

出國報告（出國類別：考察）

赴新能源電網公司技術交流

服務機關： 台灣電力公司

姓名職稱： 張志聲 台中供電區營運處中科超高壓變電所經理

林華民 系統規劃處電業發展課課長

派赴國家： 新加坡

出國期間： 99.11.29~99.12.03

報告日期： 100.01.26

出國報告審核表

出國報告名稱：赴新能源電網公司技術交流		
出國人姓名(2人以上，以1人爲代表)	職稱	服務單位
張志聲	中科超高壓變電所經理	台灣電力公司台中供電區營運處
出國期間：99年11月29日至99年12月03日		報告繳交日期：100年01月26日
出國計畫主辦機關審核意見	<p><input checked="" type="checkbox"/>1.依限繳交出國報告</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>2.格式完整（本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>3.內容充實完備.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>4.建議具參考價值</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>5.送本機關參考或研辦</p> <p><input type="checkbox"/>6.送上級機關參考</p> <p><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爲內容以 <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</p> <p><input checked="" 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 checked="" 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</p> <p><input type="checkbox"/>9.其他處理意見及方式：</p>	
層轉機關審核意見	<p><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）</p> <p><input type="checkbox"/>2.退回補正，原因：_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.其他處理意見：</p>	

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、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

	單位	主管處	總經理
報告人：	主管：	主管：	副總經理：

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴新能源電網公司技術交流

頁數 45 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/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

張志聲/台灣電力公司/台中供電區營運處/經理/(04)24631029

林華民/台灣電力公司/系統規劃處/課長/(02)23667742

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：99/11/29~99/12/03 出國地區：新加坡

報告日期：100/01/26

分類號/目

關鍵詞：

時間基準維護(Time Based Maintenance, TBM)

狀態基準維護(Condition Base Maintenance, CBM)

開關設備(Gas Insulated Switchgear, GIS)

局部放電(Partial Discharge, PD)

超高頻(Ultra-High Frequency, UHF)

暫態對地電壓(transient earth voltage, TEV)

充油電纜(Oil-Filled Cable, OF Cable)

有載可動分接頭(Load Tap Changer, LTC)

美國電力研究院(Electric Power Research Institute ,EPRI)

絕緣油油中可燃性氣體總量(Total Combustible Gas , TCG)

絕緣油油中多種氣體分析(Dissolved Gas Analysis , DGA)

智慧型電子元件 (Intelligent Electronic Device, IED)

可靠度指標(SAIDI & SAIFI)

智慧電網(Smart Grid)

內容摘要：(二百至三百字)

本次考察，就「系統規劃」與「供電運轉」等層面分別設定議題交流討論，包括：新加坡電業自由化現況與未來發展、SPPG 公司之電力系統「規劃準則」、輸變電計畫之規劃與執行情形、再生能源現況與未來發展、再生能源併入系統時之「系統衝擊檢討程序及模型」、無效電力之控制補償、可靠度指標統計數值，及高科技產業電力品質相關經驗、變壓器、開關設備及地下電纜等之新的維護及診斷技術，變壓器與開關設備及地下電纜故障原因之分析統計資料，變電所各設備之狀態監測安裝情

形及效益，變電所自動化、SCADA 及調度中心等自動化現況及成果等，分成五章節撰寫報告。

SPPG 之供電可靠度績效名列前茅，究其原因部份為天然地理環境因素，如無颱風、無地震、無雷害、無鹽霧害等，部份係採用地下電纜、屋內變電所、組織架構、規劃設計方式及狀態監測等後天因素，可供本公司參考，此部份已摘錄於第六章心得及建議事項。

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

目錄

壹、 出國目的及行程	1
一、 目的	1
二、 過程	1
三、 報告架構	5
貳、 新加坡輸電規劃	6
一、 新加坡能源電網公司簡介	6
二、 新加坡輸電現況概述	6
三、 新加坡輸變電系統規劃依據	7
四、 新加坡電力系統新擴建檢討流程	9
五、 新加坡電力系統新擴建審批程序	9
六、 新加坡供電績效指標	10
七、 新加坡供電績效卓著之原因	13
(一) 法令基礎完備且管制機關明確	13
(二) 地理條件與負載集中	13
(三) 輸配電線路全面採用地下電纜	13
參、 新加坡再生能源	14
一、 再生能源背景與概述	14
二、 再生能源電源對系統的衝擊	14
三、 新加坡就再生能源議題之討論	14
肆、 電力設備狀態監測	16
一、 新能源電網公司電力設備狀態監測技術	16
(一) 主要元件狀態監測	16
(二) 次要元件狀態監測	21
二、 新能源電網公司電力設備狀態監測效益及案例	21
三、 美國電力研究院電力設備診斷技術	25
(一) 變壓器	26
(二) 斷路器	28
四、 台電供電單位電力設備狀態監測技術	32
(一) 一般常態性線上監測	32
(二) 一般常態性定期離線量測	32
(三) 避雷器洩漏電流線上監測系統	32
(四) XLPE 電力電纜狀態監測系統	33
(五) 智慧型電子元件之應用	35
(六) 絕緣油油中可燃性氣體總量(TCG)線上監測系統	37
(七) 161KV GIS 局部放電線上監測系統	37
(八) 變壓器 LTC 運轉電流監視	37
伍、 心得及建議事項	38

圖表目錄

圖 1-1：於新加坡能源公司大樓前合照.....	4
圖 1-2：與新能源電網公司同仁討論後合照 1.....	4
圖 1-3：與新能源電網公司同仁討論後合照 2.....	4
圖 1-4：參觀 400KV LABRADOR 超高壓變電所.....	5
圖 2-1 新加坡能源公司組織架構圖.....	6
圖 2-2 新加坡電力系統 1990 至 2010 年尖峰負載圖.....	7
圖 2-3 新加坡電力系統示意圖.....	7
圖 2-4 新加坡輸變電系統規劃準則.....	8
圖 2-5 新加坡輸變電系統偶發事故定義.....	8
圖 2-6 電力系統新擴建檢討流程圖.....	9
圖 2-7 電力系統新擴建審批程序圖.....	10
圖 2-8 新加坡 2001 年~2010 年間 SAIDI 指標統計.....	11
圖 2-9 新加坡 2001 年~2010 年間 SAIFI 指標統計.....	11
表 2-1：本公司供電可靠度與國際之比較.....	12
圖 3-1 太陽光電併網模式及申請程序示意圖.....	15
圖 4-1：狀態監測及管理流程.....	17
圖 4-2：400KV GIS 裝設局部放電感測器示意圖.....	18
圖 4-3：400KV GIS 線上局部放電監測系統.....	18
圖 4-4：超音波量測法(空氣式及接觸式).....	18
圖 4-5：暫態對地電壓量測法(單探頭式及雙探頭定位式).....	19
圖 4-6：局部放電雙探頭定位.....	19
圖 4-7：充油電纜油壓監測系統.....	20
圖 4-8：設備紅外線量測.....	20
圖 4-9：XPLE 電纜溫度監視系統.....	21
表 4-1：狀態監測成果統計.....	22
圖 4-10：狀態監測投資效益.....	22
圖 4-11：狀態監測發現弱點案例 1.....	23
圖 4-12：狀態監測發現弱點案例 2.....	23
圖 4-13：狀態監測發現弱點案例 3.....	23
圖 4-14：狀態監測發現弱點案例 4.....	24
圖 4-15：狀態監測發現弱點案例 5.....	24
圖 4-16：狀態監測發現弱點案例 6.....	24
圖 4-17：狀態監測發現弱點案例 7.....	25
圖 4-18：狀態監測發現弱點案例 8.....	25
圖 4-19：避雷器洩漏電流線上監測系統.....	33
圖 4-20：XLPE 電纜局部放電量測系統發現電纜不良局部放電.....	34

圖 4-21：XLPE 電力電纜光纖溫度監測系統.....	35
圖 4-22：GIS 狀態監測系統架構圖	36
圖 4-23：變壓器老化等監測資料示意圖.....	36

壹、出國目的及行程

一、目的

新加坡新能源電網公司於 96 年 3 月 21 日至 23 日由該公司副董事經理 Chang Swee Tong 率員至本公司參訪，除拜會總經理外，並參訪本公司輸變電設施及南科管理局，對本公司提供高科技園區高之可靠電力供應，留下深刻印象。此外，新加坡新能源電網公司為國際上營運績效卓著之電力公司，其組織制度及維護管理機制等亦值得本公司學習參考，故雙方於 96 年 8 月 1 日簽訂為期 5 年之合作備忘錄，雙方同意加強資訊交換及人員互訪。

合作備忘錄簽訂後本公司首次拜訪由李副總經理肖宗率領電力調度處鄭金龍處長及系統規劃處張忠良處長，於 96 年 11 月 26 日至 29 日拜訪新能源電網公司，以表達本公司對雙方合作之重視，為未來雙方之互訪奠定良好基礎；同時該次參訪所蒐集及整理之資料亦相當寶貴，讓本公司相關同仁進一步瞭解及學習該公司之規劃、運轉及維護之經驗及技術。

今年度之參訪即延續既定之合作備忘錄，於 99 年 11 月 29 日至 99 年 12 月 03 日，由系統規劃處林課長華民及台中供電區營運處張經理志聲參加，雙方從電力系統規劃面至設備之運轉及維護面等，進行熱烈之交流討論。

二、過程

為使此次之交流更加順利，以及便於新加坡新能源電網公司事先派員及準備資料，本公司於出國前即將準備瞭解討論之項目重點 E-mail 新能源電網公司。E-mail 內容重點如下：

(一)、輸變電設備運轉及維護相關議題

1. 想了解及學習貴公司有關於變壓器、開關設備及地下電纜等之新的維護及診斷技術。
2. 貴公司是否有變壓器、開關設備及地下電纜故障原因之分析統計資料。
3. 請問 貴公司變電所各設備之狀態監測安裝情形及效益。
4. 請問 貴公司變電所自動化、智慧型電網、SCADA 及調度中心等自動化現況及成果。

(二)、電業自由化及輸變電計畫相關議題

1. 有關貴公司之電力系統「規劃準則」相關資料。
2. 有關貴公司目前實施「電業自由化」現況，另有關「電業自由化」實施後，貴公司是否提供「電力代輸」服務，細節情形如何。
3. 有關「電業自由化」實施後，能否提供貴公司輸變電計畫投資之審核過程?
4. 能否提供有關輸變電計畫投資之經濟效益與財務效益分析方式，以及效益估算方式。
5. 「電業自由化」實施後，無效電力是否交易?情形如何?

(三)、再生能源及系統併聯問題

1. 目前再生能源(如風力、太陽能等)議題正方興未艾，有關再生能源目前及已列計畫之容量，於全系統佔比如何?
2. 貴公司就再生能源未來發展情形、將來計畫，以及將來需達到之目標值為何?
3. 對於再生能源併入系統時之「系統衝擊檢討程序及模型」為何?

(四)、系統運轉及績效指標問題

1. 有關貴公司輸電系統中電纜線路佔總線路之比例較高，就無效電力之控制補償議題，如何改善以及能否提供相關之運轉經驗?
2. 請教貴公司有關歷年可靠度指標(SAIDI & SAIFI)統計數值，以及如何達成供電可靠度目標之措施。

(五)、智慧型電網(Smart Grid)問題

1. 有關配合電力系統未來發展，貴公司目前推動智慧型電網(Smart Grid)情形及未來計畫如何?

本次出國行程及內容如下：

項次	日期	內容
1	99.11.29(一)	去程：台北—新加坡
2	99.11.30(二)	上午： 電網自由化及規劃管理 智能型電網 再生能源及系統併聯問題 參觀總部緊急運行中心 下午： 參觀 Labrador 400KV 變電所
3	99.12.01(三)	上午： 新加坡能源介紹 供電可靠性管理 SAIDI&SAIFI 指標及統計資料 輸配電開關設備狀態監測 狀態維修 下午： SCADA 網路管理 數據蒐集與監控系統示範 參觀配電控制及客戶服務中心
4	99.12.02(四)	綜合討論
5	99.12.03(五)	回程：新加坡—台北

出國行程中討論及參觀等照片如圖 1-1~1-4 所示。

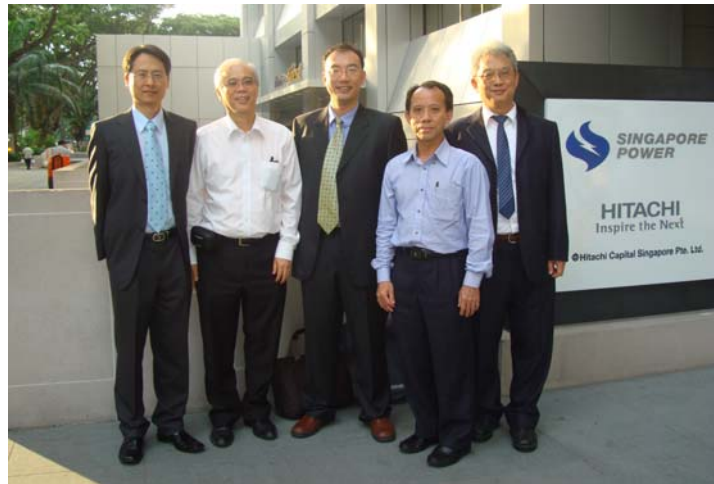


圖 1-1：於新加坡能源公司大樓前合照



圖 1-2：與新能源電網公司同仁討論後合照 1



圖 1-3：與新能源電網公司同仁討論後合照 2



圖 1-4：參觀 400KV LABRADOR 超高壓變電所

三、報告架構

本報告內容敘述本次考察訪問之過程、討論議題與交流心得，因篇幅關係，謹將參訪之重點及心得建議等分為五章節報告。各章節內容概述如下：

第一章：出國目的及行程，描述本次出國之任務、目的與行程概要。

第二章：新加坡之輸電規劃，描述新加坡能源電網公司概要、新加坡輸電現況概述、新加坡輸變電系統規劃依據、新加坡電力系統新擴建檢討流程、新加坡電力系統新擴建審批程序、新加坡供電績效指標，以及新加坡供電績效卓著之原因探討。

第三章：新加坡之再生能源，敘述再生能源背景、再生能源電源對系統的衝擊、新加坡就再生能源議題之討論與申設。

第四章：電力設備狀態監測，敘述新能源電網公司電力設備狀態監測技術、新能源電網公司電力設備狀態監測效益及案例、美國電力研究院電力設備診斷技術、本公司供電單位電力設備狀態監測技術。

第五章：將此次參訪中可供本公司參考之心得與建議作一說明。

貳、新加坡輸電規劃

一、新加坡能源電網公司簡介

新加坡能源集團(Singapore Power Group, SP)於1995年10月1日成立，新加坡能源電網公司(Singapore Power PowerGrid, SPPG)為新加坡能源集團子公司之一，SPPG為輸配電管理公司，組織架構圖如圖2-1，負責新加坡與澳大利亞之電力可靠及有品質之電力與電網開發，新加坡地區業務約佔其公司三分之一，澳大利亞地區業務約佔其公司三分之二，其專業技術涵蓋網路規劃，計畫管理，電網管理，控制與通訊，及狀態監測，該公司在新加坡地區之電網供電可靠度績效於世界上名列前茅。

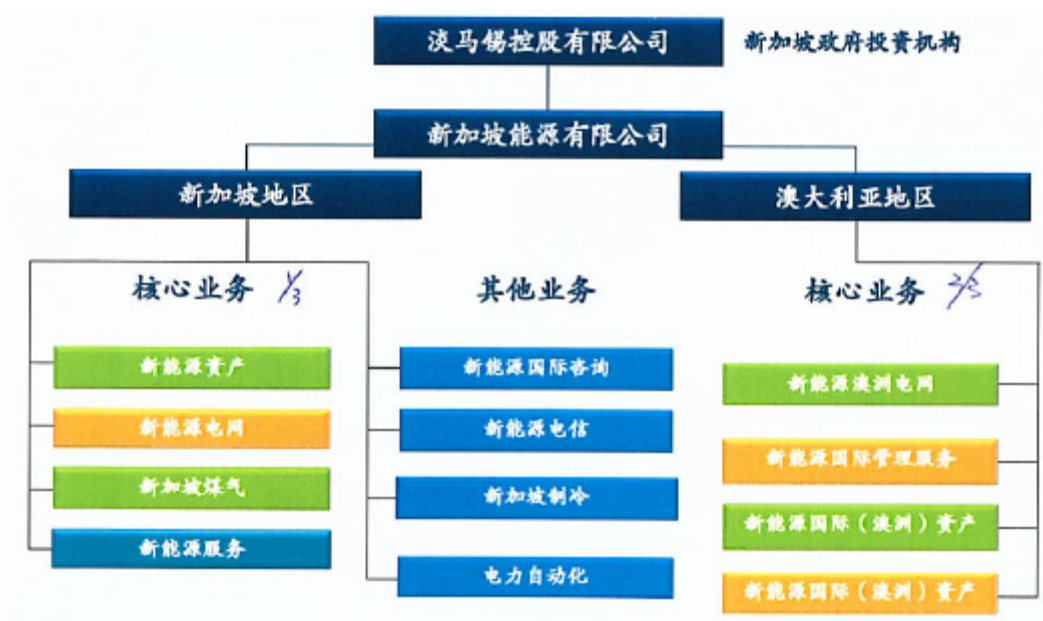


圖 2-1 新加坡能源公司組織架構圖

二、新加坡輸電現況概述

SPPG公司於2010年之尖峰負載為6494MW，約為本公司2010年尖峰負載(33122MW)五分之一，該公司1990至2010年尖峰負載如圖2-2。

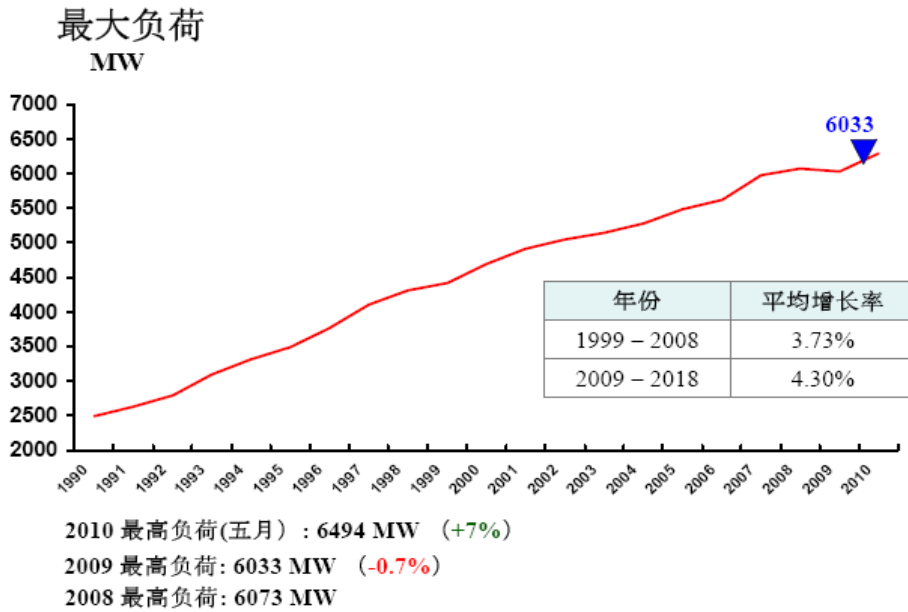


圖 2-2 新加坡電力系統 1990 至 2010 年尖峰負載圖

SPPG公司之輸電網路分爲400KV、230KV與66KV三個電壓等級，配電電壓有22KV與6.6KV二個電壓等級，該公司電力系統示意圖如圖2-3。

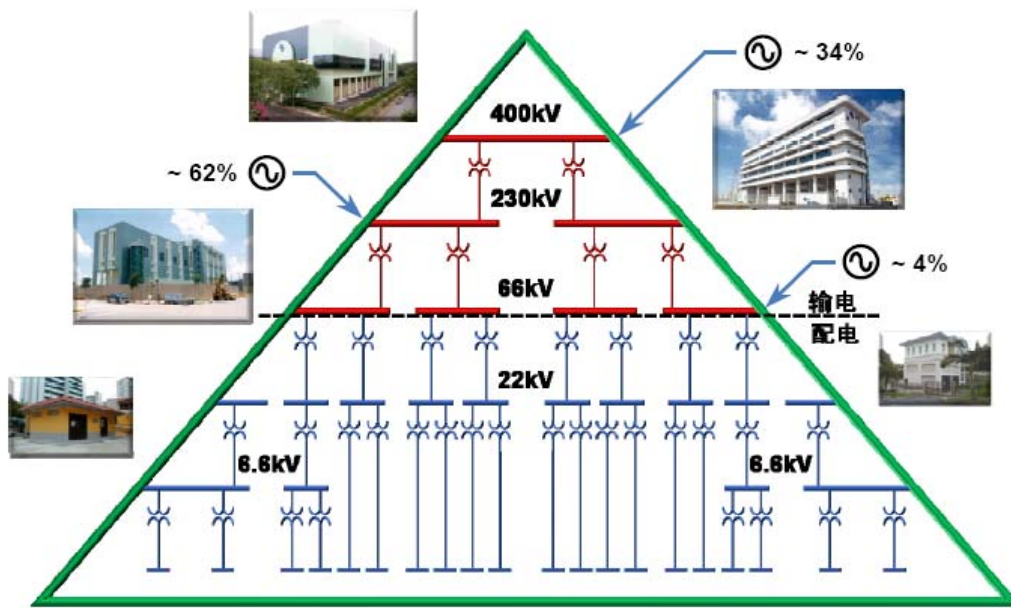


圖 2-3 新加坡電力系統示意圖

三、新加坡輸變電系統規劃依據

新加坡之輸變電系統規劃準則，主要考慮N-1偶發事故時，不允許停電事故，其準則與本公司現行標準相近，規劃準則主要規定如圖2-4，準則中就偶發事故定義主要內容如圖2-5。

运行状况	准则
正常运行	设备须在正常容量内运行
单一故障 (N - 1)	设备须在正常容量内运行 ▶无断电事故发生
双重故障 (N - 2)	系统须无电压崩溃、级联效应或失稳的现象
严重故障	系统须无失稳或崩溃现象

圖 2-4 新加坡輸變電系統規劃準則

运行状况	定义
单一故障 (N - 1)	变压器、线路或电抗器单独发生故障
双重故障 (N - 2)	1) 两个设备同时或依次发生故障 2) 损失一段母线段
严重故障	损失整个变电所

圖 2-5 新加坡輸變電系統偶發事故定義

四、新加坡電力系統新擴建檢討流程

依先進國家發展經驗，電力需求通常隨同工商業發展增加，由於新加坡已進入開發國家之林，因此其載成長受經濟景氣變化之影響因素較為明顯，惟依圖2-2自長期角度觀察，新加坡負載仍維持上昇趨勢，因此仍必需檢討電力系統之新擴建，以利資源有效使用。

新加坡電力系統之新擴建檢討流程如圖2-6，於公司內部，其檢討方式與一般垂直整合或與輸電公司之檢討方式無異，主要依據資料，包括負載預測、電廠連接方式(應指新電源加入)、用戶連接方式(應指大用戶)，進行方案技術檢討時，應有實地調查(會勘)，並提出備選方案，以完成電力系統分析、經濟性分析，然後選取最優方案，提出工程項目提案。

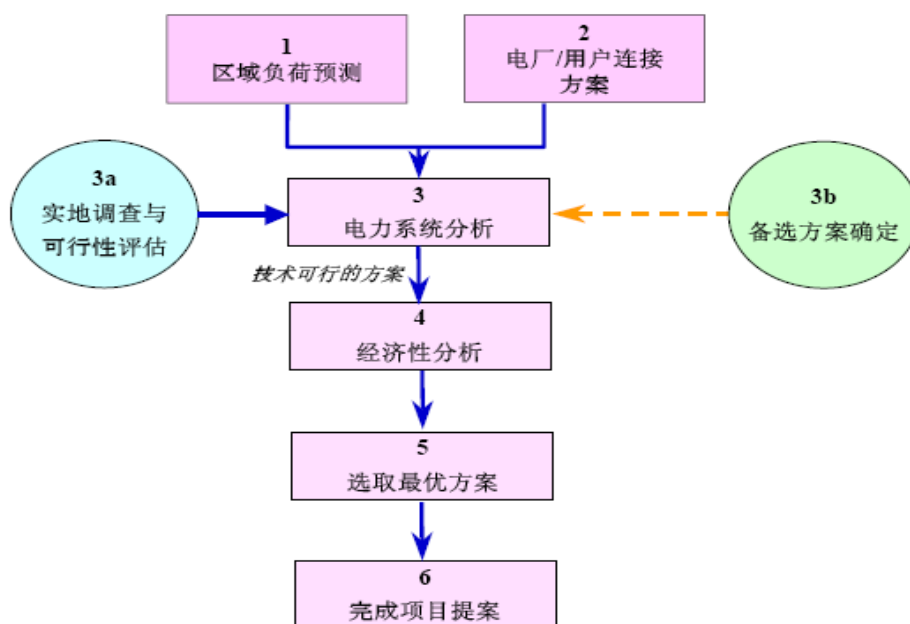


圖 2-6 電力系統新擴建檢討流程圖

新加坡電力系統單項工程之新擴建檢討流程，幾乎與本公司無異。

五、新加坡電力系統新擴建審批程序

經SPPG公司檢討結果，如電力系統需要新擴建設備，以滿足其規劃準則，及維持穩定供電，該新擴建計畫必須先提出建議書，而後尋求獲得能源管理局(Energy Management Authority, EMA)之批准，再經過公司管理階層批准，方可以執行，如圖

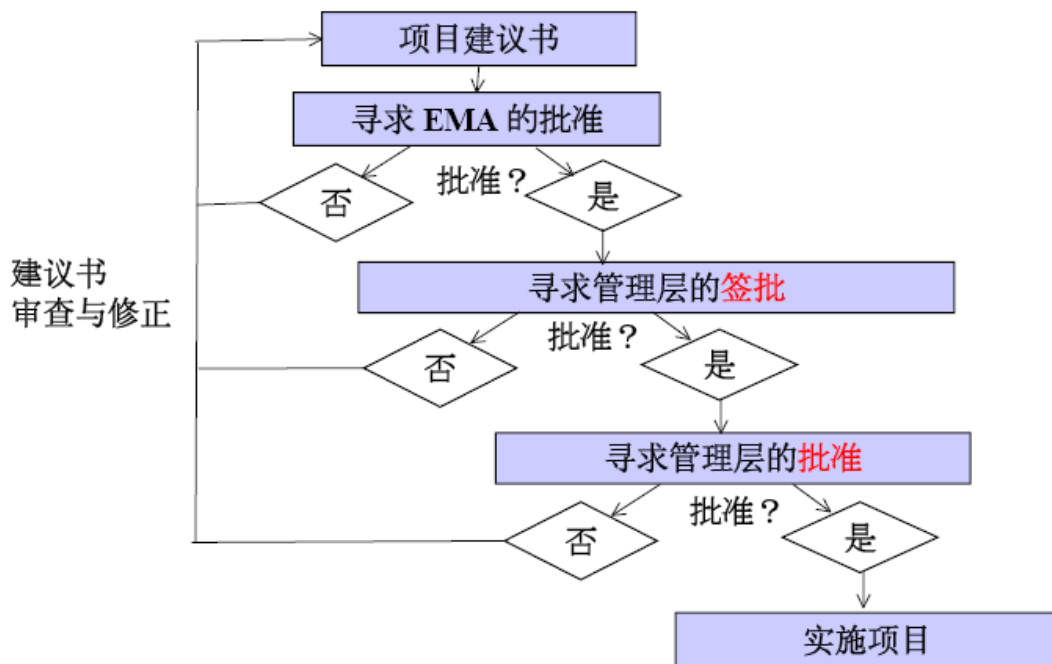


圖 2-7 電力系統新擴建審批程序圖

有關該審核程序中之EMA(能源管理局)為政府單位，依新加坡2001年通過的電業法，規定EMA為管制機構，其主要任務在維持自由化市場運作秩序。EMA之下另成立一家國營能源市場公司（Energy Market Company，EMC），提供相關電力服務並負責市場運作（market operator）角色。EMC的主要任務包括：依據批發電力市場參與者標單調度發電機組、結清每日交易、監督市場每日交易狀況並使參與電力市場交易者符合相關法規、進行相關市場調查研究，研定新法規制度以符市場實際需求。

由新加坡新擴建計畫之審核流程，與本公司之計畫審核流程，有很大不同，本公司輸變電計畫審核過程，係於公司內部先行完成檢討，提出輸變電計畫可行性報告後，陳報主管機關，奉核定後方能執行。此外，由於新加坡EMA之下之EMC公司負責電力市場運作，並負責市場調度，故於提出計畫之新加坡能源電網公司與EMA之間，電力系統設備新擴建計畫之必要性，易於建立共識。

六、新加坡供電績效指標

本次訪問，新加坡提供2001年~2010年間SAIDI指標統計資料如圖2-8，另SAIFI指標統計資料如圖2-9。

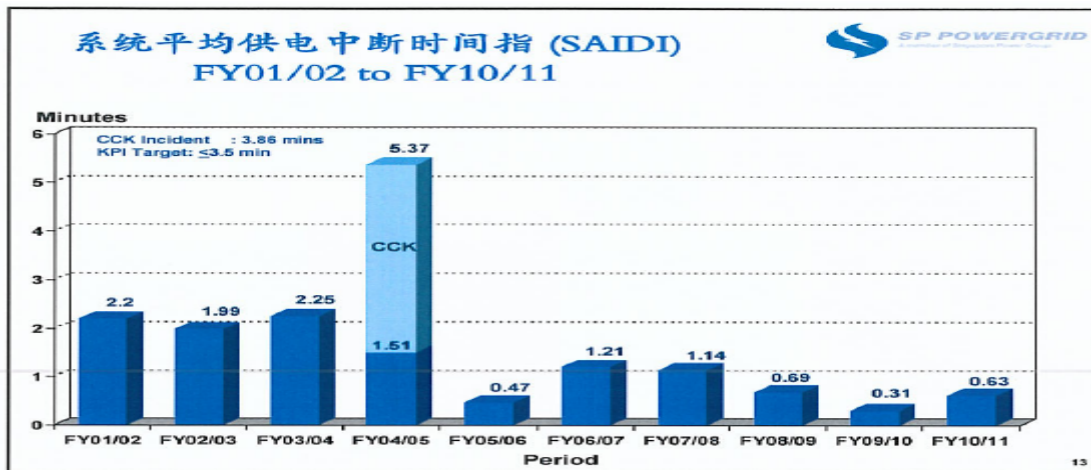


圖 2-8 新加坡 2001 年~2010 年間 SAIDI 指標統計

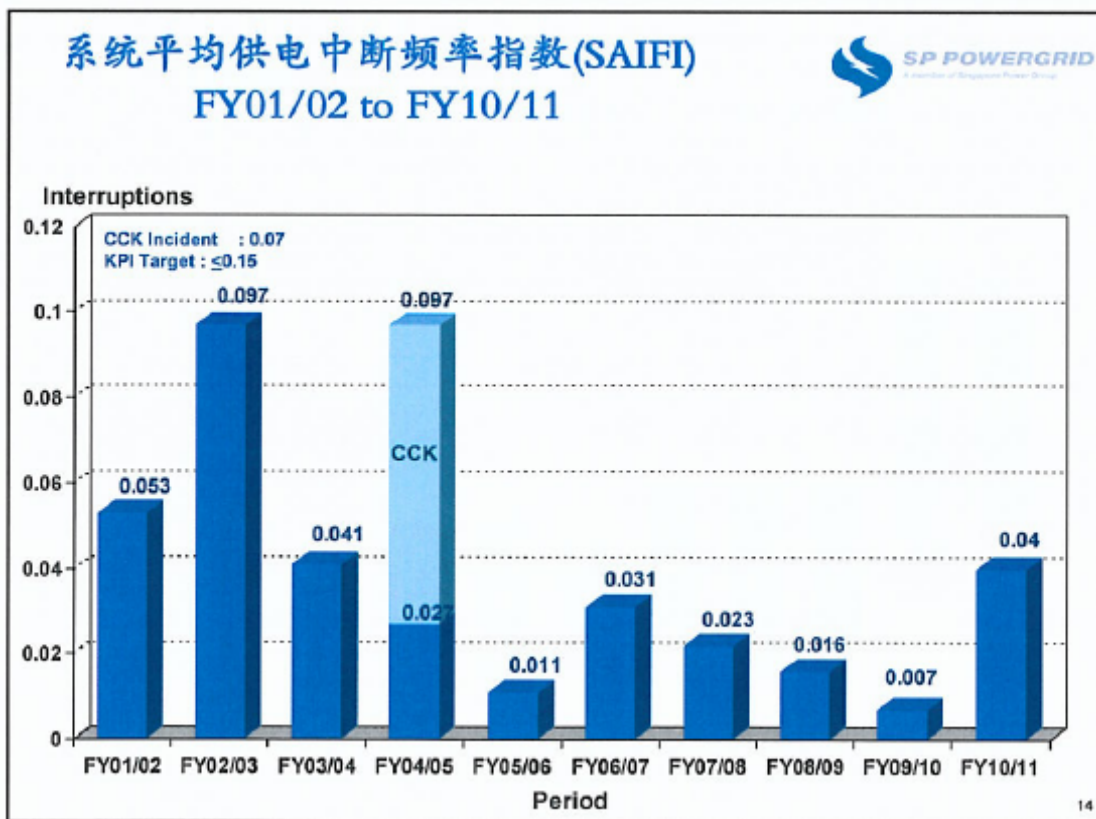


圖 2-9 新加坡 2001 年~2010 年間 SAIFI 指標統計

依本公司收集之國際電業供电可靠度資料，以2003年至2008年間較為完整，新加坡之供电績效表現，在世界電業中確實領先世界電業，資料整理如下表：

表 2-1：本公司供電可靠度與國際之比較

			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
本公司	SAIDI(分/戶-年)	經營實績	41.948	32.882	30.19	29.267	23.909	20.81	19.246	17.663
	SAIFI(次/戶-年)	經營實績	0.544	0.454	0.37	0.394	0.333	0.354	0.238	0.196
加拿大 BCTC	SAIDI	實績(小時)				2.07	4.23	2.43	2.36	
U.S.	SAIDI		99.36	107	117	131.14	121.47	115.375		
	SAIFI		1.12	1.02	1.125	1.23	1.13	1.095		
南非	SAIDI (配電)	實績				48.5	51.4	73.7	51.51	
	SAIFI (配電)	實績				28.4	25.2	33.72	24.16	
韓電	SAIDI (Transmission & substation system)		19.73	18.87	18.6	18.8	17.2	16.1		
	SAIDI(配電)		18.4	17.5	17.2	16.5	15.9	14.29	16.1	
法國電 力	SAIDI						67	82		
東京 電力	SAIDI		2	7	2	3	4	3		
	SAIFI		0.11	0.1	0.05	0.13	0.05	0.12		
關西 電力	SAIDI		8	50	7	4	5	6		
中部 電力	SAIDI		3	2	5	4	13	4		
新加坡 電力	SAIDI			5.72	0.45	1.03	1.31	0.53		
	SAIFI			0.10	0.01	0.02	0.03	0.01		
泰國電 力局 (EGAT)	SAIDI(Min/Deli. point)		21.268	25.338	8.421	5.852	14.903	8.258		
	SAIFI(Occ/Deli. point)		0.394	0.431	0.336	0.304	0.284	0.35		
馬來西 亞電力	SAIDI			152.0	148.0	101.0	83.0	78.0		

註：1.國外一般僅以 SAIDI 作為供電可靠度之評估 2.SAIDI(分/戶-年)、SAIFI(次/戶-年)

本表統計資料，原則上以日曆年資料為主，與本次訪問新加坡所提供資料稍有不同，主要區別在於統計時間之差異，惟不論採何種方式計算，均可顯示出新加坡供電績效卓著。

七、新加坡供電績效卓著之原因

(一)法令基礎完備且管制機關明確

新加坡依據 2001 年通過的電業法中，規定 EMA 為管制機構，其主要任務在維持自由化市場運作秩序。配合新電業法通過，EMA 另成立一家國營能源市場公司，提供相關電力服務並扮演市場操作者角色，且由於該國政府政策與公權力均能貫徹實施，因此該公司輸配電工程均可如期如量完成，新加坡電力系統可完全符合 N-1 規劃準則，安全裕度充足。

(二)地理條件與負載集中

新加坡面積為 704 平方公里，相當於兩個半台北市(272 平方公里)的面積，比台北縣(2052 平方公里)小，新加坡基本上是城市國家，具有負載集中特性，區內無高山、地形平坦，沒有颱風地震等天災；相對於本公司供電範圍廣闊、地形複雜、與輸電線路必需面臨颱風地震等天災，星國具有地理條件上的優勢。

(三)輸配電線路全面採用地下電纜

新加坡之輸配電線路，全面採用地下電纜，且系統裝置有監測設備，預為檢測設備缺失，以降低因設備故障所引起之事故，惟地下電纜會因電容性負載，引起電壓偏高問題，故該公司於變電所設計之時，均考慮裝設大容量電抗器之空間預留，就本公司而言，除地域廣闊輸電線路長等不利因素之外，以往負載偏電感性，需裝設電容器以提供無效電力用以改善功因，且既設變電所土地建築，以往並未考慮裝設電抗器空間，展望未來，輸電線下地要求壓力將逐漸增加，必定對電壓問題形成挑戰。

參、新加坡再生能源

一、再生能源背景與概述

近年來由於環保團體大力呼籲，加上聖嬰現象與反聖嬰現象所造成劇烈氣候影響，有關地球氣溫上昇，溫室氣體效應等事項，逐漸成為環保重要議題，此外，由於開發中國家正值發展，對能源需求增加，然而在燃料市場中供給增加有限，需求大幅成長的結果，造成能源短缺現象，同時石化燃料成本高漲，綜合溫室氣體效應與石化燃料價格上昇的助力，再生能源之發展已經成為趨勢。

所謂再生能源主要係指非碳能源，由於各國均極力發展再生能源，其中水力發電需要地型地理條件配合，而風力發電早年因設備價格高昂，一度發展受阻，惟近年來因風力發電設備研發迅速發展，興建成本大幅降低，乃具有市場競爭力，其產業成長快速，裝機容量亦快速增加，於此同時，太陽光電技術由於半導體晶體科技進步，目前雖未達發電市場價格競爭水準，但在各國政府不同補貼政策鼓勵下，該產業成長亦頗為可觀。

二、再生能源電源對系統的衝擊

由於再生能源電廠有不確定性，因此必須就其運轉，以及對系統衝擊等因素，做好事先分析及改善外，相關制度規章亦須有週延的配套，才能確保系統安全。另外電力公司能配合提供適當之系統，提供再生能源電廠併網亦十分重要，由於再生能源電廠(風力、太陽能發電等)通常發電容量較小，屬分散性能源，引接方式通常以併接至配電等級之系統，才能節省電源線投資成本，以提高廠家投入意願。

三、新加坡就再生能源議題之討論

據新能源電網公司表示，受限於天候及地型因素，新加坡雖然地處熱帶，但風力資源有限，且又多雲，據統計每天太陽光照可發電時數約2~3小時，加上土地狹小，並不具發展大型太陽光電及風力發電條件，至2010年為止，申設安裝太陽能發電設備總裝置容量僅3.8MWp，新加坡太陽光電併網模式及申請程序如圖3-1。

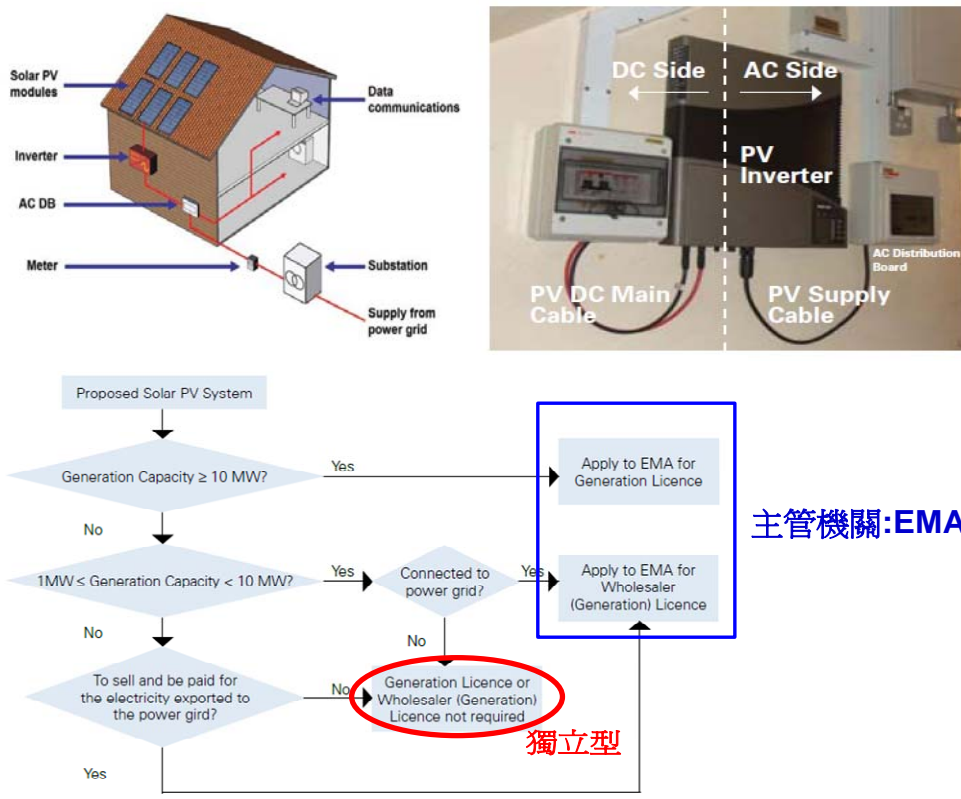


圖 3-1 太陽光電併網模式及申請程序示意圖

肆、電力設備狀態監測

新加坡新能源電網公司係負責輸電及配電設備之規劃、設計、施工、汰換及運轉維護等工作，故組織上相當於本公司之系統規劃處、輸變電工程處及各區施工處、供電處及各供電區營運處，業務處及各營業區處等。以輸變電設備之運轉維護而言，即為本公司之各供電區營運處。

輸配電設備之角色為電力之傳輸及降壓轉換，目的是將發電廠之電力傳送至各用戶，並提供優質可靠之電力。惟萬一電力傳輸過程中之供電設備發生故障，可能導致電力供應中斷或電壓驟降，造成用戶損失或不便，影響公司形象，甚至用戶因停電或電壓驟降造成損失，進而向本公司求償事件。為此，維護供電設備可靠運轉，為各供電區營運處之重責大任。

早期供電設備之維護係依據廠家建議或公司訂定之維護時間週期進行設備維護，亦即所謂之時間基準維護(Time Based Maintenance, TBM)。惟依時間基準維護常見過度維護之現象，亦即設備不須維護但卻花費人力物力進行維護之浪費現象，但若設備具有潛在性弱點，又會發生維護週期前即發生設備故障之狀況，亦即無法事先掌握致無法依設備狀況彈性調整週期維護週期。為此，各電力公司(包含本公司)即輔以狀態基準維護(Condition Base Maintenance, CBM)方式來維護設備，即藉由即時或週期性監視設備狀態，以提供足夠資訊供決策決定是否須進行進一步診斷設備，或立即停電處理，以確保設備正常運轉無虞。

一、新能源電網公司電力設備狀態監測技術

新能源電網公司之設備狀態監測及管理流程如圖 4-1 所示，其主要係藉由各種設備之線上或離線監測技術量測設備，並進行軟體系統或人工專家之統計分析，俾進行後續維修、更換、監測措施檢討、維護措施檢討、設計檢討等決策，目的就是要確保設備安全可靠運轉，以免造成電力公司及用戶之損失。

新能源電網公司之狀態監測分為兩部份，包括主要元件(Primary Element)及次要元件(Secondary Element)之監測。

(一)主要元件狀態監測

主要元件指電力系統之主要設備，如變壓器、斷路器、電纜等。狀態監測項目如下：

1. 局部放電(Partial Discharge, PD)偵測：為最主要之量測方法之一，又可分

成線上量測及離線量測方式。230KV 及 400KV 開關設備(Gas Insulated Switchgear, GIS)全面裝設超高頻(Ultra-High Frequency, UHF)感測器之 PD 量測線上監測設備，如圖 4-2,4-3 所示，同時量測資料由專家系統自動進行研判分析設備狀況，並可配合專家人員再進行研判設備狀況，及輔以其他 PD 量測設備綜合分析及進行定位，以避免誤判及方便儘速找出異常點，例如超音波(Acoustic Emission, AE)、高頻 CT(High Frequency CT, HFCT)、暫態對地電壓(transient earth voltage, TEV)。

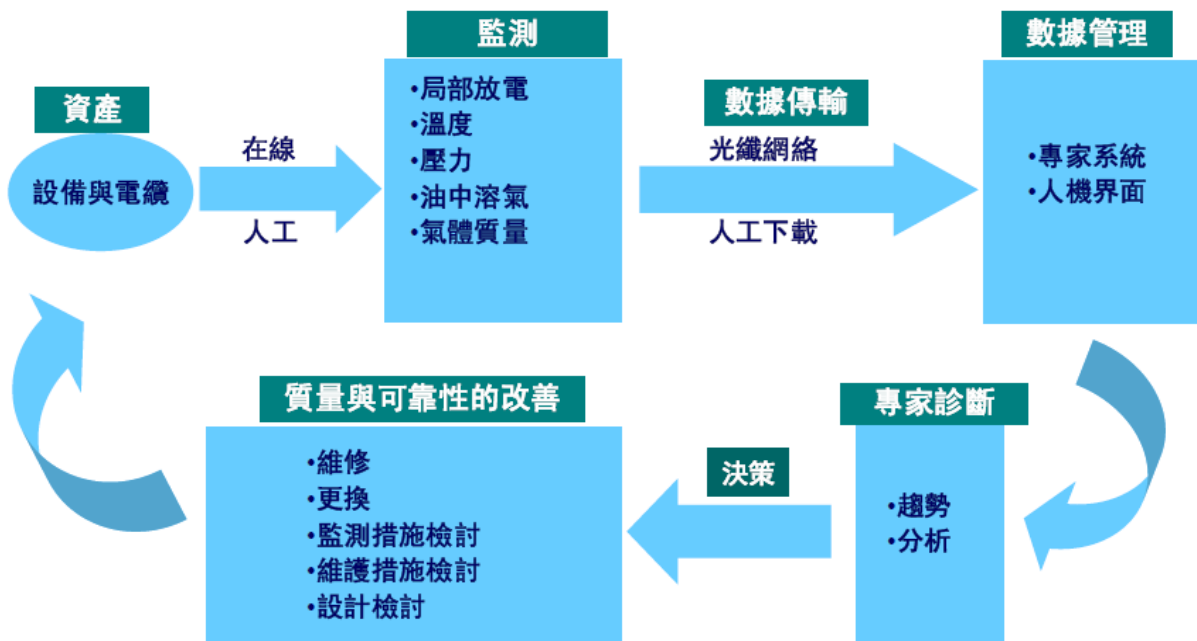


圖 4-1：狀態監測及管理流程

離線之量測包含上述各項量測方法，又可分為定期或不定期之量測。其中超音波量測主要是藉由 PD 發生時產生之超音波現象，或設備未完全固定妥後因振動產生之超音波，其量測又可分為空氣式及接觸式兩種，如圖 4-4 所示。暫態對地電壓主要原理量測 PD 在接地外殼上產生之電磁感應電壓，其量測又可分為單探頭純粹量測方式，或雙探頭可定位方式兩種，如圖 4-5 所示，其中雙探頭方式，即藉由電磁波因傳遞距離不同，相對信號傳輸時間不同方式找出音源位置，如圖 4-6 所示。至於 HFCT 為量測接地外殼之 PD 感應電壓將經由接地線至大地，故可量測接地線上通過之電流掌握設備是否有 PD 現象。

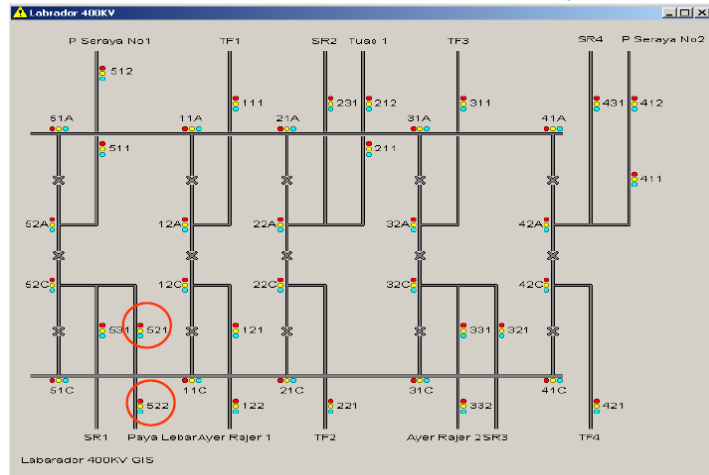


圖 4-2：400KV GIS 裝設局部放電感測器示意圖



圖 4-3：400KV GIS 線上局部放電監測系統



圖 4-4：超音波量測法(空氣式及接觸式)



圖 4-5：暫態對地電壓量測法(單探頭式及雙探頭定位式)

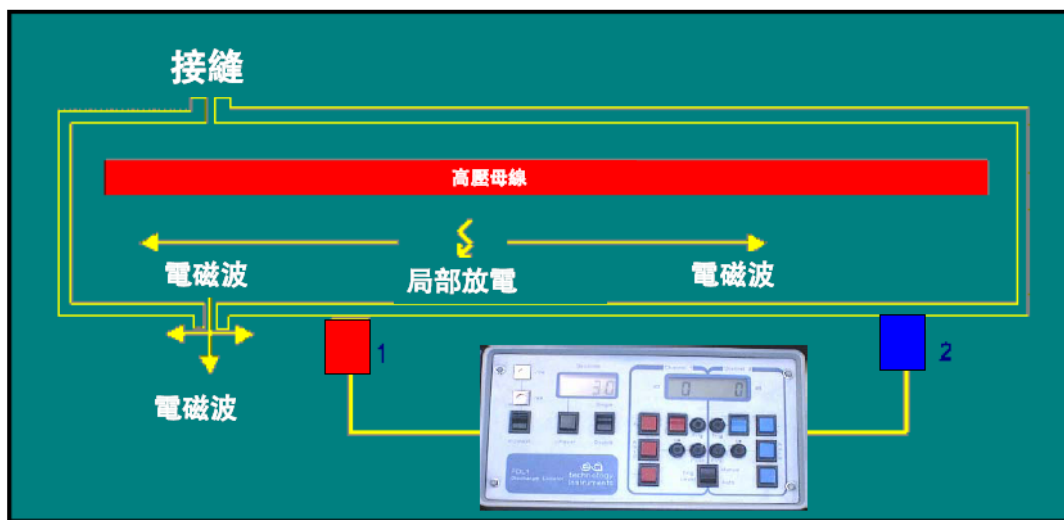


圖 4-6：局部放電雙探頭定位

2. 充油電纜(Oil-Filled Cable, OF Cable)油壓監視：除透過充油電纜之油壓監視警報掌握電纜之油壓是否正常。因新加坡電網公司 230KV, 400KV 以上皆採用 OF 電纜，且 OF 電纜最主要之維護問題為漏油問題，故藉由 24 小時線上監控可充份掌握 OF 電纜運轉狀況，俾於異常時儘速處理。如圖 4-7 所示。

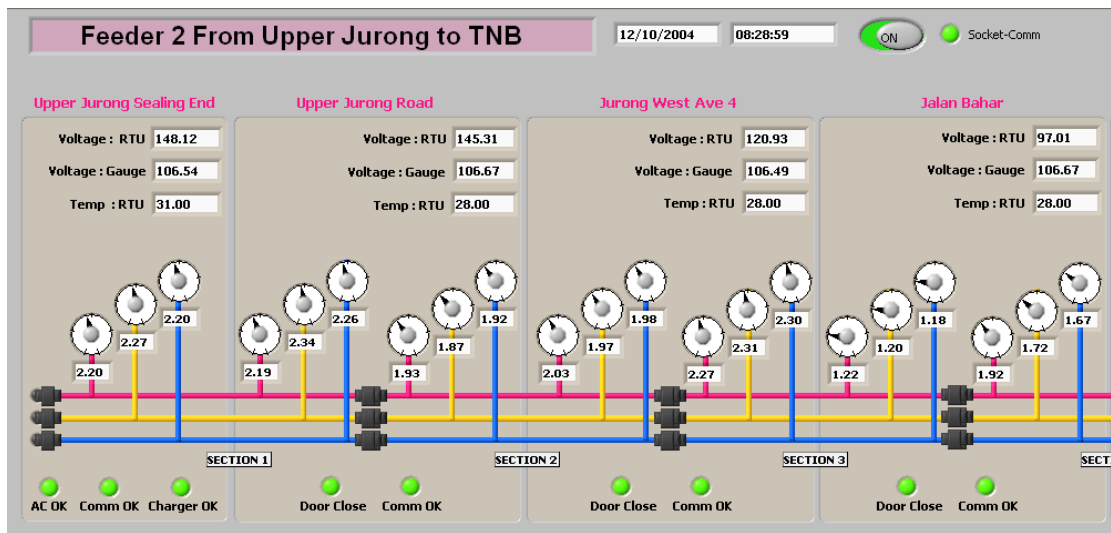


圖 4-7：充油電纜油壓監測系統

- 設備溫度監測：可分為線上量測及離線量測兩種。線上量測如變壓器之絕緣油及線圈溫度，離線量測係以紅外線(Infra Red, IR)量測設備之異常熱點。異常熱點之主要原因為接觸不量、過載或異常大電流所引起，而採用紅外線為發現異常熱點之有效量測方法。圖 4-8 為設備紅外線量測，其優點之一為不須接觸到被量測設備，工作人員安全性高。



圖 4-8：設備紅外線量測

- 開關設備六氟化硫(SF6)壓力影像監視：除監視開關設備六氟化硫之壓力警報外，亦將以可遙控之攝影機將現場設備壓力表指示之畫面送回控制中心監視。
- 絕緣油分析：將變壓器及充油電纜內之絕緣油藉由分析絕緣油中之各溶解氣體分量，來分析研判及掌握變壓器是否發生異常狀況。

6. XPLE 電纜溫度監視：藉由 XPLE 電纜內之溫控光纖來進行溫度分佈監視，以了解及掌握設備狀況，若發生異常熱點可以立即處理改善。如圖 4-9 所示。

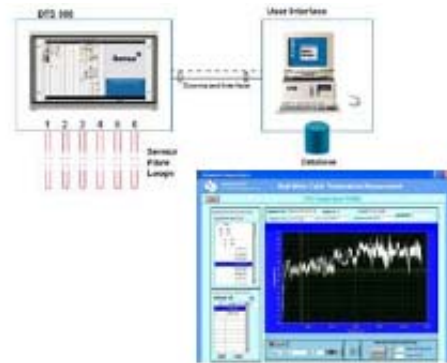


圖 4-9：XPLE 電纜溫度監視系統

(二)次要元件狀態監測

次要元件之監測項目如下：

2. 斷路器油壓監視：油壓為斷路器之操作動力，當斷路器操作多次且油壓馬達異常，或油壓洩漏，將導致油壓不足，並造成斷路器無法操作或跳脫，嚴重影響供電系統安全可靠。因此有必要就油壓進行監視。
3. 有載可動分接頭(Load Tap Changer, LTC)：可藉由監測 LTC 動作時之運轉電流，判斷 LTC 是否有機械上之問題。
4. 斷路器機構性能監視：藉由監視斷路器跳脫及閉合迴路電流，可掌握機構性能是否正常，以免發生設備無法操作或無法跳脫之問題。

二、新能源電網公司電力設備狀態監測效益及案例

新能源電網公司於 2001 年開始實施狀態監測，主要成果為於設備事故前發現弱點並及時改善共 577 件，詳細由 2001 統計至今所發現之弱點如下：

表 4-1：狀態監測成果統計

電壓等級	FY 01/02	FY 02/03	FY 03/04	FY 04/05	FY 05/06	FY 06/07	FY 07/08	FY 08/09	FY 09/10	FY 10/11	總計
400kV	0	1	1	2	0	3	1	1	1	0	10
230kV	1	3	0	1	10	7	5	8	5	7	47
66kV	1	3	2	7	6	4	13	5	11	1	53
22kV	27	11	23	31	36	45	11	15	15	32	246
6.6kV	1	5	41	39	3	34	39	14	23	22	221
總計	30	23	67	80	55	93	69	43	55	62	577*

由於事先發現設備弱點避免事故發生，可免除設備損壞更換造成之損失。經統計狀態監測之投資效益如圖 4-10 所示，其中投資總金額約新台幣 11 億，避免事故所減少之損失為新台幣 28 億，故節省約新台幣 17 億，其中統計資料尚不包含用戶因停電所造成之損失。因為設備故障次數大幅降低，故亦有效降低停電次數及停電時間，有效提高供電品質，提升供電績效。

由狀態監測所發現之各項設備弱點舉例如圖 4-11~4-18 所示。

電壓等級	400kV	230kV	66kV	22kV	6.6kV	Total
避免的事故	10	47	53	246	221	577

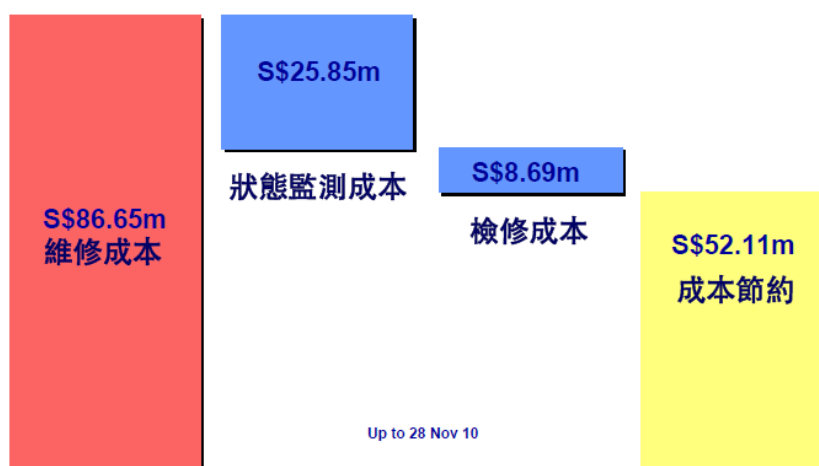
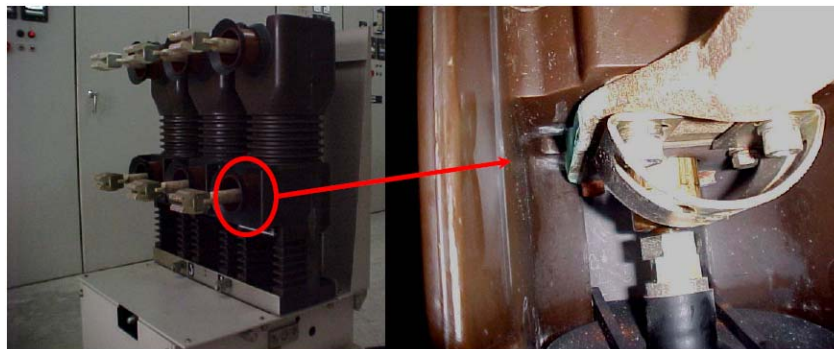


圖 4-10：狀態監測投資效益



潮濕引起腐蝕

圖 4-11：狀態監測發現弱點案例 1



腐蝕螺栓及氧化銅顯示放電由於潮濕引起

圖 4-12：狀態監測發現弱點案例 2



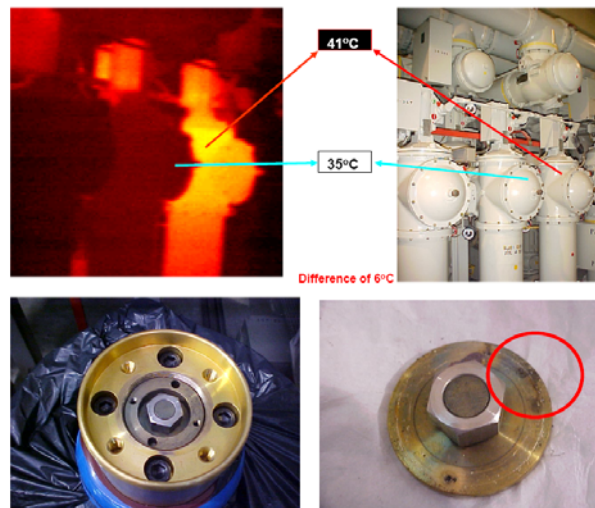
電纜終端void放電

圖 4-13：狀態監測發現弱點案例 3



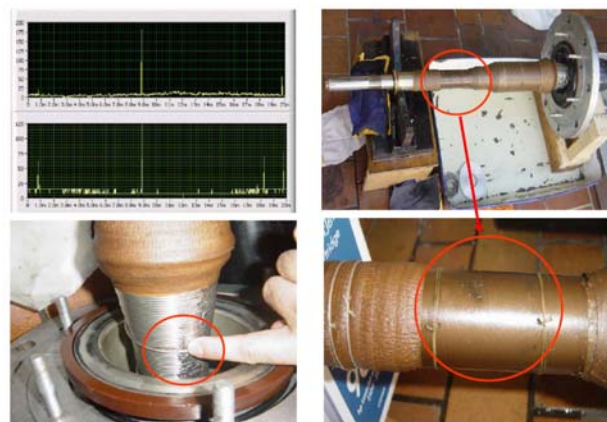
GIS SPACER有VOID放電

圖 4-14：狀態監測發現弱點案例 4



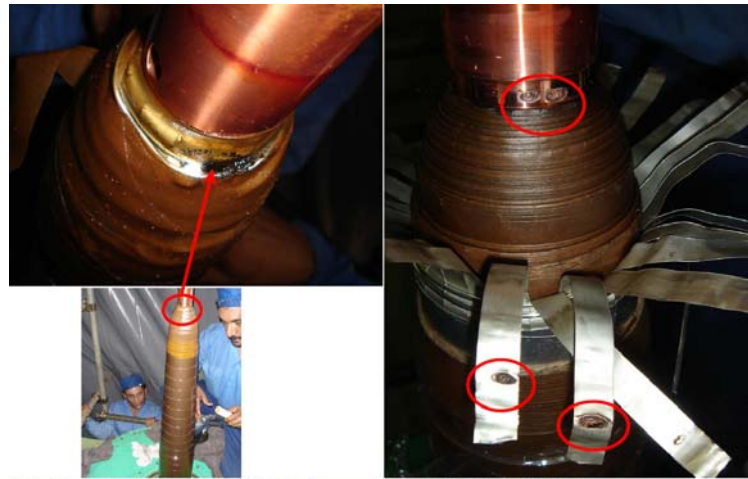
接觸不良造成過熱

圖 4-15：狀態監測發現弱點案例 5



電纜終端匣局部放電

圖 4-16：狀態監測發現弱點案例 6

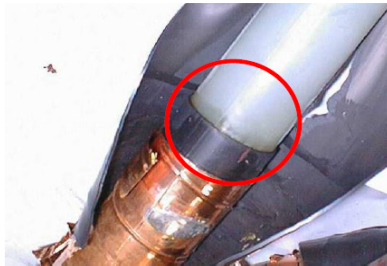


Notes: 230kV Cable Termination at TF side Ph B of Kampong Java 230kV/66kV 150MVA TF No.4

電纜終端匣局部放電

圖 4-17：狀態監測發現弱點案例 7

应力锥上没有半导体涂层



空穴放电的腐蚀痕迹



接头工处理不当

圖 4-18：狀態監測發現弱點案例 8

三、美國電力研究院電力設備診斷技術

如上所述，新加坡新能源電網公司因採用狀態監測技術，致降低設備發生事故次數，減少電力公司及用戶損失，大幅提升供電可靠度。美國電力研究院(Electric Power Research Institute ,EPRI)為國際著名電力領域研究機構，近年亦大力研究及推廣電力設備預防診斷技術，並舉辦電力設備診斷研討會，僅將其近年開發推廣之電力設備診

斷技術介紹說明如下，供相互參考比較：

(一) 變壓器

變壓器為變電所內關鍵性之主要設備，因其不僅價格由數千萬元至上億元，且異常將嚴重影響供電。變壓器線上監控可提供之資訊歸類如下：

1. 變壓器高低壓側電流、電壓及功率。
2. 變壓器套管的洩漏電流。
3. 變壓器絕緣油中的含水量。
4. 變壓器絕緣油或繞組的溫度。
5. 變壓器本體與有載分接頭箱體的溫度。
6. 變壓器絕緣油中的氫氣。
7. 變壓器絕緣油油中可燃性氣體總量(Total Combustible Gas, TCG)。
8. 變壓器絕緣油油中多種氣體分析(Dissolved Gas Analysis, DGA)。
9. 有載分接頭絕緣油線上監測及接點弱點偵測。
10. 變壓器 LTC 的接觸壓力及磨損度。
11. 變壓器冷卻系統電源跳脫及油流檢出。
12. 變壓器及 LTC 油面過低。
13. 變壓器機械保護電驛。
14. 其他如變壓器電源跳脫、活線瀘油機過載及壓力過高。
15. 運轉中變壓器的震動(分析變壓器內部機件固鎖程度及夾件鬆脫情形)。
16. 變壓器局部放電檢測(Partial Discharge Detect)。

上述各監測資訊，僅提出其中數項再作進一步說明：

項 7：變壓器絕緣油油中可燃性氣體總量

有關變壓器絕緣油中各溶解氣體為變壓器異常之重要指標，上述項 7 是監測變壓器絕緣油油中可燃性氣體總量，該監測設備價格較便宜，但無法得知各溶解氣體分量，因此若可燃性氣體總量異常時，一般還是會進行各溶解氣體之分析。

台電亦有監視變壓器絕緣油油中可燃性氣體總量，當總量超出警界值會進一步分析，必要時會取油送試進行油中多種氣體分析，SPPG 作法亦是如此。

項 8：變壓器絕緣油油中多種氣體分析

有關變壓器絕緣油油中多種氣體檢測，一般可採用定期人工取樣分析或線上分析監測方式，差別為投資成本及效益之考量。藉由分析絕緣油油中之各溶解氣體分量，來分析變壓器之異常狀況，俾儘速處理以預防事故發生。

各種各溶解氣體分量及其對應之異常原因如下：

溶解氣體成分之特徵	可能之溶解氣體來源
氫、乙炔甚多	油中電弧
氫、甲烷、乙烯甚多	導體過熱
CO CO ₂ 甲烷較顯著	膠木熱破壞
CO CO ₂ 較顯著	壓紙板熱破壞機械強度破壞
CO ₂ 較顯著	絕緣紙熱破壞

另談到絕緣紙的故障，多認為較絕緣油分解問題嚴重，一般認為當變壓器絕緣油中有 CO 的出現時表示是屬於絕緣紙故障的類型，然而，經由多種氣體線上 DGA 的使用經驗，漸漸地發現問題並非如此單純。

事實上，紙的老化也會產生 CO₂ 和 CO，尤其像是長時間處於高負載的變壓器(例如 GSU)，經過長年的累積，造成了大量的 CO₂ 溶解，另外，CO₂/CO 的比值的高低可以推估變壓器密封緊密的程度，冷卻不足(例如幫浦運轉方向相反或是冷卻器被塞住等)也會加速 CO₂ 的產生，嚴重的溫升問題也會大量加速 CO 的產生。

因此，我們可以了解到絕緣油中 CO 和 CO₂ 有重要的指標意義，但是，溫度對其判讀影響很大，在油溫度降低時，CO₂ 和 CO 會較容易被絕緣紙所吸收，造成絕緣油中測出的 CO₂ 和 CO ppm 含量降低，但一旦溫度升高時，絕緣紙所吸收的 CO₂ 和 CO 會再釋放到絕緣油中，此時油中的 CO₂ 和 CO ppm 含量會再升高時，如此一來，對定期性 DGA 的測量結果造成了很大的影響，進而會影響分析判斷。目前正透過研究紙漿的模式，希望可以找出 CO₂ 在紙和油中的 ppm 平衡曲線及其對應的數學模式。

台電及 SPPG 皆定期取油分析絕緣油油中多種氣體。

項 9：有載分接頭絕緣油線上監測及接點弱點偵測

有載分接頭包含電氣和機械兩部份，因此相對於變壓器的其它部份較為複雜的。據統計約 1/3 的變壓器故障是因 LTC 故障所引起。進一步分析其原因，為單獨電氣、機械或化學的問題，或上述三種原因混合造成。這種無法預期的故障常造成嚴重的損失，如更換故障變壓器的成本、事故造成的停電收入損失，用戶損失，以及對人員安全。

絕緣油中乙炔和乙烯氣體濃度的比值，是傳統上用來監測 LTC 狀況的方

法。這個比值的變化代表產生輕微發熱和有碳化的現象，從一般電弧模式看來，電弧產生的氣體包含氫氣和乙炔，由電弧模式演變到發熱模式這種急遽的變化是相當明顯的，遇到這種情況時通常要立即進行內檢。

經由 LTC 線上氣體監測技術，可以即時偵測到 LTC 故障的情形，包括大小及趨勢變化。因此線上監測主要的優點是可以早期偵測其氣體變化，及其比值的改變。

台電及 SPPG 並未採用此種有載分接頭絕緣油線上監測及接點弱點偵測。

項 10：變壓器 LTC 的接觸壓力及磨損度

依據使用的指示器類型，當接點使用到預定的厚度時，可以經由指示器來顯示其偵測結果，利用不同性質的指示器所發出光之波長不同，因此特定的指示器可以用來偵測當接點操作時產生的電弧對接點的影響程度。

經由氣體取樣幫浦的循環，將 LTC 上部空間氣體送到監測器，然後測量其氣體濃度確認目前接點指示器的磨耗情形。市場上的油中氣體乙炔、乙烯等線上監測系統是屬於較昂貴的儀器。EPRI 研究的監測器其成本較低，其概念是利用氣體在紅外線中對特定波長的吸收，以及經由其它在 LTC 中發現的典型氣體對特定波長的干擾。它還有項優點，就是不會消耗待測物，因此使其成為具有吸引力的線上監測系統。

但是因為紅外線的特性，目標氣體的濃度會受到測量氣體周遭溫度和壓力的影響，爲了要避免這種測量上的問題，以及簡化監測器，建議經由紅外線感應器所得到信號的比例來決定乙炔和乙烯的比值，同時爲了避免來自其它氣體的干擾，信號的比例應該和氣體的比例相對稱。

台電及 SPPG 並未採用此種變壓器 LTC 的接觸壓力及磨損度。

(二) 斷路器

1. 斷路器維護評比與狀態評估新法

斷路器的維護以往大多以時間或操作次數爲基礎，但由於資源（成本）限制或設備利用率的增加，促使維修或資產管理者尋求其他的維護準則。

本項成果就是說明許多電力事業體已經利用現有可用數據，來達成狀態基準維護的效益。將標準操作及維護資料及斷路器使用或設計資訊合併研發出一套演算法，可有效推估設備的狀況及是否須進行維護，除了提供斷路器一般性的維護需求做評比並將其分組，做資產健康與狀態分析，還有評估設

備是否須進行特別的維護，以降低依靠 TBM 維修方式。

與台電及 SPPG 作法類似，除 TBM 維修方式外，亦輔以狀態量測診斷之 CBM 維修方式。

2. 變電所設備部分放電定位系統之新發展

高壓電力設備發生故障首要原因是高壓絕緣破壞，根據 IEEE 統計指出，絕緣劣化因素比率高達 90% 以上。使用感觸器及適當射頻技術的取樣系統來量測部分放電，這個系統的優點是量測容易，尤其對送電中的變電所設備。

EPRI 自 2004 年起已著手研發射頻量測技術，對整個變電所設備做部分放電的定位並適時維修或更換，該部分放電定位系統主要包含四個感觸器組，取樣頻率為 2.5 GSps。定位放電點的方式是當突波在感觸器傳導時，量測感觸器上的延時訊號。一般來說，高精度的延時量測是本定位系統的重要關鍵，尤其是感觸器連接天線傳遞時差精確度在 0.1 ns 以內，且感觸器與取樣裝置之間並沒有無線電接收器，必須使用外差法計算，因此精確度會較差。

2007 年就有八套部分放電定位系統裝設於不同國家，裝設環境也不盡相同，除發表近期量測情形外，並詳述最新發展及推廣應用方式，現場量測完成後其結果可送回至中央伺服器，此舉可以將該系統數據存取到全世界各地區電力公司資料庫，降低相容性問題及資訊設備費用支出，還有演算程式升級都可立即完成，軟體版本永遠維持最新狀態。

SPPG 之 230KV, 400KV GIS 皆裝設線上局部放電監測設備，當發現異樣，會再輔以其它診斷方式確認，或以定位方式找出問題位置。台電 GIS 及電纜之線上局部放電監測試辦中，另亦已採用各種不同診斷方式(如 UHF, AE, HFCT)之移動式局部放電量測儀器，以進行問題確認或定位。

3. TVA 使用感測器矩陣技術做部分放電定位系統之成功案例

由 TVA 公司與 EPRI 專案小組及學術機構等共同合作的研究成果，使用感測器矩陣技術對變電所設備初期的閃絡或部分放電(Partial Discharge, PD)做連續監測，減少設備故障的發生機率，這套系統已經在英國展示過，這是美國第一套由 TVA 在 Paradise Fossil 電廠開關廠內使用。

這套系統可以很快抓到 PD 發生，並確認某些較嚴重的 PD，TVA 使用該系統做 PD 的監測追蹤，並發現 PD 後將存在弱點的設備更換，本案追蹤發現一具 69kV S 相 BPT 有 PD 產生，並利用 BUS 停電時機更換，避免進一步擴大為事故，經拆解後發現有水氣進入線圈外的絕緣帶及高壓導線有放電

痕跡，可說是一個成功的案例。

主要是介紹整個定位系統運作方式，並詳細說明成功發現 PD 的案例，這套感測器矩陣技術的定位系統對變電所設備能有效的監測 PD，另 TVA 將持續評估本系統能對於設備在閃絡或故障前發出警訊的可行性。

台電及 SPPG 並未採用此種感測器矩陣技術做部分放電定位。

4. 適合不同電力事業應用之診斷資料

旨在研討變電所設備診斷資料整合以及資訊交流的觀念，並可擴展到不同的電力事業應用，EPRI 正在進行的研究有關應用智慧型電子元件 (Intelligent Electronic Device, IED) 所記錄的資料做自動化的分析，再將資料轉換成資訊並轉成適合不同電力公司使用，說明其相關需求及應用方法，並將使用者界面的研發視為最重要的一部分。

早期的研發係針對三種類型的 IED：數位故障記錄器 (DFR)、數位保護電驛 (DPR) 及斷路器監測器 (CBM)，每一種 IED 均有自動蒐集數據功能，再進一步將數據做處理成爲資訊。著重在定義不同使用者如調度人員、電驛工程人員及設備維護人員等的使用者界面，其界面的差異係每一種 IED 擷取的資訊與從所有 IED 結合所產生的資訊二者之間的不同點。

尤其是故障分析、資產管理與即時控制等議題亦多所著墨，最重要的特色是對非運轉診斷資料的線上蒐集模式轉變成可提供並補足現有 SCADA 資料的等效運轉資料，同時也顯現 SCADA 資料對診斷工作的助益，提出資料整合與應用觀念，強化不管是線上、即時、離線或是事後的分析均可提供不同的電力事業體應用。

SPPG 已採 IED 進行斷路器狀態監測診斷，台電目前正在試辦以 IED 進行斷路器及變壓器狀態監測診斷。

5. 以保護電驛資料做斷路器診斷

先進的微處理器型保護電驛有數據通訊功能，可收集到斷路器故障時的相關訊息或正常切換操作訊息，EPRI 在 2006 年發展一套在利用保護電驛來收集資訊的程式，以偵測斷路器磨耗、性能狀況以及何時需維修等問題。本研究的研究重點依序說明如下：

- (1). 斷路器性能狀況及磨耗問題，可以藉由觀察主要電流波形、跳脫回路的電流以及輔助接點操作情形。

- (2).微處理器型保護電驛對上述資訊有擷取及通訊功能。
- (3).近期對斷路器監測資料記錄之保護電驛設計趨勢。
- (4).IED 的波形分佈到設備老化管理。
- (5).擷取有用資訊的技術及提供狀態量測。
- (6).符合業界標準有助於統一量測工具或方法的研發。
- (7).保護電驛收集資訊的診斷限制。
- (8).斷路器與保護電驛狀態基準維護之發展趨勢及解決診斷限制問題。

SPPG 已採 IED 進行斷路器狀態監測診斷，台電目前正在試辦以 IED 進行斷路器及變壓器狀態監測診斷。

6. 加州 PG&E 機構發展之 SF6 洩漏影像監測系統

加州 PG&E 機構發展中的一套新的遙控監測 SF6 氣體洩漏影像系統，使用光學及影像處理方法進行監測，該技術由 P.A.T 公司取得專利並由美國國防部委託研發，將 SF6 氣體洩漏的遙控攝影及量化之應用，推展到石油業、瓦斯業、化學業及電力業界，氣體影像技術（Gas Imaging Technology, GIT）以 Sherlock 做為註冊商標，說明包括影像光譜儀組成、操作原理、應用於電力工業以監測 GCB 或 GIS 之 SF6 氣體洩漏的實績。

Sherlock 影像技術廣為應用在美國、加拿大及歐盟各業界，該系統可以測出 SF6 氣體的洩漏率低至 1 ml/min 或 7 lbs/yr，近期則在加州 PG&E 機構進行一系列測試情形。

SPPG 已進行開關設備六氟化硫壓力影像監視，台電目前尚無此作法。

7. 斷路器潤滑觀念研討：環境及其他因素對斷路器性能之影響

高壓斷路器經常在各種不同環境下運轉操作，且可能在惡劣的環境下長時間運轉，但又希望僅需少量的維護甚至免維護，因為高壓斷路器各部位機件使用時其動作速度、頻率等與一般工業界有極大不同，如果僅是用普通礦物油做斷路器機件的潤滑恐成效不佳，所以必須使用合成潤滑油做機件的潤滑，來改善機件的性能，以確保斷路器能長時間或在惡劣的環境下持續運轉。

一般來說，潤滑的目的在於防止機件腐蝕或卡死而不是防止磨耗，良好的潤滑劑有助於防止機件磨耗或腐蝕的發生。

台電目前係採廠家建議之潤滑油；SPPG 作法則未詢問。

四、台電供電單位電力設備狀態監測技術

本公司供電單位電力設備之維護以時間基準維護為主，另輔以狀態基準；此外供電單位近年在各上級長官指示及主管處供電處主導下，已進行多項電力設備診斷技術之試辦推廣，其中包含線上或離線方式，以下僅摘要重點說明如下：

(一) 一般常態性線上監測

藉由電力調度自動化監控系統，24 小時監視電力設備狀況，包括電力設備之電流、電壓、實功率、虛功率、變壓器絕緣油或繞組的溫度、變壓器/電抗器絕緣油油中可燃性氣體總量警報、變壓器/電抗器冷卻系統相關警報、變壓器及 LTC 油面過低警報、變壓器機械保護電驛、活線濾油機過載及壓力過高、斷路器電源跳脫警報、斷路器 SF6 壓力過低警報、操作動力過低(或過高)警報、電源跳脫警報、電源接地警報、保護電驛、充電機及通訊設備相關警報等。此部份即為電力調度自動化監控系統採用之狀態監測方式。

(二) 一般常態性定期離線量測

主要為變壓器/電抗器油中多種氣體分析(送電後 1 週、1/3/6 月，每年 1 次)、變壓器/電抗器絕緣油含水量量測(每年 1 次)、變壓器/電抗器絕緣油耐壓量測(每年 1 次)、變壓器/電抗器絕緣油酸價量測(每 3 年 1 次)、GIS 含水量及 SO₂ 量測(送電後 3/6/12 月，5 年)、GIS 局部放電診斷(送電後 1 年，每 6 年)、另變壓器/電抗器/GIS 之初檢/外檢/內檢等，仍依廠家或台電規定辦理、設備紅外線測溫每年 2 次、其它如變壓器/電抗器輔機、電容器、比壓器、避雷器、所內變壓器、充電機及自動化設備等，皆依設備規定之維護週期進行維護，此部份即為時間基準維護方式，亦為電力公司採用之主要之維護方式。

(三) 避雷器洩漏電流線上監測系統

台灣地處雷擊區域，避雷器為線路、變壓器及開關設備之重要保護設備，可避免因雷害造成電力設備損害，進而造成停電事故或電壓驟降。但近年來卻發生多起因避雷器本身異常造成之事故，因此極有必要加強避雷器維護。一般送電中避雷器之監測採用紅外線測溫或洩漏電流(總電流、電阻性電流、第三次諧波電流)方式量測，但一般必須以人工方式量測。避雷器之停電量測則量測絕緣值、介質損、功率因數及放電試驗等。相較之下，採用送電中量測因不須停電，故為較方便之方法，若送電中量測發現異樣，再安排停電進一步確認。本系統改採線上自動量測方式監控，除可免除人工量測外，亦可掌握避雷器狀況進行軟體趨勢分析。目前安裝於台中供電區營運處中寮超高壓變電所試辦中，已發現兩起避雷器劣化並即時更換，避免事故發生，

初步評估效果不錯，將擴大試辦變電所。避雷器洩漏電流線上監測系統如圖 4-19 所示。

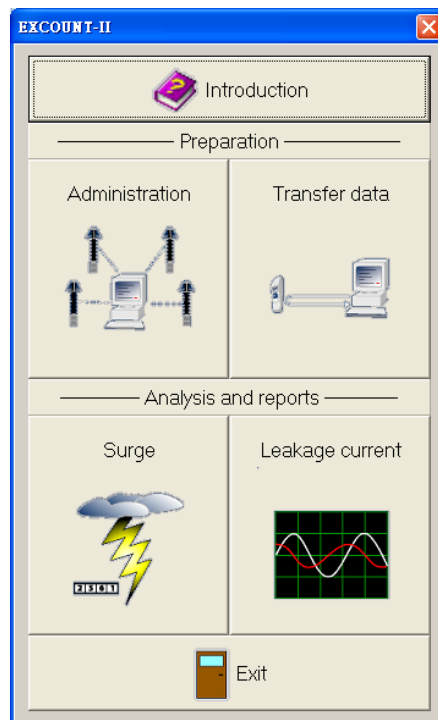


圖 4-19：避雷器洩漏電流線上監測系統

(四) XLPE 電力電纜狀態監測系統

345KV XLPE 電力電纜之線上監測，目前安裝於台中供電區營運處霧峰及后里超高壓變電所試辦中，可分為三部份：XLPE 電纜局部放電量測系統、電力電纜光纖溫度監測系統、電力電纜差動保護電驛。

1. XLPE 電纜局部放電量測系統

本系統採用超高頻感測器，長期量測及記錄電纜及終端匣是否有局部放電現象。霧峰超高壓變電所加入系統前 345KV 電纜遞升加壓時，即由此電纜局部放電量測系統發現電纜異音，經進一步拆解發現電纜確有不良放電情形，如圖 4-20 照片所示。



圖 4-20：XLPE 電纜局部放電量測系統發現電纜不良局部放電

此外亦於台南科學園區 345KV 電力電纜裝設局部放電線上監測系統，長期監測記錄電力電纜，並於量測值超出預設警戒值時發出警報提醒相關人員處理。本系統可與霧峰超高壓變電所採用之系統進行評估比較。

2. XLPE 電力電纜光纖溫度監測系統

於 XLPE 電力電纜內建光纖線路，配合監測系統監視及量測電纜及終端匣溫度分布情形，如圖 4-21 所示，並於溫度超過設定值時(電纜終端匣溫昇達 70 度，電纜線溫昇達 55 度)發出警報提醒相關人員處理。此部份與新能源電網公司作法相同。

3. XLPE 電力電纜差動保護電驛

345KV 線路除既有全段線路差流電驛及測距電驛保護外，針對連接站至 GIS 間之電力電纜亦另增加差流保護，其主要目的當事故跳脫若屬電力電纜引起之事故，則此電驛將閉鎖線路復閉電驛功能，以免因斷路器復閉造成電力電纜二次傷害及發生第二次事故，影響系統安全或再造成電壓驟降。

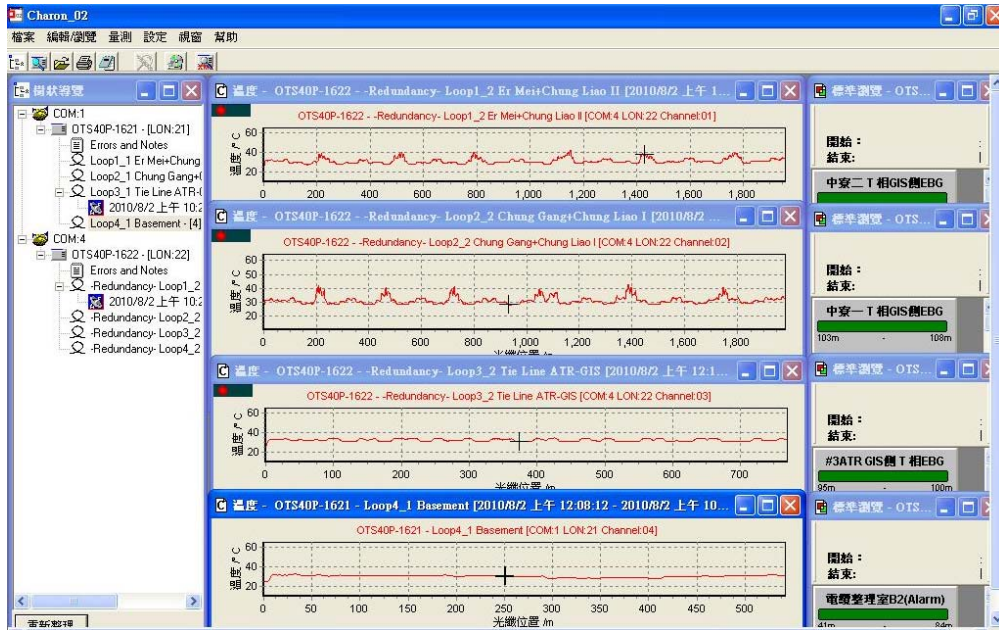


圖 4-21：XLPE 電力電纜光纖溫度監測系統

(五) 智慧型電子元件之應用

智慧型電子元件本身即具有量測電壓、電流、狀態等功能，且本身內部軟體亦具計算實功率、虛功率、累積電力量、接點時間及預定內檢累積遮斷容量等功能，故可由智慧型電子元件及軟體系統進行斷路器及變壓器之狀態監測及預防診斷，以下為目前試辦情形：

1. 週美 D/S 及過埤 D/S GIS 狀態監視

目前於台北及高屏供電區營運處試辦，其監測功能包括：跳脫迴路監視、SF6 壓力監視、接觸子損耗監視、彈簧儲能監視、斷路器操作運轉時間、動作時程監視等。相較於新能源電網公司之僅監視斷路器跳脫及閉合迴路電流，本公司之監視方式掌握更多 GIS 設備狀況並提供預知保養之重要資訊。系統架構如 4-22 所示。

2. 變壓器老化等狀態監視

本項於台北供電區營運處深美超高壓變電所試辦，本系統係取樣監視變壓器各項運轉資料，最主要是藉由量測變壓器底部及頂部之油線溫、絕緣油含水量、負載情形等，推估變壓器老化。同時亦可監測保護電驛、油泵、冷卻風扇運轉狀況等，如果有需要亦可選配 LTC 磨耗監視。冷卻風扇亦可自動切換及自動運轉，以達節能之目的。本系統所量測資料如圖 4-23 所示。

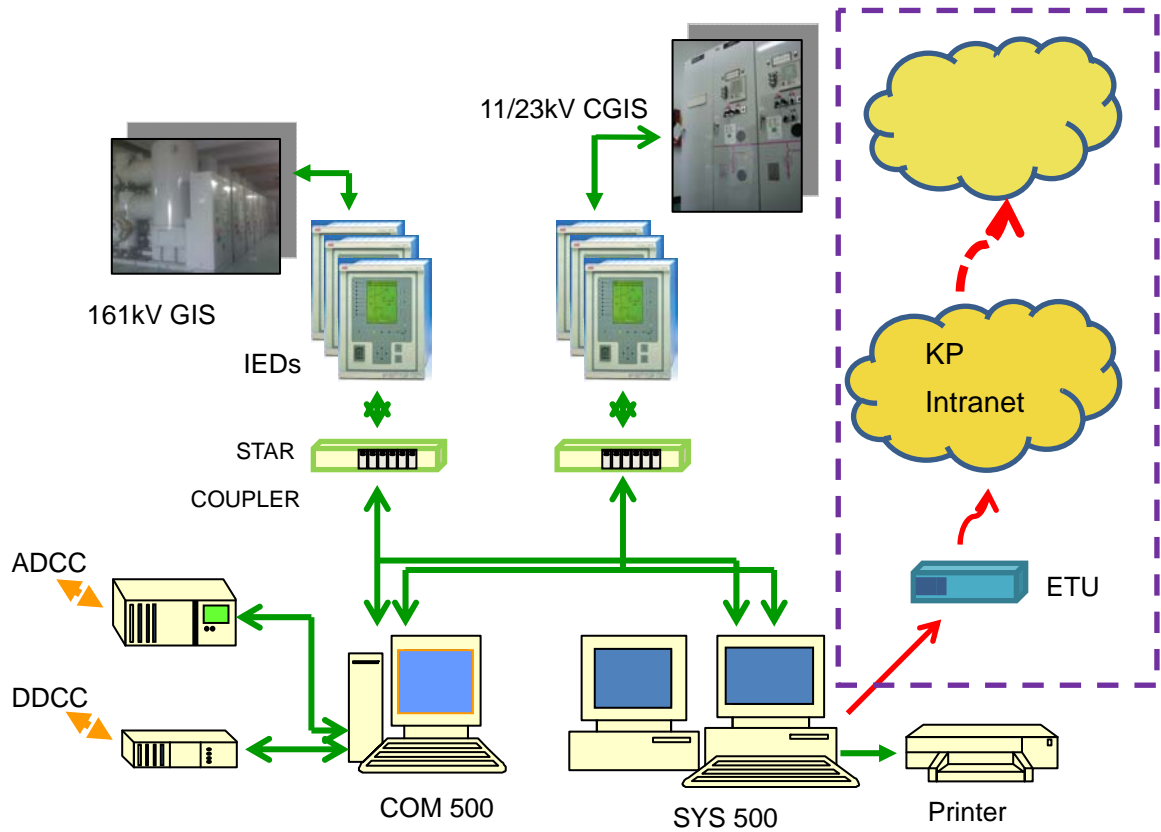


圖 4-22：GIS 狀態監測系統架構圖

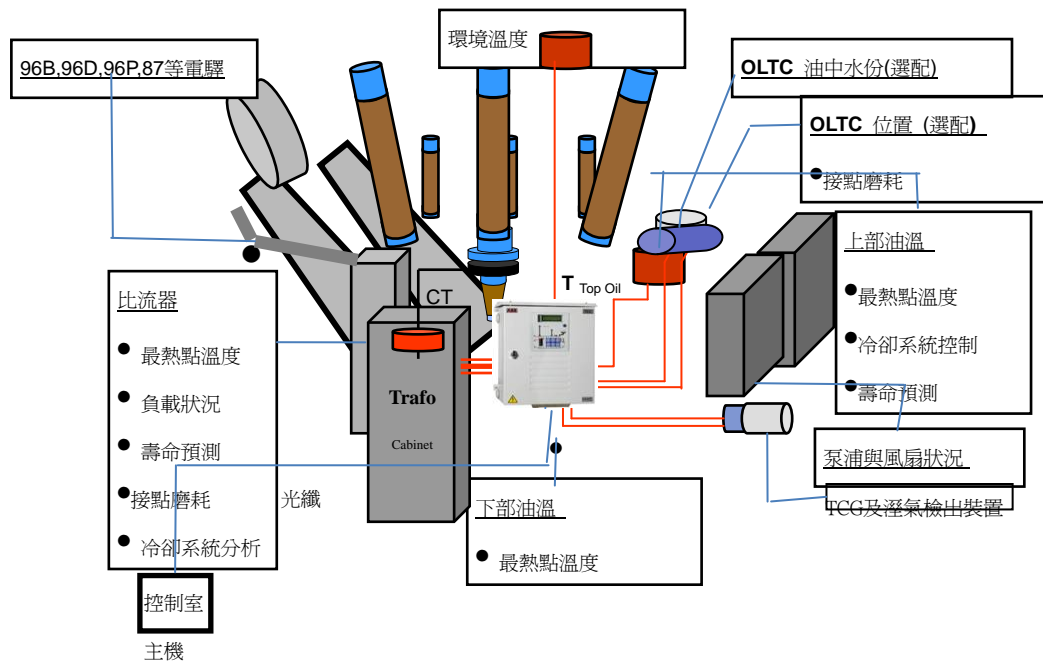


圖 4-23：變壓器老化等監測資料示意圖

3. 高風險變壓器狀態監視

本項計畫主要由各供電區營運挑選風險較高之變壓器，藉由智慧型電子元件量測記錄變壓器突入電流/開啓電流，希望藉由分析突入電流/開啓電流之特性，掌握變壓器狀況。

(六) 絕緣油油中可燃性氣體總量(TCG)線上監測系統

供電單位 161KV 以上變壓器/電抗器已全面裝設絕緣油油中可燃性氣體總量監測儀器，目前係作法為當可燃性氣體總量超出預設值時發出警報通知相關人員處理，同時每季下載進行可燃性氣體總量變化趨勢分析。因變電所分散各地，且每季下載無法掌握可燃性氣體總量即時變化，故由花東供電區營運處及高屏供電區營運處試辦網路遠端下載功能，俾即時分析掌握變壓器運轉狀況。

(七) 161KV GIS 局部放電線上監測系統

目前於台中供電區營運處線西 D/S 試辦，即於 161KV GIS 內建 UHF 感測器，再用儀器下載分析監測 GIS 是否發生局部放電。與新能源電網公司作法類似。

(八) 變壓器 LTC 運轉電流監視

藉由操作變壓器 LTC 時量測記錄 LTC 運轉電流，判斷 LTC 機械迴路上是否有問題，目前嘉南供電區營運處試辦中，作法上與新能源電網公司相同。

伍、心得及建議事項

此次奉派至新加坡新能源電網公司參訪，雙方就輸電及配電設備之規劃、設計、施工、汰換及運轉維護等方面進行熱烈之討論，僅就心得及建議事項摘要如下：

1. 新加坡無颱風、無地震，採全屋內式變電所、採地下電纜，無鹽霧雷害及外物碰觸事故，因此供電績效良好，此為該公司之優良供電條件。
2. 電力系統至少採 N-1 規劃設計，因此事故停電不一定會影響用戶供電，亦可順利進行計劃性不停電轉供。
3. 輸變電設備採預防性狀態監測維護技術，已且多次預防事故發生，亦已累積相當多之技術經驗，有效提高設備可靠度。其中 230KV, 400KV GIS 為重要設備，全面裝設內建線上 PD 監測設備。此部份台電正在試辦中。
4. 於配電運轉中心同一地點，備有配電級緊急供電車，遇停電事故時，工程車與緊急供電車同時出動，經適當開關操作隔離後，故障區由緊急供電車之發電機先行復電，該方式頗值得參考。
5. 400KV, 230KV 電力電纜原採用 XPLE，後因陸續發生多起事故，且國外亦有相同事故發生，為避免影響供電品質，經評估檢討後，已全部改採用 OF 電力電纜，迄今運轉情形良好。主要因素為該公司為私人公司，不受政府相關規定束縛，各項決策非常靈活。
6. 因考慮電纜線電容特性，必需安裝電抗器以作為平衡，故有關變電所配置，無論裝設與否，均考慮預留電抗器空間，可提供本公司未來變電所規劃參考。
7. 新加坡採輸配電設備資產及維護分家，即該新能源公司僅擁有維護技術能力不擁有資產，若設備維護不良績效不彰，則隨時可能被撤換，消除員工吃大鍋飯心態。一切以績效為導向，若因績效提升節省費用，則利潤由員工及用戶共享，有效激勵員工。
8. 外界因素造成之電纜停電事故，肇事者須主動舉證已盡到責任(如已向輸電公司買圖、量測、試挖等)，否則肇事者將受罰，可有效遏止外界引發之事故。
9. 若因用戶設備因素造成電壓驟降 3 次，則用戶委任之維護技師處以吊銷執照之處份，用戶之負責技師將負起設備確實維護之把關責任，有效降低事故提升供電品質。
10. 變電所自動採 RTU 架構，不採用 Local SCADA 架構，主要因素為維護困難及可靠度不足，與台電目前方向相同。
11. 從法規環境面觀察，新加坡電業主管機關為能源管理局(EMA)，事權集中，責任明確，交流時星方人員雖表示系統調度工作由 EMA 負責，經事後再查証，應係 EMA 之下的 EMC 公司負責電力市場運作，輸變電工程核批過程，必須經過 EMA 參與，復由於新加坡公權力可以貫徹，一旦政策上完成決定，工程興建推展較易於掌握。就本公司輸變電工程執行時所遭遇困境，建議考慮將電力供應之部份決策與責任，能有地方政府參與，以減少地方政府不配合情事。