網，將造成電力過剩及系統頻率擾動的問題，對系統運轉形成巨大挑戰，未來電網必須面對再生能源大量增加(特別是太陽光電)的挑戰。

2. 節能減碳

歐盟公佈 2010 至 2020 年智慧型電網技術發展藍圖(Road Map)策略目標：至 2020 年達到(1)降低 20%的溫室氣體；(2)能源效率提高 20%；及(3)再生能源的使用佔總電源的 20%，簡稱 20/20/20 計畫；至 2050 年實現完全除碳化，完成一套全面性的再生能源系統。同時藉由歐洲超級智慧電網合作計畫，整合現有再生能源，期望能在十年內投入使用，以滿足歐洲各國對再生能源的需求，達到國際減少溫室氣體排放的目標。

在推動節能減碳時也必須同時兼顧能源安全(Energy security)、節約(Economy)、環境保護 (Environmental protection)，即所謂『3E 概念』。

此外，輸配電系統是電力穩定供應的關鍵，因此應以提高電網效率為優先，以 Smart grid 促進再生能源的發展、電動車及油電混合車之推動、

改善分散式電源對系統運轉的影響，以降低傳統式石化燃料的消耗，達成節能減碳之目的。

3.大停電風險之降低

近年來造成電力系統大停電事故的主要原因包括天然災害、電網事故及人為失誤等，有鑑於極端氣候的影響以及各國輸配電網設備多已運轉超過數十年以上，且汰換更新困難情況下，未來仍有發生大停電的風險。台電系統過去兩次大停電事故(729 與 921)，其原因即分別為電網事故及天然災害，本公司有必要針對兩項導致大停電的原因採取具體措施，以降低台電系統發生大停電的機率與影響範圍。考量台灣近年來極端氣候的變化趨勢，建議：本公司儘速建立『電力系統極端氣候預警系統』以降低電力系統受影響的程度；強化電力系統緊急應變機制，包括電力系統資訊平台、緊急供電計畫；建立『電力系統災後搶修、復電、復建機制』，包括災前重要輸變電設備相關備品的調度、搶修人力規劃與支援機制。

另再考量本公司各項輸變電工迭遭部份環保人士阻撓與民眾抗爭，以致無法如期完工，甚至無法如期推動，造成電網壅塞與供電瓶頸，為避免系統 N-2 事故導致大停電發生，建議採取下列措施防止系統電壓崩潰並維持系統穩定與供電安全：持續強化電能管理系統(EMS)全面性和主動的線上分析功能，包括即時動態安全分析；供電瓶頸地區重要或關鍵之

電力電纜、架空線路及變壓器等安裝監測系統，以確認其設備狀態及緊急供載能力，提供調度人員參考運用；強化特殊保護系統(SPS)專業人力，加速建置特殊保護系統，引進線上即時分析功能，縮小動作影響範圍；參考各國成功的運用經驗，引進 FACTS 之研究與應用(包括相移變壓器、HVDC 及 SVC、STATCOM 等)強化系統。

4.其他

- (1) 既有容量不足之電纜，運用新型電纜(三層式)開發及 Y 型電纜連接頭設計等新設備及新技術，克服不新增電纜管路施工困難及投資，終使電纜輸電網路供電容量提昇之做法，可供本公司工程及供電單位參考。
- (2) 因應減碳政策減少 SF6 氣體使用，高壓開關設備採用 N2 與 SF6 混合或以高壓乾燥空氣取代等相關新技術與新產品之開發及運用經驗，可供本公司工程單位及供電單位未來購置開關設備參考。
- (3) 結合智能電網時代，新世紀變電所自動化、保護系統和控制系統使用 IEC61850 作資訊與通訊傳輸之應用技術及經驗，可供本公司規劃、工程以及供電單位參考。
- (4) 未來電網由於電力電子設備(如 HVDC, FACT)的設置、負載端佈設之充電站等新增諧波來源，再加上電網架空線改用地下電纜之電氣結構之變化，諧波竄流造成系統設備有可能過電壓或諧波共振而受損，因

此除了必須重新檢視相關規範是否周全，系統諧波變化資料之量測追蹤有必要推動。

- (5) 電力系統穩定器(PSS)設置於大型發電機組，可抑制系統區域間或電廠間之震盪(Oscillation)，但為因應系統長距離輸電所產生之低頻震盪現象，日本發表多重輸入(Multiple Inputs)PSS 可有效解決。本公司北部系統在核四機組加入後，離峰時若北部幹線發生特定之多重事故(N-3)後，電力會有長距離繞送現象，且有低頻震盪情況發生，MPSS 之概念似可參考。
- (6) 連接馬爾他義大利西西里島之交流電力海纜計畫，將輸送電力高達400MW，海纜長度 120 公里採用電壓為 132kV 或 220KV 經技術評估可行。可提供本公司輸送電力 200MW，海纜長度 60 公里採用交流 161kV 電壓之台澎海纜計畫，系統可行性之對照佐證。
- (7) 因應不可控制之新能源加入系統，可調度控制之傳統機組必須停用，造成電網規劃運轉上之困難。而由於遍布各地之新能源其不可控制不可調度之發電型態為一機率行為，英國提出一套機率方法 PoC(Probability of Connection)，可將部份不可控制不可調度之新能源視聽穩定且可調度之電源。
- (8) 丹麥已立法要求線路下地，及新建架空線必須減少視覺衝擊，因此，架空線鐵塔之結構材料研究或瘦身技術均將成為未來之趨勢。架空輸

電線鐵塔外型改變可改善民眾視覺感受衝擊結合景觀並經由輸電鐵塔外型改善，對改善民眾視覺感受有助益。

1.2 建議

1.鼓勵同仁發表論文參與交流，提高台電公司國際能見度

CIGRE 為目前全球電力工業領域最大之交流平台，此次中國派超過 50 名人員參加，充分表現其積極參與領導國際之企圖心，韓國日本也不遑多讓，事實上，本公司在電力系統之經營管理上所面臨之問題及經驗亦可透過發表論文方式參與交流以交換解決方案，讓台電能提高國際能見度並增加員工國際視野。

2.建議擴大派員參加年會，以落實本公司參與國際之積極度及全面化

CIGRE Session 為大電力系統相關問題之意見經驗交換平台，同時間也有設備展覽會提出世界最先進之電力系統軟硬體及工程設備供使用者參考。而所謂大電力系統包括發、輸、配電等問題，本公司雖為會員但目前實際參加只有系、調及供電處等單位，僅能參與部分議題之討論，殊為可惜。建議本公司持續並擴大派員(增加輸工、配電系統)出席 CIGRE 年會參與分組討論與交流，並觀摩學習先進的電力系統運轉觀念與技術、拓展公司同仁視野，使台電公司在運轉觀念上能更與世界先進國家接軌，讓電力系統的運轉得以更加穩定與可靠。

3.CIGRE 論文發表方式可供本公司借鏡

CIGRE 論文發表方式係先由會員於會議召開前透過網路針對各論文提出問題，再由各組主持人彙整並提出該組論文的共同問題，再邀請論文作者上台報告並接受提問，這種方式可以充分聚焦於該組的核心議題，使交流討論氣氛較為活潑熱絡、與會者較能獲得具體答案。本公司日後舉辦國際性研討會的機會很多，CIGRE 論文發表方式可供本公司借鏡。

4. 智慧型電網相關議題應設定目標及評量指標

- (1) 推動智慧型電網已形成趨勢，其改革動機很清楚(如減碳、電力平衡、再生能源之利用、效率及供電可靠等)，但其定義及範圍並無明確限制，各系統應就實際之需求、效益及系統特性等推動及投資相關之項目。各國主要電力公司及設備廠商皆已成立專責組織(日)及附屬公司(韓)進行相關規劃及業務開發本公司，本公司亦應從長計議，就智慧型電網相關議題應設定目標及評量指標，並應有完整性及計畫性之想法。
- (2) 本公司正推動 AMI 裝設計畫，根據國外經驗顯示 AMI 裝設後可因用戶自主性作為而使負載降低 10%~15%左右，建議本公司 AMI 優先裝設於系統供電瓶頸地區，有利於未來負載之抑制與調節。
- (3) 為因應未來智慧型電網的發展，各國主要電力公司皆已成立專責組織或附屬公司，統籌智慧型電網興革業務之規劃及開發，本公司亦早已成立專案小組智慧型電網項目之評估工作，也訂出符合本公司需求藍

圖，但專案小組因僅能進行公司內部橫向業務之聯繫，對於應興應革之策略性開創及推動目標似乎較無法掌握。智慧型電網已是公司必走之重要業務，無論是配合國家無碳目標政策，抑或強化電網配合再生能源之推動等，智慧型電網許多工作牽涉公司重大投資需求，有必要成立公司高階層之策略小組，就智慧型電網 5W 進行策略性指導及公司垂直性之整合，俾以最小的投資獲致最大之效益。

5. 節能減碳

- (1) 在節能減碳之過程中必須同時兼顧能源安全(Energy security)、節約(Economy)、環境保護(Environmental protection)三個環節，即 3E 觀念。
- (2) 為降低對環境系統影響，往後電力設施新建、汰換建議朝向新型低碳之產品，如將使用 SF6 之開關設備改為高壓乾燥空氣的開關。
- (3) 積極推動增建核能機組、更新既有核能機組；並採用先進複循環機組，以達到能源效率提升以及減碳效果。
- (4) 持續推動輸電網路建設，加速輸配電網路設備更新以提升輸電效率。
參考外國的作法，提高電網效率可優先推動。

6. 降低大停電機率

- (1) 考量台灣近年來極端氣候的變化趨勢，電網運轉應未雨綢繆，建議：
A 本公司儘速建立『電力系統極端氣候預警系統』以降低電力系統

受影響的程度；

- B 強化電力系統緊急應變機制，包括電力系統資訊平台、緊急供電計畫；
- C 建立『電力系統災後搶修、復電、復建機制』，包括災前重要輸變電設備相關備品的調度、搶修人力規劃與支援機制。

(2) 為避免系統事故導致大停電發生，建議採取下列措施防止系統電壓崩潰並維持系統穩定與供電安全：

- A 持續強化電能管理系統(EMS)全面性和主動的線上分析功能，包括即時動態安全分析；
- B 供電瓶頸地區重要或關鍵之電力電纜、架空線路及變壓器等安裝監測系統，以確認其設備狀態及緊急供載能力，提供調度人員參考運用；
- C 儘速補充並強化特殊保護系統(SPS)專業人力，加速建置特殊保護系統，引進線上即時分析功能，縮小動作影響範圍，以確保系統穩定度，避免大停電發生；
- D 參考各國成功的運用經驗，引進 FACTS 之研究與應用(包括相移變壓器、HVDC 及 SVC、STATCOM 等)強化系統。

7. 提升 SVC 與 STATCOM 之應用，強化運轉與維護績效

SVC 及 STATCOM 運用於電力系統，以改善系統可靠度或無效功率已

是趨勢。

- (1) 由於科技開發與進步，經由前述 SVC 及 STATCOM 運用比較，在系統影響、設備可靠和運轉維護簡便性以及運用擴充之彈性等特性，STATCOM 均優於 SVC 且已成為運用主流，本次 CIGRE 分組討論日本九州電力為改善線路跳脫造成電壓過高問題(類似本公司東部情況)，經評估採裝設三套 150MVAR STATCOM 即是明顯案例。
- (2) STATCOM 已成為電力系統運用主流，且對系統安全影響極為重要，為使該設備有效發揮其可靠性且備品能共用以降低維護備品庫存量以及運轉維護簡化需求，同時兼顧未來系統擴充及移設考量，本公司規劃之 SVC 及 STACOM，建議能作整體考量全部以 STATCOM 規劃且整合採一次發包採購。

貳、出國目的

「國際大電力系統會議 (INTERNATIONAL COUNCIL ON LARGE ELECTRIC SYSTEMS；簡稱 CIGRE)」每兩年邀集世界各主要電力公司、一流電力設備製造廠及電力研究機構，於年會上報告近年來電力系統規劃、工程設計、調度運轉及維修、資產管理與新科技設備應用等之作法與實際經驗。本公司為該組織註冊之團體會員(會員編號 219714004)，自 73 年起皆派員參加年會，鑑於過去自 CIGRE 取得之技術資訊對本公司電網調度、規劃、設計施工及運轉維護等業務之推動影響深遠，頗有助益。

「第 43 屆國際大電力系統會議」於 99 年 8 月 22 日~27 日在法國巴黎召開，全球各大電力公司、重電設備製造廠家、研究機構、電力管制機構與電力可靠度組織均派員參加年會，並發表輸變電設備與電力工程的最新技術、系統調度運轉及設備維修等之經驗，可作為公司輸供系統未來系統規劃、調度及運維之參考。

此外，本公司為改善東部地區因輸電網路故障造成該地區電壓崩潰之風險，七輸計劃於鳳林 E/S 及台東 P/S 規劃各設置一套 SVC，同時為改善系統無效電力及電壓以提升輸電網路效率，亦規劃於龍潭 E/S 設置一套 STATCOM，該等設備為本公司初次採用，規劃作業以及往後運轉、維護相關資訊較缺乏，因此藉由本次參加「第 43 屆國際大電力系統會議」機會，為能蒐集國外電力系統對 SVC 及 STATCOM 規劃及運轉維護經驗，特參

訪該等產品製造廠家並作意見交換，以供本公司推動 SVC 及 STATCOM 工程規劃施工以及運轉維護之參考。

「智慧型電網」風起雲湧蔚為風潮，且為世界各先進國家電力工業及相關產業所關切議題，由於歐洲大陸各國推動「智慧型電網」不遺餘力，已儼然為世界上此議題之先驅及實踐者。因此，藉本次參訪德國西門子 (SIEMENS) 公司，就教該公司有關智慧型電網相關經驗(該公司在輸配電設備之製造方面在世界上負有盛名，面對全球關切之節能減碳與智慧型電網議題，該公司也肩負著領導的角色)，了解歐洲智慧型電網的發展現況與方向，學習吸取國外經驗，以作為本公司輸電系統因應未來智慧型電網推動之借鏡。

本次出國奉 董事長核定由李肖宗副總經理率供電處謝建賢副處長、系規處洪永輝組長及調度處吳進忠組長組團參加，並批示返國後至經營會議報告(已於 99 年 10 月 4 日報告)。

參、出國行程

本出國計畫，自 99 年 8 月 20 日起，至 99 年 9 月 3 日止，合計 15 天，行程概要如下表 3-1 所列。

表 3-1 出國行程

日期	起訖地點	工作紀要
99/8/20~99/8/21	台北—巴黎	往程
99/8/22~99/8/27	法國 巴黎	參加國際高壓大電力會議(CIGRE)第 43 屆年會
99/8/28	巴黎—慕尼黑	行程
99/8/29~99/9/1	德國 慕尼黑	訪問西門子(SIEMENS)公司及設備製造廠
99/9/2~99/9/3	慕尼黑—巴黎—台北	返程

肆、國際大電力系統會議(CIGRE)

4.1 CIGRE 的源起

CIGRE (International Council on Large Electric Systems)為電力系統領域主要的世界性組織之一，設立於 1921 年，為一永久性、非政府及非營利的機構，內容涵蓋電力科技、電力經濟、環境議題、組織架構與管理等議題。CIGRE 總部設在法國巴黎，其宗旨是：

- 1.促進世界各國電力系統專家、學者在高壓發電與輸電方面的知識與技術經驗的交流與發展。
- 2.通過新技術和大量實務結合的交流，使工程經驗和資訊不斷增值。
- 3.使經營決策管理者瞭解電力領域的最新發展趨勢與綜合作用。

CIGRE 下設 16 個委員會，會員分布全球 80 幾個國家，由各國電力公司、電力管制機構、電力調度中心、電力工程專家、學者、設備製造商及貿易商組成。至 2010 年 8 月止，約有 7250 名會員分布全球於 89 國家，其中包括台灣 10 名會員、中國大陸有 554 名會員；台電公司於 1983 年申請加入 CIGRE 成為會員。

4.2 國際大電力系統會議(CIGRE)第 43 屆年會

國際大電力系統會議(CIGRE)年會每 2 年舉行一次，舉辦地點均為法國巴黎，今年年會為第 43 屆，約有 57 國約 1500 多位代表參加，其中台灣 7 位、中國大陸有 55 位。每屆年會均針對電力系統規劃和運轉有關的問題

以及高壓設備和裝置的規劃設計，施工，運轉維修和處理及資產管理等議題進行交流討論，今年第 43 屆年會議程如表 4-1 所示：

表 4-1 第 43 屆年會議程

日期	時間	組別及議題	場地
22/08/2010	16:00	開幕式(Opening Ceremony)	LE PALAIS
	17:30~19:00	開幕酒會 (Welcome Drink)	
23/08/2010	8:45~12:00	開幕座談會(Opening Panel)	LE PALAIS
	13:15	CIGRE 會員集會	LE PALAIS
	14:30~18:00	大停電事故研討會	LE PALAIS
24/08/2010	8:45~12:00	A2、B3：佈告欄專題	341、342A
	8:45~18:00	A3：高壓設備	LE PALAIS
		C6：配電系統及分散發電	BLEUE
		B4：HVDC 與電力電子	HAVENE
		D4：系統技術效能	BORDEAUX
25/08/2010	8:45~12:00	B1、C1：佈告欄專題	341、342A
	8:45~18:00	B2：架空線	LE PALAIS
		A2：變壓器	BLEUE
		C5：資訊系統與通訊	HAVANE
		D2：電力市場與管制	BORDEAUX
26/2010/08	8:45~12:00	C2、D1：佈告欄專題	341
	8:45~18:00	B5：保護與自動化	LE PALAIS
		C1：系統發展與經濟	BLEUE
		A1：旋轉電機	HAVANE
		B1：絕緣電纜	BORDEAUX
27/08/2010	8:45~18:00	B3：變電所	LE PALAIS
		D1：材料及新興的技術	BLEUE
		C3：系統環境的效能	HAVANE
		C2：系統運轉與控制	BORDEAUX

本屆年會發表論文計有 430 篇，區分為 16 組進行討論，論文主題除了旋轉電機、變壓器、電力電纜、架空輸電線、直流輸電系統(HVDC)及保護電驛和電力材料測試等設備新技術開發與運用實務探討外，同時有因應智

慧型電網、直流輸電之新變電所設計技術、資訊與通訊 IEC61850 應用、電力系統可靠度提升、配電系統與分散電源規劃與運轉以及電力市場經營與挑戰等研究與實務經驗報告。

以下僅就第 43 屆年會主題與議程、論文分組討論議題與方向，作一概略敘述如下：

1. 開幕演講：電力工業邁向低碳社會之創舉與遠景

第 43 屆年會開幕演講題目為：電力工業邁向低碳社會之創舉與遠景 (Initiatives and Perspectives by the Power Industry Towards a Low Carbon Emission Society)，由日本電力聯盟前任會長暨現任關西電力株式會社會長 Mr. Shosuke Mori 主講，內容包括全球暖化與電力關係、日本的政策態度、日本電力公司的作法及 Smart Grid 在日本的發展情況等，其中特別提出 3E 概念— 能源安全 (Energy security)、節約 (Economy)、環境保護 (Environmental protection) 三者必須同時兼顧。同時 Mr. Shosuke Mori 認為輸配電系統是電力穩定供應的關鍵，因此提高電網效率為主要，以 Smart grid 促進再生能源的發展、電動車及油電混合車之推動、改善分散式電源對系統運轉的影響。

日本政府宣布在 2020 年太陽光電的裝置容量目標為 2800 萬仟瓦 (28GW)，約佔系統負載的 15%，屆時將造成電力過剩及系統頻率擾動的問題，對系統運轉形成巨大挑戰，未來 Smart grid 將面對再生能源大量增加(特別是太陽光電)的挑戰，Mr. Shosuke Mori 建議 Smart grid 以

電網強化潔淨及穩定核能發電、並由新的控制系統補償來自再生能源的不穩定電力、控制系統頻率變化、協調儲能設備(包括儲能電池、可變速的抽蓄機組)、預測再生能源的電力輸出等為發展方向，日本已率先裝設可變速的抽蓄機組。

2. 會議主題：未來電力系統應具備之技術及智慧

第 43 屆年會主題為未來電力系統應具備之技術及智慧(The Need for Technology & Intelligence in the Future Power System)，大會安排由 EPRI 技術副總經理 Clark W. Gellings 主持，邀請相關專家報告以下議題並進行交流討論：

(1) 未來能源網路的遠景(Future Energy Networks –A Vision)

由蘇黎世電力系統實驗室(Power Systems Laboratory, ETH Zürich) Göran Andersson 簡報，說明未來 30~50 年輸配電網路的情境，能源網路的發展遠景必須能降低生態影響、提高經濟效能、強化電網功能(資料)；Göran Andersson 並說明歐洲未來能源網路的遠景(The Vision of Future Energy Networks Project，簡稱 VoFEN)，該研究計畫由瑞士聯邦能源辦公室(Swiss Federal Office of Energy)、ABB、AREVA(Alstom)、SIEMENS、Swiss Utilities 等單位贊助支持，VoFEN 的主要研究項目為：

A. 風險評估與投資策略(Risk Assessment and Investment

Strategies)

- B. 系統動態與控制(System Dynamics and Control)
- C. 區域熱負載管理(Local Load Management of Thermal Loads)
- D. Case Study Baden Dättwil
- E. Case Study Swisspower
- F. 電力與交通系統之整合模型(Integrated Modeling of Power And Transportation Systems)
- G. Assessment of Hub Technology

(2) 智慧型電網的趨勢(Towards a Smarter Grid:ABB's Technology Perspective)

由 ABB 技術專家 Peter Terwiesch 簡報，內容包括目前電網所面臨的挑戰、所需的技術與智慧、電網的差異性、智慧型電網的發展趨勢、發展智慧型電網的障礙與挑戰等。

- A. 電網所面臨的挑戰：包括需量增加、提高可靠度、減少 CO₂ 排放等，因此電力系統必須擴建發電、輸電及配電的設備、增進系統的效能、發電與輸電的最佳化與管理、降低損失、提高使用效率、發展再生能源與分散式電源等如圖 4-1 所示。
- B. 電網的差異性：各區域電力發展的重點與順序因系統因素有所不同，如北美地區以智慧型電錶、發展配電網路與提高輸電能力為主；歐洲地區則以強化各國電網的互聯強度、整合大區域的再生能源(特別是風力發電)；亞洲地區則以增加發電容量(煤、核能及

水力)及建設長距離(>1000km)輸電線路，如圖 4-2 所示。

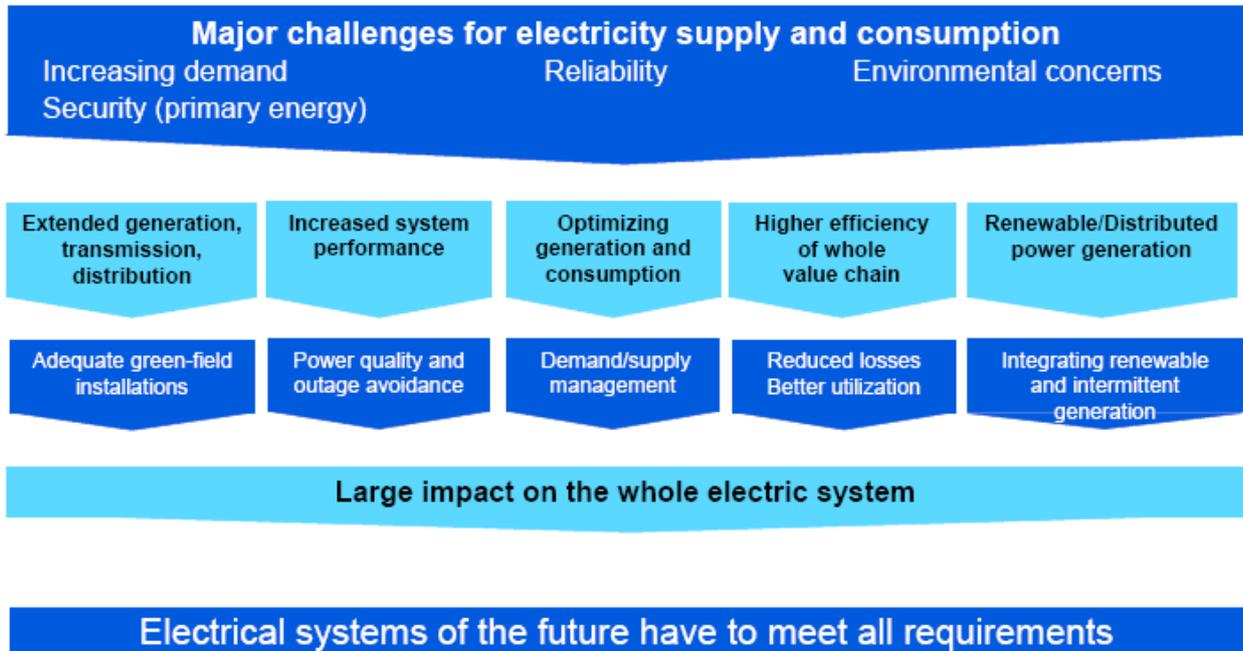
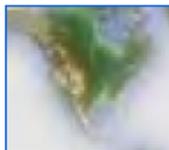


圖 4-1 電網所面臨的挑戰

Not all grids were made equal: regional differences Different regional starting points and priorities



North America

- Initial focus on meter infrastructure and distribution grid
- Interest in transmission growing



Europe

- Strengthening cross-border interconnections
- Integrating large-scale renewables (with emphasis on wind)



Asia

- Focus on adding capacity, especially coal, nuclear, hydro
- Often more than 1000 km and several GW per corridor

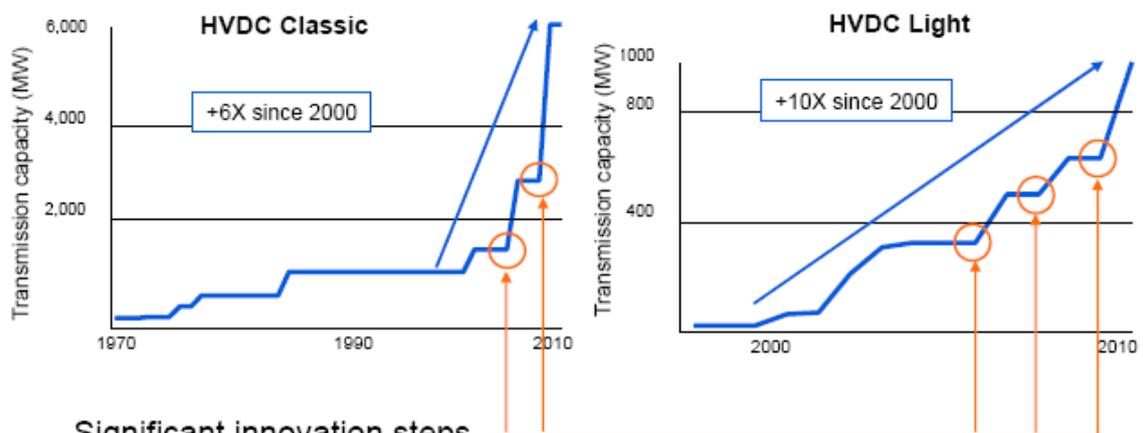


Middle East, Africa, South America

- Combination of different trends outlined above

圖 4-2 各區域發展的重點與順序

(3) 智慧型電網的發展趨勢：包括特高壓交流輸電(中國國家電網公司 1100kV 輸電線路於2008年12月商轉)、HVDC(傳輸能力大幅增加、線路損失降低、傳輸距離增加、單位輸電成本降低)、電力電子的應用(再生能源、HVDC、SVC、STATCOM、軌道機電系統、電動車充電系統及儲能系統)、先進的電纜技術(電壓等級提高、損失降低、輸電距離增加、非油絕緣系統、浮動電纜技術)等如圖4-3~ 4-7所示。



Significant innovation steps

- More power, lower losses
- Reduced cost/MW
- Power electronics/power semiconductors and cables are key contributors
- ➔ Longer transmission distances

圖 4-3 HVDC 之發展

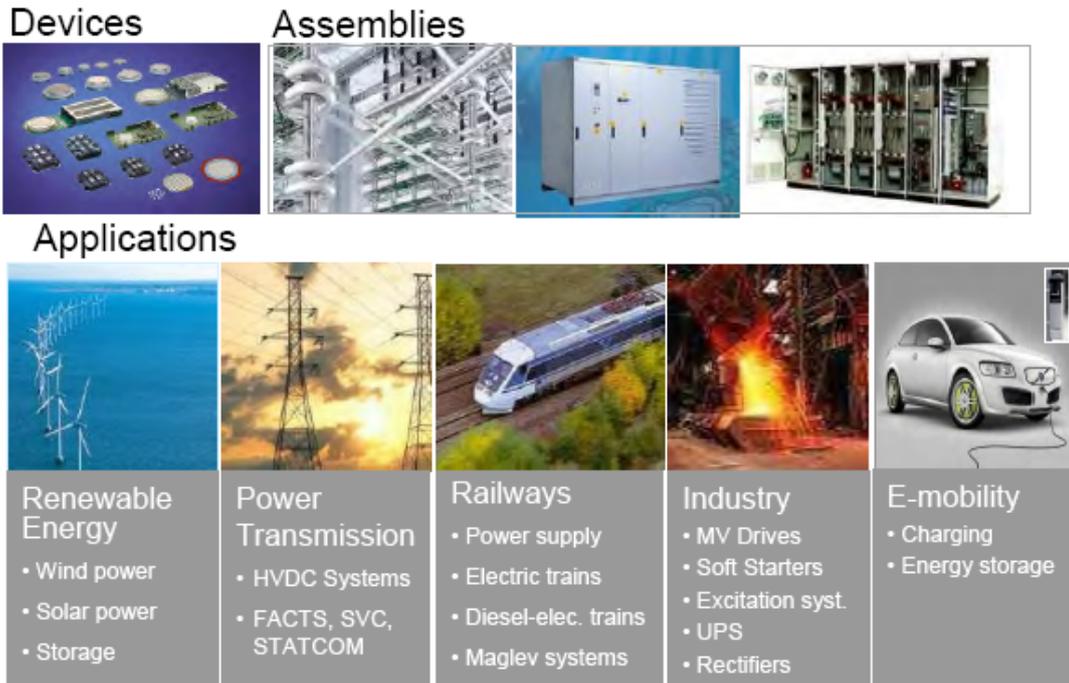


圖 4-4 電力電子的應用

Advances in cable technology



Cable technology advances

- Higher voltages
 - ➔ lower losses, longer distances
- Oil-free insulation systems
- Dynamic cables enable connection of floating structures
 - ➔ floating oil & gas production
 - ➔ floating wind power generation

StatoilHydro's Gjøa platform

will be powered from shore using dynamic cable, avoiding 230'000 tons of CO₂/year

圖 4-5 先進的電纜技術

From “AC vs DC” to “AC and DC”

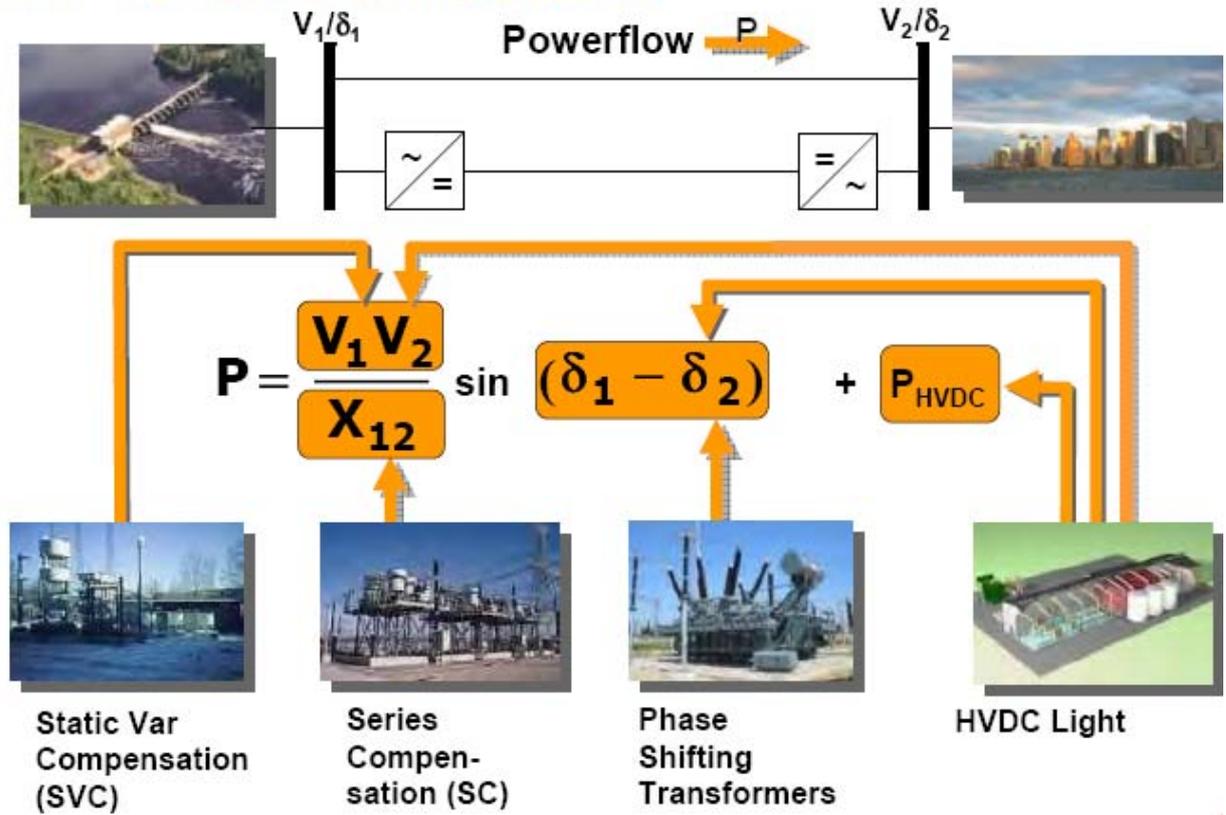
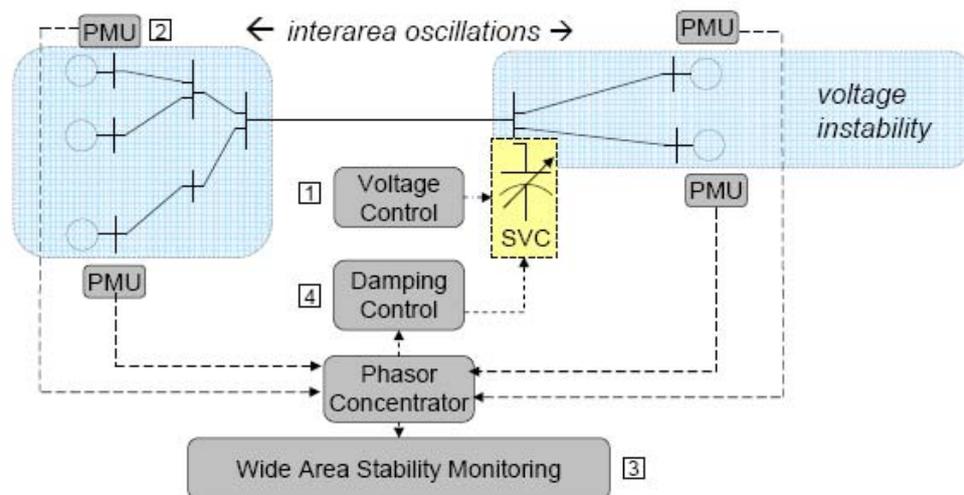


圖 4-6 FACTS 之應用

Closing the loop for wide-area control



Stressed transmission grids face both local and wide area instability:

圖 4-7 PMU 與廣域控制之應用

Evolution of the distribution grid

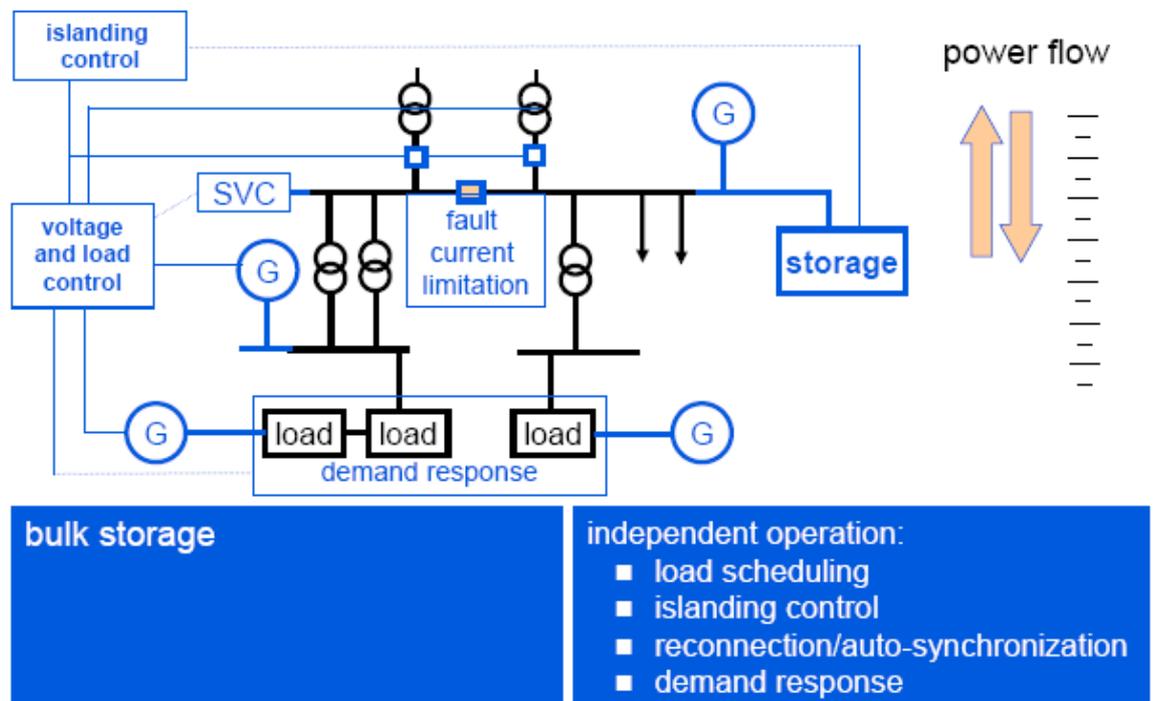


圖 4-8 配電系統自動化

(4) CIGRE的未來角色(CIGRE's Role –Shaping the Future)

由 Western Power 技術副總裁 Phil Southwell 簡報，內容包括說明 2030 年以前所面臨的挑戰及配合未來再生能源蓬勃發展電網技術的發展重點等。

A. 2030 年以前所面臨的挑戰

- a 全球每年負載平均成長 2.5%(約為 4800GW，大約是美國裝置容量的 5 倍)
- b 中國大陸與印度的負載成長佔全球的 53%
- c 煤為主要的燃料(43%)

- d 歐洲以外地區核能發電快速增加
- e 非水力的再生能源成長 8.6%(主要為風力)
- f 13 億人口仍然無電可用
- g 發電用燃料尚稱足夠
- h 2010 年 80%的能源供應來自化石燃料

B. 未來電網技術發展重點 (如圖 4-8)

- a 配合蓬勃發展的分散式電源
- b 滿足資訊的大量交換
- c 提高 HVDC 與 SVC&STATCOM 之整合應用
- d 配合儲能系統大幅增加
- e 強化系統運轉與控制的新技術
- f 系統保護的新概念
- g 系統規劃的新概念
- h 地下基礎建設(電纜)的增加



圖 4-9 未來電網技術發展重點

(5) Smart Grid之工業整合-從計畫到行動(Industry Smart Grid Interoperability –From Roadmap to Action)

由 EPRI 電力傳輸與應用部門的副總裁 Arshad Mansoor 簡報，內容包括：

- ① Interoperability: Foundation for a Smarter Grid
- ② Standards Lead to Interoperability
- ③ Foundation for Interoperability
- ④ Priority Action Plans
- ⑤ Example Standard Gap: Grid to Photovoltaic (PV) Communication

- ⑥ Smart Grid Demonstration: Moving from Interoperability Standards to Implementation
- ⑦ Shared Learning Opportunity: Industry Smart Grid Demonstration Collaboration
- ⑧ Example of International Collaboration: EDF Smart Grid Demonstration
- ⑨ Example Standard Gap: Vehicle to Grid Communication
- ⑩ Result of Utility/Auto Industry Collaboration
- ⑪ FORD-EPRIVEV Demonstration: Moving from Interoperability Standards to Implementation
- ⑫ GM-EPRIVEV Demonstration: Moving from Interoperability Standards to Implementation
- ⑬ Demonstrations and Shared Learning Leading to Reference Design

(6) Smart Grid的共同遠景

能源網路的遠景、智慧型電網的趨勢及 Smart Grid 工業整合等議題

為此次會議討論之主題。結論認為『Smart Grid』共同的遠景應為：

- A. 鼓勵消費者參與(Engaging Consumers)、
- B. 提高能源效率(Enhancing Efficiency)、
- C. 確保電力系統可靠度(Ensuring Reliability)、
- D. 促進再生能源及電力傳輸(Enabling Renewables & Electric Transportation)

3. 專題研討：大停電(Large Disturbances)

由『系統運轉與控制組(C2組)』主席 Mr. Ken Brown 主持，討論巴西、北愛爾蘭、歐洲、法國/西班牙、葡萄牙及澳洲等電力系統之大停電事故，並邀請中國南方電網報告防止大停電發生的策略。造成電力系統大停電事故的原因很多，包括天然災害及人為失誤等，有鑑於輸配電網設備多數已運轉超過數十年以上，且汰換更新困難，未來仍有發生大停電的風險。會議結論建議：

- (1) 加強輸配電網設備之資產管理;
- (2) 建置輸配電網設備之監測系統;
- (3) 配合建置特殊保護系統(SPS)，發展即時動態安全分析功能確保系統穩定度;
- (4) 加強FACTS之應用(包括HVDC及SVC、STATCOM)

4.3 分組討論主題與論文

本屆年會發表論文計有 430 篇，區分為 16 組進行分組討論，僅簡列各組討論主題與主要相關論文於下：

A1 旋轉電機(Rotating Electrical Machines) 共有22 篇論文

PS1. 發電機的設計發展及運轉經驗(9篇論文)

1.內容

- (1)在設計和材料方面發展：改進可靠性、性能、運轉、維護、成本；

以及更具環保、人性化的材料(3篇論文)

(2)設計水、火力機組之間歇性運轉之衝擊影響(3篇論文)

(3)改善勵磁控制系統，處理機電震盪現象、負載切離、扭力震盪、
電壓控制等作為(3篇論文)

2.主要相關論文

(1)發展世界最大容量(2p-60Hz-670MVA與4p-60Hz-370MVA)氬冷
式渦輪機於60Hz 900MW複循環火力機組(日本)

(2)驗證多端輸入無效電力之PSS於抑制低頻震盪研究(日本)

(3)風場電壓控制之實際經驗與結果(西班牙)

(4)藉由勵磁控制提昇同步機對低電壓承受能力分析(西班牙)

(5)應用非同步發電機作為系統頻率震盪阻尼器(烏克蘭)

PS2. 設備壽命管理及維護(13篇論文)

1.內容

(1)監控與診斷技術之應用(7篇論文)

(2)翻新、改善與現場經驗(6篇論文)

2.主要相關論文

(1) 760MVA發電機之監測系統(巴西)

(2)水力機組之光纖監測系統(巴西)

(3)監測旋轉電機之部分放電經驗(西班牙)

A2 變壓器(Transformer) 共有29 篇論文

PS1. 變壓器運轉中的事故(7篇論文)

1.內容

- (1)由變壓器引起之變電所事故之風險評估(2篇論文)
- (2)變壓器事故導致油槽破裂之研究 (1篇論文)
- (3)變壓器設計與製造之降低風險評估 (1篇論文)
- (4)避免變壓器火災與效率降低之變電所設計建議 (3篇論文)

2.主要相關論文

- (1)應用變壓器發生火災及因應策略於降低變壓器事故風險研究(澳洲)
- (2)防止變壓器本體油槽爆破研究(加拿大)
- (3)設計充油式變壓器之新技術(蘇俄)

PS2.變壓器壽命 (12篇論文)

1.內容

- (1)根據化學指標與油中氣體分析之壽命診斷 (3篇論文)
- (2)診斷、測試及快速評估的新方法 (4篇論文)
- (3)線上監視與離線診斷之應用經驗 (2篇論文)
- (4)變壓器壽命評估、故障率及更新等相關議題 (3篇論文)

2.主要相關論文

- (1)使用新的溶解氣體方法診斷老舊變壓器之年限(日本)
- (2)新的壽命評估方法應用於充油式變壓器(阿根廷)
- (3)製造商與運轉人員利用裝設無線監測系統，監測墨西哥重要位置之變壓器運作情形(墨西哥)
- (4)220/16/16kV 225MVA昇壓變壓器監測經驗(紐西蘭)
- (5)先進診斷發電機昇壓變壓器之實務經驗(波蘭)
- (6)新的變壓器維護技術-離線測試、線上監測系統(西班牙)

PS3.變壓器模型 (10篇論文)

1.內容

- (1)暫態模型 (4篇論文)
- (2)熱模型 (6篇論文)

2.主要相關論文

- (1)利用CFD預測變壓器內絕緣油的流動與溫度分佈(德國)
- (2)比較不同變壓器穩態模型與直接溫度量測技術(澳洲)

A3 發展高壓設備(Development in HV equipment) 共有25 篇論文

PS1. 考慮系統需量增加之高壓設備發展 (6篇論文)

1.內容

- (1)提高輸電電壓(UHV) (2篇論文)
- (2)因應再生能源及大型電廠連接提高設備載流能力(1篇論文)

(3)提高設備故障電流能力(1篇論文)

(4)測試技術之發展與限制(1篇論文)

(5)無效電力補償之應用(1篇論文)

2.主要相關論文

(1)應用現代技術達到最佳線路補償

(2)線路故障清除時之行進波與暫態特性

(3)系統電壓800kV以上之避雷器的特殊設計

(4)1200kV輸電線路之發展現況與技術(印度)

PS2. 高壓設備壽命管理 (9篇論文)

1.內容

(1)故障統計與可靠度模型(4篇論文)

(2)設備延壽(2篇論文)

(3)並聯電抗器啟閉之故障率(2篇論文)

(4)空氣絕緣開關之快速暫態過電壓(VFTO)(1篇論文)

2.主要相關論文

(1)高壓斷路器之有效管理及維護避免事故產生(A3-203)

(2)利用斷路器服役年數及運轉資料進行可靠度模型建立(A3-206)

(3)藉由控制開關設備改善系統設備性能(A3-202)

(4)切離765kV高壓電抗器所產生高電壓開關突波於委內瑞拉電力系

統(A-209)

PS3. 最新高壓技術之介紹與建議 (10篇論文)

1.內容

- (1)高壓真空斷路器 (3篇論文)
- (2)故障電流之限制(3篇論文)
- (3)非傳統式之儀器用變壓器 (4篇論文)

2.主要相關論文

- (1)光耦合儀器用變壓器應用於高壓測試 (Canada)
- (2)高極間電容應於高壓斷路器的新原理(French)
- (3)日本高壓真空斷路器之使用現況與技術 (Japan)

以日本而言，目前VCBs已經大量使用於72kV電壓等級以上，約3350案例應用於輸電網路上，5000案例用於工業用戶上，如文章(A3-303)所提。其中如A3-PS1中國所採用HV VCBs也亦使用此設備，推動VCBs發展主要因素為SF6氣體會惡化地球溫室效應，而且VCBs具有穩定切換操作、不需維護、不具燃燒材質、低噪音等好處。惟目前設備啟斷容量僅可達25kA，更高啟斷容量需額外定做，雖為如此，但未來朝向VCBs仍為世界主流所趨。

- (4)電磁耦合電抗器與快速操作之故障電流限制器(FCL)(Russia)
- (5)中電壓層級之測距電驛與故障電流限制器(FCL)間相互影響

(China)

(6)輸配電等級之非SF6開關設備之挑戰(KOREA)

(7)輸電等級與發電機額定電流等級真空斷路器之測試

(Netherlands)

B1 絕緣電纜(Insulated Cables) 共有28 篇論文

PS1.新近安裝的地下電纜及海底電纜系統的技術挑戰 (18篇論文)

1.內容

(1)地下電纜及海底電纜目前最先進的設計 (6篇論文)

(2)電纜系統安裝的最新技術 (4篇論文)

(3)電纜系統的運轉經驗 (8篇論文)

2.主要相關論文

(1)輸電電纜之動態容量(丹麥)，丹麥使用動態熱容量設備技術，達到最佳電纜運作系統

(2)應用新的更換或提昇EHV電纜線路技術(日本)

(3) 500kV電纜系統之製造、測試、安裝與運轉維護經驗(埃及)

(4) 馬爾他與義大利之HVAC海纜可行性研究(義大利)

馬爾他~義大利將計畫設置超過120km HVAC兩回線(350-400MW)之海纜工程可行性研究。電壓部分，目前規劃採132kV或220kV兩種電壓層級依現今可獲得海纜訊息，其132kV 800mm²兩回線海纜之有效電力傳輸為350MW，220kV 500mm²則為

470MW。主要重點如下：

- A. 穩態運轉(最大電力傳輸、無效電力控制)與端電壓控制
- B. 長距離電纜之併聯補償
- C. 馬爾他與義大利間之電力潮流模擬
- D. 暫態與電壓穩定度模擬

(5)舊金山灣之200kV直流電纜計畫 (美國)

美國舊金山灣附近之Transbay 200kV HVDC 400MW電纜興建計畫，此HVDC採雙極性設計，長度為88km。為避免與既有AC系統混淆，兩條電纜埋入地下1.8M，其設計規格為1100mm²。

(6) 世界最長電力電纜-荷蘭~挪威(荷蘭)

2008年5月荷蘭與挪威興建長達580km之全世界最長NorNed之Fedas-Eemshaven HVDC直流輸電系統，該HVDC輸電容量為700MW，電壓為±450kV。

(7)高壓地下電纜事故率統計(巴西)

(8)新技術去判斷BCTC 525kV海纜事故(英國)

說明2008年4月英國哥倫比亞525kV海纜轉接器(Bushing)終端匣事故，所造成一連串事故。

(9)中國江蘇之電纜絕緣分析與提昇既有AC 10kV配電線路容量技術

(中國):說明中國江蘇配電電纜由AC 10kV XLPE昇壓至20kV運轉

之技術分析。

(10) 運用電纜監測系統去增加220kV地下電纜輸電容量技術(瑞典)：說明瑞典~德國HVDC海纜運用監測系統增加輸電能力。

(11) HVDC ± 250 kV MI海纜系統(韓國)：說明韓電發展 ± 250 kV HVDC電纜之測試研究。

(12)多蕊海纜之電力損失與電抗值(巴西)

PS2. 電纜系統未來發展的關鍵因素 (4篇論文)

1.內容

(1)環境衝擊(1篇)

(2)資本成本與運轉成本之平衡(2篇)

(3) UHV電纜系統之展望(1篇)

2.主要相關論文

(1) 減少高壓地下電纜製造、安裝、運轉對水資源影響(法國)

(2) 高壓地下電纜直接埋設之研究(法國)

(3) 提高XLPE電纜可靠度之經驗(日本)

PS3. 電纜系統測試最新趨勢 (6篇論文)

1.內容

(1)電纜系統安裝測試之試驗型式、取樣、日常測試與判定 (2篇)

(2)電纜系統測試對安裝與運轉的重要性 (2篇)

(3) 電纜系統之診斷測試 (2篇)

2. 主要相關論文

(1) 全區域測試100km 150kV AC電纜技術(丹麥)，描述丹麥西海岸之離案風場(Horns Rev 2)之99.7km 150kV三相交流電纜電器資訊。

(2) 高壓電纜之部分放電監測系統(西班牙)，描述西班牙長7.7km，220kV地下電纜(11個joints與4個終端接續匣)之部分放電監測方法。

B2 架空線(Overhead lines) 共有25 篇論文

PS1. 設與新設架空線路環境影響之管理 (13篇論文)

1. 內容

(1) 限制視覺衝擊之方法(將架空線與景觀結合、新的鐵塔設計...等等)，降低聽的見的噪音，降低電磁場對環境的影響(7篇論文)

(2) 降低土地使用衝擊的方法，減少建造、運轉及維護之衝擊(6篇論文)

2. 主要相關論文

(1) 既有架空線更新時環境影響之管理-比利時的經驗分享(比利時)

(2) 城市內69、138、230kV架空線路之緊密設計(巴西)

(3) 特殊鐵塔之土地有效利用(日本)

(4) 巴西HVDC輸電線的特性—現場資料分析與計算方法(巴西)

(5)154kV緊密鐵塔使用絕緣臂降低EMF的特性 (韓國)

PS2. 用AC to DC轉換或提高電壓等級，提升既設架空線輸電容量 (5篇論文)

1.內容

(1)交直流轉換、交直流共構的方法 (3篇論文)

(2)塔頂幾何重置以允許較高的交、直流電壓等級、避雷器絕緣型式與使用配置之修改 (2篇論文)

2.主要相關論文

(1)藉由允許既設導體可運轉於較高溫度，以增加最大線路承載電流。此法需要更換連接器(connector)、接受導體的韌化(acceptance of annealing in conductors)或增加每天巡檢導體對地或導體間之短路。

(2)將既設導體更換為特殊高溫、低馳度導體，可允許繼續使用既有結構(鐵塔)及基礎。

(3)提升線路之交流運轉電壓。運轉在較高之電壓除了提供增加變電所容量外，電壓提升可能需更換絕緣設備、更換導體、結構(鐵塔)修改。

(4)經由轉換線路為DC運轉來增加線路輸電容量。除了需於線路兩端提供AC/DC轉換設備外，線路之AC to DC轉換可能需要更換絕緣

設備、更換導體、結構(鐵塔)修改。

(5)決定選用何種增加容量方法的因素包含有：電力潮流受限之原因(電力或熱容量)；既有線路之狀況；線路長度；發生高電力潮流情況之頻率。舉例來說，轉換一條AC線路為DC，通常只對相對較長、處於非常好的物理狀況以及有電力系統需要增加非常大容量之既有線路可行。對於線路長度適中、不常停用(infrequent taps)、具有狀況極佳之結構基礎及擴建線路為較高電壓等級為統規劃目標之既設交流線路，提升電壓等級之方法最有吸引力。

(6)CIGRE Study Committee B2對於增加既有架空線電力潮流之議題，已出版許多技術手冊。TB 353” Guidelines for Increased Utilization of Existing Overhead Lines ”，TB 331 ” Consideration Relating to the Use of High Temperature Conductors ”，TB 244 ” Conductors for the Uprating of Overhead Lines” 提供大量關於提升熱容量之有用之資訊。

(7)B2-201及B2-203廣泛討論轉換AC線路為DC。B2-202既設220kV輸電通道(corridor)之線路提升運轉電壓或新建較高電壓線路之交替評估。B2-204描述中國對於壓縮的750kV輸電線之空隙限制。B2-205 關於數值分析有關重新建構塔頂幾合結構為self-supporting steel lattice結構，同時考慮增加AC及DC電壓。

PS3. 電氣與機械利用率之整體評估 (7篇論文)

1.內容

(1)評估線路構件剩餘壽命的最新方法 (4篇論文)

(2)線路構件之年限、維修策略、動態效應與氣候對線路機械可靠度的衝擊(1篇論文)

(3)氣候條件資訊的管理與氣候變遷的風險評估 (1篇論文)

(4)提高整體線路可靠度之策略 (1篇論文)

2.主要相關論文

B2-309、B2-305、B2-303、B2-306為有關架空線路殘餘壽命預期之報告。B2-306、B2-302描述新的資產管理策略來對抗架空線路老化問題。

B3 變電所(Substation)共有26篇論文

PS1. 變電所的新設計與新技術 (5篇論文)

1.內容

(1) 變電所面臨與環境(嚴重的氣候條件與公民意識)有關的限制

(2) 超高壓/特高壓(EHV/UHV)變電所

(3) 離岸風場變電所之設計與建設

(4) 應用於大容量輸電線的氣體絕緣線路GIL的設計

2.主要相關論文

(1) 1200KV交流產品與變電所：需求、設計和性能的經驗

(2) 應用於大容量輸電線的氣體絕緣線路GIL最佳化

(3) 特大城市地下變電所的技術要求與實施經驗

PS2. 現有變電所之最新挑戰 (15篇論文)

1.內容

(1) 剩餘壽命評估(風險評估)

(2) 提升變電所與現有設備容量

(3) 變電所擴充之技術方案

(4) 降低變電所對環境的衝擊

2.主要相關論文

(1) 在日本，變電所的擴建與升級的技術應用

(2) 以大城市孟買為例，規劃連續且可靠的電力供應

(3) 在法國輸電公司RTE的變電所，電流與電壓限制的管理

PS3. 變電所二次系統的新挑戰(6篇論文)

1.內容

(1) 二次設備相較一次設備壽命較短的經驗

(2) 分散式電源對變電所設計的影響

(3) IEC 61850對變電所設計與效能之應用

2.主要相關論文

(1) 分散型電源的智慧型變電所

(2) 一個實用的方法對IEC 61850變電所確認並維護的程序

B4 HVDC與電力電子(HVDC and Power Electronics) 共有26 篇論文

PS1. HVDC與FACTS之技術發展(11篇論文)

1.內容

(1) 800kV之HVDC輸電

(2) VSC輸電之最新拓樸邏輯與發展

(3) 多端點與網狀HVDC配置

(4) 應用HVDC與FACTS以改善系統容納、效能與效率

2.主要相關論文

(1) 跨海灣電纜 - 世界上第一個直流輸電系統採用多級電壓源轉換器

(2) ± 1000 kV以上高壓直流輸電系統的技術可行性研究和發展需求

(3) HVDC網路之可靠性研究方法

PS2. HVDC與FACTS的運轉經驗與新計畫(9篇論文)

1.內容

(1) 地下電纜、海底電纜與架空線之互聯

(2) 嵌入交流電網中之HVDC與FACTS

(3) 再生能源之應用

2.主要相關論文

- (1) 高壓直流輸電電壓源傳輸運轉經驗
- (2) 以SVC強化芬蘭電網的運轉可靠度
- (3) 安裝450MVA STATCOM的規劃改善穩定度(日本九州)
- (4) 一項從2007至2008年間，全世界有關HVDC可靠度的調查

PS3. HVDC與FACTS方案之相關發展議題 (6篇論文)

1.內容

- (1) 環境議題，包括景觀影響、大地回路、噪音及電磁場等
- (2) 系統效能，包括輔助服務
- (3) 運轉條件、管制、許可、專案基金及技術風險

2.主要相關論文

- (1) 整合HVDC至既有電網的電力品質評估
- (2) 多端HVDC網路連結與再生能源的整合
- (3) 馬德拉HVDC輸電系統的規劃發展與最終設計

B5 保護與自動化(Protection and Automation) 共有26 篇論文

PS1. 未來10年之保護、控制與監視 (17篇論文)

1.內容

- (1) 未來的架構
- (2) 新的保護與控制演算法
- (3) 資料管理創新應用

2.主要相關論文

- (1) 有關係統的保護與控制裝置的整合
- (2) 智慧型電壓差控制－保持電壓穩定極限
- (3) 智慧型保護電驛的發展概念
- (4) 使用ANN對採STATCOM補償輸電線路的保護

PS2. 再生能源與汽電共生對變電所自動化與保護的影響 (9篇論文)

1.內容

- (1) 分散式電源整合保護相關議題
- (2) 孤島偵測
- (3) 孤島運轉
- (4) 分散式電源對系統安全的影響

2.主要相關論文

- (1) 微電網資源的最佳控制
- (2) 再生能源在保護與解聯的解決方案的影響－德國的作法與經驗
- (3) 保護安全評估－從先今電網發展至智慧型電網
- (4) 有關高滲透率的風場技術對電力系統保護的影響

C1 系統發展與經濟(System Development and Economics)共有26篇論文

PS1. 配合未來低碳能源發展系統規劃之解決方案 (10篇論文)

1.內容

(1)多重能源之新電網概念

(2)考慮溫室氣體政策的規劃程序：電源與電網擴充、可靠度與溫室
氣體排放之效能指標

(3)考慮基礎建設、電力及碳權市場與系統效能之多重規劃策略

(4)高風電占比情境下之電網效能：電網能力與運轉模型評估等議題

2.主要相關論文

(1)不同類型能源技術：針對低碳能源之新電網概念(C1-101,C1-106)

(2)針對GHG政策之系統規劃步驟：關於考量發電市場、網路擴展、
系統可靠度與GHG排放指標(C1-107,C1-108,C1-110)

(3)新增限制條件之規劃：根據環境對基礎設施、電力系統、碳交易
市場及系統技術性能衝擊(C1-102,C1-105,C1-109)

(4)談論在高風力佔比情境下之網路性能：電網彈性、運轉量測與模
型(C1-103,C1-104)

PS2. 配合未來低碳能源發展，促進系統設計的新商業程序 (9篇論文)

1.內容

(1) 再生能源與儲能之整合

(2) 資產管理、輸電擴充與效率提升之最佳化

(3) 跨國互聯系統之建議

2.主要相關論文

(1) RES及儲能系統之規範整合。包括系統模擬(C1-203, C1-208)與應用層級(C1-201, C1-207, C1-209)

(2) 資產管理或輸電網路擴建(C1-206)之最佳整合方法

(3) 經由國際電網互聯之多國系統發展(C1-204)

PS3. 配合未來低碳能源發展，資產管理之挑戰與策略 (7篇論文)

1. 內容

(1) 資產管理之挑戰

(2) 資產管理與電網規劃之相互影響

2. 主要相關論文

(1) 可靠度指標的不確性

(2) 整合至幹線系統之大範圍的再生能源

(3) 整合大範圍風力發電至電網之分析

(4) 降低輸電系統電力損失之挑戰

C2 系統運轉與控制(System Operation and Control)共有25篇論文

PS1. 運轉可靠度之強化(14篇論文)

1. 內容

(1) 動態安全評估與動態額定對即時系統運轉之影響

(2) 大區域模型評估之決策工具、方法與系統圖像技術

(3) 分散式電源在輸電限制下之平衡發電

(4) 風力發電直接連接至輸電系統的影響

2. 主要相關論文

(1) C2-108：DSA軟體已使用在義大利羅馬之Terna控制中心。並作為安全性評估軟體。

(2) C2-107：利用DSA軟體去計算不考慮違反安全限制下之最大風能可被產生。這方法目前使用在愛爾蘭電網上，估計在2020年可產生40%電力。

(3) C2-109：描述日本利用DSA去發展穩定控制系統方法，其整合穩定控制系統(Integrated Stability Control, ISC)主要包括SPS及STATCOM設備去穩定系統。

(4) C2-111：描述蘇俄利用量測到即時資料，去估算即時電力系統。

(5) C2-112：描述英國利用廣區域監測系統(Wide Area Monitoring System, WAMS)，處理高佔比之再生能源電力系統。

(6) C2-105：如何偵測及抑制低頻震盪現象於哥倫比亞電力系統。

PS2. 系統控制與運轉之協調與強化(11篇論文)

1. 內容

(1) 調度中心間運轉協調之挑戰、經驗與趨勢

(2) 跨區域間可靠度管制對系統運轉之影響

(3) 運轉可靠度標準之規劃與協調

2.主要相關論文

- (1) C2-201：描述巴西目前所使用之運轉標準規範及性能指標
- (2) C2-202：描述印度現今SCADA/EMS狀況及規劃發展
- (3) C2-211：描述韓國Jeju島與本島之兩條HVDC海纜電壓控制系統，包括電壓調整與無效電力控制。
- (4) C2-204：描述土耳其電力系統為避免因重大事故造成系統與歐洲電網解聯，提出SPS技術去改善。

C3 系統環境性能(System Environmental Performance)共有21篇論文

PS1. 輸電通路之創新環境研究 (14篇論文)

1.內容

- (1) 整個生命週期可持續發展的概念與經驗之整合
- (2) 輸電通路之綜合環境管理
- (3) 共同管溝之環境影響評估

2.主要相關論文

- (1) C3-110：如何降低電力設施興建的潛在衝突。本文主要為澳洲介紹許多興建能源路徑技術，如鐵路、架空線。
- (2) C3-103：巴西輸電線之環境管理評估-如改善措施、挑戰及預期達到目標。

PS2. 發電與輸電之環境、社會影響的外部成本 (7篇論文)

1.內容

- (1) 環境與社會之外部成本評估
- (2) 電力部門評估與整合外部成本的經驗
- (3) 全國性外部成本的評估經驗與電力部門內部評估

2.主要相關論文

C3-206：輸電線路之外不價值評估。本文章為義大利針對輸電線路興建計畫，提出確認方法。

C4 電力市場與管制(Electricity Markets and Regulation)共有27篇論文

PS1. 未來電網之電磁相容/電磁干擾(EMC/EMI)與電力品質 (13篇論文)

1.內容

- (1) 設備或電力系統與環境間的相互影響
- (2) 新的諧波源—HVDC與新型終端用戶設備
- (3) 諧波自動分析方法
- (4) 超高壓電纜並聯無效電力補償之穩態與暫態評估

2.主要相關論文

- (1) 羅馬尼亞電網的電力品質監測
- (2) 超高壓交流電纜併聯無效電力補償在穩態與暫態的評估

PS2. 先進的絕緣協調與雷擊保護以改善電網效能 (7篇論文)

1.內容

- (1) 影響絕緣效能之電介質與環境應力
- (2) 電介質強度特性
- (3) 系統/絕緣性能之評估

2.主要相關論文

- (1) 裝設線路避雷器之架空線的雷擊電流量測
- (2) 1000kV超高壓交流輸電線路之雷擊屏蔽失敗分析

PS3. 電力平衡與風險安全評估之技術與工具 (7篇論文)

1.內容

- (1) 電力系統偶發事故分析之風險評估
- (2) 運轉中配電網路之可靠度評估
- (3) 負載頻率控制動態模擬技術之發展
- (4) 輸電系統研究發展之國際合作(IEA)

2.主要相關論文

- (1) 電力系統事故分析的風險評估
- (2) 主動配電網的可靠性評估
- (3) 國際共同合作在輸電系統的研發

C5 電力市場與管制(Electricity Markets and Regulation)共有22篇論文

PS1. 電力調度中心在區域電力市場的挑戰 (8篇論文)

1.內容

- (1) 組織與管制
- (2) 電網壅塞管理
- (3) 調度中心之電源平衡調度

2.主要相關論文

- (1) 印度的第一個電力交換及所面臨的挑戰的經驗
- (2) 位於中央與西歐地區橫跨邊界的輸電線容量的協調
- (3) 區域間的市場連結——一個NorNed電纜的挑戰
- (4) 國家在歐洲市場平衡的協調與整合——管制的挑戰

PS2. 風力發電或需量反應對市場運作之影響 (10篇論文)

1.內容

- (1) 風力發電與輔助服務
- (2) 需量反應
- (3) 儲能技術

2.主要相關論文

- (1) 在積極分散網路管理下，儲能系統的角色與市場基礎的配套服務
- (2) 韓國以可靠度為基礎的需量反應實施經驗
- (3) 風力發電對電壓控制配套服務的衝擊和義大利輸電系統的發展
- (4) 紐約電力市場的先進儲能技術整合

PS3. 環保因素、碳權市場與電力市場之相互影響 (4篇論文)

1.內容

- (1) CO₂ 與SO₂市場與電力市場之相互影響
- (2) 再生能源容量之拍賣

2.主要相關論文

- (1) CO₂減排對電力市場支配擴大輸電容量的衝擊－義大利與法國的應用
- (2) 有關電廠擴建對能源安全與環境方面的市場議題

C6 配電系統及分散發電 (Distribution Systems and Dispersed Generation) 共有29 篇論文

PS1. 配電系統整合分散式電源與再生能源之規劃與運轉 (15篇論文)

1.內容

- (1) 規定、可靠度、系統發展與輔助服務
- (2) 配電自動化、資通架構與標準
- (3) 配電系統電壓控制與微電網運轉

2.主要相關論文

- (1) IPES計畫：法國RTE輸電網路公司的新挑戰－整合風力發電與電力系統
- (2) 應用需求側控制方法的微電網孤島運轉下之電力供應量的計算
- (3) 提高網路可靠度將再生能源不確定的衝擊減到最小

- (4) 智慧型電網的示範提供指導將分散型電源與再生能源整合至配電系統，考慮傳輸影響、市場信號和技術

PS2. 需量端之整合 (6篇論文)

1.內容

- (1) 住宅與商業用戶需量電源的潛力
- (2) 需量端整合之價格策略
- (3) 需量端整合之資通架構與技術

2.主要相關論文

- (1) 優化需求側反應在微電網電力平衡控制
- (2) 將積極客戶整合至智慧型電網：實驗測試設備與結果

PS3. 農村與偏遠地區電氣化的新概念與技術 (7篇論文)

1.內容

- (1) 微電網提供的機會
- (2) 農村電氣化的經驗與線路引接
- (3) 農村電氣化的組織經驗

2.主要相關論文

- (1) 統一電力品質控制器的微電網系統
- (2) 微電網的二次控制：潛在功能的應用
- (3) 微電網的低壓負載與分散式電源的分布式智慧控制

(4) 歐洲微電網藍圖

**D1 材料及新興技術(Materials and Emerging Test Techniques)共有
25篇**

PS1. 改善交、直流電力設備效率與持續性的新材料 (5篇論文)

1.內容

- (1) 涉及範圍廣泛的新技術解決方案和材料特性，包括導線，變壓器油，氣體絕緣系統的絕緣障礙和塗料，固體高分子材料，甚至包括可生物分解的解決方案。

2.主要相關論文

- (1) 埃及電力輸電公司在提升既有超高壓架空線容量的經驗

PS2. 測試與診斷之挑戰 (18篇論文)

1.內容

- (1) 特高壓之測試程序
(2) 狀態評估之診斷技術
(3) 試驗與監測的新方法

2.主要相關論文

- (1) 電力電纜傳輸線的狀態評估

PS3. 嚴酷電氣與自然環境下的材料耐受力 (2篇論文)

1.內容

- (1) 化學

(2) 沿海污染

2.主要相關論文

(1) 纖維增強材料在化學和沿海污染下的劣化

(2) 高分子絕緣材料在核電廠的耐力及電力電纜狀態監測的需求

D2 資訊系統與通訊(Information Systems and Telecommunication)

共有**28** 篇論文

PS1. IEC 61850在電力系統之實際應用 (16篇論文)

1.內容

(1) IEC 61850實際經驗、工程與系統架構

(2) 大區域監測—相量測量單元(PMU)

(3) 通訊與保護

2.主要相關論文

(1) 在廣域監控和控制系統的性能考量

(2) IEC 61850的變電所的發展與互聯

(3) 終端用戶在IEC 61850應用的工程方法

PS2. 公用電力事業之資通安全 (12篇論文)

1.內容

(1) 實體與邏輯安全

(2) 管理架構

(3) SCADA系統

- (4) 現場控制
- (5) 工程存取系統
- (6) 商業系統
- (7) 風險評估與處理

2. 主要相關論文

- (1) 應用通信移動單元於輸電線路緊急狀況
- (2) 電力公用事業的資訊安全
- (3) 網路安全要求對變電所控制程序的衝擊

4.4 輸變電設備展覽會

本屆年會計有 111 家設備製造廠家參展，主要展出設備及技術包括智慧型電網相關整合技術與應用系統、FACTS 相關設備與技術(相移變壓器、HVDC、SVC 及 STATCOM)、電纜及其監測系統、變壓器資產管理技術與監測系統、變電所自動化、非六氟化硫斷路器開發等。每個展商對最新技術及概念都不吝陳現說明。



圖 4-10 調頻容量與發電容量

伍、參加第 43 屆年會之觀察與心得

5.1 前言

此次參加 Cigre 年會，議程緊湊內容十分充實豐富。除聆聽開幕演說、主題論壇及大停電等共同議題之討論外，也參加部分分組討論會，議題內容多有涉及觀念性的闡述、新技術的開發及設備與運轉維護經驗等之發表，本次出國計畫攜回之研習成果，個別分組討論之成果有些部分但值得本公司相關單位參考者，將依各分組分類方式整理於本報告之中。另外討論內容涉及經營、策略性及公司面臨相關議題之觀察則臚列於后進一步說明。

5.2 智慧型電網

1. 智慧型電網(Smart Grid)定義：

『智慧型電網是一個能聰明地整合所有連結在電網上的使用者，包含發電、輸電、配電到用戶、分散型電源與儲能裝置等，以有效提供具持續性、安全性以及經濟性電力的電網。』

2. Smart Grid 共同的遠景

能源網路的遠景、智慧型電網的趨勢及 Smart Grid 工業整合等議題為此次會議討論之主題。結論認為『Smart Grid』共同的遠景應為：

- (1) 吸引消費者參與(Engaging Consumers)
- (2) 提高效率(Enhancing Efficiency)
- (3) 確保可靠度(Ensuring Reliability)

- (4) 促進再生能源及電力傳輸(Enabling Renewables & Electric Transportation)
3. 發展先進的控制系統以消納離峰之核能電力、補償來自再生能源的不穩定電力、協調儲能電力(包括儲能電池、可變速的抽蓄機組)及調控系統頻率變化等並發展再生能源的輸出電力預測。
 4. 大量再生能源加入電網，將造成電力過剩及系統頻率擾動的問題，對系統運轉形成巨大挑戰，未來電網必須面對再生能源大量增加(特別是太陽光電)的挑戰。
 5. 歐洲計畫建設超級智慧型電網 SSG 是將高壓直流輸電網路與智慧型電網結合起來的廣域智慧型電網。透過超級智慧型電網計畫，把整個歐洲的再生能源與計畫中的非洲及中東太陽能電場整合在一起，滿足歐洲能源需要。

5.3 歐洲智慧型電網發展近況

為了因應近年來歐洲電力設施老化以及大量再生能源併入電網的挑戰，歐洲於 2005 年成立歐洲智慧型電網技術論壇(European Smart Grids Technology Platform)，全面闡述歐洲關於智慧型電網的發展理念和思路。技術論壇對智慧型電網(Smart Grid)下了一個簡單的定義：智慧型電網是一個能聰明地整合所有連結在電網上的使用者，包含發電、輸電、配電到用戶、分散型電源與儲能裝置等，以有效提供具持續性、安全性以及經濟性電力的電網。

1. 歐洲智慧型電網發展沿革&藍圖

(1) 智慧型電網技術論壇

為促進智慧型電網的規劃與發展，歐盟於 2005 年成立了歐洲智慧型電網技術論壇（European SmartGrids Technology Platform），並先後公佈了三份重要文件：

A. 2006 年《歐洲未來電網願景與策略》，重點研究未來歐洲電網的願景和需求；

B. 2007 年，《歐洲未來電網策略性研究議程》，主要關注優先研究的內容；

C. 2008 年，《歐洲未來電網策略部署方案》，提出了歐洲智慧型電網的發展重點和藍圖。

(2) 2006 年，歐盟理事會在能源綠皮書《歐洲可持續、富競爭力和安全的能源策略》中將智慧型電網作為歐盟未來建設電網的主導方向，強調歐洲已經進入一個新能源時代，歐洲能源政策最重要的目的是供電的可持續性、競爭性和安全性。未來整個歐洲電網必須提供用戶具高可靠度以及經濟有效的電能，而智慧型電網技術便是保證歐盟電網電力品質的一個關鍵技術和發展方向。

(3) 2009 年 10 月，歐盟公佈了策略能源技術計畫（Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan）藍圖，旨在促進低碳技術發展，其中

將智慧型電網列為第一批啟動的六個重點研發投資方向之一，從電網的技術、規劃架構、需求側參與和市場設計四個方面，提出了 2010 至 2020 年智慧型電網技術發展藍圖(Road Map)，其策略目標是：至 2020 年達到

- A. 降低 20% 的溫室氣體
- B. 能源效率提高 20%
- C. 再生能源的使用佔總電源的 20%

以上簡稱 20/20/20 計畫；至 2050 年實現完全除碳化，完成一套全面性的再生能源系統。

2. 歐洲“超級智慧電網”計畫

歐洲超級智慧電網（Super Smart Grid，SSG）是將高壓直流輸電網路與智慧型電網結合起來的廣域智慧型電網如圖 5-1 所示。歐洲計畫透過超級智慧型電網計畫，把整個歐洲的再生能源與計畫中的非洲及中東太陽能電場整合在一起，滿足歐洲能源需要。包括德國、英國、法國、比利時、丹麥、荷蘭、愛爾蘭、盧森堡和挪威在內的歐洲 9 國，於 2010 年 1 月正式提出「超級再生能源輸電網」的合作計畫，旨在整合北歐各國現有再生能源。

「歐洲超級電網」將通過綿延數千英里的海底電纜來整合英國多風海岸的風力發電場、丹麥及比利時的潮汐發電、挪威的峽灣水力發電和德國

大規模的太陽能設施。期望能在十年內投入使用，以滿足歐洲各國對再生能源的需求，達到國際減少溫室氣體排放的目標；甚至期望在未來 10 年內建立一套橫貫歐洲大陸的高壓直流電網。實現歐盟計畫在 2020 年達到 20% 的電力來自再生能源之目標要求。



圖 5-1 歐洲廣域智慧型電網

國際能源署預計，到 2030 年，歐洲需要為電網升級改造投入約 5000 億歐元，其中智慧電網比重最大。歐洲智慧電錶市場過去幾年取得了重

大進展，許多國家邁向電網全面自動化，其中義大利已有一大半的傳統電錶改換為智慧電錶，丹麥的電力近 20% 來自風力發電，已開發出世界上最智慧的電網。此外，“超級智慧電網”計畫也面臨一定風險：

(1) 專案風險投資龐大：

利用 HVDC 輸電將 5GW 電力從非洲北部輸送至歐洲，目前預計耗資 100~250 億歐元，具體數位則取決於採用的發電技術，實際可能超過這一數目。

(2) 市場競爭力的不確定性：

大多數分析師對非洲北部可再生能源發電量從入網點到歐洲 AC 電網的成本定價為 5~20 歐元/千瓦小時，而這一定價對於其他形式的可再生能源以及其他發電技術是否適用尚未確定，且未來的碳價及恐怖分子的破壞也必須加以考慮。

(3) 政策不確定性：

歐洲未來的能源氣候政策以及相關長期可預見方案目前幾乎為零。

(4) 輸電方面的地方政治障礙：

在歐洲，獲得建造長距離輸電線路的許可證非常困難，從地中海至歐洲心臟建造輸電線路，需要涉及幾個國家的上百個當地司法機關的批准。

(5) 進口依賴性：

從非洲北部進口電力增大了歐盟能源進口依賴性，但不同于傳統能源的進口依賴，非洲向歐洲提供的這部分用於發電的可再生能源，禁止在全球市場上出售，但傳統能源可以轉賣給別的國家。

(6) 缺乏政治動力：

相較歐盟氣候保護、促進可再生能源發電及傳輸等問題，政府參與智慧電網建設的政治壓力不足。

3. 歐洲智慧電網規劃

(1) 歐盟

『歐盟科技框架計畫』是歐盟成員國共同參與的重大科技研發計畫，以研究國際前沿和科技難點為主要內容。歐盟在第五、第六和第七科技框架計畫“能源、環境與可持續發展”主題下，支援了一系列與電力電網技術有關的研究項目：

A. 歐盟第五科技框架計畫（FP5，1998～2002）

其中的“歐洲電網中的可再生能源和分散式發電整合”專題下包含了 50 多個項目，分為分散式發電、輸電、儲能、高溫超導體和其他整合專案 5 大類，其中多數項目於 2001 年開始實施並達到了預期目的，被認為是發展互動電網第一代構成元件和新結構的起點。

B. 歐盟第六科技框架計畫（FP6，2002～2006）

有超過一百家機構（包括電力公司、設備製造商、高校和研究機構等）參與了電網項目，其間總預算達 3400 萬歐元。

C. 第七科技框架計畫（FP7，2007~2013）

部分專案在智慧電網的框架下已經開展了一些初步研究工作（包括主動配電系統、微電網和虛擬能源市場等）。

(2) 丹麥

丹麥是世界上可再生能源發展最快的國家之一，可再生能源比例從 1980 年 3% 的比例躍升到如今的 70%，其中風力發電占全國總發電量的近 20%，預計到 2025 年可達到 50%。因此，將電網打造成為世界最先進的、能夠適應大規模可再生能源的電網成為丹麥重要目標，為此丹麥已經開展一系列工作：

A. 安裝智慧電錶

2009 年 5 月，丹麥電力公司 SEAS-NVE 開始為洛倫島家庭安裝智慧電錶，計畫到 2011 年為該島所有家庭（約 35 萬戶）安裝完畢。

B. 開展智能電網實證實驗

2009 年 12 月，SEAS-NVE 與松下共同啟動了智能電網實證實驗。實驗使用 SEAS-NVE 的智慧電錶和松下的住宅網路系統“Lifinity”，分兩個階段進行：第 1 階段實現用電量的“視覺化”

及照明器具的遠距離控制；第 2 階段對暖氣設備進行控制，並使用燃料電池及蓄電池等。

C. 成立研究集團

考慮到未來幾年丹麥電動或混合動力汽車比例將超過 10%，電動汽車需要智慧技術以控制充電與計費，並保障整個能源系統的穩定。丹麥 DONG 能源公司（丹麥最大的能源公司）、地區能源公司 Oestkraft、丹麥技術大學、西門子、Eurisco 和丹麥能源協會共同發起成立了 EDISON 研究集團，以發展大規模電動汽車智慧基礎設施，其部分經費由丹麥政府資助。EDISON 集團計畫第一步研發智慧技術，並在丹麥博恩霍爾姆島（Bornholm）運行。該島上有 4 萬居民，風能占很大比例。實驗將研究當電動車輛數量增加時電網如何發揮作用，該研究以模擬為基礎，不會影響島上的供應安全，研發的智慧電網技術也可應用於其他分散式電源。

(3) 英國

為落實 2009 年出版的《英國低碳轉型計畫》國家戰略，2009 年 12 月初，英國政府首次提出要大力推進智慧電網的建設，同期發佈《智慧電網：機遇》報告，2010 年初出版詳細智慧電網建設計畫。目前已經或即將開展的工作如下：

A. 安裝智慧電錶

據英國能源和氣候變化部透露，2020 年前，英國家庭正在使用的 4700 萬個普通電錶將被智慧電錶全面替代，這一升級工程預計耗資 86 億英鎊，在未來 20 年或可因此受益 146 億英鎊。

B. 組建智能電網示範基金

英國在 2009 年 10 月和 2010 年 11 月分別為智慧電錶技術投入 600 萬英鎊科研資金，資助比例最高可達專案總成本的 25%。此外，英國煤氣電力市場辦公室（Ofgem）還將提供 5 億英鎊，協助相關機構開展智慧電網試點工作。

C. 運作模式

智慧電網將由政府全權負責，智慧電錶則按市場化經營，但所有供應商必須取得政府頒發的營業執照。

(4) 德國

德國智慧電網發展也取得了一系列成績如下：

A. “E-Energy”計畫

2008 年，德國經濟與技術部會同德國環境部制定了“E-Energy”計畫，提出打造新型能源網路，在整個能源供應體系中實現綜合數位化互聯以及電腦控制和監測，並在全國六個地區進行示範，總投資 1.4 億歐元。這個計畫涵蓋了智慧發電、智慧電網、智慧消費和智慧儲能四個方面。2009 年至 2012 年進行智慧電網實證

實驗。同時，還進行風力發電和電動汽車實證實驗，並對互聯網管理電力消費進行檢測。

B. 能源政策路線圖

2009 年 4 月，德國環境部公佈了《新思維，新能源—2020 年能源政策路線圖》。路線圖計畫到 2015 年投資 60 億歐元對 60000 公里的國家電網進行智慧化升級改造，並新建 850 公里輸電線路，採用高壓直流輸電方式，到 2030 年與歐洲電網實現互聯。

C. 電動汽車發展計畫

2009 年 8 月 19 日，德國聯邦政府正式通過了“國家電動汽車發展計畫”（National Electromobility Development Plan），將投資 5 億歐元（約合 7.051 億美元）建設充電站網路並大力發展電池技術，爭取到 2020 年實現 100 萬輛電動汽車上路，使德國在日趨激烈的國際競爭中處於電動汽車產業創新的前沿。這項計畫是由德國交通部、經濟與技術部、環境部、教育與研究部共同制定。

(5) 法國

計畫到 2020 年風電達到 20GW，比目前提高 300%，因此，智慧電網是其未來工作重點。

A. 企業合作

法國電網公司（RTE）選擇和阿海珐（AREVA）旗下的輸配電公

司 T&D 合作發展智慧電網。根據法國能源監管條例要求，用戶可每週或每月向 RTE 瞭解用電數量，也可通過遠端存取的方式直接讀取計量資料。為此，RTE 開展了廣泛的表計及相關業務處理工作，開發了 T2000 系統，設立了 7 個遠端讀表中心，主要包括表計、結算及出單（發票）等功能。遠端讀表中心將資料匯總到總部表計及結算系統（ISU Metering），進行相關結算以及出單處理。隨著 T2000 的應用，錯誤率逐年下降，即時出單的比例逐年上升，提高了效率，減少了糾紛。2008 年 RTE 公司即時出單率已經達到 99.0%。

B. 更換智慧電錶

法國配電公司 ERDF 將逐步把居民目前使用的普通電錶全部更換成智慧電錶，這種節能型的智慧電錶能使用戶跟蹤自己的用電情況，並能遠端控制電能消耗量，更換工程的總投資為 40 億歐元。

(6) 西班牙

A. 智慧電錶工作

2007 年 8 月，西班牙政府頒布法律，要求到 2014 年，所有電網運營商都必須採用自動抄表管理系統；到 2018 年，國內所有電錶都要更換為智慧電錶。西班牙電力公司（ENDESA）負責開展自動抄表工作，目前電錶更換計畫已啟動，已有 1 萬隻智慧電錶

進行示範安裝。

B. 智慧城市建設

由 ENDESA 公司領頭，與當地政府合作在西班牙南部城市 Puerto Real 開展智慧城市專案試點，主要包含智慧發電（分散式發電）、智慧化電力交易、智慧化電網、智能化計量、智能化家庭。專案投資 3150 萬歐元，當地政府出資 25%，於 2009 年 4 月啟動，計畫用 4 年時間完成智慧城市建設。項目涉及 9000 個用戶、1 個變電站以及 5 條中壓線路、65 個傳輸線中心。（未完待續）（國家能源局能源節約和科技裝備司）

5.4 節能減碳

歐盟公佈 2010 至 2020 年智慧型電網技術發展藍圖(Road Map)策略目標：至 2020 年達到(1)降低 20%的溫室氣體；(2)能源效率提高 20%；及(3)再生能源的使用佔總電源的 20%，簡稱 20/20/20 計畫；至 2050 年實現完全除碳化，完成一套全面性的再生能源系統。期望能在十年內投入使用，以滿足歐洲各國對再生能源的需求，達到國際減少溫室氣體排放的目標。

日本電力聯盟前任會長暨現任關西電力株式會社會長 Mr. Shosuke Mori 表示：日本在推動節能減碳時必須同時兼顧能源安全(Energy security)、節約(Economy)、環境保護 (Environmental protection)，即所謂『3E 概

念』。同時 Mr. Shosuke Mori 認為輸配電系統是電力穩定供應的關鍵，因此應以提高電網效率為優先，以 Smart grid 促進再生能源的發展、電動車及油電混合車之推動、改善分散式電源對系統運轉的影響。日本政府宣佈在 2020 年太陽光電的裝置容量目標為 2800 萬千瓦(28GW)，約佔系統負載的 15%，屆時將造成電力過剩及系統頻率擾動的問題，對系統運轉形成巨大挑戰，未來 Smart grid 將面對再生能源大量增加(特別是太陽光電)的挑戰，Mr. Shosuke Mori 建議 Smart grid 以電網強化潔淨及穩定核能發電、並由新的控制系統補償來自再生能源的不穩定電力、控制系統頻率變化、協調儲能設備(包括儲能電池、可變速的抽蓄機組)、預測再生能源的電力輸出等為發展方向，日本已率先裝設可變速的抽蓄機組。

5.5 大停電風險之降低

本屆年會專題討論巴西、北愛爾蘭、歐洲、法國/西班牙、葡萄牙及澳洲等電力系統之大停電事故，並邀請中國南方電網報告防止大停電發生的策略。近年來造成電力系統大停電事故的主要原因包括天然災害、電網事故及人為失誤等，有鑑於極端氣候的影響與各國輸配電網設備多已運轉超過數十年以上，且汰換更新困難，未來仍有發生大停電的風險。會議結論建議：

1. 加強輸配電網設備之資產管理；
2. 建置輸配電網設備之監測系統；

3. 配合建置特殊保護系統(SPS)，發展即時動態安全分析功能確保系統穩定度；

4. 加強 FACTS 之應用(包括 HVDC 及 SVC、STATCOM)

台電系統過去兩次大停電事故(729 與 921)，其原因即分別為電網事故及天然災害，本公司有必要針對兩項導致大停電的原因採取具體措施，以降低台電系統發生大停電的機率與影響範圍。考量台灣近年來極端氣候的變化趨勢，建議：

1. 本公司儘速建立『電力系統極端氣候預警系統』以降低電力系統受影響的程度；

2. 強化電力系統緊急應變機制，包括電力系統資訊平台、緊急供電計畫；

3. 建立『電力系統災後搶修、復電、復建機制』，包括災前重要輸變電設備相關備品的調度、搶修人力規劃與支援機制。

另再考量本公司各項輸變電工迭遭部份環保人士阻撓與民眾抗爭，以致無法如期完工，甚至無法如期推動，造成電網壅塞與供電瓶頸，為避免系統 N-2 事故導致大停電發生，建議採取下列措施防止系統電壓崩潰並維持系統穩定與供電安全：

1. 持續強化電能管理系統(EMS)全面性和主動的線上分析功能，包括即時動態安全分析；

2. 供電瓶頸地區重要或關鍵之電力電纜、架空線路及變壓器等安裝監測

- 系統，以確認其設備狀態及緊急供載能力，提供調度人員參考運用；
3. 強化特殊保護系統(SPS)專業人力，加速建置特殊保護系統，引進線上即時分析功能，縮小動作影響範圍；
 4. 參考各國成功的運用經驗，引進 FACTS 之研究與應用(包括相移變壓器、HVDC 及 SVC、STATCOM 等)強化系統。

5.6 其他觀察心得

1. 既有容量不足之電纜，運用新型電纜(三層式)開發及 Y 型電纜連接頭設計等新設備及新技術，克服不新增電纜管路施工困難及投資，終使電纜輸電網路供電容量提昇之做法，可供本公司工程及供電單位參考。
2. 因應減碳政策減少 SF6 氣體使用，高壓開關設備採用 N2 與 SF6 混合或以高壓空氣取代等相關新技術與新產品之開發及運用經驗，可供本公司工程單位及供電單位參考。
3. 結合智能電網時代，新世紀變電所自動化、保護系統和控制系統使用 IEC61850 作資訊與通訊傳輸之應用技術及經驗，可供本公司規劃、工程以及供電單位參考。
4. 未來電網由於電力電子設備(如 HVDC, FACT)的設置、負載端佈設之充電站等新增諧波來源，再加上電網架空線改用地下電纜之電氣結構之變化，諧波竄流造成系統設備有可能過電壓或諧波共振而受損，因此除了必須重新檢視相關規範是否周全，系統諧波變化資料之量測追蹤有必要

推動。

5. 電力系統穩定器(PSS)設置於大型發電機組，可抑制系統區域間或電廠間之震盪(Oscillation)，但為因應系統長距離輸電所產生之低頻震盪現象，日本發表多重輸入(Multiple Inputs)PSS 可有效解決。本公司北部系統在核四機組加入後，離峰時若北部幹線發生特定之多重事故(N-3)後，電力會有長距離繞送現象，且有低頻震盪情況發生，MPSS 之概念似可參考。
6. 連接馬爾他義大利西西里島之交流電力海纜計畫，將輸送電力高達400MW，海纜長度 120 公里經由電力傳輸效率、投資經濟等技術與成本多面像評估，採用電壓為 132kV 或 220KV 海底電纜，其評估作為，可提供本公司輸送電力 200MW，海纜長度 60 公里採用交流 161kV 電壓之台澎海纜計畫，系統可行性評估之對照佐證。
7. 因應不可控制之新能源加入系統，可調度控制之傳統機組必須停用，造成電網規劃運轉上之困難。而由於遍布各地之新能源其不可控制不可調度之發電型態為一機率行為，英國提出一套機率方法 PoC(Probability of Connection)，可將部份不可控制不可調度之新能源視聽穩定且可調度之電源。
8. 丹麥已立法要求線路下地，及新建架空線必須減少視覺衝擊，因此，架空線鐵塔之結構材料研究或瘦身技術均將成為未來之趨勢。架空輸電

線鐵塔外型改變可改善民眾視覺感受衝擊結合景觀並經由輸電鐵塔外型改善，對改善民眾視覺感受有助益，如圖 5-2 所示。



圖 5-2 高壓輸電鐵塔形狀改變可改善視覺感受

9. 架空線路之興建很難讓民眾接受，或獲得主管機關許可，其原因在於其興建、運轉、維護過程所造成之視覺衝擊感受較深所致。故當系統需要擴充供電容量時，如何就既有架空線結構下以提升電壓、AC 改 DC 或更換耐熱導體等方式是未來必須面對之課題。本公司輸變電計畫已有更換耐熱導體之實際作法，至於以提升電壓及 AC 改 DC 擴充線路容量有待進一步研究。
10. 架空輸電線鐵塔改成鑽石型引接可降低電磁場強度，韓國運用美國 BPA 開發之電力環境程式，估算輸電線產生電磁場同時以傳統鐵塔改成鑽石型且以 FRP 絕緣臂進行導線引接，經由相間磁場相互抵消作用，且經現場實務量測結果，電磁場強度較傳統式鐵塔降低 40% 以上，因應

國內電磁場議題此項改變可供學習，如圖 5-3 所示。



圖 5-3 降低電磁場鑽石型輸電鐵塔設計

11. 變壓器火災風險值得注意

變壓器因故障引發火災事件易造成社會大眾及媒體關注，CIGRE 進行

120~735kV 系統變壓器研究：

- (1) 故障率每一服役年約 0.5~2.5%，平均約 1% 。
- (2) 火災風險每一服役年約 0.05~0.25%，平均近乎 0.1%，即 1000 台變壓器每一服役年約有一次火災事故機率(735kV 是 315kV 的 3 倍、是 230、120kV 的 4 倍)

(3)變壓器火災肇因

A. 使用油填充式紙套管(澳紐佔 91%，加國佔 46%)

B. 連接充油式電纜終端匣

C. 因有載切換開關引起(澳紐佔 9%，加國佔 10-15%)

(4)變壓器火災風險降低

A. 以樹脂填充紙型 (RIP) 套管取代油填充紙型 (OIP)

套管；既有油填充式紙(OIP)套管縮短維護週期量測有異常即汰換，尤其超過服役 20 年以上 OIP 套管。

B. 避免使用充油電纜接線箱，如要使用須考量防火問題。

C. 變壓器本體槽具彈性且可承受壓力能力檢討

D. 施行變壓器油分析診斷以及風險評估，高風險者施行整修改善，異常者裝設線上 DGA 監測裝置



圖 5-4 變壓器火災/OIP 套管故障油噴出引起

陸、智慧型控制中心監視、分析和控制功能

6.1 前言

電力系統調度員在日趨複雜的情況下運作整個電力系統。目前控制中心之監視、分析和控制技術可能無法符合日益變化的未來挑戰。為確保未來電力系統的穩定度和電力品質，控制中心必須持續增強系統操作、監視、分析和控制的功能。由美國電力研究院(EPRI)創立的 IntelliGridSM 計劃，對於連結電力、通訊和電腦控制的智慧型電網，建立技術的基本原則，以期在可靠度、容量和顧客服務上達到最大的好處。SmartGrids 計劃是由 European Technology Platform(ETP)在 2005 年設立，對於 2020 年建造一個歐洲電網的聯合架構。歐洲電網目標的特色是確認客戶需求適應性、安全的可靠度、電力提供的品質、提供最佳的經濟價值和有效的電能管理。A Smart Grid Task Force 是由 U.S. Department of Energy(DoE)所建立。在 2030 年電網的構想中，目標是建構 21 世紀電力系統，在任何時間和任何地點均提供充裕、有效和可靠的電力。藉由智慧型電網發展不僅增強國家電網的可靠度、效率和安全性，並以減少碳排放量為目標。在過去幾年，幾個國家已經在其電力系統上安裝相量監視單元(PMUs)技術，並發展同步相量技術以達到改善控制中心監視、分析和控制的功能，具體的運用可以分類成下列幾個領域：

監視：圖表化解答改善調度員顯示的畫面和允許不穩定的偵測。

分析: 事件分析, 可靠度知識和評估。

控制: 穩定度控制。

6.2 現在技術的回顧

現在電力系統操作, 特別是在監視、分析和控制功能是發展於 1960 年代, 當時發展的技術已經導入電腦單線圖的圖表化、狀態估計和偶發事故分析, 監視系統是利用原始的資料或攫取於數十秒到幾分鐘延遲的狀態估測的輸出為基礎, 並以控制區域當地的資訊基礎, 但與和鄰近電力系統間的資訊交換聯繫則是有所限制的; 電腦輔助圖表化主要是以電力系統單線圖為主; 安全評估雖是以偶發事故之檢查為基礎, 但實際上是穩態電力潮流的分析; 電壓穩定度分析則是以模擬為基礎, 而其準確性和狀態估測的執行和模型的正確性有關; 保護和控制系統大多數是以區域的訊息為基礎, 近年來的技術發展是使用以離線調整控制策略為基礎的特殊保護系統 (SPS) 來考慮整體的影響。但是不同保護和控制系統間的協調是被限制的; 系統復原的程序主要是以調度員的經驗和離線研究所得的結果為基礎。

如圖 6-11 所示, 在目前控制中心系統操作是被動的, 操作員的眼睛讀取原始的資料, 然而有限的資訊提供給大腦。大腦試著理解目前的狀況, 通常以過去的經驗和預備性的假設為基礎。這樣限制的設計功能, 並無法滿足日漸複雜電力網路的需求。因此, 對於再生能源的快速發展、新穎的輸

電與變電所技術、通訊與運算基礎設施的進步，電力系統工程師必須重新思考如何執行即時的監視、分析和控制功能。

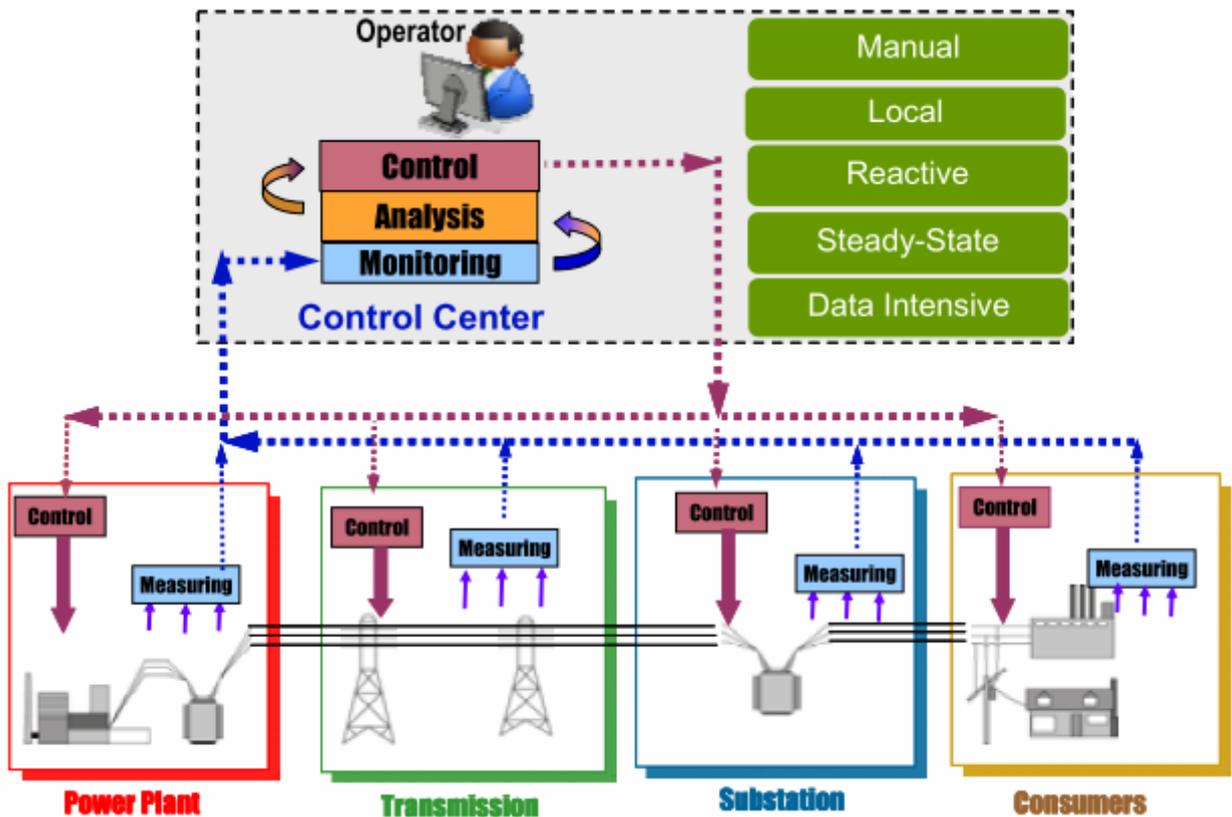


圖 6-1 目前的控制中心與其功能

6.3 智慧型控制中心之下一代監視、評估和控制的構想

如圖 6-2 所示，智慧型控制中心是未來智慧型電網整體架構重要的一部份。這個構想有下列五種重要的特色：

- (1) 以人為中心
- (2) 全面性的
- (3) 主動的
- (4) 具有協調性的
- (5) 自動復原。

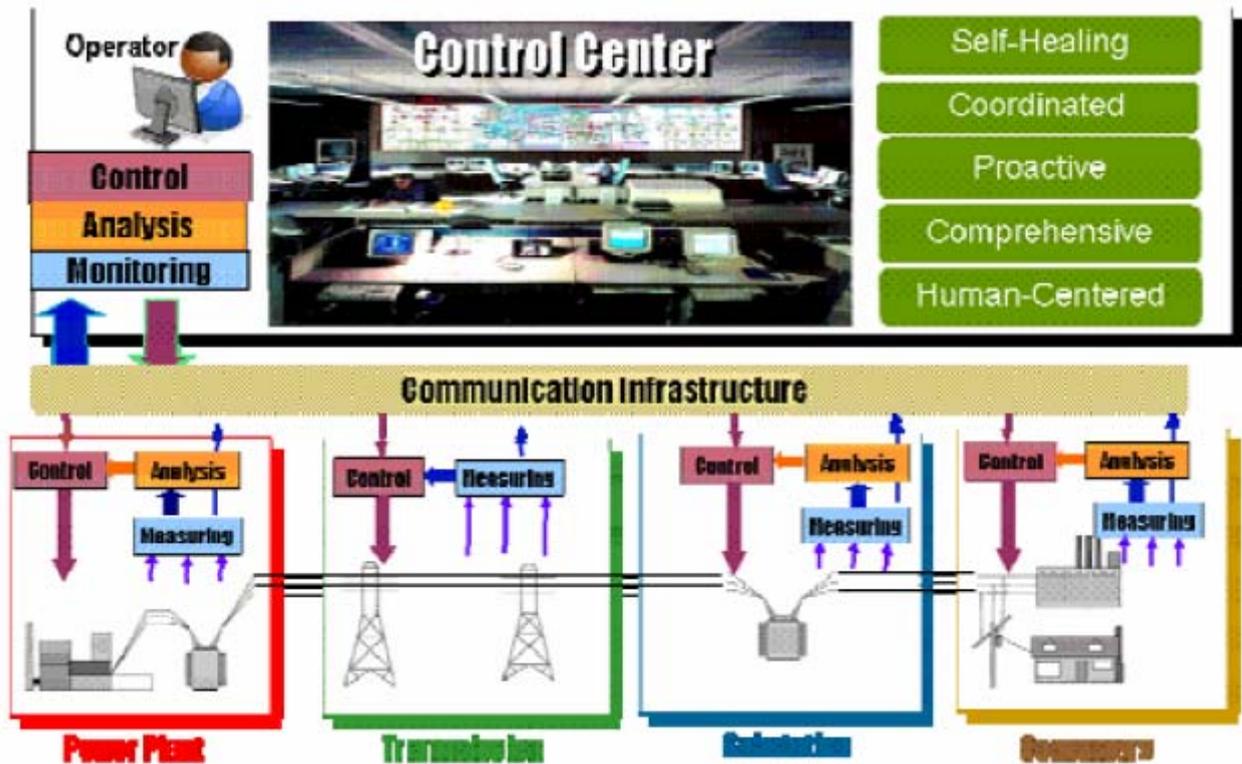


圖 6-2 智慧型控制中心與其功能

1. 以人為中心的線上監視

以人為中心有兩個意涵：直接的訊息與客製化。

(1) 從密集的資料到直接的資訊

下一代監視功能將提供調度員有用的資訊而不是原始的資料。目前有很多的資料幫助系統調度員即時監視電力系統情況。然而愈多的資料並非代表愈多的資訊，因此必須將龐大的資料轉換成有用的資訊，然而，確認哪些資料是需要的則是調度員的責任。舉例來說，變電所之保護系統可能記錄多筆的干擾事件，而不是提供系統調度員全部的記錄資料，主要將明確的故障型式資訊提供給系統調度員參考研判。提

供有用的資訊，對系統調度員而言將可以節省許多時間，這些資訊將來可以被利用在動態安全評估，幫助系統調度員分析系統穩定度問題和發展最佳化的補救策略。

(2) 從限制的客製化到更加適應性

因為資訊是提供給系統運轉人員參考運用，監視功能應該利用先進的圖表化技術達到幫助每個調度員快速理解資訊的目標。目前控制中心的監視技術採用標準的人機介面，對於客製化服務並沒有提供更多的適應性。下一代監視功能將提供客製化的能力，如此一來個別的調度員可以依照其需要設置所屬的人機介面。系統調度員運用客製化的監視功能將更有效地掌握目前的操作情況、確認不正常的操作情形並且預知在未來可能發生的問題。

(3) 以人為中心的監視功能，可以幫助系統調度員改善對於即時情況的認識。

2. 全面性的和主動的線上分析

下一代線上分析功能，將幫助系統調度員即時地確認全面性的運轉邊界。全面性的運轉邊界包含熱限制和穩定度限制(電壓穩定度和暫態穩定度)。下一代線上分析功能應該利用全面性的方法，幫助系統調度員確認運轉邊界。全面性的方法係指以模擬和量測為基礎方法之結合。

(1) 結合穩態與動態安全評估

目前控制中心的線上分析一般是執行穩態偶發事件分析，每一個可信的偶發事件是使用電力潮流理論分析。未來的控制中心將即時地實行穩態和動態評估，幫助系統調度員決定全面性的運轉邊界。全面性的運轉邊界包含了熱限制、電壓穩定度限制、小信號穩定度限制和暫態穩定度限制。

(2) 結合以模擬和量測為基礎的分析方法

下一代即時分析功能將運用全面性的方法幫助系統調度員計算運轉邊界。全面性的方法包含以模擬和量測為基礎的方法，以模擬為基礎之分析結果的正確性，完全與發電機、負載和傳輸線設施的參數與模組化有關。而這些不確定的因素可能降低以模擬為基礎所獲得結果的正確性。再者對於未來分析，以模擬為基礎的方法也依賴狀態估測提供之穩態解。在極端的運轉情況下，當狀態估測無法收斂時以模擬為基礎的方法無法幫助調度員處理問題。

在變電所以量測為基礎的分析，使用量測數據即時計算穩定度之餘裕，以模擬和量測為基礎的分析方法是互補的。從量測為基礎方法所獲得的結果，可以確認以模擬為基礎方法所使用的模型，以模擬為基礎的方法則可以研究特定的方案和發展預防性的控制策略。使用量測為基礎的方法計算得到的穩定度餘裕，可以觸發以模擬為基礎的方法所產生控制策略之自動控制。

(3) 從被動的分析到主動的分析

現在線上的分析是以目前運轉情況為基礎，並沒有考慮未來系統之情況，而未來線上分析應該採取主動的方法，在未來系統的情況上執行模擬。由於再生能源的加入勢將導入更多的不確定性到電力系統。下一代主動的線上分析有預知潛在問題的能力，為了改善可靠度和達到經濟運轉，其將會使資源最佳化，允許系統調度員採取主動的方法發展最佳控制策略。全面性和主動的分析功能可以幫助系統調度員改善線上分析的能力。

3. 協調和自我復原系統控制

(1) 從獨立的保護控制策略到協調保護控制策略

傳統上，每一個控制機制被設計去解決某一特定的問題，參數的設定是以離線模擬為基礎且大多維持固定，未隨系統運轉狀態或運轉條件之改變而機動調整，在保護與控制系統之間缺少協調的能力，甚至可能存在負面的相互作用而導致系統的情況變的更糟，影響系統供電穩定與安全。

當電力系統遭受干擾時，根據下一代線上安全評估所開發最佳控制策略的協調與控制系統將被自動執行，並且利用最少的控制資源，快速地使系統穩定運轉。

(2) 從以離線為基礎的復原策略到線上的復原計劃

目前所發展的復原策略均是透過離線分析，是以關於類似方案的假設為基礎。然而此種預設性復原策略，可能因為實際運轉的情況與假設的方案有很大的差異，而導致復原策略的失敗。下一代自我復原控制機制當局部或全停電時，應該有效地復原系統和回到正常運轉之情況。

協調和自我復原控制功能可以幫助系統調度員改善控制能力。

6.4 落實智慧型控制中心之的技術規則

為了達到朝向智慧型傳輸電網的下一代監視、分析和控制之技術，重要的技術需要發展與利用。

1. 重要的技術

(1) 達到下一代以人為中心之監視系統技術

A. 對於傳輸系統的地理資訊系統(GIS)

目前電能管理系統(EMS)使用單線圖顯示電力系統架構，但無法提供地理位置資訊。GIS 應該在輸電系統被實現，幫助系統調度員監視廣域的系統情況、快速確認錯誤之位置，並且與地面單位協調清除故障。GIS 已經被實現在配電系統，期望未來 3~5 年的時間能完成 GIS 在輸電系統的構想。

B. 具有客製化能力先進的圖表化系統

需要發展先進的圖表化技術，使系統調度員可以快速理解系統資訊；先進的圖表化技術也應該允許系統調度員，依個人的喜好客

製化 GUI 顯示。一個客製化的模型需要以圖表化套裝軟體發展出來。以目前的技術，具有客製化能力先進的圖表化系統，需要至少 5~7 年才可以實現。

C. 先進的警報管理:

現在的警報管理系統是使用 60 年代發展的技術。一般而言，警報的數量是過多的，導致系統調度員可能無法即時瞭解系統的情況；先進的警報管理系統應該僅僅呈現與電網調度員極有相關的訊息，以協助系統調度員了解目前和未來發展的不正常運轉情況。在問題持續擴大期間，藉由先進的警報管理系統協助系統調度員在短時間內快速反應避免更大的停電事故發生。先進的警報管理，需要 8~10 年的時間才能完成。

D. 狀態量測

目前控制中心的監視系統取決於狀態估測，隨著足夠的同步相量量測之實行，狀態量測最終將取代目前的狀態估測。狀態量測是落實即時穩定度估測的基礎。為了實現狀態量測，傳輸系統需要安裝足夠數量的同步相量量測，並且需設定通訊基礎架構，可能大概花費 10~15 年。

(2) 達到下一代全面性和主動的線上分析功能

A. 即時動態安全分析

目前控制中心線上分析一般是執行穩態偶發事故分析。未來的控制中心將即時地實行穩態和動態評估，幫助系統調度員決定全面性的運轉邊界。全面性的運轉邊界包含了熱限制、電壓穩定度限制、小信號穩定度限制和暫態穩定度限制。線上動態安全評估的實行將花費 3~4 年。

B. 以量測為基礎的穩定度分析

目前的分析是以使用預先定義的模型為基礎的模擬結果。擾動監視技術的廣泛執行，例如 PMU 則是對於以量測為基礎的分析提供一個新的機會。分析的功能將採取以模擬和量測為基礎的方法，模擬和量測彼此間是互補的。從量測為基礎方法所獲得的結果，可以確認以模擬為基礎的方法所使用的模型。以模擬為基礎的方法則可以研究特定的方案和發展預防性的控制策略。以目前的狀況，整合模擬和量測為基礎的方法需要花費 5~7 年。

C. 主動的分析

目前線上分析是以現在運轉情況為基礎並未考慮未來系統的情況，未來線上分析將採用主動的方法，在未來系統情況上執行模擬。未來主動分析法的實行，將花費 8~10 年。

D. 可能性的危機分析

目前的技術應用 N-1 的偶發事故，在未來的控制中心，N-x 或一

連串的故障將以可能性的危機分析考慮。因為嚴重的偶發事故對系統的影響與衝擊，因此考慮偶發事故發生的機率和影響是必須的。一些試驗性的研究工作已經開始研究可能性的危機分析，預期未來 2~3 年的時間完成構成條件式的可能性危機分析，並且在 10 年或更長的時間，在 N-x 或一連串的故障進行分析。

(3) 達到下一代協調和自我復原控制功能的技術

A. 線上互相配合的復原工具

系統調度員需要線上互相配合的系統工具，即時地估算在目前系統上的復原策略。線上互相配合的復原工具應該提供假設的復原計劃和建議的復原程序。當局部或全停電時線上互相配合的復原工具，可以有效地回復系統並且帶領系統回到正常運轉運轉情況。將花 5~7 年的時間去實行這樣一個線上自動復原設計的工具。

B. 協調保護與控制系統

目前保護和控制系統是個別設計的，其每一個保護和控制系統的目標是在解決單一的問題。在這些保護和控制系統之間缺少廣域系統的協調。在緊急狀況時可能使系統情況變的更糟。由於通訊、控制和運算技術上的發展提供協調保護和控制系統的機會。未來保護和控制系統應該能夠充分利用即時的、廣域系統資訊動態調整保護和控制，並且利用最少的控制資源達到最佳控制的成果。

協調保護和控制的實行，需要增強現有的運算和通信的基礎設施，預計花 8~10 年的時間來實現。

2. 技術準則

近期，監視系統應該達成地理資訊的管理，使調度員不會因面對被大量的訊息而無所適從，全面性的動態安全分析應該被實行，也就是說真實的即時安全訊息應該被顯示，對系統運轉而言這是非常重要的，因為電壓大小並不是很好的電壓穩定度指標。如同前所述，在電壓穩定度方面，確實的穩定度餘裕估測與暫態穩定度和動態穩定度一樣必須被估測。

中期，未來的系統應該裝置有監視廣域頻率和電壓穩定度能力的設備，這需要通訊協定的標準化；在控制部份，協調的保護和控制系統應該被實行並逐步取代目前的特殊保護系統(SPS)。

長期，監視系統應該有進一步的警報管理能力，評估功能應該執行主動的分析，對於可能的擾動，系統將能夠預先做準備；協調的保護和控制系統應該能夠被實行。

展望未來，由於以多數且靈敏的 PMU 為基礎的狀態量測，下一代監視、分析和控制中心將能夠確認故障發生的位置和形式。對於 N-x 可能性的危機評估將被實行，並且自動保護和回復功能也將被完成。圖 6-3 解釋上述的技術規則。

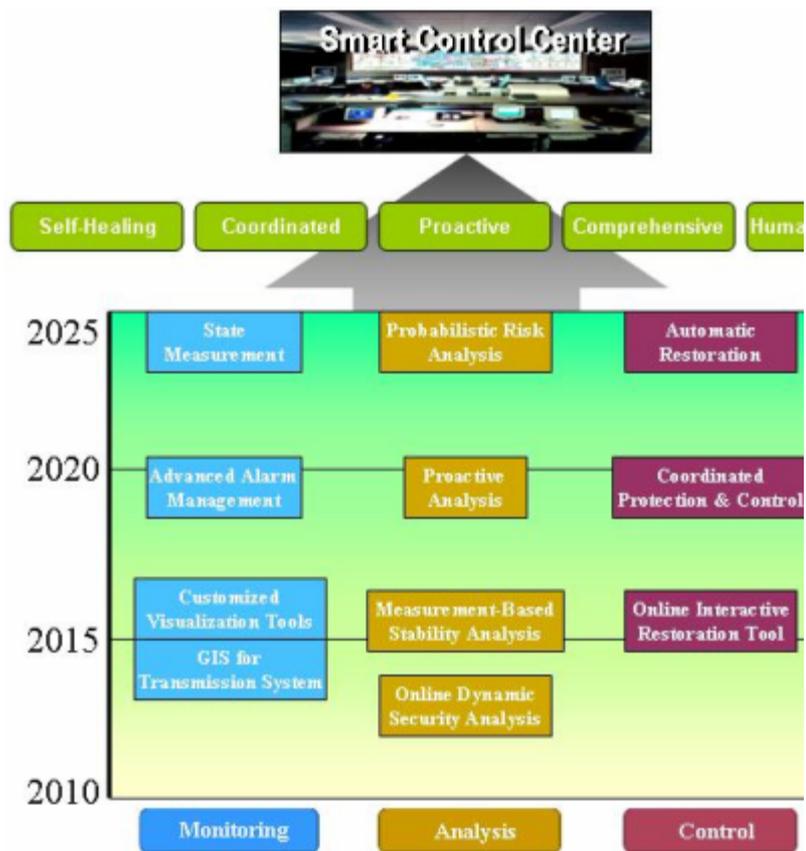


圖 6-3 朝向未來智慧控制中心的技術規則

柒、參訪德國西門子(SIEMENS)公司及設備製造廠

西門子公司能源部門在電機和電子是全球業界的先驅，擁有傲人之創新科技與專業知識，是一個涵蓋再生能源、環保科技、能源效率三大領域的事業團體。而其在輸配電設備之製造方面更是在世界上負有盛名。面對全球關切之節能減碳與智慧型電網議題，該公司也肩負著領導的角色。

STATCOM 及 SVC 係應用電力電子技術，動態調節系統的無效電力，維持系統穩定，提高輸電能力。該技術發展至今已有二十多年的時間，可說相當成熟，且參酌技術文獻，以歐洲廠家發展最久、實績最多。本次在參加 Cigre 年會後之難得機會順道安排參訪考察西門子德國重電設備製造廠，行程規劃除了希望近距離觀察了解本公司七輸首次採用之 SVC 及 STATCOM 製造技術、操作機理、實體結構、空間需求、冷卻設備等，也聽取該公司專家對有關智慧型電網之第一手詮釋及解說。

7.1 SVC 及 STATCOM 技術與運用

所謂 SVC(Static Var Compensator)，靜態虛功補償器及 STATCOM (Synchronous Static Compensator)，靜態同步補償器，皆為提供虛功補償以提升因線路事故後之系統電壓不穩定狀況，前者以傳統電力電子閘流體(Thyristor)作為主要開關設備，後者則以較進步之絕緣閘雙極性電晶體 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)作為主要開關設備。電壓反應

時間及特性上皆以後者為優、所需空間也較小，但價錢則較貴。例如本公司七輸之STATCOM所編預算約為SVC之兩倍。

如圖 7-1 所示為 SVC 與 STATCOM 之架構，SVC 為一個通稱，包括變壓器、電容器、電抗器、閘流體(Thyristor)及濾波器構成的組合裝置；STATCOM 則是一種並聯的、能進行虛功補償的靜止同步『發電機』，其電容性與電感性輸出電流可獨立於輸入點的電壓而逕行控制，其中變換器可採取電壓型變換器 (voltage sourced converter, VSC) 或電流型變換器 (current sourced converter, CSC)，目前以 VSC 為基礎的 STATCOM 為最常見，由直流電容器(DC Capacitor)與絕緣閘雙極性電晶體(IGBT)所組成的電壓型變換器，將 DC 電壓轉換為 AC 電壓。

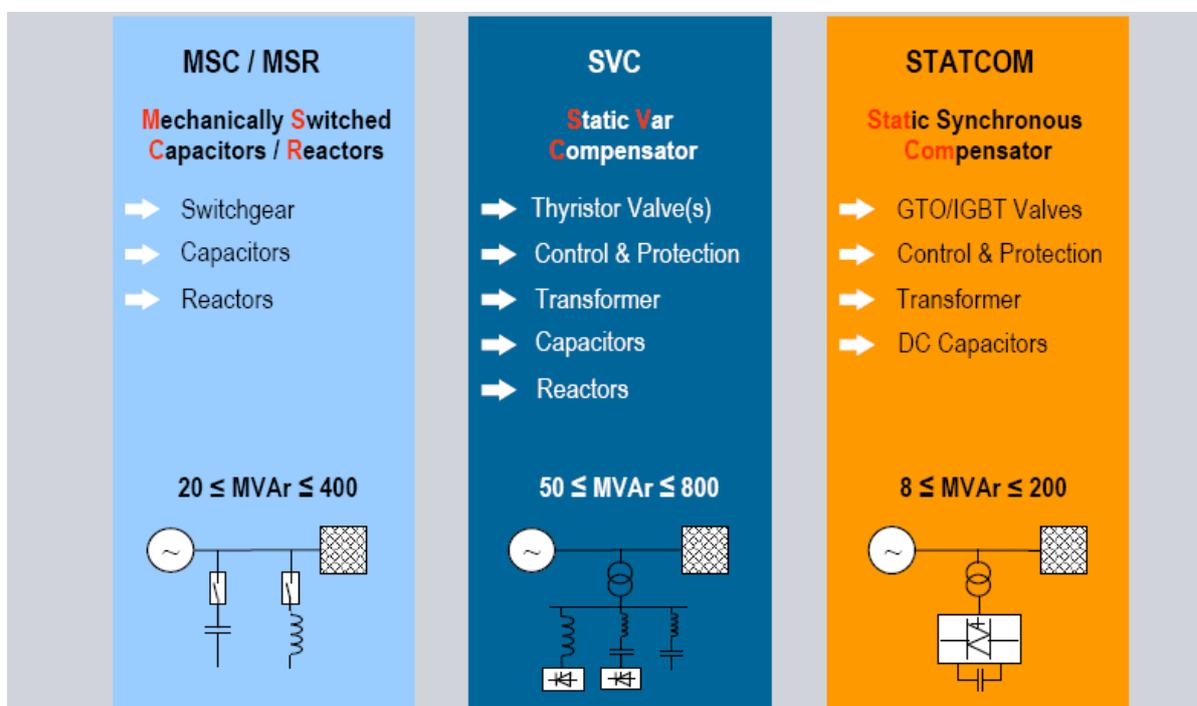


圖 7-1 SVC 與 STATCOM 之架構

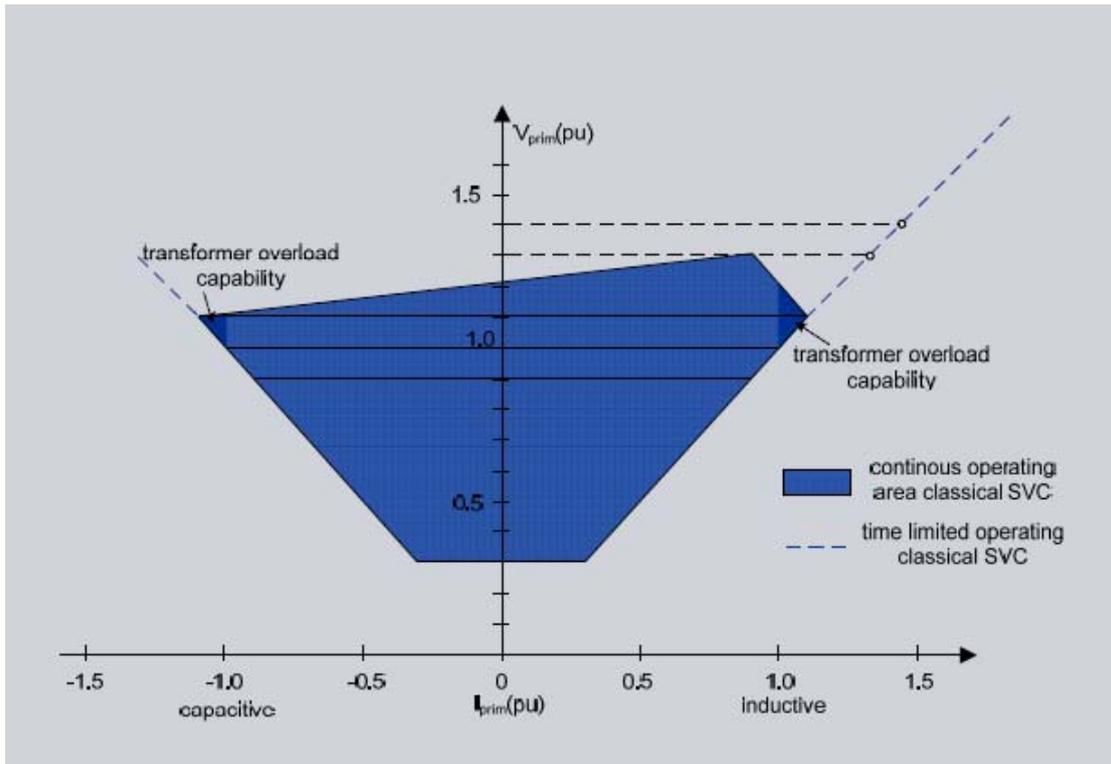


圖 7-2 SVC 之 VI 特性與運轉能力曲線

如圖 7-2 所示為 SVC 之 VI 特性與運轉能力曲線，當 SVC 所連接的匯流排電壓高於基準電壓時，SVC 動作範圍為右半邊藍色區域，特性為電抗器將吸收（即消耗）無效電力促使系統電壓下降；當 SVC 所連接的匯流排電壓低於基準電壓時，SVC 動作範圍為左半邊藍色區域，SVC 特性為電容器可產生（即送出）無效電力促使系統電壓升高。若偏離此區域，SVC 僅能作為單純的電容器或電抗器使用，而此時即失去動態補償之功能，也失去裝設此一昂貴設備之意義。

如圖 7-3 所示為 STATCOM 之 VI 特性與運轉能力曲線，STATCOM 工作原理與 SVC 雷同，差異在於其在非常低的電壓狀況下仍然能具有相同之補償能力。

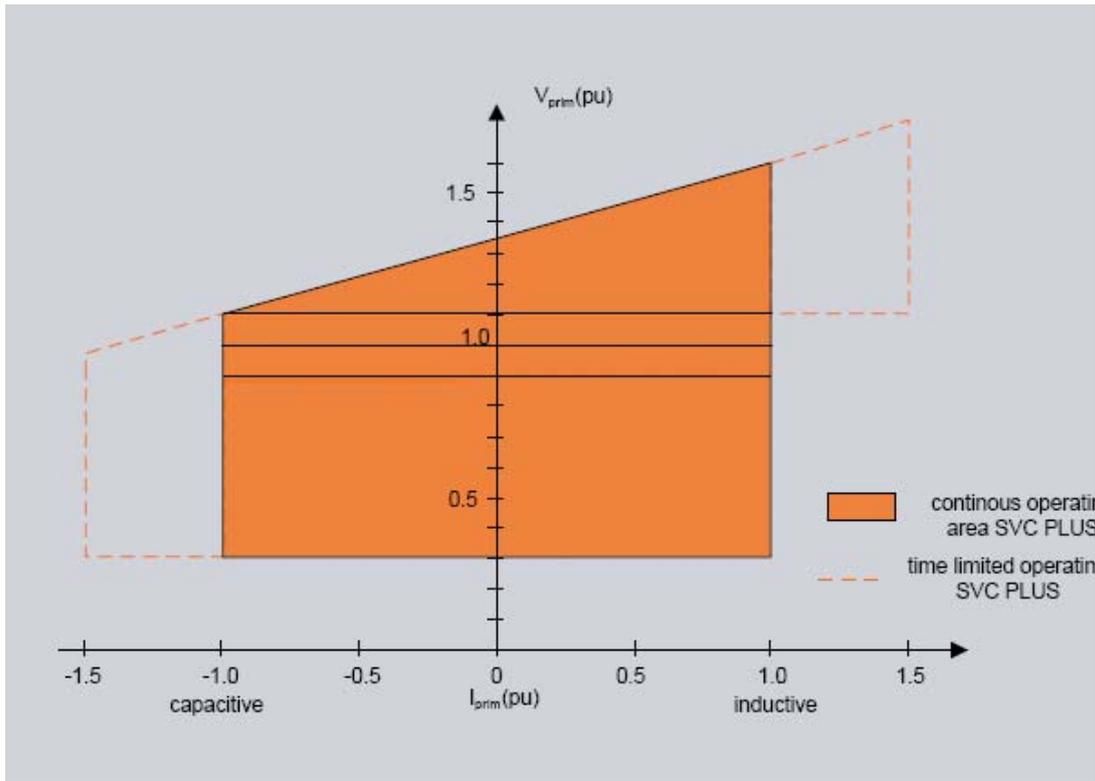


圖 7-3 STATCOM 之 VI 特性與運轉能力曲線

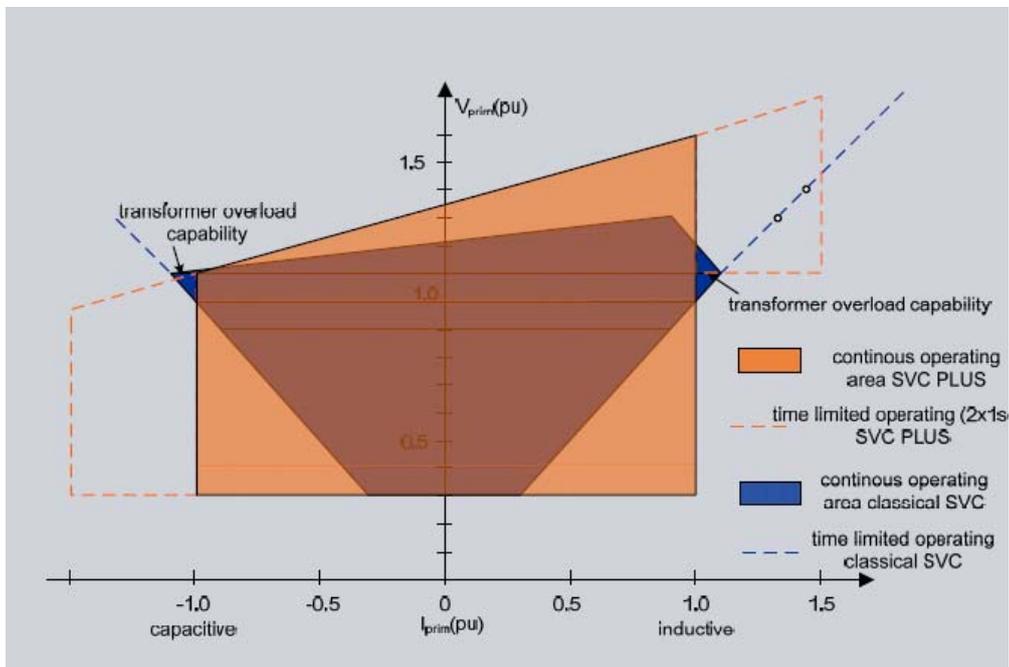


圖 7-4 SVC 與 STATCOM 之特性比較

如圖 7-4 所示為 SVC 與 STATCOM 之特性比較，顯然在系統電壓偏低時，STATCOM 有較佳的容量特性，對系統暫態電壓穩定度的助力優於 SVC，較能減少系統電壓驟降的幅度，確保供電穩定。

如圖 7-5 所示為 SVC 與 STATCOM 之損失比較，在電感特性區域 STATCOM 之損失較低；在電容特性區域，低輸出時 STATCOM 之損失較低，但輸出超過其約 0.35P.U 時則以 SVC 之損失較低。

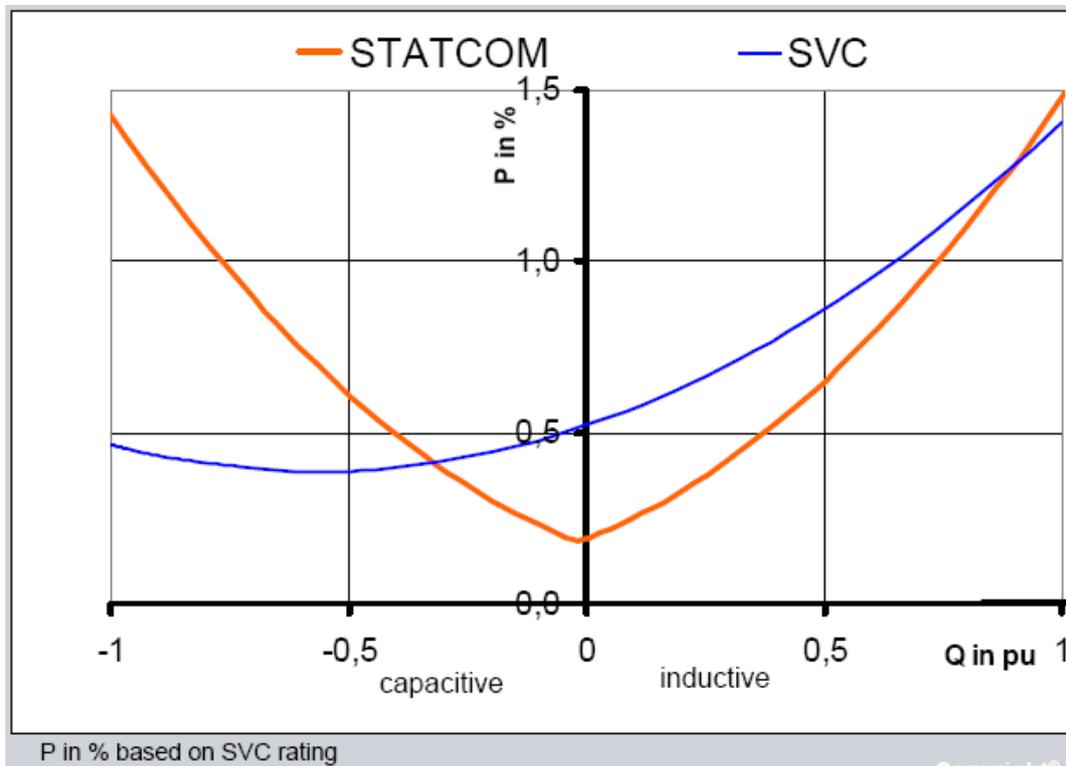


圖 7-5 SVC 與 STATCOM 之損失比較

表 7-1 所列为 SVC 與 STATCOM 比較，因 SVC 使用傳統電力電子閘流體 (Thristor) 作為主要開關設備，所以反應時間較慢 (30-100ms) 易產生諧波且噪音較高，又因此閘流體故障率較高且附屬設備多，故運轉故障機率相對較高，且附屬設備多，如電抗器、變壓器、濾波器等，不祇佔用空間大

且維修複雜費時；STATCOM則使用較進步之絕緣閘雙極性電晶體(IGBT)作為開關設備，反應時間較快 (20-30ms)產生諧波少且噪音較低，且相較於IGBT可靠度較佳且附屬設備較少，運轉故障機率相對較低，又因STATCOM採模組化設計且附屬設備少，佔用空間相對小且維修簡便可拆除單獨元件維修。雖然STATCOM在成本方面比SVC的條件差，然而隨著科技不斷的精進，STATCOM在成本方面，未來將與SVC縮小差距。

表 7-1 SVC 與 STATCOM 比較

項目	SVC	STATCOM
系統影響	反應時間較慢(30-100ms)易產生諧波且噪音較高	反應時間較快 (20-30ms)產生諧波少且噪音較低
設備可靠	開流體故障率較高且附屬設備多，運轉故障機率相對較高	IGBT 可靠度較佳且附屬設備較少，運轉故障機率相對較低
運轉維護	附屬設備多，如電抗器、變壓器、濾波器等，不祇佔用空間大且維修複雜費時	模組化設計且附屬設備少，佔用空間相對小且維修簡便可拆除單獨元件維修
運用擴充	固定安裝，無法因應系統需求移動彈性運用	模組化設計，可因應系統需求而擴充，且可因應系統需要而異地安裝
設置成本	技術層次較低價格較便宜，惟所需空間大，建物、土地成本較高	技術層次高，設備價格較高，惟空間僅 SVC 50%，建物、土地成本相對較低

7.2 SVC 及 STATCOM 參訪觀察心得

本公司七輸編列 SVC 及 STATCOM 新建計畫，其目的係控制系統電壓避免電壓崩潰，世界其他電力公司已應用廣泛且成效良好，本公司七輸規劃於鳳林 E/S、台東 P/S 設 SVC，龍潭 E/S 設 STATCOM 是正確且對系統安全有助益。未來本公司電網仍應規劃適當之 STATCOM 設備，強化電

網供電能力。

SVC、STATCOM 技術屬高科技層次，參觀 SVC、STATCOM 工廠時，廠方除要求參訪者須全程穿著特製的防塵衣及鞋套，且不得拍攝照片外，並撤離工廠內所有工作人員，製造廠嚴謹管控制度令人印象深刻。本公司較具關鍵性之電力設備在購置過程中，若要求設備製造商能落實其製造生產過程維持整齊潔淨環境，應能有效降低設備故障造成系統事故停電之機會。



圖 7-6 SIEMENS 德國紐倫堡工廠模組化設計之 STATCOM (SVC PLUS)

7.3 德國西門子智慧型電網技術觀察心得

1. 德國西門子公司 T&D 的技術與產品均世界領先地位，該公司亦積極參與各國智慧型電網的發展，因此對智慧型電網具體發展知之甚詳；故利

用本次參訪機會與西門子的專家進行有關歐洲智慧型電網發展項目的討論。如圖 7-7 所示為德國西門子公司在歐洲地區智慧型電網的發展項目，包括：

- (1)需量反應(Demand Response)、
- (2)電力電子之應用(HVDC、SVC、STATCOM)、
- (3)先進的電能管理系統(Advanced Energy Management System, EMS)、
- (4)變電所自動化與保護(Substation automation and protection)、
- (5)資產管理(Asset Management)、
- (6)設備狀態監視(Condition monitoring)、
- (7)配電管理系統(Distribution Management Systems, DMS)
- (8)配電自動化與保護(Distribution automation and protection)、
- (9)電錶資訊管理 (Meter Data Management, MDM)、
- (10)智慧型電錶(Smart meters)

Siemens takes the lead in integrating Smart Grid solutions

SIEMENS

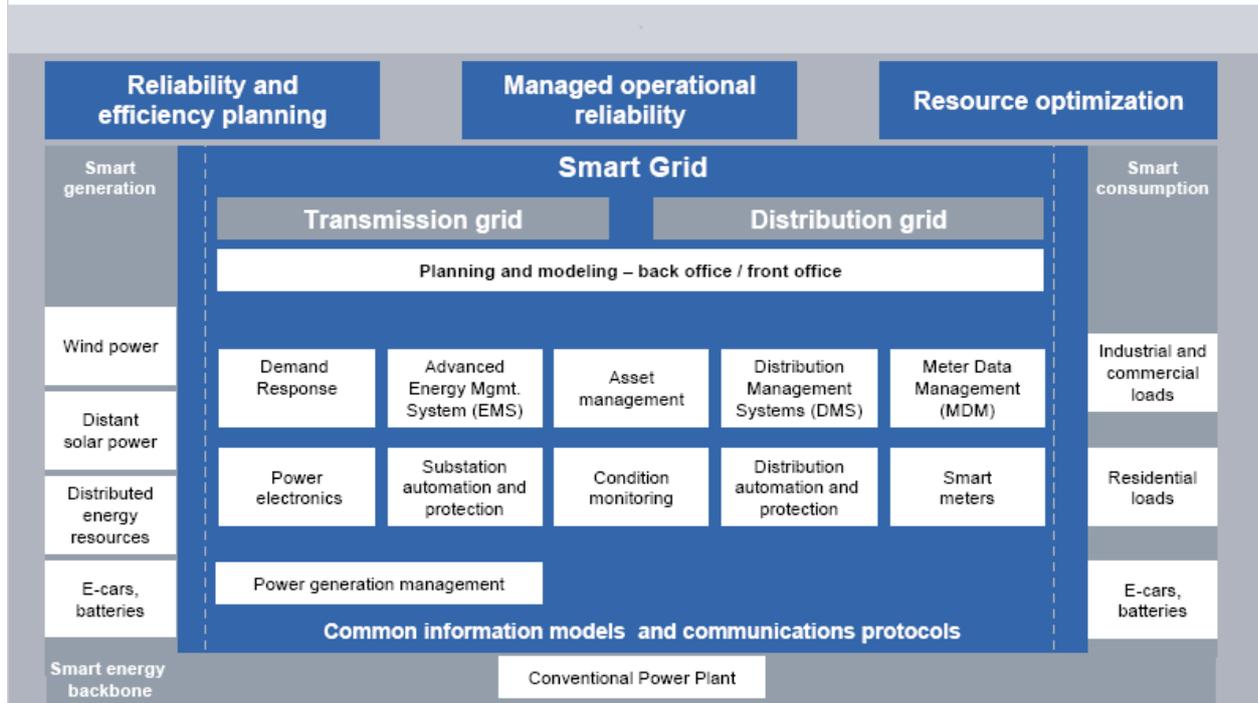


圖 7-7 德國西門子公司在歐洲地區智慧型電網的發展項目

2. 本公司目前在智慧型電網領域的執行情形

- (1) 需量反應：4 戶，12.64MW(業、調)
- (2) SVC、STATCOM：已列入七輸計畫—鳳林、台東各設置一套 SVC、龍潭設置一套 STATCOM(系、輸)建置中
- (3) 先進電能管理系統(EMS)：本公司第三代 EMS 於 98.7.10 商轉(調)
- (4) 變電所自動化與保護：IEC61850 之應用(供)
- (5) 資產管理：變壓器資產管理(供)
- (6) 狀態監測：變壓器及電力電纜狀態監測(供) 建置中
- (7) 配電管理系統(DMS)：配電圖資系統(業)
- (8) 配電自動化與保護：饋線自動化(業)

(9) 電錶資料管理(MDM)：建置中(業)

(10) 智慧型電錶：建置中(業)

3. 本公司智慧型電網的發展方向與德國西門子公司在歐洲地區智慧型電網的發展項目作比較：

(1) 本公司智慧型電網的發展方向項目大致符合本身需求

(2) 歐洲智慧型電網充分配合再生能源的發展，故歐洲風力發電的開發非常迅速，確實能達到減碳的效果

(3) 有關智慧型電網發展項目的評估，西門子的專家建議採用 5W 方法進行評估：

A. How to start ?

B. Which strategies?

C. Where to invest?

D. Which technologies?

E. How to monitor success?

4. 智慧型電網並無明確定義，智慧化之發展也無上限，因此，一個電力系統智慧化程度必須對其所推動項目，定義評估指標客觀比較，如表 7-2 所列。

表 7-2 智慧型電網評估指標

序號	主要方面	對應之主要特性評估指標
1	智慧型電表	已安裝智慧型電表用戶比例
2	供電品質	用戶投訴率
3	輸配電系統自動化	採用自動化技術之變電所比例
4	負載管理	年平均/最高負載率
5	發電與輸配電效率	線路損失
6	輸配電系統可靠度	SAIDI,SAIFI,CAIDI,MAIF

5. 智慧型電網發展的成敗，建構在是否有一健全之電網，先天不良之電網，一味追求智慧化所付出之代價恐非電力公司所能承擔，因此在推動智慧型電網之同時，強化電網建設，提高供電可靠度仍是首要。