

(101)電返國報字第 17 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：實習)

參加 2012 年電力系統動態安全評估程式 (DSATools™)使用者年會及研習課程

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：林裕梁 電機工程師

派赴國家：美國

出國期間：101 年 9 月 26 日 至 30 日

報告日期：101 年 11 月 13 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 2012 年電力系統動態安全評估程式(DSATools™)使用者年會及研習課程

頁數 35 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/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

林裕梁	台灣電力公司	系統規劃處	電機工程師	23666900
-----	--------	-------	-------	----------

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他：

出國期間：101 年 9 月 26 日至 30 日 出國地區：美國

報告日期：101 年 11 月 13 日

分類號/目

關鍵詞：電力系統動態安全評估程式 DSATools™

內容摘要：

- 一、本報告主要以參加 2012 年電力系統動態安全評估程式使用者年會 (2012 DSATools™ User Group Meeting，以下稱為 2012 DSATools™ UGM) 研討議題及電力系統動態安全評估程式 (Dynamic Security Assessment Tools，以下稱為 DSATools™) 研習課程為內容。
- 二、研習電力技術研究公司 (Powertech Labs Inc., 以下稱 PLI) 開發之 DSATools™，從中學習到相關新技術的最新發展及使用者經驗，回國後分享本次研習資訊，在未來系統規劃層面或電網瓶頸改善分析上會更有助益。
- 三、西南電力聯網 (以下稱 SPP) 應用 DSATools™ 模擬系統的電壓穩定度，尤其將電壓崩潰用圖像來呈現，非常容易描繪系統可能發生電壓崩潰

的區域。參考 SPP 將抽象的電壓崩潰現象以視覺化的方式具體呈現，若應用於本公司對於系統發生電壓崩潰現象的描述說明上，將會比較容易讓一般大眾理解，因此與本報告中特別介紹。

四、本報告內容共分五章：

壹、感想與建議

貳、出國緣由與行程

參、2012 年電力系統動態安全評估程式(DSATools™)使用者年會及
研習課程

肆、實習成果

伍、參考文獻

附錄、相關簡報資料

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

壹、感想與建議	1
一、感想.....	1
二、建議.....	4
貳、出國緣由與行程	5
一、出國緣由.....	5
二、出國行程.....	5
參、2012 年電力系統動態安全評估程式(DSATools™)使用者年會及 研習課程	7
一、2012 年電力系統動態安全評估程式(DSATools™)使用者年會.....	7
(一) 電力技術研究公司(Powertech Labs Inc, PLI) [1]	7
(二) DSATools™使用者年會.....	8
二、DSATools™研習課程.....	13
(一) DSATools™簡介 [2].....	13
(二) DSATools™ 的新特性介紹及展示	15
(三) 線上 DSATools™應用方面之實例 [3].....	15
(四) DSATools™之發展藍圖	16
肆、實習成果	17
一、西南電力聯網(SPP)將電壓崩潰現象以視覺化方式呈現之說明	18
(一) 西南電力聯網(SPP)系統	18
(二) 電壓崩潰視覺化.....	19
二、應用於台電系統之說明	27
三、電壓穩定度程式之說明	29
(一) 功能簡介.....	29
(二) 安全區域.....	30
(三) VSAT 計算步驟.....	32
伍、參考文獻	34
附錄、簡報資料摘要	35

圖目錄

圖 1-1 台電系統 101 年電力供需狀況.....	2
圖 2-1 參加 2012 DSATOOLS™ UGM 及研習課程之航線示意圖.....	6
圖 3-1 PLI 所在地理位置圖.....	8
圖 3-2 美國區域輸電機構(RTOs)及獨立系統調度中心(ISOs)位置圖.....	9
圖 3-3 北美已裝設線上 DSA 之獨立系統調度中心(ISOs).....	14
圖 4-1 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 21MW).....	20
圖 4-2 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 1021MW).....	20
圖 4-3 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 2021MW).....	21
圖 4-4 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 3021MW).....	21
圖 4-5 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 4021MW).....	22
圖 4-6 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 5021MW).....	22
圖 4-7 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 6021MW).....	23
圖 4-8 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 10021MW).....	23
圖 4-9 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13021MW).....	24
圖 4-10 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13601MW).....	24
圖 4-11 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13721MW).....	25
圖 4-12 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13841MW).....	25
圖 4-13 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13921MW).....	26
圖 4-14 台電系統北部地區電力供需狀況.....	27

圖 4-15 台電系統北部地區考量 N-G 之電力供需狀況	28
圖 4-16 電壓崩潰運轉區域示意圖	30
圖 4-17 電壓穩定安全區域示意圖	30
圖 4-18 電壓穩定度之 PV 曲線示意圖	31
圖 4-19 分析輸電線路傳輸能力之流程圖	33
圖 4-20 PV 分析結果示意圖	33

表目錄

表 1-1	101 年幹線送電能力限制條件	3
表 2-1	參加 2012 DSATools™ UGM 及研習課程之行程表	6
表 3-1	2012 DSA Tools™ UGM 議題及課程	10
表 3-2	2012 DSA Tools™ UGM 參加者	12
表 3-2	DSATools™(PSAT、VSAT、TSAT 和 SSAT 及三種應用模組)之功能說明	14
表 4-1	SPP 尖峰負載表	18
表 4-2	SPP 淨尖峰能力及不同燃料型式分配	18
表 4-3	SPP 2011 年及 2021 年輸出輸入之電力交易量	19

壹、感想與建議

一、感想

感謝各位長官的支持及同仁的協助，本次奉派執行出國任務得以順利成行。期間有機會與加拿大電力技術研究公司(Powertech Labs Inc.,以下稱 PLI) Software Technologies Director Ph.D Lei Wang(汪磊) 進行交流，瞭解目前有越來越多電力公司使用電力系統動態安全評估程式(Dynamic Security Assessment Tools，以下稱為 DSATools™)的相關經驗，可作為未來電網模擬的技術參考。

PLI 公司開發之 DSATools™目前本公司所採用單位為電力調度處、綜合研究所及本處，由於該軟體可執行相關系統電力潮流、故障電流、暫態穩定度、電壓穩定度及小信號穩定度等多樣系統分析，可與本公司目前所採用美國西門子公司之 PSS/E 軟體相互應用，增加電網分析正確性。

目前本軟體應用在本公司為規劃電網特殊保護系統（Special Protection System, 以下稱 SPS）決策表（Lookup Table）之主要程式工具，主要在於其在電力系統穩定度分析上具有更自動化之操作功能，利於 SPS 決策表的編定。此外，目前公司所正進行發電機組參數量測之相關驗證作業，亦採用此軟體進行模擬分析。另對本處而言，由於規劃中長期系統時需大量進行相關電網技術分析，如暫態、

電壓及小訊號穩定度等分析。若能充分利用此軟體功能將會更有效率，因此藉由持續研習 DSATools™從中學學習到相關新技術的最新發展及使用者經驗，在未來系統規劃層面或電網瓶頸改善分析上會更有助益。

由於目前(101年)台電系統電力供需狀況而言，雖全系統北、中、南地區呈現電源大於負載情況，但北部系統之剩餘電力僅 64 萬瓩，如圖 1-1 所示。

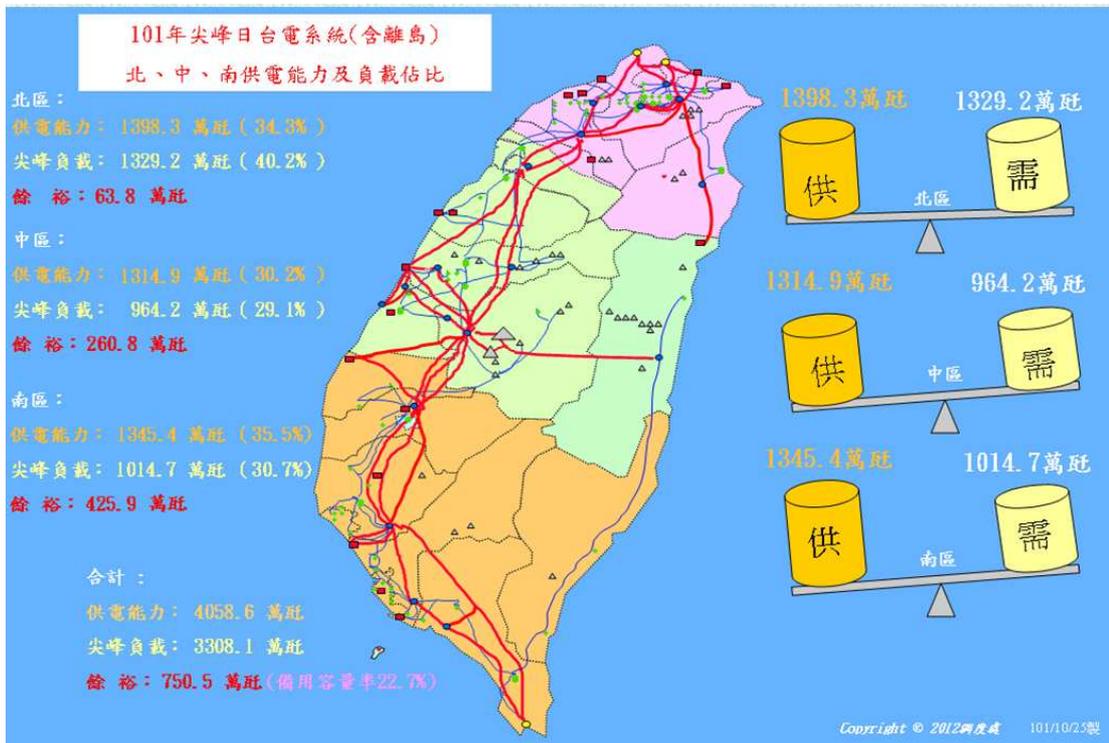


圖 1-1 台電系統 101 年電力供需狀況

實際上此裝置容量包含核一、二廠機組、大潭電廠、協和電廠、林口電廠、IPP 國光電廠與和平電廠及其它小水力電廠所組成，然考量目前公司實際經濟調度發電機組模式看來，大多數僅基載核能、燃煤及搭配燃氣機組等模式發電以供應北部地區負載用電需求。因此大

多數不足電力仍需藉由中部地區與南部地區之發電機組發電，並藉由南北六回 345kV 超高壓幹線輸送電力至北部地區以滿足其用電需求。

參照本公司「民國 101 年台電超高壓幹線穩定度與最大輸電能力限制檢討報告」，其實績中北超高壓幹線之送電量亦達 3100MW 之多，且送電能力大多被限制在輸電線熱容量及電壓穩定度上，如表 1-1 所示。

表 1-1 101 年幹線送電能力限制條件

系統情況	中送北最大輸電能力(萬瓩)					南送中最大輸電能力(萬瓩)				
	熱容量	暫態穩定度	小訊號穩定度	電壓穩定度	輸電能力	熱容量	暫態穩定度	小訊號穩定度	電壓穩定度	輸電能力
N-0	650	-	650 以上	650 以上	650	640	-	650 以上	650 以上	640
N-1	420	650 以上	600	570	420	460	650 以上	650 以上	530	460
N-2 同鐵塔	210	540	500	370	210	350	540	540	460	350
N-2 不同鐵塔	220	650	570	410	220	390	540	610	510	390

依照本公司最新長期電源開發方案，未來北部地區之相關深澳更新計畫、林口更新計畫新興電源皆已順延興建，因此可預期未來北部地區之負載用電需求恐仍需仰賴中、南部地區提供電源以滿足需求，然考量 345kV 幹線之可靠輸電能力而言，其主要所要面臨問題將主要在於電壓穩定度分析上，此乃由於大容量輸電潮流導致北部地區無

效電力需求性將急遽增加，因此若無效電力無適當規劃，則考量幹線事故情境下恐將發生電壓崩潰，是故如何分析系統電壓穩定度及如何有效呈現說明亦為重要課題之一。

本次研討會中，美國西南電力聯網(以下稱 SPP)亦即簡報分享應用 DSATools™模擬系統的電壓穩定度的相關說明，並將電壓崩潰用圖像來呈現，非常容易描繪系統可能發生電壓崩潰的區域。故藉由此次參考 SPP 將電壓崩潰以視覺化的方式呈現，將來可應用於本公司對於系統發生電壓崩潰現象的描述說明上，除分析上較易理解外，將更容易讓一般大眾理解，有助於問題描述及說明。

二、建議

DSATools™ 使用者年會 (User Group Meeting，以下稱為 DSATools™ UGM)每年邀請世界各電力公司、系統獨力調度中心及大學之使用者參加，議題及課程包含 DSATools™之最新發展、經驗分享及實例演練等，因此派員參加可瞭解 DSATools™ 的發展現況，並藉此機會參考國外電力公司之應用情形，對相關資訊的取得很有幫助，建議應繼續派員參加瞭解國際上之發展趨勢。

PLI 公司亦可視用戶之需求舉辦客製化之訓練課程，建議本公司相關單位可視需要邀請 PLI 公司來台開辦訓練課程，擴大接觸面、提升應用效益。

貳、出國緣由與行程

一、出國緣由

DSATools™係由加拿大 PLI 公司開發之電力系統分析商業套裝程式，目前本公司主要應用於系統規劃及調度運轉離線小訊號及暫態穩定度分析，其強大整合式電力系統分析之功能，亦被利用於建構本公司 SPS 所需之動作決策表(Lookup Table)，以確保電力系統動態安全，避免系統發生大停電事故。

本處使用此分析軟體亦越來越趨頻繁與廣泛，為充分獲取 DSATools™最新應用及瞭解未來發展，因此計畫參加 PLI 於今(101)年 9 月 27 日至 28 日在美國內華達州舉辦之「2012 DSATools™ UGM」研習相關新技術，從中學習到相關新技術的最新發展及相關使用者經驗，回國後分享本次研習資訊，俾應用於未來系統規劃層面或電網瓶頸改善應用。

二、出國行程

本次參加 2012 DSATools™ UGM 及研習課程之行程如表 2.1 所示，自 101 年 9 月 26 日至 9 月 30 日止共計 5 天，航線示意圖如圖 2-1 所示。

表 2-1 參加 2012 DSATools™ UGM 及研習課程之行程表

起訖日期	前往機構名稱	工作紀要
101/09/26 101/09/26	台北—洛杉磯—拉斯維加斯	往程
101/09/27 101/09/28	PLI	參加 PLI 舉辦之 2012 DSA Tools™ UGM 及研習課程
101/09/29 101/09/30	拉斯維加斯—洛杉磯—台北	返程



圖 2-1 參加 2012 DSATOOLS™ UGM 及研習課程之航線示意圖

參、2012 年電力系統動態安全評估程式(DSATools™)使用者年會及研習課程

一、2012 年電力系統動態安全評估程式(DSATools™)使用者年會

(一)電力技術研究公司(Powertech Labs Inc, PLI) [1]

PLI 是加拿大 BC Hydro (British Columbia Hydro, 以下稱 BC Hydro) 電力公司的子公司，專門從事潔淨能源的顧問、測試和電力系統解決方案。自 1979 年成立以來，已為電力公用事業、石油和天然氣公司、汽車和電力設備製造商等提供服務，以滿足遍布世界的客戶複雜和不斷變化的需求。

結合多種學科的專業技術人員、工程師和科學家，與世界領先的測試設備，提供創新的服務是 PLI 獨特的優勢，以幫助客戶在全球各地的能源系統和能源相關技術進行評估、測試和演示。

PLI 所在地理位置如圖 3-1 所示，該地區包括溫哥華、不列顛哥倫比亞省和鄰近地區，它也被稱為溫哥華大都會。

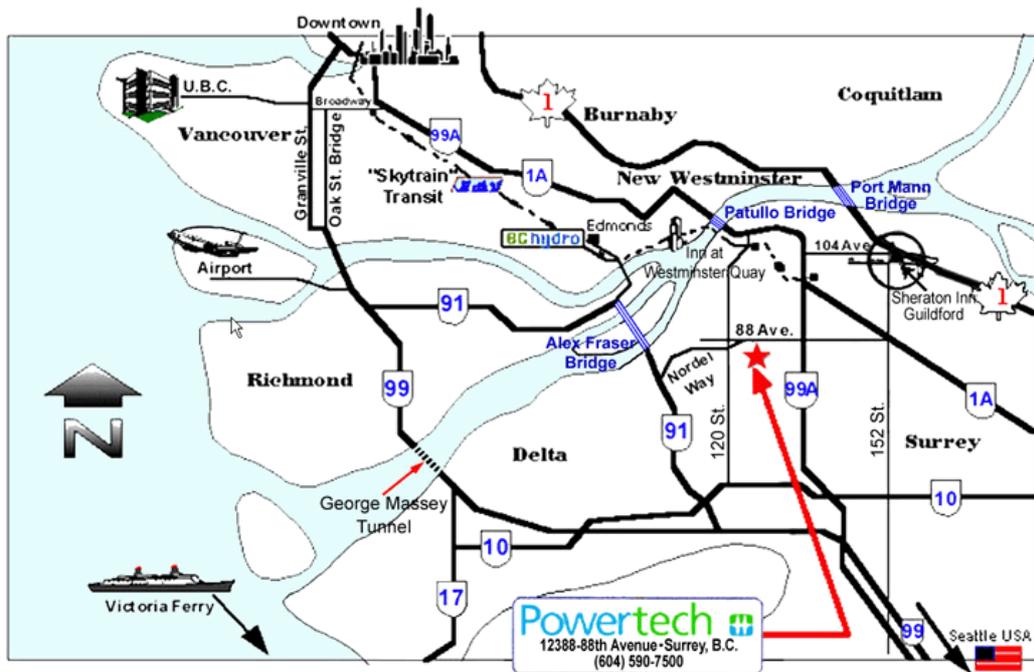


圖 3-1 PLI 所在地理位置圖

(二) DSATools™使用者年會

PLI 為增加 DSATools™功能以滿足用戶們需求，每年於北美不同城市舉辦 DSATools™ UGM，邀請其使用者參加年會，用戶涵蓋電力公司、區域輸電機構(RTOs)、獨立系統調度中心(ISOs)及大學等(美國 RTOs 及 ISOs 位置如圖 3-2 所示)，以提供 DSATools™在電網分析方面之最新應用、實務經驗及技術資訊，並促進使用者間之經驗交流與電力分析技術之提昇。

2012 DSATools™ UGM 於 9 月 27 日至 28 日在美國內華達州舉辦，本次議題及課程如表 3-1 所示，包含 DSATools™的活動報告和新聞、新特性的介紹及展示、使用者經驗分享、實例演練、

討論未來發展計劃及研討模型發展等。參加之使用者詳列如表

3-2 所示。

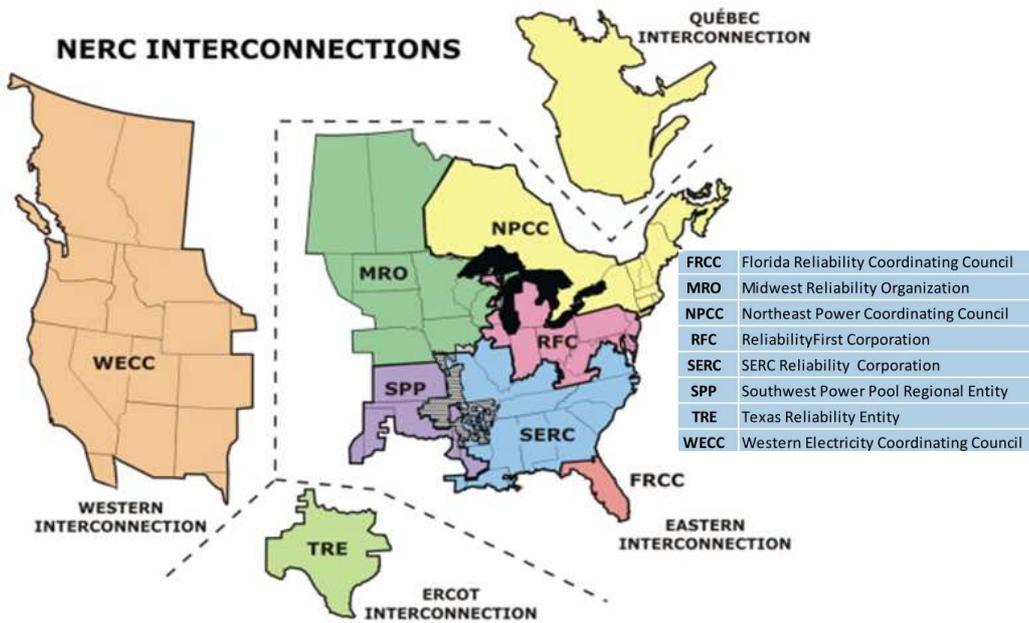
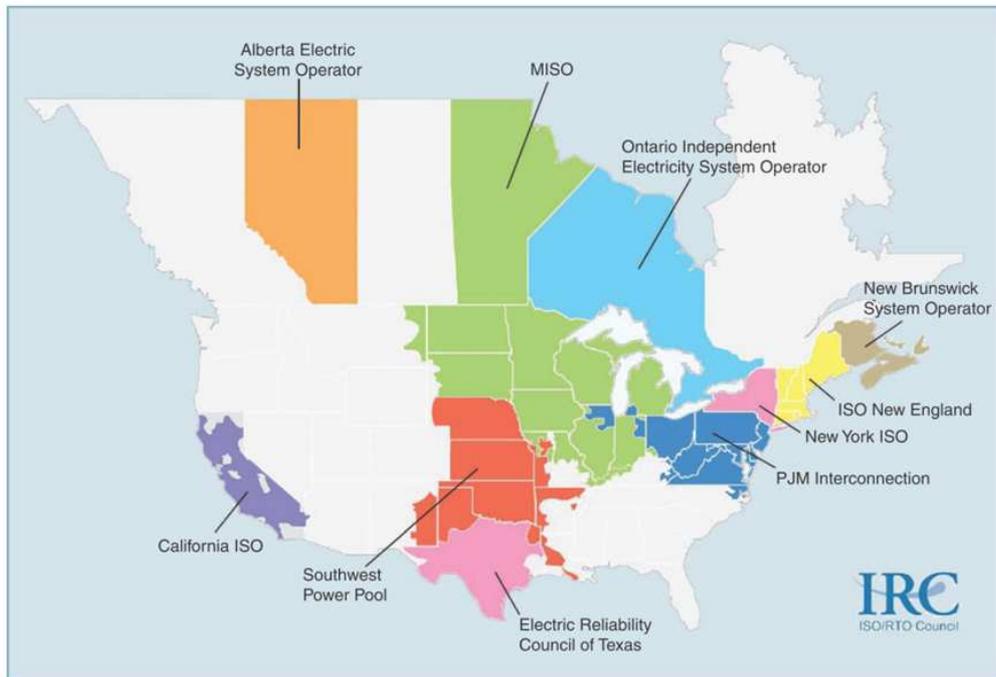


圖 3-2 美國區域輸電機構(RTOs)及獨立系統調度中心(ISOs)位置圖

表 3-1 2012 DSATools™ UGM 議題及課程

日期	時間	議題及課程
09/27	8:00 am	Registration
	8:45 am	Welcome and introductions
	9:00 am	Overview and what's new in DSATools™ V12 – session 1 <ul style="list-style-type: none"> ● PSAT ● VSAT including DSAOA
	10:00 am	Break
	10:15 am	Overview and what's new in DSATools™ V12 – session 2 <ul style="list-style-type: none"> ● TSAT including UDMEditor and DSAOA ● SSAT including CDT
	11:15 am	DSATools™ user forum <ul style="list-style-type: none"> ● DSATools™ development roadmap ● Proposed new licensing models ● User discussions
	12 noon	Lunch
	1:00 pm	New modules and products <ul style="list-style-type: none"> ● Harmonics analysis ● Security boundary visualization tool ● Subsynchronous resonance analysis ● Dynamic model database ● On-line DSA updates
	1:45 pm	MISO on-line DSA (Raja Thappetaobula, MISO)
	2:15 pm	Implementation of DSATools for security assessment in the Colombian Power System (Juan José Chavarro, XM Colombia)
	2:45 pm	Break
	3:00 pm	Issues on on-line DSA implementation (Dr. Nyuk-Min Vong, Transpower)
	3:30 pm	Visualizing voltage collapse (Doug Bowman, SPP)
	4:00 pm	Assessing deterministic and probabilistic dynamic security in all-electric shipboard power systems using DSATools (Salman Mashayekh, Texas A&M University)
4:30 pm	Adjourn	

日期	時間	議題及課程
09/28	8:45 am	Overview of DSATools™ modeling capabilities <ul style="list-style-type: none"> ● Recently added and enhanced modeling features ● Models for renewables ● Models converted from third party formats ● On-going activities
	9:30 am	Selected modeling topics <ul style="list-style-type: none"> ● Security criteria ● Transfers ● Contingencies
	10:00 am	Break
	10:15 am	Modeling and applications of special protection systems
	11:00 am	Applying AC user-defined models <ul style="list-style-type: none"> ● Advanced features in AC UDM ● Creating models using UDM Editor™ ● Application notes
	12 noon	Lunch
	1:00 pm	Applying DC user-defined models – Part 1 <ul style="list-style-type: none"> ● Converter-based FACTS and HVDC models in DSATools™ ● Application notes
	2:30 pm	Break
	2:45 pm	Applying DC user-defined models – Part 2 <ul style="list-style-type: none"> ● Creating HVDC models using UDM Editor™
4:00 pm	Adjourn	

表 3-2 2012 DSA TOOLS™ UGM 參加者

國家	參加之使用者
Canada	<ul style="list-style-type: none"> ● IESO ● MR Control Systems
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> ● XM S.A. E.S.P
Korea	<ul style="list-style-type: none"> ● Daehwa
New Zealand	<ul style="list-style-type: none"> ● Transpower
Taiwan	<ul style="list-style-type: none"> ● Taiwan Power Company
UK	<ul style="list-style-type: none"> ● National Grid
US	<ul style="list-style-type: none"> ● Alstom ● Ameren ● California ISO ● CenterPoint Energy ● ERCOT ● FERC ● ITC Holdings ● Minnesota Power ● MISO ● Nayak Corporation ● PG&E ● PJM ● Southern California Edison ● Southwest Power Pool ● TVA ● Texas A&M University

二、DSATools™研習課程

(一)DSATools™簡介 [2]

DSATools™是由加拿大 PLI 公司開發之新一代友善圖形介面套裝程式，能夠顯著地幫助工程師和研究人員提高工作效率。豐富的發電機組動態模型和先進的計算方法，適合用於大規模互聯電力系統之規劃、運轉研究，而且程式執行步驟高度自動化，適合用於即時系統之動態安全評估。目前已廣為世界各主要電力公司運用於線上與離線之動態安全分析，亦為本公司更新 SPS 決策表之分析工具。

DSATools™包含四種程式即 PSAT、VSAT、TSAT 和 SSAT，後三者也被設計用於線上動態安全分析系統(以下稱線上 DSA)，北美已裝設線上 DSA 之獨立系統調度中心(ISOs)如圖 3-3 所示。線上 DSA 與電能管理系統(以下稱 EMS)整合後，能夠在分析週期內計算完成評估系統安全性，例如每小時進行一次 VSA 分析，每個計算周期三十分鐘可結束，以提供調度人員關鍵故障識別、系統安全極限以及防止系統崩潰的補救措施等重要資訊。

DSATools™ (PSAT、VSAT、TSAT 和 SSAT)之功能說明如表 3-2。



圖 3-3 北美已裝設線上 DSA 之獨立系統調度中心(ISOs)

表 3-2 DSATools™(PSAT、VSAT、TSAT 和 SSAT 及三種應用模組)之功能說明

DSATools™	程式/模組功能	分析內容
PSAT (PowerFlow & Short Circuit Assessment Tool)	電力潮流評估	求算各匯流排 P、Q、S、V、I
	短路故障評估	求算各匯流排 LLL、LL、LLG、LG 短路故障與等效阻抗
VSAT (Voltage Security Assessment Tool)	電壓穩定度評估	求解電力系統負載變動時，電壓變動是否維持在系統規劃標準範圍內
TSAT (Transient Security Assessment Tool)	暫態穩定度評估	求解電力系統遭受大擾動瞬間之穩定度問題
SSAT (Small Signal Analysis Tool)	小信號穩定度分析	求解電力系統遭受小擾動後之穩定度問題
DSA Manager	線上 DSA 管理模組	
UDM Editor	用戶自定義模型編輯模組	
CDT	PSS 設計及偵錯模組	

(二)DSATools™ 的新特性介紹及展示

1. PSAT、VSAT 設計偵錯模組及 TSAT 用戶自定義模型編輯模組現有功能加強。
2. 諧波分析。
3. 安全邊界的視覺化工具。
4. 次同步共振分析。
5. 動態模型數據庫。
6. 線上 DSA 功能更新。

(三)線上 DSATools™應用方面之實例 [3]

1. 中西部電力調度中心(MISO)使用線上 DSATools™ (TSAT、VSAT)之經驗及挑戰。
2. 哥倫比亞電力系統(XM S.A E.S.P)規劃線上 DSATools™之過程。
3. 紐西蘭 Transpower 建立 HVDC 自行定義模型。
4. 西南電力聯網(SPP)系統安全極限之研究計畫。
5. 德州農工大學(Texas A&M University)使用 DSATools™評估全電動船上電力系統之確定性和概率動態安全。

(四)DSATools™之發展藍圖

1. 依據發展藍圖，DSATools™ V12 版已於今(2012)年初發行，主要增加的項目是在現有模組上，以使用者自行定義模組(UDM)編輯器處理 HVDC 模組，並在附加模組上，使用 PSAT 做諧波分析、使用 SSAT 做次同步共振分析。
2. DSATools™目前之發展藍圖為每年發布一次新的版本，新版本功能新增或更新內容，係依據用戶回饋意見及實務應用上的需求，新功能的開發順序由已投入資源之程度及需求用戶之多寡而定，開發費用則由用戶每年繳交之軟體維護費支應，也歡迎用戶提供和建議新項目，發展客製化之研究專案。

肆、實習成果

本次實習課程內容非常豐富，主要美國各電力公司所使用 DSA 軟體之成果分享介紹，包括模型建立、特殊保護系統應用、最大潮流輸送檢討應用及可觀測電壓崩潰應用作法等內容。由於本公司目前電網主要仍呈現南電北送現象，且預期本公司未來北部地區之相關電源新擴建計畫是否可順利推動完成仍存在極大不確定因素。因此可預期未來本公司 345kV 電網電力潮流在北部地區相關電源未完成前，南電北送現象將恐持續增加，因此如何穩定此大量潮流輸送現象，有效維持系統電壓穩定避免電壓崩潰問題變為一重要課題。

遂故，藉由此次美國西南電力聯網所提供可視覺電壓崩潰模擬方法經驗，可供未來研討本公司電網輸電能力檢討參考。此次美國西南電力聯網(以下稱 SPP)應用 DSATools™模擬系統的電壓穩定度，其將電壓崩潰用圖像來呈現，此一方法非常容易描繪系統可能發生電壓崩潰的區域。故參考 SPP 將抽象的電壓崩潰現象以視覺化的方式具體呈現，若應用於本公司對於系統發生電壓崩潰現象的描述說明上，將會比較容易讓一般大眾理解，並有利於未來規劃應用，因此特別介紹如下。

一、西南電力聯網(SPP)將電壓崩潰現象以視覺化方式呈現之說明

(一)西南電力聯網(SPP)系統

SPP 供電轄區包括以下九個州的全部或部分區域，即阿肯色州、堪薩斯州、路易西安那州、密西西比州、密蘇里州、內布拉斯加州、新墨西哥州、奧克拉荷馬州及德州。

SPP 之 2011 年尖峰負載實績及 2021 年尖峰負載預測如表 4-1 所示，2011 年~2021 年淨尖峰能力及不同燃料型式分配如表 4-2 所示，2011 年及 2021 年輸出輸入之電力交易量如表 4-3 所示。

表 4-1 SPP 尖峰負載表

Demand	2011	2021	Total Growth	Average Annual Growth	Assessment Period Change
	(MW)	(MW)	(MW)	(%)	(%)
Total Internal	53,084	58,948	5,864	0.96%	11.0%
Net Internal	51,783	57,526	5,743	0.96%	11.1%

表 4-2 SPP 淨尖峰能力及不同燃料型式分配

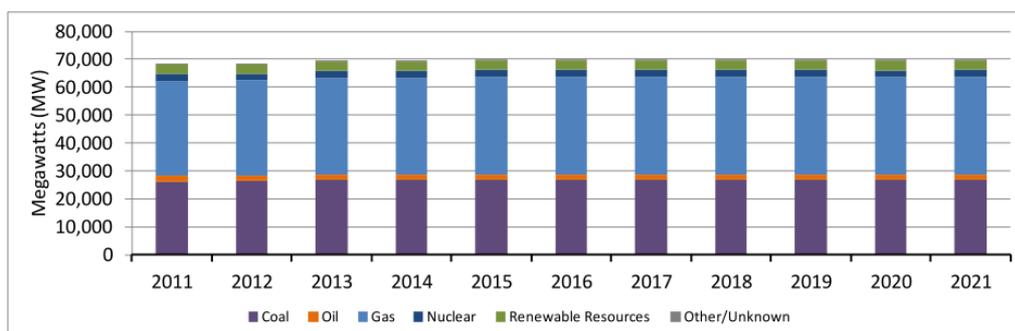


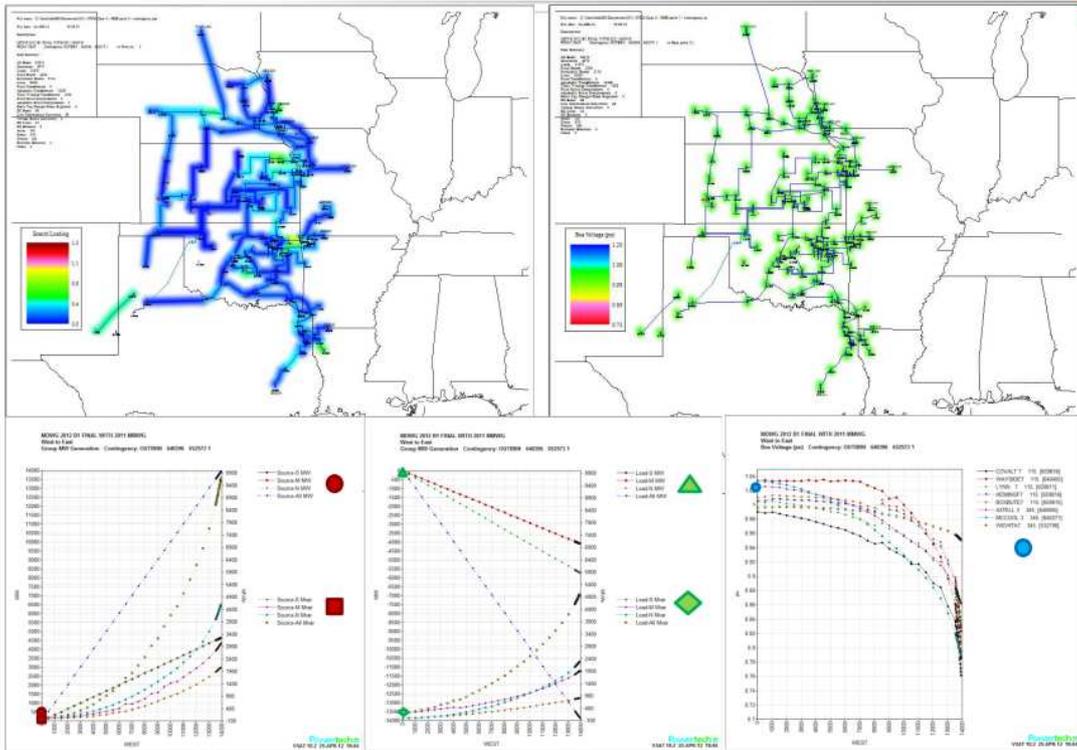
表 4-3 SPP 2011 年及 2021 年輸出輸入之電力交易量

Transaction Type		Summer		Winter	
		2011	2021	2011	2021
		(MW)	(MW)	(MW)	(MW)
Imports	Firm	5,021	4,452	4,474	7,628
	Expected	135	31	25	25
	Provisional	-	-	25	25
	Total	5,155	4,483	4,524	7,678
Exports	Firm	4,044	3,559	3,887	3,436
	Expected	-	-	-	-
	Provisional	-	-	-	-
	Total	4,044	3,559	3,887	3,436
Net Transactions		1,111	924	637	4,242

(二)電壓崩潰視覺化

SPP 系統特性為西電東送，透過以下圖 4-1~4-13 電壓崩潰現象之視覺化圖像可看出，從第 1 個運轉點到第 3 個運轉點，負載一開始以每增加 500MW 為一個新的運轉點，直到第 27 個運轉點 (13,021MW) 之圖像呈現紅色區域可看出有電壓過低現象，將負載增幅縮小為增加 100MW，直到第 33 個運轉點 (13,601MW) 此時接近電壓崩潰點，將負載增幅再縮小為增加 20MW，直到第 49 個運轉點 (13,921MW) 為最後一個穩定運轉點，負載若再稍增即會發生電壓崩潰現象。

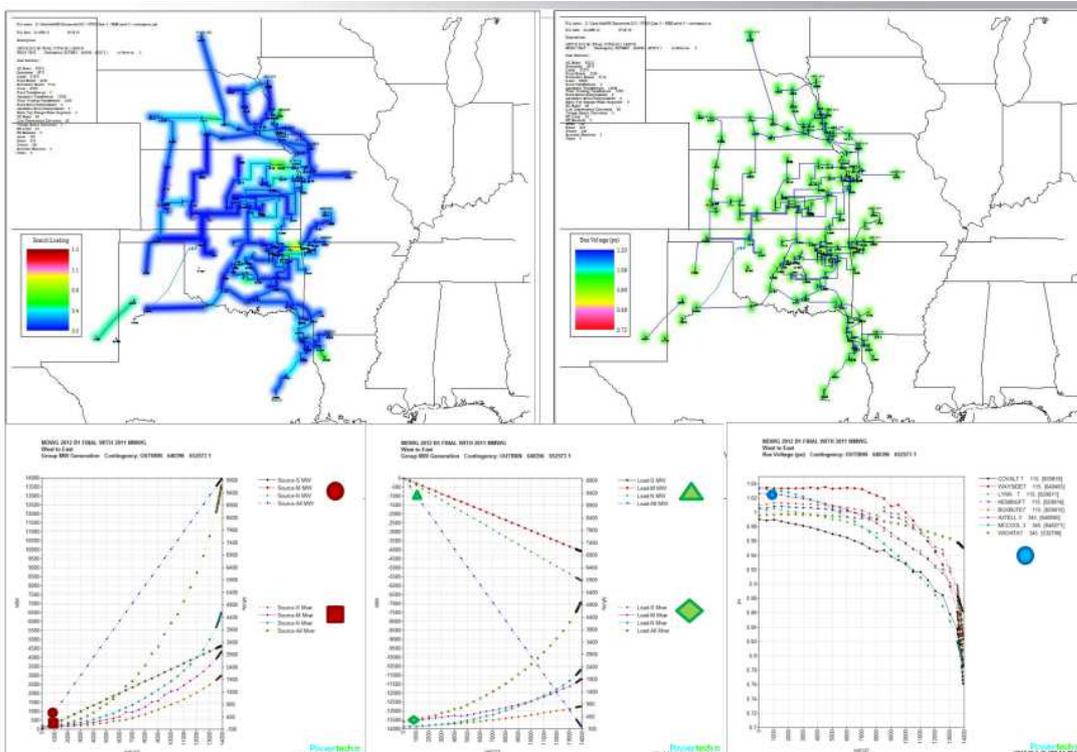
藉由 DSATools™ 可自動執行以上模擬程序，藉由輸出圖像之顏色可很容易辨識出系統會發生電壓崩潰的區域，據此可預做相關防範措施。



Transfer Point 1: 21 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV



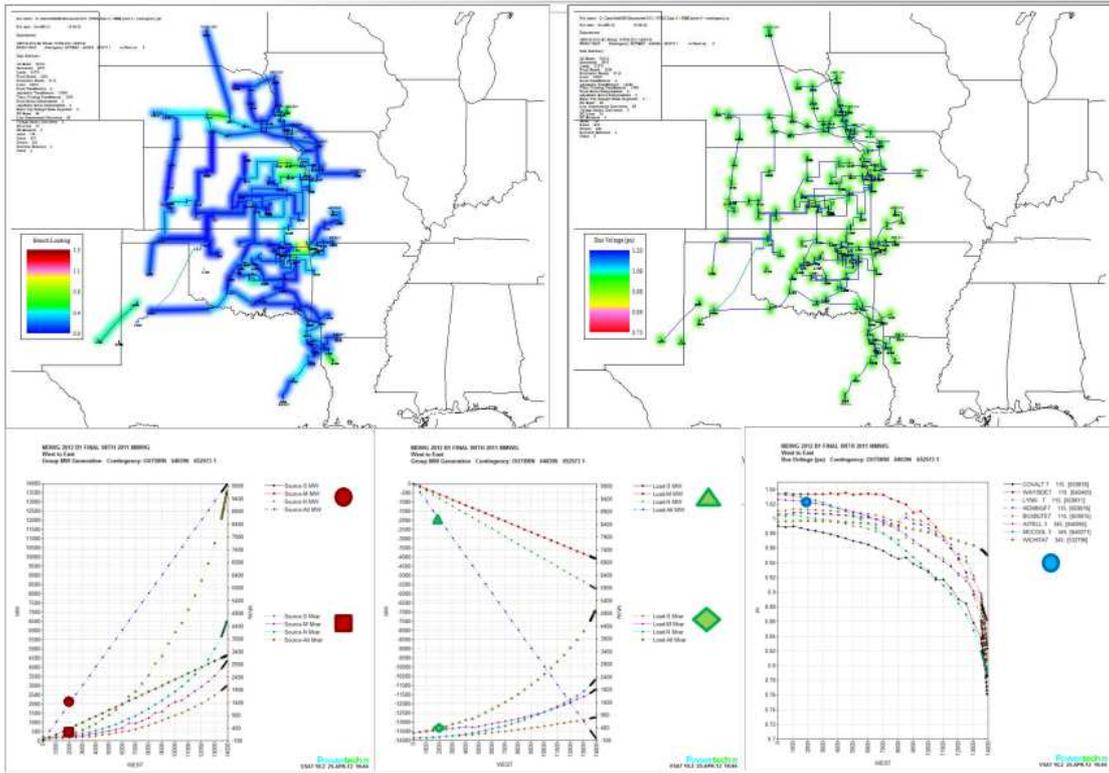
圖 4-1 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 21MW)



Transfer Point 3: 1,021 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV

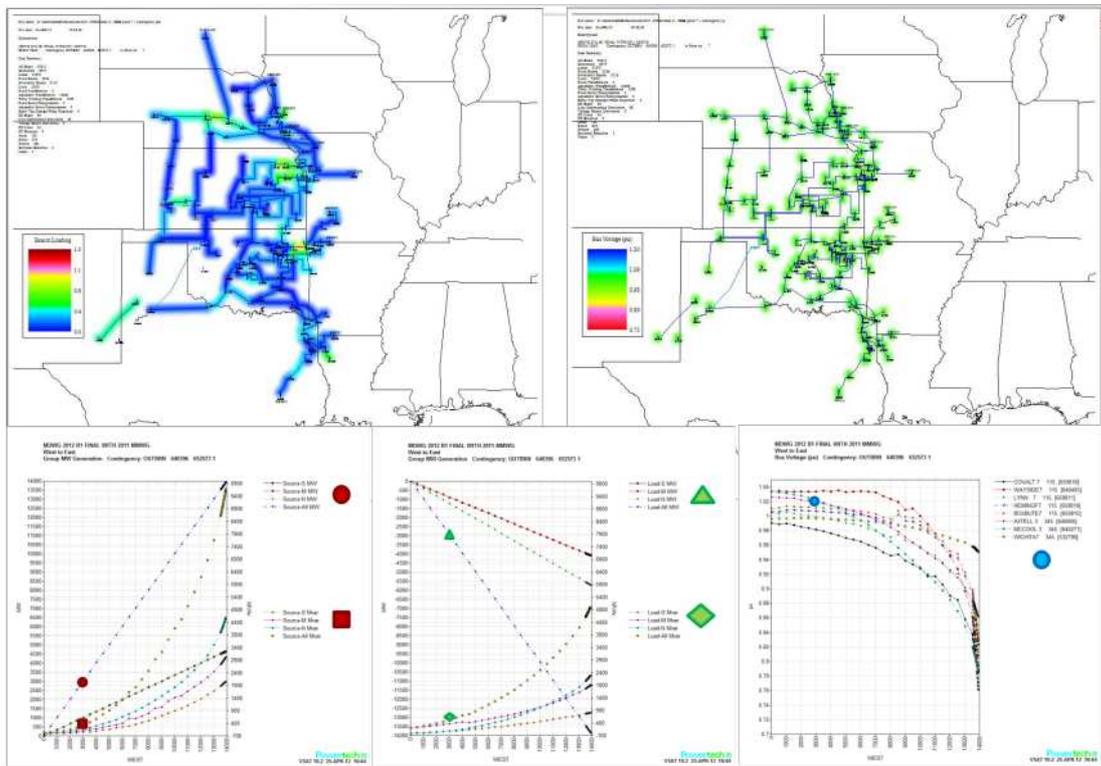


圖 4-2 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 1021MW)



Transfer Point 5: 2,021 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV

圖 4-3 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 2021MW)



Transfer Point 7: 3,021 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV

圖 4-4 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 3021MW)

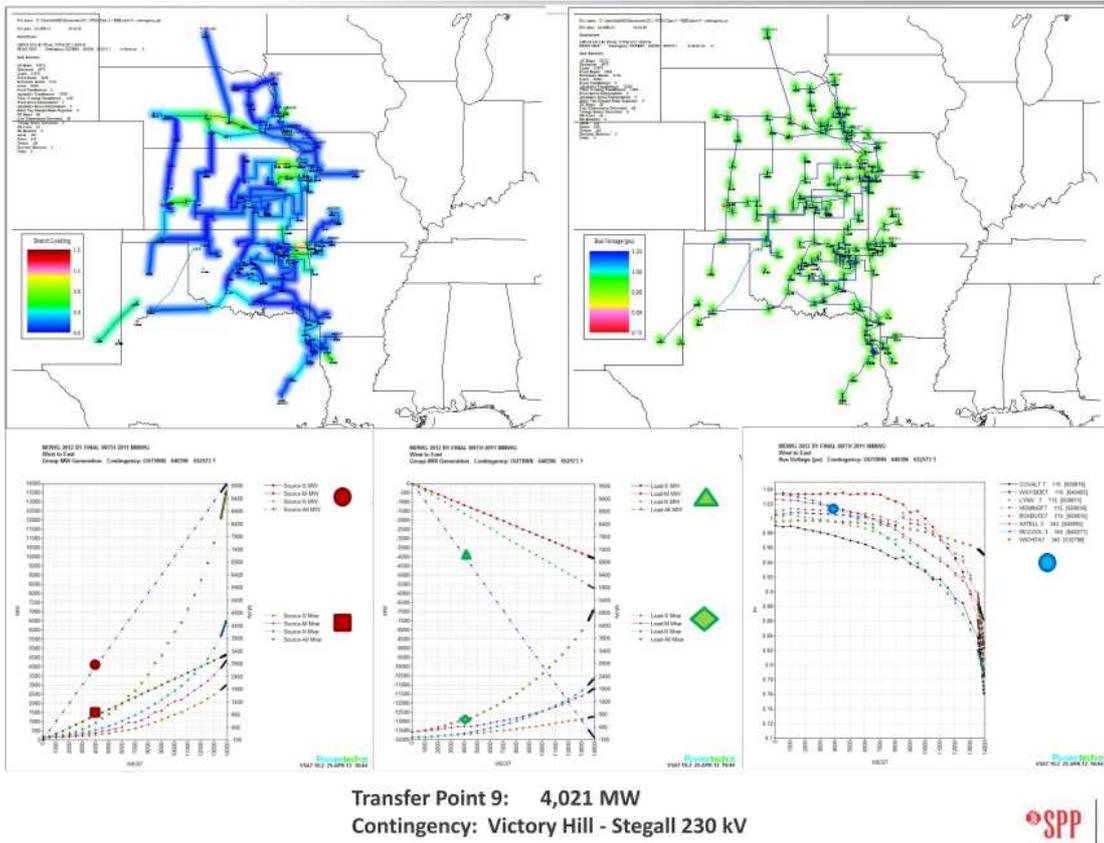


圖 4-5 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 4021MW)

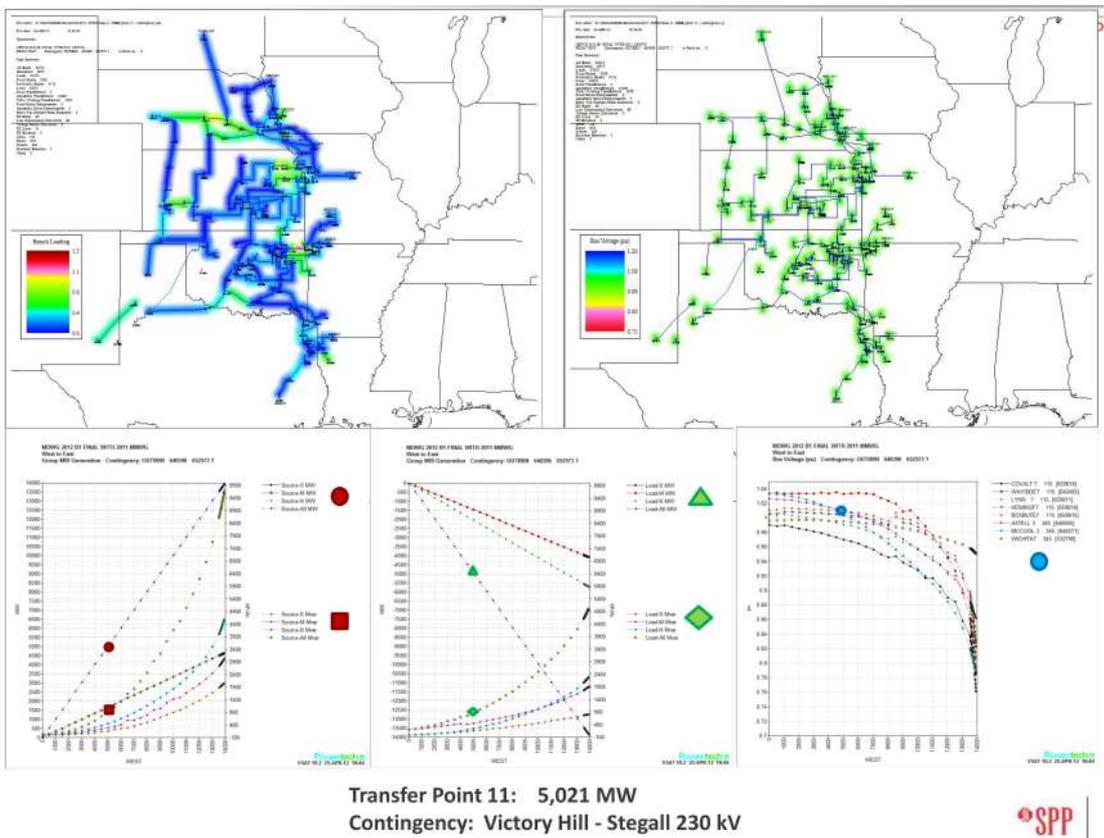
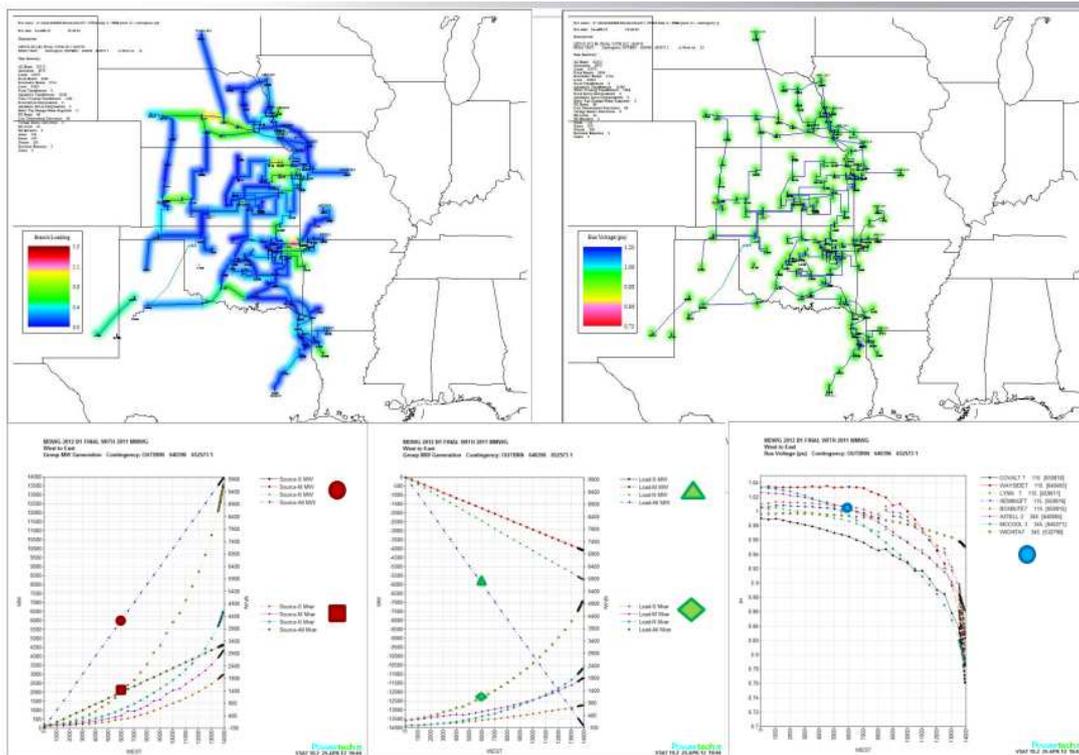


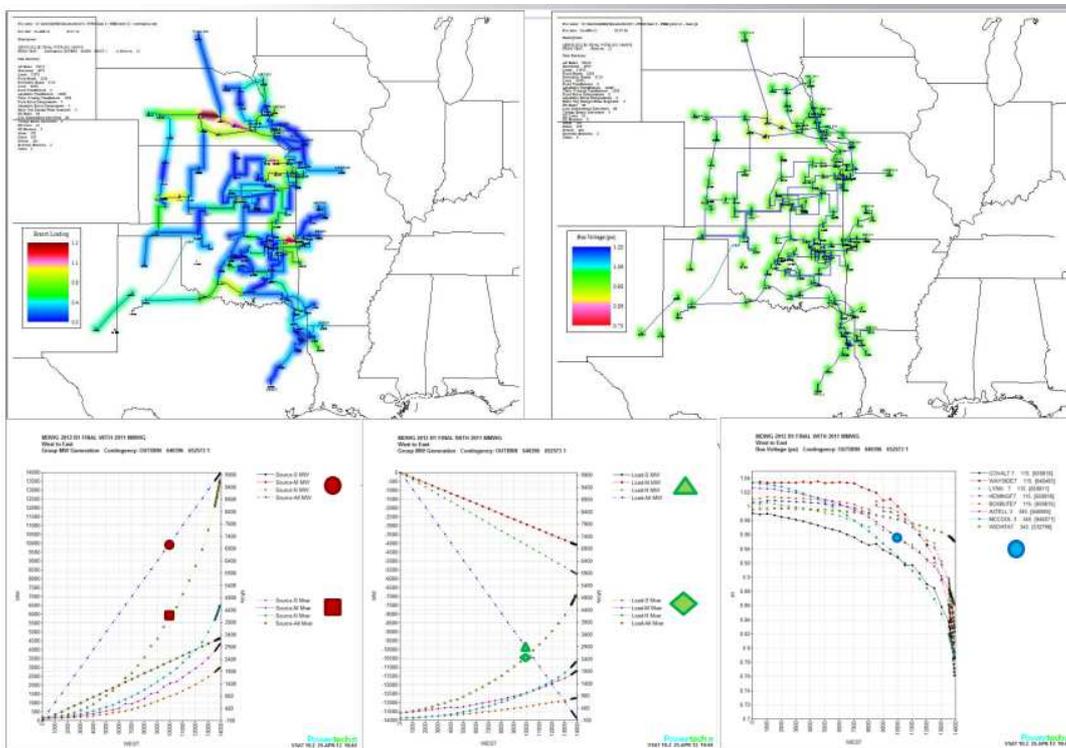
圖 4-6 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 5021MW)



Transfer Point 13: 6,021 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV



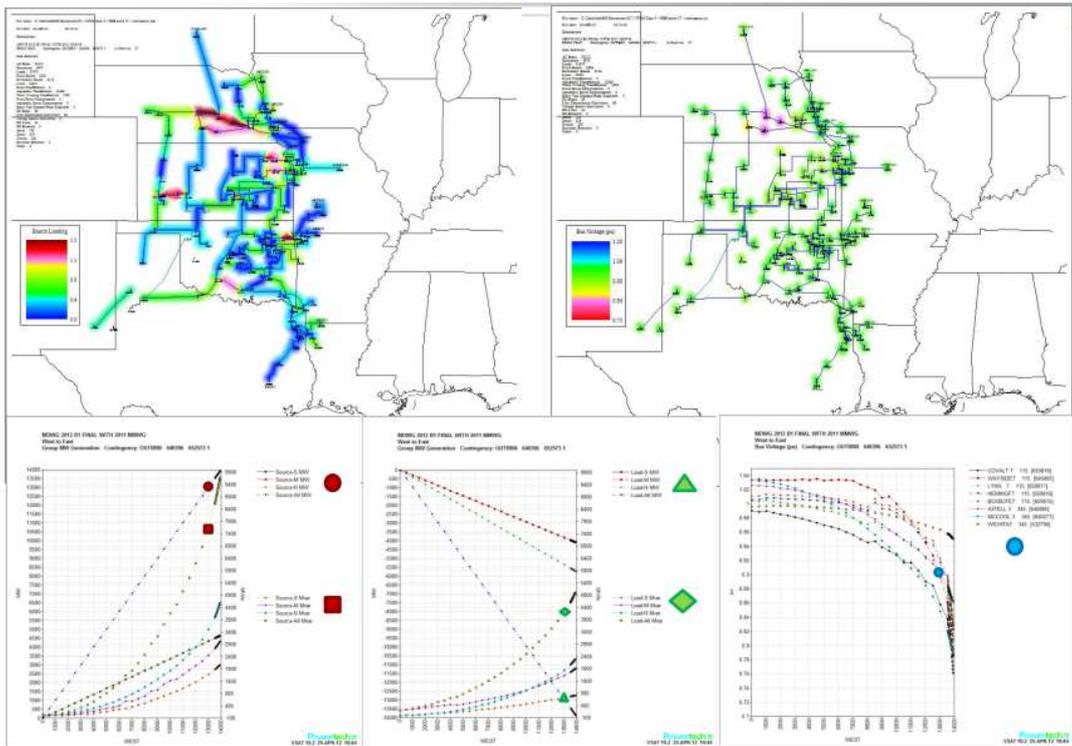
圖 4-7 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 6021MW)



Transfer Point 21: 10,021 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV



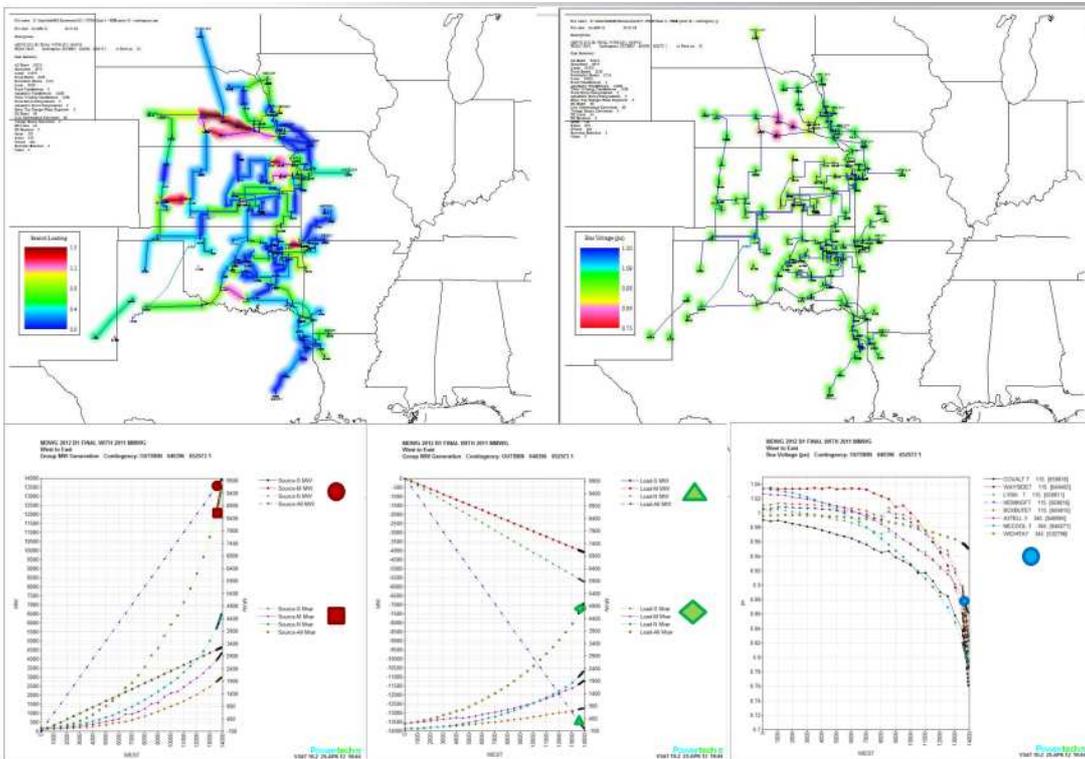
圖 4-8 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 10021MW)



Transfer Point 27: 13,021 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV



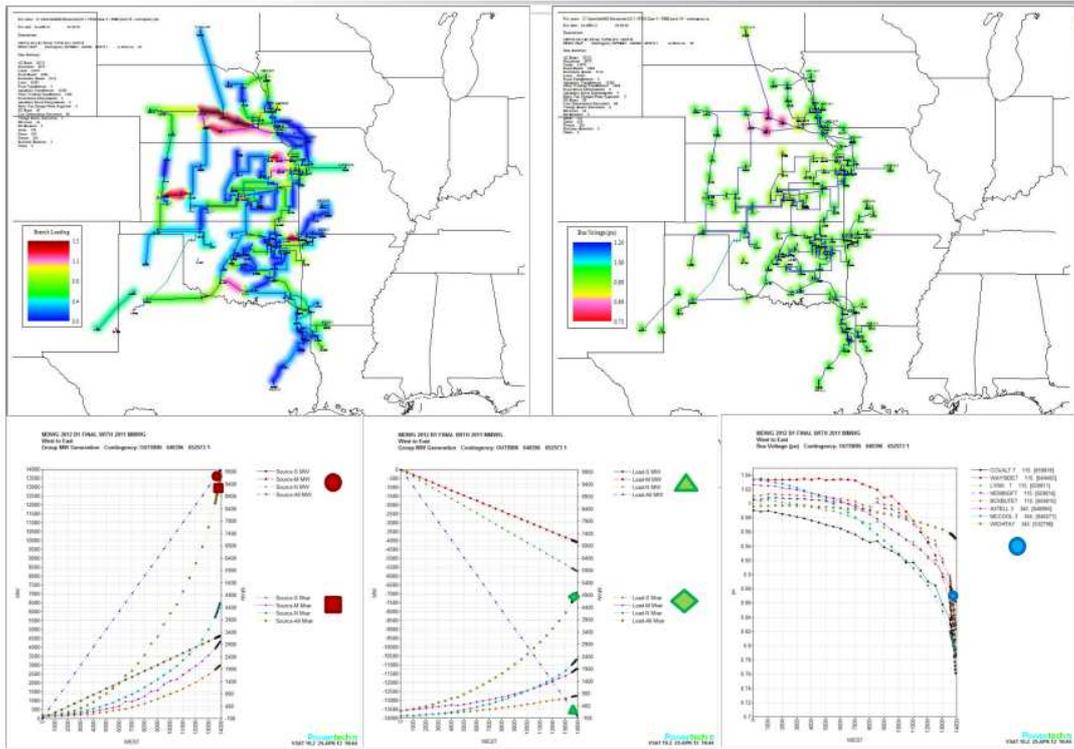
圖 4-9 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13021MW)



Transfer Point 33: 13,601 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV

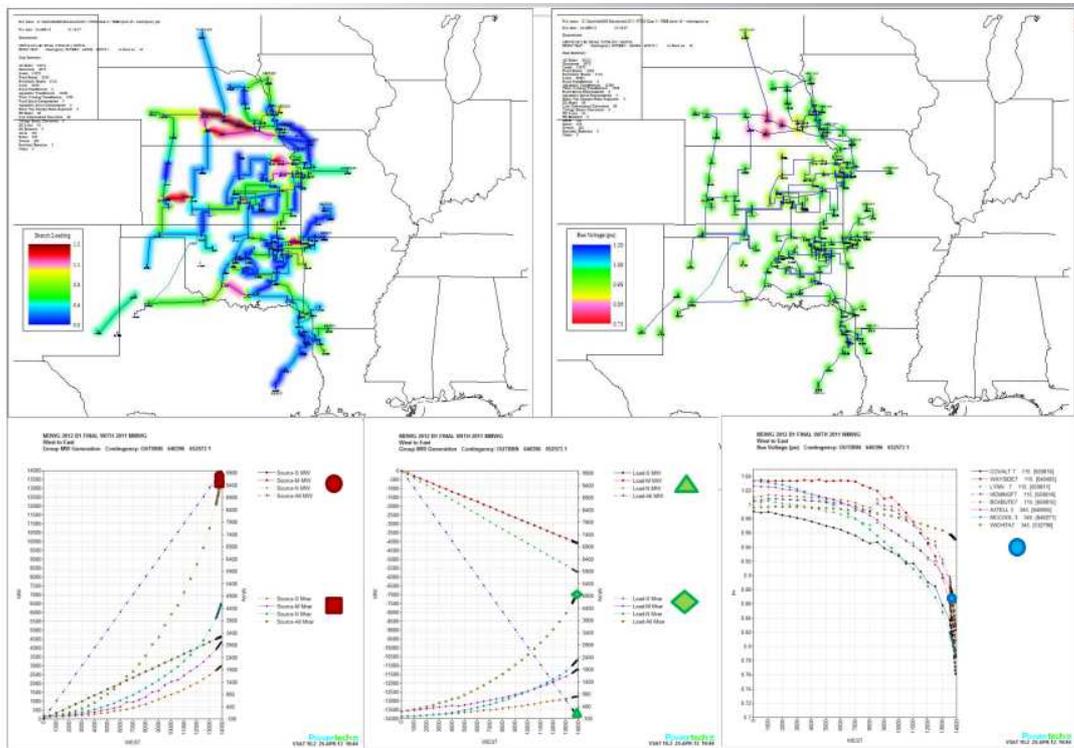


圖 4-10 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13601MW)



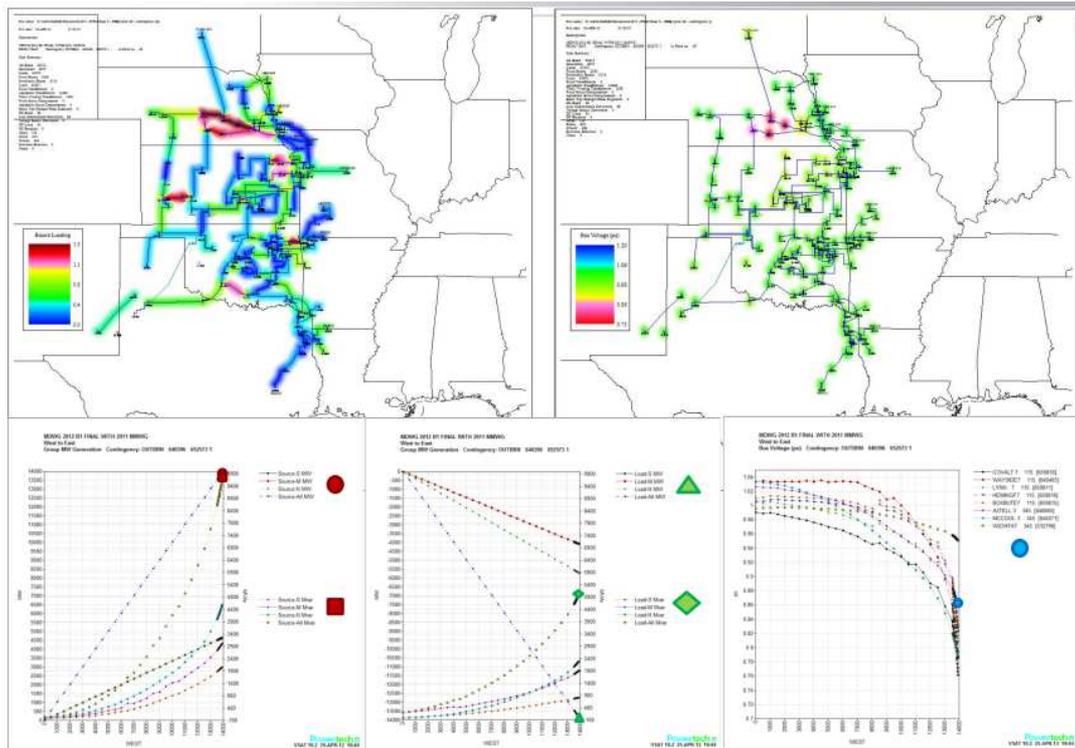
Transfer Point 39: 13,721 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV

圖 4-11 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13721MW)



Transfer Point 45: 13,841 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV

圖 4-12 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13841MW)



Transfer Point 49: 13,921 MW
Contingency: Victory Hill - Stegall 230 kV



圖 4-13 電壓崩潰現象之視覺化圖像(輸送電力 13921MW)

二、應用於台電系統之說明

由於台電全系統負載主要集中在北部地區，約佔全系統 40%。而自有區域內電源量不足以滿足區內負載需求，因此北部系統長期以來處於電力供需不平衡狀況，因此不足電力需求需仰賴中部及南部地區藉由 345kV 幹線將電力輸送至北部地區，以滿足用電需求。

以目前台電 345kV 幹線輸電能力，在北部在機組全發(不考量經濟調度狀況下)，沒有任何降載或停用的情況下，北部電力供需情形，於 102 年及 104 年呈現電源不足情形，以 104 年缺電 42 萬瓩最多，須藉由中北幹線融通不足電力，如圖 4-14。

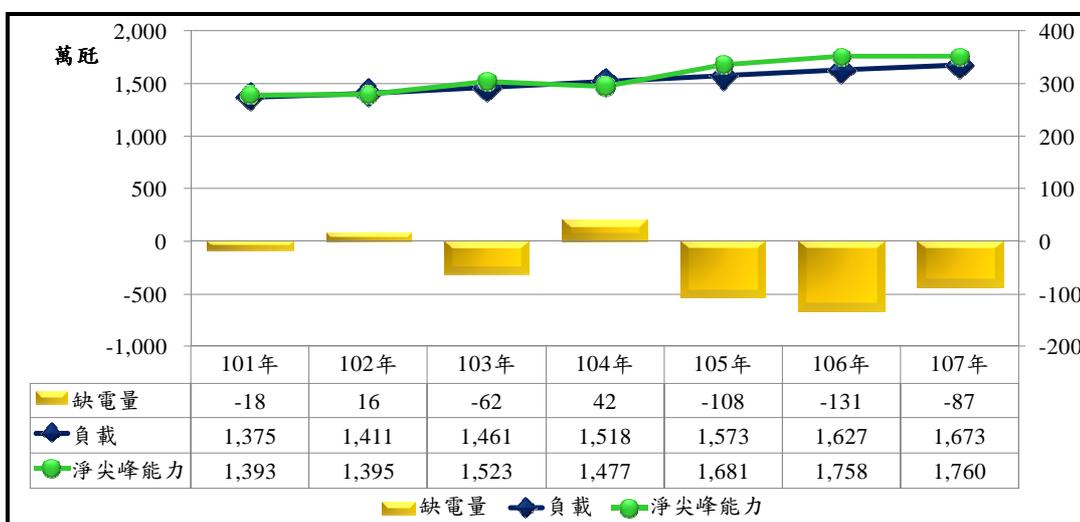


圖 4-14 台電系統北部地區電力供需狀況

然若考慮停用北部最大一部機(N-G)之系統供需檢討狀況，北部電力供需情形，除 106 年外，均為電源不足情形，以 104 年缺電 168 萬瓩最多，須藉由中北幹線融通不足電力，如圖 4-15。

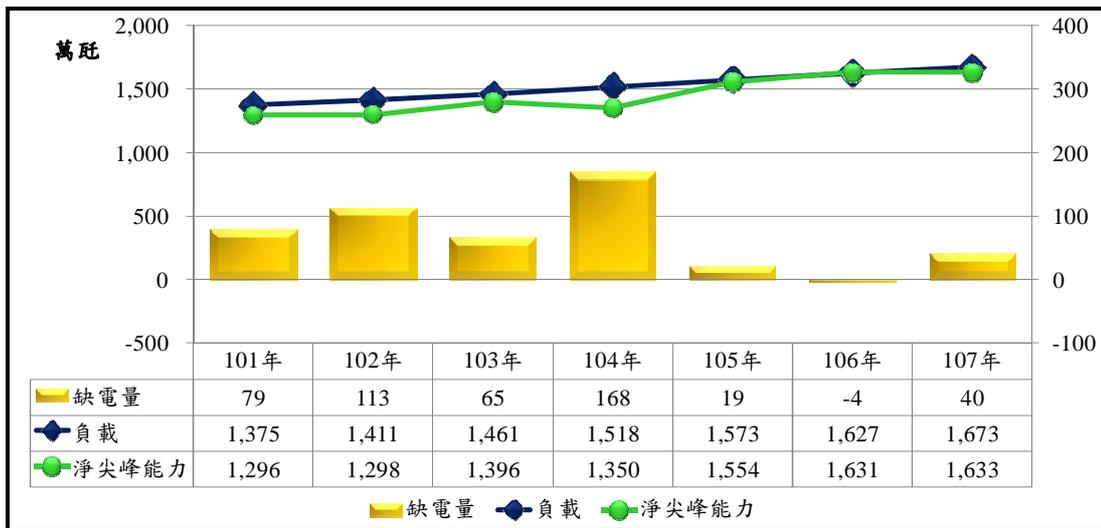


圖 4-15 台電系統北部地區考量 N-G 之電力供需狀況

雖缺電量尚可藉由中北幹線融通滿足所需電力需求，但若負載持續增加，及北部系統電源開發無法順利完成時，其 345kV 幹線仍有其可供電能力上限，且北部系統電壓亦恐無法維持在穩定運轉範圍內。

目前本公司使用之 PSS/E 雖有系統電壓崩潰之求解功能，惟自動化之執行程度及輸出圖像之完成整性等仍有些些許不便之處。若能參考美國 SPP 之使用實例、善用 DSATools™之圖像輸出來呈現抽象之系統電壓問題描述，將有助於應用在對非電力專業人士的解說。

三、電壓穩定度程式之說明

(一)功能簡介

VSAT 安全評估模組包括 1)計算定義基本運轉點的電壓安全。2)計算一維或二維電力傳輸安全極限(即系統安全運轉的範圍和區域)若計算結果符合定義的電壓安全標準，那麼基本運轉點或任何其他計算中的運轉點就被認為是電壓安全的等兩部分。而 VSAT 中電壓安全標準可以是如下的任意組合：

- 系統在事故前和所有事故後狀態保持電壓穩定。
- 系統對不穩定有最小的定義邊界，也就是說在邊界的定義實功虛功限制下系統仍然保持穩定。
- 事故前後電壓在定義限制範圍內。
- 事故前後線路和變壓器負載在定義的利用率之下。

傳輸功率增加時的電機調度方式以及負載的增加方式可以由使用者事先定義，可以是任意發電機和負載的定義組合。VSAT 會在每一個運轉點下檢查各種預先定義的電力系統事故是否會導致系統處於不安全運轉點，如圖 4-16。

綠色表示系統運轉在穩定運轉區域內，當系統發現第一個在事後的不安全運轉點時柱狀圖變為黃色，此後 VSAT 繼續計算，直到當系統的當前運轉點在正常狀態下發生電壓失穩或達到功率傳輸極限時柱狀圖變為紅色，因此黃綠交界處(柱狀圖的第一個

分界點)為系統的安全運轉極限，而黃紅交界處(柱狀圖的第二個分界點)為系統正常條件下的失穩點。

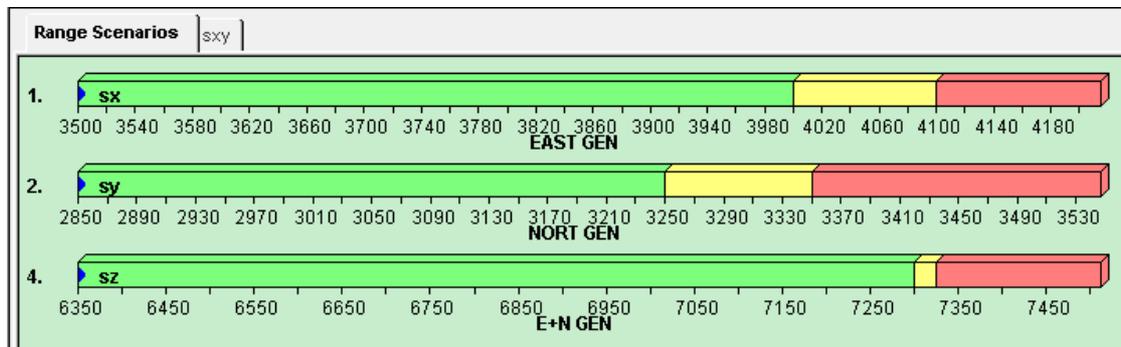


圖 4-16 電壓崩潰運轉區域示意圖

(二)安全區域

電壓穩定安全區域指示了當前運轉點可以向任意方向移動多遠，系統包括了三個獨立的電源或吸收區域(也叫做二維傳輸)圖 4-17 為二個獨立電源及一個一個負載。當檢測到嚴重事故導致系統違反一個或多個電壓安全標準時就達到了安全區域的邊界。

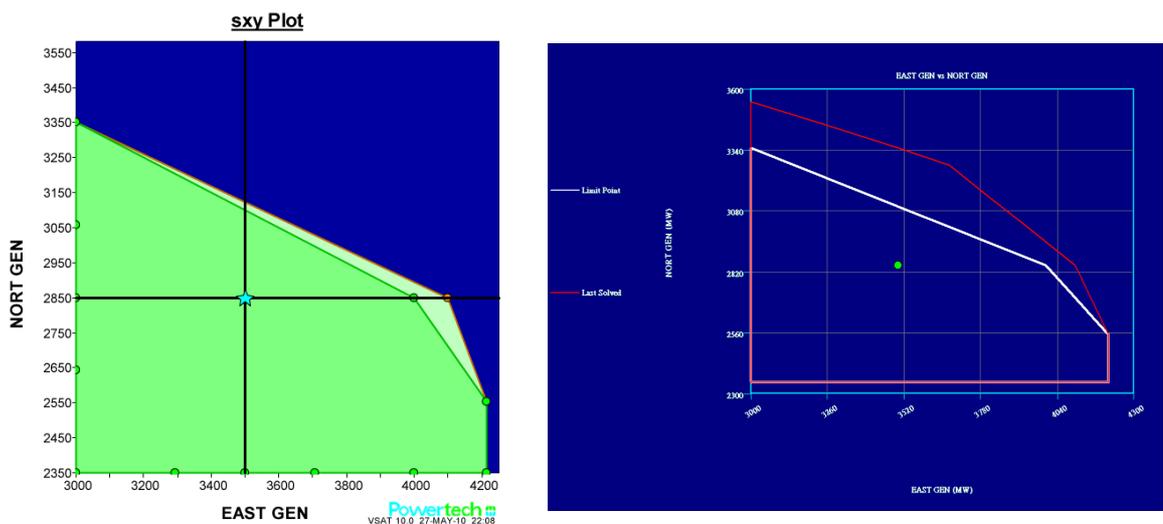


圖 4-17 電壓穩定安全區域示意圖

1. VQ 曲線計算

VSAT 提供了 VQ 曲線的計算和繪製功能，。除了顯示母線電壓對母線注入虛功的敏感程度，QV 曲線還顯示了母線的虛功邊界，它反映了在這條母線變得不穩定前可以承受多少虛功增加。

2. PV 曲線計算

VSAT 可以實現 PV 曲線的計算與分析，它可以實現兩種 PV 曲線的分析方法。一是通過研究的區域中不斷增加負載並不斷增加外部的發電量；二是不斷增加 Tie-Line 傳輸潮流，即把發電量從受電區域移到外部區域。其 PV 曲線之表示如圖 4-18 所示。

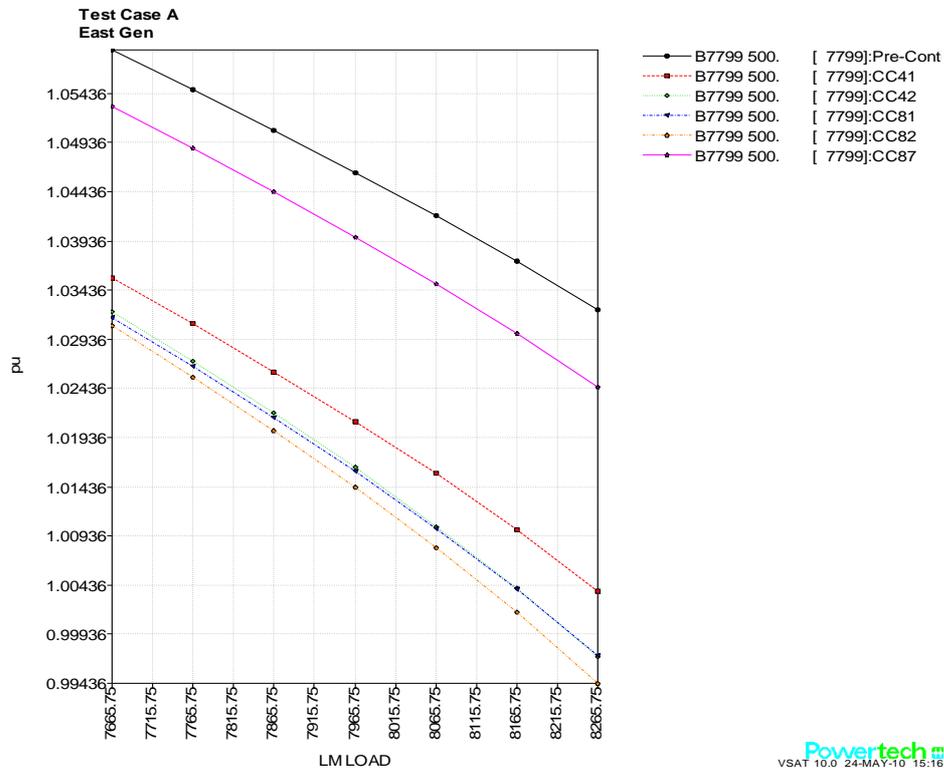


圖 4-18 電壓穩定度之 PV 曲線示意圖

(三)VSAT 計算步驟

1. 讀入方案檔以及所有的相關資料檔案，通過定義一個主文件可以同時讀入多個方案。如果潮流資料不是 PFB 或 PSF 格式，必須先轉成 PFB 格式。
2. 在事故指令檔中新建自動完全事故檔，也可以手動進行新建。
3. 進行基於潮流檔的運轉點的安全評估。
4. 如果參數檔中的事先定義了傳輸檔，那麼 VSAT 將會計算傳輸極限，包括計算傳輸的安全範圍或安全區域。
5. 如果要求找出消除不安全運轉點的安全違規，則運轉 RA 模組進行分析。

圖 4-19 為分析輸電線路傳輸能力之流程圖，其 PV 曲線分析結果如圖 4-20 所示。由圖 4-20 可知，當考量不同事故條件時，其經由 PV 曲線分析結果可知其造成各個電壓崩潰的運轉點亦不同，若事故條件越顯嚴重，如台電系統考量 345kV 中北幹線 N-2 或北部地區考量電廠 N-2G 情況時，其所造成電壓穩定度影響將更顯嚴峻。

Transfer Limit Computation

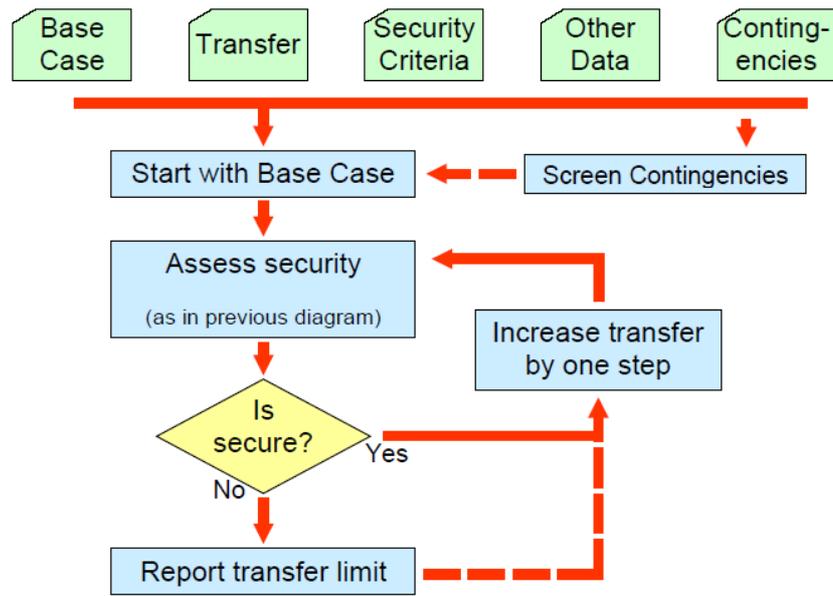


圖 4-19 分析輸電線路傳輸能力之流程圖

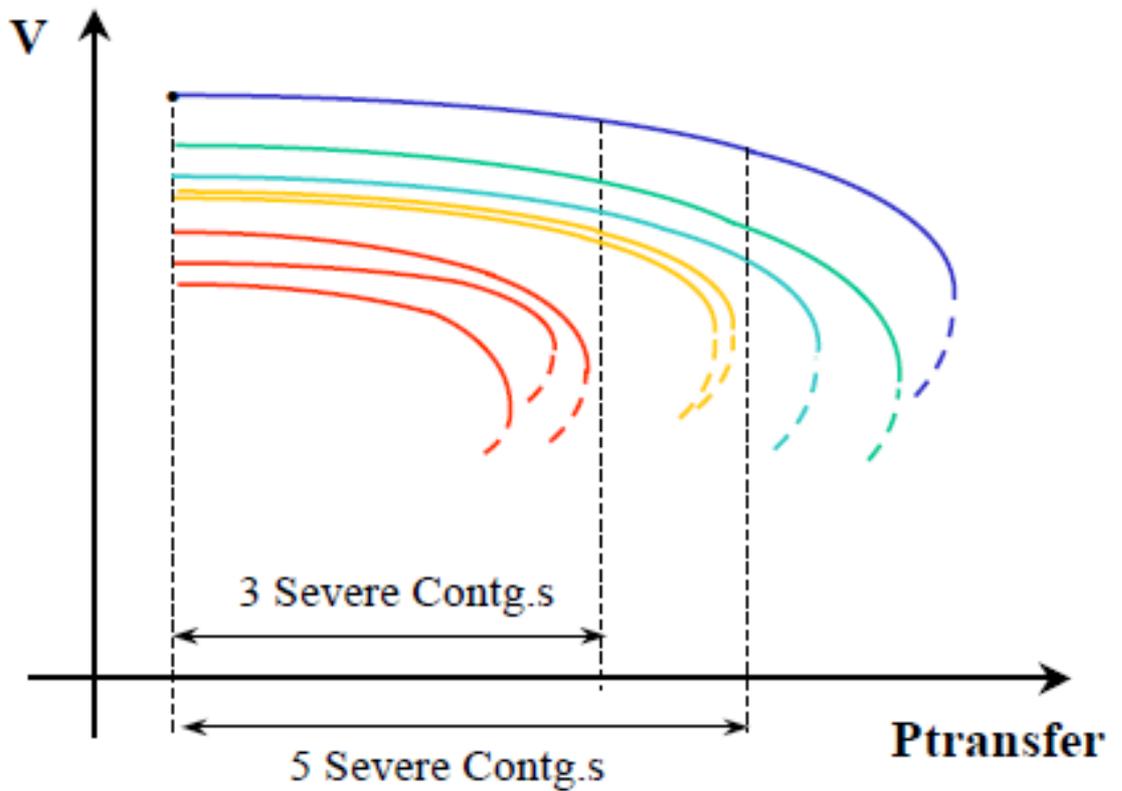


圖 4-20 PV 分析結果示意圖

伍、參考文獻

本報告內容係參考本次參加專家之簡報資料並摘要部份簡報(如附錄)內容所撰述之研習心得，相關美國 SPP 電網之所提供技術創新非屬報告人原創，謹此聲明，並向 PLI Software Technologies Director Ph.D Lei Wang(汪磊)致謝。

[1] PLI 網站 <http://www.powertechlabs.com/>

[2] DSATools™網站 <http://www.dsatools.com/>

[3] 2012 DSATools™ UGM 相關簡報資料，Sep. 27~28, Las Vegas, NV, USA

附錄、簡報資料摘要

- 一、 MISO on-line DSA (Raja Thappetaobula, MISO)
- 二、 Implementation of DSATools for security assessment in the Colombian Power System (Juan José Chavarro, XM Colombia)
- 三、 Issues on on-line DSA implementation (Dr. Nyuk-Min Vong, Transpower)