

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

南部複循環第四號機單軸式複
循環機組全廠保護協調控制規
劃設計訓練實習報告書

服務機關：台灣電力公司核火工處

出國人職稱：主辦電盤設計員

姓名：王熙堂

出國地區：日本

出國日期：90年9月21日 10月11日

報告日期：90年11月12日

92/
CO9005148

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：南部複循環第四號機單軸式複循環機組全廠保護協調控制規劃設計訓練實習報告書	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司核能火力發電工程處	
出國人姓名/職稱/服務單位：王熙堂/主辦電盤設計員/核火工處	
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 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略容 <input type="checkbox"/> (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 其他處理意見
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、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。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

總經理：



主管處



單位



主管

報告人：



副總經理：

主管

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：南部複循環第四號機單軸式複循環機組全廠保護協調控制規劃設計
訓練實習報告書

頁數 22 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：
王熙堂/台灣電力公司核火工處/電氣課/主辦電盤設計員/(02)23229552

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：90 年 9 月 21 日至 90 年 10 月 11 日 出國地區：日本

報告日期：90 年 11 月 12 日

分類號/目：G3/ 電力工程

關鍵詞：單軸式之複循環發電機組、氣渦輪機

內容摘要：(二百至三百字)

◎南部複循環第四號氣渦輪機主發電設備採用單軸式設計，汽輪機係經由離合器與發電機連結，在正常運轉情況下氣渦輪機和汽輪機連接至同一轉軸共同驅動發電機，本機組總裝置容量約 250MW。單軸式複循環機組為複循環機組未來發展方向之一，在啟動階段由氣渦輪機驅動發電機運轉，待機組併入系統後，由 HRSG 將氣渦輪機排放之燃氣中部分廢熱回收，用以加熱爐水產生蒸氣驅動汽輪機，因本公司第一次採用此種設計方式之複循環發電機組其控制、保護協調之設計安裝、運轉、維護等均與以往機組不同，故需派員前往原廠家日本三菱重工接受專業技術訓練實習，以對機組規劃、現場安裝、試運轉有所助益，俾使本發電計劃能依原訂時程如期完工。

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

一、國外公務之內容與過程：

(一)、公務任務

(二)、內容與過程

二、國外公務之心得與感想：

(一)、南部複循環四號機工程概況

(二)、三菱單軸式氣渦輪機控制架構介紹

(三)、單軸式機組控制系統

(四)、單軸式機組保護協調

(五)、機組運轉曲線

三、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

四、對本公司之具體建議

一、國外公務之內容與過程：

(一)、公務任務：

南部複循環第四號機單軸式複循環機組全廠保護協調控制規劃設計訓練

(二)、內容與過程：

1.前言：

南部複循環第四號氣渦輪機主發電設備採用單軸式設計，其中汽輪機係經由離合器與發電機連結，在正常運轉下氣渦輪機和汽輪機連接至同一轉軸共同驅動發電機，本機組總裝置容量約 250MW。單軸式複循環機組為複循環機組未來發展方向之一，在啟動階段由氣渦輪機驅動發電機運轉，待機組併入系統後，由 HRSG 將氣渦輪機排放之燃氣中部分廢熱回收，用以加熱爐水產生蒸氣驅動汽輪機，因本公司第一次採用此種設計方式之複循環發電機組其控制、保護協調之設計安裝、運轉、維護等均與以往機組不同，故需派員前往原廠家日本三菱重工接受專業技術訓練實習，以對機組規劃、現場安裝、試運轉有所助益，俾使本發電計劃能依原訂時程如期完工。

2.實習日期及前往機構：

起 訖 日	機 構 名 稱
90 年 9 月 21 日	赴日本神戶
90 年 9 月 22 日至 90 年 9 月 24 日	神戶三菱重工實習南部複循環四號氣渦輪機保護協調控制設計安裝運轉維護訓練
90 年 9 月 25 日至 90 年 10 月 10 日	東京三菱重工實習南部複循環四號氣渦輪機保護協調控制設計安裝運轉維護訓練
90 年 10 月 11 日	返台北

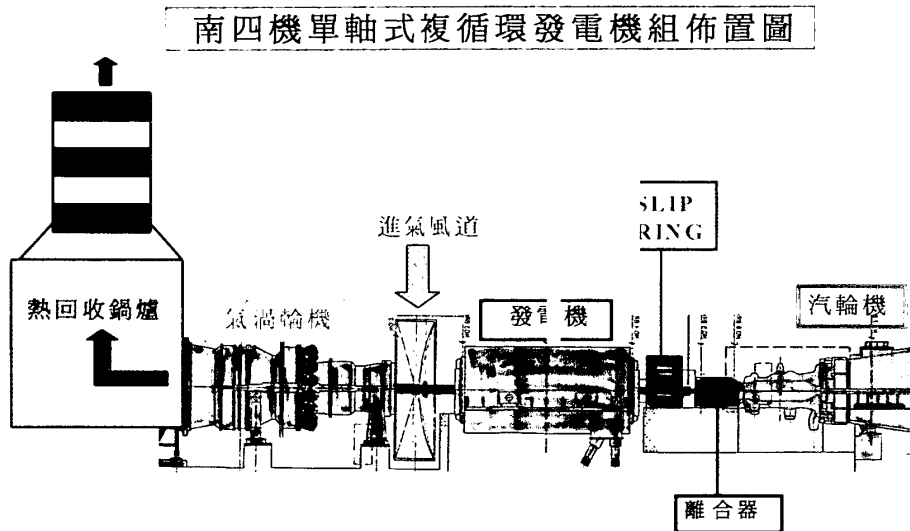
二、國外公務之心得與感想：

(一)、南部複循環四號機工程概況：

1.工程概要及計劃時程:89 年 6 月由日本三菱重工得標，裝置容量為 250 MW，

使用天然氣為燃料，熱效率為 49.44%(HHV；7218KJ/KWH；32°C，101.3KPa)，預定 91 年 10 月試運轉，91 年 12 月併聯，92 年 2 月商轉，為本公司第一部單軸式複循環發電機組；其中氣渦輪機為三菱 M501F 型。

2.南部複循環四號機佈置如圖(一)



圖(一) 系統佈置圖

(二)、三菱單軸式複循環氣渦輪機控制架構介紹：

三菱單軸式複循環氣渦輪機控制具有下列特徵：

- 1.分散式控制及資訊系統 (DCS) 將用以控制廢熱回收鍋爐、氣渦輪機、汽輪機及其輔機。
- 2.整合型全廠控制系統由 DCS 組成，其功能包含：模組控制、程序 (on/off) 控制、機組運轉狀況監控、異常狀況警報、歷史資料收集等全廠控制及監視相關功能。
- 3.針對氣渦輪機控制、HRSG 控制、資料收集系統、4.16kV 開關箱控制系統均由雙重備份之微處理器及資料匯流排組成，因此大幅提高系統可靠性。
- 4.本系統採集中式監視方式，在自動模式下機組啟動、停機、負載變動均可在操作者介面下進行。
- 5.HRSG 具有獨立之操作系統，因此 HRSG 中汽輪機及其輔機設備如：馬達、電動閥、風箱、斷路器等，均可在操作者介面上進行控制。
- 6.在中央控制室的操作者介面上裝設有硬體接線之機組緊急跳脫開關，以供機

組緊急跳機使用。

7.機組中所有的偵測點量測得之信號將同時供控制系統及監視系統使用。

(三)、單軸式機組控制系統：

針對本機組之相關控制功能，以下將就自動控制層、分散式控制及資訊系統、以及機組控制功能分述如下：

1.自動控制層：

當機組運轉在固定負載運轉情況下，機組的控制及監視均由控制室中操作者介面提供。機組在啟動及停機情況下，由各控制站自動相互協調。當所有啟動準備動作均已完成，亦即所有維護工作均已完成、跳脫功能已被重置、所有電氣及氣動系統迴路均為正常、輔助蒸氣及廠用水已就緒情況下，機組自動啟動操作程序方可以被執行，又發電機同步功能已包含在自動啟動操作程序中。在自動啟動操作程序中下列功能為非自動執行，必須由操作者單獨下達相關控制指令：

(1)與機組啟動及停機操作無關之操作：

如：各控制閥之操作、各控制系統與輔機及 DCS 之電源迴路。

(2)潤滑油、液壓系統、化學系統之操作：

如：汽機油封系統、潤滑油系統，化學取樣系統。

(3)測試操作功能：

如：汽機油泵等輔機之自動啟動測試、各閥之測試。

(4)需運轉人員確認之操作：

如：啟動前之檢查、水質檢查、廠用水系統檢查、燃油迴路檢查、氬氣系統檢查、儀用空氣檢查。

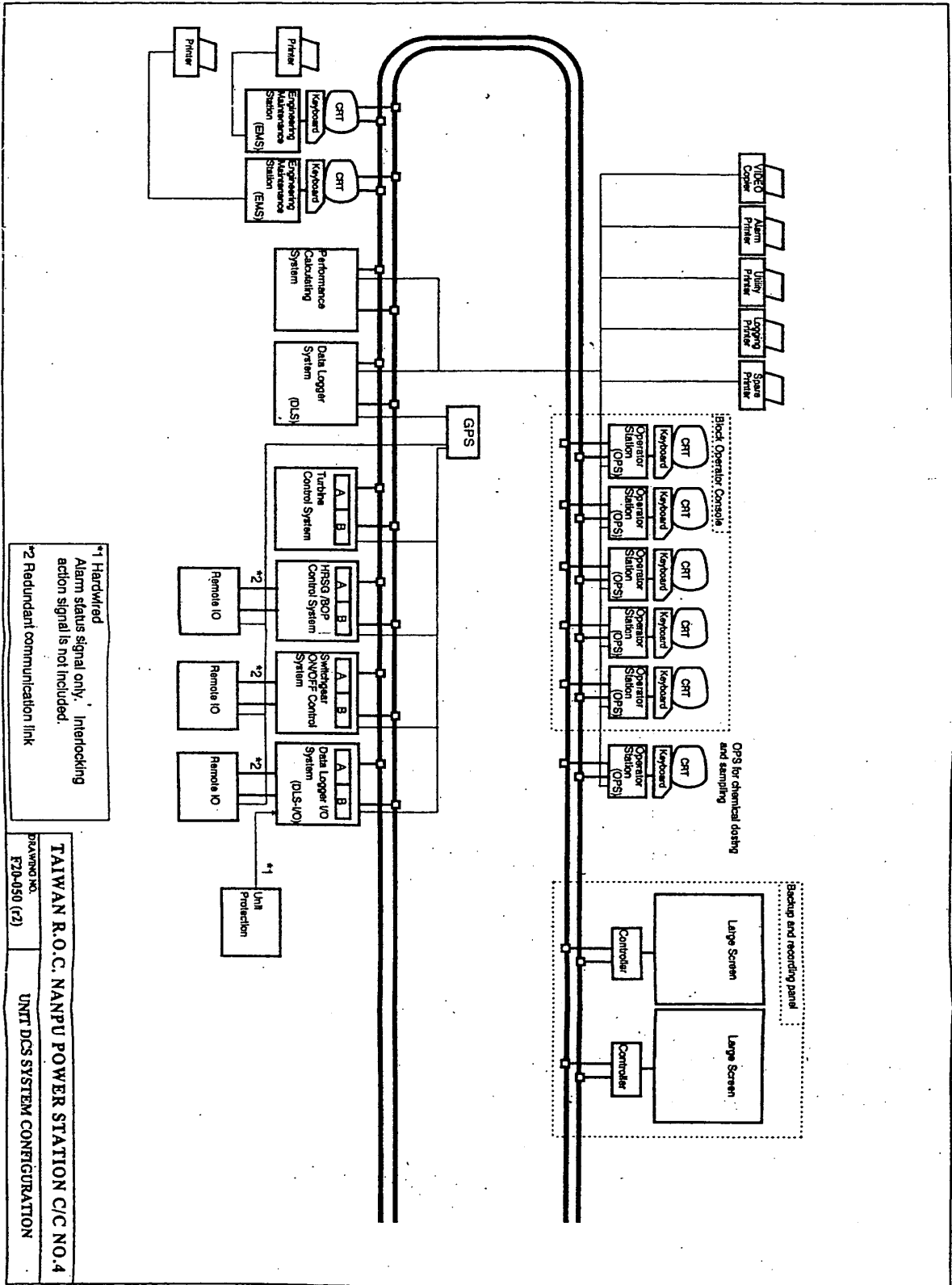
2.分散式控制及資訊系統：

分散式控制及資訊系統 (DCS) 與全廠控制系統整合為一體，在 DCS 上提供機組自動控制、啟動時之監視及停機，就功能上來說 DCS 包含全廠控制、監視及資料蒐集等功能。為使運轉人員更容易操作，硬體接線及開關大幅減少，除機組手動緊急安全停機採硬體開關外，操作者介面所提供的各種控制功能全部可以在 CRT 上操作，此種設計方式可滿足各種狀況下的操作需求。在 CRT 上可以追蹤操作過程歷史紀錄及運轉人員所下達之指令，此一

功能使系統操作更容易簡便。為了提高系統可靠度，所有整合控制系統之匯流排均採雙重備份結構。資料蒐集及運算、處理功能全部在廠內分散式工作站（PCS）執行，因此 PCS 採用雙微處理器並行運算，以減少誤動作情況發生。經 PCS 處理的各項資訊經由匯流排傳至全廠控制工作站。操作者介面用以下載機組運轉下的各種資料，因操作者介面與維護用工作站均經由資料匯流排連接到 PCS 系統，因此操作者介面與維護用工作站可經由匯流排共享各種運轉資料。三菱公司用以連結全廠控制系統及資料系統的網路系統稱為 DAISYS。DAISY 採用 IEEE 標準的乙太網路系統（Ethernet），乙太網路系統為目前世界上最普遍使用的區域網路系統，具有快速資料傳送功能，配合本系統專屬的通訊軟體，提供各種即時控制功能。資料匯流排採用雙重備份結構，因此其中一個通道為作用狀態，另一個通道為備用狀態。廠內運轉的各種即時資料在各工作站內分別儲存於不同記憶體區段，同時經由不同通訊埠進行傳送及接收。因此本系統具有熱備份功能，當作用中通訊線路故障時，可以立即切換至備用線路。為了使全廠控制系統時間一致，可經由操作者介面上的時間設定功能或計時系統如：GPS，即時的調整各控制系統之時間，以使各系統時間一致。本控制系統結構，詳如圖(二)。

3. 廠內分散式工作站（PCS）：

廠內分散式工作站（PCS）將執行資料輸入/輸出、處理、及控制功能，最後將相關資料送到資料匯流排。各控制邏輯由本系統內控制模組之軟體來執行。控制模組將運算結果輸出至末端被控制元件，本系統中各項控制功能依其複雜程度執行時間約由 50m SEC 至 30 SEC 不等。在控制邏輯執行時自我診斷功能隨同被執行，因此當模組故障時可以立即被偵測出來。由控制邏輯產生之廠內各項控制信號被送到相對的通信埠緩衝區中，通信控制模組獨立執行相關通訊功能如：週期性將資料送到資料匯流排等。在 PCS 中的各項控制功能均由兩個組模組獨立運算，因此當有模組故障時不會影響控制功能之執行，同時自我診斷系統可立即在操作者介面上顯示故障模組名稱。



圖(二) 控制系統結構圖

4.運轉人員工作站（OPS）

運轉人員工作站為一集中式人機介面，在本工作站中可執行廠內各項控制及監視功能，廠內各設備之狀態、警報、及控制指令如：運轉人員啟動/停止輔機設備，設定控制閥閥位置及列印報告、資料等。基本上每一個控制畫面會在 CRT 上停留二秒以上，與程序控制有關之圖像在銀幕上之顯示值將依系統之實際狀況約每一秒鐘更新一次。在 CRT 上所有畫面之開啟、選取、捲動等功能均能在觸控式銀幕上或鍵盤上完成，為避免運轉人員之誤操作，各控制指令在送出 OPS 以前，均會要求運轉人員確認。在鍵盤上有八個功能鍵，可供運轉人員依其需要定義出各種控制迴路之控制功能。此外運轉人員可以在 CRT 上切割多個畫面，同時監控：系統流程圖、控制畫面、趨勢圖、警報信號、系統狀態及所下達之指令等，同一時間在 CRT 上最多可開啟四個畫面。

5.分散式控制及資料系統：

在分散式控制及資料系統的操作介面上顯示的各項訊息及畫面為樹狀結構，運轉人員可以隨時追蹤機組過去的狀況。此外 CRT 可以分割為數個畫面，廠內設備依其功能分為數個群組，運轉人員可依需要將數個群組同時顯示在 CRT 上。在本設備中依功能，共分為十六個群組，整廠流程圖被放置於樹狀結構畫面的最上層，它提供全廠監控功能及呼叫各設備群組功能。當群組中有異常警報產生時，在 CRT 畫面上代表該群組之按鈕將由綠色轉為紅色以提醒運轉人員。運轉人員僅需碰觸 touch screen 上該按鈕位置，即可呼叫該群組之流程狀況。以下分述各畫面功能：

(1)控制畫面：

在控制畫面中可執行類比式自動/手動控制功能，以及馬達各項控制功能。在類比式控制功能中，運轉人員可以經由觸控式銀幕或鍵盤執行控制模式選擇、設定值之增減、及控制元件之操作。在本畫面中同時提供控制流程名稱、標籤名稱、控制變數、設定值、控制模式及所需信號等訊息。馬達控制功能可以執行廠內各輔機馬達之起停控制、各電動閥馬達正逆轉及起停控制。各被控制設備之狀態均可在本畫面中顯示，運轉人員在下達各項控制、操作指令後，在該動作由本工作

站送出，到達各控制模組前均會要求運轉人員需再次確認。如此可避免不適當操作及運轉人員誤操作。在控制畫面中最多可開啟八個控制功能，運轉人員可開啟一整體監控畫面，監控各控制功能運作狀況。

(2) 圖像顯示畫面：

圖像顯示畫面用以顯示各設備狀態及程序控制執行情況。在本畫面中可顯示，電廠運轉流程圖、電氣單線圖、邏輯圖、長條圖、趨勢圖等。運轉人員僅需點選電廠運轉流程圖中選定之設備，即可開啟該設備狀態圖。在 OPS 中最多可提供 800 個圖像顯示畫面，每一個圖像顯示畫面最多可包含 400 點控制變數或狀態點。程序控制變數可以數字或長條圖方式顯示，廠內設備狀態可以用閃爍或顏色方式表示。在畫面上所有資料約每一秒鐘更新一次。

(3) 趨勢圖：

在趨勢圖中可顯示各控制變數之歷史資料，在同一個畫面中可以同時顯示八條資料曲線及相關訊息，如：編號、信號範圍、目前數值等。在畫面中每一條曲線可以定義不同的顏色，各變數數值均定義為 Y 軸方向，X 軸方向為時間。時間範圍可依需要定義為：正常展開模式、標準展開模式或細部展開模式。以上三種模式均有時間轉軸，提供運轉人員追蹤特定時間下之趨勢線。各控制變數之時間展開範圍可依需要調整，最大可放大 10 倍。運轉人員可用峰值搜尋功能，找出曲線中最大值及最小值。此外提供本圖面中資料凍結功能，可使各趨勢線暫停輸入新資料，運轉人員可利用本功能分析系統狀態。

(4) 警報視窗：

警報視窗將顯示目前發生的警報及其時間，警報視窗顯示內容包含：警報、程序控制中被控制之變數超過預設值以及被控制變數目前數值。警報信號包含類比警報及數位警報。類比警報為將輸入類比信號與預設之警報值相比，當超過預設值時警報動作。類比警報可分為四種階段：過高 (High High)、高 (High)、低 (Low)、過低 (Low Low)。數位警報則將依預設知數值決定。每一頁銀幕可以顯示 20 個警報信號，本警報系統最多可以儲存 2,000 個警報。

(5)事件追蹤視窗：

事件追蹤功能，可以在事件發生時紀錄下該事件。被紀錄的事件將依其發生先後排列，事件包含：警報、設備的起停控制、運轉模式如自動/手動切換。每一頁畫面可以顯示 20 個事件，在事件追蹤視窗中共可以儲存 16,000 個事件。

(6)系統狀態視窗：

系統狀態視窗用以顯示 DCS 目前狀態，在系統特定設備故障時，系統的自我診斷系統將故障設備的位置級故障原因送到 DCS，以協助運轉人員判定故障原因。

6.資料蒐集系統：

電廠中的計算機程式，如：歷史資料的儲存及恢復、電廠效率及性能即時計算、以及報告的產生均由資料蒐集系統（DLS）完成，DLS 系統為工業級系統具有大量資料儲存能力，DLS 具有下列功能：

(1)資料收集及儲存功能

控制單元所蒐集之資料將經由資料匯流排傳送到 DLS。

(2)紀錄功能：

本功能用以之週期性紀錄，如：日報表、月表報，此外跳機事件分析結果之儲存、紀錄事件發生之順序、警報信號之紀錄、設備操作紀錄、輪班紀錄等功能均包含在本系統中。

7.維護用工作站：

維護用工作站將提供足夠功能供維護工程師建構及維護 DCS 系統，問題導向式程式語言（Problem Oriented Language）DIASYS-IDOL，使得維護工程師毋須具備特殊的程式語言知識，即可從事控制邏輯函數之維護工作。本系統共有約 80 個標準控制元件可供使用，因此控制邏輯的建立十分簡易。標準元件包含所有電廠控制所需之控制功能，因此維護工程師毋須以 C 或 Fortran 語言建立非標準控制元件。此外本系統提供一監視功能用以即時監視控制邏輯函數執行之狀態及其邏輯數值，因此電廠控制系統的調校工作更簡易。維護用工作站提供下列功能：

(1)控制邏輯之維護：

維護工程師可以增加或修正控制邏輯，建立控制用執行碼，建立控制邏輯清單，線上即時調校及監視功能。

(2)監視控制邏輯狀態：

提供控制參數線上即時調校，系統即時趨勢線的顯示。

8.汽機控制系統：

汽機控制系統由雙重備份微處理器模組構成，所有自動/手動功能均可以在中央控制室之 CRT 或鍵盤上執行。汽機控制包含下列功能：

(1)氣渦輪機控制：

汽渦輪機控制包含自動負載調整功能，速度控制，負載控制，溫度控制，燃料限制控制（包含加速控制），燃料流程控制，汽機空氣入口導翼控制，燃燒器旁通控制。

I.自動負載調整功能（ALR）

由自動電力調整系統（APR）送出之負載信號可以作調速閥控制或負載控制二種不同控制方式。在自動負載調整控制模式中，汽機控制系統依據所選擇之操作模式（調速閥控制或負載控制）改變調速閥參考信號或負載參考信號。

在調速閥控制模式下，氣渦輪機控制系統由自動電力調整系統（APR）接收自動負載調整（ALR）指令，該指令由調整調速閥參考信號，以使氣渦輪發電機組之輸出與自動負載調整（ALR）指令相同。

在負載控制模式下，氣渦輪機控制系統由自動電力調整系統（APR）接收自動負載調整（ALR）指令，該指令調整負載參考信號，以使氣渦輪發電機組之輸出與自動負載調整（ALR）指令相同，此時自動電力調整系統（APR）亦調整調速閥參考信號，以使調速閥送出之控制信號

（GVCSO）與燃料控制系統輸出之信號（CSO）具有相同的偏壓值。

II.速度控制功能：

速度控制係在機組無載及調速閥控制模式下將機組加速至額定速度以進行同步功能。在機組調整至額定速度且無載的情況下，調速閥參考信號可以由自動同步系統（ASS）或由手動指令調整。當調速閥控制模式被選定在加載功能下，速度控制功能依據汽機加載後速度下降之特性，調整汽機之速度。如果在有載情況下，選擇自動負載調整（ALR）模式，調速閥的參考信號將依據自動電力調整系統（APR）送出之自動負載調整（ALR）指令變動。當自動負載調整（ALR）模式設定在手動功能，且調速閥控制模式選擇在加載情況下，調速閥的參考信號將依據手動指令變化（即由調整觸控銀幕上調速閥上升/下降按鈕來控制）。在速度控制功能中將汽機之實際速度與設定值相互比較，經比例控制運算及考慮汽機加載時速度降特性，產生速度控制輸出信號（GVCSO）。

III. 負載控制功能：

在負載控制功能中負載控制信號用以作為負載控制用，以使機組依負載需求出力。若在負載控制功能中選擇自動負載調整（ALR）模式，負載參考信號將依據自動電力調整系統（APR）送出之自動負載調整（ALR）指令變動。當自動負載調整（ALR）模式設定為手動控制，且在負載條件中選擇負載控制功能，則負載參考信號將依手動命令變動。負載控制功能將氣渦輪機組的實際輸出值與負載參考信號做比較，二信號之差值經比例-積分運算後產生負載控制輸出信號（LDCSO）。除此外，若在此情況下設定為調速閥控制模式，則負載控制輸出信號（LDCSO）將低於上限值。又上限值係為燃料控制信號加上預設偏壓值所得到之數值，上限值用以防止負載異常增加。

IV. 溫度控制功能：

溫度控制功能在氣渦輪機入口溫度發生異常現象時，用以保護氣渦輪

機。在葉片路徑溫度（由量測汽機各級葉片出口端的燃氣溫度）及汽機排氣口的燃氣溫度，在本機組中分別由 16 支熱電偶偵測。排氣口燃氣溫度參考值為燃燒室外殼壓力之函數、葉片路徑溫度參考值由排氣口燃氣溫度參考值加上偏壓值得到。排氣口燃氣溫度參考值將與實際量測所得之平均燃氣溫度作比較，葉片路徑溫度參考值將與實際量測所得之平均葉片路徑溫度作比較。當這兩項數值的差值均為正時，比例-積分控制器的輸出信號被限制為燃料控制輸出信號加上特定偏壓值，當此狀況發生時代表過積分或積分回捲現象。若上述二差值為負時，比例-積分控制器的輸出信號被修減為燃料控制輸出信號，直到出現正偏差。

V. 燃料限制功能：

啟動控制需求信號為燃燒器外殼壓力及氣渦輪機加速限制之函數，本控制功能用以限制燃料流量。

VI. 最低選擇控制功能：

最低選擇控制功能用以限制控制信號及限制送到燃料控制閥之信號以防止汽機過載。本功能同時亦限制控制輸出信號（CSO）之最低值，以防止負載急速變動時燃燒器火焰熄滅。但在機組加速時本項功能將被關閉，因為在額定速度下最低燃料流量大於在低速時加速氣渦輪機所需之燃料流量。

VII. 燃料流量控制功能：

送到氣渦輪機的燃料由主燃料控制閥及燃料控制前導閥控制，此二閥係依控制輸出信號動作，由此二閥位置改變即可改變燃料流量。

VIII. 燃燒器旁通控制功能：

為符合 NO_x 排放標準，燃燒器旁通閥開啟位置將依實際氣渦輪機速度及發電機輸出值變動。

(2) 汽輪機控制：

汽輪機控制包含：電廠自動啟動/自動停機控制，自動電力調整控制等功能。

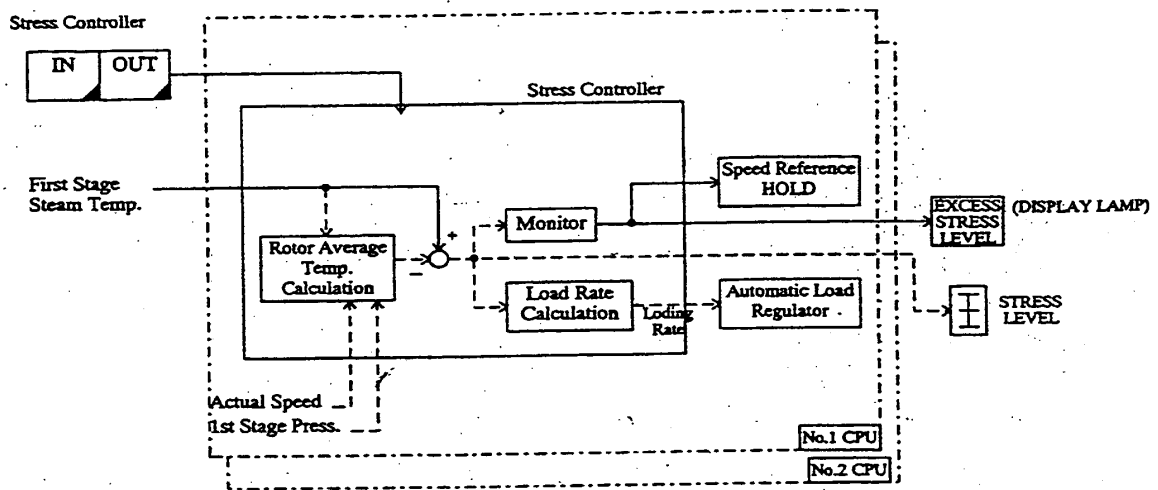
I. 蒸氣壓力控制：

在完成加速工作後，高壓、中壓、低壓控制閥之控制模式切換為壓力控制模式，此時壓力參考信號通常被設為所需壓力值，調速閥在汽機發電機加載通常設定為全開狀態。運轉人員可依需要設定壓力參考信號。高壓蒸氣壓力通常被保持高於或接近高壓段汽機控制器之設定值。如果高壓蒸氣壓力因某種因素低於設定值，則運轉人員應注意避免濕蒸氣(wet steam)持續進入汽機。汽機壓力控制功能保護汽機避免壓力過低現象出現。在高壓蒸氣壓力過低時，高壓控制閥(HP-CV)、中壓控制閥(IP-CV)、低壓控制閥(LP-CV)將被關閉直到高壓段蒸氣壓力回復到設定值。

II. 熱應力控制功能：

汽機應力控制功能可減少汽機因熱應力而導致壽命簡短，在允許蒸氣進入汽機前，汽機轉子的溫度與汽機第一段蒸氣溫度應能相互匹配，以避免汽機承受太大的熱應力。此外熱應力控制功能亦監視過熱蒸氣溫度，以判定是否允許蒸氣送入汽機。

在汽機加速階段，熱應力控制功能監視溫度是否不匹配，若溫度不匹配程度超過預設值，則汽輪機將維持在熱收縮速度直到溫度不匹配程度低於預設值。在加載過程中汽輪機轉子溫度由計算第一級葉片溫度及壓力得到，由轉子溫度及轉子表面溫度經計算得到轉子熱應力。當熱應力超過某一特定值，熱應力控制功能將限制汽輪機組之加載速率以降低熱應力。熱應力控制流程圖，詳如圖(三)。



圖(三)熱應力控制流程圖

III. 閥門測試：

閥門測試功能用以在汽輪機組加載情況下，將被測試之閥門進行些微關閉動作，以確認該閥門關閉功能正常。閥門測試共分為六組，分別為：高壓汽機關斷閥、高壓汽機控制閥、再熱蒸氣關斷閥、中間控制閥、低壓關斷閥、低壓控制閥。運轉人員可以在 DCS 之 CRT 上執行指令，分別對這六組閥門進行些微關閉及釋放測試。測試時閥門依位置指令及預設開啟速率產生閥門關閉測試偏壓，並產生閥門位置控制信號。若在測試中執行釋放指令，則被測試之閥體將慢慢的開啟，並回復至原位置。

IV. 加速控制：

在汽機啟動階段，汽機速度由高壓關斷閥 (HP-SV) 控制，一直到達額定轉速後切換到由控制閥控制。速度參考信號由速度控制器之設定速度值計算得到，即參考信號值由所設定之最大加速度率與其他信號經積分運算後得到，速度參考信號的功能為使汽機運轉在所設定之速度下。在本系統中目標速度值可選擇為 2,400 rpm Heat Soak Speed 或 3,600 rpm 額定速度。加速度率可以選擇為 90 rpm/min、180 rpm/min、360

rpm/min。加速控制功能由設定速度與實際速度之差值經比例控制運算後所得控制信號送到高壓關斷閥之伺服控制器。

在設定目標速度及加速度率後，汽機開始啟動，在到達設定速度後將繼續維持在此目標速度。在加速過程中，當運轉人員按下 HOLD 鍵時，汽機將停留在 HOLD 鍵被按下時之速度。當運轉人員再度下達 GO 指令後汽機才能繼續向目標值加速。

超速保護功能（OPC：Overspeed Protection Control），用以防止汽機超速。本功能將監控汽機速度及功率不平衡兩種情況。當汽機速度及/或功率不平衡超過預設值，OPC 控制器之電磁閥將動作液壓系統，此一液壓信號之優先權大於電氣控制信號，因此無論電氣信號之設定值為何 HP-CV，ICV 及 LP-CV 都將迅速關閉。電力不平衡功能係由監測中壓汽機入口之蒸氣壓力（此即代表汽機之出力）與發電機電流（即為發電機負載）之差值而得到。

9. 全廠協調控制功能：

(1) 電廠自動啟動及自動停機功能（APS：Automatic Plant Start Up and Shutdown）：

電廠自動啟動及自動停機功能用以控制汽機及廢熱回收鍋爐（HRSG）之啟停及運轉，APS 產生各種信號指令給各控制器：如氣渦輪機控制器、HRSG 控制器等。OPS 提供下列幾種啟動模式：

I. 自動模式：

當既有機組提供輔助蒸氣及廠用水正常情況下，APS 執行啟動程序，在啟動程序中有數個中斷點，中斷點用以等待運轉人員確認上一個程序已完成並將繼續執行下一個啟動程序，中斷點可分為：(1) 冷凝水抽取泵啟動，此時冷凝水水位控制放置於自動模式，冷凝水再循環泵設定為自動模式，除氧器液位為自動模式。(2) 真空度完成，此時格蘭蒸氣溫

度、壓力設定為自動，格蘭冷凝器風扇至少有一個運轉，至少有一個冷凝器真空泵運轉，真空破壞關斷閥關閉，除氧器蒸氣噴入控制設定為自動。(3)HRSG 飼水，所有汽鼓液位控制設定為自動，HP/IP、BFP（鍋爐飼水泵）、最低流量控制設定為自動，LP ECO 控制閥打開，一部 LP ECO 循環泵動作，一部 HP/IP BFP 動作，HP/IP BFP 洩放閥打開，所有旁通壓力閥設定為自動。(4)氣渦輪機起動。(5)同步，ASS 動作氣渦輪發電機併入系統，發電機加載。(6)汽輪機起動，進行 heat-soak。(7)汽輪發電機耦合至氣渦輪電機轉軸，汽輪機加速至額定值，SSS 離合器動作，耦合至氣渦輪電機轉軸，汽輪機加載，汽輪機控制切換至壓力控制，所有旁通壓力控制閥逐步關閉。

II.自動電力調整控制（APR）：

當 APR 設定為自動模式時，將依據電力調度系統之自動電力控制器 AGC（Automatic Generation Control）所送出之需求指令將負載信號送到汽機控制器。APR 被設計為接受由 RTU 送來之負載變化信號，進行加/減載動作。當 APR 設定為手動模式時，運轉人員可由 DCDAS 之 CRT 上直接設定負載需求指令。

四)、機組保護協調功能：

機組保護協調功能用以確保機組整體安全運轉，本功能將在以下狀況發生時動作：

- 1.供應機組運轉之天然氣壓力過低。
- 2.燃料控制系統不正常。
- 3.偵測到天然氣外洩。
- 4.冷凝器真空度過低。
- 5.冷凝器熱井水位過高。
- 6.高壓段汽機蒸氣溫度過低。
- 7.低壓段汽機出口溫度過高。

- 8.差膨脹過高。
- 9.汽機控制故障。
- 10.電氣保護裝置動作
- 11.廢熱回收鍋爐高壓汽鼓水位過低。
- 12.廢熱回收鍋爐中壓汽鼓水位過低。
- 13.廢熱回收鍋爐低壓汽鼓水位過低。
- 14.廢熱回收鍋爐高壓汽鼓水位過高。
- 15.廢熱回收鍋爐中壓汽鼓水位過高。
- 16.廢熱回收鍋爐低壓汽鼓水位過高。

機組保護功能提供氣渦輪機及汽輪機跳脫連鎖保護，為提高可靠度本系統由硬體邏輯接線組成，所有偵測器均為雙重備份。當機組跳機時，高壓蒸氣關斷閥、高壓蒸氣控制閥、再熱蒸氣關斷閥、再熱蒸氣中間閥、低壓蒸氣關斷閥、低壓蒸氣控制閥、主燃料控制閥、燃料前導控制閥、燃料關斷閥等將立即關閉。在下列情況發生時機組將執行跳機動作：

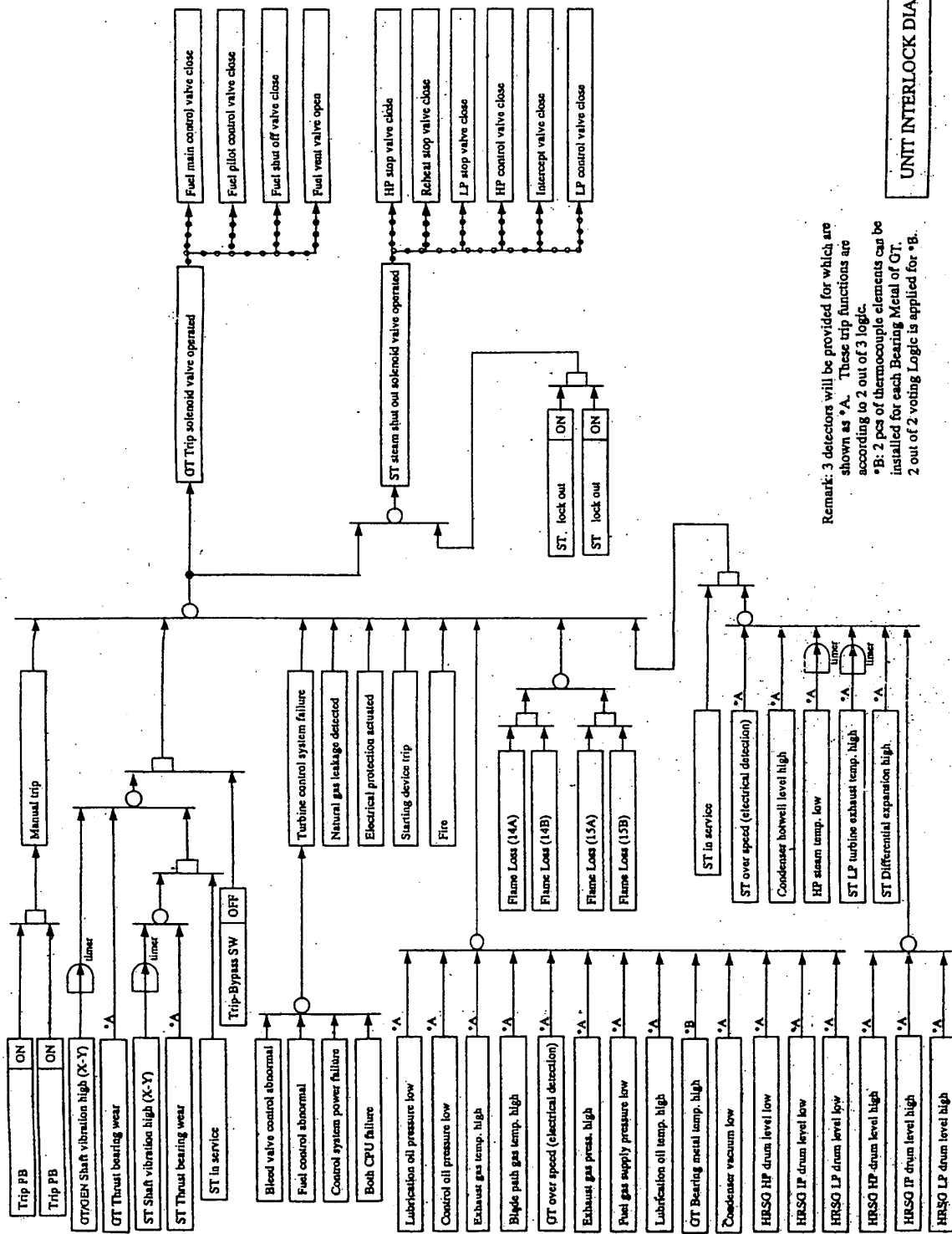
- (1)火災。
- (2)緊急跳機按鈕被按下。
- (3)啟動裝置跳脫。
- (4)氣渦輪機組 111%過速。
- (5)汽輪機組 111%過速。
- (6)軸承高震動。
- (7)氣渦輪機組或汽輪機組推力軸承故障。
- (8)潤滑油壓力過低。
- (9)潤滑油溫度過高。
- (10)氣渦輪機組軸承金屬溫度過高。
- (11)液壓系統油壓過低。
- (12)燃燒器火焰熄滅。
- (13)Bleed Valve 控制不正常。

(14)出口燃氣溫度過高。

(15)葉片路徑溫度過高。

(16)出口燃氣壓力過高。

本機組保護邏輯詳如圖四。



Remark: 3 detectors will be provided for which are shown as *A. These trip functions are according to 2 out of 3 logic.
 *B: 2 pcs of thermocouple elements can be installed for each Bearing Metal of OT.
 2 out of 2 voting Logic is applied for *B.

UNIT INTERLOCK DIAGRAM

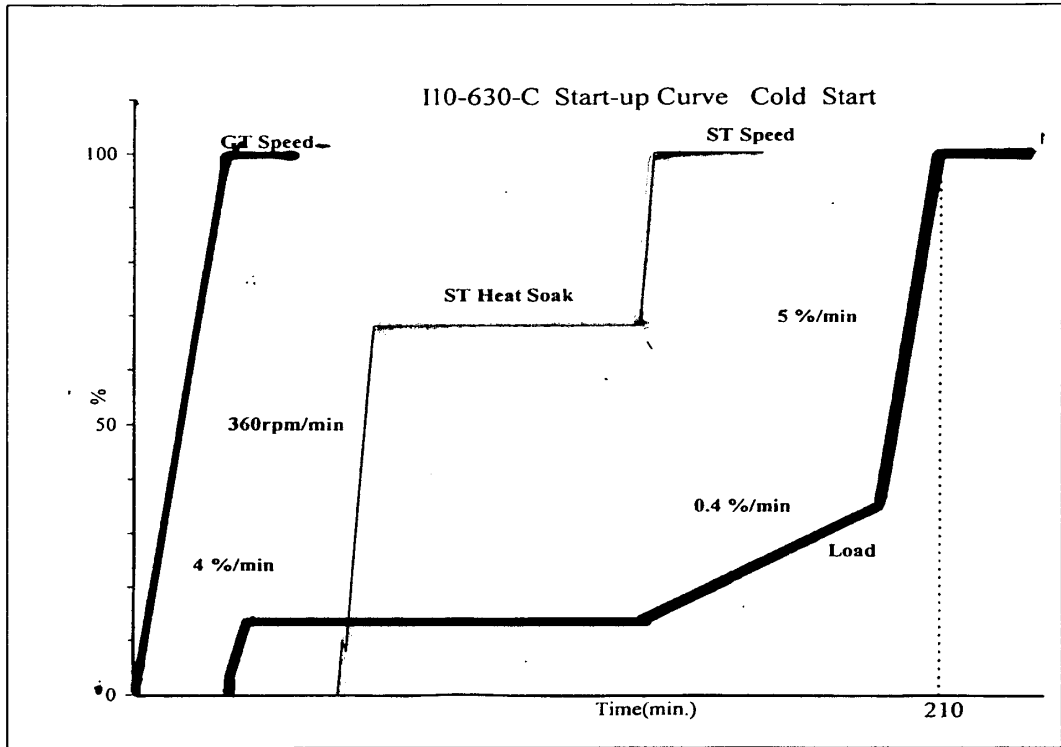
6-7-59

圖四 系統保護邏輯圖

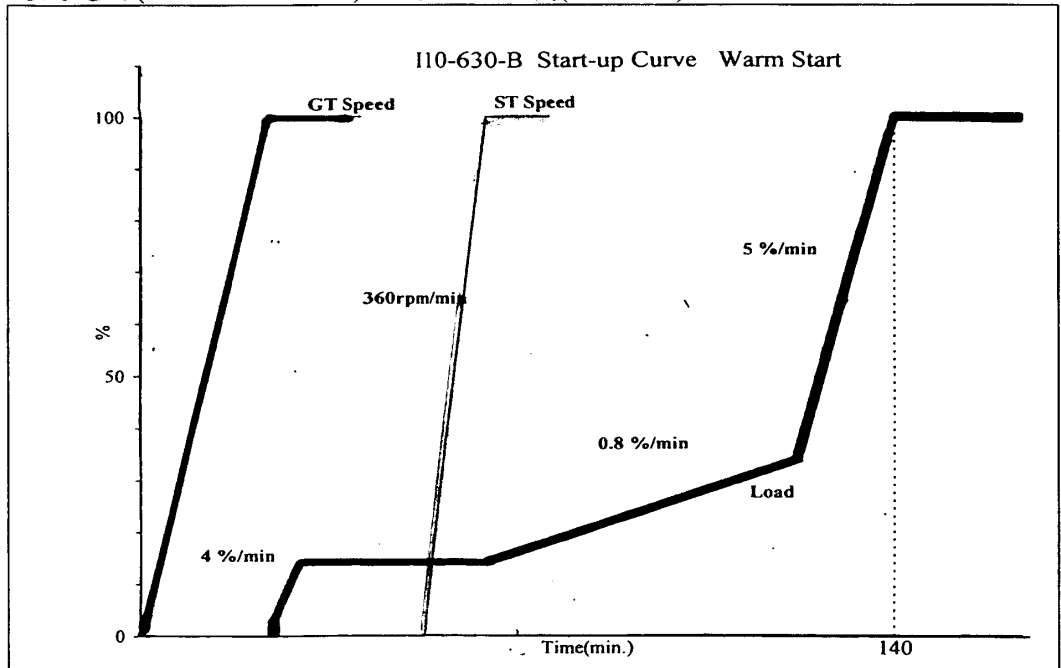
(五)、機組運轉曲線：

本機組啟動加載曲線圖如下：

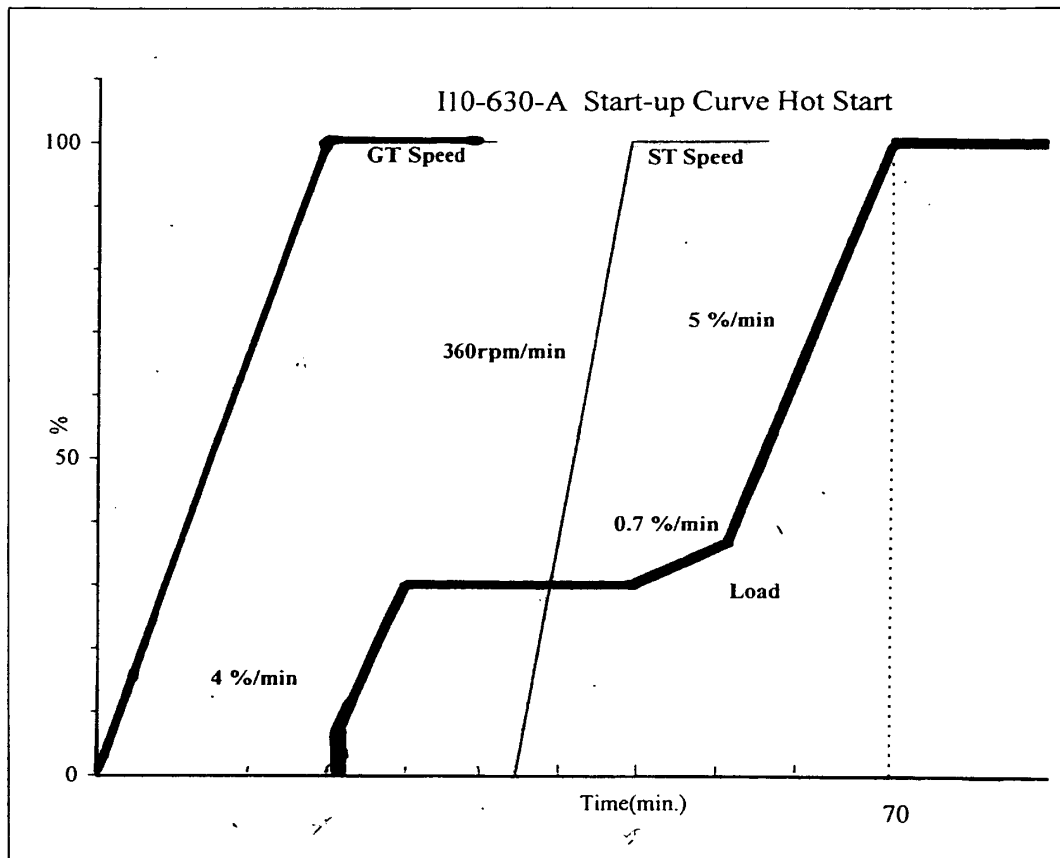
1.冷機起動(COLD SRART)：起動至滿載(250MW)約 210 分鐘



2.暖機起動(WARM SRART)：起動至滿載(250MW)約 140 分鐘



3.熱機起動(HOT SRART)：起動至滿載(250MW)約 70 分鐘



三、出國期間所遭遇之困難與特殊事項：

南部第四號機複循環機組為本公司第一部採用單軸式複循環機組，因單軸式機組以離合器連結氣渦輪機組與汽輪機，故其啟動程序與保護方式與本公司以往採購之複循環機組不同，能夠赴原廠家日本三菱重工實習為個人最大榮幸，感謝上級長官給予學習成長機會。個人目前擔任發電機、電動機及汽機發電機控制系統技術規範審核工作，赴廠家實地學習相關控制、保護協調設計規劃，對個人專業知識之提升有莫大助益，也對爾後工作極有幫助。惟在日本研習期間，深感除英語外，學習第二外國語言的重要性，若具日文基礎則更能發揮事半功倍效果。

四、對本公司之具體建議：

(一)、因單軸式複循環機組無旁通煙囪(BY-PASS STACK)之設計故不考量單循環運

轉（即氣渦輪機單獨運轉），複循環發電運轉時如發生離合器（CLUTCH）或廢熱回收鍋爐系統（HRSG）故障，汽輪機將無法與氣渦輪機同時驅動發電機，在此情況下複循環機組必須停機，故離合器及廢熱回收鍋爐系統（HRSG）均為單軸式複循環機組之重要設備，應備妥詳細之維修資料和配件，以提升機組運轉可靠性。目前三菱使用離合器單軸式複循環機組實績有 6 部，兩年後南四機單軸式複循環機組商轉，應蒐集相關電廠實際運轉經驗，以提升運轉績效。

- (二)、南四機單軸式複循環機組熱效率約 49%，較現有南部一至三號機多軸式複循環機組熱效率約 41.5% 為高，因此就發電成本考量，本機組更具競爭性。
- (三)、為提升本公司員工對發電機組控制、保護協調規劃能力，建議多舉辦相關研習課程並派員工赴製造廠家吸收相關知識，以使未來機組採購規範制定能更加嚴謹並符合現代電廠規劃、設計潮流。