

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實 習)

赴美國參加美國奇異公司
電力系統工程班

服務機關：台電系統規劃處

出國人職 稱：電機工程師

姓 名：吳 滄 堯

出國地區：美國

出國期間：100.7.27~100.12.12

報告日期：101.1.16

出國報告審核表

出國報告名稱：赴美國參加美國奇異公司電力系統工程班		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
吳滄堯	主辦方案分析專員	系統規劃處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100年7月27日至100年12月12日		報告繳交日期：101年1月16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 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		單位主管 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：赴美國參加美國奇異公司電力系統工程班

頁數 72 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：

吳滄堯/台灣電力公司/系統規劃處/電機工程師/2366-6912

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他

出國期間：100年7月27日~100年12月12日 出國地區：美國

報告日期：101年1月16日

分類號/目

關鍵詞：電力系統工程班(PSEC)、卡諾循環(Carnot Cycle)、朗肯循環(Rankin cycle)、氣化複循環發電系統(IGCC)、京都議定書(Kyoto Protocol)、雙饋式感應發電機(DFIG)、低電壓過渡(LVRT)、紐約獨立調度中心(NYISO)

內容摘要：(二百至三百字)

美國奇異公司電力系統工程班(PSEC)課程內容涵蓋範圍甚廣，包括了電力系統基本原理分析、輸電線潮流與暫態穩定度分析、突波分析、無效電力與電壓控制、保護電驛原理、發電機原理與控制、電力系統動態分析、電力電子元件應用、配電系統規劃流程、汽輪機與氣渦輪機、複循環機組、汽電共生、核能發電、風力發電等再生能源及新興發電技術之介紹乃至於系統運轉與機組排程進而擬定年度計劃及經濟投資領域概念、燃料市場機制介紹等。課程內容可分為四大主題：一、電力系統規劃與應用(I)；二、電力系統規劃與應用(II)；三、能源經濟、電力市場及系統規劃策略；四、新興發電技術及分析。

受訓期間並配合實地參觀汽電共生電廠、紐約調度中心以及奇異公司電機設備製造廠與研究發展中心，以達成理論與實務相輔相成之目的。

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

報告內容

一、出國緣由與目的.....	1
二、出返國行程.....	2
三、心得與建議.....	3
四、電力系統工程班課程摘要.....	6
4-1 保護電驛基本原理.....	6
4-1-1 保護電驛基本原則.....	7
4-1-2 儀表用變壓器.....	8
4-1-3 過電流電驛.....	10
4-1-4 測距電驛.....	13
4-1-5 差電流電驛.....	15
4-1-6 載波電驛系統.....	16
4-1-7 方向比較閉鎖電驛系統.....	17
4-1-8 允許越區轉移跳脫電驛系統.....	17
4-2 系統運轉控制.....	19
4-2-1 負載和轉速控制調速特性.....	21
4-2-2 自動發電控制.....	26
4-3 熱力學應用.....	31
4-3-1 熱力學基本原理.....	31

4-3-2 汽輪機原理	32
4-3-3 氣輪機原理	34
4-3-4 複循環機組原理	35
4-3-5 氣化複循環發電系統	37
4-4 規劃實務與工程經濟	38
4-5 風力發電概要	48
4-5-1 風機概述	48
4-5-2 風機種類介紹	51
4-5-3 風能評估	53
4-5-4 風機系統分析介紹	54
4-6 太陽能發電概要	59
4-6-1 被動式利用(光熱轉換)	59
4-6-2 光電轉換	60
五、實習期間參訪活動	65
5-1 Selkirk Cogen 汽電共生廠	65
5-2 NYISO 紐約獨立調度中心	66
5-3 其他參觀行程	68
六、參考文獻(攜回資料)	70

圖目錄

圖 4.1.1 電力系統保護概要圖	7
圖 4.1.2 比流器及比壓器簡圖	8
圖 4.1.3 CT 等效電路圖	10
圖 4.1.4 過流電驛感應圓盤示意圖	11
圖 4.1.5 過流電驛特性曲線示意圖	12
圖 4.1.6 過流電驛柱塞式示意圖	12
圖 4.1.7 過流電驛柱塞式示意圖	13
圖 4.1.8 發電機繞組之差電流保護	15
圖 4.2.1 電力系統運轉控制	19
圖 4.2.2 發電機慣量常數效應	22
圖 4.2.3 負載阻尼效應	23
圖 4.2.4 慣量和負載合成阻尼效應	24
圖 4.2.5 恆速調速機特性曲線	25
圖 4.2.6 下垂式速調速機特性曲線	25
圖 4.2.7 概觀單機系統之調速機方塊圖	26
圖 4.2.8 調速機穩態及暫態控制方塊圖	26
圖 4.2.9 基本發電機控制迴路	27
圖 4.2.10 兩個區域互連系統	28

圖 4.4.1 各類可靠度指標可彙整表	44
圖 4.5.1 日夜風向示意圖	48
圖 4.5.2 風機機艙示意圖	49
圖 4.5.3 風機容量與塔高發展歷程	51
圖 4.5.4 四種基本型式之風力發電機	53
圖 4.5.5 風場系統衝擊考量的演進狀況	55
圖 4.5.6 GE 公司風機 LVRT、ZVRT 設計	56
圖 4.5.7 增設風力機組 vs 同步機組後阻尼比較	57
圖 4.6.1 太陽電池實際上裝設情形	61
圖 4.6.2 不同世代太陽電池比較	64
圖 5.2.1 NYISO 組織架構	67

一、出國緣由與目的

由於臺灣地理環境特性及經濟發展，使得大部分負載集中於北部，而發電廠則多位於中南部，無法接近負載中心，且近年來受限於環保議題(如電磁波)及抗爭因素，對電源線及輸電線路之興建造成極大之阻力，電源開發與系統負載無法達成區域平衡，因而部分輸電網路產生瓶頸，且系統故障電流日趨擴大，導致本公司輸電系統規劃工作難度更高、更複雜。另配合國家發展再生能源政策，公司及民間皆持續投入再生能源開發，主要為風力發電及太陽能發電，預期將對未來系統電網存在若干的潛在衝擊影響。然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，同時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。因此，規劃者應吸取國外專家之電網規劃策略及採納新輸電技術俾利克服困境。

此訓練課程除可提供本處派訓人員學習更完整之電力系統理論及實務經驗外，訓練期間亦可與國外各知名電力公司派訓人員交流規劃理念，吸取國外之經驗及技術，俾強化既有規劃能力及技術，乃是此次出國目的。

二、出返國行程

(一) 去程：

- 100.7.27 台北 Taipei → 100.7.28 紐華克 Newark
- 100.7.29 紐華克 Newark → 100.7.29 奧爾巴尼 Albany →
斯堪那特提 Schenectady(GE 公司)

(二) 受訓：

- 100.8.01 ~ 100.12.09 美國奇異公司電力系統工程班

(三) 返程：

- 100.12.09 斯堪那特提 Schenectady(GE 公司) → 奧爾巴尼
Albany → 紐華克 Newark
- 100.12.10 甘迺迪 John F. Kenndy → 100.12.12 台北 Taipei

三、心得與建議

(一) 此次受訓共有 10 位學員參加全期四個月之課程，分別來自日本 7 位(北海道、九州、四國、中部、關西及 J-Power、東芝等公司)、韓國 1 位(韓電)、厄瓜多 1 位及台灣 1 位，另有約 10 人(含調度處 1 位)參加一至二個月之短期課程，除少數學員係機械及財務背景，其餘大多為具電機背景之各國電力公司員工，職務則涵蓋規劃、運轉維護、發電、輸電、配電及工程領域，學習期間除互相瞭解各公司電力系統架構、規模、發展方向以及政府對於再生能源與溫室氣體減排之相關政策目標，亦藉由分組作業的競合，瞭解各公司間作業流程及作業準則，實際接觸各項不同領域工作，對於縱向及橫向溝通及整合有初步之概念，面對問題的處理，有更多面向的思考，補強專業領域之不足。

(二) 適時出國受訓，吸收新知並調適生活習慣，將減少職業倦怠感，並激發員工學習意願，本課程涵蓋範圍極廣，可補強規劃人員對運轉調度、供電維護、財務會計乃至於市場經濟之不足觀念，提昇作業品質及績效，特別是針對略有實際工作經驗之年輕同仁，若可至 GE 公司接受 PSEC 訓練，將可貫通理論及實際範疇，對日後工作之助益，不可小覷。

- (三) 本次受訓學員本公司共派遣二人，除課業學習可互相討論及切磋諮詢，互補專業領域之重點，對於課程學習效果加倍。另於日常生活起居亦可相互幫忙和諮商，減低獨自在異鄉生活之壓力，無形中達到更佳的學習效果，建議預算及人力許可的情況下，每年可編列二~三人參加本課程訓練之機會。
- (四) 由於台灣能源 95%以上仰賴國外進口，為配合國家能源政策，開發自產能源，降低對進口能源之依賴，並減少溫室氣體排放量，再生能源與替代能源的研究與應用，已是刻不容緩。目前台灣正積極推展風力發電及太陽能發電，在風能資源豐富地區，規劃興建風力發電廠，由於風力發電仍屬一種不穩定電源，其電氣特性與傳統水、火力發電不同，且風力發電機無論從單機容量或風場規模已朝向大容量化發展，配電部份如何進行大型風場系統衝擊分析，從簡單的設備保護及電壓、無效電力的控制，到有效電力的控制（調頻、備轉容量...等），乃至利用軟體模擬風機特性之模型參數，進行暫態穩定度、系統阻尼之分析，已成為一項重大之挑戰，值得更深入研討。
- (五) 由於受訓地點偏遠且無公共交通工具，故需自行租車通勤。目前公司綜合補助費並不足以支付租車費用，而其餘日常生

活開銷，亦因台美兩地物價之差異致入不敷出。故建議往後送訓之年輕同仁，出發前宜先行了解該地物價，預為規劃受訓期間之財務支出，並可考慮與調度處同仁合租公寓及租車，以節省生活費用支出。

(六) 學習適應不同文化之生活環境，可增廣見聞，擴展視野，面對東西方不同文化的差異，可事先了解以適應在美生活，例如生活上美國人非常注重家庭生活、守交通規則、小費文化，飲食部份美國人少吃熱食，喜歡吃冷食、速食、起司、喝冰水。

四、電力系統工程班課程摘要

電力系統由電源、電網和負載三部份組成，電廠所產生的電力經由錯綜複雜的電力傳輸系統連接各級變電所和各型態用戶，最終提供用戶所需電力。系統電壓之標準由國際電工協會(International Electrotechnical Commission 簡稱 IEC)統一制訂，220kV 以上者稱為超高壓(Extra High Voltage)，因電力傳輸正比於電壓平方，且傳輸損失較低，目前各國皆有提升電壓等級之趨勢，但仍取決於運轉方針、電源與負載之分佈而決定電壓等級。

本次 GE 公司電力系統工程班課程內容摘述如下：

4-1 保護電驛基本原理

電力系統保護如 Blackburn(著作 Protective Relaying Principles and Applications)對「保護」下定義：運用及設定各式電驛及熔絲的一種藝術、科學，當遭遇各種的故障及不良狀況下，可以給予最好之靈敏度。

各種保護系統係由三個部分所組成如圖 4.1.1，即儀表用變壓器、電驛及斷路器。其中儀表用變壓器包含比流器(C.T.)及比壓器(P.T.)其主要功能為將電力系統之高電壓及大電流實際值，轉變成適當之低電壓及小電流信號，以供保護電驛判斷系統是否發生故障；若保護電驛判定系統發生故障，則將導通跳脫線圈送出一個跳脫信號給斷路器，

將使斷路器打開，在最短時間內隔離故障，以保護設備及人員安全，使系統受到衝擊最小。

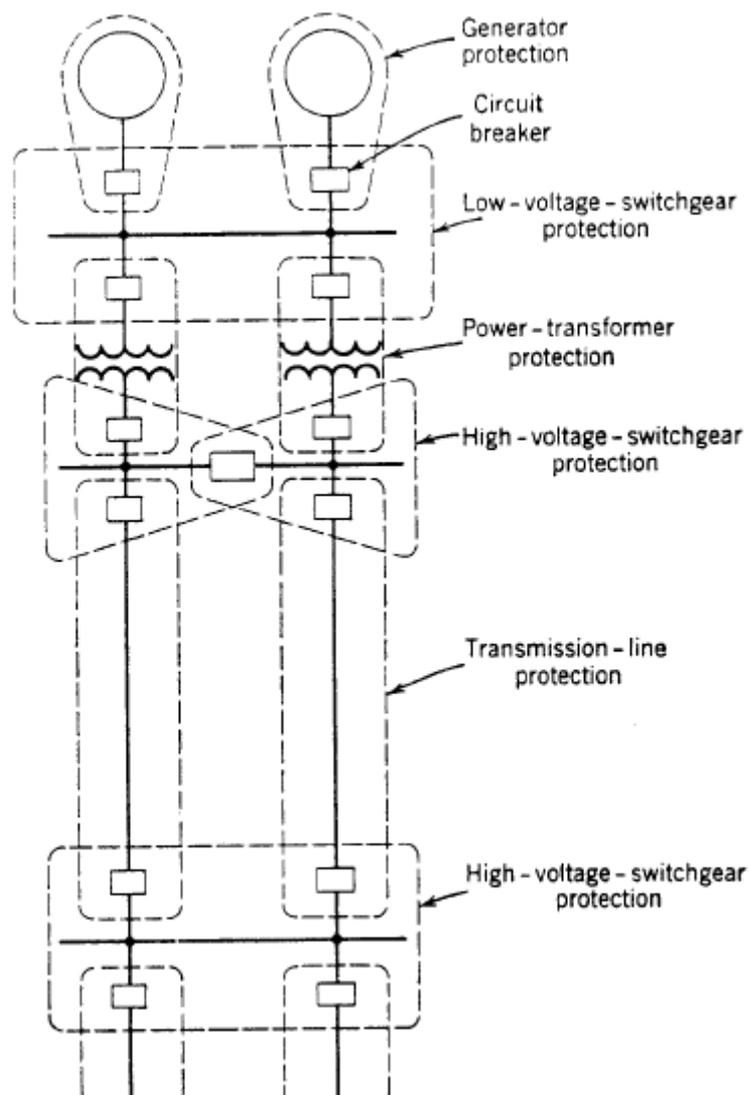


圖 4.1.1 電力系統保護概要圖

4-1-1 保護電驛基本原則

規劃保護電驛系統則依據下述基本原則：

- 可靠性(reliability)：唯有在故障發生時，則其必須正確且快速動作。

- 選擇性(selectivity)：當故障發生時，僅允許適當之保護電驛動作隔離故障。
- 速度(speed)：快速操作使得故障持續時間最短，縮小停電範圍。
- 經濟性(economy)：簡單的保護電驛如可滿足系統需求即可，且投資高易產生誤動作。
- 安全(security)：電驛不能將系統正常電流和電壓判斷為事故電壓與電流，而去跳脫設備。

4-1-2 儀表用變壓器

儀表用變壓器共有兩種形式：比流器（Current transformers, CT's），比壓器（Voltage transformers, PT's），如圖 4.1.2。

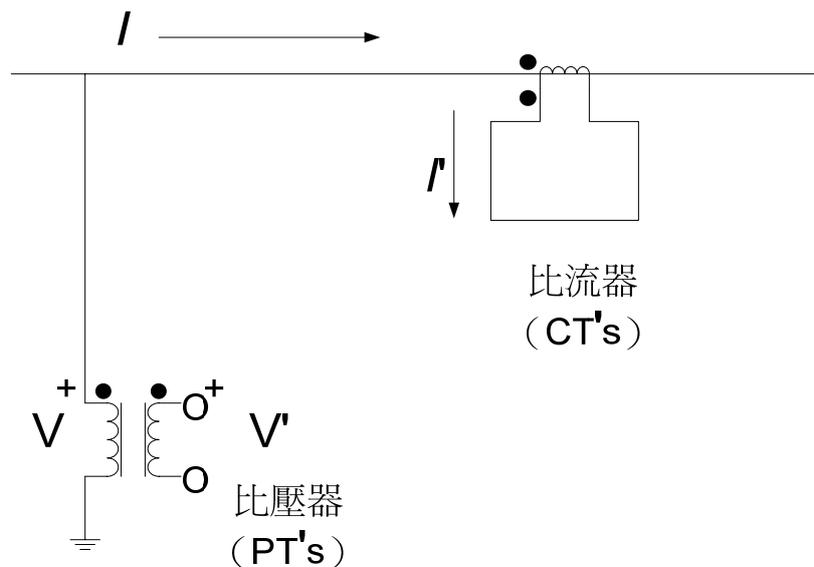


圖 4.1.2 比流器及比壓器簡圖

理想比壓器之二次測與一具有無限大組抗之電壓感測裝置連接，使得整個 VT 二次側電壓可以跨越感測裝置，實際上運用，二次側電壓除了跨越高阻抗元件外，並提供 VT 串聯之漏電抗，而 VT 漏阻抗應維持最低，避免由一次轉換至二次時產生太大電壓降及相位差。比流器之一次側繞組通常是單匝組成，可利用電力系統之一次導體穿過 CT 鐵心而得。CT 二次側電流經過感測裝置分成二部分，其中大部分流經低阻抗感測裝置，另少許則流經 CT 之並激阻抗。所以 CT 之並激阻抗應愈大愈好，可降低激磁電流。如圖 4.1.3 等效電路，圖中

$I_p = \text{CT 一次側電流}$

$I_p/N = \text{CT 理想二次側電流}$

$Z_m = \text{CT 二次側並激阻抗}$

$I_e = \text{CT 二次側激磁電流}$

$V_s = \text{CT 二次側激磁電壓}$

$R_{ct} = \text{CT 二次側漏電抗}$

$R_w = \text{連接裝置之導線電阻}$

$Z_b = \text{連接裝置之阻抗 (如過流電驛等)}$

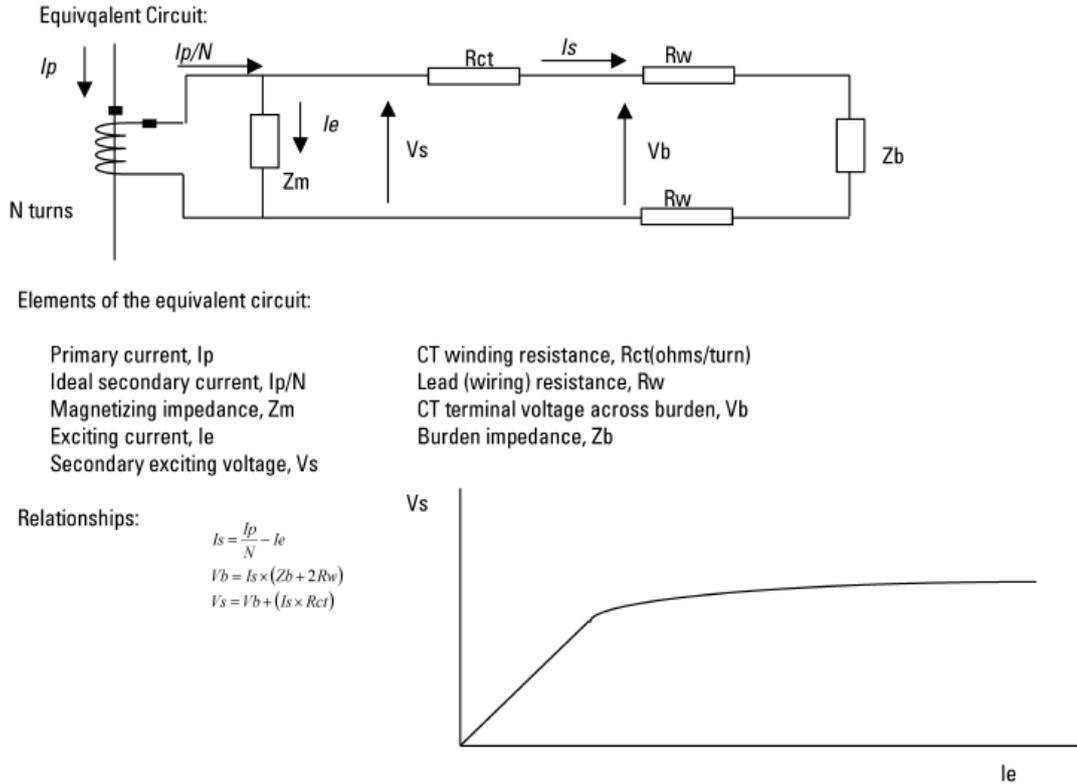


圖 4.1.3 CT 等效電路圖

4-1-3 過電流電驛

過電流電驛主要是以電流的變化來做為判斷的依據，並較常使用在 11/23kV 饋線保護，依其動作原理，可分為電磁感應式及電磁吸引式兩種。感應式過流電驛可調整動作電流及動作時間，通常採用圓盤式動作原理，亦稱為時間過電流電驛，IEEE 代號為 51。電磁吸引式電驛，一般以柱塞式原理來說明，可調整動作電流，但不常調整其動作時間，因其動作迅速，故為瞬時性的高速電驛，IEEE 代號為 50。

感應式過電流電驛通常採用圓盤式動作原理，如 ABB(西屋)的 CO 型及 GE 公司的 IFC 型電流電驛等均是，二次線圈之一側稱為

主線圈，當故障電流通過主線圈產生一主磁通 Φ ，主磁通將分兩側環流 Φ_L 及 Φ_R 。短接的二次側線圈受 Φ 的感應而產生一短路電流 I_S ，而 I_S 所產生的磁通將使 Φ_L 的時相落後 Φ 及 Φ_R ，當此磁通穿過感應圓盤時，將在圓盤上感應渦電流(Eddy Current)，渦電流與各磁通相互作用而使圓盤產生旋轉力矩，造成圓盤轉動及主接點閉合，而使連接於斷路器跳脫線圈之 D.C.迴路接通，使斷路器得以啟斷。感應圓盤式如圖 4.1.4 所示，其特性曲線如圖 4.1.5 所示。

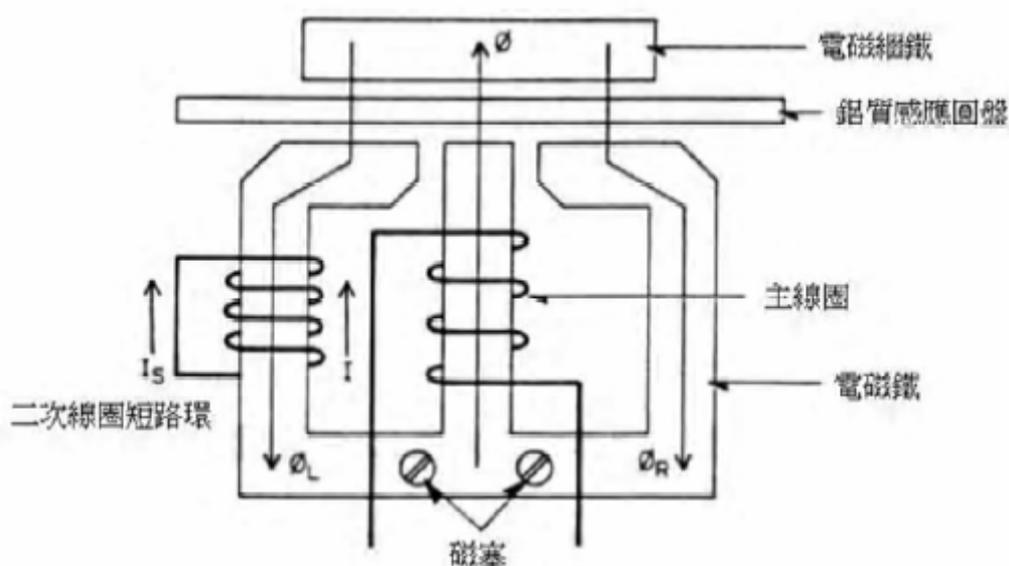


圖 4.1.4 過流電驛感應圓盤示意圖

Selection of Relay Time-Current Characteristic

- **“Inverse” characteristic** -
For systems where the fault current magnitude is determined primarily by source switching
- **“Very Inverse” characteristic** -
For systems where the fault current magnitude is determined primarily by impedance and fault location
- **“Extremely inverse” characteristic** -
For systems involving distribution fuses and reclosers, and where “fuse saving” practices are employed

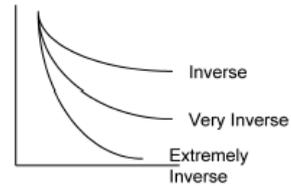


圖 4.1.5 過流電驛特性曲線示意圖

另一種電磁吸引式過電流電驛是藉由加於線圈的電流，產生或改變組件內磁通的強度，利用磁力的吸引而將接點閉合。以 ABB 的 SC 型柱塞式元件為例，當線圈外加電流時，電驛線圈即產生一磁場，若此外加電流達到其整定值(Setting)以上時，則磁通將有足夠的強度而將可動的柱塞(Plunger)向上方吸引，進而帶動所附的可動接點，使其與固定接點閉合，閉合所需時間則與該電驛的特性時間曲線有關。柱塞式組件示意圖，如圖 4.1.6 所示。

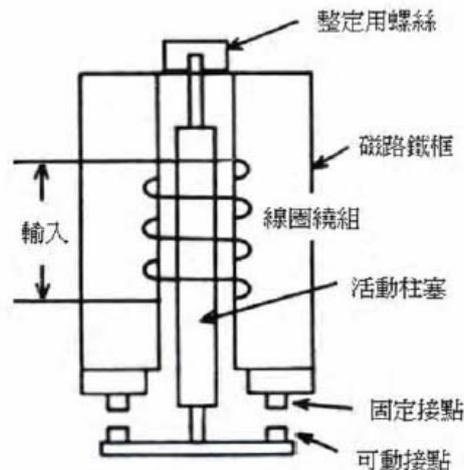


圖 4.1.6 過流電驛柱塞式示意圖

過電流電驛其優點為只需比流器而不需比壓器、電驛成本低且設計簡單易於維護；缺點為因受限其延時特性，需較長隔離故障時間，

較易受到故障電流及負載電流變化而影響其動作，故在一些較重要的線路不採過電流電驛，而採測距或副線電驛保護。

系統發生故障時，如圖 4.1.7，相關的系統均會提供故障電流流向故障點，可能有數個電驛同時偵測到故障，當流入電驛分接頭(Tap)的電流大於所設定的始動電流值(Pick-up Current)時，離故障點最近之主保護應優先動作，後衛保護於主保護失靈後延時一般約 0.3 秒才動作，可選擇適當時間標置值(Time Dial)來控制電驛動作快慢，以達到主保護與後衛保護之協調時間間隔。

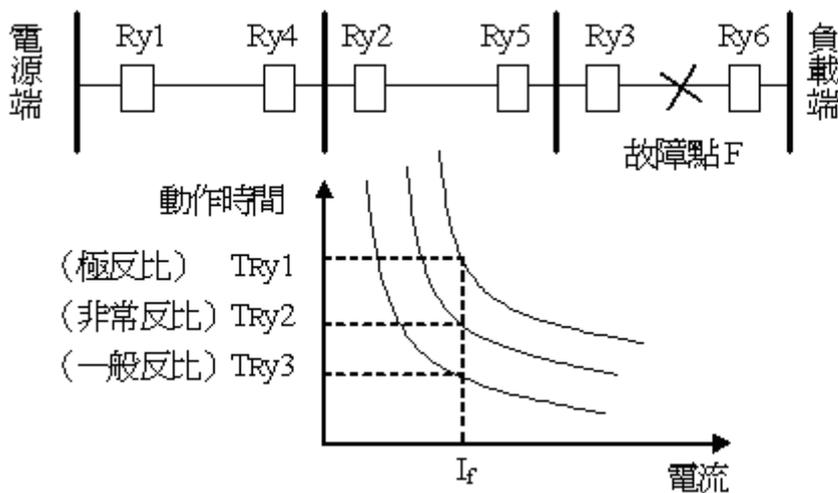


圖 4.1.7 過流電驛柱塞式示意圖

4-1-4 測距電驛

測距電驛（阻抗電驛）是假設若發生三相對稱故障時，電流增加至 300%，而電壓降至 50%；所以電壓對電流比 6：1 的變化而電流

比只 3：1 之變化，根據此特性利用比壓器及比流器二次側電壓及電流之比值 $V/I=Z$ ，即為一阻抗值來偵測系統狀態。

採用測距電驛的優點如下：

- 全線段之 80% 的主保護區間可獲得快速跳脫隔離故障，無時間上延遲。
- 測距電驛的靈敏度高於過電流電驛。
- 協調工作較過電流電驛保護容易。
- 測距電驛之動作特性受電源阻抗及系統構造改變的影響較小。
- 測距電驛的三個區間 (Zone) 保護範圍如下：
 - 第一區間 (Zone 1) 設定為保護線路全長之 80%~90% 長度，無時間延遲而為快速跳脫。
 - 第二區間 (Zone 2) 設定為本段線路阻抗值加上最短鄰接線路阻抗值之 50%，延時動作時間為 20 週波。
 - 第三區間 (Zone 3) 設定為本段線路阻抗值加上最長鄰接線路阻抗值，及再加上第二個最遠的遠端匯流排上最短線路阻抗值之 25%，延時動作時間為 30 週波。

4-1-5 差電流電驛

當整個保護區間為一相對小的範圍且靠近電驛時，則可應用電流連續性原理裝置一種非常簡單且有效的電驛系統，如圖 4.1.8 發電機繞組之差電流保護。

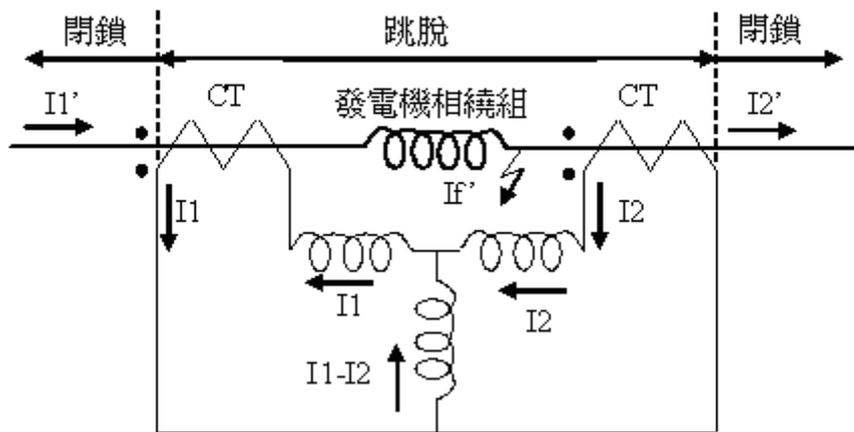


圖 4.1.8 發電機繞組之差電流保護

因比流器之誤差會隨著 I_1 和 I_2 增加而變大，故電驛之動作原理將由

$$|I_1 - I_2| > |I_p| \quad \text{跳脫}$$

$$|I_1 - I_2| < |I_p| \quad \text{閉鎖}$$

變更為

$$|I_1 - I_2| > k |I_1 + I_2| / 2 \quad \text{跳脫}$$

$$|I_1 - I_2| < k |I_1 + I_2| / 2 \quad \text{閉鎖}$$

電流 $(I1-I2)$ 為電驛之跳脫電流， $(I1+I2)/2$ 稱為限制電流，差電流電驛常用來保護變壓器、發電機、匯流排及馬達。

4-1-6 載波電驛系統

載波電驛系統(Pilot Relay System)是利用通信媒介如電力線載波(Power Line Carrier)、微波(Microwave Channel)、音頻(Audio Tone Channel)或光纖(Fiber Optical Channel)來傳遞允許跳脫信號或閉鎖信號，配合本端電驛之動作，來達到保護線路之全區間快速跳脫。載波電驛系統大致可分為：

- 方向比較閉鎖系統(Directional Comparison Blocking System, DCB)
- 方向比較非閉鎖系統(Directional Comparison Unblocking System, DCU)
- 允許越區轉移跳脫系統(Permissive Overreach Transfer Trip System, POTT)
- 允許欠區轉移跳脫系統(Permissive Underreach Transfer Trip System, PUTT)

4-1-7 方向比較閉鎖電驛系統

將第二區間保護電驛額外增加為在未收到對方端閉鎖信號時即快速跳脫之越區 150%載波跳脫電驛 Zp，尚需要一個反向(Reverse Direction)載波起動電驛 Zs，其設定為反向區間的 200%，需要載波機組且一般利用電力線載波，作為傳送閉鎖信號之媒體，如圖 4.1.9 所示。

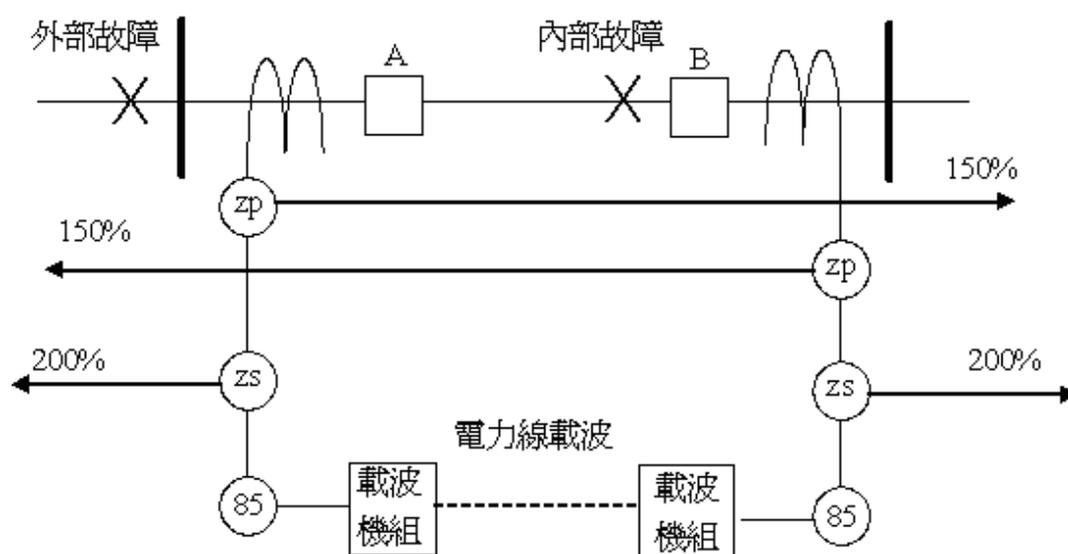


圖 4.1.9 方向比較閉鎖式載波電驛系統

4-1-8 允許越區轉移跳脫電驛系統

允許越區轉移跳脫電驛系統(POTT)之通信媒介為微波、音頻或光纖，且一般採用頻率偏移的方式來傳送監視頻率或允許對方跳脫的跳脫頻率，不需要裝設反向(Reverse Direction)載波起動電驛。

Z_p 之設定同第二區間保護電驛為 150%，若 Z_p 動作則會同時起
 動音頻機組將監視頻率偏移為允許對方跳脫的跳脫頻率，當 Z_p 看見
 故障起動且收到對方傳送過來之允許對方跳脫的跳脫頻率時，方可完
 成導通斷路器跳脫線圈，開啟斷路器隔離故障，如圖 4.1.10 所示。

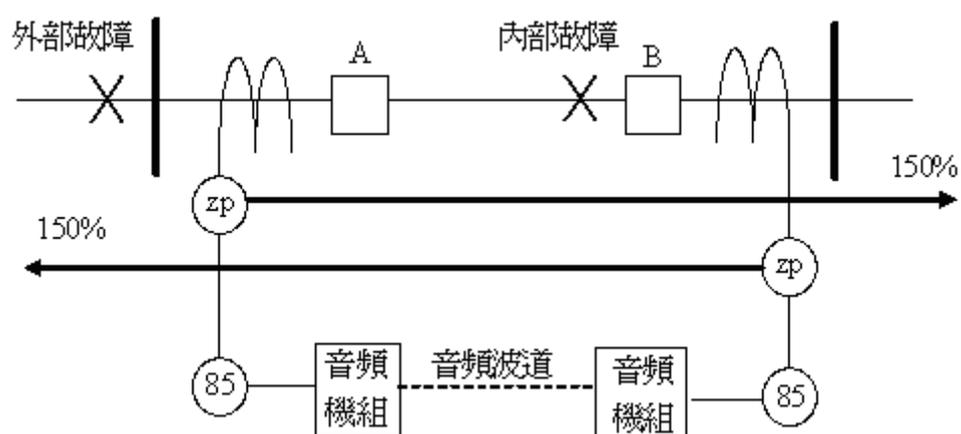


圖 4.1.10 允許越區轉移跳脫電驛圖

4-2 系統運轉控制

電力系統控制的目的：

- 保持系統安全，能夠持續不斷供應穩定電力。
- 電力品質，電壓和頻率品質，免除暫態和過量諧波影響，降低電力生產成本。
- 經濟因素，過去以降低電力生產成本或近年是以強化實行市場機制。

相關電力系統控制如圖 4.2.1。

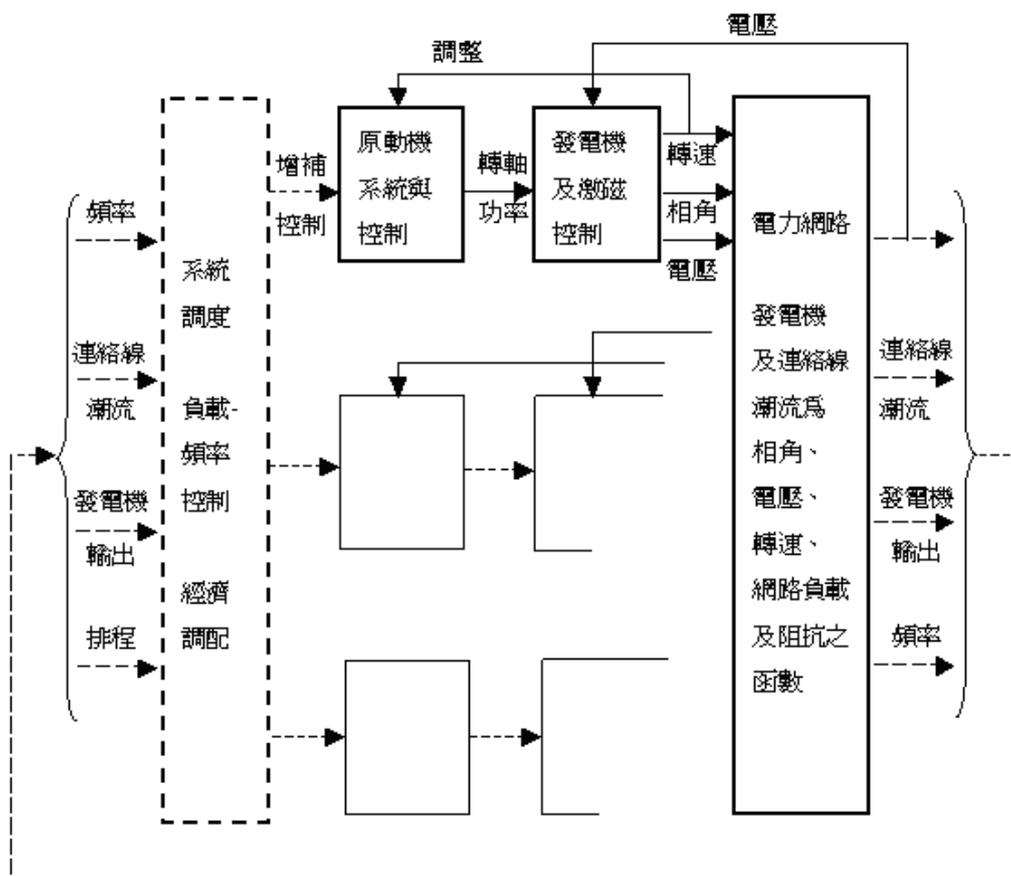


圖 4.2.1 電力系統運轉控制

電力系統運轉：

- 電力系統運轉短程規劃，考量燃料使用調度發電機排程，負載預測及事故分析 (N-1、N-2)。
- 即時系統運轉，監測電力系統線路潮流、系統電壓、系統頻率。即時反應緊急狀態，或可能存在的緊急狀態。
- 運轉報告及針對後續可能出現擾動，產生在一般運轉時的靜態資料及非正常運轉時的資料，以便後續分析運轉。

有效功率 MW 與系統頻率的控制目的：

- 正常情況下運轉系統頻率需控制接近主要頻率 $\pm 0.05\%$
- 保持區域間融通電力潮流 (Tie-Line)，維持微小變動量。
- 區域間發電機調度由調速機 (Speed Governor)，自動發電控制 AGC (Automatic Generation Control) 及經濟調度控制 (Economic Dispatch Control) 完成。
- Tie-Line 區域控制參考分析以經濟調度、安全、異常或緊急運轉因素來做設定達成保持區域間融通電力潮流。
- 對於緊急情況適當反應已預防大規模跳線、系統全黑 (全停電)。

電壓與無效功率 MVAR 的控制目的：

- 維持系統電壓大小接近目標值 (1.0 p. u.)

- 維持適量無效功率對事故發生時有足夠反應
- 反應發生事故時，協助預防電壓崩潰或系統全停電發生。
- 調整電壓與無效功率可有效降低系統損失

有效功率 MW 的控制機制，正常情況下運轉由調速機(Speed Governor)，自動發電控制 AGC(Automatic Generation Control)及經濟調度控制(Economic Dispatch Control)完成，異常或緊急運轉藉由負載卸載(Load Shedding)及發電機跳脫(Generation Tripping)來達成。

無效功率 MVAR 的控制機制，正常情況下運轉由調整 TCUL 變壓器分接頭，發電機匯流排電壓(激磁系統)，靜態或動態並聯補償(電容、電抗器、SVC、同步電容器)，異常或緊急運轉藉由負載卸載(Load Shedding)、發電量減量或增加、使燈光暗淡(Brown-out)或降低系統電壓及動態並聯補償(Dynamic Shunt Compensation)來達成。

4-2-1 負載和轉速控制調速特性

當獨立系統中負載突變，下述三種效應將發生：

- 發電機及渦輪機之慣量效應，限制系統頻率變化率。
- 負載阻尼效應，當系統頻率降低時，減少消耗有效功率 P 之負載量。
- 調速機效應，當系統頻率降低時，增加發電機有效功率 P 之輸出。

當負載變化時，假設發電機機械功率維持為定值(未接調速機)，
 發電機及渦輪機之慣量效應(初始系統響應)，如圖 4.2.2 發電機慣量
 常數效應。

若 $P_m = \text{Constant}$

$$P_{acc} = -\Delta P_e = -\Delta L$$

$$\Delta\omega(t) = \frac{1}{2H} \int (-\Delta L) dt = -\frac{\Delta L}{2H} t$$

$$\omega(t) = 1.0 - \frac{\Delta L}{2H} t$$

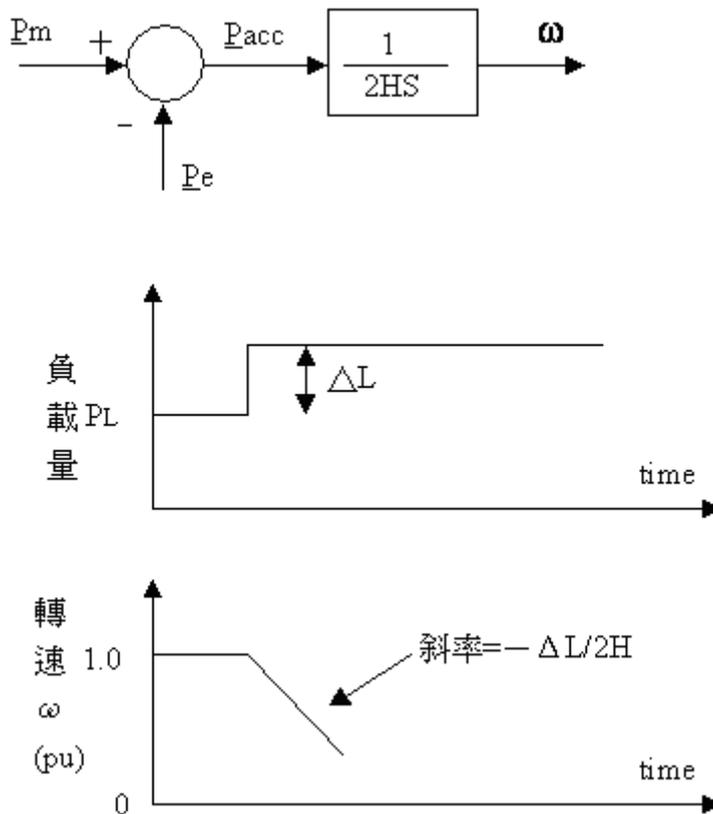


圖 4.2.2 發電機慣量常數效應

隨著系統頻率變化，系統連接負載 L 所吸收負載量變為 P_L 即

$$P_L(f) = L \left(\frac{f}{f_0} \right)^k = L \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^k = L \bar{f}^k = L \bar{\omega}^k$$

$$f_{BASE} = f_0 (\text{Hz})$$

$$L = P_L(f_0)$$

k=0 表示電阻性負載，對馬達負載 k 值視其機械性負載而定，其範圍為 $1.0 \leq k \leq 3.0$ ，如圖 4.2.3 負載阻尼效應。

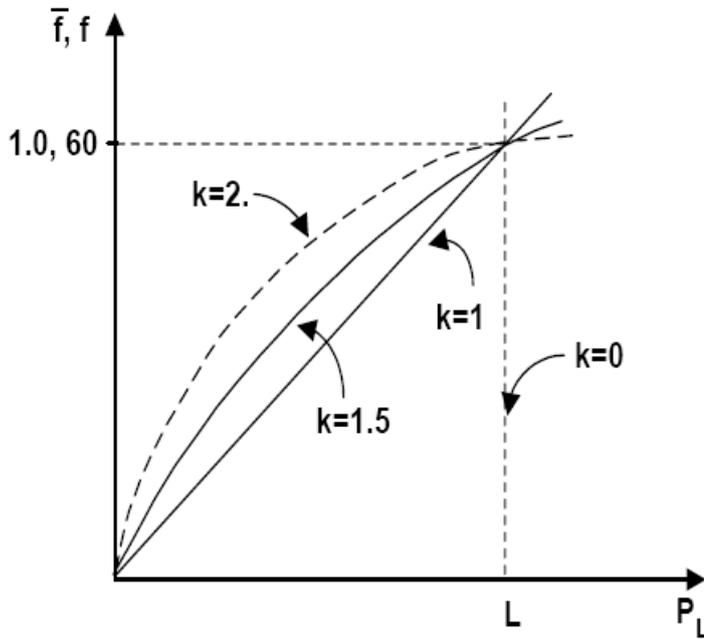


圖 4.2.3 負載阻尼效應

負載阻尼效應(負載調速效應)以負載阻尼係數 D(Load Damping

Coefficient)表示，將 $P_L = L \left(\frac{f}{f_0} \right)^k$ 於 f_0 處線性化得到

$$D = \frac{\Delta P_L}{\Delta f} = \frac{k}{f_0} L (\text{MW} / \text{Hz})$$

慣量和負載合成阻尼效應，如圖 4.2.4，其轉速為

$$\bar{\omega}(t) = 1.0 + \left(\frac{\Delta \bar{L}}{D} \right) \left(e^{(-Dt/2H)} - 1 \right) (p.u.)$$

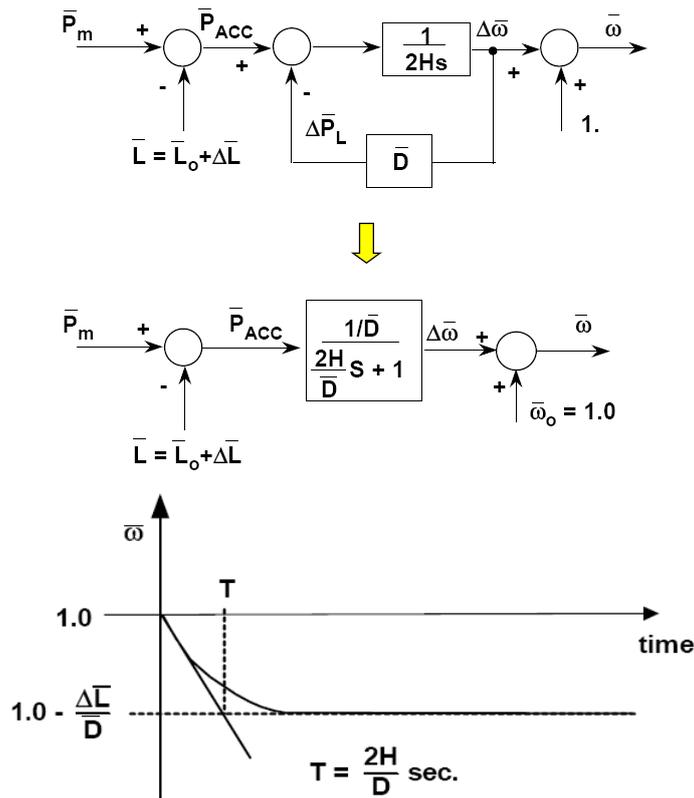


圖 4.2.4 慣量和負載合成阻尼效應

調速機有兩種類型即恒速調速機(Isochronous Governor)及常態調速機(Normal Governor)或下垂式調速機(Droop Governor)。

獨立系統中，由單台恒速調速機(渦輪機)來調整其系統頻率將十分理想，然該機吸收全系統負載變化，將限制其他渦輪機分擔負載變化之頻率調整即穩態頻率誤差 Δf_{ss} 為零如圖 4.2.5 所示。若穩態 $\bar{P} - \bar{\omega}$ 之下垂(Droop)特性，由於比例(Proportional)控制動作產生有限的非零穩態頻率誤差 Δf_{ss} ，經由比例積分控制(PI-Control)藉由速度調整器(Speed Changer)改變其負載參考設定值(Load Reference Setting, L.R. Setting)之來消除如圖 4.2.6 所示。若電力系統有 N 部發電機裝置調速機，則：

- 系統合成調速率為 $\frac{1}{R_{SYS}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots + \frac{1}{R_N}$
- 系統頻率調整特性 $\beta = \left(\frac{1}{R_{SYS}} \right) + D$
- 全系統之負載變化響應為 $\Delta f = -\Delta \frac{L}{\beta} \Delta$

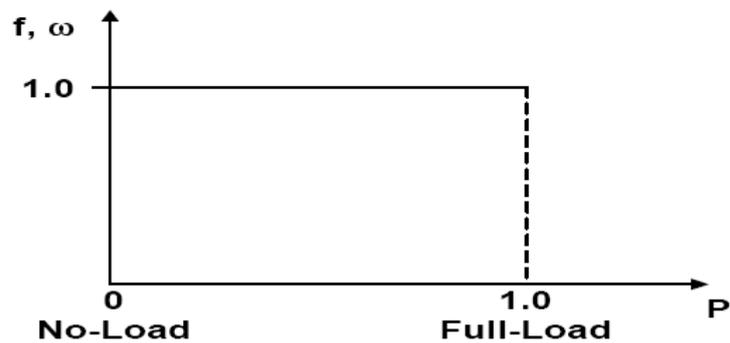


圖 4.2.5 恆速調速機特性曲線

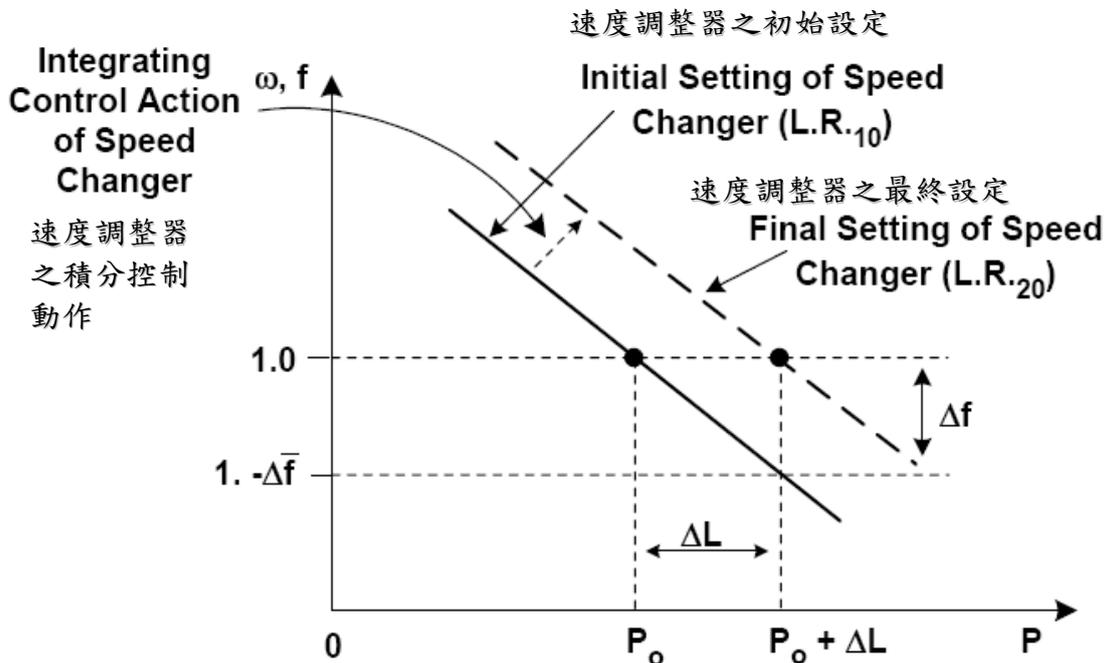
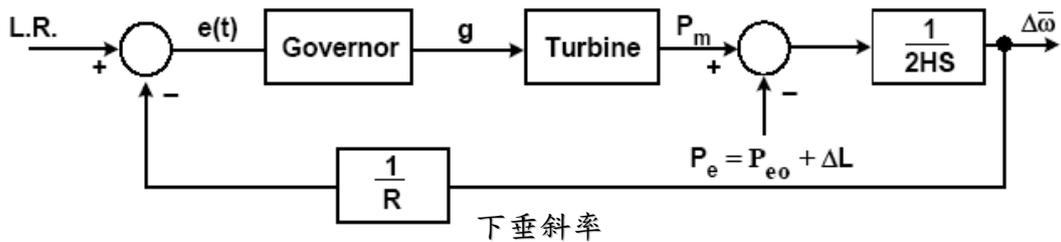


圖 4.2.6 下垂式速調速機特性曲線

其綜合以上所述其方塊圖，圖 4.2.7 為概觀單機系統之調速機方

塊圖；圖 4.2.8 為調速機穩態及暫態控制方塊圖。



L.R. = P_{REF} (Load Reference Set Point)

圖 4.2.7 概觀單機系統之調速機方塊圖

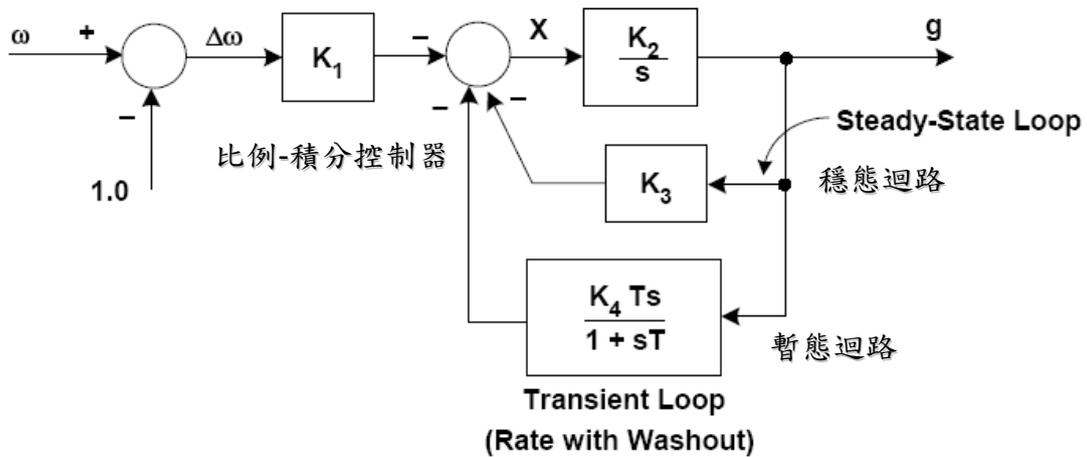


圖 4.2.8 調速機穩態及暫態控制方塊圖

4-2-2 自動發電控制

獨立系統之自動發電控制之目標為全系統發電量滿足全系統負載量，以保持額定系統頻率，藉由主迴路控制(Primary Loop Control)之自然系統調整，即調速機和負載調整效應，控制動作所需時間約 8~10 秒，以及 AGC 或次迴路控制(Secondary Loop Control)或輔助控制(Supplementary Control)，次迴路控制總是追隨主迴路控制，控制動作所需時間約 1~2 分鐘，如圖 4.2.9。再執行系統經濟調度，調度發電機組之出力，使其均在相等增量成本(Incremental Cost)下運轉。

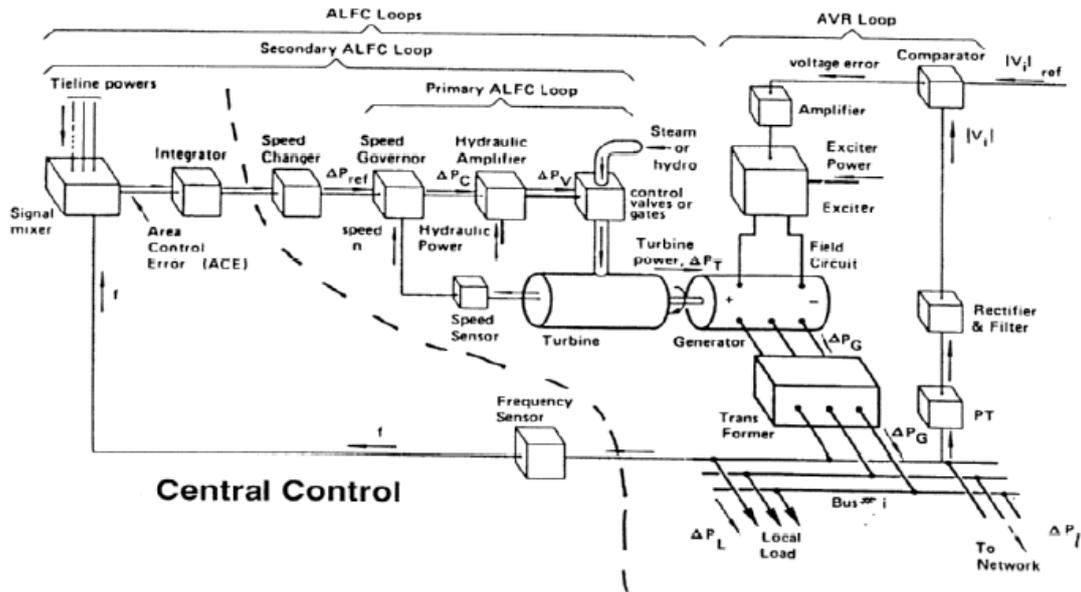


圖 4.2.9 基本發電機控制迴路

區域控制誤差 ACE(Area Control Error)用以量度區域有效功率

MW 之需求，定義如下：

$$\begin{aligned}
 ACE &= T - T_0 + \beta(f - f_0) \cdots (MW) \\
 &= \Delta T + \beta \Delta f \\
 &= \Delta G - \Delta L + \beta \Delta f \\
 \beta &\approx \beta_{SYS} = \left(\frac{1}{R_{SYS}} \right) + D \cdots (MW / Hz)
 \end{aligned}$$

β ≡控制區域之自然調整特性

T_0 ≡排定連絡線淨交換電力

T ≡實際連絡線淨交換電力

f ≡實際系統頻率

f_0 ≡排定系統頻率

實際上不可能知道區域自然調整特性之參數 β_{SYS} ，故常採用其估

測參數 B，稱為頻率偏差係數(Frequency Bias Coefficient)。

$$B = B_{SYS} \approx \beta_{SYS} = \left(\frac{1}{R_{SYS}} \right) + D \dots (MW / Hz)$$

因此 $ACE = \Delta T + B \Delta f \dots (MW)$

一般而言，當 $ACE > 0$ 表是發電量過多 $ACE < 0$ 表是發電量不足， $ACE = 0$ 是發電量符合負載，顯示系統頻率等於排定系統頻率，實際連絡線淨交換電力等於排定淨交換電力。

兩個區域互連系統如圖 4.2.10，連絡線上電力潮流為 T_1 、 T_2 ，當區域二之負載增加 ΔL 或發電量跳脫時，其區域控制誤差為：

$$ACE_1 = \Delta T_1 + B_1 \Delta f \dots (MW)$$

$$ACE_2 = \Delta T_2 + B_2 \Delta f \dots (MW)$$

連絡線之淨交換為 $T_1 + T_2 = 0$ ，所以 $\Delta T_1 + \Delta T_2 = 0$

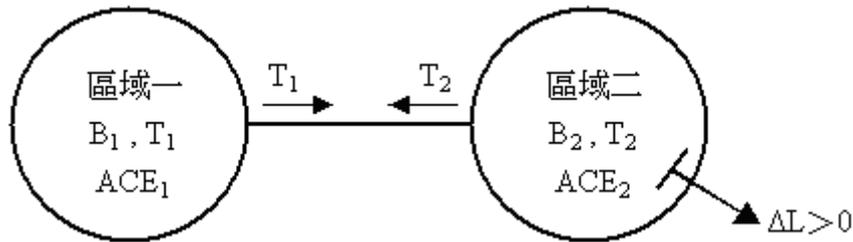


圖 4.2.10 兩個區域互連系統

■ 第一步驟為當系統調速已動作，但於 AGC 動作前則

$$\Delta f = -\Delta L / (\beta_1 + \beta_2)$$

$$\Delta P_{G1} = -(1/R_1) \Delta f, \Delta P_{G2} = -(1/R_2) \Delta f$$

$$\Delta P_{L1} = D_1 \Delta f, \Delta P_{L2} = D_2 \Delta f$$

$$\Delta T_1 = \Delta P_{G1} - \Delta P_{L1} = -\beta_1 \Delta f$$

$$\Delta T_2 = \Delta P_{G2} - \Delta L - \Delta P_{L2} = -\beta_2 \Delta f - \Delta L$$

$$\Delta T_1 = -\Delta T_2$$

■ 第二步驟為 AGC 矯正動作發生後：

(1) 若區域二中有足夠發電量(備轉容量)供應其負載增加時：

$$ACE_1 = 0, ACE_2 = 0$$

$$\Delta P_{G1} = 0, \Delta P_{G2} = \Delta L$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2 = 0, f = f_0$$

(2) 若區域二中無足夠發電量(備轉容量)供應其負載增加時：

$$ACE_1 = 0$$

$ACE_2 \neq 0$ (發電量將增至最大值，但 ACE_2 將無法回到零)

系統頻率將下降，造成 P_{L1} 、 P_{L2} 減少(由於負載阻尼效應 D)

及增加 P_{G1} 以使 $ACE_1 = 0$ 。穩態狀態可由下兩式決定，

$$ACE_1 = \Delta T_1 + B_1 \Delta f = 0 \dots (1)$$

$$\Delta L - \Delta P_{G2} = \Delta T_1 - D_2 \Delta f \dots (2)$$

求解上兩式得到 Δf 和 ΔT_1 如下：

$$\Delta f = -(\Delta L - \Delta P_{G2}) / (B_1 + D_2)$$

$$\Delta T_1 = -B_1 \Delta f$$

故系統頻率 f 、連絡線潮流 T_1 ，新的負載及發電量計算如下：

$$\text{系統頻率 } f = f_0 + \Delta f$$

連絡線潮流 $T_1 = T_{10} + \Delta T_1$

區域二負載量 $P_{L2} = P_{L20} + D_2 \Delta f$, ($P_{L20} = L_0 + \Delta L$)

區域一負載量 $P_{L1} = P_{L10} + D_1 \Delta f$

區域一發電量 $P_{G1} = P_{L1} + T_1$

增加區域一之頻率偏差係數 B (Frequency Bias Coefficient)

可增加由區域一流向區域二 (負載增加 ΔL) 之連絡線潮流。

4-3 熱力學應用

火力機組係將石化燃料(煤、石油、天然氣)之化學能量經由燃燒藉由蒸氣或熱空氣流動而推動渦輪機帶動同軸之發電機，再將機械能經由發電機轉變成電能，利用輸配電線路送至用戶。

4-3-1 熱力學基本原理

熱力學原理，由卡諾循環(Carnot Cycle)為發展基礎，所謂卡諾循環係由兩個定溫過程和兩個絕熱過程所組成的可逆的熱力循環。分正、逆兩種。如圖 4.3.1 所示，在壓-容(P-V)圖和溫-熵(T-S)圖中，A-B-C-D-A 為正卡諾循環，A-B(等溫膨脹)為可逆定溫吸熱過程，工作介質在溫度 T_1 下從相同溫度的高溫熱源吸入熱量 Q_1 ；B-C(絕熱膨脹)為可逆絕熱過程，工作介質溫度自 T_1 降為 T_2 ；C-D(等溫壓縮)為可逆定溫放熱過程，工作介質在溫度 T_2 下向相同溫度的低溫熱源排放熱量 Q_2 ；D-A(絕熱壓縮)為可逆絕熱過程，工作介質溫度自 T_2 升高到 T_1 ，完成一個可逆循環，對外作出淨功 W 。逆卡諾循環與上述正向循環反向，沿 A-D-C-B-A 方向，因而 Q_2 是工作介質從低溫熱源吸入的熱量(通稱製冷量)， Q_1 是工作介質排放給高溫熱源的熱量， W 是完成逆向循環所需的外界輸入的淨功。

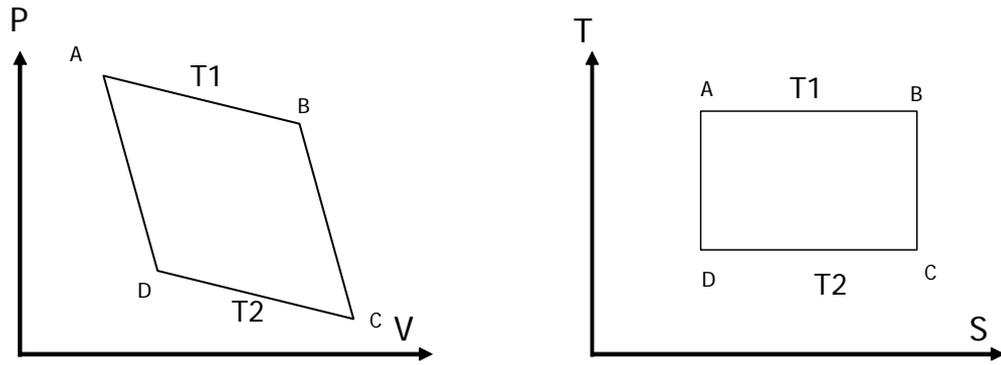


圖 4.3.1 卡諾循環壓-容(P-V)圖和溫-熵(T-S)圖

4-3-2 汽輪機原理

汽輪機是以蒸汽為媒介，將水置在鍋爐內吸收燃燒熱能，成為高壓之飽和蒸汽後送至過熱器，再吸收燃燒熱能成為高壓高溫之過熱蒸汽，進入汽輪機，使熱能轉換成機械能後，變成低壓低溫之蒸汽，排至冷凝器，以冷卻水吸收其殘留熱能，使蒸汽凝結成水後經飼水幫浦送進鍋爐，繼續使用。

汽輪機之蒸汽和電力循環之四個基本部分如圖 4.3.2 所示，圖中狀態一為低壓之水經給水幫浦加壓至狀態二，功(W_a)被加入循環，狀態二至狀態三中熱(Q_a)被加至鍋爐以形成超熱蒸汽，狀態三至狀態四中蒸汽在汽輪機中膨脹，產生有用之功(W_r)，狀態四至狀態一蒸汽在冷卻器中凝結釋出熱(Q_r)後送回給水幫浦。

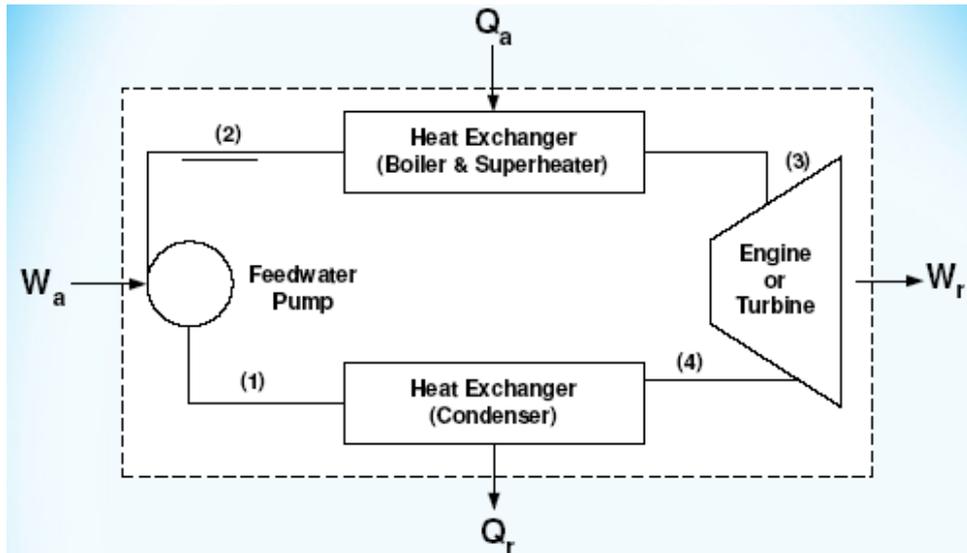


圖 4.3.2 汽輪機之蒸汽和電力循環

汽輪機之朗肯循環(Rankin cycle)如圖 4.3.3 所示，給水幫浦的絕熱壓縮過程 1-2，鍋爐中水的定壓加熱、汽化和蒸汽的過熱過程 2-3，汽輪機中的絕熱膨脹過程 3-4，以及冷卻器中的定壓凝結放熱過程 4-1 所組成的可逆循環。

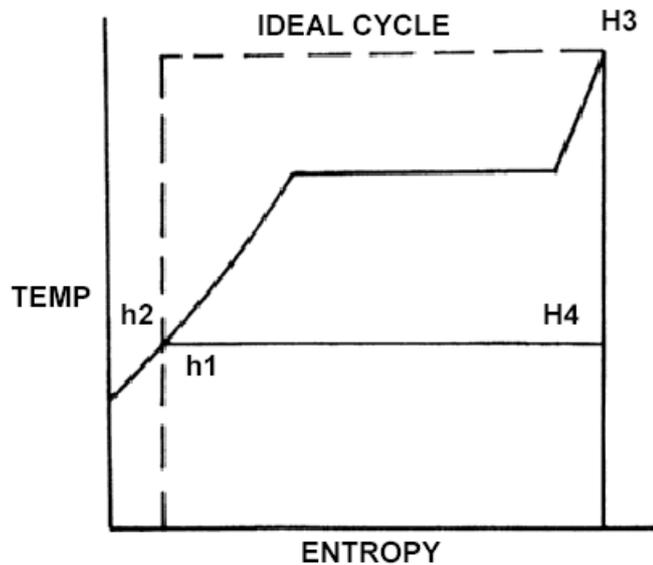


圖 4.3.3 朗肯循環(RANKIN CYCLE)

汽輪機被廣泛應用在世界各地，可使用各種燃料(固、液、氣)，其循環效率主要受到使用燃料及所選定蒸汽狀況，最佳蒸汽電廠(steam plant)可達到整體效率約為 35~40%。

汽輪機組發電優點如下：

- 單一機組容量最大，為現今之主要的發電方式。
- 可適用各種燃料。
- 運轉效率高，供電安全可靠。
- 發電成本低，適宜基載運轉。

缺點：機組設備複雜，投資費用高，維護困難。

4-3-3 氣輪機原理

氣渦輪機循環係自大氣吸入空氣，在壓縮機中壓縮，壓縮後的氣體進入燃燒室，在此加入燃料燃燒加熱，加熱後的高溫燃氣進入氣渦輪機膨脹作功，膨脹後的燃氣排向大氣，氣渦輪機排氣溫度還相當高(約 400~550°C)，而壓縮機吸入的空氣是大氣溫度，相當於在大氣中進行了冷卻，上述四個過程都是連續地進行的，氣渦輪機熱力循環如圖 4.3.4 所示。

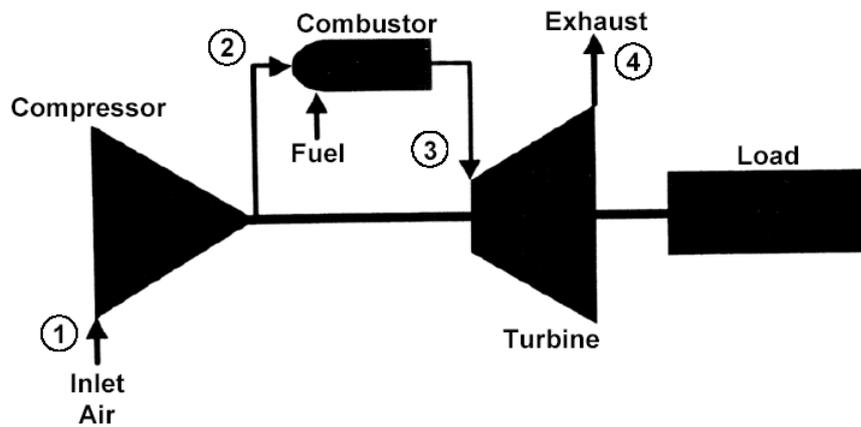


圖 4.3.4 氣渦輪機循環

氣渦輪機循環是由絕熱壓縮過程 1-2、定壓加熱過程 2-3、絕熱膨脹過程 3-4 和定壓放熱過程 4-1 所組成的可逆循環，其勃朗登循環 (Brayton Cycle) 在壓力-體積($P-V$)圖和溫度-熵($T-S$)圖表示如圖 4.3.5 所示。

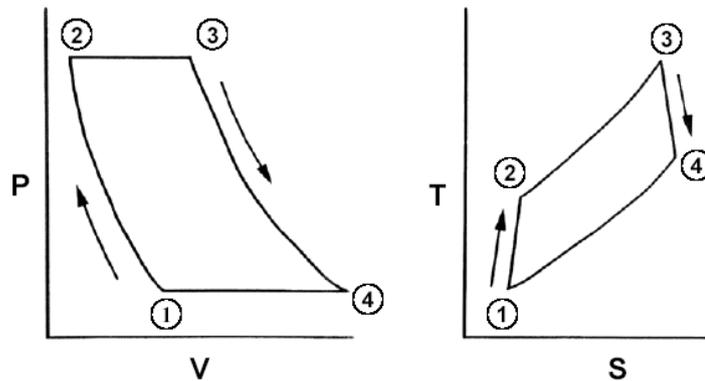


圖 4.3.5 勃朗登循環(BRAYTON CYCLE)

4-3-4 複循環機組原理

複循環機組發電原理是將熱能分成兩階段轉換成電力的發電方式，第一階段是利用燃料燃燒產生的熱燃氣推動氣渦輪機發電；第二階段則是將汽渦輪機發電後所排出的熱廢氣，經冷凝器冷卻為水後引

入熱回收鍋爐，再加熱成高壓高溫的蒸氣來推動汽輪機，帶動發電機發電。此種氣渦輪機與汽輪機之組合發電方式，則稱為複循環發電，如圖 4.3.6 所示。

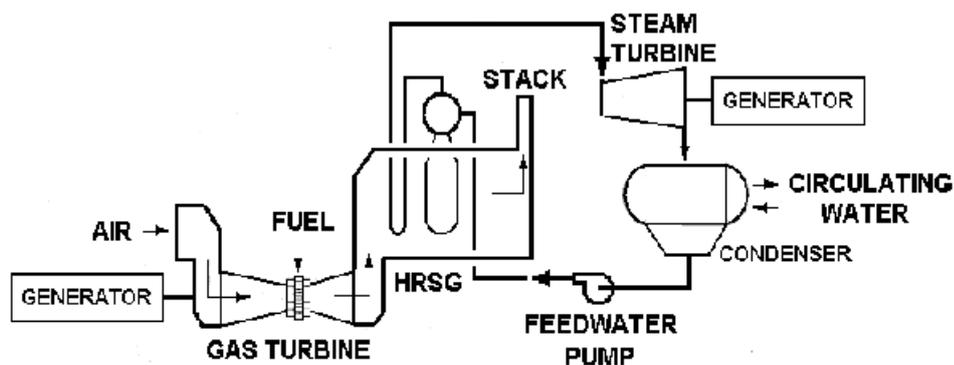


圖 4.3.6 複循環機組架構圖

典型複循環系統效率可提昇至 40%~50%，而複循環機組發電的優點如下：

- 建廠成本低
- 建廠時間短
- 可兩階段施工
- 熱效率高
- 快速起停及變化負載之性能
- 可靠性高
- 低污染性等

故複循環機組發電已成為世界各國發展之主流。

4-3-5 氣化複循環發電系統

氣化複循環發電系統(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)為結合燃煤氣化系統與複循環發電系統之先進整合型發電技術。IGCC 並不是直接燃燒煤炭，而是將固態之燃煤在氣化爐中氣化成合成氣 (Syngas) 後再送入複循環系統發電而發展出之技術，可節省發展之經費並縮短發展期程，因此極具競爭優勢

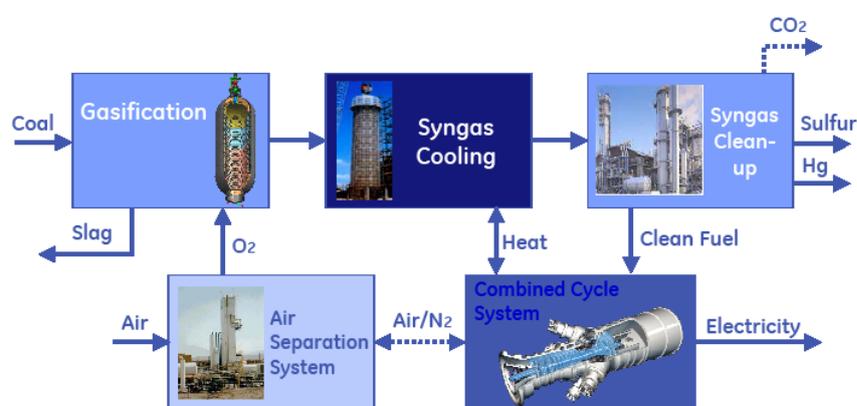


圖 4.3.7 氣化複循環系統示意圖

IGCC 使用燃料極有彈性，包括燃煤、石油焦、廢棄物及生質燃料等均可。由於在燃燒前之高壓條件下捕捉二氧化碳，因此其捕捉成本遠低於其他燃煤發電系統及天然氣發電系統。具有燃料與產品多元化，高效率低污染及利於二氧化碳捕捉等優點。

目前運轉中的 IGCC 電廠淨熱效率已經達到 40%，隨著高效率氣渦輪機(效率>60%)之商業化運轉成功，預期將來效率可望提高到 50% 以上。未來結合高溫燃料電池及 IGCC，將可使整廠效率提昇至 60%。

4-4 規劃實務與工程經濟

所謂策略性規劃與運轉係指規劃過程考量系統安全與資金投資、財務計劃兩者間的關係並將限制因素與目標做一合理規劃，其考量時域已達數載或數十載之中、長期目標。其分析面向可分為：

1. 電力系統運轉與控制→以經濟因素為前提，考量互連系統於頻率控制、有效功率及能量交易中，維持系統成本在合理的目標，且符合系統的備轉容量需求以因應負載變化的需求。
2. 公共事業經濟學 (Utility Economics) →對於公共事業資金投資計畫，需由基本的盈利率、歲入多寡及潛在的投資償付能力，以瞭解各種分析財務的方法，以各類分析工具，將這些方法應用於開發方案選擇決策過程，輔助於公司營運績效。
3. 策略性的輸電與發電規劃 (Strategic Transmission and Generation Planning) →利用備轉容量、失載機率及網路最佳化規劃的方法作為系統可靠度的分析指標。並擬定符合規劃準則之長期電源開發及輸電網路計畫。

就計算投資成本、報酬率、回收期長短、股益...等指標，可利用現金流量法(Cash Flow Approach)來分析，比較替代方案收支情形，依據公司發展經營目標考量情況不同，選用回收期

法(Payback Period Method)、現值法(Present Worth Method)、年
 值法(Annual Worth Method)、未來值法(Future Worth Method)、
 投資報酬率法(Rate-of-Return Method)、利潤成本比率法
 (Benefit/Cost Ratio) ...等經濟準則，擇一或多項訂定決策，而經
 濟分析方式則可採用 A.推論分析法(Inferred Analysis-設定報酬
 率並計算收益需求)或 B. 真實分析法(Actual Analysis 預估收益
 並計算報酬率)，一般而言公用事業較喜歡採用推論分析法，而
 無管制工業較喜歡採用真實分析法，上述兩種方法均可被簡化
 成採用收益方程式($R = O\&M + D + TP + Ti + I + E$)來分析，其
 中 R 表示收益，O&M 表示維修費用，D 表示賬面折舊，TP 表
 示資產稅，Ti 表示收入稅，I 表示借貸利率，E 表示運作收入。

典型之資產負載表如下表：

Assets	Liabilities
Plant at original cost	Equity
Less depreciation reserve	- Common stock
Net plant	- Paid in capital
Construction work in progress	- Retained earnings
Total plant	Total common equity
Current assets	- Preferred stock
- Cash	Total equity
- Accounts receivable	Long term debt
- Materials & supplies	Total capitalization
- Other investments	Current liabilities
Deferred debits	- Short term debt
Total assets	- Accounts payable
	- Customer deposits
	Deferred credits
	Total liabilities

另利率 i 之相關計息方式如下：

1. 複利(Compound)：

年利率為 i 時，現值 P 元等值於未來第 n 年金額

$$F = P(1+i)^n = P(F/P i, n)。$$

2. 折現(Discount)：

年利率為 i 時，未來第 n 年金額 F 元等值於現值

$$P = F/(1+i)^n = F(P/F i, n)。$$

3. 複利年金(Compounding an Annuity)：

等間內之期末均有相等付款 A 元，則未來第 n 年總

$$\text{金額 } F = A[(1+i)^n - 1]/i = A(F/A i, n)。$$

4. 年金複利(Annuity to be Compounded)：

未來第 n 年總金額 F ，等值前 n 年每年之付款年金

$$A = F i / [(1+i)^n - 1] = F (A / F i, n)。$$

5. 年金之現值(Present worth of Annuity)：

每年之付款年金 A (共 n 年)，等值於目前之現值

$$P = A[(1+i)^n - 1]/i(1+i)^n = A (P/A i, n)。$$

6. 現值等效年金(Annuity Equivalent to Present Value)：

現值等效於未來年金

$$A = P i (1+i)^n / [(1+i)^n - 1] = P (A / P i, n)。$$

7. 均勻變化量(Uniform Gradient)：

n 期對一已知固定資金 A 之每年增加或減少 G，其
等效現值 $P'' = \frac{1}{(1+i)^n} \left[\frac{G}{i} \left\{ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right\} \right]$ 。

8. 幾何數列(Geometric Series) $A_k = A_{k-1}(1+j)$ ，其中 A_1 表
第一年資金流動之大小，其後續每年增加(1+j)倍，
則其現值 $P = A_1 \left\{ 1 - \frac{(1+j)^n}{(1+i)^n} \right\} / (i-j)$ ，其 n 年後資金
 $F = P(1+i)^n$ ，亦可求等效未來年金 A。

而可透過折舊(Depreciation)以保留投資者資金之價值的方法，另資本回收(Capital Recovery)則表示於設備壽命年限內支付使用資本費用加上原投資回收之折舊，其回收因數(Capital Recovery Factor) $= (A/P, i, n) = i + (A/F, i, n)$ ，相關採行方式可分為：

1. 帳面折舊(Book Depreciation)－每年折舊相等金額，淨設備價值逐年遞減至零，提列折舊保留金逐年遞增至原投資金額。
2. 再投資帳面折舊(Book Depreciation with Reinvestment)－每年將折舊保留金再投資，使淨設備價值每年均維持與原投資金額相等。當該設備退休時，將分別從原成本帳目及折舊保留金中移除該設備項目，當該設備已完全被折舊但尚未退休，保留其在帳面上價格，但不再提列折舊保留金。
3. 帳面折舊含殘值(Book Depreciation With Salvage)：殘值為

剩餘價值扣減移除設備成本，有可能產生負值。

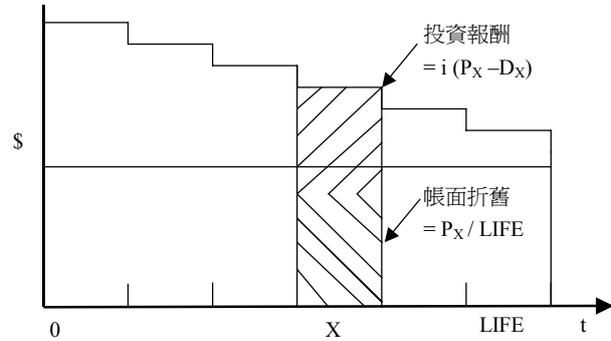
4. 會計觀點之資本回收之現值(X 型)

$$P.W.=\sum_{ALL X}[i (P_X-D_X)+(P_X/LIFE)] (P/F i, X)$$

其中 X = 典型期間

P_X = 期間 X 內之殘值

D_X = 折舊保留金(期間 X 之開始)

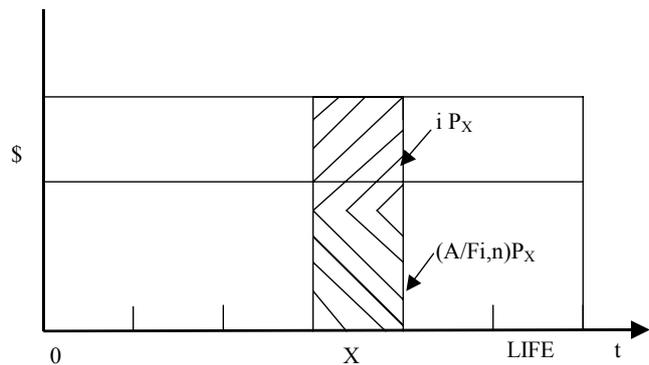


5. 工程經濟觀點資本回收之現值(Y 型)

$$P.W.=\sum_{ALL X}[i + (A/F i, n)] P_X (P/F i, X)$$

其中 X = 典型期間

P_X = 期間 X 內之殘值



而就規劃實務而言，所謂電源可靠度，一般常利用備轉容量率((系統淨尖峰能力-尖峰負載)/尖峰負載*100%)來評估系統可靠度，此計算方式雖容易、快速，然未考量機組潛在的故障問題，因此為了兼顧機組可能發生故障之情況，進而衍生出失載率 L.O.L.P.(Loss of Load Probability)演算法以強化評估系統可靠度。

計算失載機率方法係由選擇方案中不同的備轉容量與失載機率，求取適當之備轉餘裕及可降低限電機率，一般而言系統負載逐年遞增導致備用容量逐年減少，故 LOLP 亦逐年增加，若超過規劃準則數據，規劃單位即需採行電源開發及網路規劃。常用步驟如下：

- (1)利用負載管理方式，降低用電需求，以節省資金支出。
- (2)擴建或增加輸電線路，增加輸電容量，以強化系統運轉安全。
- (3)增建發電機組，考量施工時程及尖中輕負載比例，決定機組形式(燃煤或燃氣之複循環機組及氣渦輪機組)。

於規劃系統的過程中可瞭解備用容量、設備餘裕較多，有利於系統運轉之安全可靠，但挹注較多的資金投資不利於公司營運；反之，可能面對較大的運轉風險，在此發電業趨向自由競爭環境下需利用完備的工具以輔助計劃人員，並培養規劃技術與財務分析兼具之人才，以迎接未來民營化或自由化的挑戰。

目前各類可靠度指標可彙整如下表所示：

名稱	系統平均 停電次數指數	系統平均 停電時間指數	用戶平均 停電次數指數	用戶平均 停電時間指數	平均供電 正常性指數	平均負載 停供次數指數	平均負載 停供時間指數
英文簡稱	SAIFI	SAIDI	CAIFI	CAIDI	ASAI	ALIFI	ALIDI
說明	一年中一個用戶的平均停電次數	每一個用戶在一年中平均的停電時間	全年中每一停電用戶的平均停電次數	全年中每一停電用戶的平均停電時間	全年可供電用戶時間總數與全年用戶總常用時間的比值	供接負載每年每kVA之停供負載數平均KVA	供接負載每年每kVA之平均停供時間
定義	$\frac{\text{總停電次(戶)數}}{\text{總供電戶數}}$	$\frac{\text{總用戶停電時間}}{\text{總供電戶數}}$	$\frac{\text{總停電次(戶)數}}{\text{受影響總戶數}}$	$\frac{\text{總用戶停電時間}}{\text{總停電戶數}}$	$\frac{\text{可供電用戶時間}}{\text{用戶常用時間}}$	$\frac{\text{總停供負載數}}{\text{總接供負載數}}$	$\frac{\text{總停供負載時間}}{\text{總接供負載數}}$
公式	$\frac{\sum_{i=1}^m C_i}{C}$	$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij}}{C}$	$\frac{\sum_{i=1}^m C_i}{C_r}$	$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij}}{\sum_{i=1}^m C_i}$	$\frac{8760 C - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij}}{8760 C}$	$\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{L}$	$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} T_{ij}}{L}$
英文全名	System Average Interruption Frequency Index	System Average Interruption Duration Index	Customer Average Interruption Frequency Index	Customer Average Interruption Duration Index	Average Service Availability Index	Average Load Interruption Frequency Index	Average Load Interruption Duration Index

圖 4.4.1 各類可靠度指標可彙整表

依目前台電公司，為公營且負有絕對供電義務之事業體，常因法律規章之無彈性及民眾對電力設施排斥，無法以最適經費建構符合規劃需求之電力系統，亦無法真實反映電價成本，造成整體經營績效之低落，而電力事業目前最有挑戰的課題之一就是電業自由化，將一切回歸市場經濟機制，供電風險或高電價機率由全民承擔，或許可改變民眾、政府正視電力建設重要，為上述困境提供解決之道，各國自由化之程度因國情不同程度有其差異，惟可借鏡各國在電業自由化歷程中發電、輸電、配電、售電乃至於資訊管理等電業技術與經驗，汲取成功參考案例，面對即將來臨之二十一世紀，除了研發新的設備外，公用事業電力公司勢必須多方面發展轉型，以迎接未來的挑戰。

就美國電業發展史為例，美國自 1935 年至 2005 年公布之

重要法案如下：

- (1)1935 年公用事業控股公司法案：設立國家管制系統，對垂直整合自然壟斷的事業(電力事業)界定服務市場，其營業區內必須服務所有既有及未來的用戶，部分商業運作(費率)需受到管制。
- (2)1978 年公用事業管制政策法：強制要求每一民間投資公用事業以預先決定的成本向合格電業買電，取得其營業區域新發電業者資格。
- (3)1992 年能源政策法：授予非公用發電業者在批發市場賣電的權利。
- (4)1996 年 FERC (美國聯邦能源管制委員會/Federal Energy Regulatory Commission)Order No. 888：強制性要求輸電網路公平開放給批發電力的所有買賣雙方。建立獨立系統運轉機構準則。
- (5)1996 FERC Order No. 889：強制性要求使用網際網路佈告欄，開放進出即時資訊系統，聯繫買賣雙方的可供傳輸容量分析供需是否足夠。
- (6)1999 年 FERC Order No. 2000：建立區域輸電組織為較佳的網路運轉機構，其組織可為非營利性質之獨立系統運轉機

構、營利性質之輸電公司，或者為以上之組合體。

(7)2002 年 FERC 對標準市場(SMD)設計公布提議規則，公開徵詢各界意見。

(8)2005 年 FERC 預定標準市場設計(SMD)進入實際推動階段。

目前美國大約有 16 個區域已經建立或正在發展某種形成的獨立輸電系統運轉機構(ITSO, Independent Transmission System Operator)，它包括非營利性質之獨立系統運轉機構(ISOs, Independent System Operators)、營利性質之輸電公司(Transco, Transmission Company)，及其它相關的模型，目前已有 5 個 ITSO(約佔美國 1/3 發電量)已經開始運作，略述如下：

(1)加州獨立系統運轉機構(CALISO, California ISO)：開放非歧視性的輸電進出，管理區域輸電費率法規，運轉輔助服務市場，並管理交易費用，回收輸電擁有者的輸電營收額。另加州電力交易所(CalPX, California Power Exchange)為分開但相關之組織，其運轉為一電能市場。

(2)德州電力可靠度協會 ISO(ERCOT-ISO)：負責維護德州 10 個分開的控制地區之電力系統的安全，運作輸電市場，電能排程，協調輸電規劃。

(3)新英格蘭 ISO(ISO New England, ISO-NE)：控制新英格蘭電

力聯網(New England Power Pool, NEPOOL)，管理輸電系統，法規費率，及電力交易所。

(4) 紐約 ISO(New York ISO, NYISO): NYISO 在 1999 年 11 月運轉，供應紐約州網路及點對點的輸電服務。

(5) 賓紐馬跨州聯網(PJM Interconnection, LLC (PJM)): 在賓州、紐澤西州、馬里蘭州運轉，PJM 可視為北美最大的集中調度電力系統，提供非歧視的進出，管理一個區域的輸電費率及壅塞管理，並運作電力交易所。

反觀台灣，電業法自 1965 年開始實施後，經濟部於 1991 年即著手規劃「電業自由化政策」，十餘年來，雖多次提出「電業法修正草案」，然而通過電業法修正之條文，卻僅止於非自由化之部分，自由化之腳步停滯不前，然自由化乃是將市場競爭機制導入電力市場中，以期電力市場運作更有效率，如何發展套適合台灣運作模式的電力自由化市場，實為一重要且急迫之課題。

4-5 風力發電概要

太陽照射到地球表面時，因各處受熱不同產生溫差，從而引起大氣的對流形成風，據估計太陽能抵達地球的部份約 2% 轉化為風能，全球的風能約達 $2.74 \times 10^9 \text{MW}$ ，其中可利用的部份為 $2 \times 10^7 \text{MW}$

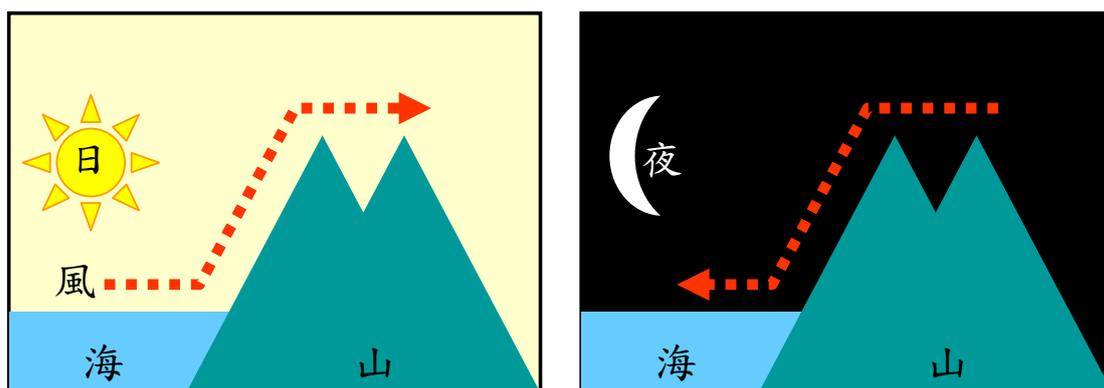


圖 4.5.1 日夜風向示意圖

4-5-1 風機概述

風機機艙構成元件略述如下：

機艙 Nacelle：保護風機的傳動機構、發電機、變壓器及部份機電控制系統。

葉片 Blade：受氣動作用，將風能轉為機械能

葉輪輪轂 Hub：連接及固定葉片之裝置

主軸 Main Shaft：連接輪轂及齒輪箱，主要將葉片的轉矩傳遞至傳動機構及發電機

齒輪箱 Gearbox：利用加速齒輪提升轉速帶動發電機

發電機 Generator：將機械能轉為動能

塔架 Tower：支持風機之機艙及迴轉系統

旋角 Pitching：調整葉片迎風角度以調整氣動力輸出

轉向系統 Yawing：轉動機艙以調整至垂直風向發電

煞車系統 Brake：以控制停機或減速。

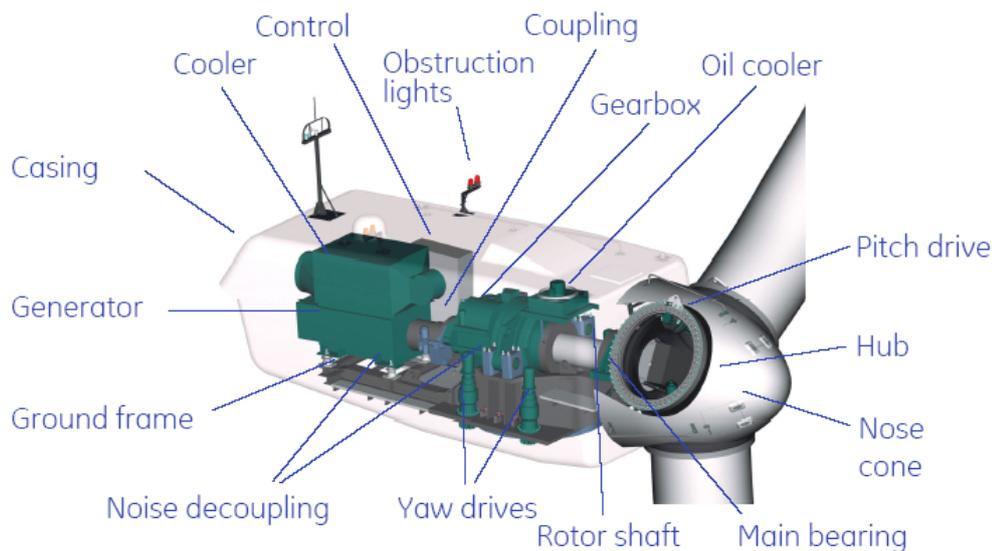
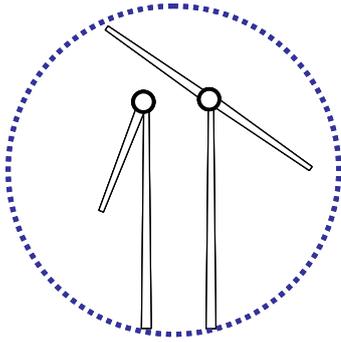


圖 4.5.2 風機機艙示意圖

依目前的技術，約莫 3m/sec 的風速(約可搖動樹葉)，便可帶動風車扇葉，再透過齒輪模組將轉速度提高的增速機，結合轉動軸上的線圈切割磁場，使風機感應發電。以下有幾項風機之基本介紹：

- 1.就風機扇葉考量，除講求輕巧堅固，若設置於海岸地區，尚須考量到鹽分銹蝕問題，往昔的風機本體支架和扇葉常以鋁鈦合金製造，近幾年來由於材料科技的進步，扇葉部已改用玻璃纖維以取代，近年更嘗試引入碳纖維材料。
- 2.依空氣動力學之理論，旋轉物的葉片宜隨其轉速之提高而減



少，多翼形風車，係轉速低、高扭力用途。

故慢速轉動的磨坊風車其葉片大都是四

片，而發電風機轉速較快因而採三片扇葉設

計，至於為何不採用兩片或單片葉片，則係

考量視覺平衡及轉動平衡，使感官、環境衝擊降至最低。

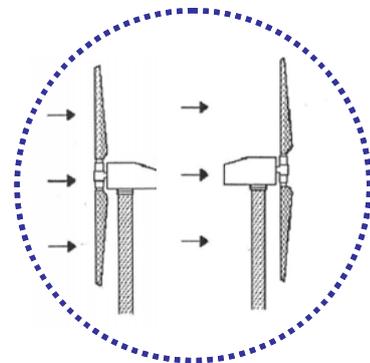
3.再就風車的轉動方向(順時針或逆時針)皆與發電出力無關，為考

量迎風面可能造成葉片扭曲，一般迎

風面設計於風機塔基之後，以保護風

機，現今商業化主流風力機為水平

軸、三葉式翼型風力發電機。



4.風機出力能力約與葉片大小成正比

(目前 ERpower 的風機型號是最大的，其 4.4MW，風輪直徑達

112m，5MW 風機風輪直徑達 125m)，目前以 3.0MW 機組為主

流，已經有 3 種超過 3MW 的風機投入商業化，因為風場決定

後，龐大體積之風機由製造廠至設置地點經過之道路、橋樑等

運送過程係一大考驗，其改善措施費用恐遠高於設備成本，故

目前風機容量大小暫無法大幅提昇，惟離案風力部分，因限制

較少，且由於海上的風力通常大於陸地，近年，風機製造廠開始研

發離岸風機，迄今 GE Wind 已開發出 3.6MW 海上專用風電機

組,更大的 5-10MW 葉片則研發中,然而,離岸機組的探索也遇到了很多挫折,由於離岸風場的水深常達幾十米,吊裝相當困難,且風機大型化相對零件要求更高,虧損使得市場開始對發展離岸項目持更謹慎的態度。

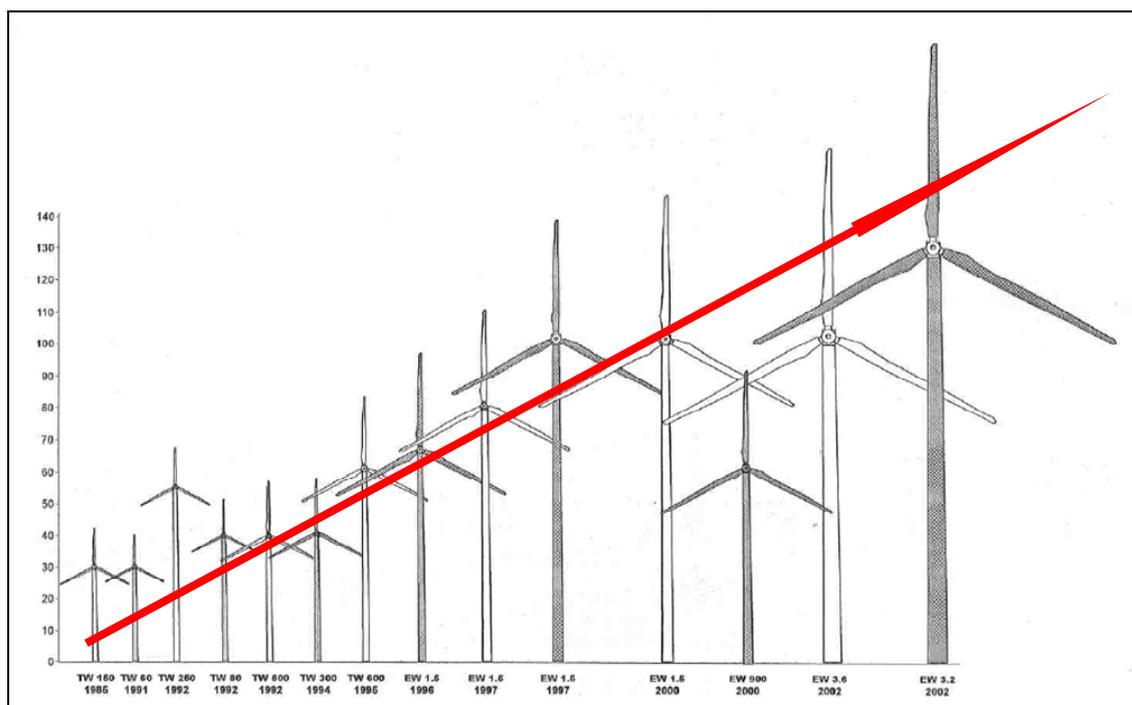


圖 4.5.3 風機容量與塔高發展歷程

4-5-2 風機種類介紹

風力發電機種類約可分為四大類：

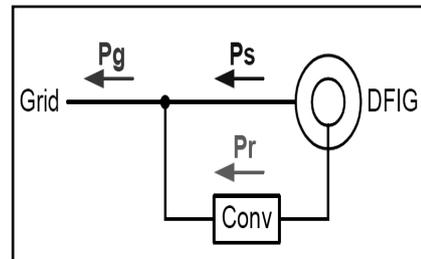
1. Type 1 定轉子電阻式感應式發電機：此類機型由一轉子和一鼠籠式感應發電機，連接到一個齒輪箱，發電機定子線圈則連接到電網，構造極為簡單，相對的價格較低廉，然因為轉子速度不能改變，風速的變動直接轉換為驅動轉子之扭矩起伏變化，造成電壓不穩及有閃爍的問題，使得電的品質受到影響，且由

併聯電網吸收無效電流，需配合設置補償虛功率的電容器因應。

2. Type 2 可變轉子電阻式感應式發電機：此類機型係由 Type 1 演化，利用可調式轉子電阻控制調整轉速。

3. Type 3 雙饋可變速感應發電機 doubly-fed induction generators (DFIG)：轉換器接到轉子線圈而定子線圈直接連接到電網，透過電力電子設備，將系統電壓頻率狀態迴授，藉由

電壓改變控制無效電力，頻率改變控制有效電力，電轉子頻率可以用轉換器來改變並，因此，機械和電



頻率耦合使變速操作成為可能，並可達高速反應控制，不需額外設備即可提供或吸收虛功，該型機組採標準化且體積較小設計，且 AC-DC-AC 轉換器半導體零件價格降幅極大，故已成為主流型式。

4. Type 4 直接傳動可變速同步發電機 (Full-conversion)：將發電機和併聯電網能完全的用電子轉換器耦合，也允許變速操作，因風機出力，基本上與系統已完全脫溝，可視為變形的 STATCOM 元件，對於虛功及電壓控制範圍最大，然比起雙饋入可變速感應發電機來說發電機定子設計較複雜、電子轉換器

較大、較重，故價格較高。

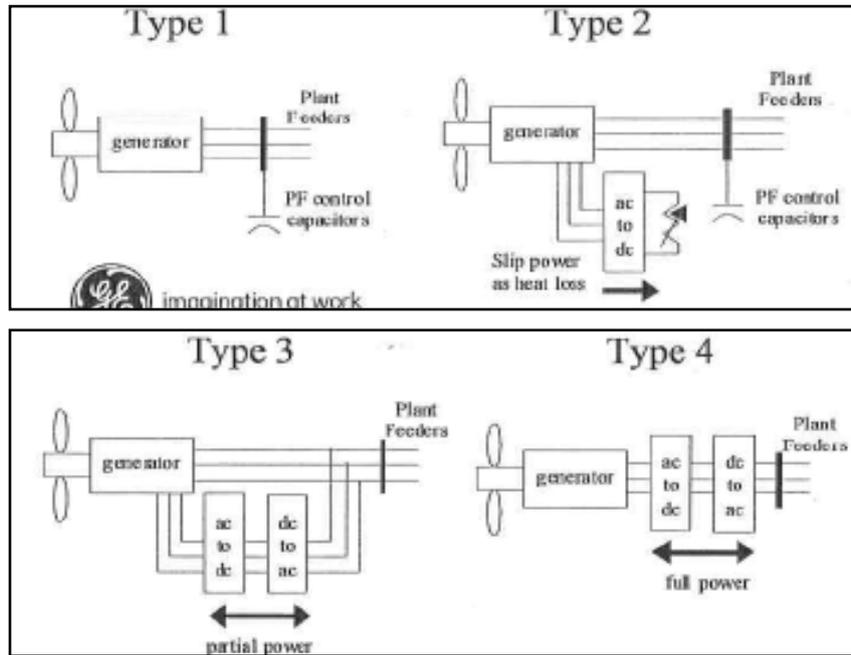
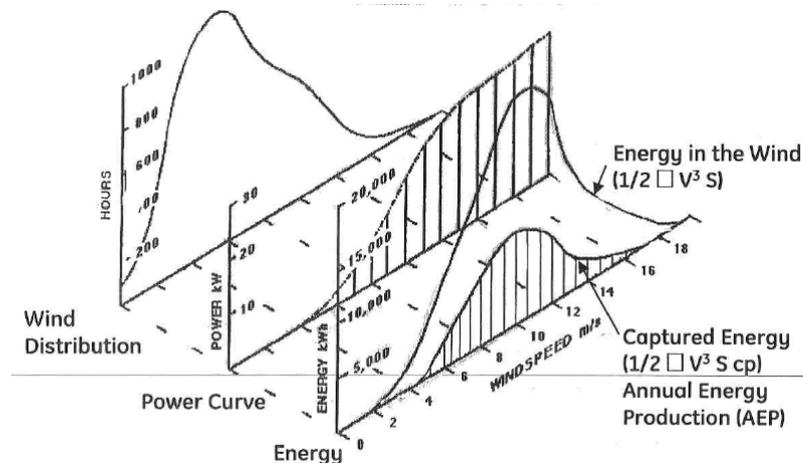


圖 4.5.4 四種基本型式之風力發電機

4-5-3 風能評估

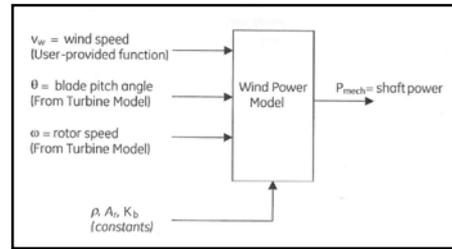
有關風能的評估，可由下圖略述，由風場產生風力分佈，轉換為功率及能量曲線曲線，而風能大小係與風速的三次方成比例，藉由空氣的氣動力作用(包括升力及阻力)轉動葉片以擷取風的動能，進而轉換成電能，風力機無法轉換全部風能，一般而言，輸出效率約 20~40%。



因風能之不穩定性，風機採用之輸出控制方式為：失速節制(Stall)

regulation)及旋角節制(Pitch control)一以吸收風能，獲較佳之輸出曲

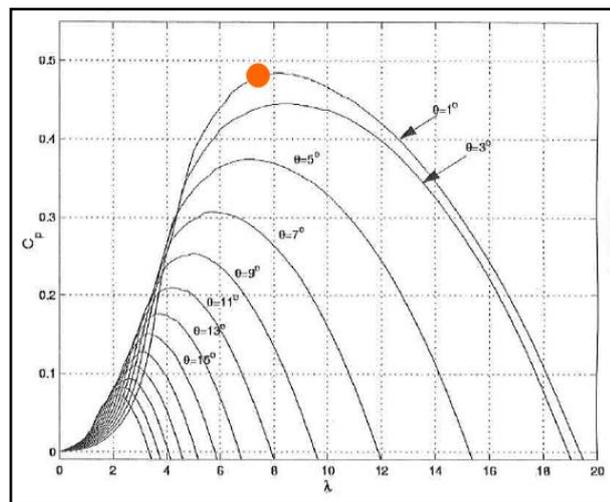
綿降低啟動風速及避免過高的輸出，變速控制，則有較佳電力品質及較低之傳動鏈負荷，而影響風機功率 P 因素有風速、 V_W 葉片、角度 Θ 及轉子速度 ω 。



其公式為：

$$P = \frac{\rho}{2} A_r V_W^3 C_P(\lambda, \theta)$$

而風機 C_P 曲線如右圖所示，其 Tip speed ratio $\lambda = k_b(\omega/V_W)$ ， A_r 為葉片面積，理想的 C_P 值為 0.593，就三葉



片的風機而言，最大 C_P 值為 0.47，發生於 $\lambda=7$ 時。

4-5-4 風機系統分析介紹

風力機組加入後，對系統之影響分析，可就保護系統(小型風場)、電壓控制、低電壓過渡(Ride-Thru)能力(中型風場)及主動式電力控制(大型風場)逐級增加比重，一般：

- 1.大型風場開發規模
- 2.系統較脆弱者
- 3.風力發電佔總發電量比重越高者

對系統衝擊所需考量的層面就越廣。下表則是風場系統衝擊考量的演進狀況，橫軸表示風場規模，縱軸為歷史演化，可知整個系衝除傳統過電壓、過電流、故障電流等潮流分析及穩定度、電力品質、閃爍等檢討，更需對電壓過渡、頻率特性甚至提供備轉能力多所著墨。

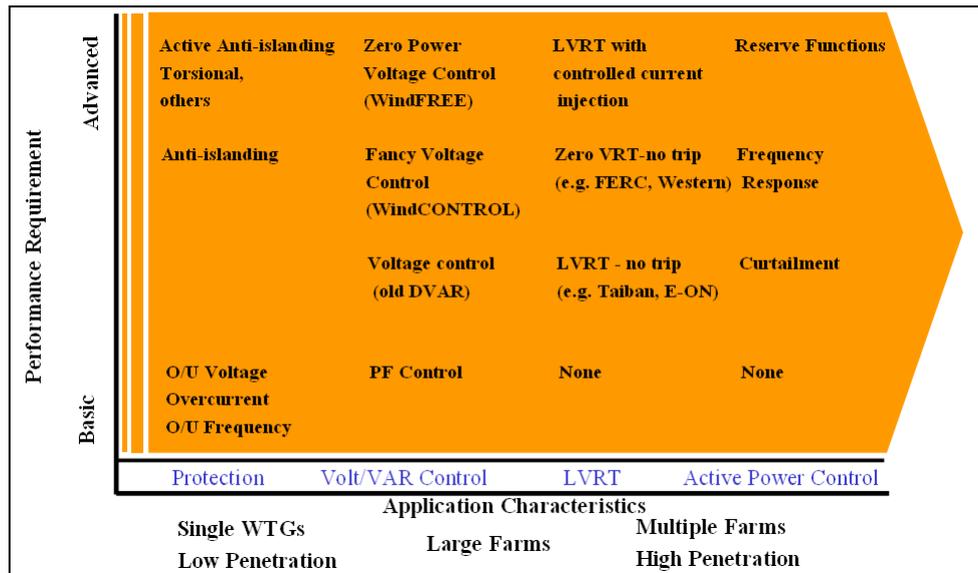


圖 4.5.5 風場系統衝擊考量的演進狀況

其中 LVRT(Low Voltage Ride-Thru)，係指當系統發生擾動導致電壓下降時，風機本身有能力度過時間，提供系統恢復穩定運轉之能力，甚而要求有零電壓過渡 ZVRT(Zero Voltage Ride-Thru)之能力，就 GE 公司風機設計標準而言，其 ZVRT 需達 200ms。

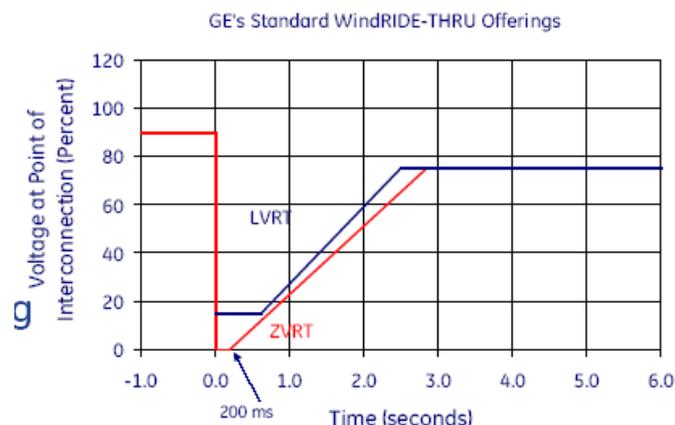
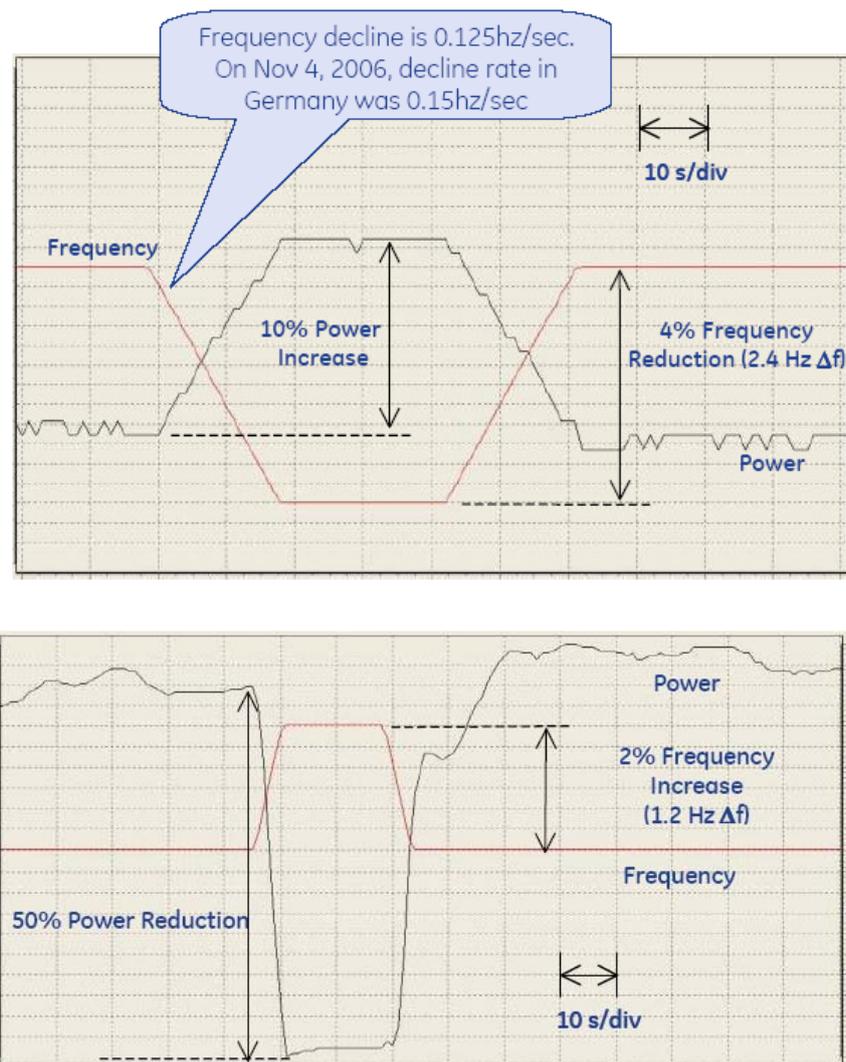


圖 4.5.6 GE 公司風機 LVRT、ZVRT 設計

而所謂 Active Power Control，係指風機之保留一定的輸出能力，不以額定容量出力，藉以因應系統頻率下降或驟升時快速增加或減少出力，使得系統回歸正常頻率，一般而言預留 10% 出力供提升頻率，而以降低 50% 出力作為因應頻率過高之方法。



就目前主力雙饋式風機機組而言，因採用電力電子元件，控制電壓及頻率，其反應極快，故對於系統穩定度而言，較傳統的同步電機穩定許多，且就阻尼影響而言，模擬結果顯示，於相同

條件系統下，擴充系統機組，若採增設風力機組方式並不會惡化系統阻尼，反而因為相對於增設同步機組時系統其他同步機組發電量減少而出現改善阻尼的現象。

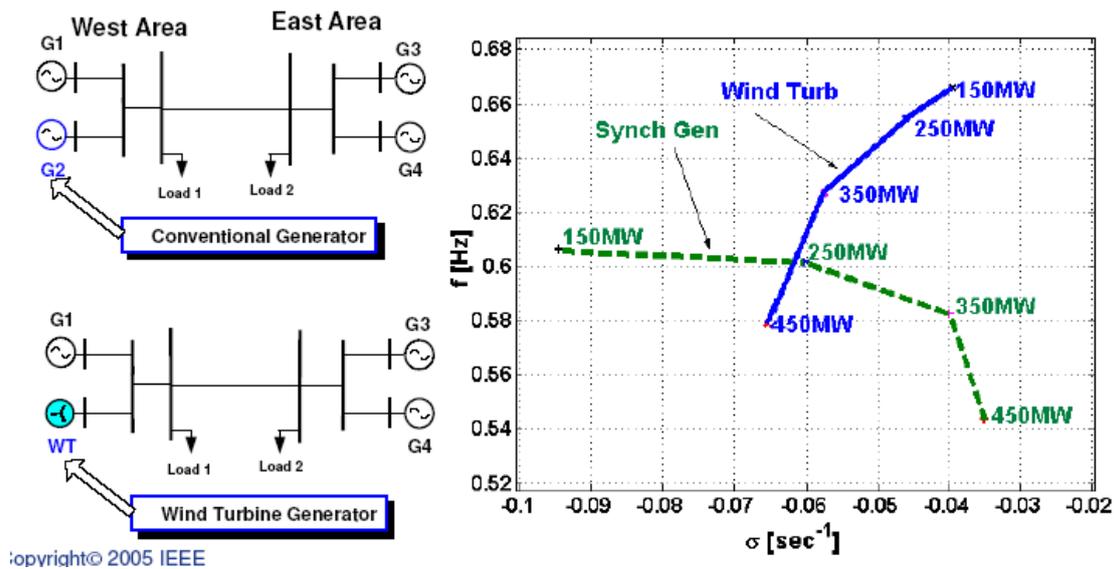


圖 4.5.7 增設風力機組 vs 同步機組後阻尼比較

自九〇年代起，排放二氧化碳造成的溫室效應日益嚴重，加以反核聲浪及能源短絀的問題日趨浮現，環保議題之「京都議定書」發布後各國皆有服膺並落實的責任，限制傳統能源使用，避免溫室效應的惡化已是世界各國必須正視的重點。

種種原因使得風力發電愈益受到重視，而石化資源並不充沛、卻擁有綿長海岸線且科技發達的國家，如中、北歐的丹麥、瑞典和德國...等，在風力發電領域已有豐碩的成果，且隨著新技術和新產品的使用，風力發電成本在近廿年之內已下降了80%，自1996年起上述諸國的風力發電量仍以每年逾10%的幅度呈穩定成長，全球風力發電先

進國家之推廣經驗顯示，長期而穩定的能源政策訂定目標與方針，搭配合理的補助與獎勵措施以提供誘因，為風能推廣能否成功之最重要關鍵。

除實體技術的引入，而如何開發風能，建立風能資料庫，並修訂再生能源的相關法規(稅賦、電價等)，乃至於訂定風力發電於系統之比重(美國以 20%為目標)研究，亦成為一大挑戰，以台灣能源短缺且電源開發困難的現況下，師法國外經驗，實刻不容緩。

4-6 太陽能發電概要

太陽能一般是指太陽光的輻射能量，自地球形成生物就主要以太陽提供的熱和光生存，而自古人類也懂得以陽光曬乾物件，並作為保存食物的方法，如制鹽和曬咸魚等。廣義上的太陽能是地球上許多能量的來源，如風能，化學能，水的勢能等等。但在文明社會快速發展下，能源使用量大增，而主要能源來源之化石燃料卻已即將告罄，故人們嘗試開發不同的新的能源，太陽能即為其中之一。

太陽能的利用有被動式利用（光熱轉換）和光電轉換兩種方式。太陽能發電遂成為一種新興的可再生能源。但現在太陽能的利用尚未普及，利用太陽能發電仍存在成本高、轉換效率低的問題，但是太陽電池在為人造衛星提供能源方面得到了很好的應用。

4-6-1 被動式利用(光熱轉換)

現代的太陽能科技可以將陽光聚合，並運用其能量產生熱水、蒸汽和電力。集熱式太陽能(Solar Thermal)。原理是將鏡子反射的太陽光，聚焦在一條叫接收器的玻璃管上，而該中空的玻璃管可以讓油流過。從鏡子反映的太陽光會令管子內的油升溫，產生蒸氣，再由蒸氣推動渦輪機發電。除了運用適當的科技來收集太陽能外，建築物亦可利用太陽的光和熱能，方法是在設計時加入合適的裝備，例如巨型的向南窗戶或使用能吸收及慢慢釋放太陽熱力的建築材料。在適當地

點，太陽能的長期使用成本已經接近甚至低於傳統的化石燃料。

4-6-2 光電轉換

光電轉換又稱太陽能光電。太陽能板是一種暴露在陽光下便會產生直流電的發電裝置，由幾乎全部以半導體物料（例如矽）製成的薄片固體太陽能電池組成。由於沒有活動的部分，故可以長時間操作而不會導致任何損耗。簡單的光電電池可為手錶及計算機提供能源，較大的光電系統可為房屋照明，並為電網供電。

太陽能板可以製成不同形狀，而又可連接，以產生更多電力。近年，天台及建築物表面開始使用光電板組件，被用作窗戶、天窗或遮蔽裝置的一部分，這些光電設施通常被稱為附設於建築物的光電系統。

目前，全球最大的屋頂太陽能面板系統位於德國南部比茲塔特（Buerstadt），面積為四萬平方公尺，每年的發電量為 450 萬千瓦時。

日本為了達成京都議定書的二氧化碳減量要求，全日本都普設太陽能光電板，位於日本中部的長野縣飯田市，居民在屋頂設置太陽能光電板的比率甚至達 2%，堪稱日本第一。而在中國的江蘇睢寧，太陽能利用率更達到 95%，可謂全中國第一。



圖 4.6.1 太陽電池實際上裝設情形

太陽電池是一種可以將能量轉換的光電元件，其基本構造是運用 P 型與 N 型半導體接合而成的。半導體最基本的材料是「矽」，它是

不導電的，但如果在半導體中摻入不同的雜質，就可以做成 P 型與 N 型半導體，再利用 P 型半導體有個電洞，與 N 型半導體多了一個自由電子的電位差來產生電流，所以當太陽光照射時，光能將矽原子中的電子激發出來，而產生電子和電洞的對流，這些電子和電洞均會受到內建電位的影響，分別被 N 型及 P 型半導體吸引，而聚集在兩端。此時外部如果用電極連接起來，形成一個迴路，這就是太陽電池發電的原理。

簡單的說，太陽光電的發電原理，是利用太陽電池吸收 $0.4\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$ 波長(針對矽晶)的太陽光，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。

由於太陽電池產生的電是直流電，因此若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝直/交流轉換器，換成交流電，才能供電至家庭用電或工業用電。

太陽電池的材料種類非常的多，可以有非晶矽、多晶矽、CdTe、 $\text{CuIn}_x\text{Ga}(1-x)\text{Se}_2$ 等半導體的、或三五族、二六族的元素鏈結的材料，簡單地說，凡光照後，而產生電能的，就是太陽電池尋找的材料。

主要是透過不同的製程和方法，測試對光的反應和吸收，做到能隙結合寬廣，讓短波長或長波長都可以全盤吸收的革命性突破，來降低材料的成本。

太陽電池型式上也分有，基板式或是薄膜式，基板在製程上可分拉單晶式的、或相溶後冷卻結成多晶的塊材，薄膜式是可是和建築物有較佳結合，如有曲度或可撓式、折疊型，材料上較常用非晶矽。另外還有一種有機或奈米材料研發，仍屬於前瞻研發，目前僅運用於太空項目上。因此，也就是目前可聽到不同世代的太陽電池：第一代基板矽晶（Silicon Based）、第二代為薄膜（Thin Film）、第三代新觀念研發（New Concept）。

非晶矽被廣為應用在薄膜太陽能電池材料上有下列因素：(1) 矽的藏量豐富並且比較起其餘化合物半導體無毒性 (2) 製程低溫和基板廉價 (3) 技術能力足以沉積大面積薄膜 (4) 相較於單晶矽元件的巨大材料要求量，非晶矽的膜厚小於 $1\ \mu m$ 。

	First generation	Second generation	Third generation
區別	基底為矽晶圓	薄膜太陽光元件技術	高績效,低成本光電製品
製程費用	US\$ 150 / m ²	US\$ 30 / m ²	US\$ 30 / m ²
最高績效	<20%	<15%	<60%
價格	US 3.5/W	US 1.0/W	US 0.5/W

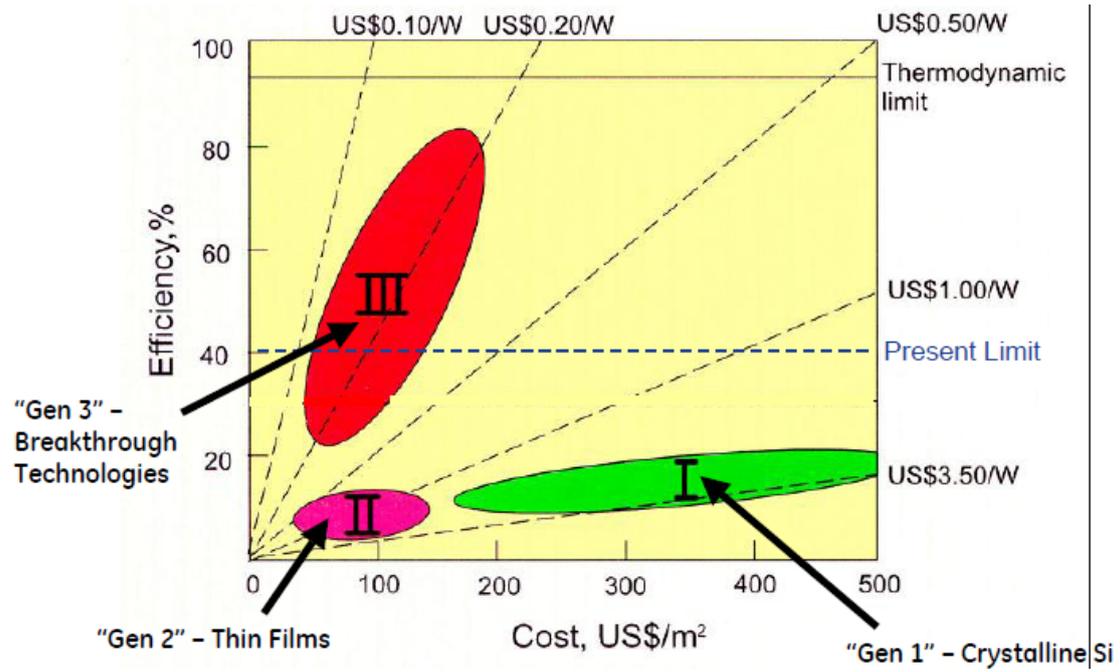


圖 4.6.2 不同世代太陽電池比較

五、實習期間參訪活動

5-1 Selkirk Cogen 汽電共生廠

該汽電共生廠位於紐約州 Selkirk，為奇異公司投資生產塑膠工廠之汽電公司，該廠採用額定容量 345MW 天然氣複循環發電機組，其生產電力最高提供 80 MW 至鄰近 Niagara Mohawk Power Corporation 另提供 265 MW 電力至 Consolidated Edison Company of New York；該廠產生蒸汽量每小時可達 400,000 磅，提供毗鄰塑膠產品工廠製程所需蒸汽，而生產電力約可餽供 345,000 戶家庭用電所需。

Selkirk 汽電廠係 1992 年運轉，第一期設置 80MW 設備(由單一氣渦輪機連結輔助燃燒設備組成)，至第二期則擴建為二台氣渦輪機+二台廢水回收鍋爐及一台汽輪機，一、二期間汽管可互通，整體容量提升至 345MW，其商轉時間為 1994 年九月。

GE 塑膠廠由於增設汽電設備後，使得該廠產值提升一倍以上，亦能平衡其能源支出，提升該廠營收；自 1994 年起，該廠經營管理由其投資伙伴 National Energy Gas & Transmission 公司負責，而運轉維護則由 GE Plastics

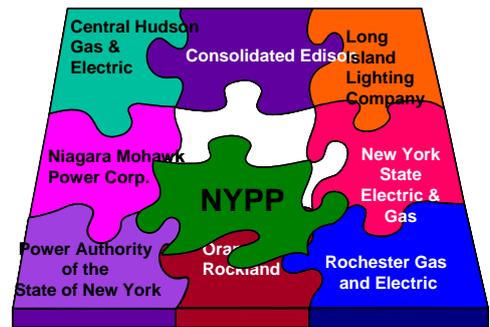


依契約執行服務。

5-2 NYISO 紐約獨立調度中心

紐約獨立調度中心 NYISO (New York Independent System Operator) 成立演進過程如下：

- 1965 年紐約大停電→
- 1966 年紐約電力池 NYPP(New York Power Pool)成立→
- 1970 年 NYPP 控制中心開始運轉→
- 1993 年 NYPP 因應 FERC 的 888&889 命令，研議改進原有電力池的調度規則→
- 1997 年 NYPP 向 FERC 提出申請成立紐約獨立調度中心→
- 1999 年 NYISO 開始運作→2007 年預計市場達 497 億美元。



NYISO 組織架構如下圖，是由十位不同專業背景人士(與電力市場交易業者無關)組成之董事會管理，並轄數個控制管理委員會(Governance committees)，由包括在躉售及零售市場買方與賣方同一位階的 NYISO stockholders，以及在市場上並未擁有 commercial stake 的代表所組成。這些委員會包括管理委員會(Management Committee)、營運委員會(Operating Committee)及企業事務委員會(Business Issues Committee)等，相關規則修改，均需獲得 58% 成員贊

成方可通過。

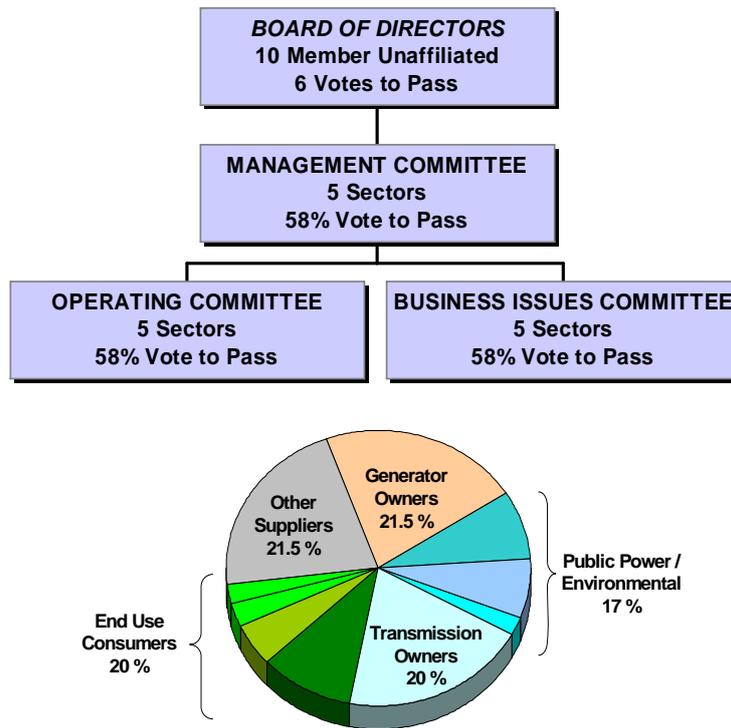


圖 5.2.1 NYISO 組織架構

NYISO 成立後主要任務為：

1. 紐約州電力系統可靠運轉。

2006 年紐約州尖峰負載約 32,295MW，採 18% 備用容量，約需 39,288MW 電源；而就運轉考量需有 1.5 倍系統最大單一事故量=1800MW(1.5*1200/停線容量)，其中 1200MW 於 10 分鐘內可用，600MW 於 30 分鐘內可用。

2. 有效管理紐約州競爭的躉售市場機制。

目前紐約州電力市場結構 51% 為一日前市場(Day-Ahead Market)、45% 為雙邊合約(Bilateral (forward) Contracts)、4% 為即時市場(Real Time)。

3.改善區域間運轉與規劃並滿足顧客的期望與需求。

台灣未來的電力發展將不可避免自由化的趨勢，多方參考觀摩各國電力市場結構、運轉機制，將有助於發展因應自身未來自由化發展的走向，感謝奇異公司安排一系列的參訪及 NYISO 解說，也期待有機會瞭解其他獨立調度中心。

5-3 其他參觀行程

1. GE 汽輪機與發電機製造工廠：Schenectady , New York

2. GE 大電力電容器與電力品質產品工廠：

Fort Edward , New York

3. GE 全球研發中心(Global Research Center Headquarters)：

Niskayuna, New York

GE 公司是一個結合科技與製造並多元性發展的世界級企業集團，長久以來在各個領域有相當令人印象深刻的與成就，該公司自 1878 年由愛迪生(Thomas A. Edison)創立



以來，已超過百年歷史，而歷經時代的變遷與企業轉型的雙重考驗，GE 憑俟其不斷創新研發精神，發展成為當今世界上少數成功的跨國企業(全球一百多個國家設有分公司，超過三十萬名員工)，更是 1896 年在美國道瓊 (Dow Jones)掛牌上市的所有公司中，迄今唯一碩果僅

存的一個，可知求新求變是一個公司永續經營的原動力，足堪效法學習。

六、參考文獻(攜回資料)

1. John J. Grainger & William D. Stevenson ,“Power System Analysis” –McGraw-Hill
2. Allen J. Wood & Bruce F. Wollenberg ,“Power Generation Operation And Control” –Wiley interscience
3. Allan Greenwood ,”Electrical Transients in Power Systems” –Wiley interscience
4. Prabha Kundur ,”Power Systems Stability and Control” –McGraw-Hill
5. Hadi Saadat ,“Power System Analysis”
6. Steven A. Barnes, "Power Flow and Transient Stability Analysis"
7. Ronald L. Hauth, "Transmission Analysis"
8. Liz Pratico, "Surge Analysis & Equipment Application"
9. John P. Skliutasr, “Reactive Power Compensation & Voltage Control”
10. Mike Reichard,P.E. & Jason MacDowell, “Protective Relaying Fundamentals”
11. Hamid Elahi, “Power System Fundamentals”
12. Dr. M. Harry Hesse, “Principles Of Electric Power Engineering

Analysis”

13. Juan J. Sánchez-Gasca, “Power System Dynamics”
14. Sandy Murdoch & Steven A. Barnes, “Power Generation Control
& Excitation”
15. Reigh Walling, “Power Electronics Applications in Transmission”
16. Lavelle Freeman, “Distribution Planning and Engineering”
17. Steven A. Barnes, “Transmission Planning & Analysis”
18. John McDonald & Byron Flynn, “Modern Grid :
Substation/Distribution Automation”
19. Beth LaRose, “Global Power Markets”
20. Sundar Venkataraman, “US Power Industry”
21. Steven Oltmanns & Ravi Kanth Varanasi, “Utility Economics”
22. Gary Jordan and Rit Sepanski, “Strategic Transmission &
Generation Planning”
23. Bahman Daryanian, “Demand Response and Dynamic Pricing”
24. Sundar Venkataraman, “Power Plant Financial Modeling and
Evaluation”
25. Chris Stammen & Jack Weininger, “Competitive Power
Generation”

26. Terry Raddings & Chris Kelbert, “Integrated Gasification Power Fundamentals”
27. Russell Young & Chris Kelbert, “Fuel Flexibility and Alternative Energy Applications”
28. Jack Weininger & Mike McMurray, “Industrial Energy Users”
29. Nicholas W. Miller, “Fundamentals of Renewable Energy Systems”
30. Devon Manz & Gene Hinkle, “Energy Storage Fundamentals”