

出國報告（出國類別：開會）

參加電力系統動態安全分析使用者年會，
考察美國德州大學能源研究中心、美國中
西部調度中心與美國電力研究院有關調
度運轉技術。

1

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：處長：籃宏偉

中央調度監：劉坤城

派赴國家：美國

出國期間：自 99 年 9 月 27 日

至 99 年 10 月 10 日

報告日期：99 年 11 月 10 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加電力系統動態安全分析使用者年會，考察美國德州大學能源研究中心、美國中西部調度中心與美國電力研究院有關調度運轉技術。

頁數 28 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)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
藍宏偉	台灣電力公司	電力調度處	處長	(02)2366-6600
劉坤城	台灣電力公司	電力調度處	中央調度監	(02)2366-6642

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：99 年 9 月 27 日 至 99 年 10 月 10 日

出國地區：美國

報告日期：99 年 11 月 10 日

2

分類號/目

關鍵詞：DSA 電力系統動態安分析程式、PSAT 電力潮流計算以及故障電流分析、調度員訓練、VSAT 電壓穩定度分析、TSAT 暫態穩定度分析、SSAT-小訊號穩定度分析、RTO 區域輸電組織。

內容摘要：(二百至三百字)

一、考察內容：

本處特殊保護系統(Special Protection System, SPS)分析工具為加拿大Powertech公司開發之電力系統動態安分析程式(DSA Tools---VSAT, TSAT)，故應邀派員參加2010使用者年會，以利本公司相關業務之進行與電力分析技術之提昇。另為因應未來電業法經建會版通過後電力調度所需進行之調整與轉機制，前往考察美國德州大學能源系統研究中心、美國中西部調度中心與美國電力研究所，了解美國電業調度運轉機制與

作業情形。

二、感想及建議：

在美國電力市場完全自由競爭之環境下，電力市場活動時時刻刻在挑戰最經濟；因此電力系統網路安全性即時性之線上安全分析尤其是重要，需要隨時找出安全極限，定出運轉範圍。本公司中央調度中心新建之EMS系統亦包含有電力系統網路安全性即時之線上分析功能，亦陸續上線使用，建議持續加強業界交流，交換使用心得，以增強電力系統運用及運轉技術。

Midwest ISO調度員訓練簡報，依據NERC規定執行及察核，每位有證調度員，每年至少需接受個在職訓練70小時，其中包括32小時之緊急調度訓練，Midwest ISO自有六班值班調度員以因應訓練NERC規定要求。建議建立本公司調度員認證制度，充實本公司中央調度中心之調度值班人力為六班，加強調度員系統模擬調度訓練，提高電力系統運轉安全。³

美國電力研究院(EPRI)之P39(Grid Operations)研究計劃主題為：面對智慧型輸電網路之新世代電網監視、分析與控制；建議本處參加EPRI該項研究方案，以提供本公司在電力系統網監視、分析與控制方面更能夠有多之進步。

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

目 錄

	頁數
壹、 出國目的.....	2
貳、 出國行程.....	3
參、 感想與建議.....	4
肆、 考察內容.....	5-28

壹、出國目的

一、為防止大停電發生所建置之特殊保護系統(Special Protection System, SPS)，需定期使用加拿大 PLI 公司開發之電力系統動態分析程式(DSA Tools---VSAT, TSAT)，故派員參加其使用者年會，有助本公司相關業務之進行與電力分析技術之提昇。為因應未來電業法經建會版通過後電力調度所需進行之調整與轉機制，前往考察美國德州大學能源系統研究中心、美國中西部調度中心與美國電力研究所，了解美國電業市場自由化之運轉機制與作業情形。

二、出國人員如下：

籃宏偉（電力調度處 處長）

劉坤城（電力調度處 中央調度監）

三、開會及考察主要項目如下：

（一）參加 Powertech DSA Tools 2010 使用者年會

（二）訪問 德州大學阿靈頓校區能源研究中心（ESRC UTA）

（三）訪問 美國聖保羅中西部調度中心（Midwest ISO St. Paul. MIN）

（四）訪問 美國電力研究院（EPRI）

2

四、出國日期為民國 99 年 9 月 27 日 至 99 年 10 月 10 日，共計 14 天。

貳、出國行程：

本次出國開會及參訪行程自99年9月28日抵達德州首府奧斯汀 Powertech DSA Tools Users 年會會議地點，即告展開。在參與兩天半之會議後，Powertech 亦安排與會者參觀德州 ISO ERCOT，以更瞭解 Powertech DSA Tools 在 ERCOT 應用之成果。在 Powertech DSA Tools Users 年會後，順道至阿靈頓德州大學能源研究中心，拜訪能源研究中心主任 Dr.Lee及美國電力系統學界耆老 Prof.M-S Chen，交換電力系統理論與實務經驗。隨後飛往 明尼蘇達州明尼亞波利城，參訪聖保羅中西部獨立調度中心（Midwest ISO），再轉往舊金山訪問美國電力研究院（EPRI），訪談智慧型輸電系統之最新發展方向與議題，以做為未來本公司之參考。此次開會及參訪一路行程順暢，收穫頗多，於10月9日早上1時30分由舊金山國際機場搭機返國，圓滿完成任務，結束此次開會考察行程。

日期	行程
9/27 (一)	長榮 BR-0012 台北 (18:40) -洛杉磯 (15:55)，美國航空 AA 2234 洛杉磯 (18:40) -奧斯汀 23:30
9/28 (二)	Powertech DSA Tools Users 年會報到閱讀資料
9/29 (三)	參加Powertech DSA Tools Users 年會
9/30 (四)	參加Powertech DSA Tools Users 年會
10/1 (五)	參加由Powertech安排之德州ISO ERCOT參觀
10/2 (六)	德州奧斯汀-德州大學阿靈頓
10/3 (日)	德州大學阿靈頓能源研究中心參觀及研討
10/4 (一)	德州大學阿靈頓能源研究中心參觀及研討
10/5 (二)	美國航空 AA 450 達拉斯/沃斯堡 (10:35) -明尼亞波利 (13:00)
10/6 (三)	參訪 聖保羅中西部獨立調度中心 (Midwest ISO)
10/7 (四)	全美航空 US 407 明尼亞波利 (11:25) -舊金山 (15:45)
10/8 (五)	訪問美國電力研究院 (EPRI)
10/9 (六)	返國 長榮 BR-0017 舊金山 (1:30)
10/10 (日)	抵達 台北 (5:50)

參、感想與建議

- 一、在美國電力市場完全自由競爭之環境下，電力市場活動時時刻刻在挑戰最經濟；因此電力系統網路安全性即時性之線上安全分析尤其是重要，需要隨時找出安全極限，定出運轉範圍。參加 Powertech 之 DSA Tools 使用者年會瞭解到其近期之軟體功能的更新的部分，其中包含使用者介面的更新，動態模型的更新，以及與EMS連結的整合工具，並得以與 ERCOT 交流 DSA Tools 使用情況。本公司中央調度中心新建之EMS系統亦包含有電力系統網路安全性即時之線上分析功能，亦陸續上線使用，建議持續加強業界交流，交換使用心得，以增強電力系統運用及運轉技術。
- 二、Midwest ISO調度員訓練簡報，依據NERC規定執行及察核，每位有證調度員，每年至少需接受個在職訓練70小時，其中包括32小時之緊急調度訓練， Midwest ISO目前有六班值班調度員以因應訓練NERC規定要求。
- 三、建議建立本公司調度員認證制度，充實本公司中央調度中心之調度值班人力為六班，加強調度員系統模擬調度訓練，提高電力系統運轉安全。⁴
- 四、美國電力研究院(EPRI)之 P39(Grid Operations)研究計劃主題為：面對智慧型輸電網路之新世代電網監視、分析與控制；建議本處參加EPRI 該項研究方案，以提供本公司在電力系統網監視、分析與控制方面更能有多之進步。
- 五、本次所參訪之德州 ISO (ERCOT)及 Midwest ISO 其調度體系組織採取二階層方式，在中央端 (ISO) 電網及電源皆為指令調度，發電廠、輸電公司的操作控制中心 RTO 及現場，再依指令進行操作。因應 IT 技術之快速進步，智慧型電網規劃之潮流，建議本公司調度體系組織由現行中央、區域、配電分別獨立調度之三階層式調度方式，漸進的往中央、區域及配電整合成爲二階層調度組織，以提升效率。如未來台灣依電業法規定需設 ISO 時，有電力市場經驗之人力將有明顯需求，建議可借重目前在美國 ISO 電力市場工作台籍工程師之豐富經驗。

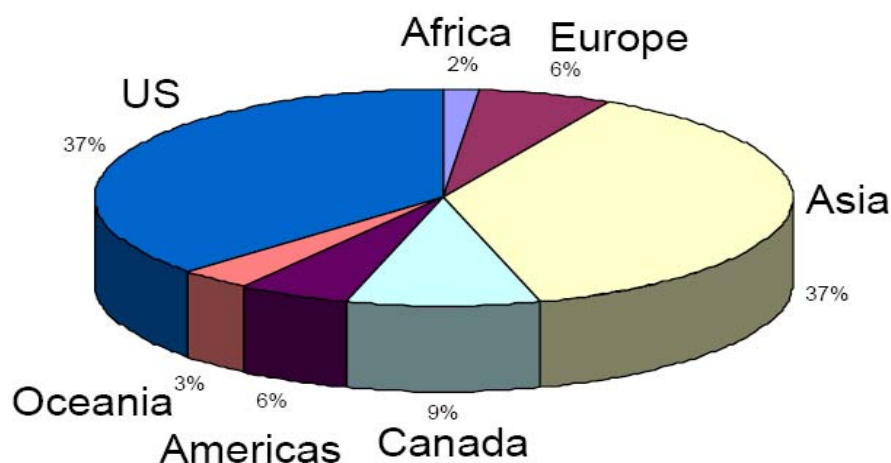
肆、 考察內容

一、 參加 2010 Powertech 之 DSA Tools 使用者年會

1、 與會之使用者如下：

- > AESO (Canada)
- > Alstom Grid (US)
- > California ISO (US)
- > CenterPoint Energy (US)
- > CFE (Mexico)
- > ENMAX (Canada)
- > Entergy (US)
- > ERCOT (US)
- > IESO (Canada)
- > ITC Holdings Corp (US)
- > Memorial University of Newfoundland (Canada)
- > Midwest ISO (US)
- > Pacific Northwest National Lab (US)
- > PECO Energy (US)
- > San Diego Gas & Electric (US)
- > Southern Company Services (US)
- > Taiwan Power Company (Taiwan)
- > Tennessee Valley Authority (US)
- > WECC (US)

與會使用者之國家或地區分布如下：



DSATools 為一電力系統分析模擬軟體，可進行每種穩定度及全系統的安全評估。此外，其高度的自動化功能，對於即時系統的動態安全分析極為重要。DSATools 的軟體核心包含 PSAT、VSAT、TSAT 和 SSAT，當該系統直接與電力系統能源管理系统（EMS）整合，可在固定時間週期內連續進行系統安全性分析，以提供調度人員所需之系統安全極限、關鍵故障識別以及防止系統崩潰的補救措施等重要訊息。本次 DSA 使用者年會主要介紹近期軟體功能的更新部分，其中包含使用者介面的更新，動態模型的更新，以及與 EMS 連結的整合工具；此外，對於 NERC 新增修的電網安全準則，在此會議裡也提供一示範，使瞭解如何利用 DSA 完成各項安全準則的診定。 DSA 軟體包含以下四項主要工具軟體：

PSAT-電力潮流計算以及故障電流分析

VSAT-電壓穩定度分析

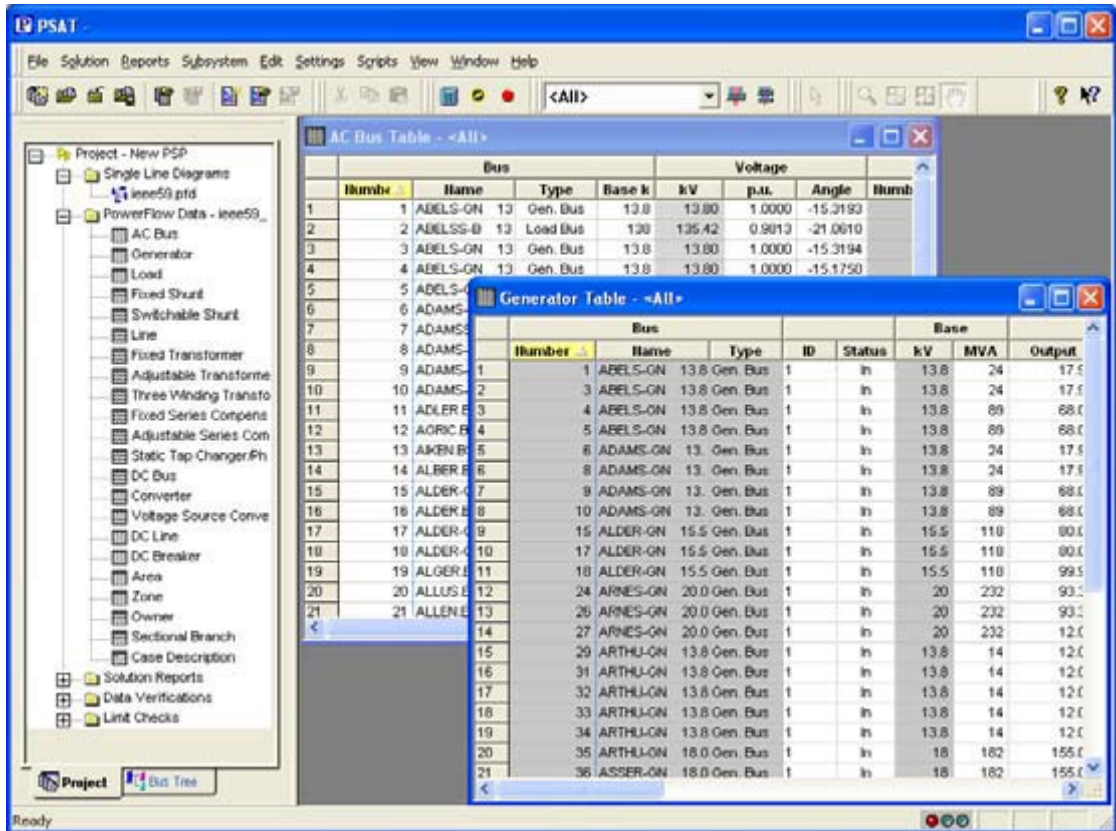
TSAT-暫態穩定度分析工具

SSAT-小訊號穩定度分析

6

2-1 電力潮流及故障電流分析工具(PSAT)

PSAT 為一圖形化的電力潮流程式，如下圖所示，與 PSS/E 的電力潮流與故障電流分析近似，可獨自運行或與其他的 DSA TOOLS 進行資料數據交換。此程式用於建立及修改電力潮流算例(Base Case)，評估過載及電壓狀況，製作圖表化的報告輸出，以及建立 DSA Tools 其他程式的初始數據。此一程式與 PSS/E 並無太大差異性。



PSAT 使用者介面

7

其特點為可採用拖放方式產生單線圖，並於單線圖上顯示運算結果，以及利用不同顏色標示不同載流量，如下圖所示，此特點與 Power World 或 PSS/E 極為相似。

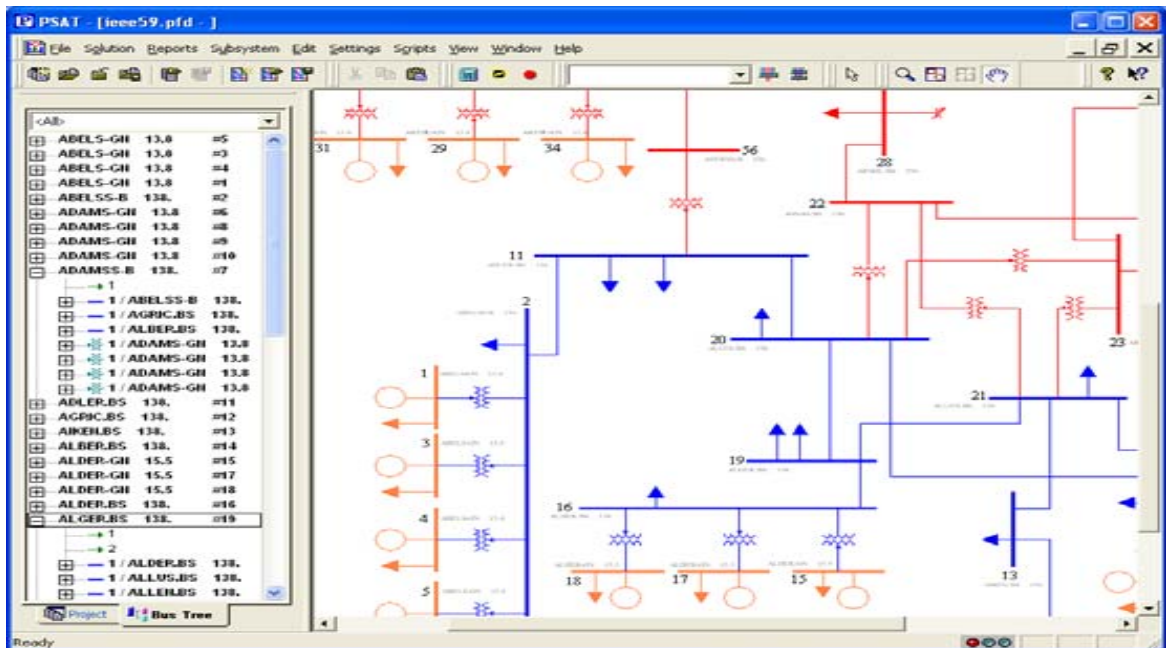
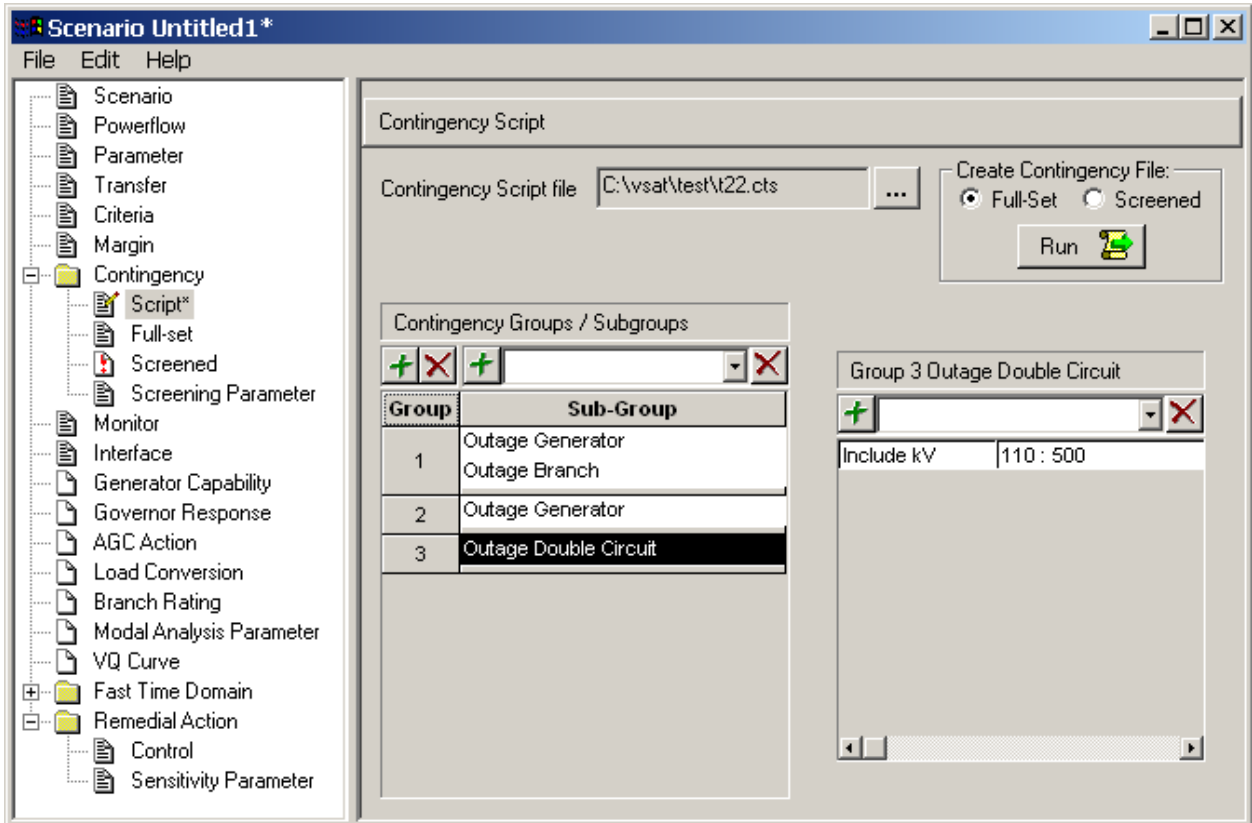


圖 PSAT 圖形化介面

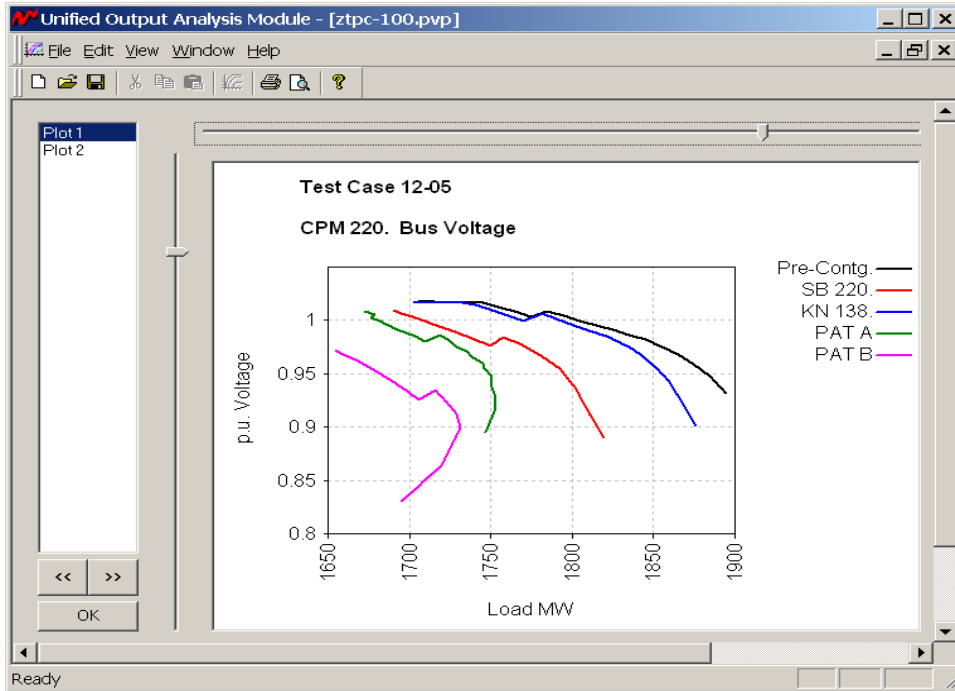
2-2 電壓安全分析工具(VSAT)

VSAT 為一電壓穩定度分析工具，能夠進行全系統的電壓安全評估，對於大量的事故分析及安全條件定義可靈活設定。下圖為故障事故設定圖例。

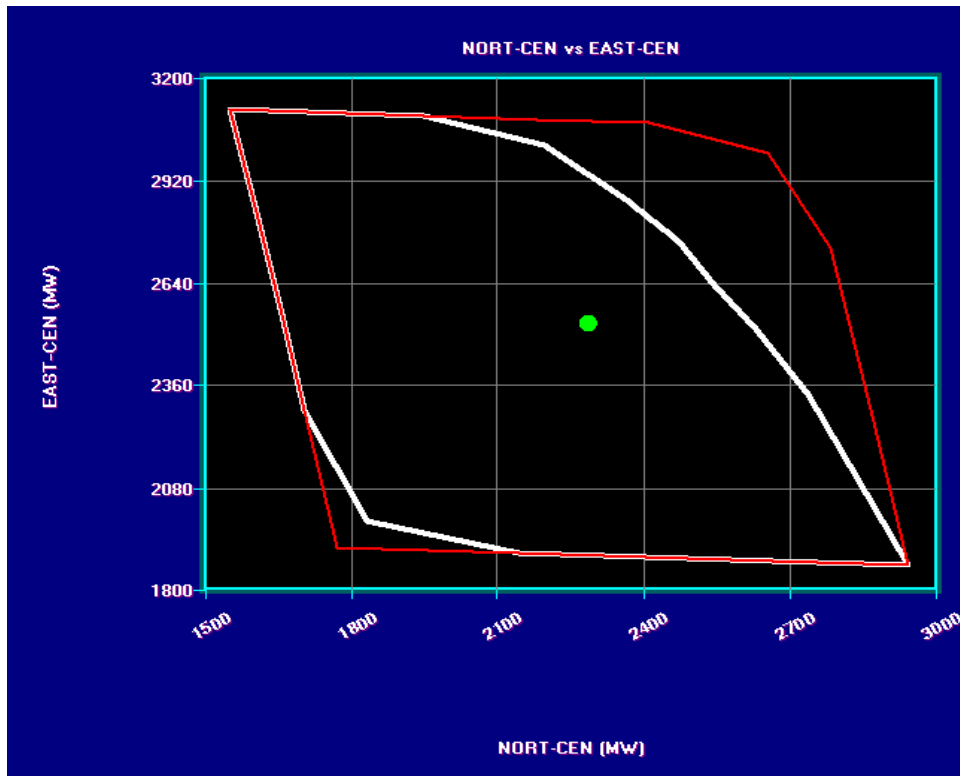


VSAT 故障事件建立畫面

此軟體可作為電網需功規劃研究、運轉計畫研究（安全極限分析）、線上電壓安全分析（電壓裕度計算）、線上傳輸能力分析以及線路的熱極限分析。下圖為一電壓穩定度輸出圖例。本項功能之特色為：計算負載傳輸極限及電壓穩定裕度，以及彈性的安全標準的設定，可包括：電壓裕度設定、高/低電壓範圍、需功備轉以及線路熱容量。以及圖形化結果輸出介面可提供調度員更清楚之分析資料。



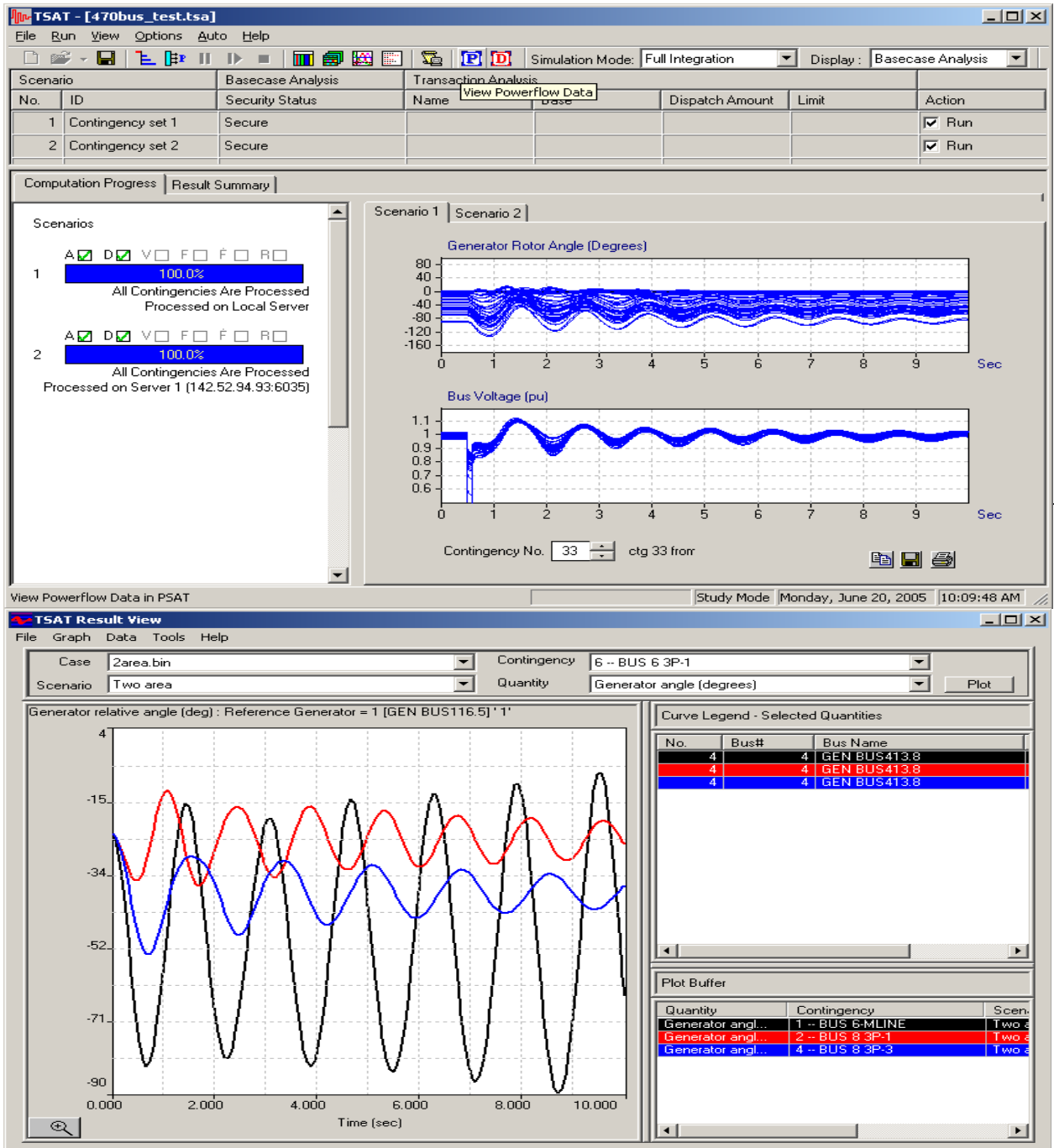
VSAT 電壓穩定度輸出之 PV 曲線輸出



VSAT 電壓穩定度 2D 圖形化輸出

2-3 暫態穩定度分析工具(TSAT)

TSAT 為一時域模擬工具，用於模擬複雜電力系統的動態行為。TSAT 的模型庫相當豐富，介面也想當直觀。與 VSAT 和 SSAT 相似，TSAT 在給定故障類型及傳輸條件下，可經由疊代方式，自動尋找系統的安全極限。下圖為暫態穩定度輸出圖。



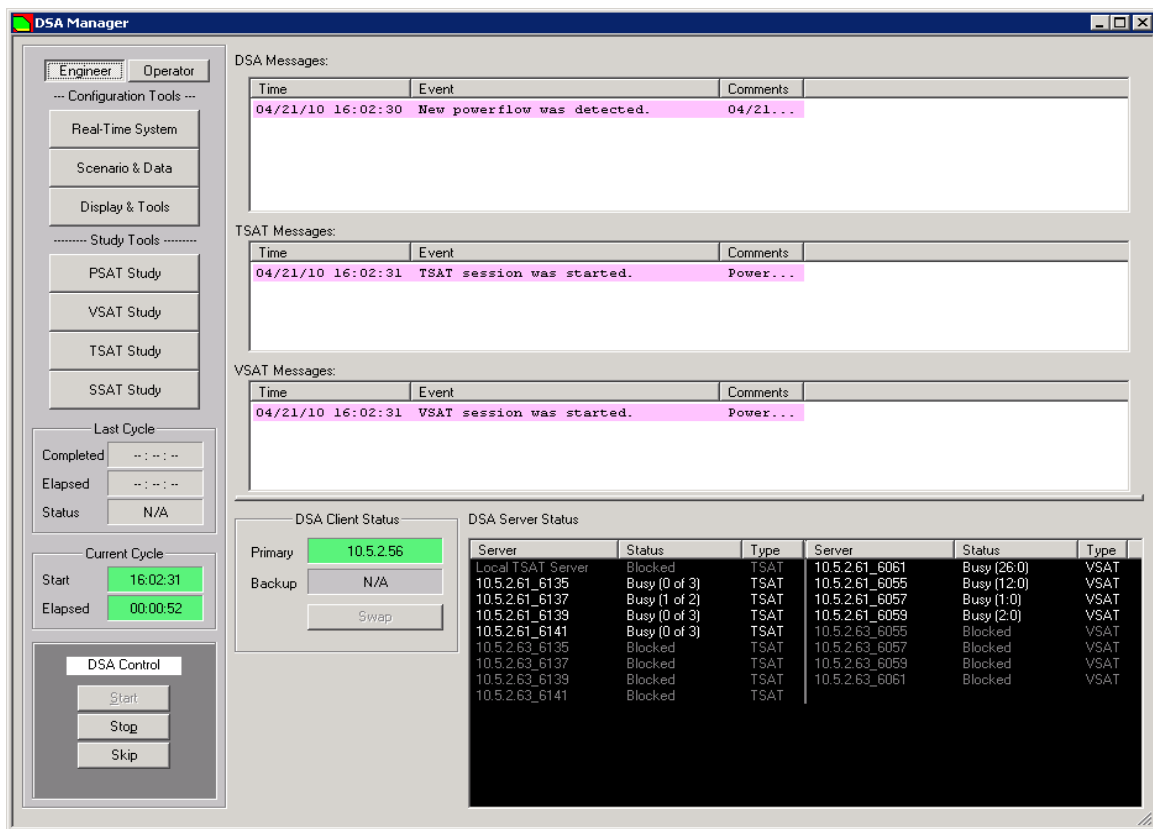
TSAT 暫態穩定度輸出圖

本軟體可用於 研究包括轉子角度、電壓及頻率穩定度的問題，以及輸電系統規劃和運轉單位用以評估運轉極限值。

軟體特點為全時域模擬，以暫分析態穩定、振盪阻尼、暫態電壓及電驛裕度的標準為基礎，其機組及負載模型庫完整並可包含用戶自建模型，其自建模型部分為圖面式輸入介面。運算時可同時處理多個故障場景，以及自動搜尋安全極限值，最終結果可經由圖形化介面輸出。

3、DSA Manager 工具

線上的 DSA 工具，其經由 SCADA/WAMS 以及 EMS 系統之狀態評估結果，來取得即時系統狀態。而 DSA Manager 則提供此一線上 DSA 系統平台，以達到系統安全監控、預測、警告等智慧型電網功能。資料介面不僅經由 DSA Manager 進行溝通，其餘 DSA 在線軟體皆可經由 DSA Manager 來執行，標準界面如下圖所示。



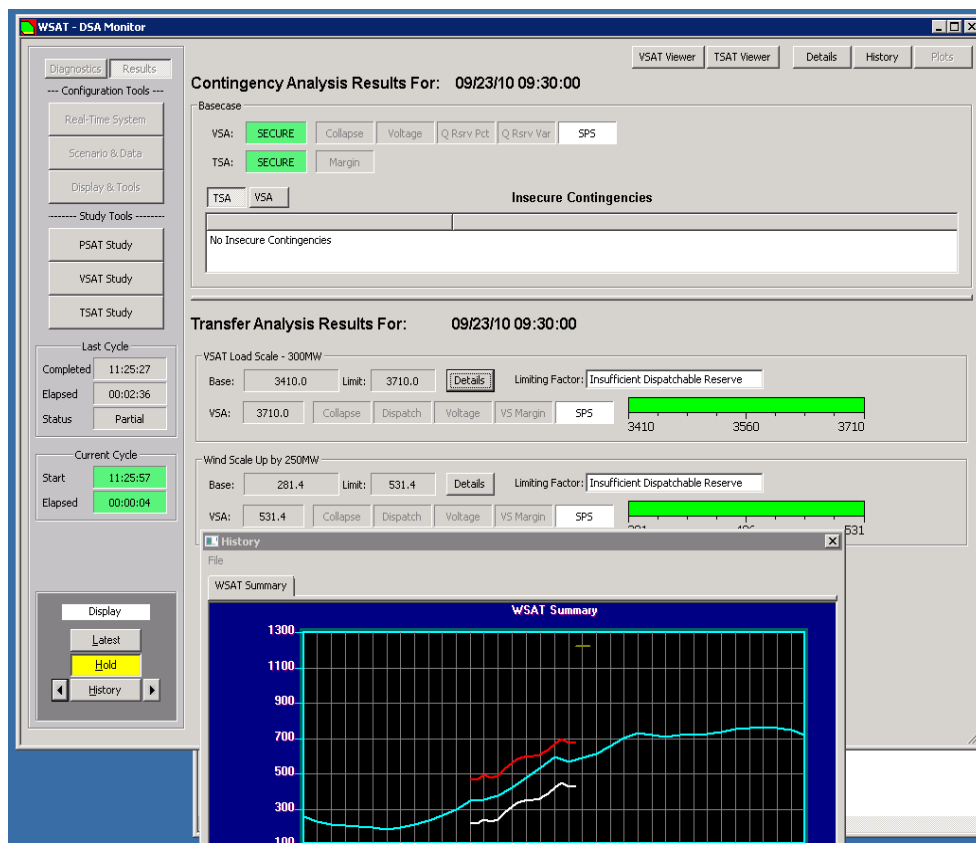
11

DSA Manager 介面畫面

根據 on-line DSA 的分析結果，DSA Manager 可達到下列的應用目的。

- 系統的安全狀態及限度監測
- 穩定度極限評估
- 提供避免及矯正措施的建議
- 實、虛功率的備轉量評估
- 系統模型之驗證
- 系統復電分析

其最終結果可以依客戶需求，客制化輸出畫面，下圖為某電力公司之實際客製畫面。



12

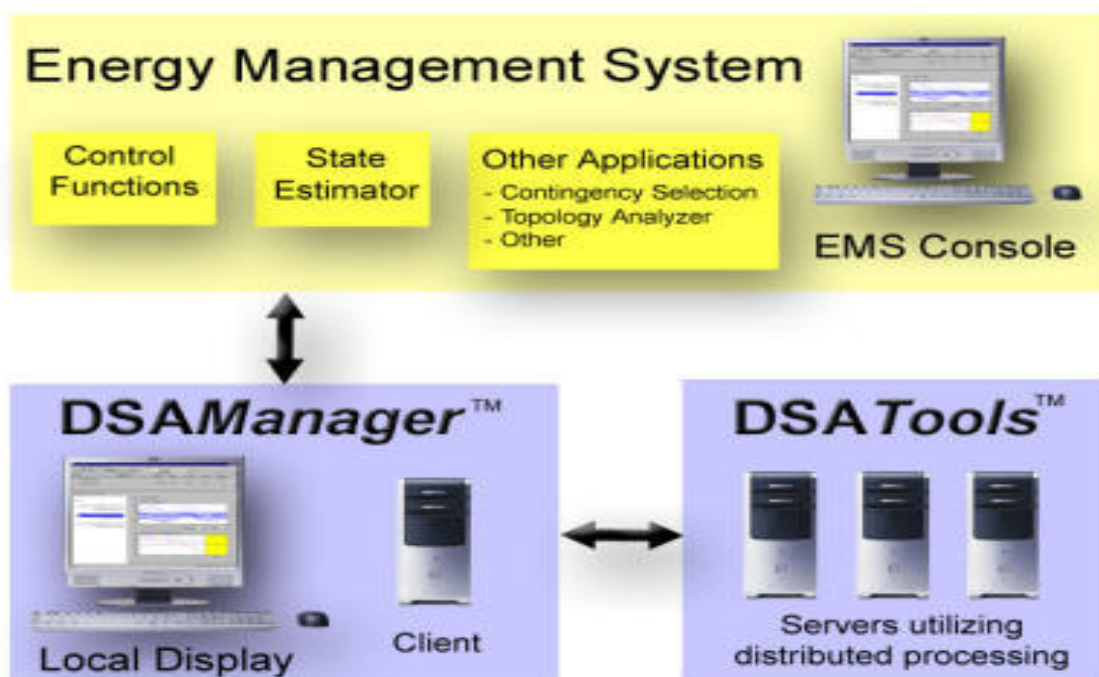
圖 DSA Manager 介面畫面

3-1 On-Line DSA Tool 系統架構

DSA Tools 在調度中心與 EMS 的應用，可達到即時電網安全分析功能。EMS 之狀態估計程式所估算之電力潮流資料，以文件或 TCP/IP 網路連接的方式與 DSA Tools 系統連

接接。DSA Tools 的軟體將所有的計算放置於一專門的伺服器上執行，但也可以採用多機式分佈式進行多工處理，計算結果可傳回 EMS 或在其他伺服器上顯示。架構圖如下圖所示。

軟體可以自行定義其運算週期（或使用事件觸發方式）執行電壓穩定度、暫態穩定度分析及小訊號穩定度分析。計算結果可再自行簡化後，僅提供重要資訊給調度員參考，以減輕調度員之工作負擔。其結果可包含：關鍵故障、運轉限制、安全極限以及當系統處於不安全狀態時，所需進行之調度策略。



13

圖 On-Line DSA 與 EMS 之架構圖

值的一提的是，DSA 可採用設備名稱的概念來管理系統設備，此功能可避免當 EMS 隨機產生設備編號，而分析軟體採用固定設備編號，造成資料轉換時無法對應的問題，下圖為利用設備名稱來定義設備之範例。

Line	From Bus	To Bus		Metered	Series	
Equipment Name	Number	Number	Status	End	Resistance	Reactan
8031 80	39479	70107	In	From	0.00323	0.00
RICHVCLAIR22_3 1	80164	96396	In	From	0.00060	0.00
ABINGSPRIN13_1 1	24308	22852	In	From	0.00440	0.01
09M-CAR 1	26623	26375	In	From	0.00360	0.00
PIERCLIFT34_2 1	24962	24952	In	From	0.00400	0.00
WHARNSOWER11_1 1	80964	80047	In	From	0.01436	0.00
TBAYBTBAYK11_2 1	82251	82252	In	From	0.00001	0.00
38L86045 38	33137	32717	In	From	0.00020	0.00
38L13503_Z1 1	37570	36721	In	From	0.00020	0.00
38L11412 38	32647	32619	In	From	0.00170	0.00
38L11408 38	37074	37188	In	From	0.00230	0.00
38L16043 38	33278	33279	In	From	0.00140	0.00

圖 On-Line DSA 採用設備名稱之概念管理線上設備

4、利用 DSA 驗證 NERC 準則 (TPL-001-2)

NERC 電網安全分析準則更新內容，可分成穩態分析及暫態穩定度分析兩部分，穩態分析可分成下列幾項：

- 無連續事故；即無電壓崩潰問題。
- 電力傳輸設備運轉於額定範圍。
- 事故後之電壓及電壓的變異程度，需滿足輸電計畫人員應有所設定之標準。

14

關於暫態穩定度則有下列要求：

- 系統必須保持暫態穩定
- 暫態電壓需滿足輸電計畫人員應有所設定之標準。

分析之基本算例(Base Case)要求則需依據適當時間的負載預測（實功及需功）、發電機（容量、模型）及傳輸設備建立算例，短、長期計畫時間長度分別為：

- 短期計畫為 1~5 年計畫
- 長期計畫指 6~10 年計畫

使用 DSA 作為分析工具，發電、負載調整可利用 PSAT 來調整，或用 TSAT 調整發電量及負載量，負載模型可利用 TSAT 的動態資料修改功能進行修改，PSAT 或 TSAT

可調整線路的投入或切離狀況，PSAT 可調整需功的運用。在基本算例中，有增減發電量或傳輸線路或負載，BUS 分離、變壓器分接頭調整、電壓預定、需功補償設備應用、負載調整等功能，確保系統基本算例中線路及發電機無超載情況，電壓皆在可接受範圍。PSAT 及 VSAT 的操作步驟錄製功能，方便用於算例的調整，且皆有電壓或熱極限的診斷功能，因此可縮短算例建置時間。

以 NERC TPL-001-2 準則為例，其依據不同型式的系統狀況定義不同系統性能。準則內定義系統狀況如下：

P0: 所有設備皆正常

P1: 損失單一設備 (N-1)

P2: 損失單一設備（單段匯流排或斷路器）

P3: 在損失單一設備後損失一發電機 (N-G-1)

P4: 由於斷路器故障導致損失多設備 (SLG only)

15

P5: 損失單一設備以及保護電驛故障 (SLG - zone 2)

P6: 損失單一設備後線路跳脫 (N-1-1)

P7: 共同架構（鐵塔，輸電路權）

當系統處於 P1 及 P2 下時，其暫態穩定度適用準則為，可分為電壓及頻率兩項，分別為：

暫態電壓：

- 事故清除後，在所有匯流排，暫態電壓不超過 25%；在非負載匯流排不超過 30%。
- 事故清除後，在任何 20 週期的視窗範圍內，暫態電壓不超過 20%。

暫態頻率：

- 對於所有負載匯流排，暫態頻率不連續 6 週期低於 59.4 Hz。

- 不可高於機組超速電驛設定。

當系統處於 P3 及 P6 時，適用準則為下：

暫態電壓

- 事故清除後，在所有匯流排，暫態電壓不超過 30%。
- 事故清除後，在任何 40 週期的視窗範圍內，暫態電壓不超過 20%。

暫態頻率

- 對於所有負載匯流排，暫態頻率不連續 6 週期低於 59.0 Hz。

VSAT 及 TSAT 多項設定功能皆針對此而設計，因此計畫人員可縮短系統分析時間，充分達到自動化之目標。

5、電力系統安全監視之利益

16

安全且可靠的電力網是現代社會的基本要求，電力中斷將造成人類各方面活動的中斷，甚至可能照成人員的傷亡。NERC 估算每一小時的電力中斷所造成的平均成本如下表：

表 每一小時的電力中斷所造成的平均成本

工業別	金額（美元）
行動通訊	\$41,000
電話售票	\$72,000
航空訂票系統	\$90,000
半導體製造	\$2,000,000
信用卡交易	\$2,580,000
證券交易	\$6,480,000

此外，線上傳輸線路穩定極限計算亦可產生極大利益。對於一存在穩定度運轉限制的設備而言，使用即時 DST 分析技術，決定該設備傳輸極限，同常可得到較高的運轉限制值，較準確的結果，可避免過於保守的運轉限制，進而降低系統運轉成本。

假設台電系統系統全年有 40 小時遭遇系統穩定度限制，所需增加較高成本電源為 100MW，其每度電所增加之成本約為\$3/kWH，則所增加成本為 $40 \times 100 \times 1000 \times 3 = 1,200$ 萬元。

下例為 IESO 的實際運轉案例。IESO 為加拿大安大略(Ontario)省 ISO，使用離線的規劃方式檢討系統的安全及穩定度限度供系統調度使用，此過於保守的運轉限制將造成不必要的減載或 SPS 的動作。下圖為一主要傳輸設備的 24 小時運轉限制比較圖。

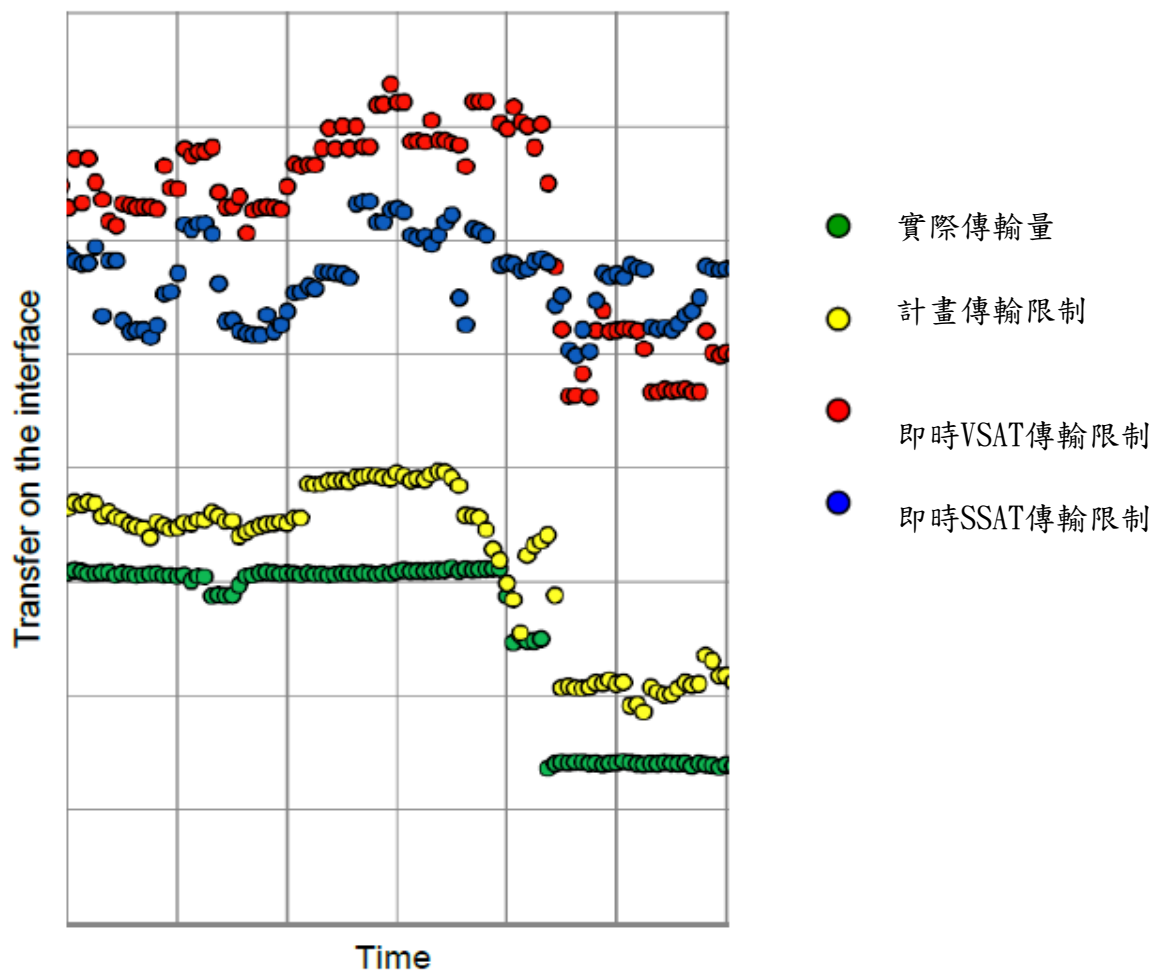
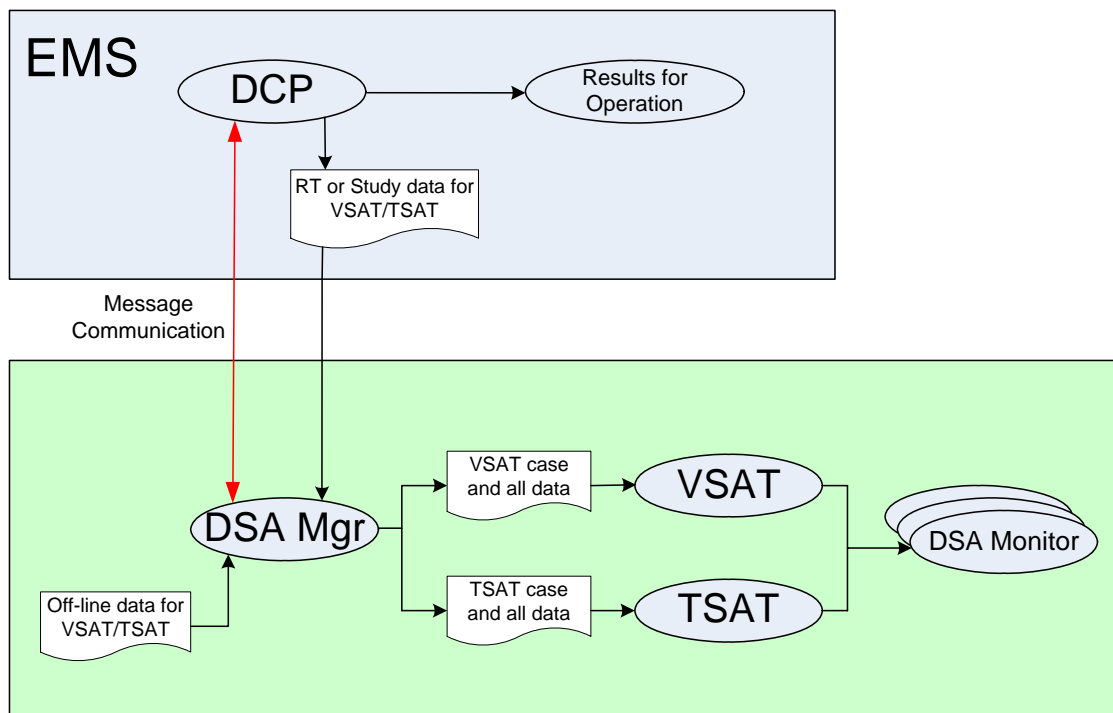


圖 IESO 一主要傳輸設備的 24 小時運轉限制比較

6、DSA Tools 在 ERCOT 之應用

ERCOT 目前已整合 VSAT、TSAT 於 Areva 的 EMS，其運轉模式可分為即時模式（Real-time mode）以及學習模式（Study mode），下圖為系統架構簡圖。



18

圖 VSAT、TSAT 與 EMS（AREVA）整合架構圖

即時模式，主要用於計算電力市場的重要傳輸限制以及電壓穩定度傳輸限制計算。實際上 ERCOT 只使用 VSAT 於即時模式，主要原因為 ERCOT 系統其負載中心主要集中於 Houston、Dallas、Austin 等幾個主要城市，因此系統的電壓穩定度所造成的運轉極限會低於暫態穩定度所造成的運轉限制，因此只考慮電壓穩定度極限；另一主要原因為，ERCOT 的機組及負載參數並無經過充分驗證，因此無信心將 TSAT 應用到即時模式。VSAT 的運算週期時間小於 5 分鐘，TSAT 的運算週期時間小於 25 分鐘。

學習模式同時使用 VSAT 與 TSAT，因此可以比即時模式多考慮暫態穩定度極限的計算。此模式主要目的是用於分析次日市場（day-ahead market）之系統狀況，同時可利用學習模式進行資料的校正，及其他算例的模擬。

由於欲實現 DSA 的即時功能，因此需先將下列資料傳送到 DSA Manager，進而 DSA 可利用此資料進行分析，所需傳輸資料如下：

- PSS/E 的案例原始檔（PSS/E .raw file）
- 設備名稱（Equipment names）
- 匯流排對應表（Bus mapping）
- 事故事件定義（Contingency definitions）
- 事故群組（Contingency groups）
- VSAT 之 SPS 定義（VSAT SPS definitions）
- TSAT 之 SPS 定義（TSAT SPS definitions）
- 介面定義（Interface definitions）
- 機組容量曲線（Unit capability curves）
- 機組 AGC 資料（Unit AGC data）

19

關於匯流排對應表，DSA 工程師陳述在新版本的 DSA Manager 已同時可兼容利用設備名稱或匯流排編號來定義，故無須再提供此對應表，此可大幅增加系統相容性，至於事故定義則用於編輯關鍵設備的故障事故，DSA 將根據此故障表所列之事故事項，尋找事故時線路傳輸極限。

整體伺服器架構部分，為符合繁重的運算需求，ERCOT 將 DSA 的伺服器區分為兩部分，一為即時系統，另一為學習系統，其中又可區分為 DSA Client Server，用以執行相關 DSA 程序；以及 computation Server，用以裝載 VSAT 及 TSAT 之運算程序。其伺服器架構圖如下所示。因 DSA 支援多工技術，因此增加伺服器數量，可有效增加運算速度。

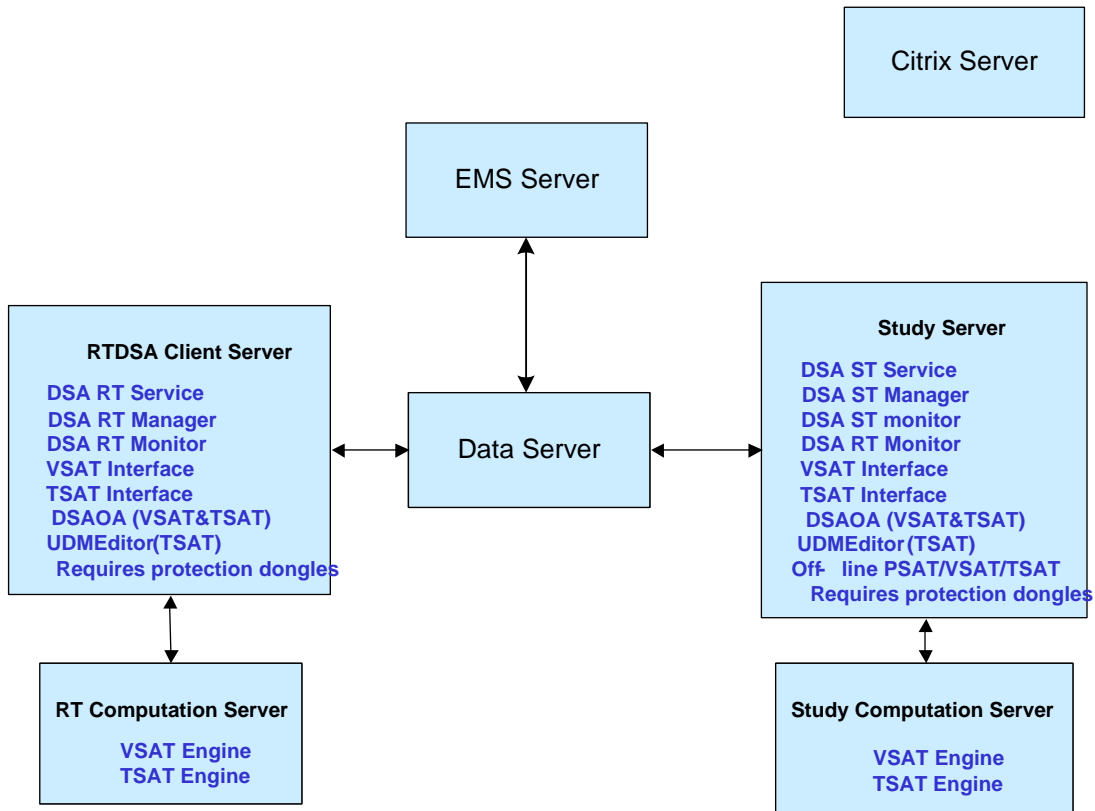


圖 VSAT、TSAT伺服器架構圖

當 VSAT 及 TSAT 完成運算後。所產生之傳輸線運轉限制將會提供給 EMS，經濟調度程式將會依照此限制條件執行經濟調度運算，以求得各機組之運轉點。其流程圖如下：

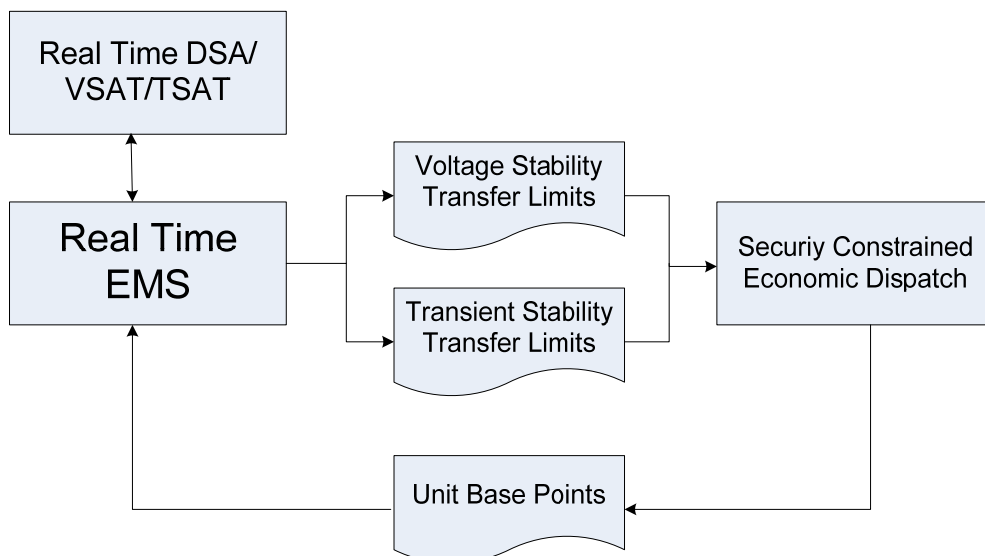


圖 安全限制下之經濟調度程式流程圖

DSA 學習模式對於次日的系統安全性分析，與即時系統相似，主要差異性是需要執行隔日的系統多點狀況分析，流程圖如下：

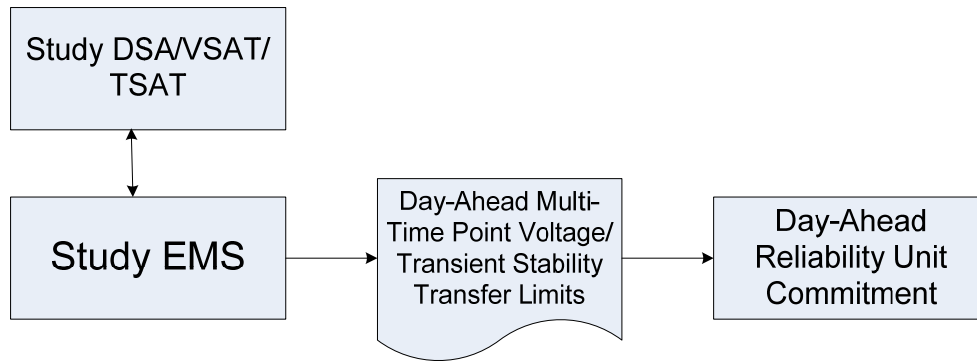


圖 次日市場安全性分析流程圖

二、德州大學阿靈頓能源研究中心參觀及研討一線上機組參數識別技術

由於電力系統架構日趨複雜，且電力市場自由化後，系統被運轉於離穩定極限比以往更近的運轉點。動態模型和動態模擬可充分表現出系統的特性，這對於電力系統運轉的安全及可靠度扮演極為重要的角色。然而 動態模擬結果的準確性，是有系統元件參數的準性所決定，此動態元件如發電器、激磁機、調速機以及負載，現場實地量測是目前最準確的量測方式，然而現場量測存在幾項缺點，如：需耗費大量人力、時間及金錢、機組必須停機測試、某些極端測試項目（如全載跳脫）對機組設備可能照成損害，以美國自由化市場為例，欲要求發電業者實地測試並不可行或甚至不可能。

由於現代的 PMU 或故障記錄設備技術進步快速，於系統發生擾動時紀錄故障信號已可充分記錄，EMS 的歷史數據紀錄能力也臻於完善，線上參數估計技術已蔚為風尚。德州大學阿靈頓分校（University of Texas at Arlington）的 能源系統研究中心 (Energy Systems Research Center) 已成功的替 ERCOT 系統某一機組完成線上機組參數識別之研究。該初期研究結果為採用 PMU 量測數據與 PSS/E 之模擬結果做比對，進而利用最佳化理論，自動調整機組參數使其模擬結果與量測結果一致，第一期結果已獲肯定，然而此研究案之 PSS/E 之 Base Case，仍採用人工方式將 EMS 裝態估計值輸出，且演算法之些許部分仍須用人工加以調整，因此二期計畫將增對上述未完善部分予以增進其功能。

本公司正進行機組參數之量測，惟機組與系統間之反應是動態的，UTA 發展之線上機組參數識別之研究值得本公司學習與引進。

三、聖保羅中西部獨立調度中心 (Midwest ISO) — 調度員訓練機制

3.1 關鍵詞

DTS - Dispatcher Training Simulator (EMS)調度員模擬器

22

TTSE - Testing and Training Simulation Environment (EMS and Market)測試及訓練模擬環境

BES - Bulk Electric System 大電力系統

FERC - Federal Energy Regulatory Commission 聯邦能源管理委員會

NERC - North American Electric Reliability Corporation 北美電力可靠度協會

ISO - Independent System Operator 獨立調度中心

RTO - Regional Transmission Organization 區域輸電組織

3.2 Midwest ISO Training Responsibilities 訓練職責

提供新進調度員訓練 (Provide Training to New-Hire Operators)，包含外部候選人 (External Candidates)、Operator In Training (OIT) 及輪調者 (Position Transfer)。為 NERC 超過 100 個合格調度員提供再職訓練課程，提供每三年 200 小時再職訓練課程及調度員重新認證 (RC Re-certification) 包括一般訓練課程 30 小時及模擬訓練課程 30 小時。

3.3 Midwest ISO 調度員六週值班表樣本 - (有六班調度員 每值 12 小時)

Sample 6 Week Schedule – 12 hour Shift Coverage

Left desk																																																																							
	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S																													
				D	D	D	D								R	R	R	R									T	T	T	T	T								N	N	N	N								D	D	D					N	N	N												
	D	D	D					N	N	N	N	N	N	N															R	R	R	R								T	T	T	T	T								N	N	N	N																
	N	N	N	N				D	D	D								D	D	D	D								R	R	R	R								T	T	T	T	T																											
	T	T	T	T							D	D	D	D	D	D	D				N	N	N						D	D	D	D								R	R	R	R																												
	R	R	R	R				T	T	T	T	T					N	N	N	N					D	D	D	D															D	D	D					N	N	N																			
								R	R	R	R									T	T	T	T	T					N	N	N	N								D	D	D																													



3.4 訓練週期

3.4.1 Typical training year consists of four cycles 每年四個訓練週期

- Cycle 1 starts around end of January
- Cycle 2 starts first or second week of April
- Cycle 3 starts last week of August
- Cycle 4 starts beginning of November

3.4.2 Offer a minimum of 70 CEH (Continuing Education Hours) each year 每年至少提供 70 在職訓練時數

- Hours offered each year also consist of at least 32 EOP hours required by NERC Standard (70 在職訓練時數包括 32 小時之緊急調度訓練)

3.4.3 MISO Technical Training tracks hours for RTO NERC certified personnel 對有證調度人員之技術訓練時數追蹤，月報至管理階層。因為承諾交錯複雜，通常公司對訓練時數最有興趣追蹤。有證調度人員個人均應追蹤自己之訓練時數，以符合 NERC 規定。

四、美國電力研究院(EPRI)訪問—AVC 自動電壓控制議題

4.1 自動電壓控制 (AVC) 介紹

主要是針對系統內所有可利用之無效功率源做一自動控制調整，即使在負載需求不斷化以及有擾動的情況下，都能將維持輸電網上之電壓維持在一適當之範圍。

AVC 選項之一：SVR = Secondary Voltage Regulation，自動電壓調整控制系統(SVR，Secondary Voltage Regulation)為一階層式的控制架構；以閉迴路的方式，預先選定幾個重要之高壓匯流排做為導引匯流(pilot node)，即時地(real time)由發電機端做控制，以達到調整導引匯流排電壓之目的。國際間近有 AVC 之新技術並已應用在電力系統上，因此可對 AVC 再進行廣泛之研究。

24

4.2 EPRI 有關 AVC 之研究

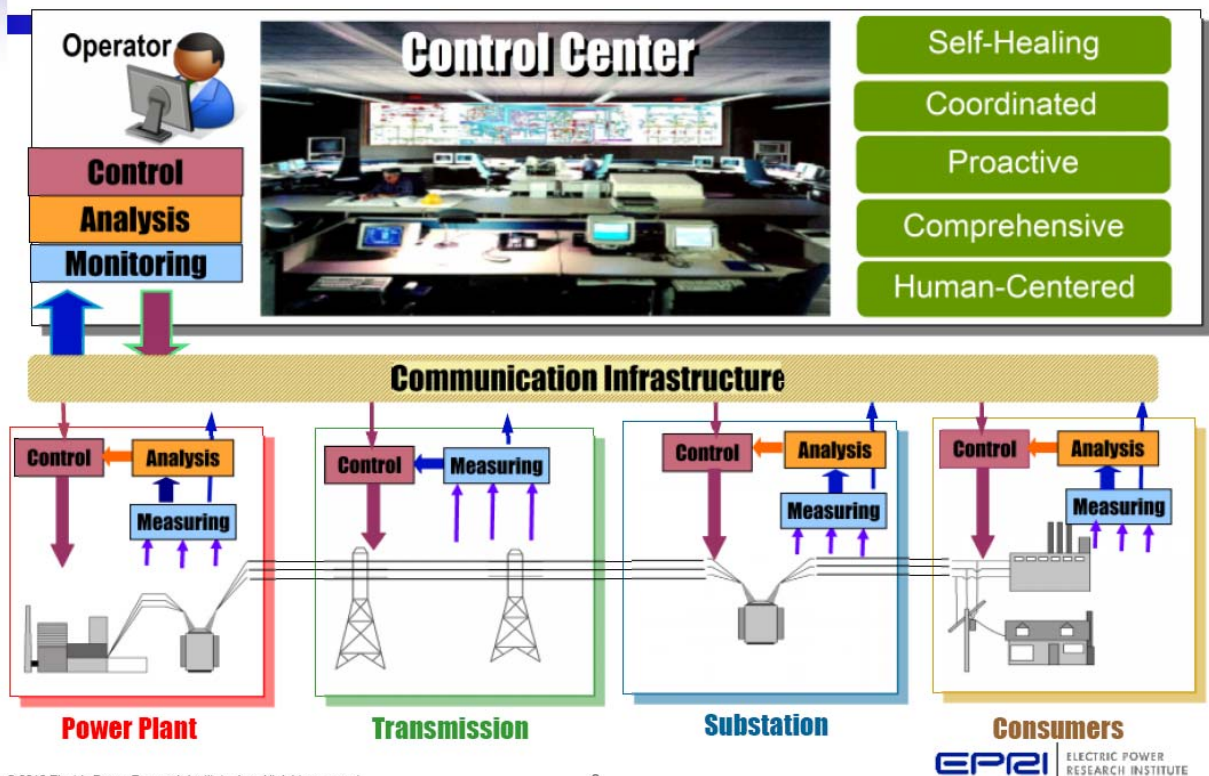
電力系統在電壓控制方面遭遇之問題：

- Lack of real-time “automatic” coordination
- “Manual” grid voltage control
 - Dispatching the generating units’ forecasted reactive powers
 - Scheduling the power plants’ high-side voltages
 - Switching the banks of shunt capacitors or reactors

- Setting the voltage set-points of OLTC and FACTS controllers

美國電力研究院(EPRI)之 P39(Grid Operations)研究計劃下有一『 Feasibility Study of Implementing Hierarchical Dynamic Voltage Control for Transmission Systems (HDVC)』可為電力公司提供針對電壓自動控制之綜合性可行性研究。

P39 Grid Operations: Next Generation Monitoring, Analysis and Control Towards Smart Transmission Grid



25

美國電力研究院(EPRI)之 P39(Grid Operations)研究計劃主題為：面對智慧型輸電網路之新世代電網監視、分析與控制；建議本處參加 EPRI 該項研究方案，以提供本公司在電力系統網監視、分析與控制方面更能有多之進步。

五、調度中心

5-1、德州獨立調度中心 ERCOT 的 69KV、132KV 及 345KV 電網及電源、皆為指令調度。發電廠、輸電公司的控制中心及現場，再依 ERCOT 指令進行操作。德州有輸電公司十幾家，其屬於大型僅 4、5 家，分別在 Dallas、AEP、Houston、LCRA、Austin 等地區。ERCOT 發電端總負載的尖峰約為 64GW。2010 年的備用容量率為 21.3%，2011 年至 2015 年起將逐年遞減至約 13%。

5-2、ERCOT 可視為獨立系統，僅直流輸電線 2 條它州相連；此外，有 3~4 條輸電線與墨西哥相連，惟平時啓斷，緊急時可轉供，高壓變電所大部份均為無人遙控變電所。

5-3、ERCOT 約有 500 多位員工，電力工程師僅約 1/5，其他 4/5 人力則為電力市場業務交易、計費及零售等。輪值調度員共 25 人：5 人/班×5 班，其中 2 班經常在訓練中，由其餘 3 班執行調度。5 人當中 2 人調度電網(1 人管頻率、1 人管停線，通常同時有幾十個停線或停主變)、1 人調度電源、1 人調度市場，另設主管(supervisor)1 人。管理及行政(含主管)約 30~40 人，其餘為資訊、業務(計費等)以及零售，零售業務僅市場及計費。

5-4、ERCOT 的調度員(含值班經理)每班共 5 人，每值上班 12 小時。ERCOT 的控制中心，1 經常，1 備用，備用控制中心平時經常有 1 人值班，經常及備用控制中心分別位於泰勒及奧斯汀，分別在 Austin 的南、北，距離約 30 公里，約 40 分鐘車程。

5-5、本次所參訪之德州 ISO (ERCOT) 及 Midwest ISO，建築外觀上，採低樓層大面積方式，佔地廣闊。調度體系組織採取二階層式，在中央端 (ISO) 電網及電源皆為指令調度，發電廠、輸電公司 (RTO) 的操作控制中心及現場，再依指令進行操作。因應 IT 技術之快速進步，智慧型電網規劃之潮流，建議本公司調度體系組織由現行中央、區域、配電分別獨立調度之三階層式調度方式，漸進的往中央、區域及配電整合成爲二階層調度方式，以提升效率。如未來台灣依電業法規定需設 ISO 時，有電力市場經驗之人力將有明顯需求，建議可借重目前在美國 ISO 電力市場工作外籍工程師之豐富經驗。

26



德州 無值班人員變電所



往聖保羅途中鳥瞰風力電廠



德州 ISO (ERCOT) 外觀



明尼蘇達州 聖保羅 Midwest ISO 外觀