

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實 習)

西門子電力技術服務國際公司
動態分析短期課程

服務機關：台電系統規劃處

出 國 人 職 稱：電機工程師

姓 名：姚竺君

派赴國家：美國

出國期間：103.09.27~103.10.12

報告日期：103.12.08

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：西門子電力技術服務國際公司動態分析短期課程

頁數 33 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/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

姚竺君/台灣電力公司/系統規劃處/電機工程師/2366-6914

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他

出國期間：103年09月27日~103年10月12日 出國地區：美國

報告日期：103年12月08日

分類號/目

關鍵詞：電力潮流(Power Flow)、動態模擬(Dynamic Simulation)、

Python 整合流程(Python Integrating Workflow)

內容摘要：(二百至三百字)

西門子電力技術服務國際公司動態分析短期課程分成五大部分：一、初階電力潮流課程，二、初階動態模擬課程，三、進階電力潮流課程，四、進階動態模擬課程及五、Python 整合流程。

本次參與第三部分及第四部份進階電力潮流及動態模擬課程，主要為故障分析應用、電力系統穩定度、發電廠機組之動態模型等主題。

本次與會學員大多為具電機背景之各國電力公司員工，職務則涵蓋規劃、運轉、發輸電及 ISO 準則等領域，學習期間除互相瞭解各公司電力系統架構、規模及發展方向，亦可透過 PSS/E 模擬問題探討有更多面向的思考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

報告內容

一、出國緣由與目的.....	4
二、出返國行程.....	5
2-1 去程.....	5
2-2 受訓.....	5
2-3 返程.....	6
三、心得與建議.....	7
四、PSS/E 軟體簡介.....	10
4-1 PSS/E 軟體發展歷程.....	10
4-2 PSS/E 使用者介面.....	11
4-3 PSS/E v.33.....	13
五、動態分析短期課程.....	14
5-1 第三期進階電力潮流課程.....	14
5-1-1 進階電力潮流課程表.....	14
5-1-2 電力潮流.....	16
5-1-3 短路電流.....	19
5-1-4 變電所或開關場之設備.....	20
5-2 第四期進階動態模擬課程.....	26
5-2-1 進階動態模擬課程表.....	26
5-2-2 暫態穩定度.....	27
5-2-3 電力系統穩定度.....	32

圖目錄

圖 2-1 美國紐約州斯堪那特提(SCHENECTADY)西門子公司地理位置	6
圖 4-1 使用者介面	11
圖 4-2 單線圖	12
圖 4-3 單線圖潮流及利用率顯示圖	12
圖 5-1 PSS/E 電力潮流模擬圖	17
圖 5-2 PSS/E 短路電流模擬圖	20
圖 5-3 BREAKER 視窗圖	21
圖 5-4 161KV 林口開關場圖	22
圖 5-5 林口 161KV 線路未發生事故時之設備利用率圖	22
圖 5-6 161KV 林口~蘆竹一路 N-1 事故時之設備利用率圖	23
圖 5-7 161KV 林口~蘆竹二路 N-1 事故時之設備利用率圖	23
圖 5-8 161KV 林口~南崁一路 N-1 事故時之設備利用率圖	24
圖 5-9 161KV 林口~南崁二路 N-1 事故時之設備利用率圖	24
圖 5-10 161KV 林口~東林分歧西濱一路 N-1 事故時之設備利用率圖	25
圖 5-11 161KV 林口~東林分歧西濱二路 N-1 事故時之設備利用率圖	25
圖 5-12 PSS/E 暫態穩定度之諾頓等效計算模擬圖	28
圖 5-13 PSS/E 暫態穩定度之 ORDR 模擬圖	29
圖 5-14 PSS/E 暫態穩定度之 FACT 模擬圖	29
圖 5-15 PSS/E 暫態穩定度之 TYSL 模擬圖	30
圖 5-16 暫態模擬初步確認圖	31
圖 5-17 電力系統穩定度分類圖	32

表 目 錄

表 2-1 去程行程表.....	5
表 2-2 回程行程表.....	6
表 5-1 進階電力潮流課程表.....	14
表 5-2 電力潮流解法之優缺點比較和使用條件.....	18
表 5-3 進階電力潮流課程表.....	26

一、出國緣由與目的

由於臺灣地狹人稠，且受限於外在環保議題及抗爭因素，使輸電線路及電廠電源線之興建造成極大阻力；部分輸電網路易產生瓶頸，導致本公司輸電系統規劃工作難度更高、更複雜。配合長期負載成長需求，多項大型發電及既有電廠機組更新之電源開發計畫仍須及早規劃，以滿足供電能力，本處亦須配合辦理各電廠開發計畫案電源線引接系衝檢討及長期輸電系統之規劃工作。

為滿足未來負載成長需求，在各項大型發電計畫未完成前，須及早對電網進行因應規劃，以提供穩定可靠的電網系統。尤其在動態分析方面，各廠家所設計之機組朝新型、高效率及大型化發展，在此方面之動態分析應吸取國外專家經驗，以其在機組加入系統運轉後，得以維持甚至強化系統穩定性，此外，FACTS 設備推陳出新，若能加入系統已協助紓解系統瓶頸，將有利於提高系統穩定度及可靠度。

此訓練課程除可提供本處派訓人員建構更完善之電力系統理論及實務經驗，俾強化既有規劃及動態分析能力，並吸取國外之經驗及技術，以期可應用於台電系統中。

二、出返國行程

本出國計畫，自 103 年 9 月 27 日起，至 103 年 10 月 12 日止，前後共 16 天，另於事前奉核定請假 3 日至 103 年 10 月 15 日詳細行程及地理位置圖如下所示：

2-1 去程

表 2-1 去程行程表

日期	出發地點	出發時間	抵達地點	抵達時間
103.09.27	台北(桃園機場) TPE	19:05	紐約甘迺迪機場 JFK	22:05
103.09.28	紐約賓州車站 Penn Station	15:40	斯堪那特提 Schenectady	20:00

2-2 受訓

103.09.29 ~ 103.10.03

西門子電力技術服務國際公司(SIEMENS PTI)動態分析短期課程-第三期進階電力潮流

103.10.06 ~ 103.10.10

西門子電力技術服務國際公司(SIEMENS PTI)動態分析短期課程-第四期進階動態模擬

2-3 返程

表 2-2 返程行程表

日期	出發地點	出發時間	抵達地點	抵達時間
103.10.10	斯堪那特提 Schenectady	12:50	紐約 New York	16:35
103.10.14	紐約甘迺迪 JFK	01:45	台北(桃園機場) TPE	05:35

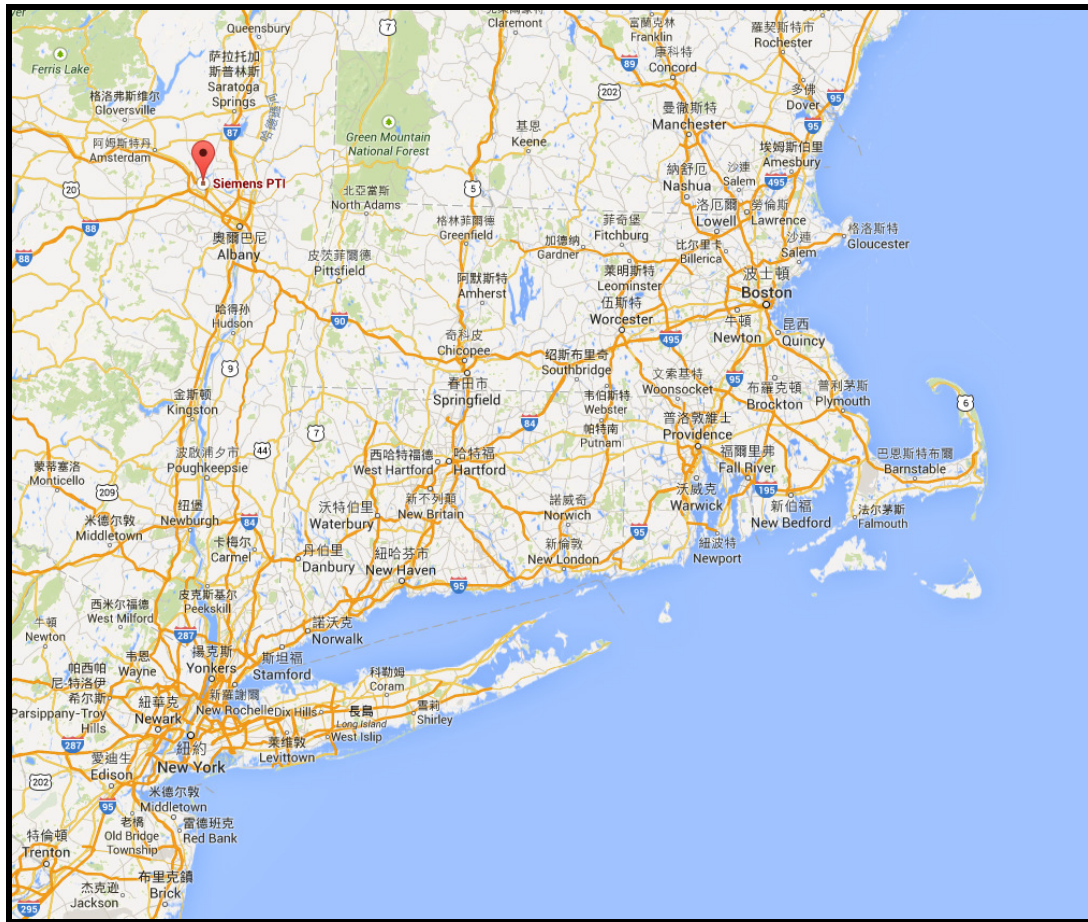


圖 2-1 美國紐約州斯堪那特提(SCHENECTADY)西門子公司地理位置

三、心得與建議

(一) 感謝各級長官給予此次赴美國西門子電力技術服務國際公司 (SIEMENS PTI) 動態分析短期課程學習機會，本課程共有五期，本次此次受訓為第三期及第四期課程，第三期 19 位學員，第四期 12 位學員，其中參加五期課程為 3 位 (韓國 3 位)，學員大多為具電機背景之各國電力公司員工，職務則涵蓋規劃、運轉、發輸電及 ISO 準則等領域，學習期間除互相瞭解各公司電力系統架構、規模及發展方向，亦可透過 PSS/E 模擬問題探討有更多面向的思考。

(二) 本次由於預算不足及出國期間受限，僅參與西門子電力技術服務國際公司 (SIEMENS PTI) 動態分析短期課程第三、四期課程，內容較屬於 PSS/E 進階電力潮流及動態模擬的部分；第一、二期課程為 PSS/E 電力潮流及動態模擬的初階課程，而第五期課程為 Python 整合流程的內容，由於西門子公司每年均針對 PSS/E 軟體操作有所更新，完整的課程對於了解軟體更新內容幫助甚大。因此建議公司在預算許可之情況下，每 1~2 年可派員 1~2 位同仁參與完成的五期課程，以期對 PSS/E 軟體操作更具完整概念。

(三) 美國奇異公司(GE)每年均會開設電力系統研習班(PSEC)，GE 公司為主要的電機設備製造與電力技術研發機構，舉辦之電力系統研習班(PSEC)課程囊括電力系統自發、變、輸、配電、再生能源、保護系統、電力系統分析、運轉調度、電力技術、電力市場、新興發電技術、世界電業發展趨勢、智慧型電網等等相關先進電力知識，且於課程期間實地參訪美國當地發電廠、獨立調度中心、設備製造廠及電力研究中心等，皆能使得理論與實務相結合。台電公司亦於每兩年派員參加電力系統研習班(PSEC)，因西門子公司與 GE 公司受訓地點同位於 Schenectady，兩者相距僅有約 3 英里，故亦建議未來於課程安排上，倘時間配合得宜，建議可順道參加電力系統研習班(PSEC)。

(四) 受訓學員身處他鄉異國，同仁結伴受訓，無論是學習效果及互相照顧等方面都可互相幫忙，除了學習效果倍增外，對於美國高物價之生活花費(平均午、晚餐一頓平常餐點含稅及小費後價格約 400 元~1000 元台幣不等)及住宿等費用，亦可互相分擔，減輕出國個人經費負擔。

(五) 美國火車容易誤點，由於美國境內幅員廣大，火車單程總小時數可能長達 20 小時左右行程，既使短程交通可能也容易受影響，建議若有其他公車(如灰狗巴士)路線可到達之處，除假日前

後可能受到塞車因素耽擱時程，在總搭乘時間不長的狀況下，不失為一個理想的交通工具。

(六) 有智慧型手機之同仁，建議可在台灣先行辦理美國當地易付卡 (T-Mobile)，並選擇合適之通話即上網費率，因為抵達美國之後即須處理交通(可找當地華人計程車行)及住宿等生活瑣事，此外迷路或有急事時須與當地或台灣人員聯絡時，皆甚為便利，並可降低在國外生活之不安全感。

四、PSS/E 軟體簡介

4-1 PSS/E 軟體發展歷程

PSS/E (Power System Simulator for Engineering)軟體為美國電力技術公司(Power Technologies Inc. ,PTI,PTI 公司已於 2005 年被西門子(Siemens)公司併購)於 1976 年開發之電力系統模擬軟體，近四十年期間，PSS/E 軟體隨者電力系統技術的演進不斷地持續更新及升級，PSS/E 具有強大的計算能力，PSS/E 是電力系統模擬軟體中，最廣泛為世界各電力公司及電力相關研究單位所使用之電力系統分析軟體之一，目前約有 115 個國家、超過 600 家不同的公司及組織使用 PSS/E 軟體進行電力系統模擬分析。

PSS/E 軟體在技術領域上提供許多先進及成熟的方法，以下簡述幾種主要功能：

- ✓ 電力潮流及優化(Optimal)電力潮流
- ✓ 平衡或不平衡故障分析
- ✓ 動態模擬
- ✓ 負載模型
- ✓ 傳輸限制分析
- ✓ 彈性交流輸電系統(FACTS)特性模擬

✓ PV 及 QV 分析

PSS/E 除了內建常用的大型發電系統之發電機、激磁機、調速機及電力系統穩定器(PSS)模型外，近年來國內外再生能源(太陽能、風力發電)裝置容量遽增，西門子公司亦針對太陽能及風力機組動態參數建立許多模型，可直接於 PSS/E 所建置之電力系統中模擬分析。

4-2 PSS/E 使用者介面

PSS/E 使用者介面如圖 4-1 所示，包含主選單及工具列等選項，中間則依使用者所需依序填入匯流排、發電機組、變壓器、線路、FACTS 設備等參數，在進行模擬分析。

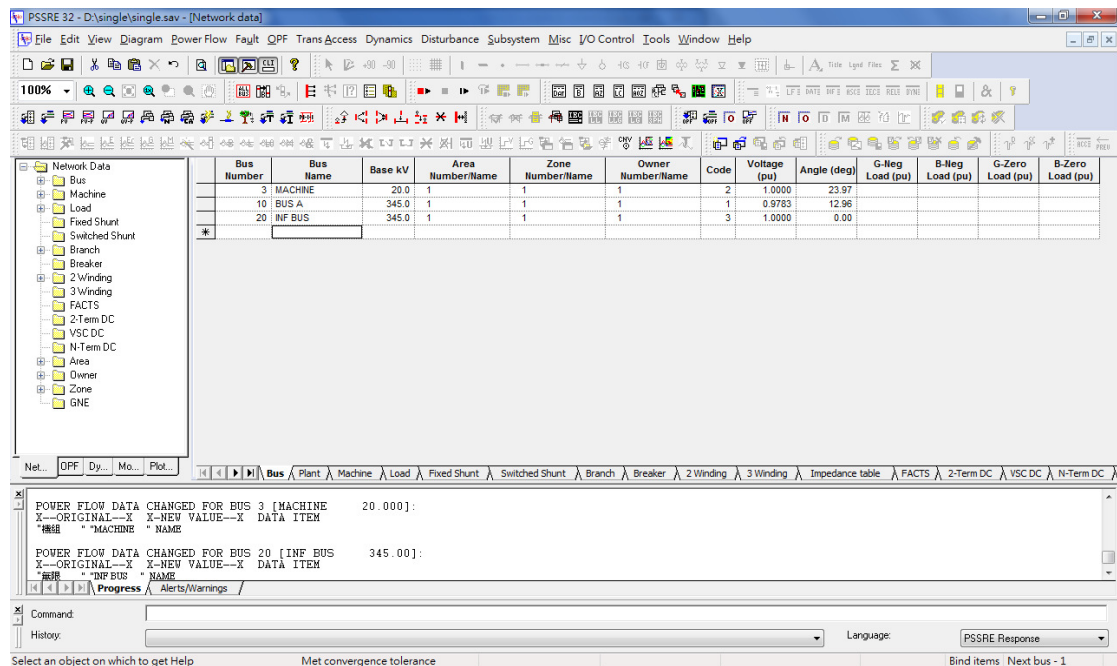


圖 4-1 使用者介面

除了利用圖 4-1 中以表格方式顯示電力系統資訊外，亦可將欲觀察的區域匯流排一一建立於單線圖模式，如圖 4-2 所示，之後進行電力潮流分析時，即可透過單線圖圖示的方式將潮流方向及設備利用率顯示於單線圖中。

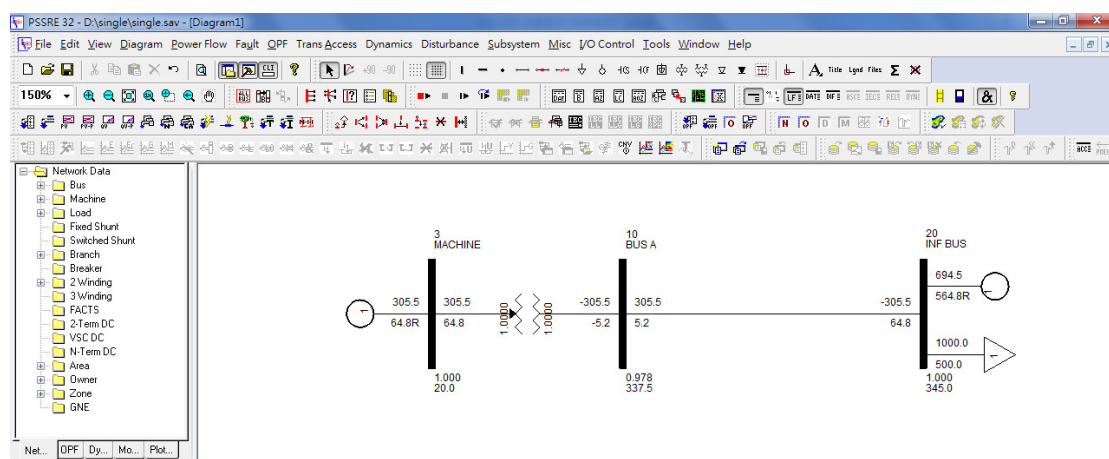


圖 4-2 單線圖

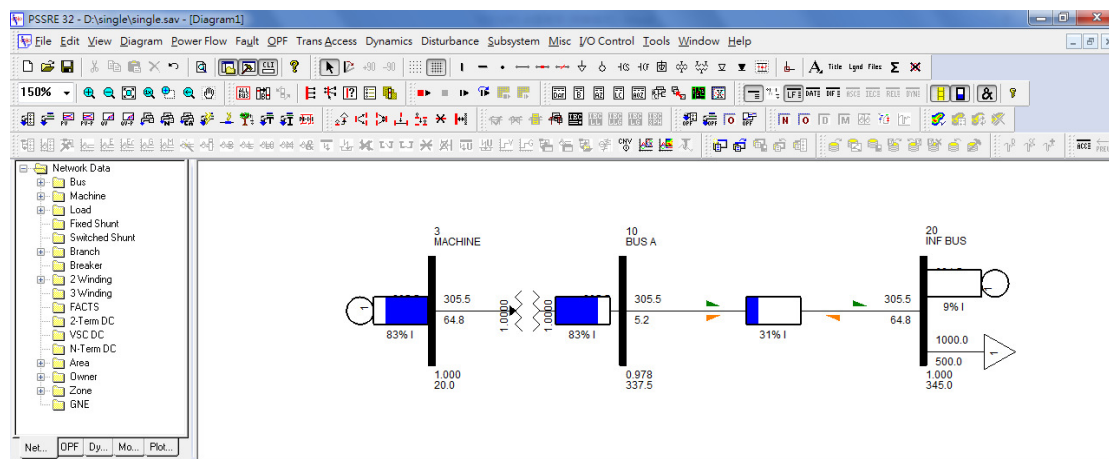


圖 4-3 單線圖潮流及利用率顯示圖

4-3 PSS/E v.33

PSS/E v.33 於 2011 年 5 月至 2013 年 10 月間發行，期間經歷數次小規模的升級，PSS/E v.33 在模擬事故分析上增加了許多功能，亦簡化部分模擬程序，諸如：

- ✓ 故障分析可使用多元處理
- ✓ 新式 N-1-1 偶發事故解
- ✓ 設定匯流排於正常時與故障時刻之電壓限制
- ✓ 敏感性分析
- ✓ 安全約束下之優化電力潮流 (SCOPF)
- ✓ 將動態 CONEC 和 CONET 模型標準化

五、動態分析短期課程

5-1 第三期進階電力潮流課程

5-1-1 進階電力潮流課程表

進階電力潮流課程十分豐富，課程共分為十一大主題，簡述如

表 5-1 所示：

表 5-1 進階電力潮流課程表

期間	主題		課程大綱
09/29	基本電力潮流回顧	✓	近期更新
(一)	Basic Power Flow Review		Recent Updates
		✓	程序文件
			Program Documentation
09/29	變壓器模型	✓	雙繞組和三繞組變壓器
(一)	Transformer Modeling		Two-Winding and Three-Winding Transformer
		✓	電力潮流表示法
			Power Flow Representation
		✓	短路電流表示法
			Short Circuit Representation
09/29	故障分析應用	✓	個別化及自動化故障計算
(一)	Fault Analysis Applications		Individual & Automated Fault Calculations
		✓	ANSI 和 IEC 的計算程序
			ANSI and IEC Calculation Procedures
		✓	斷路器功率評估
			Evaluation of Circuit Breaker Duty
09/30	FACTS 的模型設備	✓	靜態虛功補償器
(二)	Modeling of FACTS		SVC
	Devices	✓	靜態型無效電力補償器
			STATCOM
		✓	串併聯型補償裝置
			UPFC

		✓	傳統高壓直流輸電 Conventional HVDC
		✓	電壓源換流器 DC Voltage Source Converter DC
09/30	程序自動化 (二) Program Automation	✓	響應文件 Response Files
		✓	應用程序介面 Application Program Interface
		✓	Python 的概述和應用程序示範 Python Overview & Sample Applications
		✓	使用者定義工具欄 Customizing Toolbars
10/01	事故分析 (三) Contingency Analysis	✓	基本事故設定 Basic Contingency Setup
		✓	AC 事故分析 AC Contingency Analysis
		✓	單一與多重案例報告 Single & Multiple Cases Reporting
		✓	電網孤島和重新調度 Network Islanding & Redispatch
		✓	多重事故分析 Multi-Level Contingency Analysis
		✓	事故排序 Contingency Ranking
		✓	跳脫操作 Tripping Actions
		✓	更正操作 Corrective Actions
		✓	結果的分析和形象化 Results Analysis and Visualization
		✓	敏感度分析 Sensitivity Analysis
10/01	安全約束下之優化電力潮流 (三) 流 Security Constrained OPF	✓	安全約束下之優化電力潮流 SCOPF
		✓	N-1-1 分析 N-1-1 Analysis
10/02	可靠度評估 (四) Reliability Assessment	✓	傳輸的可靠度 Transmission Reliability

		✓	變電所可靠度 Substation Reliability
10/02	電力潮流解決方案與電壓 (四) 分析 Power Flow Solution & Voltage Analysis	✓	解決困難的個案 Solving Difficult Cases
		✓	非發散電力潮流 Non-Divergent Power Flow
		✓	電壓崩潰 Voltage Collapse
		✓	PV 分析 PV Analysis
		✓	QV 分析 QV Analysis
10/03	優化電力潮流 (五) Optimal Power Flow	✓	傳統 vs 優化電力潮流 Conventional vs Optimal Power Flow
		✓	控制與約束 Controls & Constrains
		✓	應用程序示範 Sample Applications
10/03	其它功能 (五) Other Features	✓	方案管理 Scenario Manager
		✓	事件研究 Events Study

5-1-2 電力潮流

電力潮流分析是電力系統檢討項目中最基本的計算，電力潮流分析的任務是針對使用者所給定的操作條件進行運算，以計算出系統狀態，如：匯流排電壓及相位、實功及虛功潮流流向、功率損耗、區域間融通電力等。

而電力潮流指標為檢討尖、中、輕載時，系統在正常及偶發事故下，設備利用率及匯流排穩態電壓是否符合準則、無效電力補償設備(靜態電容器、靜態電抗器)是否符合系統需求。

電力潮流的解法共有五種，如圖 5-1 所示，各解法的收斂方式由電力系統網路結構及負載特性決定，各有優缺，表 5-1 中列出各解法之優缺點及使用條件，在某些電力系統預設條件不佳之特殊狀態下，無論使用何種解法，均可能造成系統無法收斂之情境，此時需視系統條件進行調整，方能進一步進行電力潮流分析。

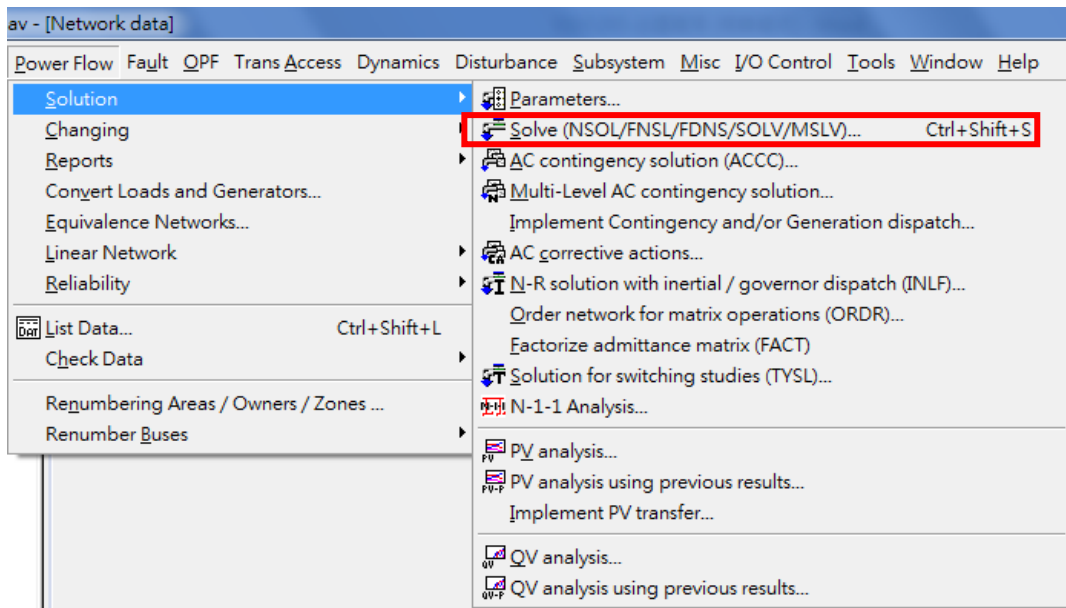


圖 5-1 PSS/E 電力潮流模擬圖

表 5-2 電力潮流解法之優缺點比較和使用條件

疊代方式	Gauss-Seidel (SOLV)	Modified Gauss-Seidel (MSLV)	Full Newton-Raphson (FNSL)	Decoupled Newton-Raphson (NSOL)	Fixed slope decoupled Newton-Raphson (FDNS)
優點	對初始值有較高的容錯性	具有 Gauss-Seidel 的優點，且能處理匯流排(code =1)上的串聯電容器	在初始值較為理想的狀態下，具有很好的收斂性	在正常情況下具有很好的收斂性，且計算速度快	在正常情況下具有很好的收斂性，且計算速度快
缺點	無法處理負序電抗，處理大系統時疊代次數增加	加速因子對收斂性特別敏感	對初始值要求較高	對初始值要求較高，無法處理 X/R 過小的狀況	對初始值要求較高
使用情況	電壓初始值估計較差，系統虛功不足，NSOL 或 FNSL 無法收斂，或數據可靠性較差的狀態	電壓初始值估計較差，系統虛功不足，NSOL 或 FNSL 無法收斂，或數據可靠性較差的狀態	電力系統正常運轉，電力網路中含有串聯電容器或其他負序阻抗線路的狀態	電壓初始值估計差別較大，或線路中含有負序阻抗的狀態	
非使用情況	電力系統中存在串聯電容器與阻抗很小線路之情境	電力系統中存在阻抗很小的線路，串聯補償超過 80%，或串聯電容器直接與發電機匯流排連接	當系統過載並引起虛功不足之狀態	當系統過載並引起虛功不足，或系統中含有 X/R 很小的線路	當系統過載並引起虛功不足之狀態

資料來源：PSS/E 電力系統分析與仿真

一般來說，台電公司在進行電力潮流分析時，主要使用 Full Newton-Raphson 進行分析。

5-1-3 短路電流

短路電流分析是電力系統檢討項目中重要指標之一，它為電力系統的規劃有著重要地位，短路為電力系統的嚴重故障，短路情況所指的是不正常的相間故障或是接地故障，一般來說產生短路的原因有，三相接地、相間故障、兩相接地、單相接地等，電力系統除了正常狀態及三相接地屬平衡狀態外，其它接地或相間故障皆屬不平衡故障。

當電力系統發生故障時，系統將從正常穩態，經暫態至故障後之穩定狀態，在系統暫態期間，將產生很大的瞬間電流，倘短路電流超過斷路器額定遮斷容量，亦將使得斷路器無法正常啟斷，將可能造成設備的損壞，因此在規劃上，除了需確保設備的額定容量外，亦須將電力系統中的線路引接方式做適當的投切，以確保系統的安全可靠。

為確保斷路器有足夠能力隔離事故，檢討短路電流指標時，應計算系統所有發電機組併用下之最大三相短路電流，以檢視是否超過各電壓層級之斷路器額定遮斷能力。目前台電系統斷路器額定遮斷能力 345kV 層級全部採用 63kA；161kV 層級大部分採用 50kA，少部分老舊變電所則尚未更新。

為簡化故障電流的分析，PSS/E 軟體假設下述條件：

- ✓ 發電機端電壓設定為 $1+j0$
- ✓ 將負載與固定的並聯電抗器及電容器假設為 0
- ✓ 忽略切換式並聯電抗器及電容器
- ✓ 假設變壓器分接頭設定在額定比率，相位亦設定為 0 相位
- ✓ 忽略直流線路及彈性交流輸電系統設備
- ✓ 將匯流排電壓設定為 $1+j0$

短路電流的解法亦有許多選項，如圖 5-2 所示，各解法的使用可視使用者所需，可檢討三相、相間、單相接地、兩相接地等平衡或是不平衡之短路電流。

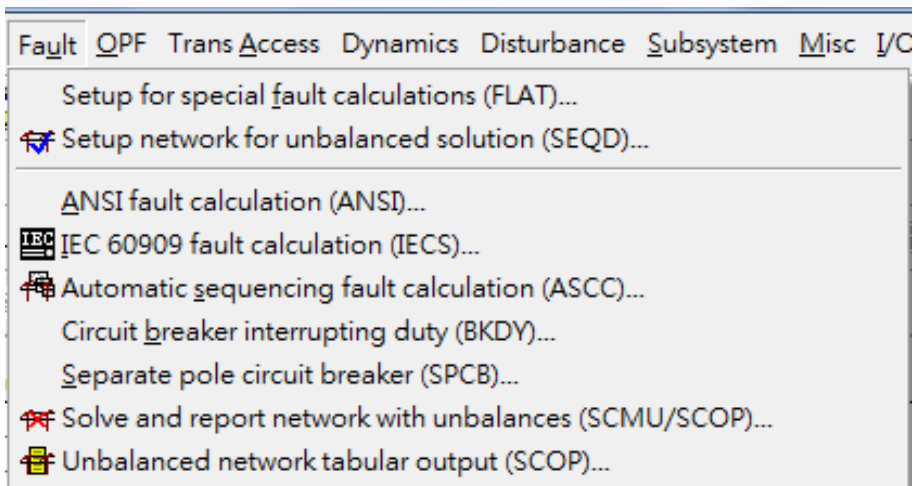


圖 5-2 PSS/E 短路電流模擬圖

5-1-4 變電所或開關場之設備

一般在模擬 PSS/E 時，多以單一匯流排表示一個變電所或開關

場，透過電力潮流的檢討，可以了解事故發生時，線路或是變壓器利用率的狀況，但是無法得知變電所或開關廠內部設備是否也會因故障而有過載之虞，因此西門子公司亦針對斷路器及開關設備做了額外的設計，使用者可於 Breaker 的視窗中，選取連接兩端之匯流排名稱，接著在 Type 中選擇型式，如圖 5-3 所示。

From Bus Number	From Bus Name	To Bus Number	To Bus Name	Id	Type	In Service	Line R (pu)	Line X (pu)	Rate A (I as MVA)	Rate B (I as MVA)	Rate C (I as MVA)	Charging B (pu)	Metered	Line G From (pu)	Line B From (pu)	Line To
*					Breaker	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/> From			

圖 5-3 BREAKER 視窗圖

以下做一假設情境，若林口電廠新機組商轉時，345kV 林口～頂湖線因維修等情境無法送電時，則林口新機組的發電須暫時透過四台連絡變壓器降壓至 161kV，再由林口 161kV 出口線路引供至負載，但受限於連絡變壓器的額定容量(每台 500 MVAR)限制，最多僅能允許 2,000 MVAR 的電量輸出(一般變壓器無法承受常時的滿載輸出，因此此情境僅假設為一短時狀況，不可做為常時運轉情境)，161kV 林口開關場內部如圖 5-4 所示。圖 5-5 為林口 161kV 線路未發生事故時之設備利用率，自圖 5-6 至圖 5-11 則模擬林口 161kV 出口線路發生事故之情境，可發現林口斷路器的額定容量仍符合需求，無須更換。

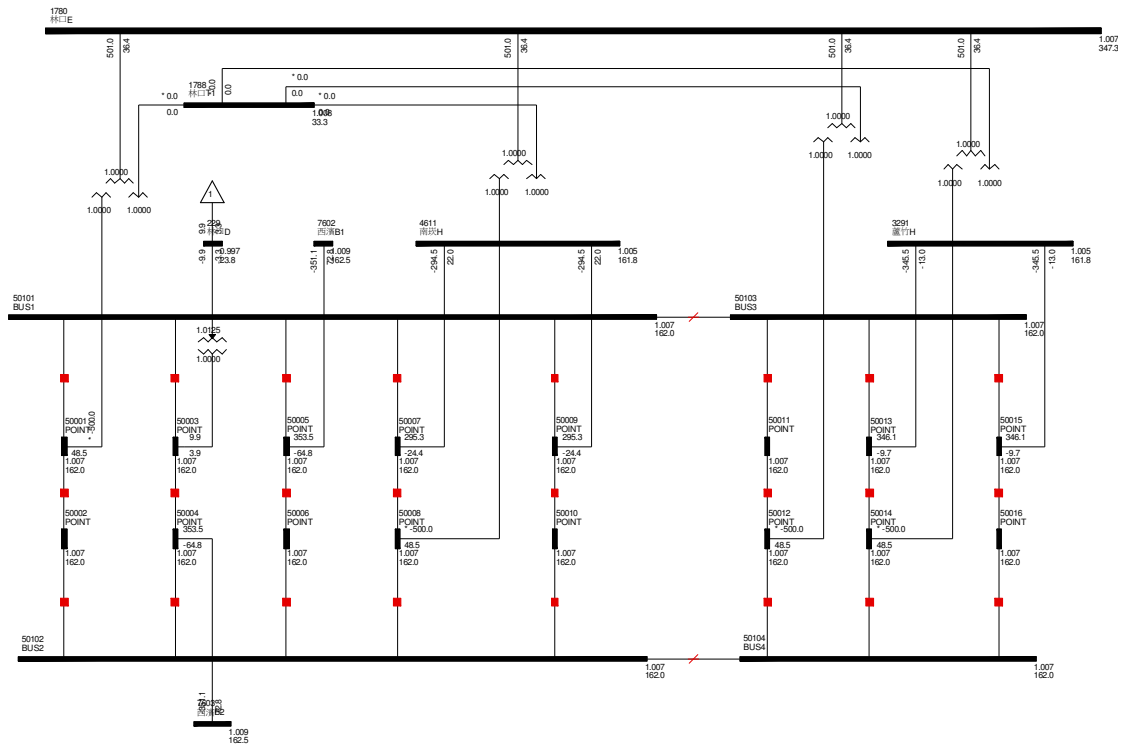


圖 5-4 161KV 林口開關場圖

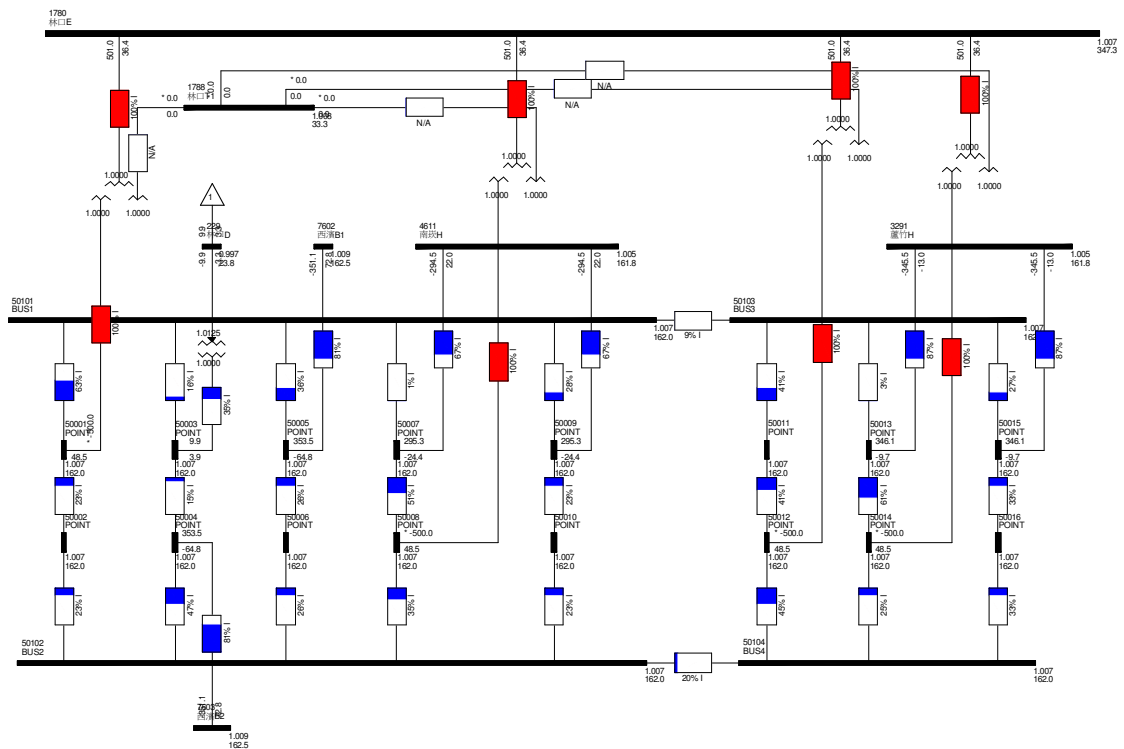


圖 5-5 林口 161KV 線路未發生事故時之設備利用率圖

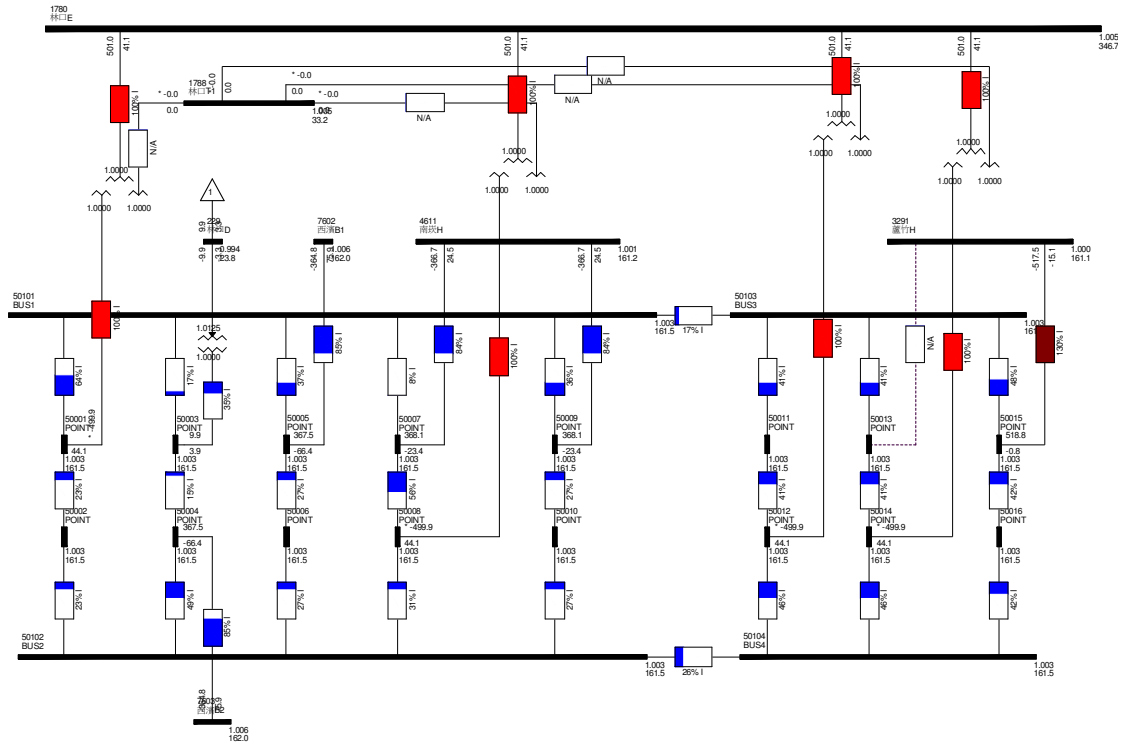


圖 5-6 161KV 林口~蘆竹一路 N-1 事故時之設備利用率圖

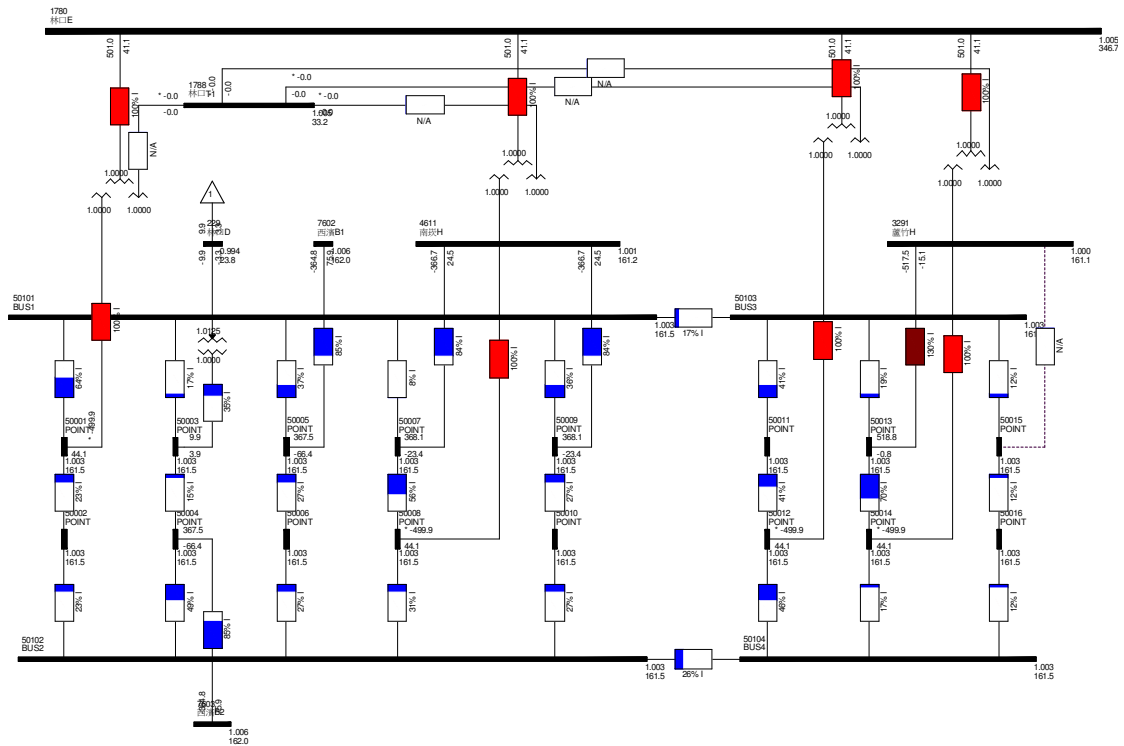


圖 5-7 161KV 林口~蘆竹二路 N-1 事故時之設備利用率圖

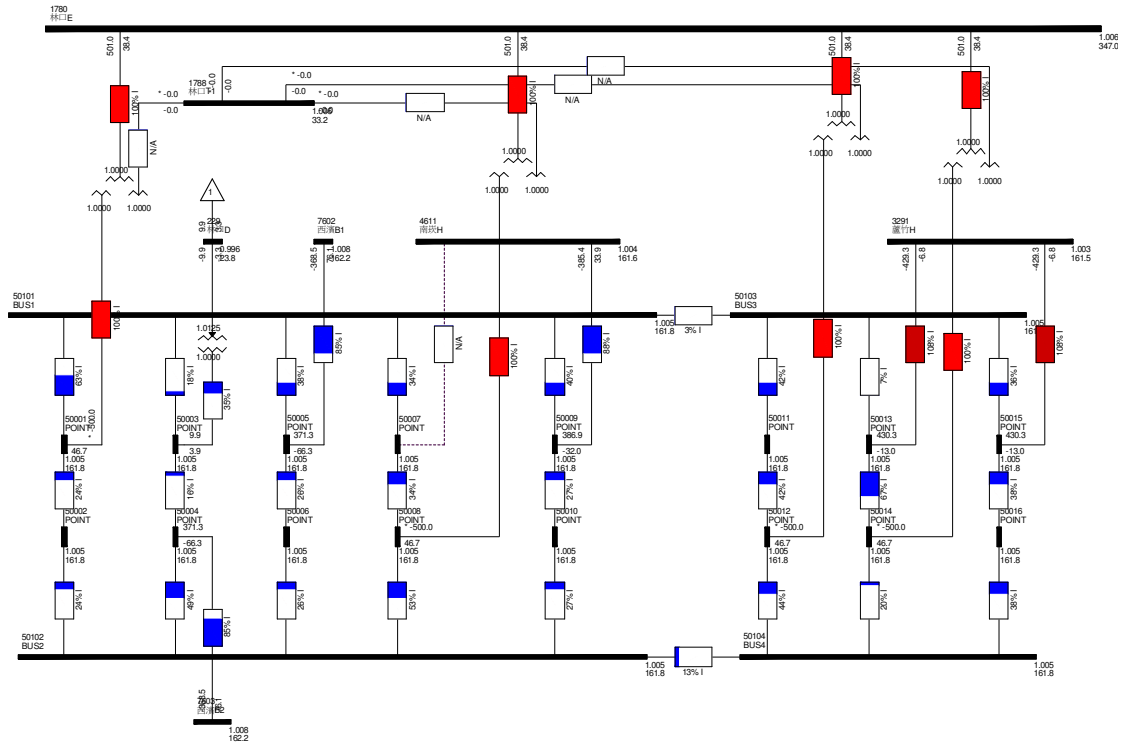


圖 5-8 161KV 林口~南崁一路 N-1 事故時之設備利用率圖

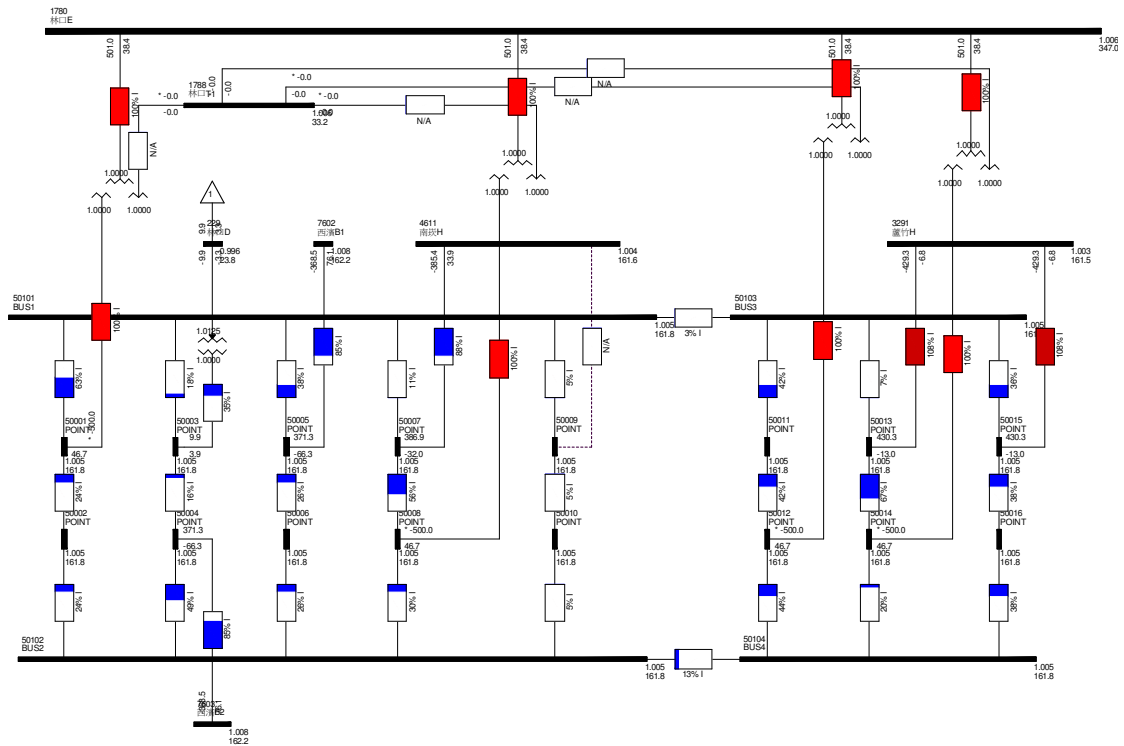


圖 5-9 161KV 林口~南崁二路 N-1 事故時之設備利用率圖

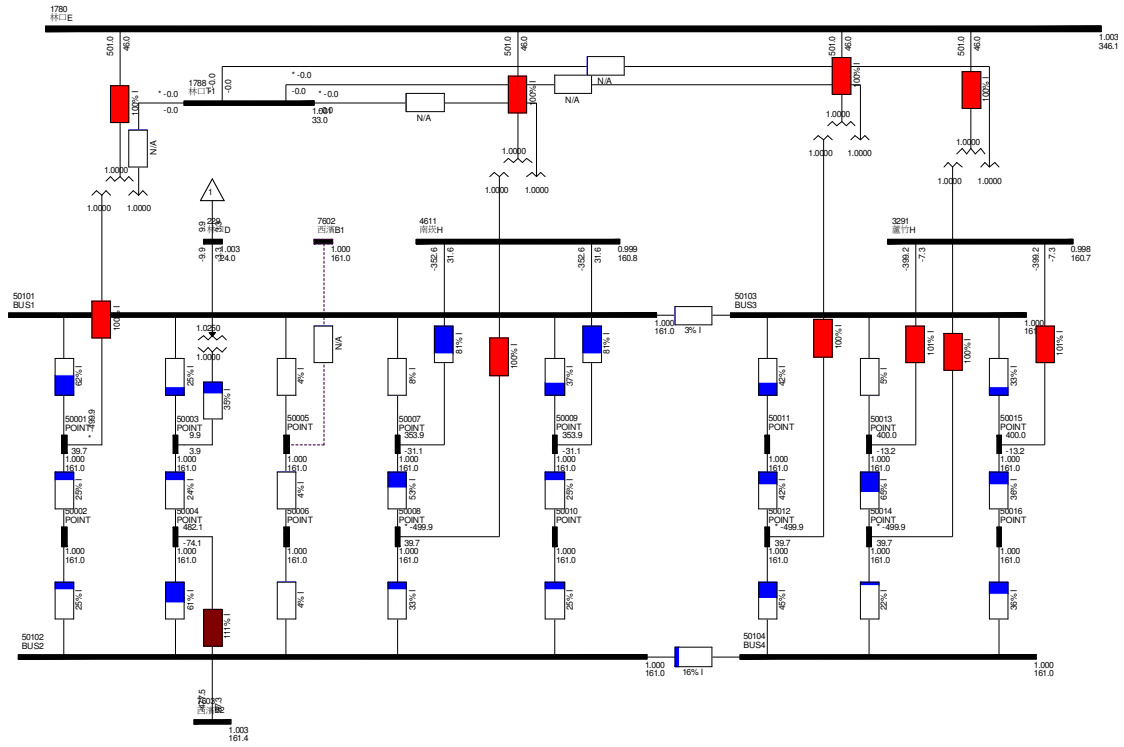


圖 5-10 161KV 林口～東林分歧西濱一路 N-1 事故時之設備利用率圖

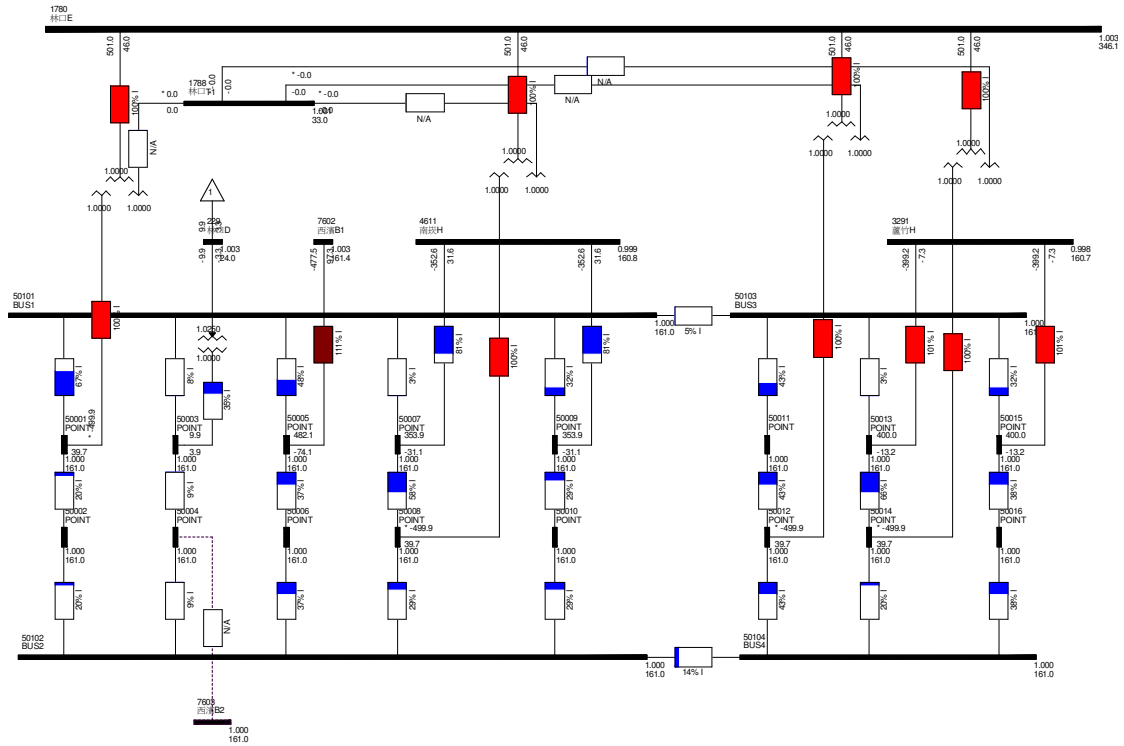


圖 5-11 161KV 林口～東林分歧西濱二路 N-1 事故時之設備利用率圖

5-2 第四期進階動態模擬課程

5-2-1 進階動態模擬課程表

進階動態模擬課程共分為十主題，簡述如表 5-3 所示：

表 5-3 進階動態模擬課程表

期間	主題	課程大綱
10/06	回顧	
(一)	Over Review	
10/06	動態分析工具	✓ 轉移函數、方塊圖
(一)	Dynamic Analysis Tools	Transfer functions, block diagrams
		✓ 反饋控制系統概念
		Feedback control system concepts
		✓ 控制器調整和波德圖
		Controller tuning and Bode plots
		✓ 數值積分
		Numerical integration
		✓ 提高系統穩定度
		Improving system stability
		✓ 勵磁系統調整
		Excitation system tuning
		✓ 使用 PSS [®] PLT 進行模式分析
		Modal analysis using PSS [®] PLT
10/07	發電廠機組之動態模型	✓ 同步發電機
(二)	Dynamic Modeling of	Synchronous Machines
	Power Plant Components	✓ 勵磁系統
		Excitation Systems
		✓ 渦輪機和調速器
		Turbines and Speed Governors
10/07	動態檔簡介	✓ 擾動表
(二)	Dynamic Overview	Disturbance Chronology
		✓ PSS/ E 的穩定性檢討
		Review of PSS/E Stability Activities
		✓ 數據檢查

			Data Checking
10/08	模擬複雜事件	✓	斷路器概述
(三)	Simulating complex events		Stuck breaker overview
		✓	自動化和複雜文檔的模擬
			Automate and document complex simulation
		✓	單極開關
			Single pole switching
		✓	電驛建模
			Relay modeling
10/08	電壓恢復和動態電壓支撐		
(三)	Voltage Recovery and Dynamic Voltage Support		
10/09	負載和發電機建模		
(四)	Load and motor modeling		
10/09	為動態研究進行電力電子	✓	高壓直流輸電建模
(四)	元件建模		HVDC Modeling
	Modeling Power	✓	彈性交流輸電系統建模
	Electronics Devices for Dynamic Studies		FACTS Devices Modeling
10/10	用戶自建模型引入 PSS/ E		
(五)	User Defined Model Incorporating to PSS/E		
10/10	練習		
(五)	Exercises		

5-2-2 暫態穩定度

在電力系統受到大擾動時，如線路故障、大型發電機突然故障、負載大量變化或是大容量的設備開關動作時，皆會使得電力系統遭受到很大的衝擊，將造成發電機的功率角度發生變化，導致轉子的加速或是減速，引起發電機端電壓及定子電流的變化，因此分析電

力系統在大擾動下，發電機組是否仍保有同步的能力，係為系統檢討時之重要項目。

暫態穩定度指標為檢討尖、輕載時，系統在偶發事故下，發電機之臨界清除時間(Critical Clearing Time, CCT)是否符合準則。以台電系統而言，在輕載系統時，中部地區因大觀二及明潭兩抽蓄電廠均處於抽水馬達運轉，抽蓄機組和其它發電機群在穩定運轉時即有較大轉子角度差，故於輕載時之系統暫態穩定度較差。此外，由於區域電力供需不平衡，區域間電力融通量增加，且新設電廠及既設電廠更新皆朝大型化設計，故尖載時，亦可能因主幹線或區域融通線之電力壅塞而造成暫態穩定度問題。

在進行暫態穩定度模擬時，首先需要針對發電機的數據進行諾頓等效計算，其方法如圖 5-12 所示。

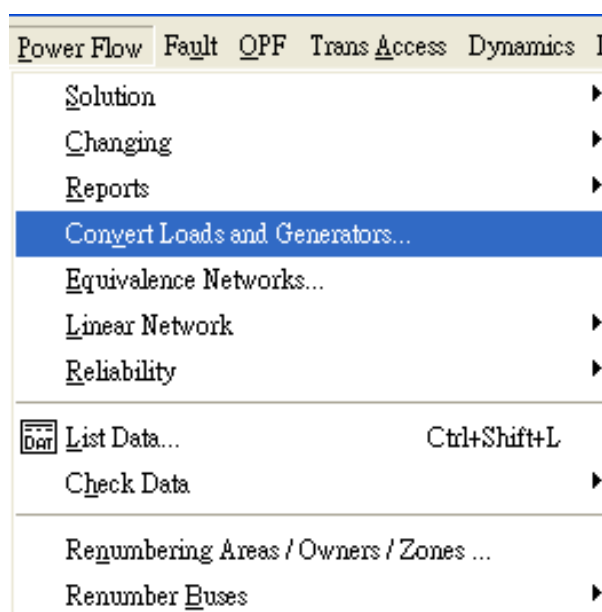


圖 5-12 PSS/E 暫態穩定度之諾頓等效計算模擬圖

接下來需進行匯流排重新排序、三角分解及電網計算的步驟，其程序分別為 Order network for matrix operations (ORDR)、Factorize Admittance Matrix (FACT) 及 Solution for Switching Studies (TYSL)，顯示於圖 5-13、圖 5-14 及圖 5-15。

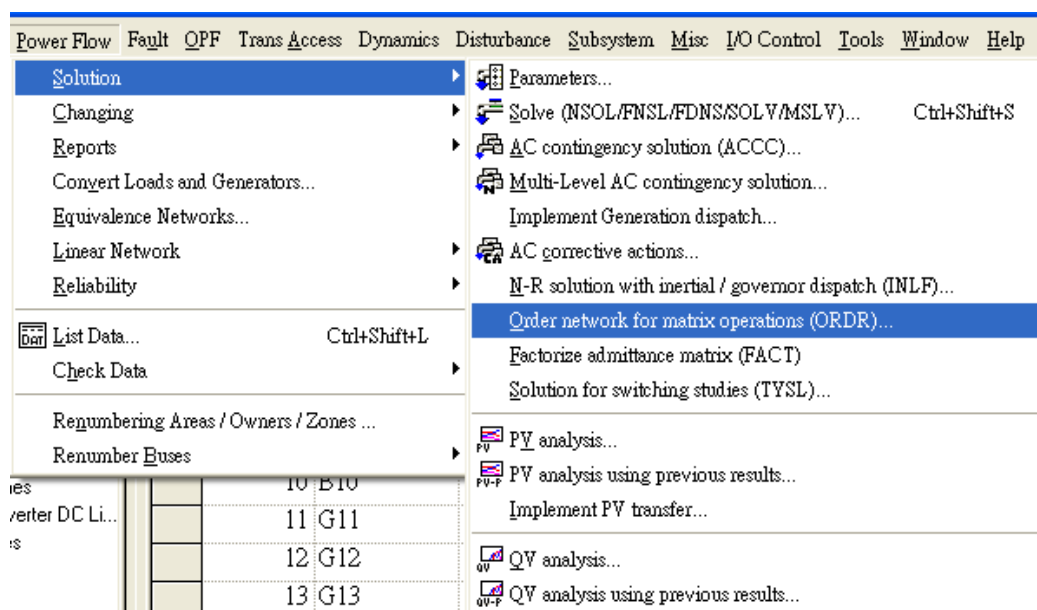


圖 5-13 PSS/E 暫態穩定度之 ORDR 模擬圖

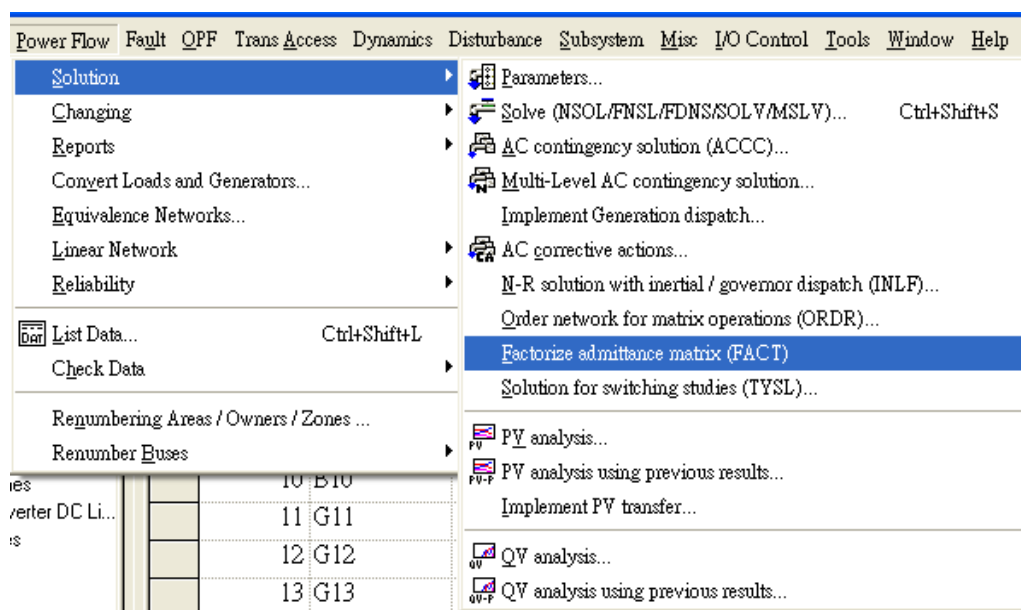


圖 5-14 PSS/E 暫態穩定度之 FACT 模擬圖

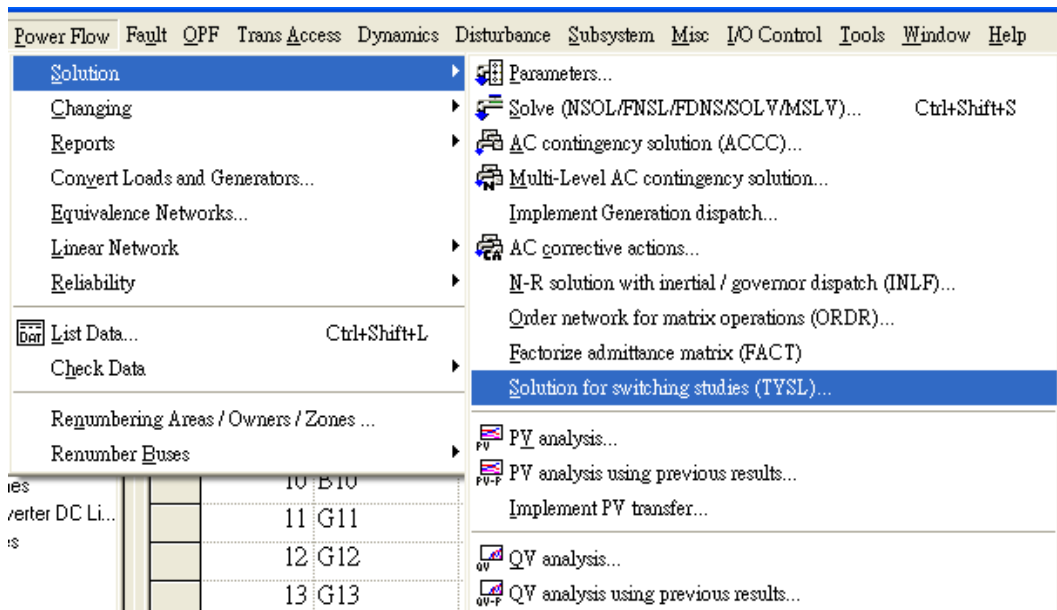


圖 5-15 PSS/E 暫態穩定度之 TYSL 模擬圖

下一步驟即是開啟發電機組之動態檔，選擇檔案類型(Dynamics Model Raw Data file(*.dyr))後，將以建立完成之動態檔讀取至 PSS/E。在 PSS/E 32 版以前，在此時需針對 CONEC 和 CONET 模型再做處理，但在 33 版中，已將動態 CONEC 和 CONET 模型標準化，因此可以節省部分模擬程序。

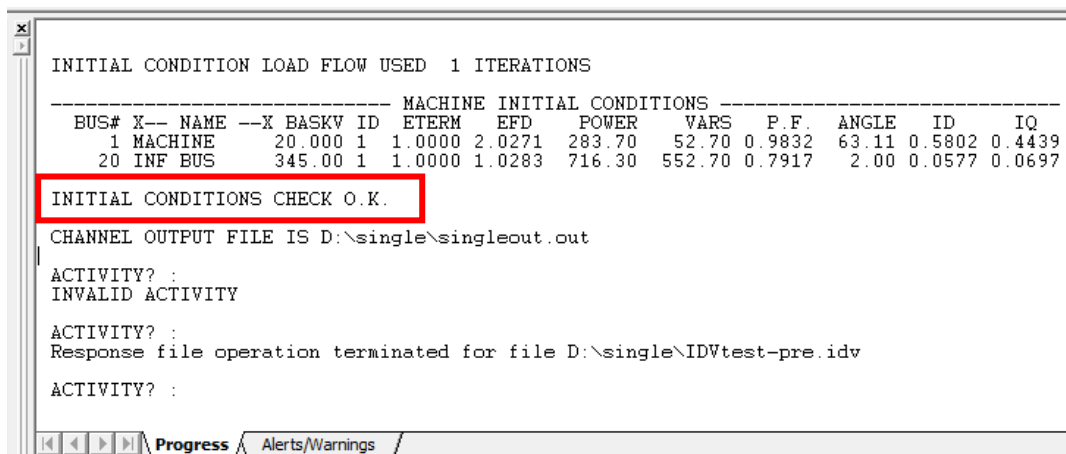
此外，若系統中的發電機組有自建模型的部分，需將自建模型的部分建立起.dll 檔。而 32 版及 33 版之.dll 檔彼此並不相容，因此需再重新建立方可使用(使用 Create usrDll)。

下一步即是選擇欲觀察的項目，如：發電機角度、輸出電力、電壓、頻率等等，再將模擬的檔案進行初始化，並選擇輸出的檔案名稱。

執行暫態穩定度的程序較為繁瑣，在進行檢討時也常因動態檔或是系統參數問題，造成初始化之後即無法進行事故模擬之狀況，此時可能出現 INITIAL CONDITIONS SUSPECT 的訊息，可能的原因如下：

- ✓ 確認發電機之機械功率是否落在調速機的限制內
- ✓ 動態檔中的發電機參數 X”與潮流檔中的參數 XSORCE 不一致
- ✓ 檢查 SVC 的輸出是否落在模型的指定範圍內

因此在模擬分析前，需將此因素一一排除，直到系統出現圖 5-16 中 INITIAL CONDITIONS CHECK O.K.之訊息後，再執行事故發生後之暫態穩定度模擬，方能確保模擬之正確性。



```
INITIAL CONDITION LOAD FLOW USED 1 ITERATIONS

----- MACHINE INITIAL CONDITIONS -----
BUS# X-- NAME --X BASKV ID  ETERM  EFD    POWER   VARS   P.F.  ANGLE  ID    IQ
  1 MACHINE    20.000 1  1.0000 2.0271 283.70  52.70 0.9832 63.11 0.5802 0.4439
 20 INF BUS    345.00 1  1.0000 1.0283 716.30  552.70 0.7917  2.00 0.0577 0.0697

INITIAL CONDITIONS CHECK O.K.
CHANNEL OUTPUT FILE IS D:\single\singleout.out
ACTIVITY? :
INVALID ACTIVITY
ACTIVITY? :
Response file operation terminated for file D:\single\IDVtest-pre.idv
ACTIVITY? :
```

圖 5-16 暫態模擬初步確認圖

5-2-3 電力系統穩定度

電力系統穩定度係指當電力系統因事故或其他原因造成擾動時，各個同步機自一個穩態工作點移至另一穩態工作點，仍維持同步的能力。

一般來說，造成電力系統穩定度的原因有許多種類，以大方向區分，電力系統穩定度可大致分為三大類，分別為發電機轉子角度穩定度、頻率穩定度及電壓穩定度，其中發電機轉子角度穩定度又可區分為小訊號穩定度(含穩態穩定度及振盪阻尼兩部分)及暫態穩定度，而電壓穩定度又區分由大擾動及小擾動所造成之情境。如圖 5-17 所示。

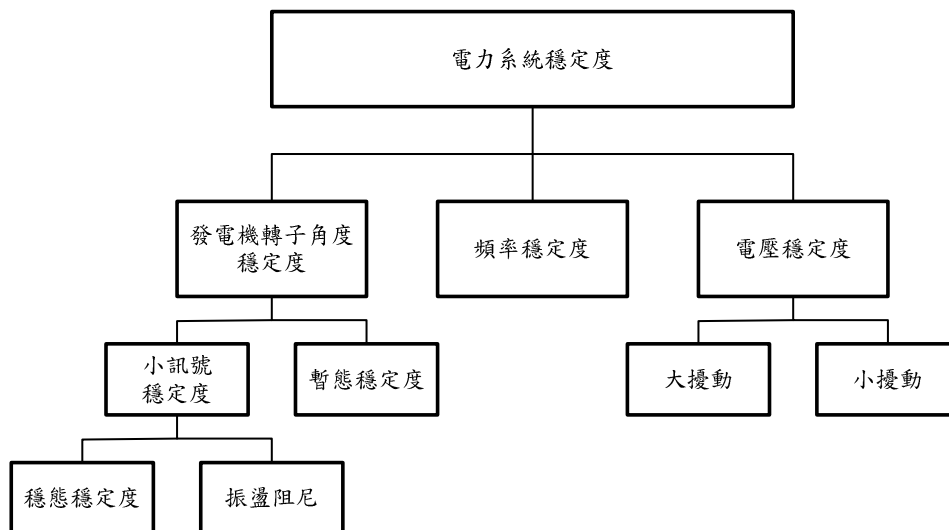


圖 5-17 電力系統穩定度分類圖

不同的事故及事故清除時間將造成不等的能量累積，當能量累積到一定程度時，即可能造成系統失步的狀況，此時保護系統將會動作以確保發電機的安全無虞，一般來說常見的事故類型及能量累積時間簡述如下：

- ✓ 電磁式和靜電式： $10^{-6} \sim 10^{-3}$ (秒)
- ✓ 轉動慣性系統： $1 \sim 10$ (秒)
- ✓ 熱動力學系統： $10 \sim 10^3$ (秒)