

出國報告（出國類別：實習）

大潭燃氣火力發電計畫 House Load 運 轉之規劃、裝機設定、運轉維護

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：吳孝昆 電機課長

派赴國家：日本

出國期間：98年11月5日至98年11月18日

報告日期：99年1月7日

QP-08-00 F04

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大潭燃氣火力發電計畫 House Load 運轉之規劃、裝機設定、運轉維護

頁數 30 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力股份有限公司

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

吳孝昆/台灣電力股份有限公司/核能火力發電工程處/電機課長/(02)23229551

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：自 98 年 11 月 5 日至 98 年 11 月 18 日 出國地區：日本

報告日期：99 年 1 月 7 日

分類號/目

關鍵詞：孤島運轉 (House Load Operation)、複循環 (Combined cycle)、
熱回收鍋爐 (HRSG)

內容摘要：(二百至三百字)

台灣地區為一獨立之電力系統，目前系統中具全黑起動能力之水力機組及氣渦輪機多位於中、南部。北部地區主要之全黑起動機組--石門水庫機組，在水庫淤積情況更趨嚴重後，其可靠度大不如以往。為提升北部地區在系統全黑狀況下供電能力，大潭電廠機組已規劃加入 House Load 功能，在全黑或電力系統不穩時之緊急情況下，氣渦輪機組將與系統隔離，機組直接進入 House Load 運轉狀態，而利用前述氣渦輪機排氣餘熱發電之汽輪機則立即跳脫，雖其可靠度可能不若專用之全黑起動機組，惟本項功能加入後對系統有莫大之裨益。在系統發生全黑後，復電過程中，進入 House Load 模式之機組自行提供廠內輔助電源，除可增加一道機組保安功能，確保大潭機組於系統全黑下能夠自保運轉（維持 Minimum Load）而不跳機，更可依系統需要，隨時可將機組再併入系統迅速提供電力以供應電力系統中重要負載及其他發電機組作為起動電力，對系統之重建有極大幫助，並可當作系統全黑之備援機組，以加速系統復電並可增進機組運轉可靠度及運轉安全。為使參與本計畫之人員更進一步瞭解規劃及裝機設定階段相關知識，充分掌握機組各項特性及運轉注意事項，吸取廠家運轉經驗及運轉維護注意事項，並使機組 House Load 功能之試運轉及執行均能順利進行如期完工。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

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

目次：

一、國外公務之目的及過程 -----	2
(一)、公務目的 -----	2
(二)、公務過程 -----	2
二、國外公務之心得 -----	2
(一)、複循環發電方式原理概述 -----	3
(二)、大潭#3 號機 House Load 測試失敗原因及其改善措施概述-----	4
(三)、House Load 運轉概述 -----	6
(四)、House Load 運轉後對系統執行加壓送電概述 -----	11
(五)、House Load 運轉相關之氣渦輪機控制系統概述 -----	13
三、國外公務之感想及建議 -----	30

本文

一、國外公務之目的及過程：

(一)、公務目的：

1. 緣起：

台灣地區為一獨立之電力系統，目前系統中具全黑起動能力之水力機組及氣渦輪機多位於中、南部。北部地區主要之全黑起動機組--石門水庫機組，在水庫淤積情況更趨嚴重後，其可靠度大不如以往。為提升北部地區在系統全黑狀況下供電能力，本計畫大潭電廠機組已規劃加入 House Load 運轉功能，其為台電複循環發電機組首次加入之功能，有必要派員赴日本廠家 MHI 公司接受相關之專業訓練，以進一步瞭解其設計原理並擷取國外規劃、裝機及維護之實務經驗，做為日後機組規劃、改善、維護及技術移轉之參考；大潭計畫合約中已有規定設備廠家三菱公司(MHI)需提供本公司人員之訓練。

2. 目的：

本次任務目的為大潭燃氣火力發電計畫 House Load 運轉之規劃、裝機設定、運轉維護實習，係為瞭解大潭計畫複循環機組 House Load 運轉規劃及裝機設定階段相關知識，充分掌握機組各項特性及運轉注意事項，吸取廠家運轉經驗及運轉維護注意事項，並期使機組 House Load 功能之試運轉及執行均能順利進行如期完工。。

(二)、公務過程：

1. 98年11月5日至98年11月5日：往程，台北→高砂市
2. 98年11月6日至98年11月11日：在高砂市 MHI Takasago Machinery Works 研習大潭燃氣火力發電計畫 House Load 運轉之規劃、裝機設定、運轉維護訓練課程及參觀工廠。
3. 98年11月15日至98年11月15日：高砂→橫濱
4. 98年11月16日至98年11月17日：在橫濱市 MHI Power System Headquarters 研習大潭燃氣火力發電計畫 House Load 運轉之規劃、裝機設定、運轉維護訓練課程。
5. 98年11月18日至98年11月18日：返程，日本→台北

二、國外公務之心得：

本公司大潭複循環燃氣火力發電計畫係配合國家長期經濟發展及電力負載逐年增長之需求，經長期電源開發計畫評估分析，北部地區尖峰負載佔系統比例 44.7%，而尖峰供電能力僅佔系統 29%，嚴重不足，故為解決北部地區電力供需失衡情形，並配合政府能源多元化政策，乃選定桃園縣觀音鄉大潭濱海工業區境內設立複循環發電廠，以天然氣為主要燃料降低空氣污染，俾能舒解南、北電力失衡問題，同時能夠降低線路損失，增進系統穩定度，對本公司整體營運將有莫

大之助益。

本計畫主發電設備採購案於民國 92 年 6 月 18 日決標，本計畫分為第 1 期及第 2 期 (Stage I & II) 均由統包商日本三菱公司得標，預定裝設 6 部最新式高效率複循環機組 (目前大潭#1~#6 號機業已順利商轉發電)，以天然氣為主要燃料(#1, #2 機組並兼具可燃用輕柴油之雙燃料能力)，具有高可靠度、低建廠成本，高負載變化率及低污染等特性。第 1 期共有 2 部複循環機組，採用 501F 汽渦輪機型，氣渦輪機進口溫度 1350-1400°C，燃燒器以壓縮空氣冷卻，每部機組裝置容量為 742.7MW 以 3 台氣渦輪機 (3×153.5MW)、3 座熱回收鍋爐及 1 台汽輪機 (282.2MW) 方式配置；而第 2 期共有 4 部複循環機組，採用 501G 汽渦輪機型，氣渦輪機進口溫度 1500°C，燃燒器以蒸氣冷卻，每部機組裝置容量為 724.7MW 以 2 台氣渦輪機 (2×233.9MW)、2 座熱回收鍋爐及 1 台汽輪機 (256.9MW) 方式配置，M501F/M501G 型氣渦輪機規格如表一。6 部機組完成商轉發電後，總裝置容量合計達 4384.2MW，成為全台最具規模之天然氣發電廠。

	#1、#2 機 (Stage I)	#3~#6 機 (Stage II)
氣渦輪機機型	M501F	M501G
空氣壓縮機	葉片級數 16 級	葉片級數 17 級
壓縮比	16.1:1	20:1
燃燒室	16 組罐式環狀排列	16 組罐式環狀排列
GT 葉片級數	4 級	4 級
GT 進氣/排氣溫度	1400°C / 607°C	1500°C / 623°C
每部機 GT 台數	三配一	二配一

表一：M501F/M501G 型氣渦輪機規格

(一)、複循環發電方式原理概述

1. 氣渦輪機原理：

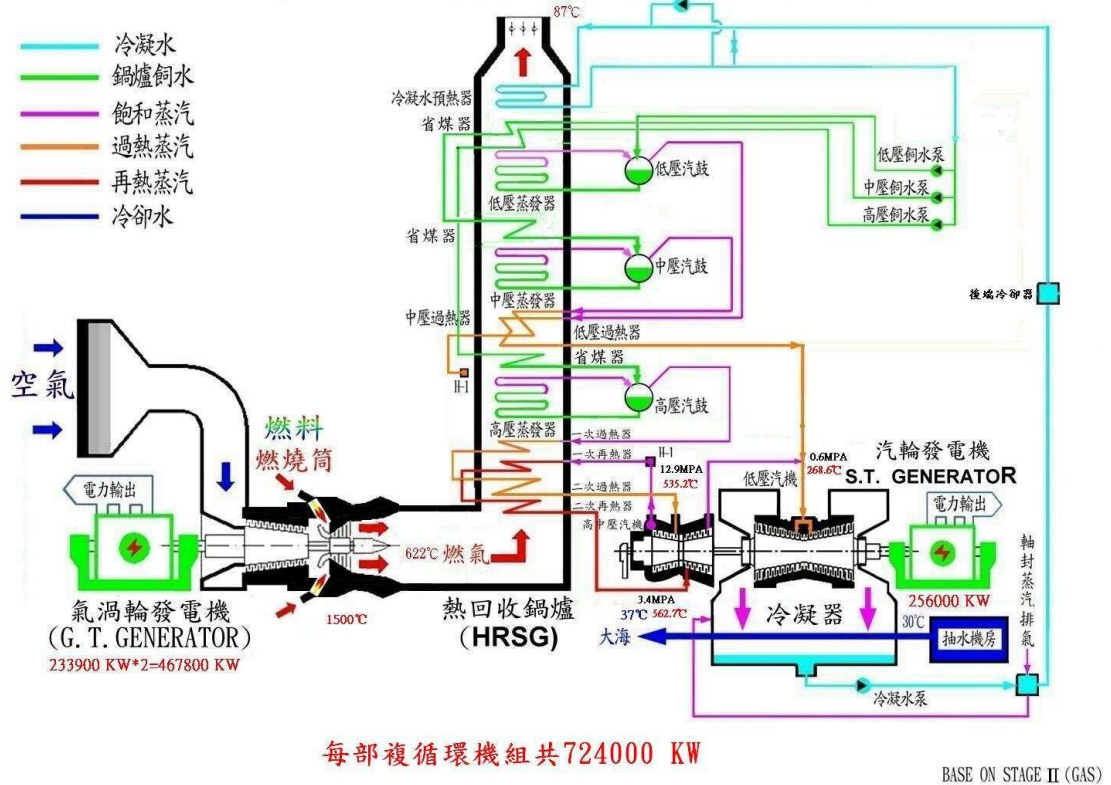
氣渦輪機主要由四項設備組成，即空壓機、燃燒室、氣機及發電機，氣渦輪機運轉之熱循環為布雷登循環(Brayton Cycle)設計，氣渦輪機先將空氣經由空壓機加壓升溫後，經由燃燒室燃料之燃燒做化學能轉換成熱能後，高溫燃氣再送至氣渦輪機，氣渦輪機先經由噴嘴(靜葉片)轉換熱能為動能，再將此動能經動葉片轉換為機械能，此機械能藉由聯軸器傳送至發電機轉為電能，經變壓器傳送至電力網。

2. 汽輪機原理

因氣渦輪機排氣溫度還很高(仍約有 540°C 以上，此溫度視氣渦輪機進氣溫度，空壓機入口溫度，進出口氣道壓力損失而有不同)，

為有效利用此排氣能量，加設熱回收鍋爐(HRSG)，以排氣熱能來加熱爐水，使產生蒸汽來推動汽輪機以產生額外之電力，此過程即為複循環發電(Combined cycle).其發流程圖及設備配置如圖一。

大潭天然氣複循環發電流程圖



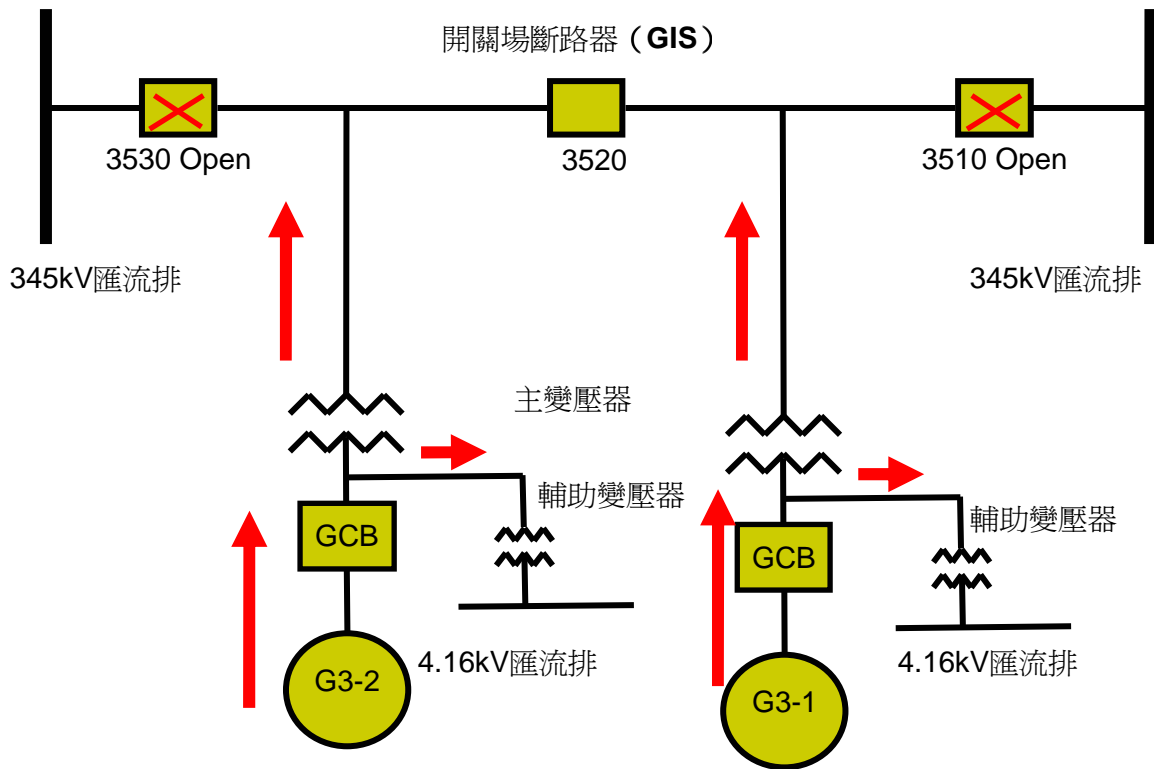
圖一：大潭天然氣複循環發電流程圖

(二)、大潭#3 號機 House Load 測試失敗原因及其改善措施概述

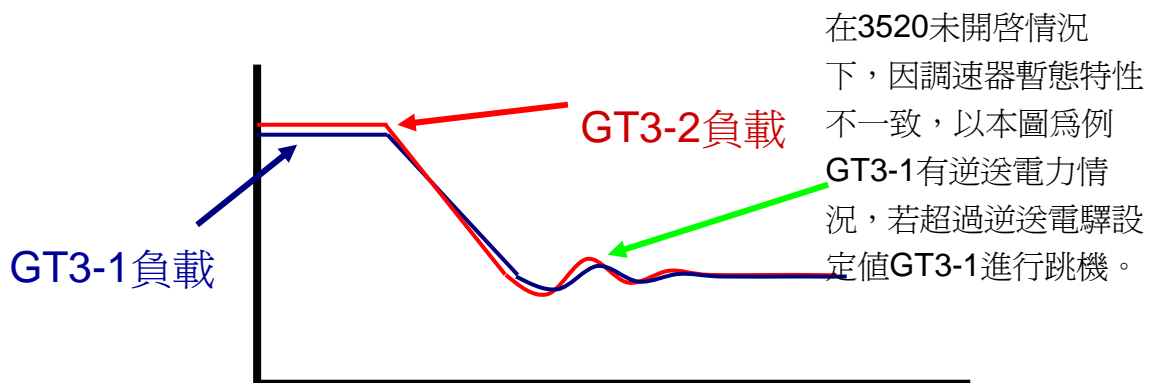
House Load 功能是當在全黑或電力系統不穩時打開開關場端之斷路器 (52H)，此時由機組自行提供廠內輔助電源，並於電力系統穩定後再併聯上電力系統提供電力，其目的在保護發電機組及確保機組電力之可用性，雖然大潭#3 號機廠商在 96 年 6 月 21 日執行 House Load 試驗失敗，但也因為有此失敗經驗，更能將 House Load 功能改善的更完備，失敗原因及其改善措施說明如下：

1. 大潭#3 號機執行 House Load 試驗失敗原因

- (1)因試驗時開啓 3510 及 3530，此與 GT3-1 發電機保護電驛規劃之邏輯 3510 及 3520 開啓時抑制過頻電驛動作不一致，又與 GT3-2 發電機保護電驛規劃之邏輯 3520 及 3530 開啓時抑制過頻電驛動作不一致如圖二，而 GT3-1 發電機與 GT3-2 發電機空載併聯運轉其負載變化如圖三。



圖二：大潭#3 House Load 試驗圖



圖三：GT3-1 與 GT3-2 典型負載變化圖

- (2) 過頻電驛動作閉鎖電驛，汽機與發電機進行跳機，GT3-1 及 GT3-2 House Load 試驗失敗。
- (3) #3 在 House Load 功能測試失敗後，閉鎖電驛動作，汽機跳機及發電機斷路器打開，機組進入全黑狀況。Essential MCC 失去電源，緊急柴油發電機偵測到低電壓自動起動，ATS 自動切換至緊急柴油發電機供電，

機組進入安全停機狀態。

(4)GT3-2 依安全停機程序停機，而 GT3-1 因直流系統連絡斷路器（tie breaker）在 House Load 試驗前因不明原因開啓無法供應直流電源，而 UPS 未能成功切換轉供電源，致使控制系統失去電源，ATS 無法切換至緊急柴油發電機供電，潤滑油泵、封油泵及慢車齒輪均無法動作，汽機轉子受損軸承損壞，發電機軸承損壞。

2. House Load 試驗失敗改善措施

(1)直流系統改善措施

- ① 充電機改先由別部機電源提供以提高可靠度。
- ② 增設斷路器監視功能確保直流系統電源供應正常。
- ③ 連絡斷路器改善瞬間跳脫設定增加該斷路器安全性。
- ④ 未來檢討修改直流系統架構，規劃斷路器及電池監視系統。

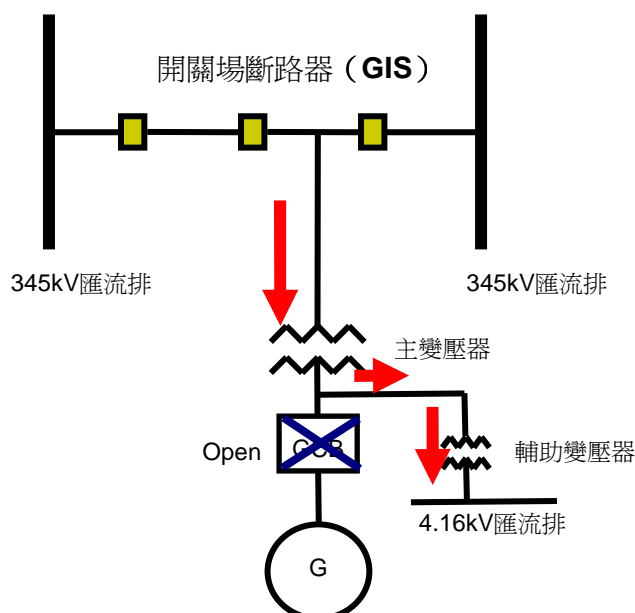
(2)不斷電系統（UPS）改善措施

- ① 架設警告標示防止人為誤動作。
- ② 修訂內部轉供設定加速轉供速度，改善電源轉供功能。
- ③ 未來修改該系統架構，規劃由雙電源同步供電，消除轉供問題。

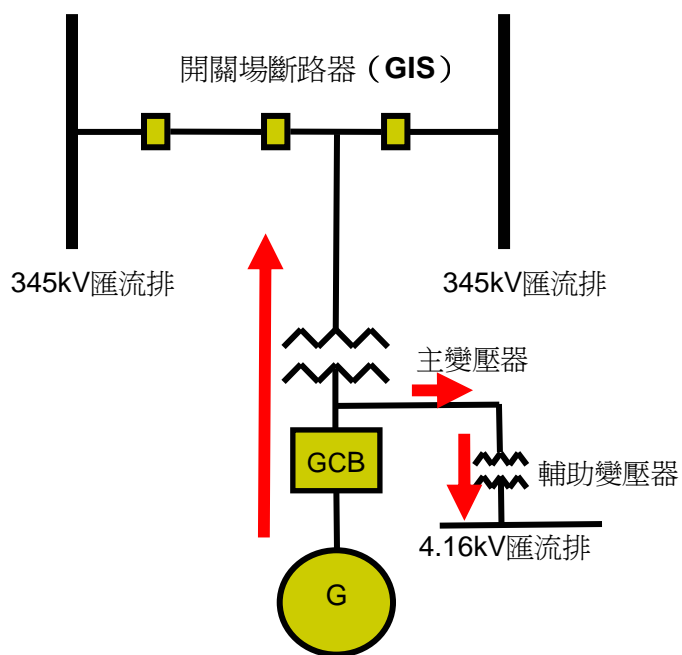
(三)、House Load 運轉概述

1. House Load 運轉簡述

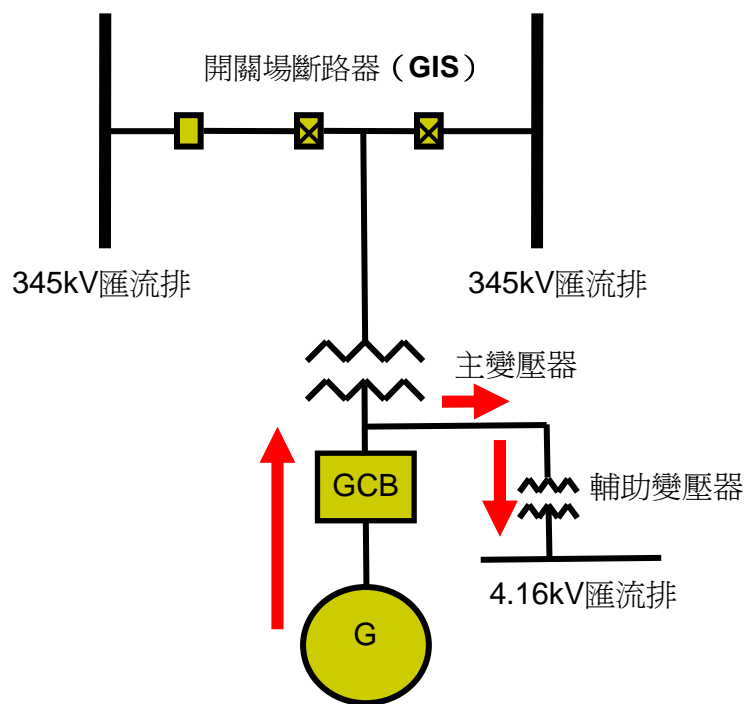
House Load(孤島運轉)就是氣渦輪機組在電力系統有突發性的故障或事故而導致機組電力無法輸出或機組出力受外因影響致大幅振盪時系統故障時，自動將發電機組開關場端之斷路器（52H）予以打開（OPEN）（詳圖六）與將氣渦輪機之發電機與電力系統隔離，而發電機組經由機組本身的輔助變壓器，提供輔機運轉必要電源，此時維持氣渦輪機運轉所需之輔機電力均由機組本身提供，讓發電機組維持在最低負載下運轉而不必跳機或停機，在 House Load 運轉時機組之出力約為額定出力之 2%左右，機組相關電力潮流如圖四～六。



圖四：機組在啓動時之電力潮流方向圖



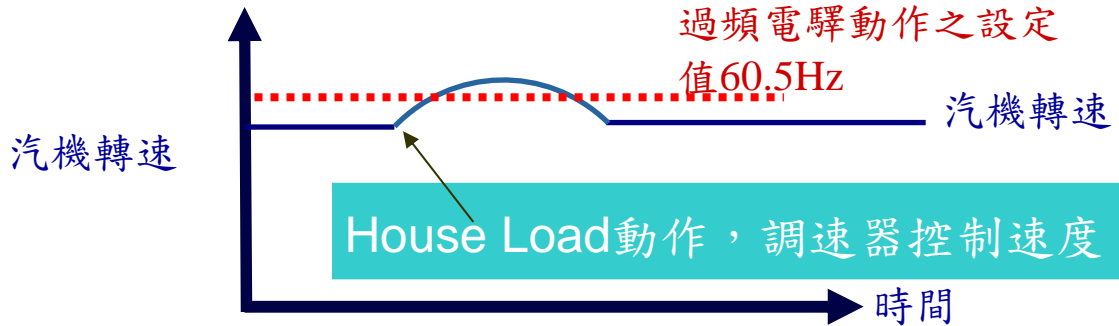
圖五：機組在正常運轉時之電力潮流方向圖



圖六：House Load 運轉時之電力潮流方向圖

2. House Load 運轉機組狀況

因瞬間由額定負載下降至約 2%額定負載，依物理慣性機組速率突升，此將觸發發電機保護電驛之過頻保護電驛動作，使機組進入發電機跳機及氣渦輪機跳機程序，因此在 House Load 功能中必須抑制過頻保護電驛之動作信號如圖七。



圖七：過頻保護電驛之動作信號圖

3. House Load 運轉特性條件

- (1) 汽機旁通 (Turbine Bypass) 運轉能力。
- (2) 氣渦輪機最低負載 (Minimum Load) 運轉能力。
- (3) 氣渦輪機卸載 (Load Rejection) 能力。

4. House Load 運轉改善現況

- (1) 當 House Load 運轉時，由氣渦輪機控制盤 (GTC) 下控制指令，經由發電機保護電驛盤 (GPR) 打開開關場斷路器 (GIS) 開關如圖八。



圖八：GIS 開關聯鎖

- (2) 當 House Load 運轉時，抑制高頻率時跳脫氣渦輪機。
- (3) 當 House Load 運轉時，抑制高頻率時打開發電機斷路器。
- (4) 直流系統之監測控制連絡斷路器狀態。
- (5) 控制系統改善速度控制及燃燒室旁通閥等控制。
- (6) 移除暫時因應頻率聯鎖對策，由 GPR 頻率聯鎖改回 GTC 控制頻率聯鎖。

5. House Load 運轉觸發條件

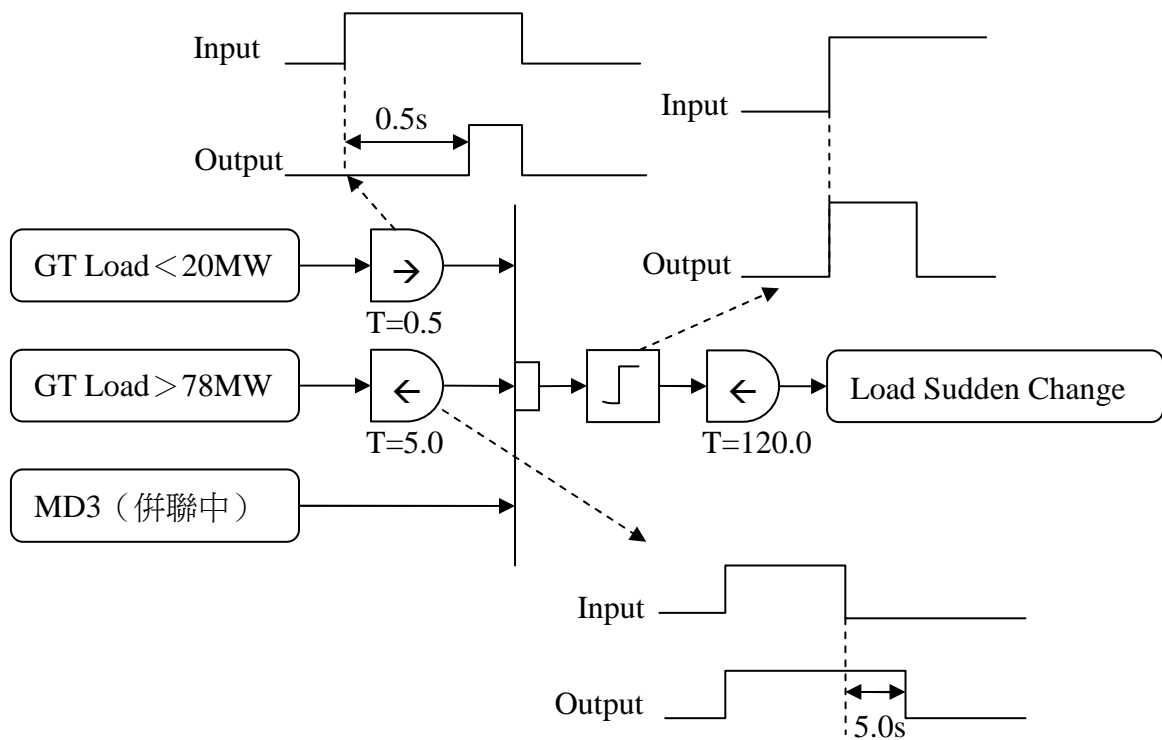
- (1) 系統頻率過高

頻率	氣渦輪機速度	時間延遲	功能動作
60.5Hz	3630 rpm	10.0 sec	打開發電機斷路器(GM CB)
61.2Hz	3672 rpm	2.0 sec	進入 House Load 運轉
61.8Hz	3708 rpm	0.1 sec	打開發電機斷路器(GM CB)
62.0Hz	3720 rpm	3.0 sec	氣渦輪機 (GT) 跳脫
63.0Hz	3780 rpm	0.1 sec	氣渦輪機 (GT) 跳脫

(2)系統頻率過低

頻率	氣渦輪機速度	時間延遲	功能動作
58.0Hz	3480 rpm	8.0 sec	進入 House Load 運轉
58.0Hz	3480 rpm	10.0 sec	打開發電機斷路器(GM CB)
57.0Hz	3420 rpm	2.0 sec	進入 House Load 運轉
57.0Hz	3420 rpm	3.0 sec	氣渦輪機 (GT) 跳脫

(3)機組負載突降(5 秒內由 78MW 下降至 20MW) 負載突降邏輯圖如圖九。



圖九：負載突降邏輯圖

(4)發電機組連接之 GIS 開關開啓

6. House Load 運轉測試前準備

(1)測試前確認項目

如果 House Load 運轉失敗，機組有可能會進入全黑狀況，因此必須先確認下列項目：

- ① 確認直流電源之可用性。
- ② 快速轉換匯流排功能之可用性。
- ③ 直流充電機之電源由其它機組供應。
- ④ 緊急柴油發電機電源之可用性。

(2)下列測試項目必須已完成以確保 House Load 運轉測試能順利進行：

- ① 氣渦輪機/汽輪機聯鎖測試 (Turbine interlock Test)
- ② 機組聯鎖測試 (Unit interlock Test)
- ③ 機組全黑動作順序測試 (Unit Black Out Sequence Test)
- ④ 卸載測試 (Load Rejection Test)
- ⑤ 熱回收鍋爐安全閥測試 (HRSG Safety Valve Test)
- ⑥ 發電機氫氣排放測試 (Generator Hydrogen Discharge Test)
- ⑦ 消防系統功能測試 (Function Test of Fire Fighting System)
- ⑧ 機械超速跳脫測試 (Mechanical Over Speed Trip Test)
- ⑨ 電氣超速跳脫測試 (Electrical Over Speed trip Test)
- ⑩ 緊急柴油發電機運轉測試 (EDG operation test)
- ⑪ 緊急柴油發電機功能測試 (Function Test of EDG)
- ⑫ 主蒸氣閥測試 (Main Steam Valve Test)

(3)記錄測試前相關資料

(4)確認資料儲存系統之可用性

(5)認知全黑狀況之處理程序

(6)確認 4.16kV 裝甲開關箱 SWGR 之主斷路器動作正常

7. House Load 運轉測試程序

(1)確認機組運轉狀態

(2)將運轉中之氣渦輪機組設定在基載並維持一個小時以上

(3)啟動 House Load 運轉觸發條件

(4)確認已進入 House Load 運轉

(5)確認相關 GIS 斷路器已開啓

(6)確認發電機斷路器仍然關閉

(7)確認 ST 汽輪機已跳脫

(8)確認機組運轉於 Governor 模式

(9)確認輔助設備仍維持運轉

(10)記錄 House Load 運轉資料

(11)維持 House Load 運轉 2 個小時以上以確認穩定運轉

(12)進行復歸(Recovery Operation)運轉

(13)運轉模式換至 Load Limit 模式

(14)確認與系統電壓同步後執行併聯

(15)確認運轉參數是否正常

8. 未來規劃維修保養注意事項

(1)電氣單線圖須依 House Load 功能需求考量設備電源規劃。

(2) 規劃時應避免發電機組直接並聯供電。

(3) House Load 判斷準則應事先審慎規劃。

(4) 未來維修保養除注意空壓機清潔外，其餘依一般維修保養原則即可。

(四)、House Load 運轉後對系統執行加壓送電概述

1. 系統全黑時 House Load 運轉後對系統執行加壓送電之可行性

(1)對系統執行全加壓送電可行性評估

House Load Operation 前運轉狀況	House Load Operation 後運轉狀況	全加壓送電可行性	全加壓送電失敗影響
1 On 1	汽輪機跳脫。 氣渦輪機 house load 運轉(調速器控制模式)。	可行(不建議) (如全加壓送電操作程序)	若全加壓送電失敗，造成 GT 跳機，機組變成全黑，機組再起動時必須先起動全黑機組供電， 預估再起動為 230 分鐘 後。
2 On 1 (GT1+GT2 或 GT1+GT3) for Stage I and Stage II	汽輪機跳脫。 兩台氣渦輪機 house load 運轉(調速器控制模式)。	可行 (如全加壓送電操作程序) 任一台 GT 全加壓送電	若全加壓送電失敗，造成 GT 跳機，快速匯流排轉供 (FBT) 動作，廠內用電自動切換至另一之 GT 輔變供給，並由此台 GT 再負起全加壓任務。 跳機後 Stage I 之 GT 必須等 90 分鐘後，才允許再起動，而 Stage II 之 GT 可能因無足夠輔助蒸汽可提供做起動前暖機，無法再起動。
2 On 1 (GT2+GT3) for Stage I	汽輪機跳脫 氣渦輪機 2 無載運轉。 氣渦輪機 3 house load 運轉(調速器控制模式)	可行(不建議) (如全加壓送電操作程序) GT2 維持 Full Speed No Load GT3 全加壓送電	若全加壓送電失敗，造成 GT 跳機，機組變成全黑，機組再起動時必須先起動全黑機組供電， 預估再起動為 230 分鐘 後。
3 On 1 for Stage I	汽輪機跳脫 氣渦輪機 1 house load 運轉(調速器控制模式)。 氣渦輪機 2 無載運轉。 氣渦輪機 3 house load 運轉(調速器控制模式)。	可行 (如全加壓送電操作程序) GT2 維持 Full Speed No Load GT1 或 GT3 全加壓送電	若全加壓送電失敗，造成 GT 跳機，FBT 動作，廠內用電自動切換至另一 GT 輔變供給，並由此台 GT 再負起全加壓任務。 跳機後之 GT 必須等 90 分鐘後，才允許再起動。

(2)對系統執行遞升加壓送電可行性評估

House Load Operation 前運轉狀況	House Load Operation 後運轉狀況	遞升加壓送電可行性	遞升加壓送電失敗影響
1 On 1 for Stage I and Stage II	汽輪機跳脫。氣渦輪機 house load 運轉(調速器控制模式)。	只剩一台 UAT 有電，電壓降低會影響廠內輔機運轉。 遞升加壓送電不可行	
2 On 1 (GT1+GT2 或 GT1+GT3) for Stage I and Stage II	汽輪機跳脫。兩台氣渦輪機 house load 運轉(調速器控制模式)。	可行 (如遞升加壓送電操作程序) 將廠內用電手動切換至由其中一台 UAT 供給，沒有供給廠內用電之 GT 可考慮遞升加壓送電	若遞升加壓送電失敗，造成 GT 跳機，跳機後 Stage I 之 GT 必須等 90 分鐘後，才允許再起動而 Stage II 之 GT 可能因無足夠輔助蒸汽可提供做起動前暖機，無法再起動。
2 On 1 (GT2+GT3) for Stage I	汽輪機跳脫 氣渦輪機 2 無載運轉。 氣渦輪機 3 house load 運轉(調速器控制模式)	只剩一台 UAT 有電，電壓降低會影響廠內輔機運轉。 遞升加壓送電不可行	
3 On 1 for Stage I	汽輪機跳脫 氣渦輪機 1 house load 運轉(調速器控制模式)。 氣渦輪機 2 無載運轉。 氣渦輪機 3 house load 運轉(調速器控制模式)。	可行 (如遞升加壓送電操作程序) 將廠內用電手動切換至由其中一台 UAT 供給，沒有供給廠內用電之 GT 可考慮遞升加壓送電	若遞升加壓送電失敗，造成 GT 跳機，跳機後之 GT 必須等 90 分鐘後，才允許再起動。

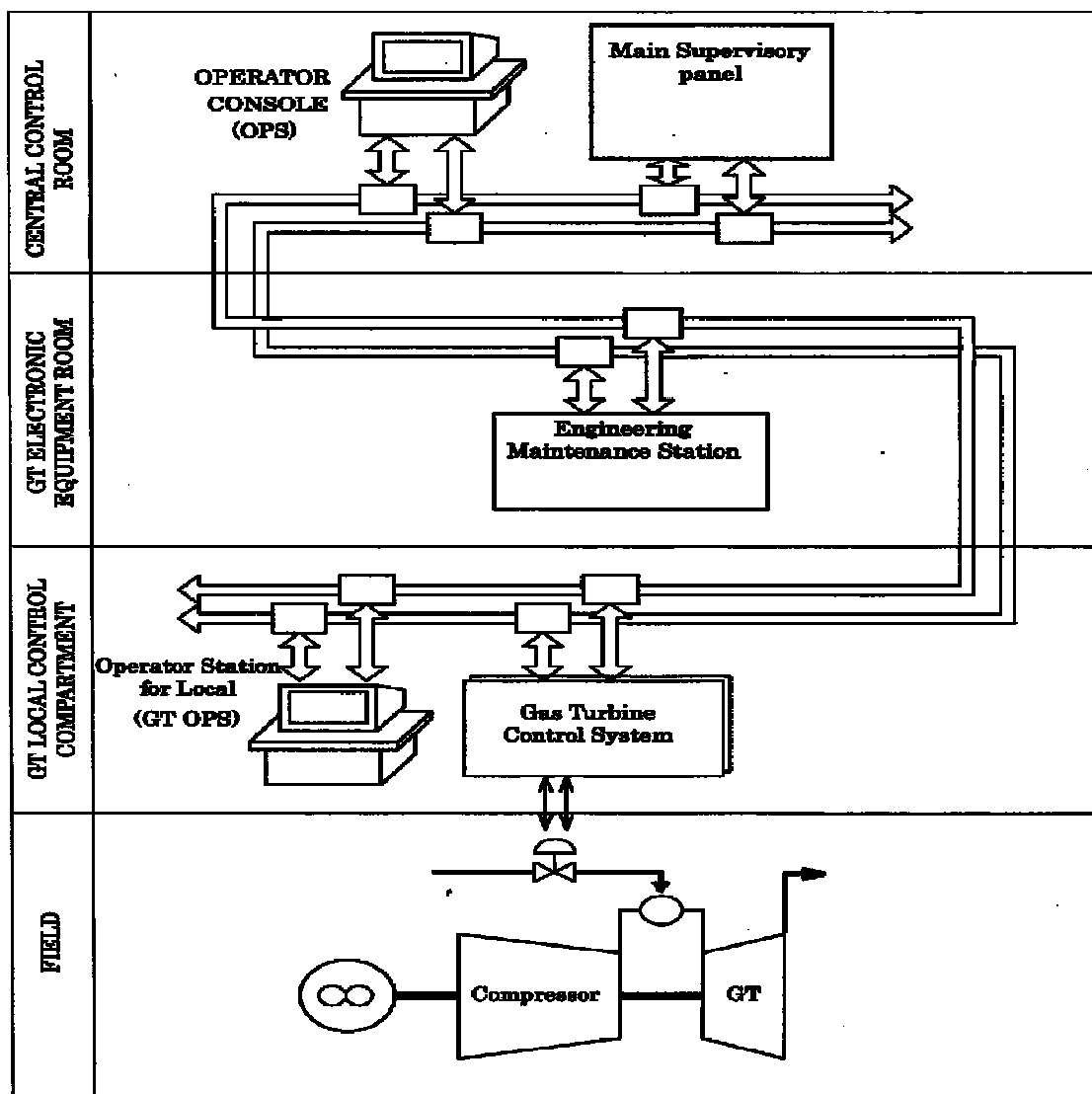
(3)綜上所述，系統全黑時對系統執行全加壓送電較為可行，而且亦經調度處規劃可行之加壓路徑並確認本廠對全黑系統全加壓時電壓之暫態及穩態反應是在合理範圍內，目前大潭#1 及#4 已執行加壓送電成功。

2. 系統全黑時 House Load 運轉後對系統執行全加壓送電操作程序規劃
 - (1)由中央調度室規劃全加壓路徑
 - (2)確認欲全加壓之開關場匯流排電壓指示為 0KV (無電壓)
 - (3)配合調度指令清空欲全加壓之開關場匯流排之斷路器
 - (4)依加壓路徑及配合調度指令投入線路相關之斷路器
 - (5)配合調度指令必要時先投入本廠電抗器
 - (6)GT 準備全加壓及送電
 - (7)確認機組輔機運轉正常、HRSG Drum 水位控制正常、冷凝器真空度正常
 - (8)確認 GT OPERATION MODE 以 GOVERNOR 運轉
 - (9)確認 GT 轉速及電壓都在額定值附近，偏離額定值過多時，以手動調整至額定值
 - (10)轉速由 GTC OPERATION 畫面 “GOVERNOR SET” 調整
 - (11)電壓由 GTC GENERATOR CIRCUIT DIAGRAM 畫面 “VOLTAGE SETTING” 調整
 - (12)GT AVR 置 Auto，GT 電壓是否先調整，必須配合調度指令
 - (13)將開關場操作權切至 RMC (必須在開關場 MP 盤切換)
 - (14)Key SW 切至(右側)GIS 控制
 - (15)SS 同步選擇開關切至(左側)Manual 位置
 - (16)依調度指令由開關場 MP 盤手動投入 52H，此時 GT 對開關場匯流排/系統全加壓及送電，注意監視發電機運轉點，必要時手動調高 GT 電壓，以防因進相能力不足而造成失磁電驛(40G)動作而跳機
 - (17)與中央調度室保持連繫，逐步加入負載時，注意監視發電機運轉點、GT 轉速及機組運轉狀況
 - (18)系統恢復穩定後及調度許可，GT OPERATION MODE 切至 LOAD LIMIT 運轉
3. 系統全黑時對系統執行全加壓送電之可能風險
 - (1)系統全黑時，機組處於不穩定運轉狀態，因其他因素造成跳機之風險高。
 - (2)運轉中機組若跳脫，#1/#2 機(stage 1)至少需 1.5 小時(2 on 1)~4 小時(1 on 1)才能再併聯，#3~#6 機若跳機，因無足夠輔助蒸汽可提供 GT 做起動前暖機，機組再起動時間約 6 小時以後。
 - (3)機組運轉規劃應納入全黑起動條件： #1 或#2 機最少應保持 2 on 1 運轉。
 - (4)開關場內用電來自#1 機或#3 機，若此二部機都沒電，開關場全黑，斷路器操作空壓機及連絡變、電抗器冷卻系統將無法運轉(斷路器操作空氣壓力需大於 14 kg/cm²)。
 - (5)對系統加壓時需考量線路電容量及本廠發電機最大進相運轉能力：
 - Stage I GT: 60MVAR(161 kV)， Stage II GT: 150MVAR(345 kV)。

(五)、House Load 運轉相關之氣渦輪機控制系統概述

1. 氣渦輪機控制系統簡介

House Load 運轉轉換時氣渦輪機速度處於極不穩定，因此氣渦輪機之控制系統之穩定控制為 House Load 運轉成功與否之重要關鍵，大潭火力發電計畫之 Stage I 係採用三菱 501F 型氣渦輪機，Stage II 係採用三菱 501G 型氣渦輪機，而三菱氣渦輪機控制系統是一套以完全相同的複式(Redundant)微處理器為基礎之數位型控制器。氣渦輪機發電機從起機到最大負載容量的任一運轉階段，該控制系統均提供了整合速度(Speed)控制、負載(Load)控制及溫度(Temperature)控制之全自動化控制，並且具備無凸點(Bumpless)之操作控制特性以因應操作功能失靈之狀況。



圖十：氣渦輪機控制系統架構

數位型控制器使用了微處理器，在複式系統架構下兼具高效能與高可靠度特性，該數位型控制器同時具備了調速控制(Governing Control：包含速度、負載及溫度控制)功能、燃料限制控制(Fuel Limit Control)功能、空壓機進口導翼控制(IGV Control：Inlet Guide Vane Control)功能，亦具有邏輯順序、監視、警示及自我系統診斷等功能。

氣渦輪機控制最關鍵要緊的速度及溫度控制部分，皆配備有多重的感測器並連接至控制系統，氣渦輪機保安跳脫之觸發感測信號更皆是雙重回路配置，氣渦輪機控制之系統架構如圖十所示。

2. 氣渦輪機之操作模式

(1)自動負載調整開啓模式(ALR on mode)：

當氣渦輪機受中央控制室或氣渦輪機現場控制室之控制，且運轉人員選取自動負載調整開啓 (ALR on) 按鈕之時即進入自動負載調整開啓模式。

(2)自動負載調整關閉模式(ALR off mode)：

當氣渦輪機受中央控制室，且運轉人員選取自動負載調整關閉(ALR off) 按鈕之時，即進入自動負載調整關閉模式。

(3)調速器控制模式(Governor control mode)：

當運轉人員於操作員工作站上選取調速器(Governor)按鈕，即進入調速器控制模式。在此模式速度控制(Speed control)下，負載控制是在追蹤模式，且會限制負載之上升。

(4)負載限制控制模式(Load limit control mode)：

當運轉人員於操作員工作站上選取負載限制(Load limit)選鈕，即進入負載限制控制模式。在此模式下，速度控制是在追蹤模式，過速時會降低負載。

(5)組合操作模式(Combination of operating modes)：

組合操作模式可分為下列四種情況：

	自動負載調整(ALR)	開啓(on)	關閉(off)
控制模式(Control mode)			
調速器 (Governor)		CASE-A	CASE-C
負載限制(Load limit)		CASE-B	CASE-D

CASE-A:氣渦輪機控制與自動負載調整器(ALR: automatic load regulator)之負載設定輸出相同，操作員經由自動負載調整器(ALR)之上升或下降按鈕來設定負載設定值，而自動負載調整器會自動改變氣渦輪機速度參考信號值(Turbine speed reference signal)，此控制是以速度控制(Speed control)為主，但是當速度下降太多時負載限制控制(Load limit control)將取得主控權來限制負載上升。

CASE-B：氣渦輪機控制與自動負載調整器(ALR; automatic load regulator)之負載設定輸出相同，操作員經由自動負載調整器(ALR)之上升或下降按鈕來設定負載設定值，而自動負載調整器會自動改變負載限制器參考信號值(Load limiter reference signal)，此控制是以負載控制(Load control)為主，但是當速度上升太多時速度控制(Speed control)將取得主控權來限制速度。

CASE-C：操作員選取調速器(Governor)之按鈕來操作上升或下降氣渦輪機速度參考信號值(Turbine speed reference signal)，其餘情形與CASE-A相同。

CASE-D：操作員選取負載控制器 (Load controller)之按鈕來操作上升或下降負載限制器參考信號值 (Load limiter reference signal)，其餘情形與CASE-B 相同。

(6)其他模式：

具備下列兩種模式選擇：

- ① 起機模式(Starting mode)包含“常態(Normal)”與“旋轉(Spin)”兩種選擇模式，當選擇“旋轉”模式時氣渦輪機是由起動設備所驅動，目的是為了淨化排氣風道及鍋爐之用。
- ② 本計畫 Stage I 機組尚具備燃料模式(Fuel mode)之選擇，即操作人員根據燃料供應情形可以按壓“燃油(Fuel Oil)”“燃氣(Fuel Gas)”按鈕來選擇“燃油”與“燃氣”模式。

3. 氣渦輪機控制器之控制功能

(1)自動負載調整器(ALR：automatic load regulator)：

經由自動負載調整器可選擇自由調速(Governor free)或負載控制(Load control)運轉方式，自動負載調整器開啓模式時會依選取運轉方式自動調整調速器(Governor)之速度參考值(Turbine speed reference signal)及調整負載控制器(Load controller)之負載限制器參考值(Load limiter reference signal)。

① 自由調速運轉(Governor free operation)

當選擇自動負載調整開啓模式(ALR on mode)及自由調速運轉(Governor free operation)時，氣渦輪機控制器接受自動負載調整器(ALR)之控制信號，且自動調整調速器之速度參考值，使調速器(Governor)之輸出等於自動負載調整器(ALR)之控制信號值；同時氣渦輪機控制器將會自動調整負載控制器之負載參考值等於氣渦輪發電機之輸出加上一偏移量，此時，調速器控制是作用中，如果系統頻率突然降低之狀況發生，負載控制器會限制氣渦輪發電機輸出的急速上升。

② 負載控制運轉(Load control operation)

當選擇自動負載調整開啓模式(ALR on mode)及負載控制運轉(Load control operation)時，氣渦輪機控制器亦接受自動負載調整器(ALR)之控制信號，並自動將負載控制器(Load controller)之負載限制器參考值調整為等於自動負載調整器(ALR)之控制信號值；同時氣渦輪機控制器會自動調整調速器(Governor)之參考值，而調速器控制之輸出信號會等於氣渦輪機控制器之輸出加上一偏移量。

(2)速度控制(Speed control)

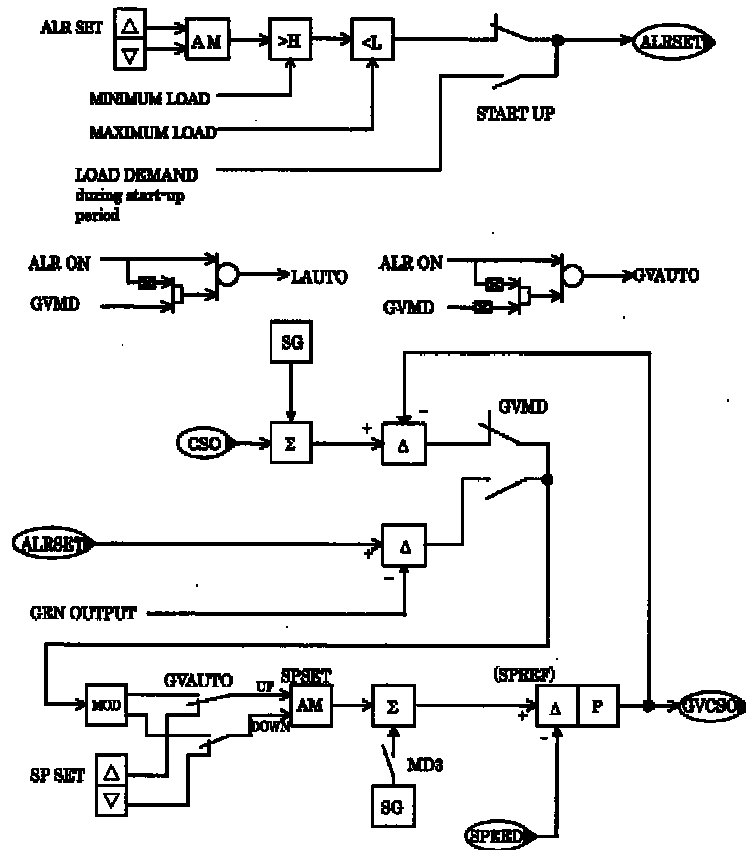
在額定速度且空載時，速度控制是做為併聯之用。當在有載時，速度控

制是做為自由調速運轉(Governor free operation) 之用。

在額定速度且空載時，可由自動併聯器或調速器之上升或下降按鈕之信號來改變調速器之參考值。

在有載而自由調速運轉(Governor free operation)模式時，速度控制是做為氣渦輪機之速度調節。在有載而自動負載調整開啓模式(ALR on mode)時，自動負載調整器之信號自動改變速度參考值(SPREF；Turbine speed reference signal)。在有載情況下，自動負載調整關閉模式(ALR off mode)及自由調速運轉模式(Governor free operation mode)時，由調速器(Governor)上升或下降控制按鈕信號來調整速度參考值(Turbine speed reference signal)。

速度控制會將氣渦輪機實際速度與調速器之速度參考值做比較，將實際速度與調速器之速度參考值之差值做為比例控制(Proportional control)計算，經由比例控制計算後輸出調速器控制信號(GVCSO；Governor Control signal output)以獲得速度調定率(Speed Droop)。

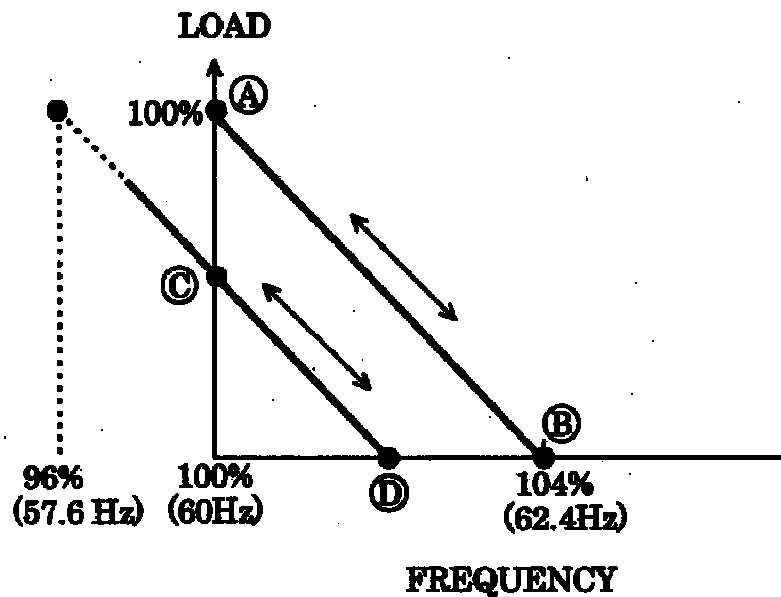


圖十一：速度控制之功能方塊圖

速度控制之功能方塊圖如圖十一 所示，當氣渦輪機組在低速時，輸入至比例控制(Proportional Control)之差值非常高，所以比例控制之輸出(即調速器控制信號；GVCSO)會超過100%，當氣渦輪機組在加速至額定速度時，輸入至比例控制之差值持續遞減，比例控制之輸出(GVCSO)則遞減至控制狀態，在額定速度時比例控制輸出信號(GVCSO)會被初始化。氣渦輪機速度參考值(SPREF)是由類比計記憶器 (AM；Analog Memory) 所產生，並由該記憶器上升或降低之信號來改變。當在額定速度時，速

度參考值(SPREF)是由調速器之手動上升或下降按鈕之信號或自動併聯系統(Auto-Synchronize System)來改變，將速度調整併聯至系統電網。當發電機斷路器閉合形成有載情況下，速度參考值(SPREF)之調整係為調節發電機之電力輸出。

比例控制(Proportional Control)時頻率(Frequency)與負載(Load)關係如圖十二所示，當併聯上系統電網運轉時，頻率是由系統電網決定，當氣渦輪機的速度在100%速度且100%負載運轉(Ⓐ點)時，速度參考值保持固定不變，假使氣渦輪機速度上升至104%速度時，負載將降至0%(Ⓑ點)，此功能是為了協助維持系統電網之頻率，此模式稱之為自由調速運轉(Governor Free Operation)或調定率運轉(Droop Operation)或調節運轉(Regulation Operation)，此一斜率角度一般設定為4%速度差值除以100%負載差值，稱之為4%調節(REGULATION)或4%調定率(DROOP)。負載之輸出大小是根據速度參考值(SPREF)上升或下降做調整，當氣渦輪機的速度在100%速度且100%負載運轉(Ⓐ點)時，假使速度參考值下降，負載會由Ⓐ點降低至Ⓒ點。由於斜率本身是不變的，所以頻率變動時，4%調節(4%Regulation)功能仍保持負載在Ⓒ點與Ⓓ點線段上，在這樣情況下，如果頻率降低，負載將可上升。



圖十二：比例控制(Proportional Control)時頻率(Frequency)與負載(Load)關係

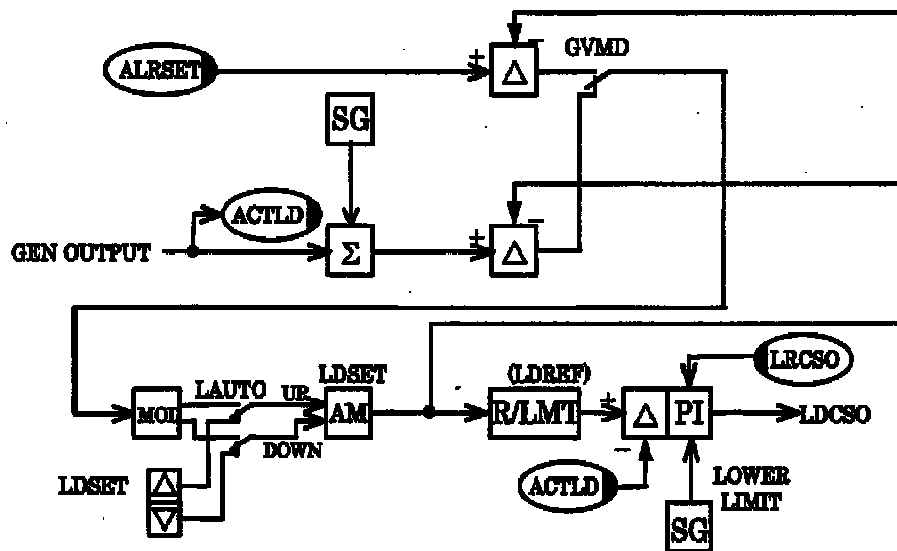
(3)負載控制(Load control)

負載控制是在有載情形下依負載需求提供負載控制信號。當有載情形下自動負載調整開啓模式(ALR on mode)時，負載參考值(Load reference)會自動依照自動負載調整器控制之信號做改變。當在有載情形下自動負載調整關閉模式(ALR off mode)及負載控制(Load control)運轉模式時，負載參考值(Load reference)會依照負載設定值做改變，該負載設定值是

操作員經由自動負載調整器(ALR)之上升或下降按鈕來設定。此外，當自由調速運轉模式(Governor Free operation mode)時，負載控制信號輸出(LDCSO)值會被限制為燃料控制信號輸出(CSO)加上一定的偏移量(Bias)，其目的是做為調定率控制(Droop Control)之負載限制用。

圖十三所示為有載情形下負載控制之功能方塊圖，氣渦輪機負載參考值(LDREF)是由類比計記憶器 (AM) 所產生，並由該記憶器上升或降低之信號來改變。

負載控制會將氣渦輪機發電機實際輸出與負載參考值(Load reference)做比較，將實際輸出與負載參考值之差值做為比例積分控制(Proportional and Integral control)計算，經由比例積分控制計算後輸出負載控制信號輸出(LDCSO : Load Control signal output)，且應用了可變數值之積分作用限制器(Reset Limiter)來防止比例積分控制計算信號輸出之Reset Windup現象，積分作用限制器(Reset Limiter) 數值等於控制信號輸出(CSO)值加上5%偏移量(Bias)。



圖十三：負載控制之功能方塊圖

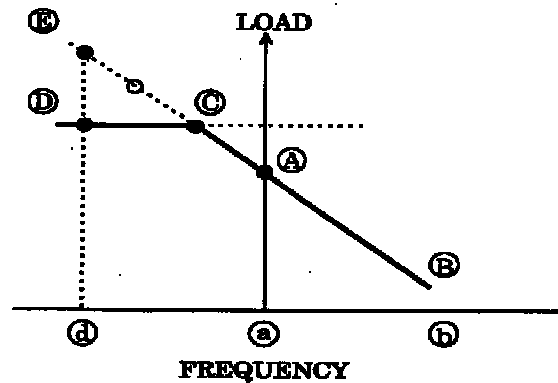
在有載情況下有下列兩種負載控制運轉模式可供選擇：

① 自由調速控制 (Governor Free Control)負載限制(Load Limit)自動追蹤模式：

此模式為正常之運轉模式，主要之控制是由速度控制(Speed control)來執行，但是當頻率下降太多或太快時，負載控制開始取得主控權來限制負載上升範圍在轉換控制時負載加5%之範圍內。

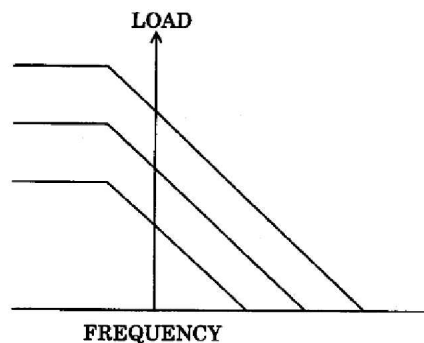
圖十四為自由調速控制和負載限制自動追蹤模式時頻率與負載之關係圖，起始運轉點為A，頻率為a，當頻率由a變化到

⑥ 時，此頻率之上升係表示相對電力消耗而言電力輸出太多，所以調速器會依照4%調定率(DROOP)功能減少電力輸出以維持系統電網之頻率。當頻率非常快速地由①變化到④時，運轉點則會由A變化到C再到D，由A到C區段是由速度控制所控制，電力輸出會增加5%，由C到D區段是由負載控制所控制，電力輸出不會增加，在此條件下若頻率維持在④不變，負載會依預設之負載率逐步地由D到E，而最終點E是位於速度E C A B之調節線上。



圖十四：自由調速控制和負載限制自動追蹤模式時頻率與負載之關係

在正常操作情況下，當操作調速器上升或下降控制按鈕來調整速度參考值時，操作線會如圖十五所示上下平移。



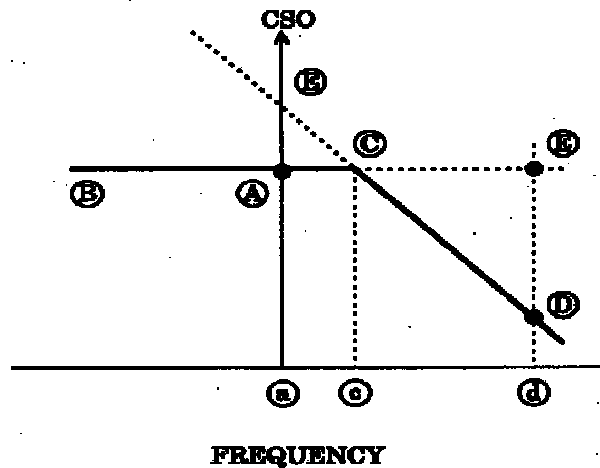
圖十五：自由調速控制和負載限制自動追蹤模式時頻率與負載之關係軌跡

② 負載限制(Load Limit)，調速器(Governor)自動追蹤模式

此運轉模式是在加入系統電網運轉下，希望有固定輸出之負載控制模式。為了系統頻率的穩定，若系統頻率上升太多或太快時，速度控制會取得主控權，依照4%調定率(DROOP)來降低負載。

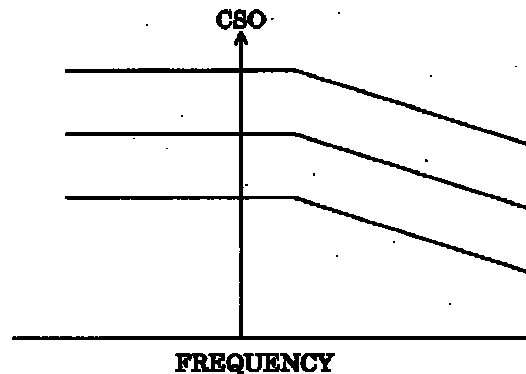
圖十六為負載限制與調速器自動追蹤模式時頻率與負載之圖，起始運轉點為A，頻率為a，由B到C區段時，負載控制會取得主控權，控制信號(CSO)及發電機之輸出(負載)是維持不

變。若頻率非常快速地上升超過㉔點，控制信號(CSO)及發電機之輸出則會降低。由㉔到㉕區段之頻率與負載關係，係依據4%調定率(DROOP)之速度控制來控制，在此條件下若頻率維持在㉕不變，負載會依預設之負載率逐步地由㉕到㉖，而最終點㉖是與原始負載控制設定之負載相同。此模式下速度控制總是追蹤負載控制，追蹤點㉖是點㉕加5%。



圖十六：為負載限制與調速器自動追蹤模式時頻率與負載之圖

在正常操作情況下，當操作負載限制器上升或下降控制按鈕來手動調整負載參考值時，操作線會如圖十七所示上下平移。

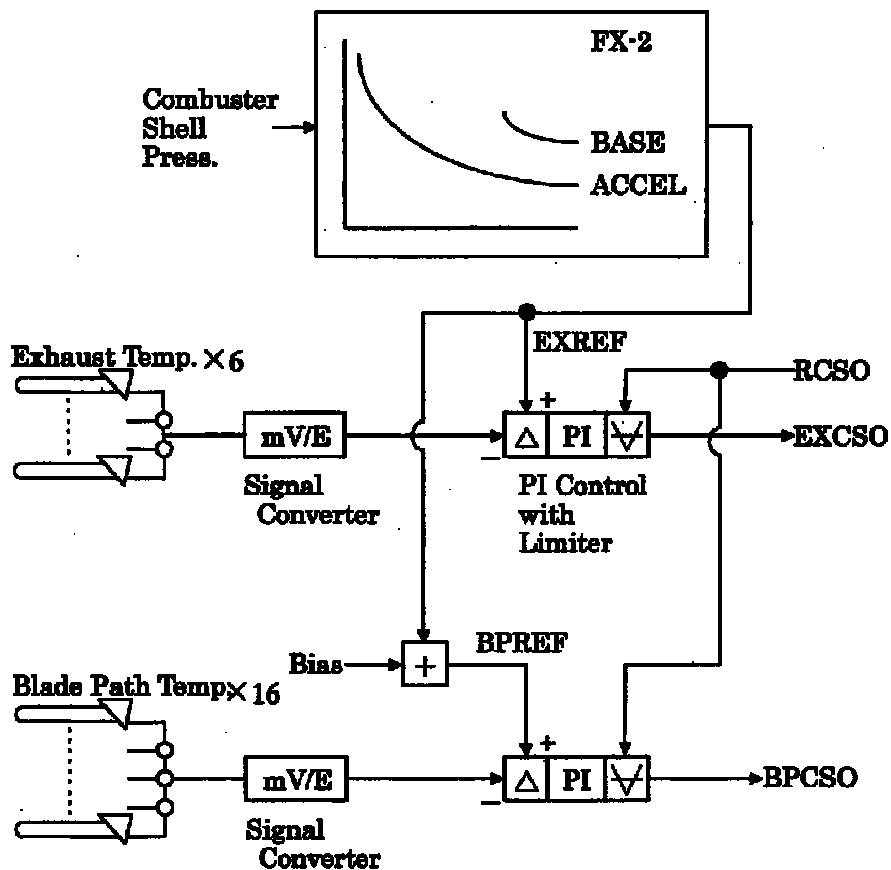


圖十七：負載限制與調速器自動追蹤模式時頻率與負載之關係軌跡

(4)溫度控制(Temperature control)

溫度控制系統係用以保護氣渦輪機避免進口溫度過高。如圖十八溫度控制之功能方塊圖所示，此系統配備有 16 只熱電偶用以感測葉片通路的溫度，排氣風道溫度部分有 6 只熱電偶用以感測溫度，另由燃燒室機殼壓力(Combustor Shell Pressure)功能產生器(FX-2)產生葉片通路溫度參考值(BPREF)及排氣風道溫度參考值(EXREF)，溫度控制會將參考值與前述熱電偶實際感測溫度做比較，將實際輸出與負載參考值之差值做為比例積分控制計算後，產生排氣風道溫度控制信號輸出(EXCSO：

Exhaust Gas Temp. Control Signal Output)及葉片通路溫度控制信號輸出 (BPCSO : Blade Path Temp. Control Signal Output) , 亦在控制信號輸出上應用了可變數值之積分作用限制器 (RCSO : Reset Limit Control Signal output)來防止排氣風道溫度控制信號及葉片通路溫度控制信號輸出之 Reset Windup , 此積分作用限制器(RCSO)數值等於控制信號輸出(CSO)值加上偏移量(Bias)。



圖十八：溫度控制之功能方塊圖

在固定氣渦輪機進氣溫度情況下，燃燒室機殼溫度與排氣溫度之關係如圖十九所示，燃燒室機殼壓力功能產生器(FX-2)係依據此關係，由燃燒室機殼壓力導出排氣風道溫度參考值(EXREF)。

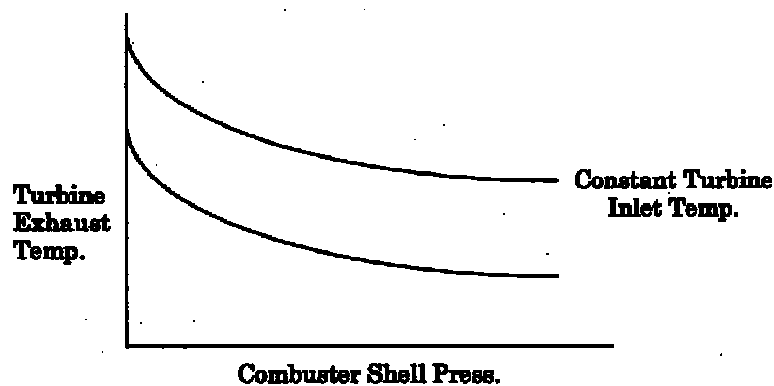
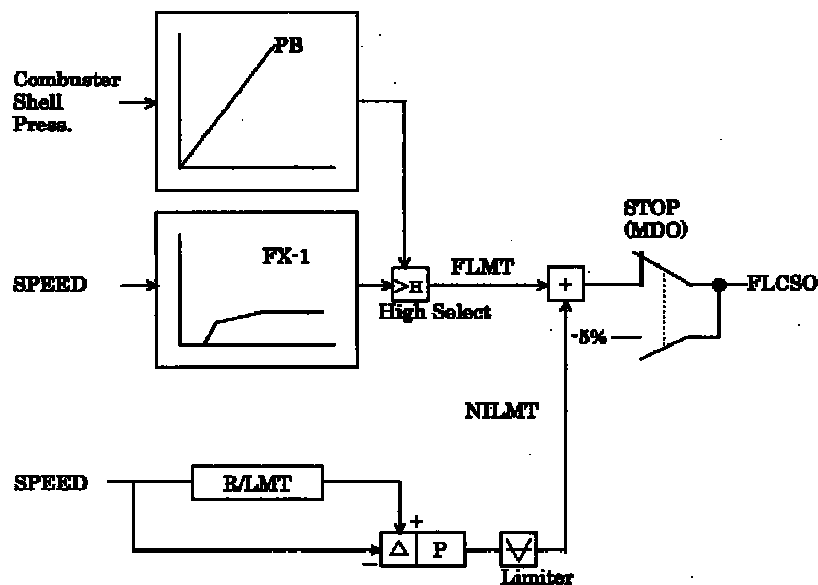


圖 十九：固定氣渦輪機進氣溫度下燃燒室機殼溫度與排氣溫度之關係

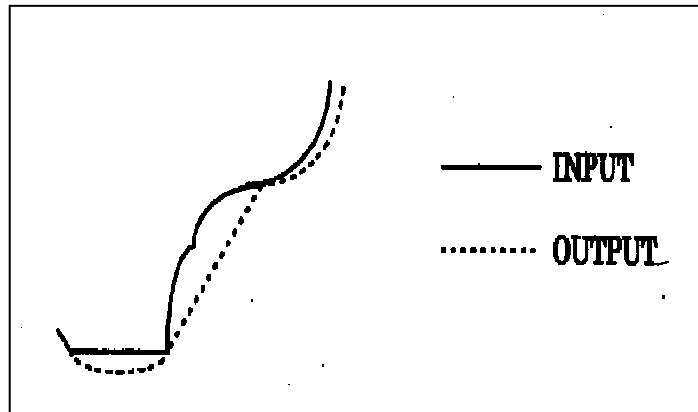
(5)燃料限制控制(Fuel limit control)

燃料限制控制之輸出係用以限制燃料量，分別是限制最大燃料量及限制燃料量之加速率，爲了達到此控制功能，應用了前導控制方式，基礎的功能是由產生自功能產生器(FX-1)，在起機階段，功能產生器之輸出即是最大燃料限制信號(FLMT)，輸送至氣渦輪機之燃料量是由功能產生器(FX-1)所確立的。若預設之燃料量太多，加速率會超過速率限制器(R/LMT)所決定之允許值，比例控制則會減少控制輸出來降低速度，以維持可允許之加速率，燃料限制控制之功能如圖二十所示。



圖二十：燃料限制控制之功能方塊圖

速率限制器(R/LMT)之輸入與輸出之關係如圖二十一所示，比例控制之輸出係作爲燃料量之上限，無論何時燃料量都不能超過功能產生器輸出之最大燃料限制(FLMT)值。在有負載時之速度幾乎固定不變，所以功能產生器(FX-1)之輸出是不會改變的，即表示送至氣渦輪機之燃料量是不能增加的。爲了允許增加燃料量以增加，所以應用了燃燒室機殼壓力產生之前導信號，根據燃燒室機殼壓力提升相應地增加負載，同時最大燃料限制(FLMT)值也相應地提高以達到有效的限制功能。



圖二十一：速率限制器之輸入與輸出之關係

(6)最低選擇控制(Minimum selection control)

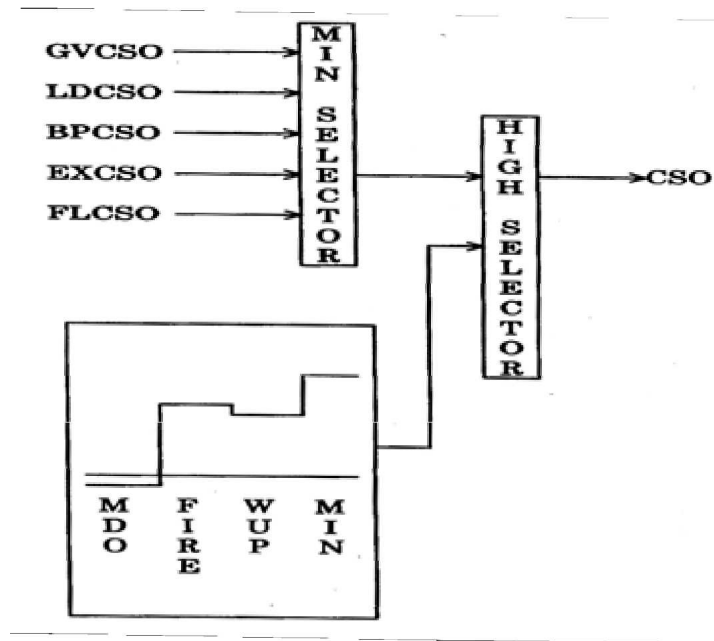
氣渦輪機控制系統具有前述調速器控制信號輸出(GVCSO)、負載控制信號輸出(LDCSO)、葉片通路溫度控制信號輸出(BPCSO)、排氣風道溫度控制信號輸出(EXCSO)及燃料限制控制信號輸出(FLCSO)間之最低選擇控制，藉以限制傳送至燃料控制閥之有效的控制信號輸出(CSO)來防止氣渦輪機過載，最低燃料限制控制之功能方塊圖如圖二十二所示。於此同時，另有高選擇(High selector)以限制最低控制信號，以維持最低燃料量，從而防止操作轉換瞬間導致燃燒器之火燄熄滅。高選擇限制來源信號係 依據下列氣渦輪機操作狀態自動地改變限制值。

MD0：點火前狀態，燃料控制閥是關閉之情況。

FIRE：點火之狀態，維持適當燃料流量以符合有效之點火。

WUP：加速期間暖機狀態(Warm-up mode)，加速期間是保持適當燃料量以防止火燄熄滅與達到充分的暖機，並能使氣渦輪機加速至額定速度。

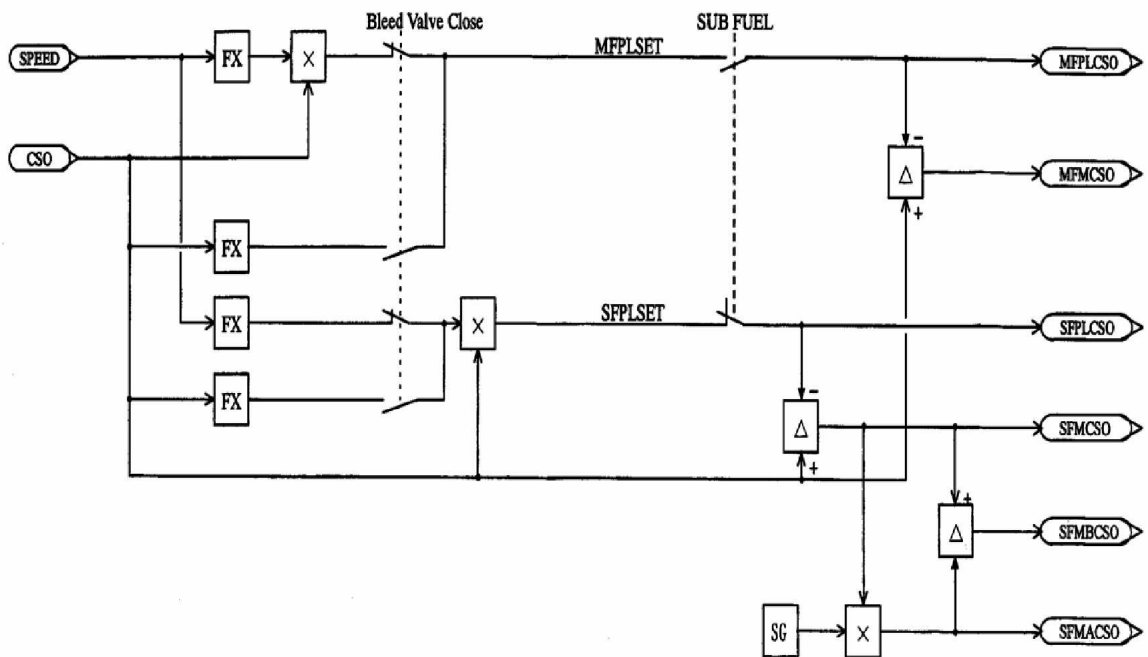
MIN：當氣渦輪機加速接近額定速度之時，由最低燃料流量 (Minimum fuel flow)功能控制保持適當之燃料流量，以防止操作轉換瞬間導致燃燒器之火燄熄滅，火燄熄滅最嚴重的情況會造成滿載跳機，因此需要有最低燃料流量控制功能。



圖二十二：最低燃料限制控制之功能方塊圖

(7) 燃料傳送控制(Fuel distribution control)

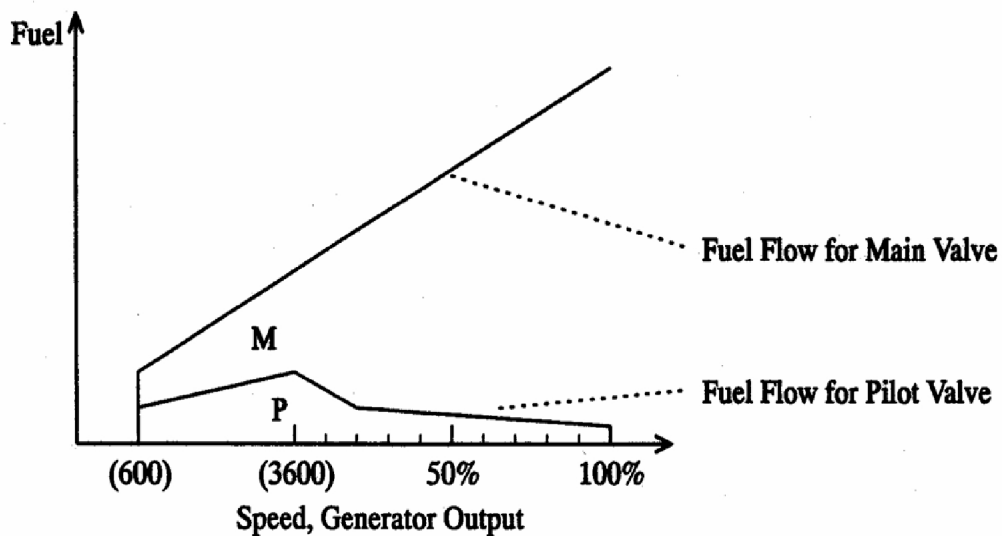
依據預先決定使用之燃料將控制信號輸出(CSO)分為 2 個控制信號輸出(燃氣時)或 3 個控制信號輸出(燃油時)，每一控制信號輸出分別各自用以調整各別之流量控制閥之開度，燃料配送控制之功能方塊圖如圖二十三所示。



圖二十三：燃料配送控制之功能方塊圖

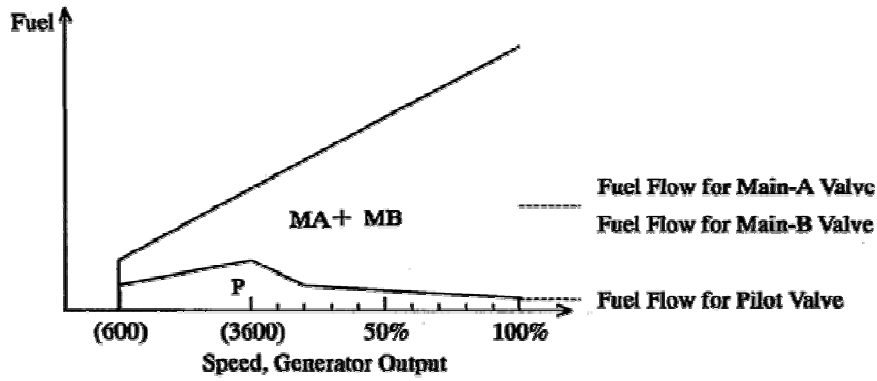
功能方塊圖中之主燃料(Main fuel)是天然氣,副燃料(Sub fuel)則是燃油。MFPLSET 係指燃氣時引導流量控制閥之設定值(Main Fuel Pilot flow control valve control signal set point), SFPLSET 係指燃油時引導流量控制閥之設定值 (Sub Fuel Pilot flow control valve control signal set point), MPMCSO 係指燃氣時主流量控制閥控制信號輸出(Main Fuel Main flow control valve control signal output), MFPLCSO 係指燃氣時引導流量控制閥控制信號輸出(Main Fuel Pilot flow control valve control signal output), SFMCSO 係指燃油時主流量控制閥之控制信號輸出 (Sub Fuel Main flow control valve control signal output), SFPLCSO 係指燃油時引導流量控制閥之控制信號輸出(Sub Fuel Pilot flow control valve control signal output), SFMACSO 係指燃油時主流量控制閥 A 之控制信號輸出 (Sub Fuel Main-A flow control valve control signal output), SFMBCSO 係指燃油時主流量控制閥 B 之控制信號輸出 (Sub Fuel Main-B flow control valve control signal output)。

- ① 燃氣時信號分送至主流量控制閥(Main flow control valve)及引導流量控制閥(Pilot flow control valve)兩只控制閥,各控制閥控制信號與發電機輸出之關係如圖二十四所示。



圖二十四：燃氣時各控制閥控制信號與發電機輸出之關係

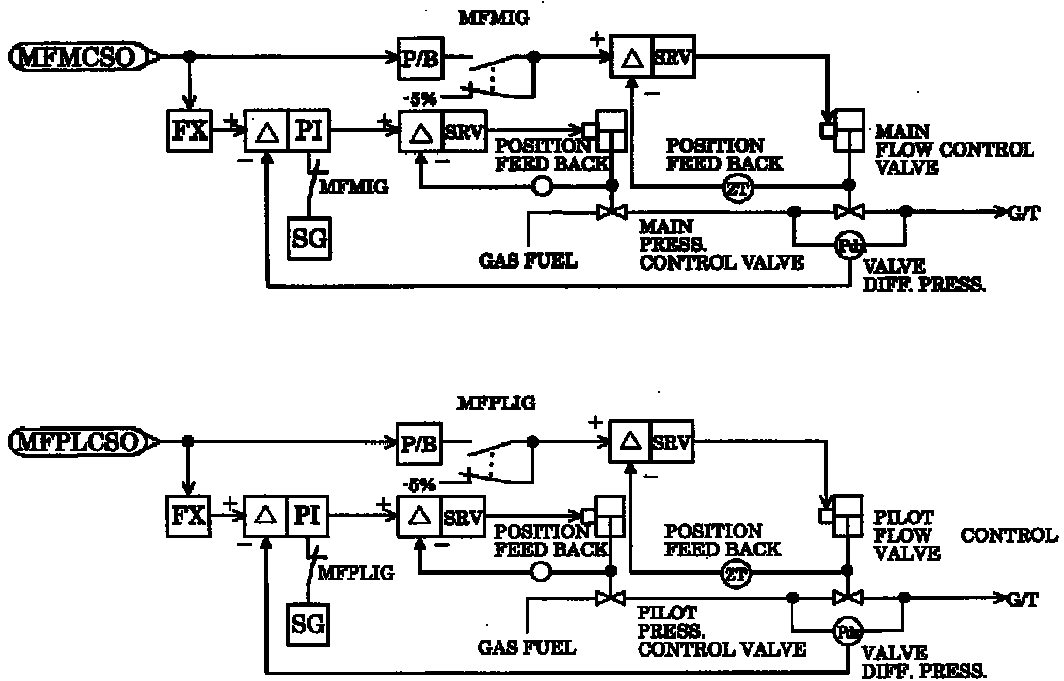
- ② 燃油時信號分送至主流量控制閥 A(Main-A flow control valve)、主流量控制閥 B(Main-B flow control valve)及引導流量控制閥(Pilot flow control valve)三只控制閥,各控制閥控制信號與發電機輸出之關係如圖二十五所示



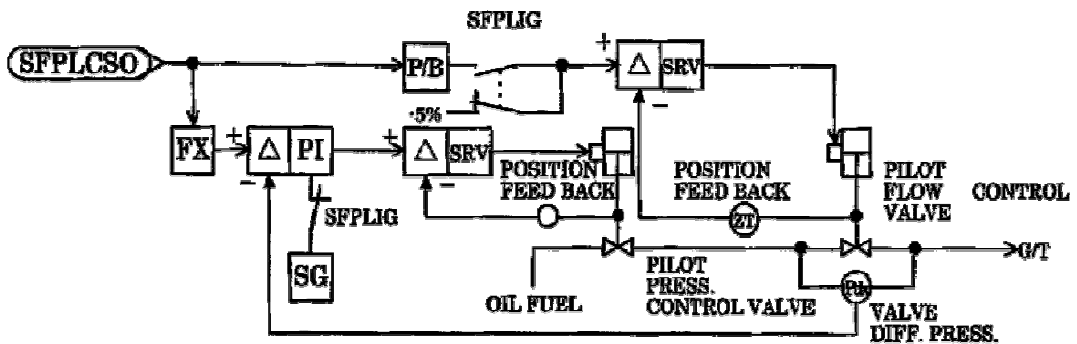
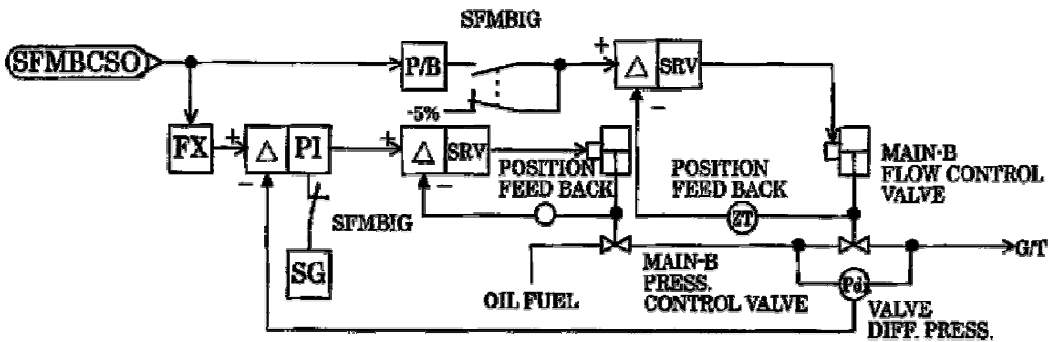
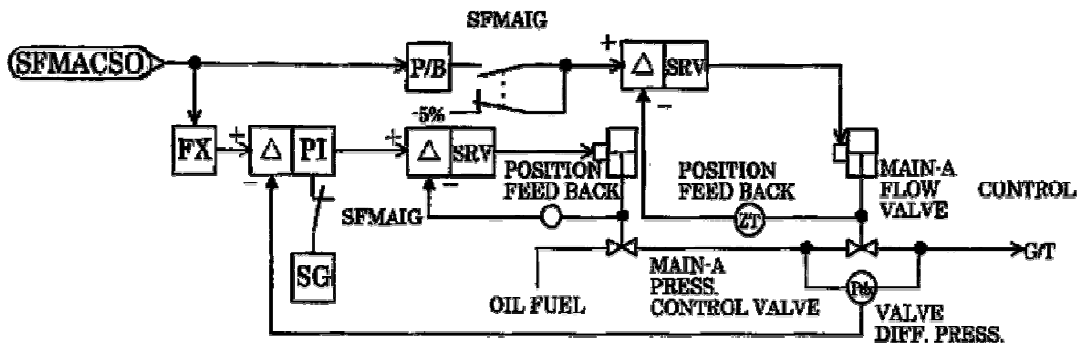
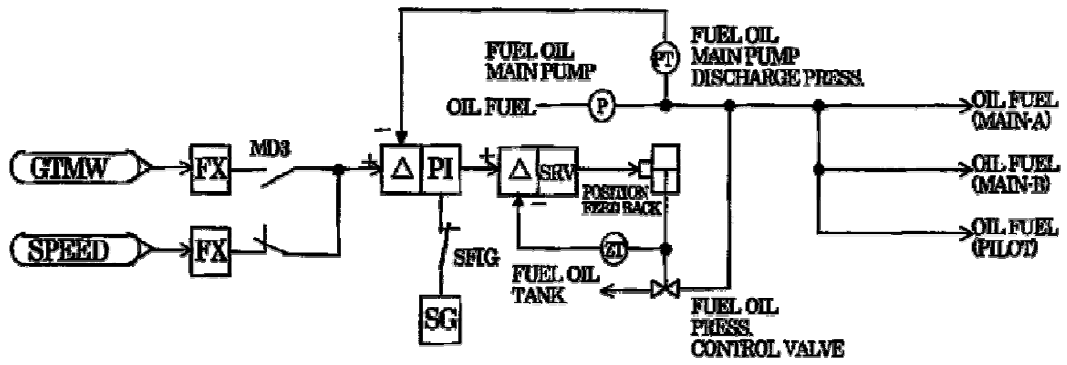
圖二十五：燃油時各控制閥控制信號與發電機輸出之關係

(8) 燃料壓力控制(Fuel pressure control)

燃燒器之燃料流量是由前述燃料流量控制閥所控制，控制閥的開度是由控制信號輸出(CSO)經比例和偏差量修正後決定，由燃料傳送控制所產生之燃料流量控制閥控制信號輸出(燃氣時之MPMCSO、MFPLCSO 及燃油時之SFMACSO、SFMBCSO、SFPLCSO)分別調整各別燃料流量控制閥之開度。爲了維持各燃料流量控制閥入口和出口間之差壓在一固定值，因此需控制位於燃料流量控制閥上游之壓力控制閥(Pressure control valve)。各流量控制閥是利用高壓式控制油壓驅動，由伺服閥 (Servo Valve) 驅動電路驅動伺服閥來控制油路，使流量控制閥之開度能依控制信號輸出(CSO)精確一致地改變，燃氣與燃油時之燃料壓力控制功能方塊圖分別如圖二十六及圖二十七所示。



圖二十六：燃氣時燃料壓力控制功能方塊圖

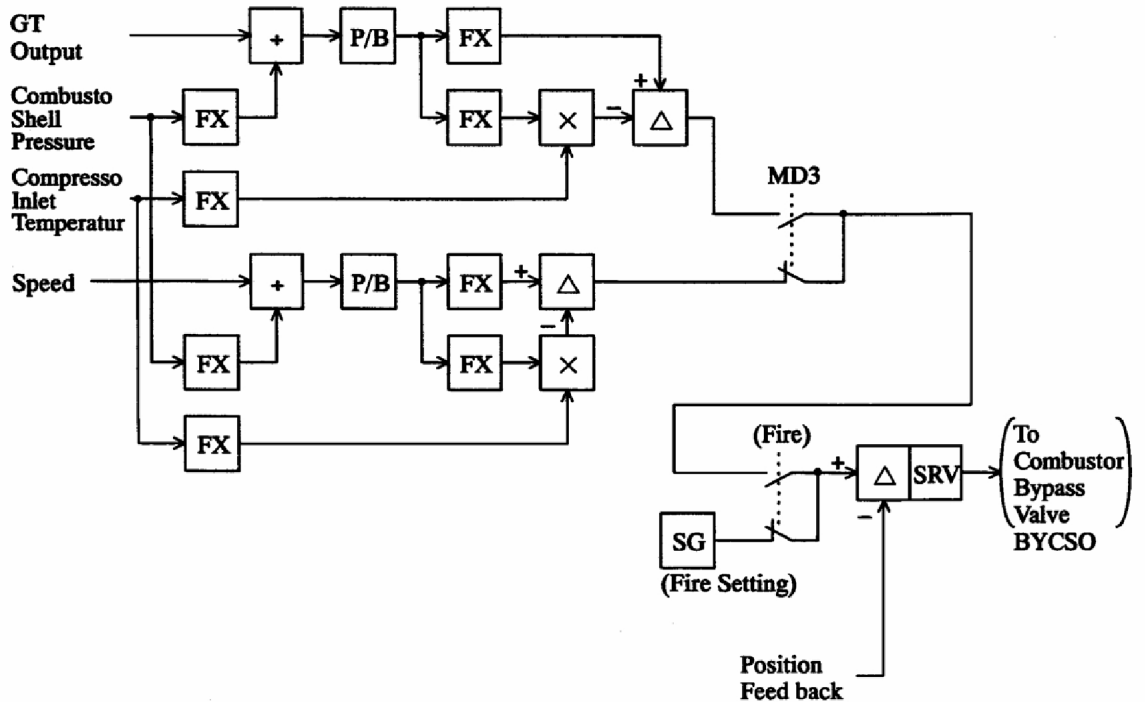


圖二十七：燃油時燃料壓力控制功能方塊圖

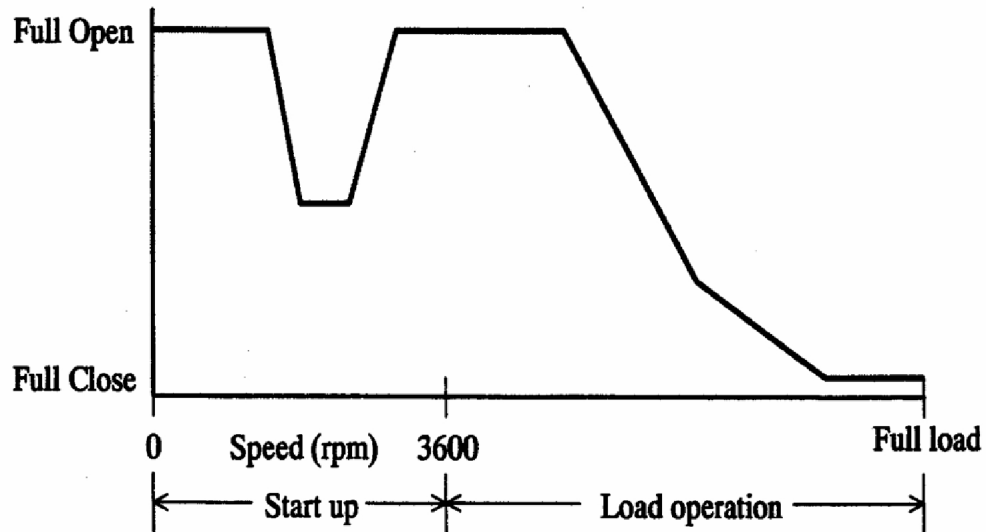
(9) 燃燒室旁通閥控制(Combustor bypass valve control)

燃燒室旁通閥控制是為了控制氮氧化物(NOx)排放量，燃燒室旁通閥根據氣渦輪機之實際速度及經計算之氣渦輪機輸出來控制其閥之開度，此控制功能會得到最佳化燃料空氣比率。

燃燒室旁通閥控制功能如圖二十八所示，燃燒室旁通閥調節空氣量以保持火燄之穩定燃燒，因此此燃燒室旁通閥可控制燃料空氣比率，燃燒室旁通閥控制信號輸出(BYCSO; Bypass valve Control Signal Output)是氣渦輪機輸出功能輸出(GT Output)、燃燒室機殼壓力(Combustor Shell Pressure)、空壓機進口溫度(Compressor Inlet Temperature)及氣渦輪機速度(GT Speed)之功能輸出，再由燃燒室旁通閥控制信號輸出(BYCSO)來控制燃燒室旁通閥之開度。典型的燃燒室旁通閥控制進程如圖二十九所示，是氣渦輪機由起機至滿載過程燃燒室旁通閥之開度與負載之關係。



圖二十八：燃燒室旁通閥控制功能方塊圖



圖二十九：典型的燃燒室旁通閥控制進程

三、國外公務之感想與建議

- (一)、本次接受 House Load 運轉公務實習，本人獲益匪淺，對於整個機組運作及控制系統有更深一層的瞭解，對於未來工作任務之完成有所助益。
- (二)、為因應本公司人員對新建發電機組相關設備製造技術及安裝、測試、運轉程序有所瞭解，配合工程進度辦理相關技術研習課程並派員赴製造廠家學習、吸收相關知識確有必要，尤其現代科技發展日新月異，發電機組控制系統進步快速，為使未來機組採購規範制定能更加符合現代電廠規劃、設計潮流，新機組裝機、試運轉工作能迅速、順利，應持續辦理相關技術研習課程。
- (三)、台電公司人才眾多，應該培養自己的設計規劃能力，目前本公司所推行的知識管理實為重要。
- (四)、舊有的電壓自動控制為類比式電路，需要較多的基礎知識。針對本計畫相關的數位控制系統，維護人員可能在控制理論的知識要加強。
- (五)、火力電廠統包工程對於系統整合有比較大的幫助，以經濟及會計觀點也不會造成庫存增加，是值得考慮的方式。
- (六)、日本員工非常注意工安，預防危險，工作安全確實及自我要求甚高，工作人員在高度作業時，均自動掛妥安全帶，甚至工安人員、管理人員到現場時，也都隨身攜帶安全帶。
- (七)、日本的大都會人口比台北還擁擠，生活卻能過得舒適主要還是靠高度精密的管理，從交通系統、都市計畫到飲食、藝術，無一不是藉由精密計算來改善生活品質，雖然物價昂貴，但感覺物超所值讓人願意花較貴的價錢消費。
- (八)、目前電力事業自由化風起雲湧，日本的九大電力公司也積極在投入自由化的過程。作為唯一的公用電力事業，公司應該主張電力市場價格自由化，才能提升效率永續經營。