

(100)電返國報字第 21 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)

參加電力系統動態安全分析程式使用者年會與洽訪
相關電力調度中心
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
吳進忠	12 等電機工程監	電力調度處	850899	100 年度第 21 號
胡倉溢	11 等電機工程監	電力調度處	026575	100 年度第 21 號

出國地區：美國、加拿大

出國期間：100 年 9 月 10 日至 100 年 9 月 23 日






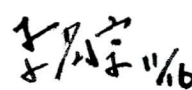
報告日期：100 年 11 月 14 日

出國報告審核表

出國報告名稱：參加電力系統動態安全分析程式使用者年會與洽訪相關電力調度中心報告		
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：100年9月10日至100年9月23日		報告繳交日期：100年11月14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 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 <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	 	審核人	 	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：參加電力系統動態安全分析程式使用者年會與洽訪相關電力
調度中心報告

頁數 73 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
吳進忠	台灣電力公司	電力調度處	計劃組長	02-2366-6606
胡倉溢	台灣電力公司	電力調度處	主管電網軟體	02-2366-6630

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：100年9月10日至100年9月23日

出國地區：美國、加拿大

報告日期：100年11月14日

分類號／目

關鍵詞：特殊保護系統(Special Protection System, SPS)、動態安全分析程式(DSA Tools---VSAT/TSAT)、暫態安全評估模式比對(Transient Stability Assessment by Pattern Matching, TSAPM)、補救行動計劃(Remedial Action Schemes, RAS)、電能管理系統(Energy Management System, EMS)

內容摘要：

本報告主要以 2011 年電力系統動態安全分析程式使用者年會討論議題，以及參訪德州大學阿靈頓分校能源研究中心與加拿大 BC Hydro 為內容，分別

針對 1. PLI 公司 DSA Tools 在目前各調度中心(ISO) 之運用情形及未來發展方向；2.加拿大 BC Hydro RAS 系統之即時自動 Arming (設備進入準備動作之狀態)功能、EMS-TSAPM-RAS 架構及實際運用情形；3. BC Hydro 邁向智能電網的作法與經驗，以及 4.發電機組參數線上模擬識別技術研究計畫執行情形等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、電力系統動態安全分析程式使用者年會

伍、加拿大 BC Hydro RAS 運用經驗

陸、BC Hydro 邁向智能電網的作法與經驗

柒、發電機組參數線上模擬識別技術研究計畫執行情形

捌、參考文獻

目 錄

行政院及所屬各機關出國報告提要	III
目 錄.....	V
圖表索引.....	VIII
壹、心得與建議.....	1
1.1 心得	1
1.2 建議	2
貳、出國目的.....	4
參、出國行程.....	5
肆、電力系統動態安全分析程式使用者年會	6
4.1 源起	6
4.2 DSA Tools	6
4.2 2011 年動態安全分析程式使用者年會	8
4.3 2011 年會主要內容	11
4.4 南方電力公司 (Southern Company) 即時暫態穩定度分析	14
4.5 美國 Alstom 結合線上穩定度解決方案及同步相量的應用	17
4.6 聲明	20
伍、加拿大 BC Hydro RAS 運用經驗	21

5.1 BC Hydro 簡介.....	21
5.2 BC Hydro 電力調度中心.....	23
5.3 BC Hydro 電力系統特性與挑戰.....	25
5.4 BC Hydro 系統規劃與運轉準則.....	28
5.5 BC Hydro 的 Remedial Action Schemes (RAS)	29
5.6 500kV 輸電線 5L76&5L79 RAS 的規劃與應用.....	32
5.7 聲明	43
陸、BC Hydro 邁向智能電網的作法與經驗[5]	44
6.1 前言	44
6.2 BC Hydro 的 RAS 發展注意事項	45
6.3 以 EMS 為基礎的 RAS	46
6.4 BC Hydro 的 RAS 發展注意事項	48
6.5 案例 1 –Peace system RAS.....	51
6.6 案例 2 – BC-US 聯絡線之 RAS.....	56
6.7 聲明	58
柒、發電機組參數線上模擬識別技術研究計畫執行情形	59

7.1 背景說明	59
7.2 模擬資料正確性之分析說明	59
7.3 SimPowerSystems 架構與模擬結果	61
捌、 參考文獻	64

圖表索引

圖 4-1 On-Line DSA 與 EMS 之架構圖	7
圖 4-2 世界上目前（即將）使用線上 DSA 系統之分布圖	8
圖 4-3 2011 年 4 月 27 日龍捲風經過的情形	16
圖 4-4 EMS 結合線上穩定度解決方案及同步相量的應用	17
圖 4-5 ALSTOM e-terravision	18
圖 5-1 Columbia and Peace Rivers 流域主要水力電廠基本資訊.....	22
圖 5-2 BC Hydro 調度中心調度畫面及調度員專注系統即時資訊的情形	25
圖 5-3 BC Hydro 500kV 輸電系統.....	26
圖 5-4 哥倫比亞河流域電廠 500kV 輸電系統	33
圖 5-5 BC Hydro 500kV 輸電系統.....	34
圖 5-6 5L76&5L79RAS arming 與控制動作的要求	36
圖 5-7 輸電線路多重偶發事故的硬體邏輯架構.....	37
圖 5-8 REV 電廠 RAS 的 Logic IED.....	37
圖 5-9 REV 電廠 RAS 的訊號流程圖(AMC 為串聯電容器開閉所)	38
圖 5-10 串聯電容器跳脫事故的硬體邏輯架構	39
圖 5-11 REV 電廠(5L76&5L79) RAS 的實體圖	39
圖 5-12 BC Hydro 整合 EMS、SCADA 及 RAS 的方塊圖	40

圖 5-13 TSAPM 的流程方塊圖.....	41
圖 5-14 RAS 資料庫結構與 Mapping	42
圖 5-15 TSAPM-RAS Arming Pattern	42
圖 5-16 TSAPM 自動下載的 RAS Arming Pattern.....	43
圖 6-1 整個 BC 省 500kV 幹線系統.....	47
圖 6-2 中央 arming 的 RAS 系統	48
圖 6-3 典型的 TSA 畫面-即時發電機卸載的 arming pattern.....	51
圖 6-4 Peace system 500kV 電網	52
圖 7-1 核三 PMU 設置點鄰近的區域母線系統圖	60
圖 7-2 事故前 power flow case 上的 Bus 1000 線電壓	60
圖 7-3 核三(Bus 1000)線電壓資料波形	61
圖 7-4 SimPowerSystems 架構圖	62
表 3-1 出國行程.....	5
表 4-1 2011 年動態安全分析程式使用者年會議程.....	9
表 5-1 5L76&5L79 RAS 之功能範圍.....	34
表 5-2 REV 電廠發電機卸載規劃	35
表 6-1 TSA 安裝前，Peace System 發電機卸載表.....	54
表 7-1 SimPowerSystems 模擬與歐華廠商提供資料的波形.....	63

參加電力系統動態安全分析程式使用者年會與 洽訪相關電力調度中心 出國報告

壹、心得與建議

1.1 心得

- 1.會議期間要感謝 PLI (Powertech Lab Inc.) 公司汪磊博士的熱心安排，讓我們有機會和外國電力公司電網分析相關人員進行交流，並從中獲取若干寶貴的經驗；另外，在拜訪美國德州大學阿靈頓分校 (UTA) 能源研究中心期間要感謝李偉仁博士熱心說明『發電機線上參數識別技術』最新發展與研究進度，並介紹 UTA 再生能源示範系統的運用情形與美國再生能源發展的最新概況。
- 2.此次行程最大收穫應屬洽訪加拿大 BC Hydro 公司，研討補救行動計劃 (Remedial Action Schemes, RAS) 及參觀電力調度中心，且要感謝 Steven Pai、Wendy Chao 及 Eugenia Chen 等 3 位台灣同鄉的協助，尤其要特別感謝總工程師 Steven Pai 的熱心安排，規劃為期 3 天的 RAS 技術研討，並邀請多位技術專家共同與會討論。
- 3.對於相量量測裝置 (PMU) 的發展與應用，北美各調度中心及電力公司人員均寄以厚望，惟因裝置的數量並未普及，目前並無與線上 (On-line) DSA 整合的實際案例，On-line DSA 主要仍以 EMS/SCADA 的資訊作

分析的資料來源，PMU 目前只是用來確認 SE 的正確性。

- 4.以 EMS 為基礎的 RAS 已發展為即時的工具，事實上 BC Hydro 自 1994 已成功使用自動化的 EMS-TSAPM-RAS，這個功能已經成為中央電力調度中心調度人員基本的運轉工具，具有靈活性及彈性可以適應系統的變化。另外對系統規劃而言，RAS 也成為重大計畫發展(如大量風力發電進入系統及相應的輸電系統改變)時良好且不可分割的一部分。
- 5.本次奉派執行出國計畫承蒙處長及各位長官、同仁的支持與協助方能順利成行，謹致上誠摯的謝意。

1.2 建議

- 1.DSA Tools 使用者年會每年均邀請世界各電力公司、調度中心之使用者參加，並於年會中報告 DSA 之最新應用、實務經驗交流及專題演講，本公司派員出席年會除可瞭解 DSA Tools 各類應用的發展現況外，並有機會和國外電力相關人員進行交流，對相關技術的引進與 DSA 的應用均有相當大的助益，建議應繼續派員參加。
- 2.On-line DSA 的建置與應用已是必然的趨勢，目前全球共有 35 個調度中心或電力公司採用 PLI On-line DSA，北美地區約有 32 個，建議本公司應持續注意其發展與應用情況，並適時評估引進時機。
- 3.BC Hydro 的 RAS 與 EMS 結合，可同時考慮即時系統負載大小、電網狀態、輸電限制及機組調度情況，進行即時 (Real-Time) TSA 分析、模

式比對 (Pattern Matching) 後進行 Arming(使設備進入準備動作之狀態)，即將動作方案透過通信網路送到相關電廠或變電所的 RTU 更新 RAS 的 PLC 設定，當偶發事故發生時保護電驛動作訊號直接傳送至 RAS 觸發 PLC 動作，執行必要的發電機卸載跳脫及輸電線路跳脫；系統每 4 分鐘更新一次，所產生的 RAS 動作方案最接近即時系統狀況，可確保系統穩定並將跳脫設備降至最少。此種方式已獲 WECC 肯定，近期將列為建議方式向所屬各電力公司會員推薦。**Real Time SPS (RAS) 的發展值得本公司進一步研究，建議由本處籌組專案小組進行規劃研究。**

貳、出國目的

本公司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安全分析程式(DSA Tools---VSAT, TSAT)，檢討本公司目前既設及新建之 SPS 動作決策表，此為經常性重點業務，故派員參加其使用者年會蒐集世界各電力公司、調度中心之動態安全分析程式在電網分析方面之最新應用、實務經驗及技術資訊，以促進本公司相關業務之進行與電力分析技術之提昇。

另依 100 年第 09 次經營會議董事長指示事項(00-06-13-02)『如何強化北部電網為本公司當前要務，請遵循日前經濟部舉辦之「台灣地區電網安全國際諮詢會議」決議，妥為補強電力系統可能弱點』。因此於會後洽訪德州大學阿靈頓分校能源研究中心(ESRC)、加拿大 BC Hydro 公司，研討發電機參數線上識別技術、線上特殊保護系統之分析與應用技術，強化特殊保護系統功能補強電力系統可能弱點，以提高北部電網穩定度及傳輸容量。

參、出國行程

本出國計畫，自 100 年 9 月 10 日起，至 100 年 9 月 23 日止，合計 14 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
100/9/10~100/9/11	台北—洛杉磯—明尼亞波利	往程
100/9/12~100/9/14	美國 聖保羅 (Saint Paul)	1. 參加 2011 年電力系統動態安全 分析程式使用者年會 2. 0914 會議結束後即前往德州 達拉斯~阿靈頓
100/9/15~100/9/16	美國德州 阿靈頓(Arlington)	研討「發電機組參數線上分析與應 用技術」及「大量風力發電對電網 之衝擊與因應策略」
100/9/17	達拉斯~溫哥華	行程
100/9/18~100/9/21	加拿大 溫哥華(Vancouver)	研討「特殊保護系統(SPS)提高系 統穩定度及傳輸容量的策略與具 體作法」、「Remedial Action Schemes」
100/9/22~100/9/23	溫哥華—台北	返程

肆、電力系統動態安全分析程式使用者年會

4.1 源起

本公司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安全分析程式(DSA Tools---VSAT, TSAT)，檢討本公司目前既設及新建之 SPS 動作決策表。加拿大 PLI 公司每年於北美不同城市舉辦 DSA Tools User Group Meeting，邀請其使用者(各電力公司、調度中心)參加年會發表動態安全分析程式(DSA Tools)在電網分析方面之最新應用、實務經驗及技術資訊，以促進使用者間之經驗交流與電力分析技術之提昇。

4.2 DSA Tools

DSATools 為一電力系統分析模擬軟體，可進行各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，當該系統直接與電能管理系統 (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。本套裝軟體包含以下四項主要應用軟體：

1. PSAT-PowerFlow & Short Circuit Assessment Tool 電力潮流計算及故障電流分析

2. VSAT - Voltage Security Assessment Tool 電壓穩定度分析
3. TSAT - Transient Security Assessment Tool 暫態穩定度分析工具
4. SSAT - Small Signal Analysis Tool 小訊號穩定度分析

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，透過 TCP/IP 網路傳到 DSA Tools 系統。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，其架構如圖 4-1 所示。

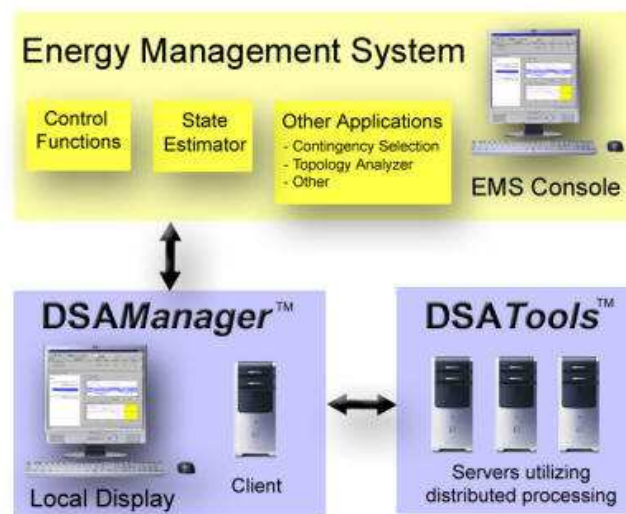


圖 4-1 On-Line DSA 與 EMS 之架構圖

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，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。

世界上目前(即將)使用線上 DSA 系統有 35 套，分佈如圖 4-2 所示。

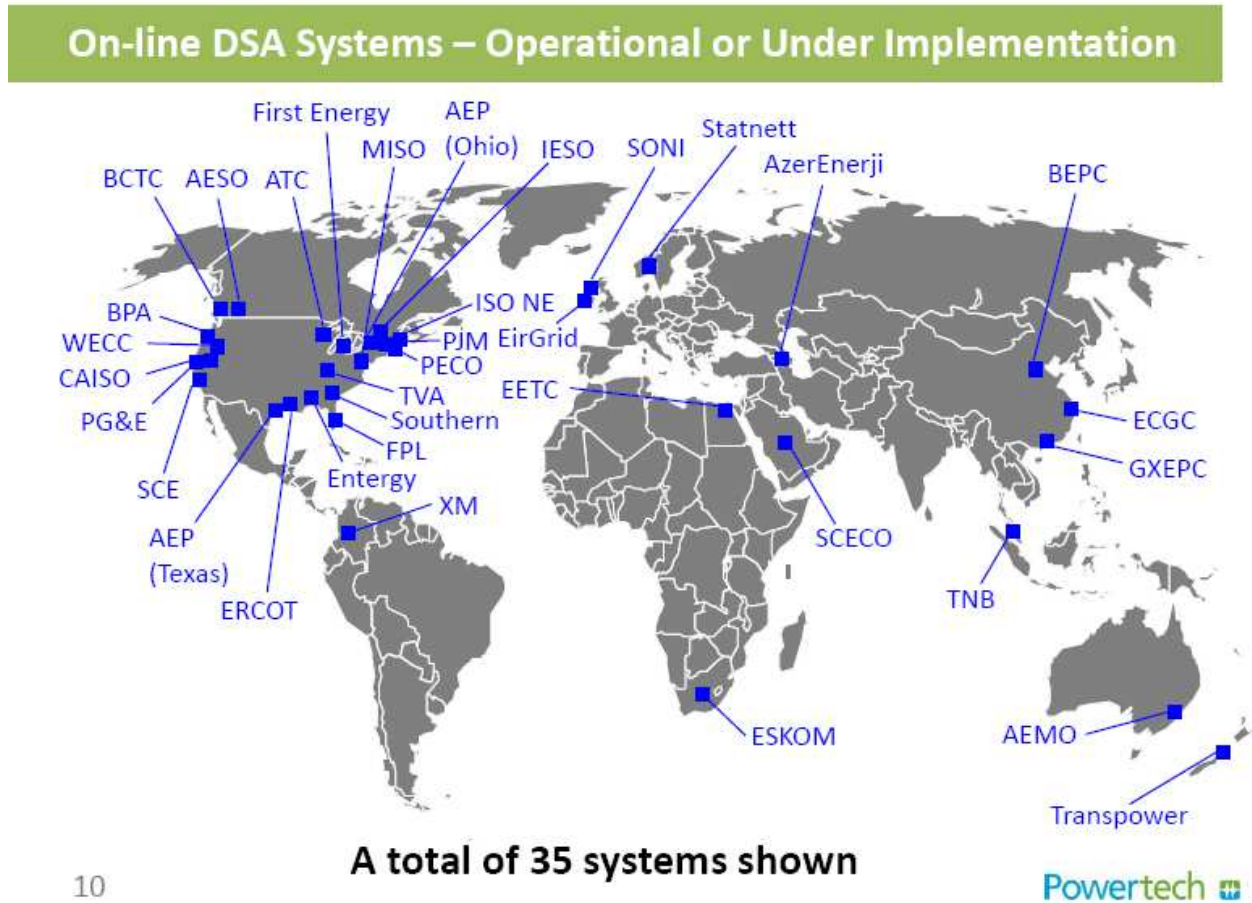


圖 4-2 世界上目前(即將)使用線上 DSA 系統之分布圖

4.2 2011 年動態安全分析程式使用者年會

電力系統動態安全分析程式(DSA Tools)係一套由加拿大 PLI 公司開發，並廣為世界各主要電力公司運用於即時與離線之動態安全分析工具，亦為本公司特殊保護設備建置需求檢討之分析工具。PLI 公司每年除開辦訓練課程外，並邀集世界各電力公司、調度中心之使用者於年會中報告電力系統動態安全分析程式在電網分析方面之最新應用、實務經驗交流及專

題演講。

98 年及 99 年本處均曾派員參加「電力系統動態安全分析程式使用者年會」，今（2011）年年會於 9 月 12~14 日在美國明尼蘇達州聖保羅市舉行，年會議程如表 4-1 所示：

表 4-1 2011 年動態安全分析程式使用者年會議程

日期	時間	組別及議題
9/12	17:30~19:00	Welcome Drink
9/13	8:45~9:00	Welcome and introductions (Lei Wang)
	9:00~10:00	Overview and what's new in DSATools™ V11 – session 1 •PSAT (Xi Lin) •VSAT (Xi Lin)
	10:00~10:15	Break
	10:15~11:15	Overview and what's new in DSATools™ V11 – session 2 • TSAT including UDMEditor and DSAOA (Fred Howell) • SSAT including CDT (Fred Howell)
	11:15~12:00	DSATools™ user forum (coordinated by Lei Wang) • DSATools™ development roadmap • Plan for new modules and products
	12:00~13:00	Lunch
	13:00~14:00	Recent development with on-line DSA (Fred Howell / Xi Lin)
	14:00~14:45	IESO's experiences with the On-line Limit Derivation System using DSA Tools (Vishaal Persaud)
	14:45~15:00	Break
	15:00~15:45	CAISO presentation on its on-line TSA project (Dede Subakti)
	15:45~16:30	ERCOT experience of using online DSATools in operations (Jian Chen)
	16:30~19:30	Adiourn

9/14	8:45~10:00	On-line DSA forum (coordinated by Lei Wang) •Application presentations 1. Southern Company Services (James Viikinsalo) 2. Transpower (Steven Nutt) 3. Alstom (Ali Sadjadpour) 4. Powertech (Lei Wang)
	10:00~10:15	Break
	10:15~12:00	On-line DSA forum – continued (coordinated by Lei Wang) • A step-by-step analysis of a typical on-line DSA project • Future development issues • Software demo • Discussions
	12:00~13:00	Luncch
	13:30~16:30	Technical tour to Midwest ISO control center • Introduction of MISO • Why MISO needs TSAT and VSAT Minnesota-Wisconsin Export Interface Manitoba-U.S. Interface North Dakota Interface • TSAT and VSAT applications at MISO On-Line TSAT and VSAT • Demo of TSAT/VSAT applications on MISO Production Systems • Tour of control center

本次 DSA 使用者年會主要介紹近期軟體功能的更新部分，其中包含顯示案例的歷史狀況，動態模型的更新，使用者介面的改善，以及簡化 TSAT 和 VSAT 伺服器服務的安裝等；提供用戶在 DSATools 運用方面之經驗分享與討論；此外，還安排 Midwest ISO 在 St. Paul 調度中心的參訪，瞭解線上 DSA 實際運作。

2011 年會與會人員來自數個國家電力相關之電力公司、輸電公司、獨立系統電力調度 ISO、系統應用開發商、工程顧問公司及實驗室等，詳

列如下：

- AESO (Canada)
- Alstom (US)
- ATC (US)
- Burns & McDonnell (US)
- California ISO (US)
- CenterPoint Energy (US)
- Dominion (US)
- ERCOT (US)
- Florida Power & Light (US)
- IESO (Canada)
- ITC Holdings (US)
- Manitoba Hydro (Canada)
- MAPPCOR (US)
- Minnesota Power (US)
- National Grid (UK)
- MISO (US)
- Pacific Northwest National Lab (US)
- San Diego Gas & Electric (US)
- Southern California Edison (US)
- Southern Company Services (US)
- **Taiwan Power Company (Taiwan)**
- Transpower (New Zealand)
- Xcel Energy (US)

4.3 2011 年會主要內容

1. DSATools 的新特性介紹及展示

- (1)產生當發電機聚集(aggregation)和解聚(disaggregation)時的報告
- (2)顯示案例的歷史狀況 (完成、部分完成、失敗)
- (3)容忍資料伺服器暫時性的資料遺失
- (4)支援多個 powerflow 修正檔

(5)使用者界面的改善，如突顯變更的資料、更快的搜尋器等

(6)簡化 TSAT 和 VSAT 伺服器服務的安裝

2. 用戶在 DSATools 運（應）用方面之經驗分享與討論

(1) IESO 使用 DSA Tools 在線上的極限起源系統方面的經驗談(IESO's experiences with the On-line Limit Derivation System using DSA Tools) - Independent Electricity System Operator (加拿大 IESO)

(2)即時暫態穩定度分析（ Real-Time Stability ） - 美國 Southern Company，另於下文中敘述

(3)結合線上穩定度解決方案及同步相量的應用（ Online Stability Solutions & SynchroPhasor Applications ） - 美國 Alstom，另於下文中敘述。

(4)即時 VSAT 的經驗談 - 紐西蘭 Transpower NZ Ltd

(5)CAISO 線上 TSA 計畫的經驗談 - 美國加州 CAISO

(6)ERCOT 在運轉上使用線上 DSATools 的經驗談 - 美國德州 ERCOT

3. DSATools 將來發展計畫之討論

(1) DSATools 發展路線圖：根據用戶輸入和應用上的需求，來維護和更新 DSATools 發展路線圖，發展順序依已投入程度及需求而定，費用則由用戶維護費支應，並且也歡迎提供和建議新項目。

(2) DSATools 第 12 版計畫：新版預定 2012 年 4 月發行，主要增進的項目是，計劃在現有模組上，使 UDM 編輯器可處理 HVDC 模組、

全面支援 PSS/E 第 31 及 32 版；計劃在附加模組上，在 PSAT 做諧波分析、在 SSAT 做次同步共振分析。

4. Midwest ISO 參訪

MISO 是一個獨立系統營運商 (ISO) 和區域輸電組織 (RTO)，提供開放式輸電服務和監控高電壓輸電系統，營運遍及整個美國中西部和加拿大 Manitoba 省等共 13 州。MISO 經營世界上最大的即時能源市場之一，輸電線路長達 93600 公里。MISO 是一個以獨立成員為基礎的非營利組織。其成員包括 35 個輸電資產達 17 億美元以上的傳輸業主，包括投資者擁有的公用事業，公共電力公用事業和合作社，如 Duke Energy, Indianapolis Power & Light, International Transmission Company, Great River Energy, Xcel Energy and Wabash Valley Power Association 等。MISO 利用電腦強大的計算能力在電力工業上，和使用 O.R. 以創造和執行複雜的演算法和電腦模型，以導入集中批發能源市場到中西部。這些新市場增進了現有電力基礎設施的效率（發電廠和高電壓輸電線），改進電網的可靠性和減少對中西部將來基礎投資的需要。由於這些進步，MISO 地區從 2007 到 2010 年間累積節省了美金 21 億到 30 億之間，到 2020 年估計可節省額外 61 億到 81 億之間的價值。MISO 總部設在美國印第安納州 Carmel，調度中心有兩處，主控中心也在 Carmel，另一控制中心在明尼蘇達州 St. Paul，本次參觀 St. Paul 調度中心。

4.4 南方電力公司 (Southern Company) 即時暫態穩定度分析

南方公司是一個公用事業控股的主要電力公司，擁有超過 40,000 MW 的發電能力 (和本公司相當，各能源發電%大約：煤炭佔 57%，其次是核能 23%和天然氣 16%Renewable，水力/再生能源發電 4%)，2010 供電量 196,787GWh (略高於本公司的 193,313GWh)，供電區域在美國東南方有 120,000 平方英哩，服務範圍包括阿拉巴馬州，喬治亞州，佛羅里達州和密西西比州。在供電方面的增加，以沒有長期採購合約的互連 IPP (獨立發電) 為主。

穩定度分析方面，有傳統離線 (Off-line) 和線上 (On-line) 安全評估。從離線的分析得到的常規操作指南變得更不充分，因為：

1. 如當系統複雜性增加，可能情況和偶發事件的數量變得難管理。
2. 精確的系統狀態從未由預報精確捕獲過。
3. 大多數分析結果從未使用，造成浪費。
4. 某些的情況很少能由離線分析出來。

因此，從線上即時分析得到的運轉限制變得更精確，因為：

1. 在即時的模型中有實際運轉狀況。
2. 系統的安全邊際和極限計算，使用即時的資料。
3. 過程中，允許調度員在評估某些操作決定時，合併仍在改變中的系統狀況。

在即時的穩定度分析週期方面，2003 年初始的目標設置即以每小時一次為基礎。使用暫態穩定安全評估工具有 TSAT (暫態穩定度分析) 和 VSAT (電壓穩定度分析)。TSAT 和 VSAT 的介面為 Powertech 的 DSA Manager，在自動模式(24 時 x7 日) 中運行。線上 TSAT 從 2005 年 6 月 21 日起開始運行。DSA 伺服器在 2006 年 9 月升級。線上 VSAT 在 2010 年 11 月購買，但還沒有安裝。每偶發事件全時域模擬時間約 10 秒鐘(~250 偶發事件)。運算週期平均大約 12 分鐘，使用伺服器為高階桌上型電腦，利用 8 個 CPU 中的 6 個(2 Quad-Core，2.13 GHz CPU with 4.0 GB RAM)。在即時暫態穩定度分析實際應用經驗上有：

1. 2005 年 8 月 29 日 Katrina 颱風後之評估：

- (1) 密西西比和阿拉巴馬州在颱風後，顯現的阻尼和瞬時的電壓恢復問題。
- (2) 在 Gulfport / Biloxi(密西西比)、Mobile(阿拉巴馬)和 Pensacola (佛羅里達)地區，當輸電系統恢復時，得迅速完成額外的離線分析以決定安全發電限制。

2. 2011 年 4 月 27 日龍捲風 (如下圖 4-3 所示) 後之評估：

1. 由於龍捲風爆發後的主要輸電線停電，確認阿拉巴馬州的中部和西部地區之發電限制。
2. 在輸電線保養時期 (典型地春季和秋季)，辨識出低阻尼的區域振盪



圖 4-3 2011 年 4 月 27 日龍捲風經過的情形

目前線上暫態穩定度分析所需即時資料仍取自 GE 公司 EMS (電能管理系統)，明 (2012) 年 EMS 將汰換為 Siemens EMS，因此，即時暫態穩定度分析未來將朝下列幾項前進：

1. 和 EMS 介面的加強

(1)有狀況時(Secure/Insecure)觸發基本的 EMS 警報

(2)特定的結果組以表列顯示

(3)僅需少許更改即可從目前 GE EMS 換接到新 EMS (Siemens)

2. 研習步驟持續改善

(1)額外偶發事件的選擇

(2)下一小時 / 隔日的限制計算

3.即時暫態穩定度分析結果如何善加利用

4.調度員訓練

*****以上參考 Southern Company 提供圖文及相關網站*****

4.5 美國 Alstom 結合線上穩定度解決方案及同步相量的應用

以電力系統模型為基礎之即時線上穩定度分析，提供系統運轉點到崩潰點的餘裕度，評估關鍵性偶發事件的影響；以同步相量為基礎之應用，則提供高解析度的即時系統資訊，提供警報可能的穩定度狀況。

Our Integrated Solution

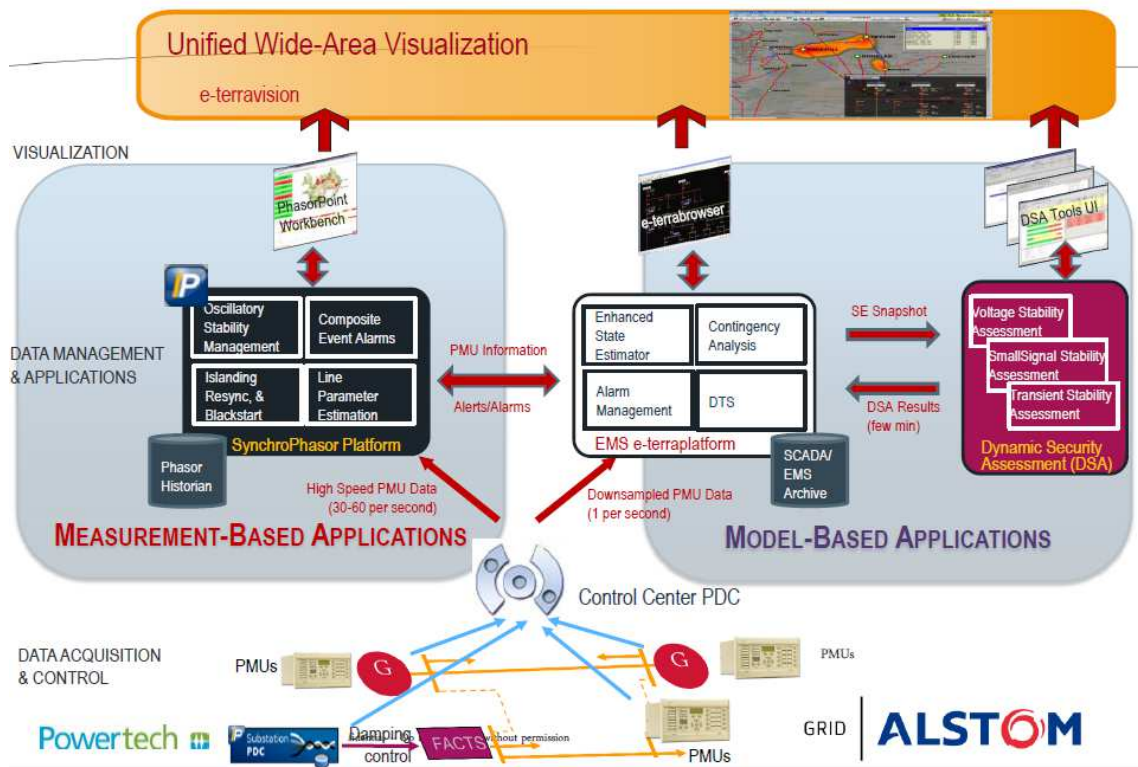


圖 4-4 EMS 結合線上穩定度解決方案及同步相量的應用

ALSTOM 提出 **EMS** 結合線上穩定度解決方案及同步相量的應用 (Online Stability Solutions & SynchroPhasor Applications)，透過 e-terravision 系統 (如圖 4-4 所示) 以圖表同時顯現線上穩定性應用功能及同步相量應用功能的結果，線上穩定性應用功能為加拿大 PLI 公司之電力系統動態分析程式(DSA Tools---VSAT, TSAT)，同步相量應用功能

來自於英國 Psymetrix 公司。

Unified Wide Area Visualization (e-terravision)

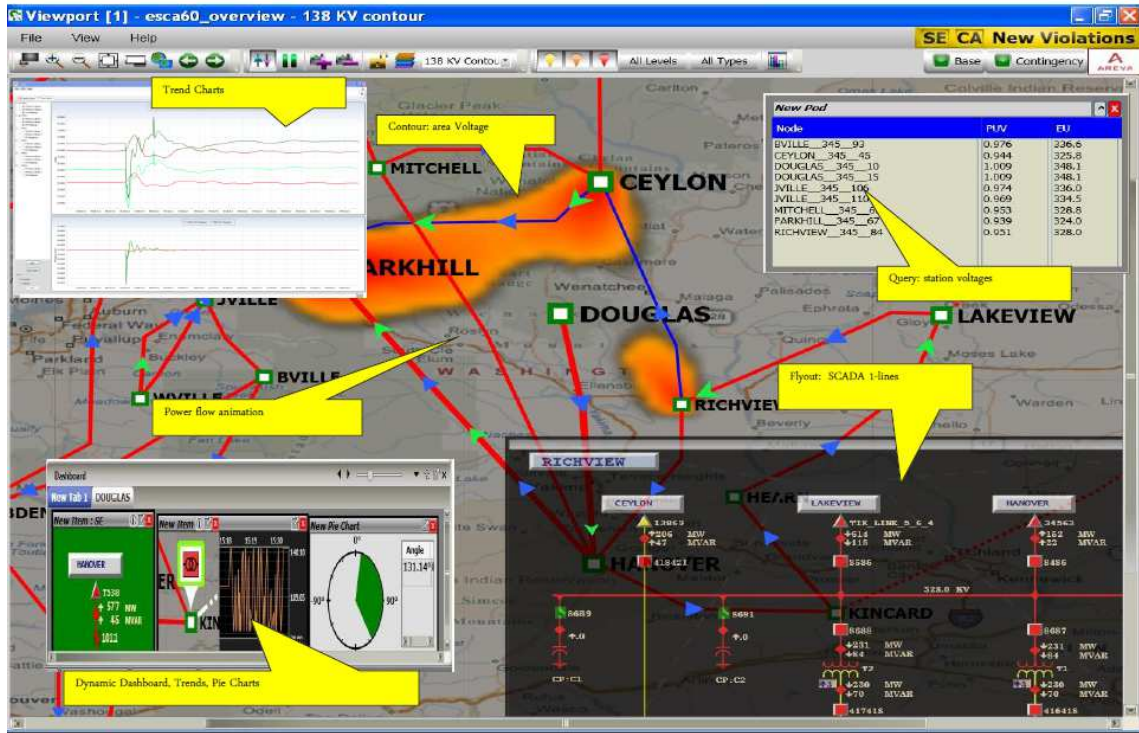


圖 4-5 ALSTOM e-terravision

ALSTOM e-terravision (如圖 4-5 所示) 可提升控制中心對電力系統情況判別的需要。e-terravision 1.0 是由主要公用事業、情況判別專家和使用微軟最近的圖形技術共同發展而成。e-terravision 是一個高可用系統且能夠與目前任何商業化 EMS 連接。它直接使用現存網路模型和資料庫連同即時的狀態估計和偶發事件的分析結果。e-terravision 設計將 EMS 應用功能的結果用圖表顯示。e-terravision 有下面這些模組可用：

1. WA: Wide Area Monitoring 廣域監視。
2. RA: Reliability Assessment 可靠性評估。

3. GA: Graphical Authoring tool 圖形編製工具。

e-terravision 主要特性包括：

1.分析基本案例和後偶發事件的違限

對於輸電調度員的主要任務之一是使用偶發事件的分析，保持符合 N-1 的安全原則。基於工業最好的實踐，e-terravisione 給予一種方法來分析基本案例和後偶發事件的違限。使得現存的網路應用功能的分析結果可以有效和直覺地呈現給調度員。系統也監控應用功能的運行和顯示計算的結果是否是現在和有效的。e-terravision 能夠透過圖形幫助解決的主要問題有：

1. 電壓限制違反 (Voltage limit violations)
2. 無效功率補償 (Remedial VAr compensation)
3. 熱極限違反 (Thermal limit violation)
4. 矯正的切換動作 (Remedial switching actions)
5. 預防性偶發事件分析 (Preventive contingency analysis)
6. 網路可靠性的全面評估，以及經常性的監控過去、現在和將來情況

2.同步相量的應用

在同步相量的應用方面 Alstom 已經取得 Psymetrix 合作。Psymetrix 公司是來自於英國，以智慧型電網應用為基礎的公司，具有廣域監控系統 (WAMS , Wide Area Monitoring Systems) 專長。在 1997 年建立，

Psymetrix 因它以用於電網公用事業、變電所和中央系統的線上穩定性解決方案，及相量方面的應用出名。公司將繼續在目前的愛丁堡總部運作。

Psymetrix 的軟體允許輸電調度員和電力公用事業，在他們的系統中增加電力傳送、改進電力網路的可靠性和追蹤電力系統表現，包括動態、模型驗證和電力系統穩定器的調整等。

*****參考 Alstom Company 提供圖案*****

4.6 聲明

本章前述內容係參考 PLI 2011 DSA Tools User Group Meeting 簡報資料，並摘要部份內容及該公司網站資料撰述之參加會議心得，相關技術創新非屬報告人原創，謹此聲明並致謝。

伍、加拿大 BC Hydro RAS 運用經驗

5.1 BC Hydro 簡介

BC Hydro 是加拿大的不列顛哥倫比亞省 (British Columbia, 或稱卑詩省) 的一個電力公司, 屬公用事業, 受該省的公用事業委員會 (BCUC) 監管, 容量約 11,000 兆瓦 (水力約 80%, 火力約 7.5%, 其他為購入電力), 本公司容量約其 4 倍大, 通過 18300 多公里的輸電線路和配電線路 55254 公里網絡提供電力給 180 萬客戶。

BC Hydro 公司經營了 30 多個水力電廠和天然氣為燃料的火力電廠。卑詩水電公司的各種電廠, 每年產生 43000 和 54000 之間的百萬千瓦小時的電力, 這取決於當時的水位。在 2009 年 86.3% 全省的電力, 是由水輪發電廠生產的, 其中大多是在哥倫比亞河及和平河 (Columbia and Peace Rivers) 的大型水力電廠所組成。就像和平河的 Gordon M Shrum 電廠 (世界上最大的水力電廠之一) 有 10 部機共 2,416MW, Peace Canyon 電廠有 4 部機共 700MW, 以上兩電廠的發電量就達約 30%。哥倫比亞河的 Mica 電廠有 4 部機共 1736MW, 此流域的發電量達 50%, 如圖 5-1 所示為 Columbia and Peace Rivers 流域主要水力電廠基本資訊。

BC Hydro 於 2003 年被要求將全省電力輸配電和發電分離, 另成立 BCTC 輸電公司, 主要是為了希望達到獨立的傳輸, 增加區域輸電組織的

發展，創建公有傳輸基礎設施，以幫助促進和鼓勵跨 BC 省發電的新來源。但北美電力行業從那時起，區域輸電組織沒有在西北太平洋地區發展，且實現更大的傳輸獨立運動卻被叫停。因此 BC Hydro 分離 7 年後，依 2007 全省新能源法案，BCTC 在 2010 年 7 月 5 日又被併回姐妹公司 BC Hydro。



圖 5-1 Columbia and Peace Rivers 流域主要水力電廠基本資訊

BC Hydro 輸電系統是北美西方互連系統的一部分，互連系統在北部從卑詩省延伸到阿爾伯塔省（Alberta），南邊到達墨西哥北部，並包括在美國西部的系統。如西部電力協調委員會（WECC）所需，輸電系統規劃，建設和經營的方式，要能避免卑詩省外互連鄰近系統的負面影響。互連到鄰近的系統提供電力交易的機會，提高了系統的整體可靠性，使得在緊急情況下享有備份電力資源，改善頻率控制和電力波動。

BC Hydro 輸電系統分為三個主要組成部分 - 大容量傳輸系統，區域傳輸系統和互連系統。大容量傳輸系統包括 500 千伏輸電系統，部分的 230Kv 系統，將大型遠程發電廠電力傳輸連接到溫哥華島，並通過互連系統連接到其他公用事業。四個區域傳輸系統，一般包括 230 千伏，138 千伏，60 千伏輸電網絡連接本地發電、配電網絡和位於該地區內的客戶，在特定地理區域內傳遞電力，包括：北部，南部，低大陸區，和溫哥華島。內部互連系統包括 Alcan 系統和 FortisBC 系統。外部互連系統則包括阿爾伯塔省和華盛頓州的互連系統。此外，輸電系統還包括全面的通訊、保護和控制系統作為其中的一部分。

5.2 BC Hydro 電力調度中心

BC Hydro 調度中心管理超過 300 個變電站和整個 BC 省的輸電線路 18,300 多公里，從 BC 省北方的和平河流域與南方的哥倫比亞流域的發電廠，經長程輸電線路供給主要負荷中心的低大陸區和溫哥華島 (Lower Mainland and Vancouver Island)，約 70% 至 80% 的電力需求。各種電廠及輸電系統，其中包括高壓鐵塔，高壓線及變電站，是從一個主控中心 (SCC) 和一個備份控制中心之能源管理系統進行監視和控制。在控制中心的調度操作人員，全天候工作，一天分兩班各值 12 小時，每班有調度經理、輸電協調員、發電協調員、電網調度員、負載調度員、電廠調度員及電力交易員等 9 人，以適應變化的外部條件或系統干擾，並確保安全性

和可靠性高的水準。另外在週一至週五 8 點至 16 點上班時段增加人員，以提高工作能力來配合現場需求。調度人員除每年工作 1950 小時外，依規定須接受 53 小時調度訓練，訓練包括使用調度中心內之調度員模擬系統（OTS）操作。

先前 BC Hydro 的系統控制中心（SCC）位於低大陸區與 4 個區域控制中心（RCC，分別位於 Vancouver, Duncan, Vernon and Prince George）協同一起管理輸電系統。SCC 調度大容量傳輸系統，控制互連系統潮流量，並保障發電供應，以滿足對電能的即時性要求。自動化控制和監測活動是藉由電腦化的能源管理系統（EMS）及監控和數據採集（SCADA）系統達成。系統控制中心和區域中心之間的協調，確保電力系統可靠運行，同時滿足客戶的需求，促進電力交易，並維護設備停運要求。BC Hydro 新調度中心（BCTC）在 2008 年秋天啟用後，取代 SCC 和 RCC，是一個集中整合 SCC 和 RCC 的控制中心。另地新建調度中心在 Fraser Valley，是系統控制現代化計畫（System Control Modernization Project，SCMP）的一部分，計畫還包括集中工程（除 EMS 外，配電管理系統 Distribution Management System 也納進來，未來會更新 DMS）、另一個地理上獨立的備份控制中心（在 South Interior）、簡化控制和運營基礎設施、取代過時的技術，以及解決地震風險問題。

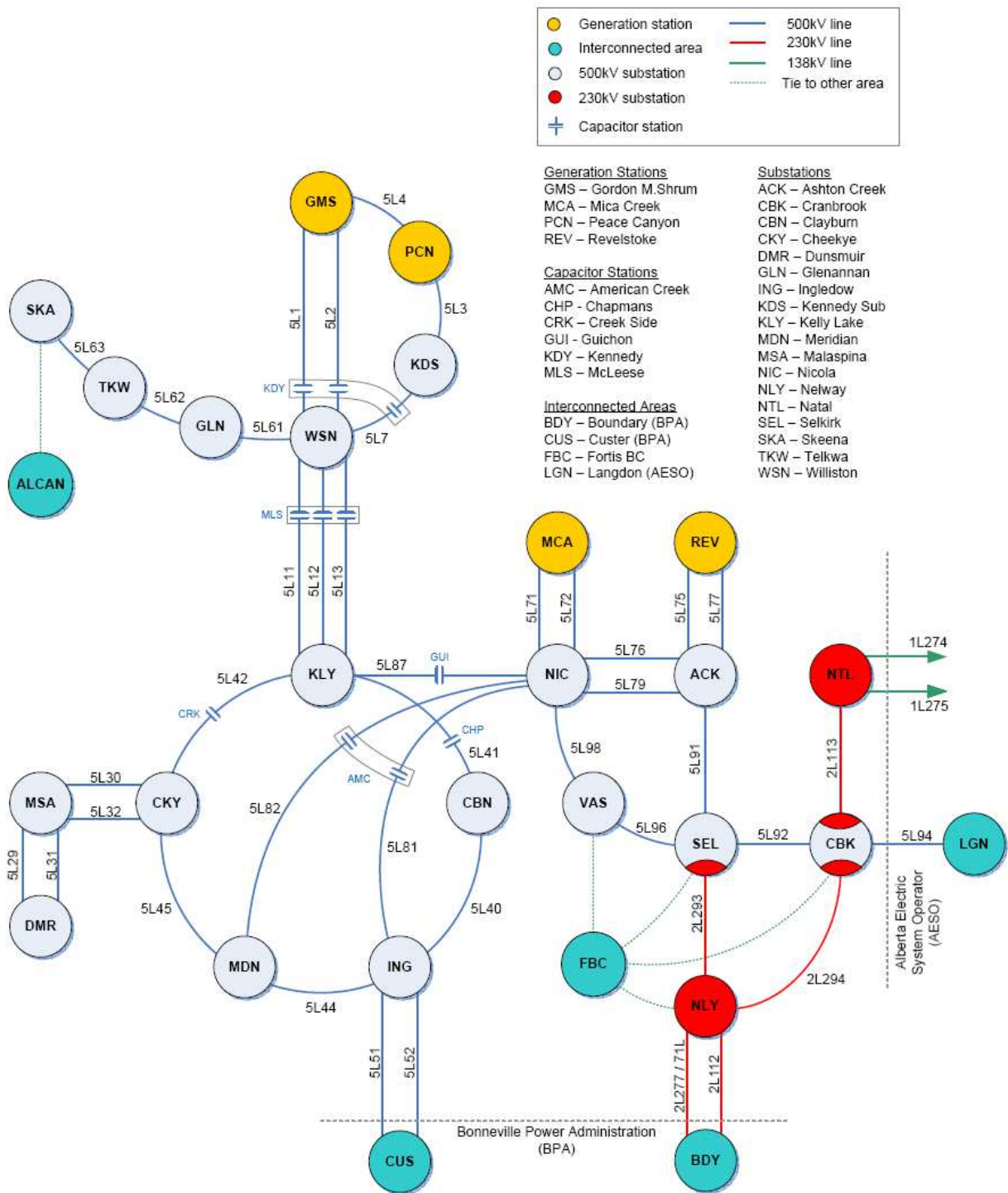


圖 5-2 BC Hydro 調度中心調度畫面及調度員專注系統即時資訊的情形

5.3 BC Hydro 電力系統特性與挑戰

一、BC Hydro 電力系統特性

加拿大 BC Hydro 負責營運 British Columbia (BC) 省電力系統，系統裝置容量約 1100 萬瓩，以水力發電為主(約占 78%)，火力發電約占 7.5%，向外購電約 14.5%，由於水力發電集中於 Peace River 及 Columbia River 兩大水系，分別占系統裝置容量之 29%及 25%，故須經由長達約 1100 公里的 500kV 輸電線向南部的負載中心(溫哥華地區)輸送電力；又 BC Hydro 電網東與臨省(Alberta)電力系統 AESO 連接(500kV 1 回線)、南與美國 BPA 連接(500kV 2 回線、230kV 2 回線)。



Not to be used for operating purposes
Version 1.0

圖 5-3 BC Hydro 500kV 輸電系統

BC Hydro 500kV 輸電網路如圖 5-3 所示，因其電源過度集中於少數幾個水力電廠，且又以長距離輸電線供電南方負載中心，故其電網具有以

下特性：

- 1.長距離輸電線連接大型發電廠
- 2.長距離輸電線運用串聯與並聯電容器補償
- 3.潛在暫態穩定度問題
- 4.電壓偏低與電壓穩定度問題
- 5.輕載時電壓偏高問題
- 6.輸電容量(熱容量)限制
- 7.多重故障同時發生

二、BC Hydro 電網運轉挑戰

由於 BC Hydro 電源過度集中於少數幾個水力電廠，輸電線長且輸電容量不足，因此電網運轉就面臨如下幾項重大挑戰：

- 1.必須維持系統安全與可靠
- 2.必須維持系統效能
- 3.既有設備容量極大化
- 4.合理資本投資強化系統

BC Hydro 自 1994 年起採用 Remedial Action Schemes (簡稱:RAS) 作為解決方案，以確保系統安全可靠與效能，並充分運用設備容量提高利用率，同時降低強化系統的資本投資。BC Hydro 的規劃策略為：

- 1.系統強化、更新以符合 N-0 及 N-1 的供電目的

2.運用 RAS 因應 N-1-1 及可能同時發生的多重故障

5.4 BC Hydro 系統規劃與運轉準則

BC Hydro 系統規劃與運轉準則共分四類，簡述如下：

A 類 - 無偶發事故 (N-0)

- (1)無設備超載
- (2)電力潮流符合輸電限制
- (3)電壓在正常範圍內

B 類 - 單一設備故障導致的偶發事故 (N-1)

- (1)無停電或傳輸中斷
- (2)允許發電機跳脫小於 50 萬瓩(系統單一最大發電機)
- (3)設備負載：
 - 調度員操作前設備負載小於緊急額定容量
 - 調度員操作後設備負載小於正常額定容量

(4)電壓：

- 故障後穩態電壓：5%壓降
- 暫態：負載匯流排電壓瞬降 20%不超過 20 週波
- 電壓穩定度 Margin：5%

(5)頻率：不低於 59.6Hz 超過 6 週波

C 類 - 兩項設備故障導致的偶發事故 (N-2 或 N-1-1)

(1) 允許計劃型停電或自動卸載

(2) 允許發電機跳脫(不超過 250 萬瓩)

(3) 設備負載：

- 調度員操作前設備負載小於緊急額定容量
- 調度員操作後設備負載小於正常額定容量

(4) 電壓：

- 故障後穩態電壓：10%壓降
- 暫態：負載匯流排電壓瞬降 20%不超過 40 週波

(5) 頻率：不低於 59.0Hz 超過 6 週波，孤島系統最低頻率為 57.9Hz

D 類 – 兩項以上設備故障導致的極端偶發事故

(1) 評估風險和後果

(2) 可能導致大範圍的停限電

(3) 部分或全部互連系統可能無法穩定運轉

(4) 這些事件的評估可能需要將周邊系統納入聯合研究

5.5 BC Hydro 的 Remedial Action Schemes (RAS)

僅就 BC Hydro RAS 的功能性要求、目前應用簡單說明如下：

一、RAS 的功能性要求

1. 對系統擾動必須能夠自動反應

2. 減少擾動對系統的衝擊

3.快速運用預先規劃的動作方案

4.確保擾動發生後的系統效能

二、RAS 的目前應用

1.主幹線系統：集中調適的 RAS

2.區域輸電系統：自動低電壓卸載

三、集中調適的 RAS (Centralized Adaptive RAS)

◎ 基本組件：

1.修補矩陣：由偶發事故(列)與對應之控制行動(行)組成

2.早期由調度員人工 arming，自 1994 年以後，改由以電能管理系統 (EMS)為基礎的暫態穩定度評估程式(TSA)自動 arming

3.可以持續地擴充和改善

◎ Centralized Adaptive RAS 的功能

1.應用到整個的 BCH 骨幹系統

2.全自動化，但也可以手動 arming

3.根據現行系統條件，以 EMS 為基礎的自動調適的 arming

4.每 4 分鐘自動調整 arming 的動作方案

5.即時控制動作(在故障後 0.14 至 0.27 秒觸發斷路器動作)

6.滿足所有系統的效能要求(暫態穩定，電壓穩定，電壓偏差，熱限制)

7.可以涵蓋各類偶發事故

- (1)線路跳脫
- (2)輸電線接地故障
- (3)串聯電容器旁通(Bypassing series capacitor)
- (4)多回線同時跳脫(N-2、N-3)

8.各類型的控制行動

- (1)跳脫發電機或發電機快速減載(Runback)
- (2)跳脫輸電線路
- (3)啟斷或併用電抗器、電容器
- (4)改變移相變壓器分接頭位置(phase shifter taps)
- (5)限電(Shed loads)

9.以系統知識與經驗為基礎

10. RAS 以離線研究(offline study)為基礎

11.考慮眾多的電力系統參數

- (1)電網結構與配置，包括線路和設備狀態
- (2)實際電力潮流
- (3)發電機調度情形
- (4)實際系統條件
- (5)設備即時限制
- (6)現有的 arming 條件/情況

(7)設備可用性

- 12.高度依賴保護和通信系統
- 13.容易擴充和修改
- 14.在複雜性和效益間取得良好的平衡
- 15.可靠的性能

5.6 500kV 輸電線 5L76&5L79 RAS 的規劃與應用

一、背景說明

BC Hydro 公司經營了 30 多個水力電廠和天然氣為燃料的火力電廠，其中以哥倫比亞河流域電廠的裝置容量高達約 4285MW，約佔全系統的 35.65%，該區域的 MCA 水力電廠有 4 部機共約 1805MW、Revelstoke (REV)水力電廠有 4 部機共約 2000MW。MCA 電廠經由 5L71、5L72 兩回線 500kV 輸電線路與 Nicola (NIC)變電所連接，REV 電廠經由 5L75、5L77 兩回線 500kV 輸電線路與 Ashton Creek (ACK)變電所連接，ACK 變電所除經由 5L76、5L79 兩回線 500kV 輸電線路與 NIC 變電所連接外，另經由 5L91 (SEL) ~5L96 (VAS) ~5L98 與 NIC 變電所連接，即 REV 電廠經由 3 回 500kV 輸電線路將其發電出力傳輸至 NIC 變電所，NIC 變電所匯集哥倫比亞河流域各電廠出力後，再經由 3 回 500kV 輸電線路(5L81、5L82、5L87)南送至南邊的負載中心(大溫哥華地區)及美國 BPA，如圖 5-4 所示。哥倫比亞河流域各電廠的出力除供應南

邊的負載中心外，另分別輸電至美國境內 CUS、BDY 兩個變電站及鄰省 (Alberta)LGN 變電站。

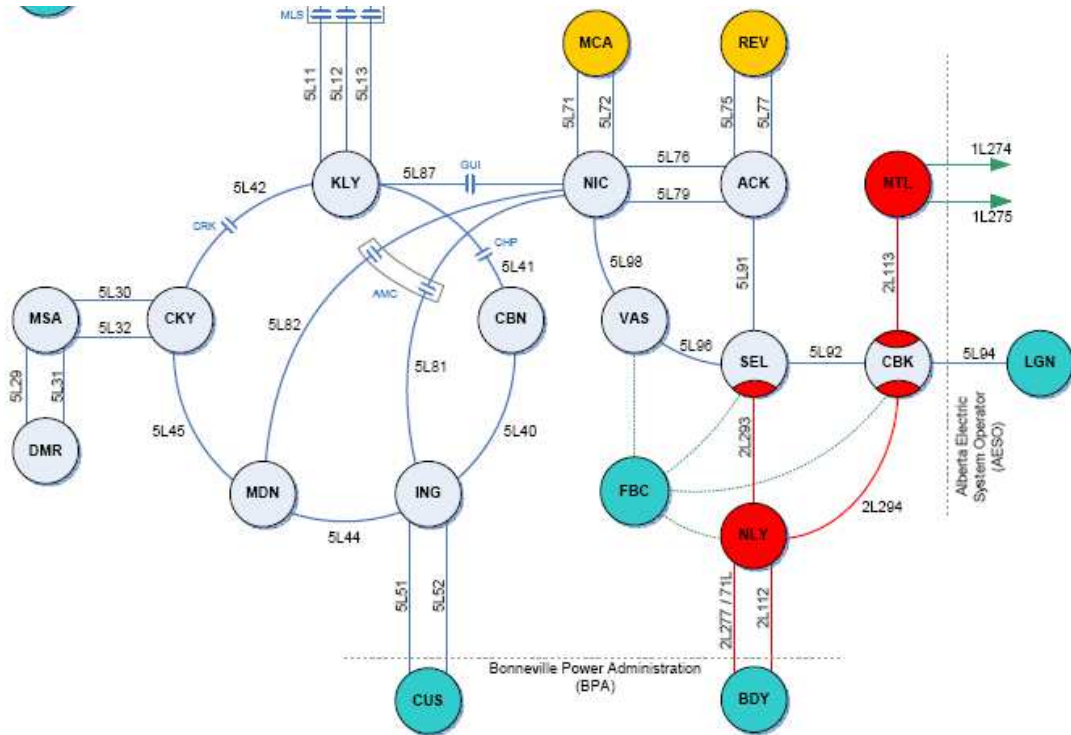


圖 5-4 哥倫比亞河流域電廠 500kV 輸電系統

二、系統規劃檢討(System Planning Study)

如圖 5-5 所示為哥倫比亞河流域地區的系統圖，當 500kV 輸電線 5L76 與 5L79 發生 N-2 跳脫時，在部分地區發生暫態低電壓，138kV 輸電線 1L209 與 1L214 嚴重超載，此時 REV 電廠的出力大部分經由 5L91 (SEL) ~5L96 (VAS) ~5L98 送至 NIC 變電所，因 5L96~5L98 輸電線潮流太大導致電壓不穩定，造成 NLY-BDY 地區部分線路超載(2L112、2L293) 及暫態低電壓(BDY)，經系統分析檢討，其解決對策為立即執行發電機卸載，由 RAS 逕行跳脫 REV、SEV、KCL、ALH 及 WAN 等水力電廠的發

電機，同時直接跳脫(Direct Transfer Trip，簡稱 DTT) 138kV 輸電線 1L209、1L214、230kV 輸電線 2L112，以及卑詩省(BC)和阿爾伯塔省(Alberta)的聯絡線(1L274、1L275 及 5L94)。因此，BC Hydro 規劃設計『5L76&5L79 RAS』，其功能範圍如表 5-1 所示，跳脫發電機組及直接跳脫(DTT)採快速動作(<12 週波)以確保事故後的系統效能，REV 電廠配合各相關線路發生偶發事故時的機組跳脫規劃如表 5-2 所示。

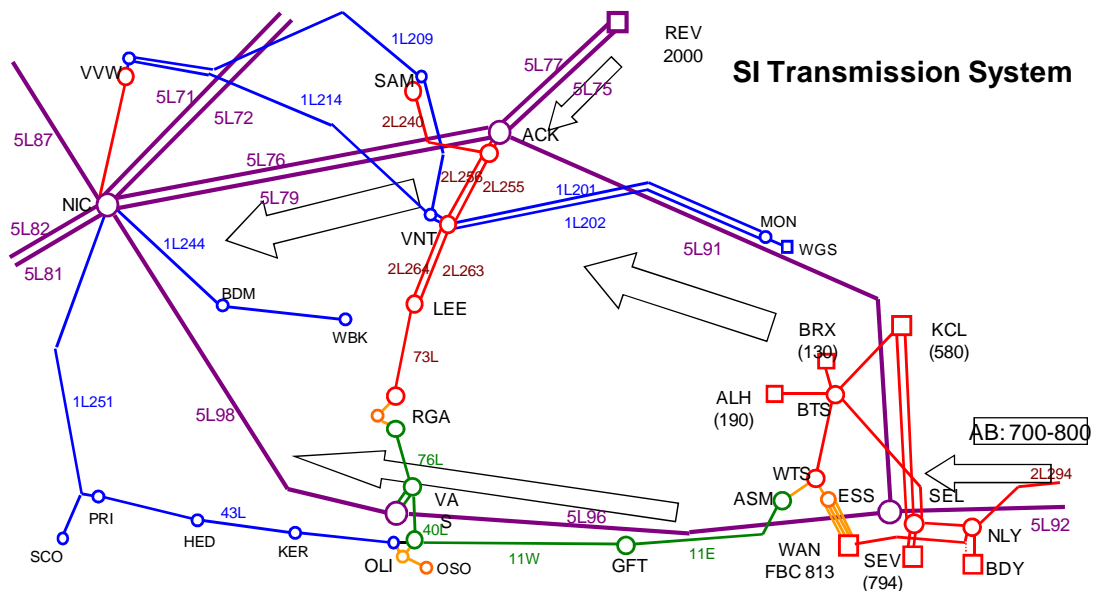


圖 5-5 BC Hydro 500kV 輸電系統

表 5-1 5L76&5L79 RAS 之功能範圍

偶發事故	發電機卸載 (Generation Shedding)						跳脫線路 (Transfer Trip)			
	REV	SEV	KCL	ALH	WAN	BRX	2L112 @NLY	1L209 @SAM	1L214 @VVW	BC-AB Tie
5L76 & 5L79	E	N	N	N	N	N	N	N	N	N

註：E：既設的 RAS N：新增要求

表 5-2 REV 電廠發電機卸載規劃

偶發事故	REV 電廠發電機卸載規劃 (Generation Shedding at REV)				
	G1	G2	G3	G4	G5
5L44	E	E	E	E	NEW
5L51	E	E	E	E	NEW
5L52	E	E	E	E	NEW
5L51&5L52	E	E	E	E	NEW
5L76&5L79	E	E	E	E	NEW
5L81	E	E	E	E	NEW
5L82	E	E	E	E	NEW
5L81&5L82	E	E	E	E	NEW
5L91	E	E	E	E	NEW
BPA/NW RAS	E	E	E	E	NEW
BPA/PACI RAS	E	E	E	E	NEW
AMC 5CX1	E	E	E	E	NEW
AMC 5CX2	E	E	E	E	NEW
GUI 5CX1	E	E	E	E	NEW
5L87	E	E	E	E	NEW
5L75	E	E	E	E	NEW
5L77	E	E	E	E	NEW
5L75(1P)	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L77(1P)	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L75(1P)&5L77(3P)	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L75(3P)&5L77(1P)	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L76	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L79	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L92	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW
5L94	NEW	NEW	NEW	NEW	NEW

註：E：原規劃之卸載發電機要求 NEW：新增之卸載發電機要求
動作時間小於 12 週波

因為 BC Hydro (ING 變電站)到美國(CUS 變電站)的傳輸容量限制受到到兩個因素影響：卑詩省(BC)和阿爾伯塔省(Alberta)同一時間的輸電

量，以及當 ING 到 CUS 兩回 500 kV 輸電線發生 N-2 事故後 BC Hydro 的系統效能及穩定度。所以，5L76&5L79 N-2 時 RAS 實際需要動作的卸載量必須根據事故前 BC-AB 及 BC-US 聯絡線的電力潮流即時計算(由 EMS-TSA 每 4 分鐘計算一次並自動 arming 更新)，以配合 RAS arming 與控制動作的要求，如圖 5-6 所示。

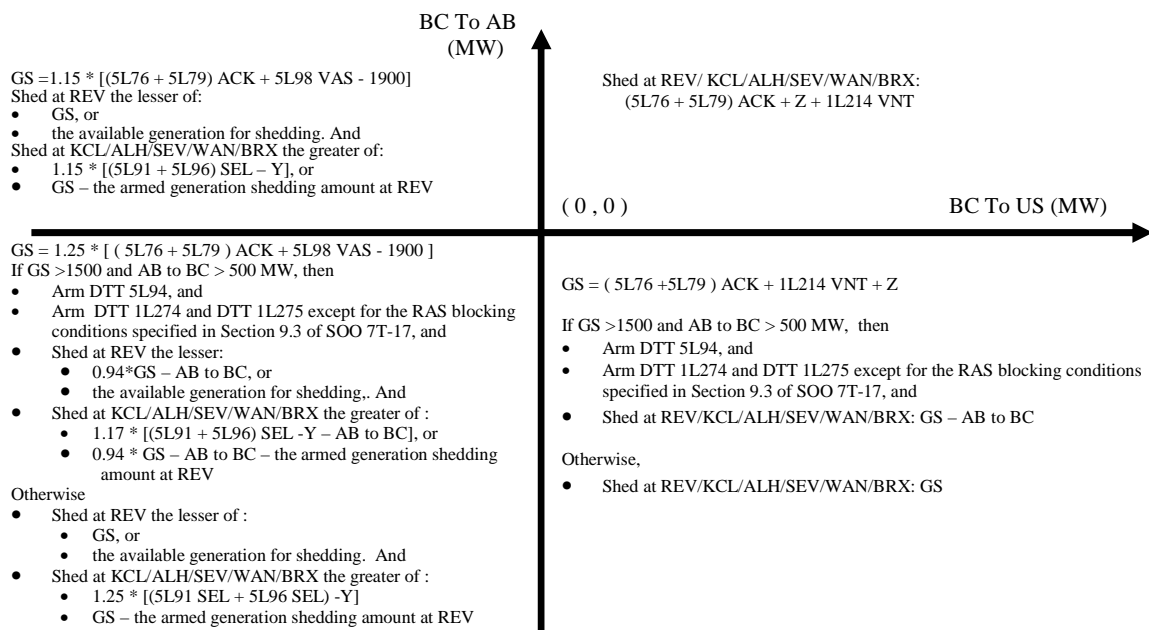


圖 5-6 5L76&5L79RAS arming 與控制動作的要求

三、RAS 硬體架構與偶發事故之偵測要求

BC Hydro 使用保護電驛來執行確認偶發事故的發生，並利用保護電驛的動作訊號觸發現場 RAS 執行動作，現場 RAS 的硬體架構是由 BC Hydro 保護電驛與控制部門的工程師規劃設計，並利用可程式控制器 (PLC) 建構完成，如圖 5-7 所示為輸電線路多重偶發事故的硬體邏輯架構；圖 5-8 所示為 REV 電廠 RAS 的 Logic IED；圖 5-9 所示為 REV 電

廠 RAS 的訊號流程圖，其中 AMC 為串聯電容器開閉所；圖 5-10 所示為串聯電容器跳脫事故的硬體邏輯架構；圖 5-11 所示為 REV 電廠 RAS 的實體圖。

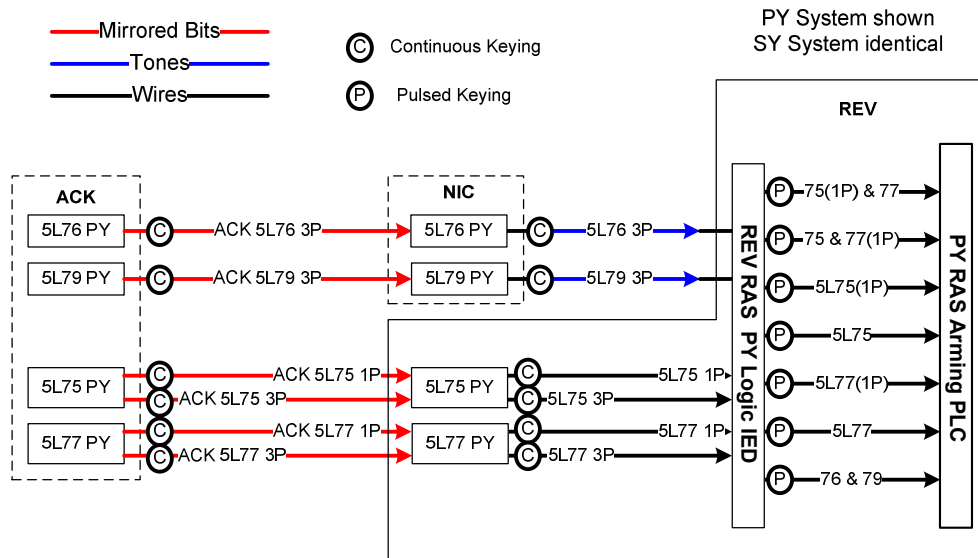


圖 5-7 輸電線路多重偶發事故的硬體邏輯架構

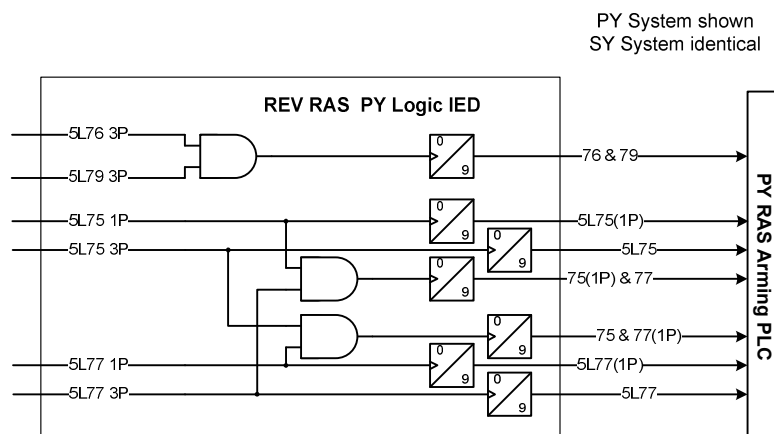


圖 5-8 REV 電廠 RAS 的 Logic IED

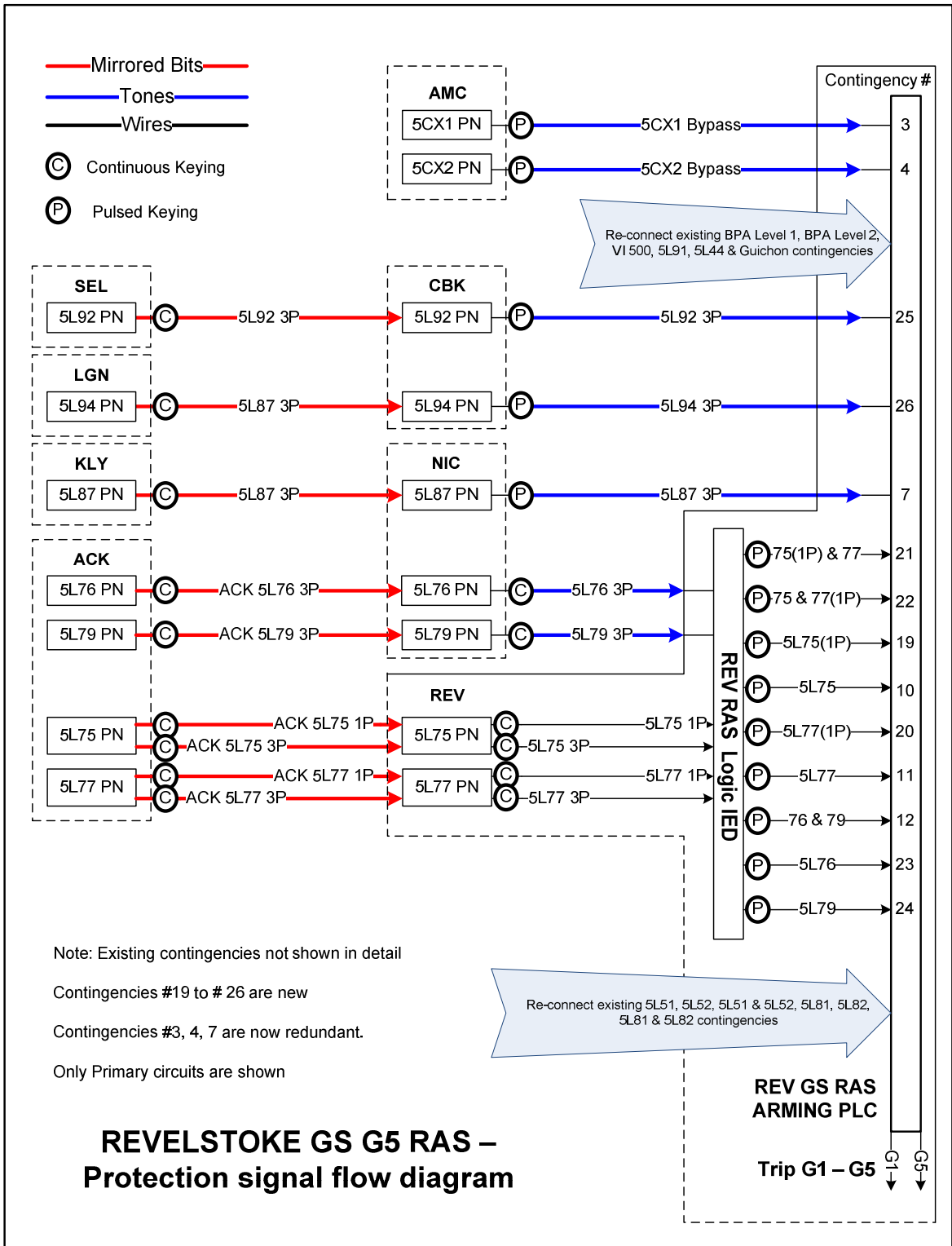


圖 5-9 REV 電廠 RAS 的訊號流程圖(AMC 為串聯電容器開閉所)

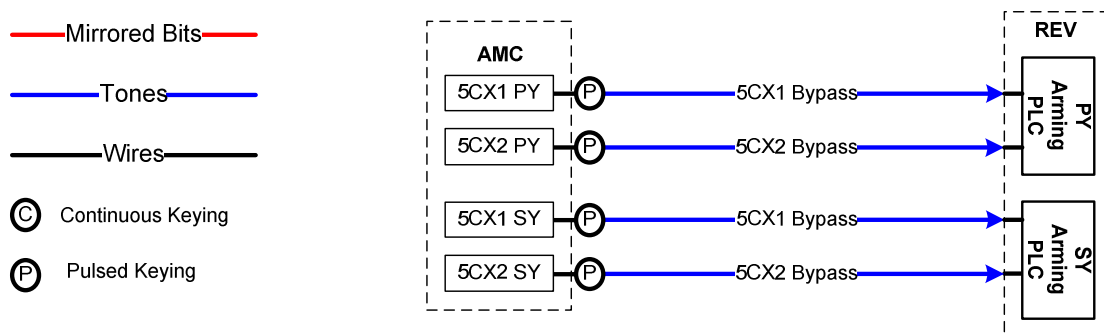


圖 5-10 串聯電容器跳脫事故的硬體邏輯架構



圖 5-11 REV 電廠(5L76&5L79) RAS 的實體圖

四、TSAPM 與 RASA

BC Hydro 中央智慧型 RAS 系統已成功運作超過 30 年，並於 1994 年完成與 EMS/SCADA 整合，利用 EMS 的即時狀態評估(SE)結果進行暫態安全評估(TSA)，並將 TSA 分析的結果(線上分析)與預先的系統規劃研究的結果(離線分析)進行比對，尋找符合離線分析預先設定的情境與動

作方案，然後再由 EMS 自動 arming 並透過通訊頻道將最符合即時 TSA 分析結果的 RAS 動作方案傳送給電廠及變電所的 RTU 更新 RAS 的 PLC 設定，當偶發事故發生時保護電驛動作訊號直接傳送至 RAS 觸發 PLC 動作執行必要的發電機卸載跳脫及輸電線路跳脫。

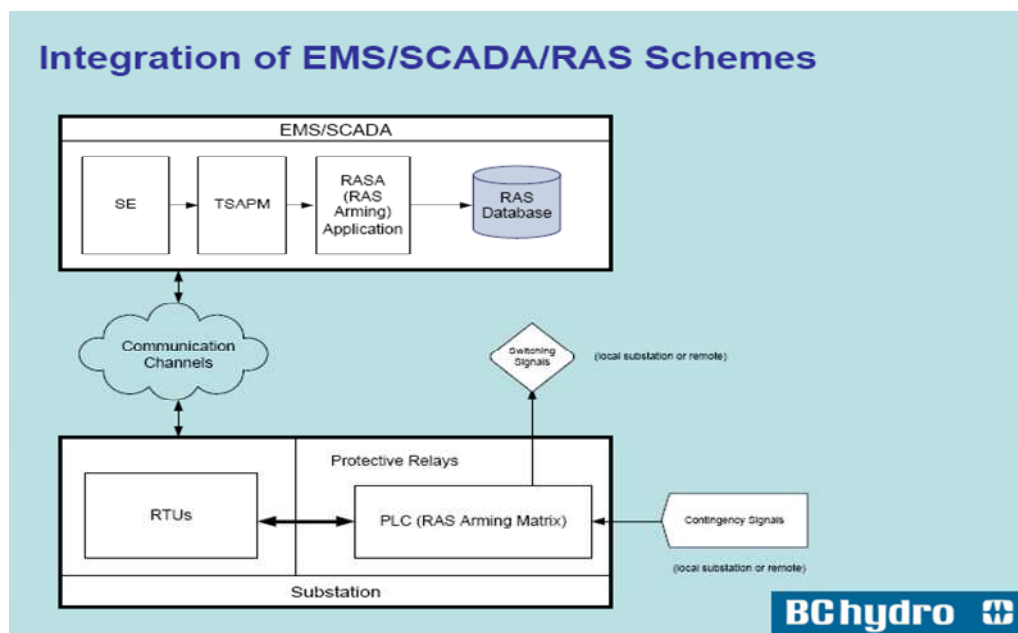


圖 5-12 BC Hydro 整合 EMS、SCADA 及 RAS 的方塊圖

如圖 5-12 所示為 BC Hydro 整合 EMS、SCADA 及 RAS 的方塊圖，其中 RASA (RAS Arming Application) 具有 3 個功能：1. 作為伺服器執行分析的背景；2. 接收 RAS arming 的系統情境；3. 將 TSAPM (Transient Stability Assessment by Pattern Matching) 建議的 Pattern 藉由 SCADA 下載至 arming 變電所的 RTU。RASA 資料庫須配合 SCADA 資料庫改變以人工方式進行更新(通常皆為增加)。

如圖 5-13 所示為 TSAPM 的流程方塊圖，以離線分析(Offline study)

為基礎，預先設定事故前各種不同的電網情境與系統運轉條件，模擬各種 N-1 及 N-2 偶發事故，針對可能導致系統暫態不穩定或未達系統效能標準的偶發事故擬訂各項應變方案(包括跳脫發電機、直接跳脫輸電線路、啟斷併聯電容器、併用電抗器等)，然後建立 RAS arming 的各種 Pattern 並納入 RAS 資料庫。

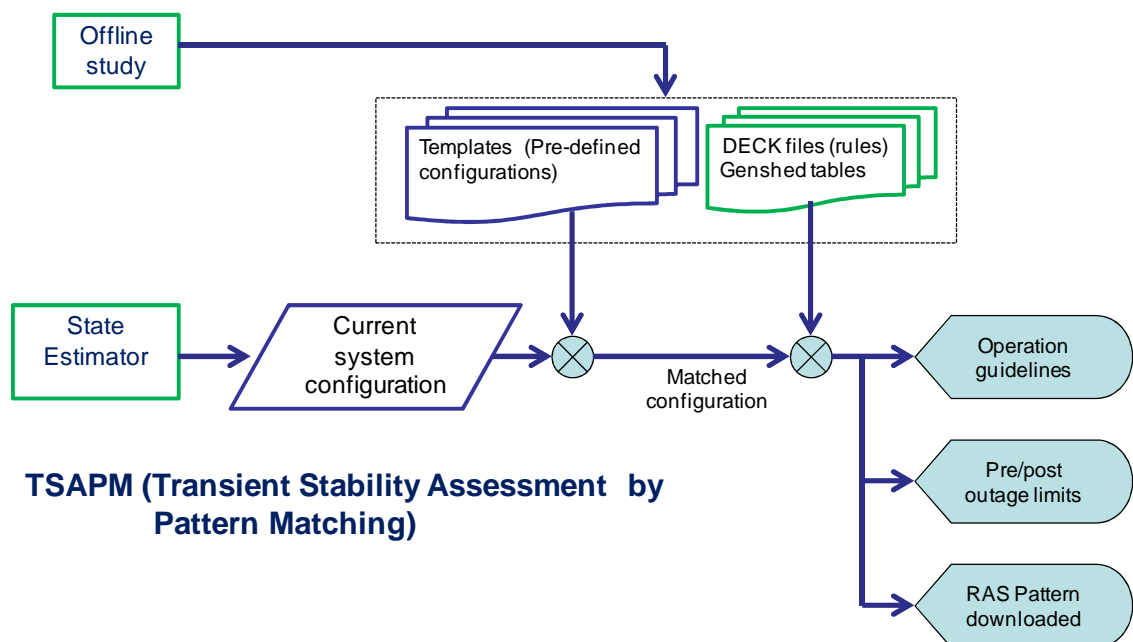


圖 5-13 TSAPM 的流程方塊圖

TSA 根據 SCADA 的資訊和 EMS 狀態估計(SE)的結果評估當時的運轉條件、計算輸電限制，即時模擬各種偶發事故，然後與 RAS 資料庫進行 Pattern Matching，決定適當的 RAS Arming Pattern 下載至 arming 變電所的 RTU。如圖 5-14 所示為 RAS 資料庫結構與 Mapping；圖 5-15 所示為 TSAPM-RAS Arming Pattern；圖 5-16 所示為 TSAPM 自動下載的 RAS Arming Pattern。

Database Structure and Mapping

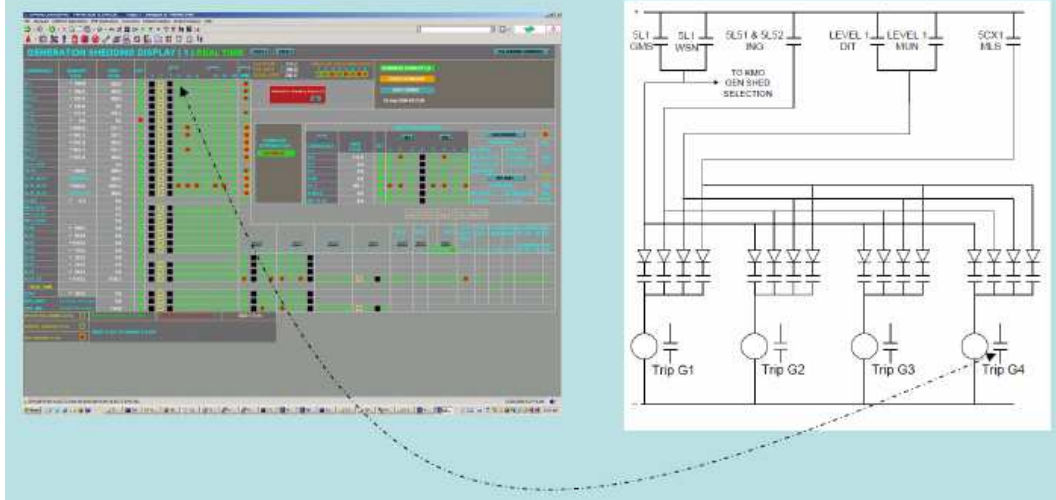


圖 5-14 RAS 資料庫結構與 Mapping

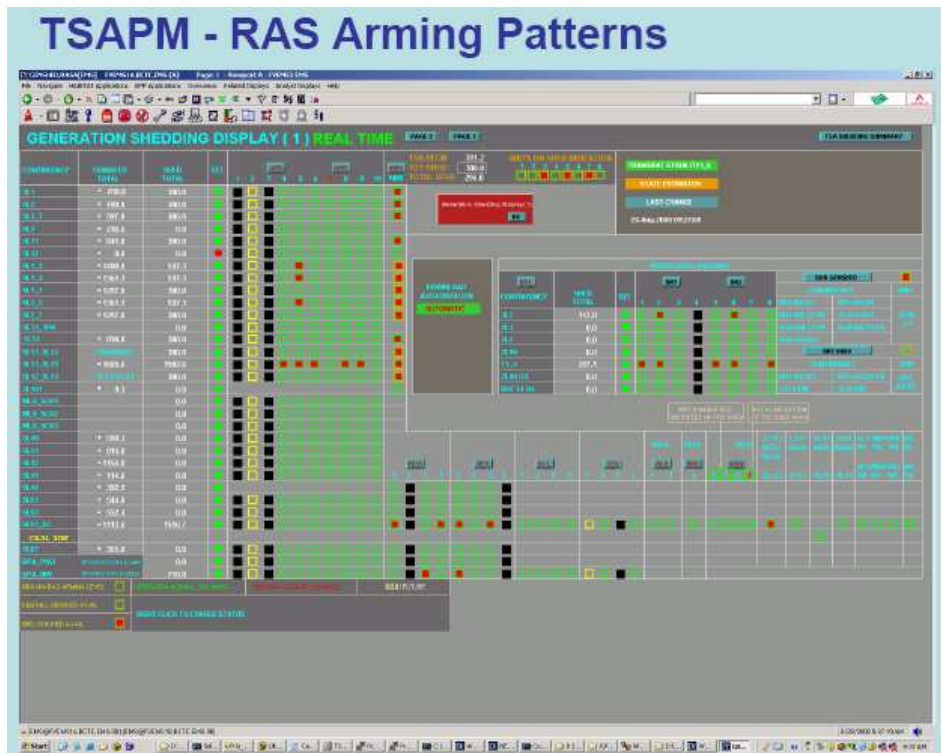


圖 5-15 TSAPM-RAS Arming Pattern

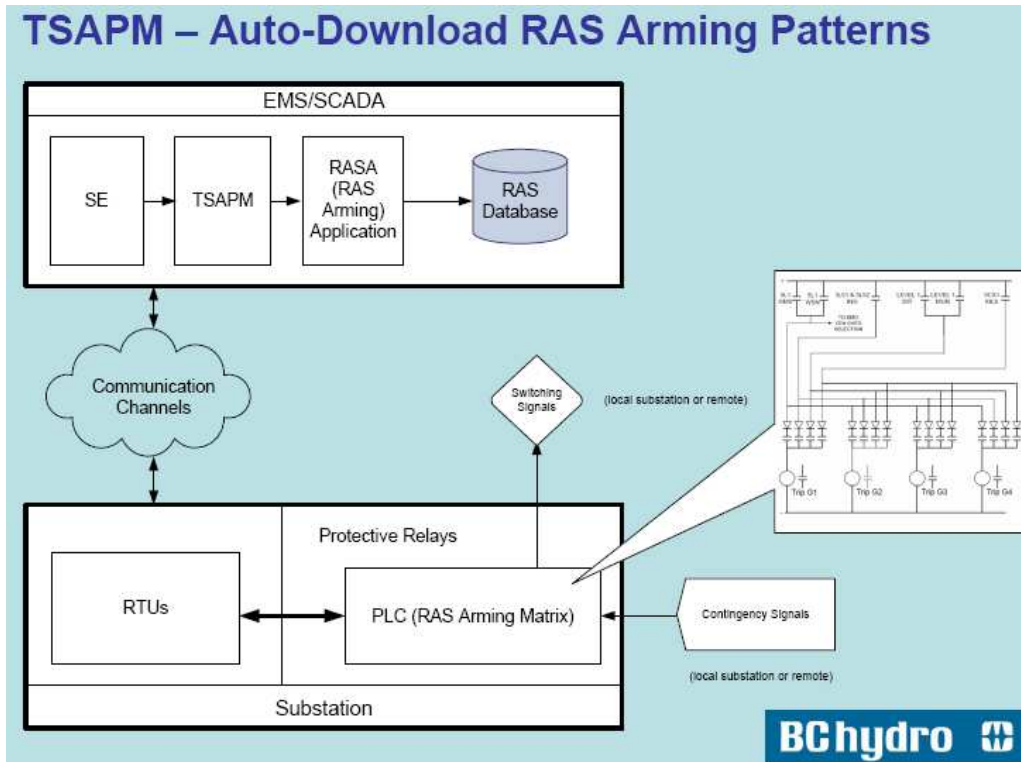


圖 5-16 TSAPM 自動下載的 RAS Arming Pattern

5.7 聲明

本章前述內容係參考 BC Hydro Chief Planning Engineer Mr. StevenPai 等專家簡報資料並摘要部份簡報內容所撰述之研習心得，相關技術創新非屬報告人原創，謹此聲明並向 BC Hydro Mr. StevenPai 等專家致謝。

陸、BC Hydro 邁向智能電網的作法與經驗[5]

6.1 前言

因日益增加的負載需求、新發電機互連、輸變電設備老化、傳輸能力下降或輸變電建設批准的延誤導致許多現有的電力系統面臨的持續且巨大挑戰，因此能更智慧地利用現有的輸變電設備以提高傳輸能力就成了系統發展與的研究的重要課題。

公用電業運用補救行動計劃（RAS）或特殊保護系統（SPS）防止嚴重的偶發事故影響輸電系統運轉由來已久，加拿大 BC Hydro 採用整合式 RAS 控制並調整幹線系統的運轉限制，這種整合式 RAS 是以電能管理系統(EMS) 為基礎，所以，RAS 待命狀態的調整與改變均集中在系統控制中心完成。BC Hydro 的運用經驗已經證實可以擴大輸電容量並同時確保電力系統的安全，以下僅針對加拿大 BC Hydro RAS 系統的功能和性能提出簡要說明。

RAS 控制是由系統控制中心 EMS 系統中的 TSA 每四分鐘自動 arming 或在現行系統條件下當電網結構配置上發生變化後自動 arming。因此在決定 RAS arming 的動作方案時必須將電網配置、設備可用性、實際電力潮流、地區負載大小、事故後的運轉約束等變數納入考慮，相應的系統事故前運轉限制亦需同時配合更新。

BC Hydro 整合式智慧型 RAS 系統已成功運作超過 30 年，自 1994

年起完成自動 arming 的功能。RAS 持續不斷地更新和擴大，以增加運轉範圍、能力，以適應系統的成長、電網系統配置的變化，以及發電機組的加入。BC Hydro 成功的經驗說明，以 EMS 為基礎的 RAS 系統是一個極具吸引力的選擇，以提高系統的傳輸容量限制和可靠度。

6.2 BC Hydro 的 RAS 發展注意事項

有關 RAS 功能要求的幾點思考簡要介紹如下：

1. 為什麼要採用整合型的 RAS？

BC Hydro 已採用了不同類型的 RAS 以減輕各種偶發事件的影響，並保護系統和設備的安全。有些 RAS 是區域型的，用以減輕偶發事件對該區域當地的干擾；有些 RAS 則是涉及到幹線系統，因此其需要的系統資訊必須是有效的和適當的。對於後者型，設置在系統控制中心以 EMS 為基礎的 RAS 是最適合、最容易提供系統資訊，這個方法同時提供確保協調各 RAS 控制行動的機會。

2. 為什麼需要一個靈活的 RAS？

BC Hydro 根據 NERC / WECC 規劃和經營準則運轉輸電系統。在正常運轉條件下，電力系統安裝足夠的電網設備承受第一個偶發事故。RAS 的發展則是用以防止多個系統偶發事件、同時發生或依序發生多重事故。事故前的運轉限制是決定系統在任何一個可能發生的偶發事故(包括可能同時發生的多重偶發事件)下，仍然可以持續運轉並同時滿足系統效能要

求。有鑑於 RAS 的運用是決定事故前運轉限制的一個重要因素，RAS 功能與能力明顯影響輸電系統的利用率和效能。因此，靈活的 RAS 具有可調控制功能以優化系統效能是必要的。

3. RAS 應該要多快速

BC Hydro 輸電系統的效能受暫態穩定度的限制。因此 RAS 的反應速度必須非常快速，以改善系統暫態穩定度的效能。一般來說，從擾動發生至受控設備斷路器狀態變化的總時間約是 10 至 12 週波。在某些時候，RAS 控制動作也可以用來啟動緩慢動作的設備，如變壓器抽頭位置。

4. 如何智能？

BC Hydro EMS 基礎的 RAS 系統可以智慧化，提供系統運轉的規劃人員制定相應的運轉指令與可靠度要求，這個專家系統根據動作方案提供 BC Hydro 藉由簡單修改各自的 RAS 提高輸電容量限制。

6.3 以 EMS 為基礎的 RAS

整個 BC 省 500kV 幹線系統如圖 6-1 所示，BC Hydro 建置整合式 RAS 系統，該系統是由數個由中央 arming 的 RAS 所組成，每個 RAS 均能減輕其各自所在區域內的影響，如圖 6-2 所示。多年來整合式 RAS 系統持續發展、設置，並根據發電廠、輸電、變電所、串聯/並聯無功設備，以及電網連接的變化持續配合升級。因此 RAS 系統成為電網整體運轉策略的一部分，當電網中主要設備的改變時應重新檢討相關 RAS 能否

符合系統的要求。



圖 6-1 整個 BC 省 500kV 幹線系統

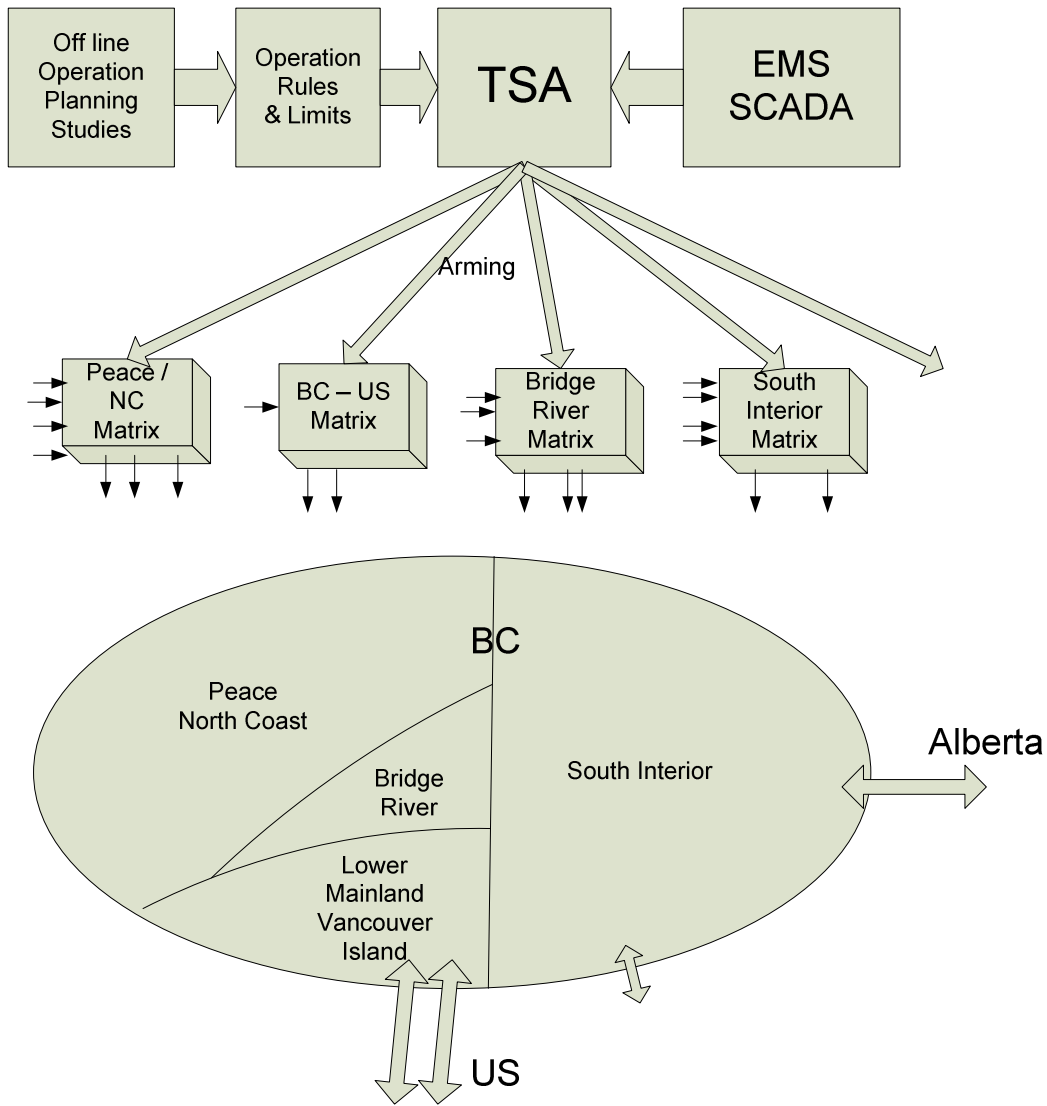


圖 6-2 中央 arming 的 RAS 系統

6.4 BC Hydro 的 RAS 發展注意事項

1. 中央 RAS 系統之人工 arming

(1) 輸入

BC Hydro 中央 arming RAS 系統已涵蓋幹線系統、部分 Alcan 及 FortisBC 輸電系統可能的偶發事故。分別連接阿爾伯塔省(Alberta)和美國的聯絡線，以及在美國境內的某些輸電線其可能的偶發事故也需要 BC Hydro RAS 配合動作。單一偶發事故和可能同時發生的多重偶發事故件

都輸入到各自的 RAS。因此，單一個 RAS 涵蓋很多單一偶發事故及多重偶發事故。當系統因某一設備停電檢修或故障停電而超限運轉時，單一偶發事故訊號直接傳送至(觸發)各自的 RAS 動作，對提高電網系統的輸電容量限制特別有效益。

(2) 輸出

RAS 的緩解措施或控制行動，包括跳脫發電機、跳脫線路、投入/啟斷並聯設備(電容器和電抗器)，以及改變相移變壓器的分接頭等。跳脫發電機將會改善系統穩定度及降低設備負載；跳脫線路則是在可控制的方式下有效地限制偶發事故的影響；並聯設備(電容器和電抗器)的投切，將可改善擾動後的系統電壓性能。BC Hydro 大部分的水力發電廠都是多部機組的電廠，如 GMS, Kemano, Bridge River, Mica, Revelstoke，因此可以配合系統需要跳脫全部或單一機組。上述 RAS 的控制能力有助於塑造擾動後的系統與效能，並有效增強在各自區域內的電力輸送。對於既定的設備，不同的電力潮流方向亦會導致系統不同的影響，所以系統需要採取不同的緩解措施。對於這樣的偶發事故，RAS 將會依據事故前的電力潮流情況採取不同的控制行動。

(3) 修補矩陣(Patching matrix)

每個 RAS 的 Patching matrix 是以偶發事故作為輸入、相對應的控制行動作為輸出，輸入和輸出信號必需依靠可靠的通信系統才能完成高速

的要求。從故障觸發或設備斷路器接點改變到 RAS 控制動作通知斷路器接點改變的總時間約為 10~12 週波。速度必須夠快才能得以改善暫態穩定度，RAS 的輸出信號也可用來啟動慢速設備的動作以改善電壓穩定度和/或滿足熱容量限制。在 1994 年自動化之前，BC Hydro RAS 系統的 Patching matrix 在即時運轉時是採用人工 arming。然而當系統正在經歷電網結構或發電機調度情況發生改變的瞬間，採用人工 arming 對調度人員則是很大的挑戰。

2. 中央 RAS 系統自動 arming - TSA 的發展

BC Hydro 在 1994 年更新 EMS 系統時，即配合建置暫態安全評估應用軟體(TSA)，TSA 將所有操作規則、運轉限制及 RAS 的 arming 要求全部納入程式設計。TSA 使用 SCADA 的資訊和 EMS 狀態估計的結果分析評估當時的運轉條件、計算輸電限制、決定 RAS 的 arming 要求、arming 遠端設備、監控系統運轉狀況，必要時並發出報警，全部以整合的方式進行所有的動作。TSA 的結果可以在 EMS 的畫面顯示，提供調度員參考以協助調度員進行即時的調度操作。圖 6-3 所示為典型的 TSA 畫面-即時發電機卸載的 arming pattern，紅色方格表示該發電機組已被 arming 待命卸載。TSA 每四分鐘自動執行一次，它也可以藉由電網配置結構或狀態更改自動觸發執行 TSA 分析，目前 BC Hydro 的 TSA 已經將 EMS - RAS 系統完全自動化。

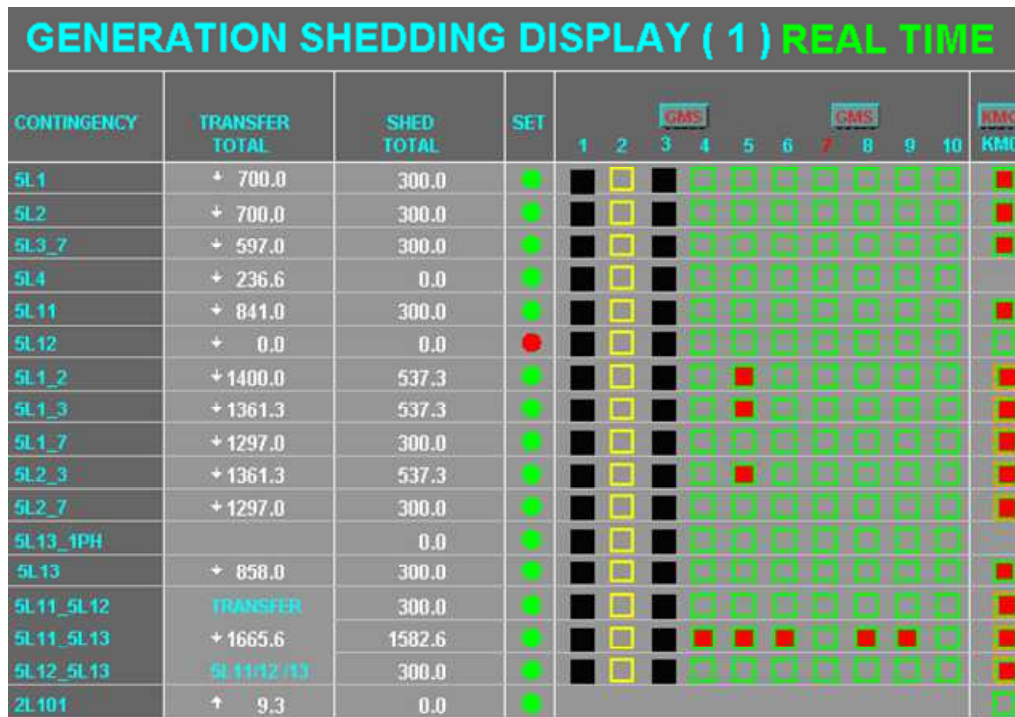


圖 6-3 典型的 TSA 畫面-即時發電機卸載的 arming pattern

3. 中央自動 arming RAS 系統的優點

TSA 在可靠度及輸電容量限制產生幾個優點，如下：

- (1) TSA 大幅減少 RAS 控制動作 arming 的時間，可快速實現目前大多數的限制和控制動作要求，從而大幅減少系統運轉風險。
- (2) EMS 為基礎的 RAS 系統可以藉由增加輸入 / 控制動作和修訂運轉指令輕易完成擴充，所以 EMS-RAS 系統具有充分擴充的能力。
- (3) TSA 應用程式容易擴展與更新，故可以充分配合 RAS 的發展。
- (4) RAS 自動 arming 程序可減少人為錯誤的風險。

6.5 案例 1 –Peace system RAS

BC Hydro 每個中央 arming 的 RAS 皆有其獨特的方面。以下有關 RAS 的幾個案例可以證明其有效性，這個例子顯示了 TSA 自動化的有效

性和易調整性，以符合新的運轉要求。

1. Peace system

Peace 系統包括兩個主要的水力電廠(GMS - Gordon M.Shrum 及 PCN - Peace Canyon)合計總容量為 3430MW；如圖 6-4 所示，GMS 與 PCN 兩大電廠經由 3 條平行 500kV 長距離輸電線輸出電力，長距離輸電線分別在 Williston 變電所及 Kelly Lake 變電所分段進行串聯補償，每段每回輸電線各串聯 50% 電容器進行補償，以改善系統的電壓性能。暫態穩定度、電壓穩定度和熱容量限制等是影響傳輸容量的主要因素；由於線路大多並行排列且建立在相同的傳輸走廊，因此在雷電季節兩回線同時跳脫停電是可能發生的偶發事故。為了減輕在各種運轉條件下這些偶發事故的影響， BC Hydro 規劃設計一個 Peace 系統的 RAS。

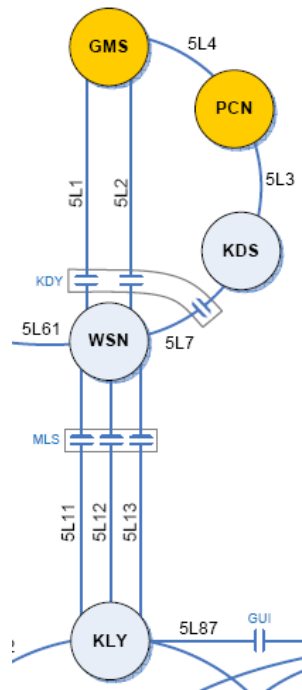


圖 6-4 Peace system 500kV 電網

2.運轉的複雜性

由於 Peace 系統電網的限制，快速的緩解措施已經建置完成以提高暫態穩定度，緩解措施包括制動電阻性能的應用和遙控跳脫 GMS 電廠的部分發電機組。BC Hydro 在 GMS 電廠規劃一個區域型的控制方案，自動併用適當的制動電阻吸收多餘的電能，從而提高暫態穩定度的響應。除此之外，在不同的偶發事故時(包括兩回線同時跳脫)必須卸載適量的發電量。必須卸除的發電量係根據事故前的即時發電輸出和事故後電網不同配置的限制來決定；事故前的輸電限制則是依系統的電網配置及區域負載狀況將有所不同。依運轉的目的，完成幾個根據 Peace 系統不同電網配置情況下所需的發電機卸載表，每個卸載表只適用一個運轉中特定的電網配置情況，例如，某一個卸載表適用所有線路皆正常運轉，其他的卸載表則適用不同電網配置情況下發生輸電線 N-2 偶發事故等，如表 6-1 所示。表中每行的事故前與事故後的限制是根據串聯電容跳脫的變化情形決定，每個事故後的限制代表該偶發事故後的電網配置情況，這些限制也可以根據制動電阻的可用性、發電機的端電壓和停用電力系統穩定器的數量來加以調整。

表 6-1 TSA 安裝前，Peace System 發電機卸載表

Case	Capacitors in service			GMS&PCN Output limit At 14.2kV Note Use Lesser of Table or 40° Line Angle	Loaded GMS Units In service After loss of line PCN over 350MW					
					5L1/2/3 Or 7	5L11,12 Or 13	5L40or5L41		5L42	
	CRK	CHP	CHP				CRK			
1	3	1	2	2600	#	#	#	#	#	#
2	3	1	1	2460	#	#	5		5	
3	3	1	0	2250	#	#	#	#	5	5
4	3	0	2	1880	#	#	#	#	#	#
5	3	0	1	1820	#	#	#	#	#	#
6	3	0	0	1730	#	#	#	#	#	#
7	2	1	2	2520	6	#	#	#	#	#
8	2	1	1	2390	5	#	5	#	5	#
9	2	1	0	2200	5	#	#	#	5	5

3. Peace RAS 功能要求

Peace RAS arming 修補矩陣有 29 個輸入(29 個偶發事故，包括 9 個 N-1 偶發事故、10 個 N-2 偶發事故)和 11 輸出(11 控制動作，包括跳脫 GMS 電廠 10 部發電機及 Kemano 電廠 1 部發電機)如圖 6-3 所示。

4. 人工階段

EMS-TSA 建置前，調度員在即時運轉過程中必須針對電網情況尋找符合 Peace 系統狀況的發機組卸載表，並根據相應的串聯電容狀態決定事故前的運轉限制。然後再針對 29 個偶發事故比較實際潮流量與事故後的運轉限制，以人工方式計算相應的發電機卸載量，這個過程可能需要繁複的計算且容易出錯。由於平行線路具有相同的串聯電容器狀態、有類似

的阻抗，雖然有些計算可以省略的，但為仍須將發電機的端電壓差、制動電阻器的使用和電力系統穩定器(PSS)狀態納入考慮。其他擾動後的運轉限制如保留多少部發電機組以防止過電壓的發電機也必須考慮，這個過程會隨主要影響運轉限制的條件(如線路、串聯電容器的狀態)改變而需要不斷地反覆計算。調度員也需要針對不同的偶發事故 arming 不同的發電機組，同時維持良好的協調以符合事故後系統穩定度與效能的要求，例如 N-1 偶發事故的發電機組跳脫規劃是 N-2 偶發事故控制動作的一部分，可以避免 N-2 偶發事故控制動作過度跳脫。

5. 自動階段

EMS-TSA 安裝後，上述的人工處理過程已完全自動化，包括在正常運轉時應保留多少部發電機在線上才能滿足不同卸載策略的需求。EMS-TSA 明顯降低調度員的工作負荷，並提供了一個可以改善系統可靠度的機會。由於中央自動化 arming RAS 的性能完備，BC Hydro 已經能夠改善在下列特定區域的系統性能。

1. 考慮端電壓、AVR 狀態、PSS 狀態和制動電阻狀態，快速且精確估算事故前後 GMS 和 PCN 兩電廠之發電量限制。
2. GMS 電廠卸載量的精確度明顯改善，可以避免過度或經常跳脫發電機。但在即時運轉人工 arming 的過程中為了簡化計算、減少工作負荷，過度跳脫發電機是無可避免的。

3.由於 EMS-TSA 與 patching matrix(修補矩陣)的建置，大幅增加北部海岸地區的輸電容量並快速投入系統運作。

6.6 案例 2 – BC-US 聯絡線之 RAS

這案例說明如何藉由修改 RAS 輕鬆地將 BC (ING)-US(CUS)聯絡線的輸電限制由 2300MW 提高到 3150MW。

1. BC-US 聯絡線的輸電限制

BC 到 US 的輸電路徑包括東、西兩回路，西路為由加拿大 BC 省 Ingledow 變電站 (ING) 到美國 Custer 變電站 (CUS) 的兩條 500 kV 平行輸電線路，東路為由加拿大 BC 省 Nelway 變電站 (NLY) 到美國 Boundary 變電站 (BDY) 的兩條 230 kV 平行輸電線路。在 1997 年，BC-US 的 RAS 由人工 arming 修改為 EMS-TSA 自動 arming 後，總傳輸容量限制由 2300MW 增加至 3150MW。

2.操作的複雜性

影響 ING 到 CUS 傳輸容量限制的因素有兩個：卑詩省(BC)和阿爾伯塔省(Alberta) 500 kV 聯絡線 5L94 的電力潮流大小與方向，以及當 ING 到 CUS 兩回 500 kV 輸電線發生 N-2 事故時 BC Hydro 的系統效能及穩定度。

因為 ING 到 CUS 兩回 500 kV 輸電線位於相同的地理位置，所以這個 N-2 偶發事故是極可能發生的情況，為了減輕這個偶發事故對系統

的衝擊與影響，此時東路 230kV 的聯絡線須配合由 RAS 直接跳脫 (DTT)，以有效地將 US (BPA)系統與 BC 系統和 Alberta 系統隔離，此時 BC 系統多餘的發電量則由 RAS 逕行跳脫在幾個主要水力電廠的部分發電機組，如 GMS, MCA, REV 等電廠，藉由跳脫發電機、啟斷並聯電容器、併用電抗器來防止系統過電壓，並利用相關變電所的電壓調整設備將電壓維持在標準範圍內。

3. BC to US Tie Line RAS 的功能要求

N-2 偶發事故信號直接發送到各 RAS，觸發由 TSAPM arming 的修補矩陣 (patching matrices) 使 8 個發電廠跳脫發電機 (generation shedding)，同時在跳脫線路 2L112 (NLY 變電站) 及 5L94 (CBK 變電站)，並在 4 個變電站投切虛功率設備。此時 EMS 的自動發電控制 (AGC) 將自動暫停。實際的卸載量、虛功率設備的投切，以及線路的跳脫要求均取決於事故前系統的電力潮流量，故需利用 EMS-TSA 進行即時分析與計算。

4. RAS arming 的改變

TSA 建置以前，只能利用規劃跳脫發電機減輕過電壓的影響。TSA 建置完成後，有關 BC-US 聯絡線的傳輸容量由 2300MW 提高到 3150MW、電壓調節裝置的應用、電抗器的投切、直接跳脫線路 2L112 及 5L94 分別與 US、Alberta 隔離等需求均可藉由 TSAPM 及 RAS 自動 arming 輕易地完成。

6.7 聲明

本章前述內容係參考 BC Hydro Chief Planning Engineer Mr. StevenPai 等專家簡報資料並摘要部份簡報內容所撰述之研習心得，相關技術創新非屬報告人原創，謹此聲明並向 BC HydroChief Planning Engineer Mr. StevenPai 致謝。

柒、發電機組參數線上模擬識別技術研究計畫執行情形

7.1 背景說明

本次參訪德州大學阿靈頓分校能源研究中心並李偉仁博士討論『發電機組參數線上模擬識別技術研究計畫』執行情形，該計畫由台灣成功大學電機系與德州大學阿靈頓分校能源研究中心共同合作執行研究。該研究團隊現階段已針對核三發電機組作事故模擬，並將模擬結果與實測數據做一比較，檢驗模擬與實測之間的實功、虛功擬合程度。

7.2 模擬資料正確性之分析說明

事故模擬需要的資料為：

- (1) 事故前 power flow case
- (2) 相對應的 dyr 檔
- (3) 核三 PMU 記錄點的 P、Q、V、 δ

在(1)事故前 power flow case 方面，由於核三事故發生於 2011 年 7 月 13 日 20:36 p.m.，因此研究團隊使用 2011 年 7 月 13 日 20:25 p.m.作為事故前 power flow case。在(2)相對應的 dyr 方面也順利地向台電取得最新資料。最後在(3)核三 PMU 記錄點的 P、Q、V、 δ 方面，成大與 UTA 研究團隊透過歐華廠商取得了資料，該資料是以台電所提供的.608 檔所轉換而來。研究團隊也分別對取得的 P、Q、V、 δ 作驗證，並發現 P、Q、V 的資料來源可信，但 δ 方面仍待釐清，簡述如下：

首先，下圖(圖 7-1)為核三 PMU 設置點鄰近的區域母線系統圖(電壓等級：345kV)：

級：345kV)：

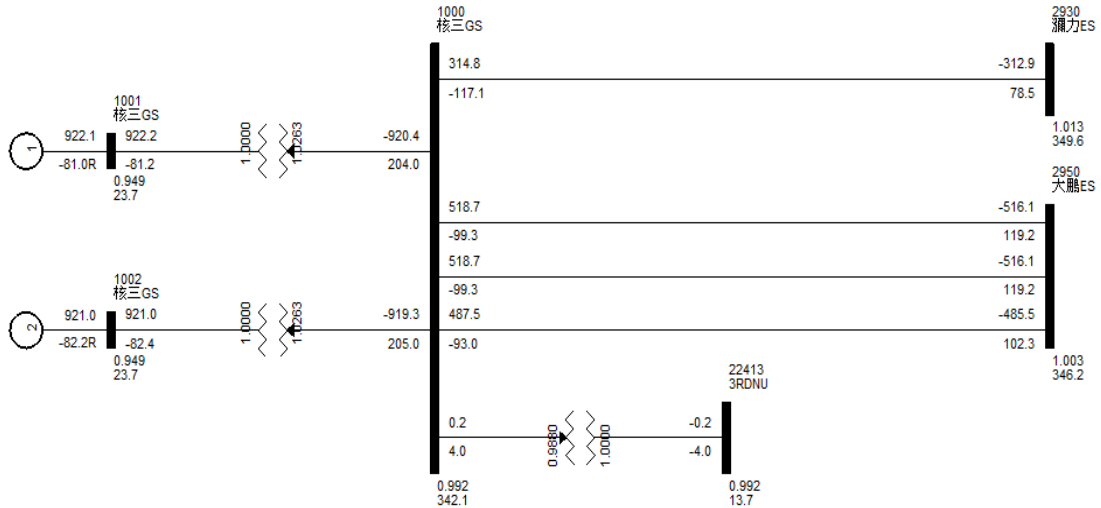


圖 7-1 核三 PMU 設置點鄰近的區域母線系統圖

在 V 方面，上圖中的 Bus 1000 即為 PMU 設置點，而由歐華廠商所提供的資料可得該 Bus 的線電壓為 342.146 kV，此與台電所提供的事務前 power flow case 上的 Bus 1000 線電壓(345K*0.9916=342.102 kV)相近，因此歐華廠商所提供程式算出的電壓資料可信。事故前 power flow case 上的 Bus 1000 線電壓如圖 7-2 所示，歐華廠商所提供的核三(Bus 1000)線電壓資料波形如圖 7-3 所示。

892	馬鞍GS	13.8	1 TPC	2 CENTRA	1 TPC	2	0.9641	-2.78
896	谷關GS	13.8	1 TPC	2 CENTRA	1 TPC	2	0.9728	-0.83
▶	1000 核三GS	345.0	1 TPC	3 SOUTH	1 TPC	1	0.9916	14.78
	1001 核三GS	25.0	1 TPC	3 SOUTH	1 TPC	2	0.9487	22.25
	1002 核三GS	25.0	1 TPC	3 SOUTH	1 TPC	2	0.9486	22.24

圖 7-2 事故前 power flow case 上的 Bus 1000 線電壓

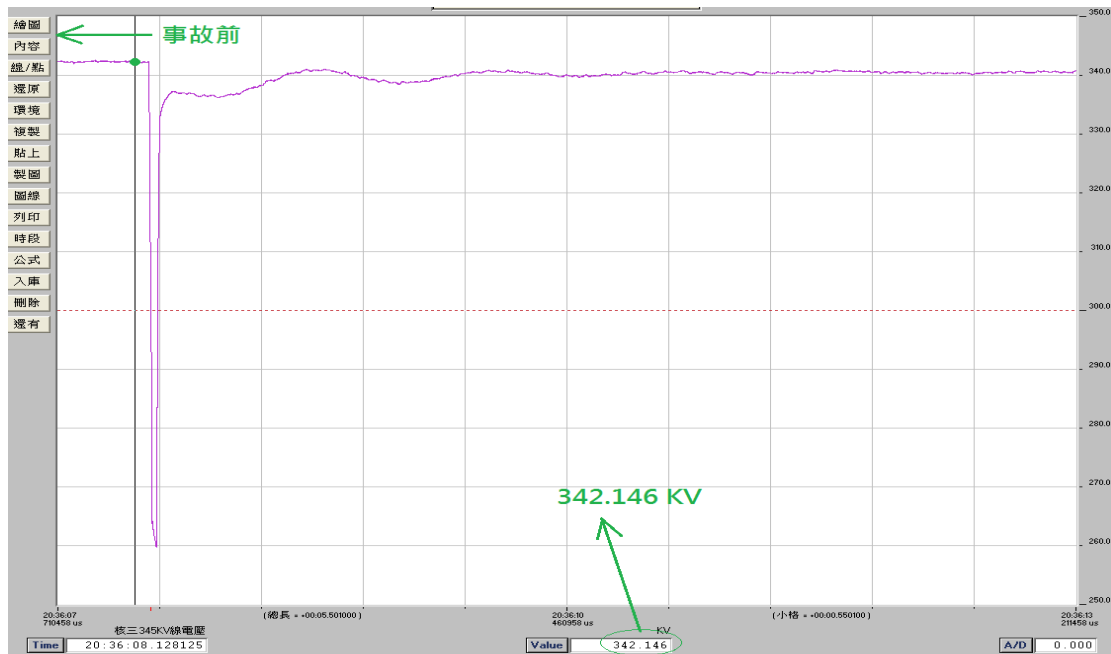


圖 7-3 核三(Bus 1000)線電壓資料波形

在 P 與 Q 資料方面的驗證，由圖 7-1 可以看出，母線(Bus 1000)左側為核三的兩部發電機組，右側則分別透過瀾力線連接至瀾力母線(Bus 2930)、透過大鵬一路、大鵬二路、大鵬三路連接至大鵬母線(Bus 2950)、透過傳輸線連接至 3RDNU 負載母線(Bus 22413)，此負載母線在建模時將予以等效。UTA 研究團隊將台電所提供的三相電流波形以及三相電壓波形，藉由 matlab 中的 SimPowerSystems 分別畫出核三-瀾力、核三-大鵬一路、核三-大鵬二路、核三-大鵬三路的功率潮流波形圖來與歐華廠商所給予程式的資料作比對，UTA 研究團隊發現兩者之間的擬合程度很高，因此歐華廠商所提供的程式所計算出的 P 與 Q 資料可信。

7.3 SimPowerSystems 架構與模擬結果

SimPowerSystems 架構圖如圖 7-4 所示。

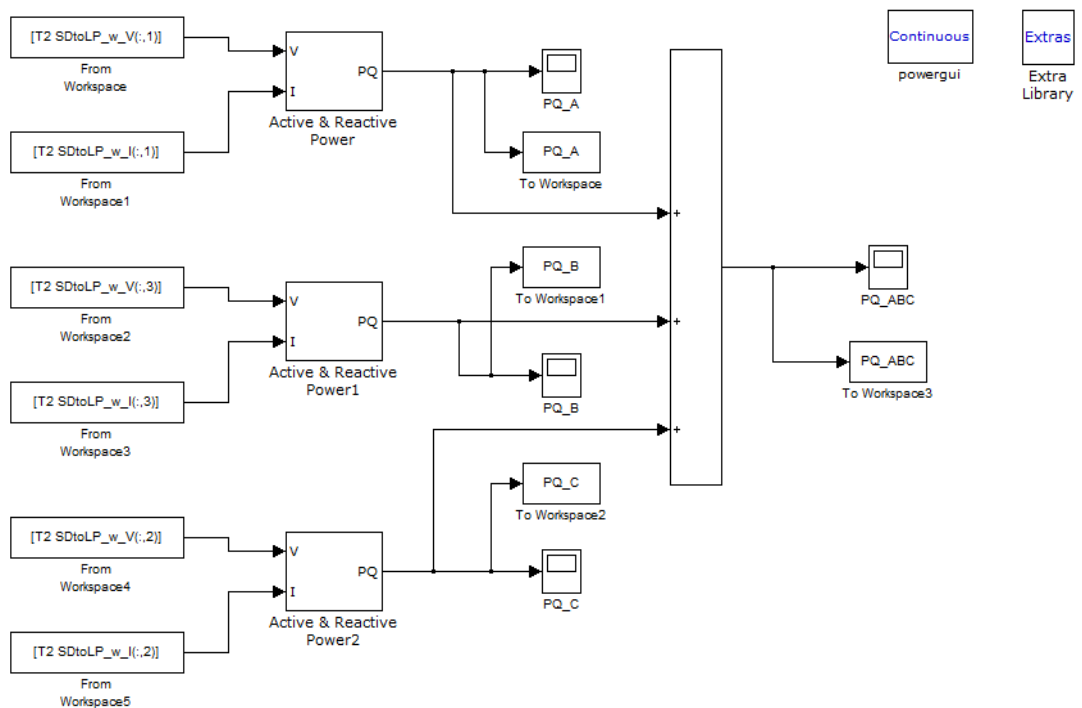
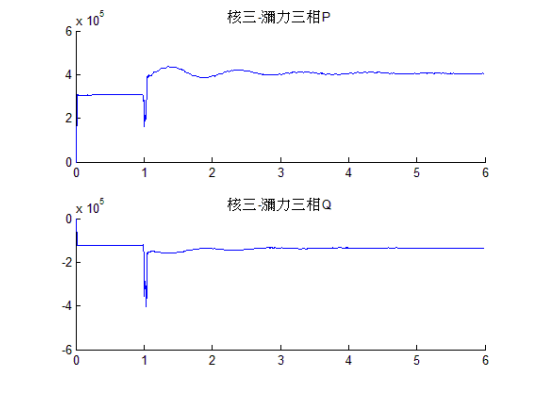
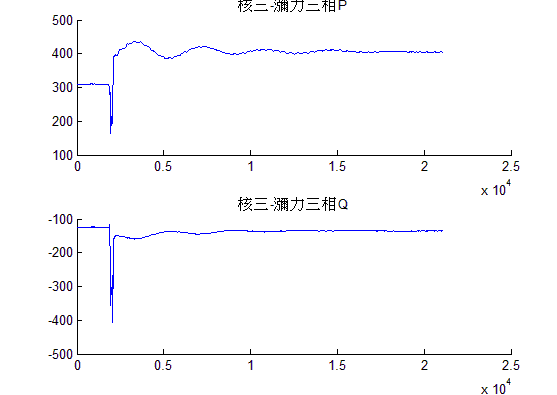
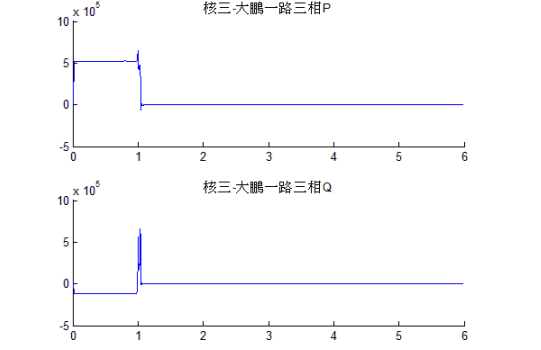
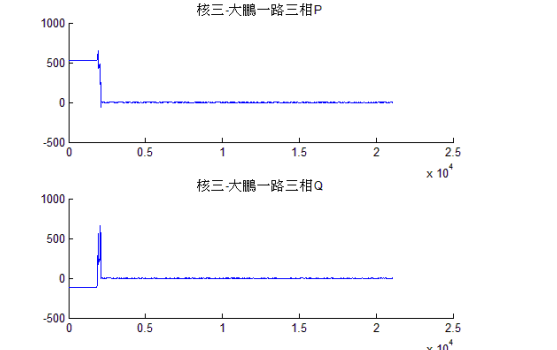
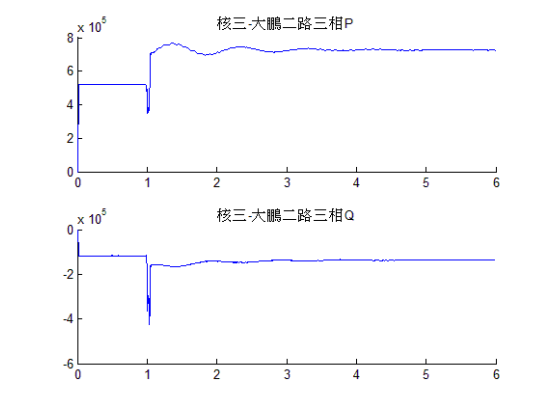
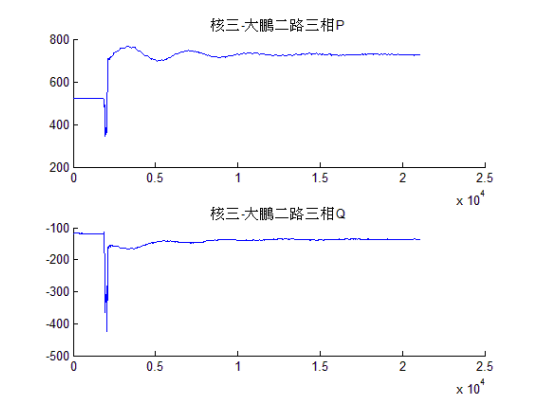
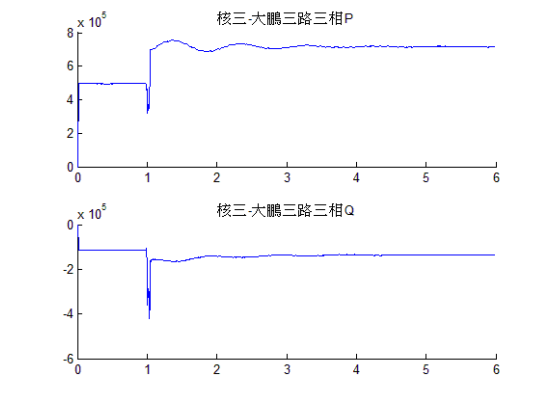
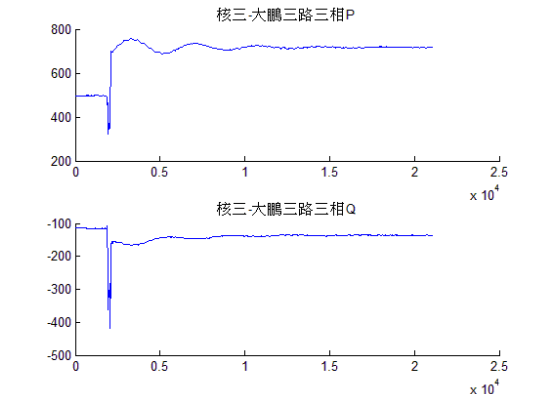


圖 7-4 SimPowerSystems 架構圖

表 7-1 為以 SimPowerSystems 模擬與歐華廠商提供資料的波形比較：在 δ 方面，目前台電方面 PMU 上記錄的 δ 數據，是記錄兩處 PMU 點的角度差，並沒有辦法記錄 PMU 對於系統上的參考 BUS 的零度角度。UTA 研究團隊將利用等效的方式求解，其方法為透過歐華廠商提供資料取得核三(Bus 1000)到龍崎北(Bus 2650)的角度差($\Delta\delta$)，並且由 PSS/E 求解出事故前 power flow case 上龍崎北(Bus 2650)的角度(δ)，藉由 $\delta+\Delta\delta$ 值即可得到核三(Bus 1000)上的等效角度。待建立區域等效模型後，將執行機組參數的估測，其結果將與台電綜研所實測的機組參數相驗證。

表 7-1 SimPowerSystems 模擬與歐華廠商提供資料的波形

以 Matlab SimPowerSystems 畫出波形 (縱軸單位：KW、KVar)	以歐華廠商提供程式畫出波形 (縱軸單位：MW、MVar)
 <p>核三-瀾力三相 P</p> <p>核三-瀾力三相 Q</p>	 <p>核三-瀾力三相 P</p> <p>核三-瀾力三相 Q</p>
 <p>核三-大鵬一路三相 P</p> <p>核三-大鵬一路三相 Q</p>	 <p>核三-大鵬一路三相 P</p> <p>核三-大鵬一路三相 Q</p>
 <p>核三-大鵬二路三相 P</p> <p>核三-大鵬二路三相 Q</p>	 <p>核三-大鵬二路三相 P</p> <p>核三-大鵬二路三相 Q</p>
 <p>核三-大鵬三路三相 P</p> <p>核三-大鵬三路三相 Q</p>	 <p>核三-大鵬三路三相 P</p> <p>核三-大鵬三路三相 Q</p>

捌、參考文獻

- [1] Powertech Lab Inc., "會議簡報資料," 2011 DSA Tools User Group Meeting, Sep. 13~14, Saint Paul, USA
- [2] Southern Company 網站, <http://www.southerncompany.com/>
- [3] Alstom Company 網站, <http://www.alstom.com/>
- [4] BC Hydro 網站, <http://www.bchydro.com/>
- [5] Steven C. Pai, "BCTC's Experience towards a Smarter Grid - Increasing Limits and Reliability with Centralized Intelligence Remedial Action Schemes," Electric Power Conference, 2008. EPEC 2008. IEEE Canada