

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

「核能四廠汽輪發電機運轉維護技術訓練」

服務機關：台灣電力公司

|      |   |               |
|------|---|---------------|
| 出國人員 | 職 | 稱：儀電工程監       |
|      | 姓 | 名：江文鑑         |
|      | 職 | 稱：電機工程師       |
|      | 姓 | 名：陳茂元         |
|      | 職 | 稱：儀電工程師       |
|      | 姓 | 名：張鴻文         |
|      | 職 | 稱：核能工程師       |
|      | 姓 | 名：賴昇亨、陳錫煌、吳文中 |

出國地區：日本

出國日期：910919

報告日期：920128

43/0091047=4

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

核能四廠汽輪發電機運轉維護技術訓練

頁數 85 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/(02) 23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

江文鑑/台灣電力公司/核能四廠/儀電工程監/(02) 24902401-2377

陳茂元/台灣電力公司/核能發電處/電機工程師/(02) 23667062

張鴻文/台灣電力公司/龍門施工處/儀電工程師/(02) 24902401-2363

賴昇亨/台灣電力公司/核能四廠/核能工程師/(02) 24902401-2910

陳錫煌/台灣電力公司/核能四廠/核能工程師/(02) 24902401-2923

吳文中/台灣電力公司/核能四廠/核能工程師/(02) 24902401-2921

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：91.09.19~91.12.17

出國地區：日本

報告日期：92.01.28

分類號/目

關鍵詞：汽輪發電機

內容摘要：(二百至三百字)

本公司核能四廠汽輪發電機及其輔助系統由日本三菱公司得標承製，主要設備包括汽輪機、發電機以及飼水泵汽機。控制盤面中，汽機之控制、保護、監視功能分別由 MTC、MTP、MTSI 盤執行；飼水泵汽機之控制、保護及監視功能則分別由 FTC、FTP、FTSI 盤完成。

控制系統以 T/G NETWORK 為中心形成 DCIS 架構，T/G NETWORK 由 MTC、FTC-A/B/C、TGSEC-1/2/3 等 7 只控制器組成，採用 FAST ETHERNET 通訊協定。T/G NETWORK 往上以 CONTROL NETWORK 經由 IF 盤與 NSSS 側進行資料傳輸；往下則經由各個控制器連接現場信號，重要的現場信號以硬接線直接連接至控制盤，較不重要的信號則先接至汽機廠房之 TRIO 盤再經由光纖傳送至控制廠房之 TGSEC 盤，藉以節省硬接線佈線成本。

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

## 目錄

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 壹、國外公務之內容與感想.....             | 1  |
| 貳、國外公務之心得與感想.....             | 3  |
| 儀控維護部份.....                   | 3  |
| 一、儀控系統.....                   | 3  |
| 二、控制器.....                    | 4  |
| 三、現場儀器.....                   | 6  |
| 四、固態電子卡片.....                 | 8  |
| 五、控制盤面.....                   | 11 |
| 六、測試項目.....                   | 15 |
| 七、運轉相關項目.....                 | 17 |
| 運轉部份.....                     | 27 |
| 一、主汽機控制(MTC)系統.....           | 28 |
| 二、飼水泵汽機控制(FTC)系統.....         | 36 |
| 三、主汽機保護(MTP)系統.....           | 48 |
| 四、飼水泵汽機保護(FTP)系統.....         | 54 |
| 五、扭轉振動監視儀(TVM).....           | 56 |
| 六、振動分析儀(VDS).....             | 62 |
| 七、核能訓練中心研習核能電廠汽機起動模擬操作訓練..... | 64 |
| 八、發電機氫氣及二氧化碳控制系統.....         | 78 |
| 參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項.....        | 83 |
| 肆、對本公司之具體建議.....              | 85 |

## 壹、國外公務之內容與感想

依據汽輪發電機採購合約，三菱公司須提供系統相關之運轉維護技術訓練。本次訓練乃依據採購合約第 4.3.3 節規定，選派運轉類賴昇亨、陳錫煌、吳文中等三員及儀控維護類江文鑑、陳茂元、張鴻文等三員赴日本三菱公司接受為期 90 天之廠家技術訓練，包含在兵庫縣高砂市三菱重工業株式會社高砂製作所研習汽機有關之設備、控制設計原理，在兵庫縣神戶市和田岬三菱電機株式會社電力、產業系統事業所研習發電機、勵磁機與輔助設備，在研習期間亦安排在福井縣敦賀市核能訓練中心研習核能電廠汽機起動模擬操作，另外依據合約要求亦安排前往關西電力公司大飯核能電廠以及四國電力公司伊方核能電廠進行工作訓練。

研習項目包括汽機與輔助設備，發電機與輔助設備，電氣設備基本功能，汽機儀控系統解析，主汽機控制(MTC)系統與保護(MTP)系統，飼水泵汽機控制(FTC)系統與保護(FTP)系統，主汽機監視儀器(MTSI)系統與飼水泵汽機監視儀器(FTSI)系統，扭轉振動監視儀(TVM)與振動分析儀(VDS)，汽機監視儀器盤與輸出入信號盤(TESEG & TRIO)，汽機工程監視盤(TGES)與監視工具盤(PET)。訓練課程自 91 年 9 月 20 日起至 91 年 12 月 16 日止。

訓練內容概述如下：

| 起日    | 迄日    | 天數 | 課程名稱                                 | 訓練類別 |
|-------|-------|----|--------------------------------------|------|
| 9/20  | 9/20  | 1  | Orientation                          | 共同科目 |
| 9/24  | 9/27  | 4  | Turbine & Turbine Auxiliaries        | 共同科目 |
| 9/30  | 10/1  | 2  | Explanation on Test at Site (MHI)    | 共同科目 |
| 10/2  | 10/3  | 2  | Generator Design Concept             | 共同科目 |
| 10/4  | 10/7  | 2  | Generator Auxiliaries Design Concept | 共同科目 |
| 10/8  | 10/9  | 2  | Explanation on Test at Site (MELCO)  | 共同科目 |
| 10/10 | 10/11 | 2  | Electrical & Excitation System       | 共同科目 |

|       |       |   |  |              |
|-------|-------|---|--|--------------|
| 10/15 | 10/18 | 4 | Explanation of I&C Philosophy and Design   | 共同科目         |
| 10/21 | 10/25 | 5 | Simulator Training   | 運轉           |
| 10/21 | 10/22 | 2 | Explanation on Controller  | 儀控維護         |
| 10/23 | 10/24 | 2 | CTC Explanation  | 儀控維護         |
| 10/25 | 10/26 | 2 | Explanation on Plant Operation, Control, Protection, Alarm, and Supervisory System | 儀控維護<br>共同科目 |
| 10/29 | 10/30 | 2 | MTC & FTC  | 共同科目         |
| 10/31 | 11/1  | 2 | MTP & FTP  | 共同科目         |
| 11/5  | 11/6  | 2 | MTSI & FTSI  | 共同科目         |
| 11/7  | 11/8  | 2 | TGSEC & TRIO   | 共同科目         |
| 11/11 | 11/12 | 2 | TGES & PET   | 共同科目         |
| 11/13 | 11/14 | 2 | Explanation on Test at Site (MELCO)  | 共同科目         |
| 11/15 | 11/19 | 3 | TVM & VDS  | 共同科目         |
| 11/20 | 11/20 | 1 | MTP & FTP  | 儀控維護         |
| 11/21 | 11/21 | 1 | MTSI & FTSI  | 儀控維護         |
| 11/25 | 11/29 | 5 | On the Job Training  | 共同科目         |
| 12/2  | 12/2  | 1 | IF   | 儀控維護         |
| 12/3  | 12/6  | 4 | TGSEC & TRIO   | 儀控維護         |
| 12/2  | 12/5  | 4 | MTC & FTC  | 運轉           |
| 12/6  | 12/13 | 6 | MTP & FTP  | 運轉           |
| 12/9  | 12/13 | 5 | TGES & PET   | 儀控維護         |
| 12/16 | 12/16 | 1 | Summary  | 共同科目         |

## 貳、國外公務之心得與感想

### 儀控維護部份

#### 一、儀控系統

(一)、核能四廠之汽輪發電機由日本三菱公司提供，主要設備分為汽機、發電機以及飼水泵汽機三大部份，如附圖一所示。依日本三菱公司之分工，系統設計及機械部份由三菱重工(Mitsubishi Heavy Industry, MHI)負責，實際之控制及保護功能則由三菱電機(Mitsubishi Electric Corporation, MELCO)負責。汽輪發電機合約以使用儀器作為分類依據，盤面可概分為以下幾類：

- a. 控制器類：MTC、FTC、TGSEC/TRIO、IF
- b. 固態電子卡片：MTP、FTP、OPC
- c. Bently Nevada 卡片：MTSI、FTSI
- d. 操作平台類：TGES(EC/MC)、TVC、CTC
- e. MHI 產品：TVM、VDS

(二)、T/G Network 的硬體架構如附圖二所示，基本上可分為三層：

第一層為 Plant Process 層，由現場感測元件及致動器等所組成，現場元件以硬接線連接至第二層的 TRIO 盤或第三層的數位控制器/控制盤。

第二層為 T/G Local Network 層，本層主要設備為位於汽機廠房的 TRIO 盤及位於控制廠房電腦室的 TGSEC 盤，以及連接這兩種盤面的 T/G Local Network。T/G Local Network 實際接線為各以 2 條 10 芯 Grade-Index 多模光纖分別連接 TGSEC1-TRIO1、TGSEC2-TRIO2、TGSEC3-TRIO3 的 System A 及 System B，共計使用 12 條 10 芯光纖，其中 TGSEC1-TRIO1 System A 及 System B 實際使用 10 芯通道，TGSEC2-TRIO2 System A 及 System B 各實

際使用 6 芯通道，TGSEC3-TRIO3 System A 及 System B 各實際使用 10 芯通道，其餘未使用者則作為 Spare。

第三層是 T/G Network 層，TGSEC、MTC、FTC 等都是由數位控制器所組成的工作節點，各控制器間以 ScTP 5e 電纜連接成為雙重迴路的 Fast Ethernet 網路，所有的工作節點皆位於控制廠房電腦室(Room 591)，各節點透過 Hub 與 IF 連接經由 Control Network 與 NSSS 進行信號傳輸。

## 二、控制器

(一)、本廠之 T/G Network 共有 MTC、FTC-A、FTC-B、FTC-C、TGSEC-1、TGSEC-2、TGSEC-3 等共計 7 只控制器，各個控制器皆連接至 IF 盤內之 Hub 而形成 T/G Network，IF 盤再以 Control Network 連接至 NSSS 側之 IFM 盤進行資料傳輸，如附圖二。T/G Network 採用 IEEE 802.3U Fast Ethernet Protocol，為避免在網路上產生碰撞影響資料傳輸速度，MELCO 採取以下方法以確保在 100ms 之 Cycling 時間內，能完成資料傳送：

- a、減少控制器數量：如前所述，控制器共有 7 只。
- b、以 Firmware 方式限制資料傳輸時間，只有在 Firmware 時間內才允許資料輸入/輸出。
- c、控制器執行週期遠大於資料傳輸時間。
- d、IF 盤內之 DRAM 規劃 Receiving Queue 及 Sending Queue 以避免資料流失。
- e、T/G Network 採用 Switching Hub 以避免一個控制器傳輸資料及佔用整個網路資源。

(二)、控制器的 Basic Cyclic Time(基本執行週期)為 5ms，這 5ms 又區分 4ms 為 Application Time(軟體執行時間)，及 1ms 為 Basic Firmware Time，只有在 Basic Firmware Time 時，控

制器才有信號傳送及接收的動作發生。基本上，此時間以韌體控制，精確度很可靠。控制器實際進行信號接收與傳送的時間則與控制器中的 PDC 卡片數量有關，每塊 PDC 卡片分配 0.2ms。本廠之控制盤面中，MTC 盤有 3 塊 PDC 卡片，各個 FTC 櫃各有 1 塊 PDC 卡片，各個 TGSEC 則有 1~2 塊 PDC 卡片不等。因此，在控制器數量很少(MTC、FTC A/B/C、TGSEC 1/2/3)，傳送週期相對很長(MTC 為 5ms 及 15ms、TGSEC-2 為 50ms、其他盤面則為 100ms)，以及實際發生信號傳輸的時間很短(每一週期僅約 0.2~0.6ms)這些條件下，發生碰撞的機率微乎其微。說明如附圖三及附圖四。

- (三)、依據 MHI 規範，本廠原本之 T/G Network 使用 UTP 5 Cable。但課程中講師馬場滿也先生表示，為符合 EMI 法規需求，已決定改用 ScTP 5e Cable。另外由 GE 提供之 Control Network、Maintenance Network 共五條 UTP 5 Cable 亦請其告知 GE 公司。另外 Cable Connector 之型式及供應者以及安裝後測試要求亦請其說明。
- (四)、TGSEC 及 TRIO 間所使用之 10 芯 Grade-Index 光纖已置於 MELCO 倉庫中，長度為 370m。供接線熔接時使用之 Spare 光纖則纏繞於盤後之 Splice Box 中。MELCO 人員表示，Spare 長度約為 2~3m (接線盒不大，僅約 20cm x 30cm)，而非儀控訓練課程時所說的數十公尺長。
- (五)、MELCO 發展之 MELTAC-H 型控制器軟體規劃時，先定義 Loop，再定義 Sheet。Loop 功能類似 Foxboro 之 Compound，基本上為系統，但為考慮執行程式之時間問題，同一系統又可分為不同 Loop，如 N31 系統(MTC)又區分為快速迴路 (有關 GOV 控制，執行週期 5ms) 及一般迴路 (執行週



期 15ms)，Logic Sheet 則為實際執行之邏輯。基本上 Logic Sheet 之發展原則完全遵照 Logic Diagram，只在 Logic Diagram 之圖面編號後增加字尾，如 A-060 之邏輯圖，因為 GOV 控制很複雜，所以其 Logic Sheet 為 A-060A、A-060B...A-060I；A-060A 之 Logic Diagram 其 Logic Sheet 則為 A-060AA、A-060AB。每個控制器可任選五個邏輯執行週期，自 5ms~9995ms，以每 5ms 做為基本單位。Controller 內之 Sheet 再自這五個設定的邏輯執行週期中指定執行週期，每個控制器皆定義其執行週期（與 Sheet 之執行週期不同），在每個執行週期內 Controller 須執行讀取 Input、讀取 Command、Self Test、信號 Reasonability Check、邏輯運算、輸出 Data...等工作，受訓期間已由 MELCO 處取得各個控制器及各種邏輯符號所須之運算時間，如附表一，可供爾後維修參考。由附表一之資料可以發現各個控制器之負載皆只有 10% 左右，即使在 Transient 狀況下，亦不致造成 Over-Load 狀況。

### 三、現場儀器

- (一)、T/G 合約所使用之傳送器皆為 Yokogawa Smart Transmitter，具有操作、維修簡易之優點，尤其是設計時為避免發生傳統差壓式傳送器單邊受壓會造成 Sensor 變形而損壞之問題，設計時加裝了 Backup Plate 以防止 Sensor 過壓變形。據其工程人員表示，Backup Plate 可承受其設計之 Working Pressure，所以只要不超過其設計之 working pressure（35 kg/cm<sup>2</sup>、140 kg/cm<sup>2</sup>、420 kg/cm<sup>2</sup> 依型號不同而異），單邊受壓亦不致使傳送器損壞。
- (二)、有關 Drain Tank Level Transmitter，目前 MHI 設計採用差壓式傳送器，負責工程師原田賢治先生一直解釋依日本之

經驗，浮筒式傳送器不易維護且大部分廠家皆已停止生產，備品不易取得。因此，像關西電力公司已全面更改為差壓式傳送器。此問題經派人赴核二廠了解狀況，並在參觀日本四國電力公司伊方電廠時，與廠方維護人員討論，確定若採用差壓式傳送器確實會發生嚴重程度不一之指示失真問題，解決方法須由加裝 Thermal Insulation、加裝 Condensate Pot、適當的 Sensing Line 斜率等地方特別注意，以減緩指示失真問題，已促請 MHI 在現場管路設計時注意這些細節。

(三)、有關汽機跳脫後自動關閉 Heater 之 Non Return Valve 之機制，標準之汽機設計應有二組信號，一組為以液壓油推動 pilot valve 以使控制 NRV 之氣源通路暢通，當汽機跳脫後油壓喪失，pilot valve 因彈簧力自動關閉即阻斷氣源，NRV 自動關閉；另一組則為由跳脫信號控制使電磁閥動作以關斷 NRV 氣源，使 NRV 自動關閉。本廠之 NRV 屬 S&W 設計範圍，而 pilot valve 屬 MHI 工作範圍，因 pilot valve 正好處於 MHI/S&W 介面部分，因此被 MHI 省略了。多次向 S&W 反應皆無回音。本次上課，正式向 I&C 負責工程師立石秀雄先生及機械負責工程師近岡隆英先生明確告知本廠要求增設 pilot valve 回復標準設計，俾供 S&W 設計 NRV 氣源迴路之用。受訓期間屢次向 MHI 反應此問題，一直未得到滿意之答覆，回國後已另發文請核計處轉 MHI 答覆。

(四)、MELCO MTSI/FTSI 上有關 Vibration 監測皆採用 Dual Probe 型式，亦即使用一只位移式 Probe 量測 Shaft 及裝設點之間的相對振動值，裝設點上另加裝一只速度型 Probe 以量測該點之絕對振動值，這兩個振動值取其向量和即為 Shaft 的絕對振動值。MTSI 的汽機側 (Brg#1~#8) 採用位移式 Probe 及速度型 Probe 分別安裝的方式，所以有兩個 Sensor 型號；

發電機側 (Brg#9~#11) 及 FTSI 則皆採用 Dual Probe 之 Sensor，所以只有一個 Sensor 型號。參觀伊方電廠時，發現三菱公司亦生產振動監視設備，詢問三菱公司人員為何本廠採用 Bently Nevada 產品，三菱人員答覆：因本廠採購規範指定須使用絕對振動值監視設備，三菱公司只生產相對振動產品，所以才採用 Bently Nevada 產品。

#### 四、固態電子卡片

- (一)、早期三菱公司依循西屋公司之經驗及模式，對固態電子卡片之電子零組件進行篩選作業，且對成品之電子卡片則進行功能測試及 48 小時之 Burn-up 測試。近年來，因技術之改進及經驗的累積，僅進行卡片功能測試而已，不再篩選電子零組件作業而改採用經驗法則，僅承認多年來供貨的合作夥伴，且建檔管理其成品之可靠度。MELCO 表示目前不同的零組件分由 15 個廠商供貨。早期對不同的卡片，三菱公司會提供更換週期建議 (約 9~14 年)，目前則僅提供一般具使用年限的零組件更換年限建議，電子卡片則不再建議更換週期。
- (二)、三菱電機公司的電子卡片設計及製造承襲自西屋公司，尤其來自 7300 系列，除了 Layout 及零組件等級的提升等改進之外，另有下述之幾項主要改變：
- 西屋原設計為 42 只金手指 (pin)，三菱公司改為 50 只，且每只金手指又分為 A、B 兩面。接腳數目大幅增加，測試點數量亦增加，有利於維修。
  - 西屋原設計 Pin 25 為 Power Common，Pin 42 為 Signal Common。三菱認為小信號沒有加以區分之必要，因此只保留 Pin 25 做為 Ground 點。龍門計畫要求盤面接地須區分 E-Bus bar (Equipment Ground) 及 I-Bus bar

(Instrument Ground)。其中，I-Bus 供儀用電纜遮蔽線之接地用，E-Bus 則作為 Power Supply、Case 及 Cabinet 等盤面之接地用。一般控制盤面各卡片之 Pin 25 串聯在一起後為 Floating，並不接至 Ground 點。對於 MTP/FTP，因這兩個盤面具有保護功能，須特別注意 EMI 問題，因此 MELCO 特別設計了 G-Bus。所有卡片之 Pin 25 皆串聯在一起後，連接至 G-Bus。G-Bus 再以 500Ω 電阻及 0.1μF 電容(並聯)連接至 E-Bus(電阻、電容值參考 JEC-210)。以上 I-Bus、E-Bus、G-Bus 最低間隔距離為 5cm，目前皆已安裝至盤面上(含電阻、電容器)。若影響 Cable entry，MELCO 建議先將 Bus 移除，等電纜拉設完成再回裝。至於連接至盤外之 Ground 線佈線則屬 S&W 設計範圍。

- 西屋原設計之雙電源，分別由各卡片之 Pin 1、Pin 2 輸入至卡片內，每張卡片內均含 Diode 並聯線路，以取得 Auctioneer High 電壓。因此，每塊卡片均有 2 個輸入 Pin 及 2 只 Diode。三菱則更改為將 diode 置於 Power Supply 內，因此，卡片內部不再含有 Diode，每個卡片櫃僅有二個 Power Supply，然後將其輸出送至每張卡片之 Pin 1。Pin 1 失電及 Power Supply 故障皆有警報設計，現場巡視時另可查看 Power Supply 之 LED 是否正常。
- 西屋盤面皆採自然通風之設計，即沒有冷卻風扇。三菱之設計中，除裝設 Digital Controller 之盤面外，亦無冷卻風扇。Digital Controller Cabinet 之冷卻風扇(抽風扇)裝設於背盤上半部，每個 Cabinet 兩台，內含偵測器，若任一台風扇轉速停止，則輸出警報且背盤會有 LED 顯示，進風口則位於前盤下部。

- 西屋之電子卡片使用電阻式保險絲，一般建議更換年限為 5-10 年，少部分卡片另有玻璃管式保險絲，關西電力提供之資料顯示更換週期為 2 年。MELCO 目前則全部採用玻璃管式保險絲，建議更換週期為 7 年。
- 西屋之 Power Supply (7300) 為 Transformer 型式，重達 65 公斤，安裝於盤面底部；MELCO 之 Power Supply 則為 Switching 型式，僅約 5 公斤，安裝於盤面上部，以利熱氣逸散。
- 西屋之卡片設計無 Card Pull Out 警報裝置，MELCO 卡片則有 Card Pull Out 警報裝置，大部分設計於 Pin 24a 及 Pin 24b，少部分則設計於 31a/b、40a/b...，但講師亦不明白為何設計於不同 Pin。同時，各種卡片皆無 key lock，即雖然某一槽位僅能插入某一種型式之卡片，但並沒有防止誤插入之裝置。

(三)、MELCO 之盤面設計已充分考慮維修之便利性，例如：

- Power Supply 置於盤面上方，LED 顯示、電壓測試點、電壓調整鈕皆位於卡片前緣，巡視及調整皆很方便。更換 Power supply 時僅須鬆開兩只固定螺絲後，即可將 Power Supply 取下，不需拆除電源線等，十分簡便。
- I/O Module 更換時，僅須按 Release Button 即可將 Module 與基座分離，不須拆除外接線。外接線連接於基座上。
- 所有卡片及 I/O Module 之測試點、LED 指示燈等皆位於卡片前緣，LED 紅色代表警報，綠色代表正常，巡視非常方便。

(四)、對於電子卡片，日本電廠並沒有定期更新之規劃，只定期

更新有壽命限制之零組件，如電解電容器、冷卻風扇等。平時運轉中發生異常及大修校正發生異常之電子卡片則予以更新。不過，伊方電廠人員亦透露，伊方#1、#2 機運轉已超過 20 年，所有電子卡片皆已更新過。因此，電子卡片壽命約 15 年是個合理的估計值。

(五)、日本電廠對電子卡片靜電之防制非常小心，進入卡片室必須更換防靜電鞋；碰觸卡片必須戴上棉紗手套；拿取卡片必須再戴上防靜電環；卡片放置桌上時，桌面需先鋪上防靜電袋。電子卡片越來越精密，這些細節就越須注意。另外，卡片室設計雙重門以防塵，是另一個值得考慮的做法。當然，卡片室使用獨立空調以保持 21°C、60%以下之溼度。

(六)、本廠使用之 CTC (Card Test Cabinet) 僅能執行功能測試，無法執行診斷功能。數年前，三菱公司曾多次至核三廠介紹其發展的電子零組件劣化診斷技術，因此要求 MELCO 在 CTC 課程中加以詳細介紹。此技術由三菱公司及關西電力公司合作，主要為 Power TTL (Logic IC) 之 Margin Voltage 分析 (降電壓測試) 及 OP (運算放大器) 之 White Noise 分析，總共製造五套。目前 MELCO 廠內並無成品，因此無法 Demo。

## 五、控制盤面

(一)、三菱公司已提供不同盤面的測試程序書 (Shop Inspection Procedure) 給本廠，目前在 MELCO 工場正進行各盤面之 Shop 測試。其中邏輯測試部份 (Sequence Test) 在測試程序書中僅說明依 Schematic Diagram 進行，並無詳細測試步驟，測試結果在測試程序書無相關表格。測試人員僅在依 Schematic Diagram 順序排列之 Sheet 上進行簽名。已要求三菱公司增補相關邏輯測試資料。此外，詢問測試人員日

本的作法，依其回答，邏輯測試部分不論廠商進行何種測試，電廠方面皆會再進行完整的測試及確認。

(二)、目前 MELCO 正著手編寫 T/G Operation and Maintenance Manual 之 Vol. 4 部分，Manual 中除共通部分外，原則上每一種盤面為一個 Chapter，上課內容大部分即為該 Manual 的草稿。課程中除了更正打字錯誤的部分外，提醒講師須將

- 各盤面的 (Internal) Wiring Diagram
- 各種電子卡片的 Detail Circuit Drawing
- 各種電子卡片的 Test Procedure

列入，以利爾後維修。

(三)、MELCO 盤面運送時，具有螺絲固定裝置者如 Power supply 等，將加強固定後安裝於定位，隨同卡片櫃一齊運送，其他如：電子卡片、I/O Module 等元件則將拆下包裝另行運送。另外 C Channel 因考慮施工因素亦將拆下另外運送。以目前的了解，至少仍有以下數項須等運送至工地後，在現場或測試時加以修改：

- 各卡片櫃之 NFB 及 Switch (Power Distribution) 之標示方式及位置不易分辨，須以其他標示方式取代以避免誤判。
- 各種電子卡片往往都是數個 channel，且由數個迴路共用，若僅是指示用 (LED) 或警報用，尚可接受。但 Relay card、Logic card 及 I/O Module 等具有控制功能之卡片亦為數個迴路共用，若誤抽出或隔離不完全則可能造成嚴重後果，須及早建立各卡片中各 channel 所使用的迴路 check list 及其影響範圍以利檢修時減少

疏失之可能。

- 各 Power supply 具有輸出正常之 LED 指示燈，但並沒有電壓指示表及電流指示表，各盤面所消耗的電流(負載)，MELCO 亦沒有相關資料，測試時須建立各卡片櫃之負載資料，以利故障監測。

(四)、MELCO 盤面上對 Alarm 之設計方式為：對重要的故障信號採用一對一傳輸方式，即一個異常信號對應一個警報點，對於較不重要的信號則僅傳送 Group Alarm。例如，MTC 盤面 CPU A fail、FAN A fail、Card pull out...等沒有立即跳機危險等異常警報，僅傳送一個類似 MTC A Abnormal 之警報信號。因此當 Group 警報出現時，運轉人員須先至 Room 591 TGES 之 MC 及 EC 上叫出 Detail Alarm Message 才可能知道何者發生異常(或者直接巡視相關盤面上之 LED 指示)，因此可能增加運轉員之負擔，運轉人員的工作、巡視流程亦可能須重新規劃。在編寫警報相關程序書以及運轉員工作流程時須注意此問題。

(五)、所有 MELCO 製造且安裝於 C/B Room 591 之盤面，皆使用編號 200 之共同鑰匙，此點對維修、巡視有一定的便利性。但相對的，亦增加開錯盤面、操作錯誤之人為疏失風險，尤其各個盤面皆沒有 Door Open 之警報，如何防止開錯門須及早規劃及注意。

(六)、TVM(Torsional Vibration Monitor)盤面之主要功能為：偵測汽機軸之扭力狀況，主要為避免汽機軸之自然共振頻率振幅過大而損及汽機軸。使用之方法則是在#1 軸承附近加裝 2 支 Speed Sensor，齒輪數為 60，2 支 Speed Sensor 成 21 度角，代表汽機端的扭力狀況。另在#8 軸承附近加裝 2 支 Speed Sensor，齒輪數為 120，2 支 Speed Sensor 成 10.5 度



角，代表發電機端的扭力狀況。本廠汽機的自然共振頻率為 7.2Hz、14.4Hz、19.5Hz、22Hz，因此汽機端的 TVM 即偵測此 4 個頻率之振動值。發電機端則主要偵測 88Hz 的自然共振頻率。課程中 MHI 僅著重 TVM 盤面之操作，對原理解釋及如何維護等工作則著墨甚少，已要求其在 O & M Manual 中增加相關內容。另外，此 4 只 Speed Sensor 並未與其他盤面共用，MHI 在所提供之汽機軸上之儀器位置圖中並未顯示此 4 只 Speed Sensor，已請 MHI 儘速修改相關圖面。

(七)、VDS(Vibration Diagnostic System)盤面之功能為：擷取來自 MTSI 及 FTSI 之振動信號，再加以分析以提供必要之資訊供振動診斷之用。依據 MHI 規範其設計功能為每 15 秒自動擷取並儲存振動信號，每 30 分鐘則自動分析振動頻譜信號，當警報發生或運轉員提出需求時亦會分析振動頻譜信號。但目前實際之功能則為：每 15 秒即自動儲存並分析振動信號及振動頻譜信號，至於警報發生時或運轉員提出需求之功能則因 15 秒之間隔已很短所以已取消。已要求 MHI 依現況修改相關規範的內容再送本公司及 S&W 公司審查。同時，VDS 具有 Diagnostic Screen 功能，使用 Fussy Control 原理，診斷振動警報發生的可能原因。此功能在規範中著墨甚少，課程中則提供了部份資料，已請 MHI 在 O & M Manual 中增加這部份的介紹以利了解其功能。

(八)、VDS 之偵測對象為 T/G 及 MFTP-A、MFTP-B、MFTP-C，各有一台 PC 負責擷取及分析資料，Manual 中說明遇有警報發生時，VDS 會自動將警報發生前 2 秒至發生後 30 秒之資料轉存至 Freeze File，每台 PC 可儲存 10 個 Freeze File。上機實習時，發現 T/G 約有 30 個 Freeze File，已請講師澄清。另外汽機#1~#11 軸承，每只軸承各有 X1、X2、Y1、

Y2 四個振動偵測儀器，但 VDS 偵測 T/G 只使用 22 個 Channel，即只取 X1 及 Y1 之信號。若將來要取 X2 或 Y2 之訊號則需重新接線，因此施工時需注意保留 X2、Y2 接線適當長度，以利將來更改接線之用。

- (九)、電腦硬體設備之更新、淘汰速度非常快，課程中講師談到一號機使用之 PET 為 DELL 廠牌 500MHz 之 Note Book，但目前此型號已不再生產，二號機勢必與一號機不同型號。IF 使用之 Switching Hub 也有同樣情形。提醒講師，MELCO 在未來 40 年之電廠運轉期間有義務提供相容產品之替代建議供本公司參考。不過此項問題仍須本廠及早面對及規劃因應。

#### 六、 測試項目

- (一)、 MHI 針對 Site Test 部份之課程已準備 TS-97623~TS-97635 等 13 份主汽機及飼水泵汽機 Start-up 需使用的程序書，原則上應已涵蓋 Pre-Op 及 Start-up Test 之工作範圍，不過仍須送本公司及 S&W 審查才能定案。這些程序書共同問題為

- 需使用 SI 單位 (原使用公制單位)
- Precaution 條件、程序書執行條件須明確定義及補強
- 須加入目前已確認之 Tag No.
- 操控開關、按鈕及觸控螢幕按鈕須與 GE 設計之 MMI 交互比對，確認操作點確實存在。(例如在 MHI 程序書 TS-97630 中有「EH Auto」按鈕，但在 GE 之 DCT 卻無此操作點)

| Doc.<br>Number | Title  |
|----------------|--|
| TS-97623       | Turbine Protection Device Interlock Test Procedure |

|          |   |
|----------|---|
| TS-97624 | Turbine Lube Oil System Test Procedure            |
| TS-97625 | Turbine Generator Turning System Test Procedure   |
| TS-97626 | FWPT DEHC Test Procedure                          |
| TS-97627 | Turbine DEH Test Procedure                        |
| TS-97628 | Turbine EH Fluid System Test Procedure            |
| TS-97629 | FWPT Operation Test Procedure                     |
| TS-97630 | Turbine Steam Admission Test Procedure            |
| TS-97631 | Turbine No Load and Overspeed Trip Test Procedure |
| TS-97632 | Turbine Generator Lube Oil Test Procedure         |
| TS-97633 | Turbine Load Operation Test Procedure             |
| TS-97634 | Steam Inlet Valve Stem Freedom Test Procedure     |
| TS-97635 | Load Rejection Test Procedure                     |

- (二)、有關現場測試時是否使用特殊儀器之問題，MHI/MELCO 皆回答現場測試不需準備特殊儀器。Shop Test (FAT) 時會使用某些特殊儀器，Performance Test 可能會使用某些較特殊儀器，但 MHI/MELCO 會提供，至於詳細的使用儀器清單已送 TPC/S&W 審查。
- (三)、有關汽機控制盤面上是否應有 Load Increase Rate 選擇按鈕問題，MHI 之回答為：因 BWR 為汽機追隨 Reactor，故升降載速率由 Rx 控制，T/G 部分有 Load Set 及 Load Limit Set 即可，不需增加 Load Increase Rate 選擇按鈕。另外，T/G Various Runback Speed 亦是相同考量，交由 Rx 控制。
- (四)、依據三菱公司的分工，DCIS 相關及 Generator 相關的盤面由 MELCO 負責，其他盤面(除 TVM 及 VDS 外)雖然硬體由 MELCO 提供，但設計及邏輯等皆由 MHI 負責，所以測試亦由 MHI 負責。DCIS 相關盤面之 Shop Test 除了個別盤面之功能測試外，MELCO 另外亦執行各個控制盤間的

Communication Test，主要為驗證各個控制器與 IF 及 TGSEC(MC 與 EC)之資料傳輸功能正常。除此之外，由 TGSEC2 連接一條 400 公尺長之光纖至 TRIO2，模擬控制廠房至汽機廠房之距離，再由 TRIO2 送信號經 TGSEC2 到 IF，再由 IF 量取信號輸出，驗證汽機側之時間延遲不超過 600ms。依規範要求時間延遲不得超過 1.5 秒，其中 IF 預計需 100ms，汽機側之時間延遲不得超過 600ms，NSSS 側之時間延遲不得超過 800ms。

(五)、T/G 合約中幾乎所有之盤面皆由 MELCO 製造，唯有 TVM 及 VDC 兩個盤面由 MHI 製造。MELCO 對每個盤面皆準備 Shop Test 之程序書供本公司及石威公司審查，審查同意後再據以執行 Shop Test。MHI 則並未遵循此模式。另外，關於 O & M Manual，MHI 的準備情形亦沒有 MELCO 周延，已請其比照 MELCO 模式辦理。

(六)、Pre-OP 測試時，需執行現場 I/O 測試。日本電廠的做法是現場 I/O 測試時需將盤面上之所有外接線拆除，以避免測試時，現場設備誤動作。實際上之做法則是：施工人員將外接線拉至定位點附近後，先不鎖上 Terminal，等現場 I/O 測試完成後，再由測試人員鎖上 Terminal。此部分工作因可能涉及施工處/電廠、以及不同包商之工作介面，甚至涉及 Construction Complete 之判定。因此，要求三菱公司在其 Pre-OP 程序書中特別將”所有外接線拆除”之要求明確標明，以利本公司及早因應。

## 七、運轉相關項目

(一)、MHI 講師說明「關於 MSR 之 ACV-6001B 採用壓力為控制參數(與以往使用溫度參數控制不同)」之理由為壓力信號較溫度信號之變化較快，較能迅速反應反應器功率之提高或下降，進而提早控制 2nd

stage reheating steam flow。其應用之公式為

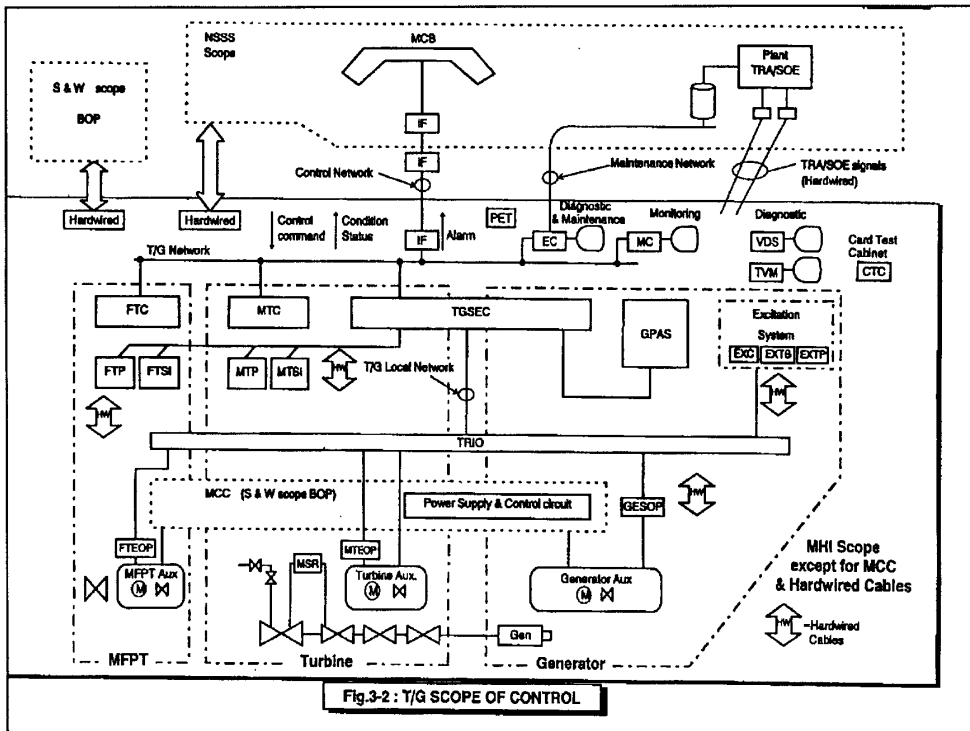
LP Turbine inlet temperature = (saturated temperature of 2<sup>nd</sup> stage  
MSR heating steam pressure) - (MSR  
terminal difference),

(MSR terminal difference) = 2<sup>nd</sup> stage MSR heating steam temp. - MSR  
outlet steam temp. 雖然會隨功率提高而變大，但是小階段功率變化  
時可視為固定，所以當第二級加熱蒸汽壓力變大(因功率提升)，算  
出其飽和溫度，減掉(MSR terminal difference)就可早點得到 LP  
Turbine inlet temperature 的結果，利用此結果去開大第二級加熱蒸  
汽進汽控制閥，隨後 LP Turbine inlet temperature 就會到達一個新  
的穩定態，此一穩定態與原先預期的結果相近但是應該較高，此時  
也會得到一個新的(MSR terminal difference)，可以說這種控制是一  
種減少溫度感應遲滯時間之效果。由我們的觀點來看這是利用第二  
級加熱蒸汽壓力(換言之也可視為汽機第一級壓力或反應器功率)來  
控制第二級加熱蒸汽的流量。

- (二)、有關發電機定子線圈是否會發生如核三廠一般的腐蝕問題，MELCO 講師說明 MELCO 之冷卻水系統為加氫處理，不像 GE 之冷卻水系統設計內含 O<sub>2</sub> 而容易造成腐蝕問題，因此 MELCO 之定子線圈從未發生腐蝕問題。當系統起始運轉時，須由氫氣瓶供應 H<sub>2</sub>，使 Stator Coil Cooling Water System 之 Water Tank 保持 H<sub>2</sub> 正壓。正常運轉後依靠由冷卻轉子之 H<sub>2</sub> 洩漏至 Stator Coil Cooling Water 即可維持 Water Tank 保持 H<sub>2</sub> 正壓，如此則可避免腐蝕問題。
- (三)、對於邏輯圖上之設定點、Function Generator 數值及 Timer 設定等，GE 在 HSS 中說明且訂定其數值，S&W 則以 Table 型式加以訂定，要求 MHI 比照辦理。MHI 則回答目前要發展新圖面可能有困難，但承諾在下次邏輯圖改版前會將上

述之數值在圖上相關位置上標明。

- (四)、OPC (Over-speed Protection Control) 之起動條件包括：1. 在 load unbalance 30% 及以下，speed 107.5% 之點至 load unbalance 80%，speed 100% 之斜線右方及 2. MGB open 且 load unbalance > 30% 等二個條件。OPC 動作後，將使 SOV 激磁，Dump Valve Open，油壓洩放，使 GV、ICV 關閉，從而減少進汽量，降低轉速。OPC Reset 條件為 Speed 降至上述斜線下方 0.5% [(30%，107%) – (80%，99.5%) 之斜線]，Reset 後因 OPC 線路上有 1.8 秒之時間延遲，因此須等 1.8 秒後 GV、ICV 才會重新開啟，Rated Power 時 GV、ICV 約需 5~6 秒才會開至定位。



附圖一 T/G DCIS 範圍

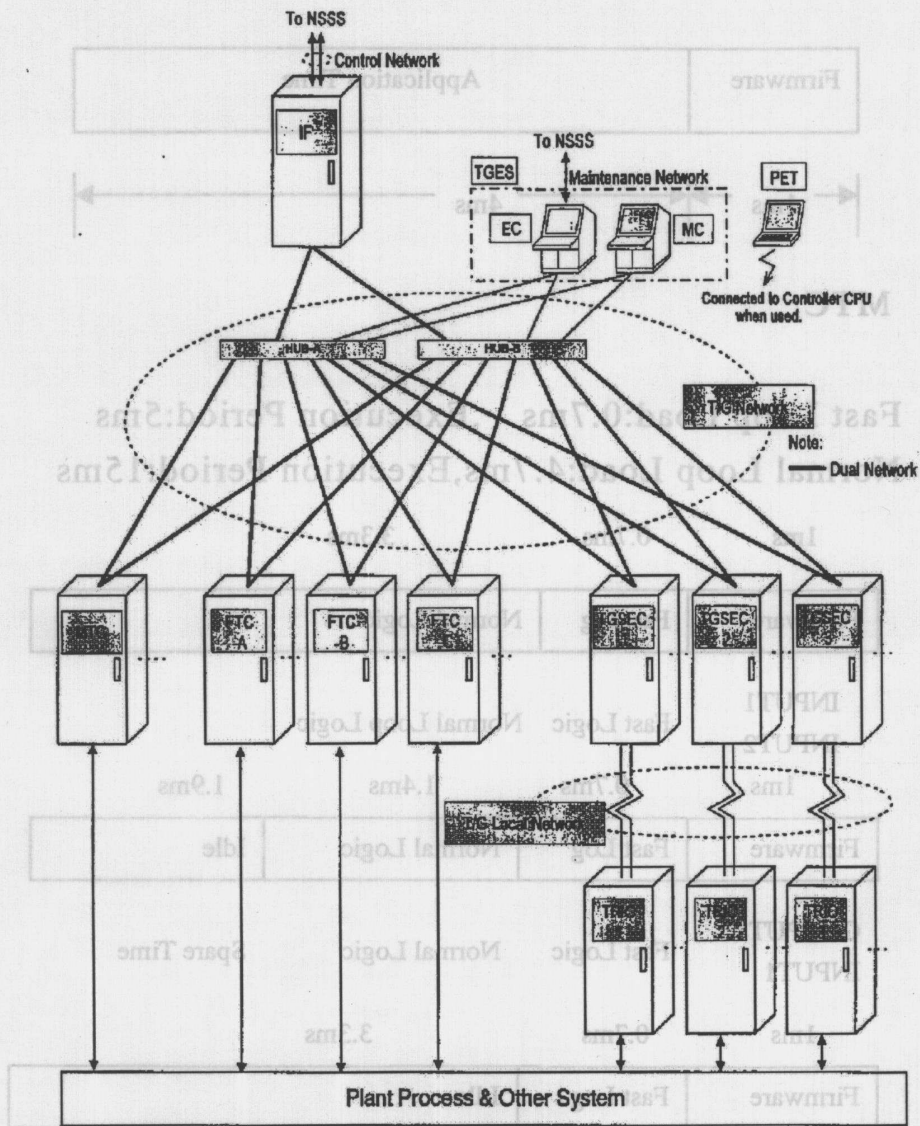
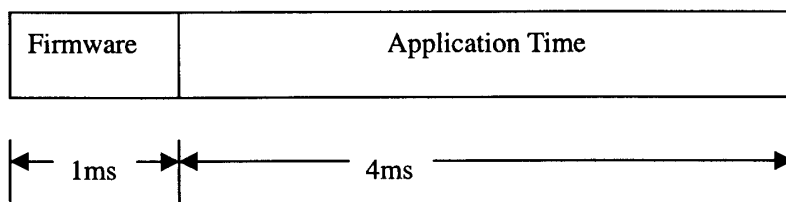


Fig. 3.1 Distributed System Configuration

附圖二 T/G DCIS 架構

三圖樹 MTC 控制盤器時對





### MTC

Fast Loop Load:0.7ms ,Execution Period:5ms

Normal Loop Load:4.7ms,Execution Period:15ms

1ms                      0.7ms                      3.3ms

|          |          |              |
|----------|----------|--------------|
| Firmware | Fast log | Normal Logic |
|----------|----------|--------------|

INPUT1                      Fast Logic    Normal Loop Logic  
 INPUT2  
 1ms                      0.7ms                      1.4ms                      1.9ms

|          |          |              |      |
|----------|----------|--------------|------|
| Firmware | Fast Log | Normal Logic | Idle |
|----------|----------|--------------|------|

OUTPUT1                      Fast Logic    Normal Logic                      Spare Time  
 INPUT1  
 1ms                      0.7ms                      3.3ms

|          |          |      |
|----------|----------|------|
| Firmware | Fast Log | Idle |
|----------|----------|------|

OUTPUT1                      Fast Logic    Spare Time  
 OUTPUT2  
 INPUT1

附圖三 MTC 控制器軟體執行週期

## TGSEC-2

Application Load:9.31ms

Execution Period:50ms

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| F/W | APL | F/W | APL |
|-----|-----|-----|-----|

INPUT

Logic Calculation

Logic Calculation

|     |     |       |     |       |
|-----|-----|-------|-----|-------|
| F/W | APL | Spare | F/W | Spare |
|-----|-----|-------|-----|-------|

Logic  
Calculation

OUTPUT

|     |       |     |       |
|-----|-------|-----|-------|
| F/W | Spare | F/W | Spare |
|-----|-------|-----|-------|

|     |       |     |       |
|-----|-------|-----|-------|
| F/W | Spare | F/W | Spare |
|-----|-------|-----|-------|

|     |       |     |       |
|-----|-------|-----|-------|
| F/W | Spare | F/W | Spare |
|-----|-------|-----|-------|

附圖四 TGSEC-2 控制器軟體執行週期

附表一、各控制器之POL計算時間

| 分類             | POL種類          | POL計算時間 | MTC (High Speed) |      | MTC (Low Speed) |      | FTC-A |      | FTC-B |      | FTC-C |      | TGSEC1 |      | TGSEC2 |      | TGSEC3 |      | Total<br>個數 | 備註 |
|----------------|----------------|---------|------------------|------|-----------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|------|--------|------|--------|------|-------------|----|
|                |                |         | 個數               | 計算時間 | 個數              | 計算時間 | 個數    | 計算時間 | 個數    | 計算時間 | 個數    | 計算時間 | 個數     | 計算時間 | 個數     | 計算時間 | 個數     | 計算時間 |             |    |
|                | Sheet數         |         | 17               |      | 165             |      | 41    |      | 41    |      | 41    |      | 210    |      | 203    |      | 166    |      | 884         |    |
|                | Total          |         | 530              |      | 4673            |      | 876   |      | 890   |      | 879   |      | 10507  |      | 8374   |      | 4908   |      | 31637       |    |
| Digital<br>POL | AND            | 0.98    | 26               | 25   | 471             | 462  | 79    | 77   | 79    | 77   | 79    | 77   | 1457   | 1428 | 339    | 332  | 10     | 10   | 2540        |    |
|                | OR             | 0.98    | 33               | 32   | 285             | 279  | 64    | 63   | 64    | 63   | 64    | 63   | 470    | 461  | 509    | 499  | 68     | 67   | 1557        |    |
|                | NOT            | 0.35    | 26               | 9    | 385             | 135  | 80    | 28   | 80    | 28   | 80    | 28   | 963    | 337  | 436    | 153  | 39     | 14   | 2089        |    |
|                | ONDELAY        | 2.63    | 18               | 47   | 115             | 302  | 20    | 53   | 20    | 53   | 20    | 53   | 337    | 886  | 102    | 268  | 15     | 39   | 647         |    |
|                | OFFDELAY       | 2.06    | 6                | 12   | 22              | 45   | 13    | 27   | 13    | 27   | 13    | 27   | 36     | 74   | 2      | 4    | 0      | 0    | 105         |    |
|                | ONESHOT        | 1.68    | 0                | 0    | 38              | 64   | 7     | 12   | 7     | 12   | 7     | 12   | 9      | 15   | 355    | 596  | 8      | 13   | 431         |    |
|                | FLIPFLOP       | 0.46    | 5                | 2    | 93              | 43   | 17    | 8    | 17    | 8    | 17    | 8    | 343    | 158  | 104    | 48   | 35     | 16   | 631         |    |
|                | NMLOGIC        | 2.6     | 4                | 10   | 8               | 21   | 3     | 8    | 3     | 8    | 3     | 8    | 9      | 23   | 1      | 3    | 1      | 3    | 32          |    |
|                | ADDER          | 0.68    | 30               | 20   | 26              | 18   | 5     | 3    | 5     | 3    | 5     | 3    | 0      | 0    | 12     | 8    | 13     | 9    | 96          |    |
|                | SUBTRACT       | 0.65    | 14               | 9    | 157             | 102  | 15    | 10   | 15    | 10   | 15    | 10   | 0      | 0    | 115    | 75   | 117    | 76   | 448         |    |
| Analog<br>POL  | SUMMER         | 0.84    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 4      | 3    | 0      | 0    | 4           |    |
|                | MULTIPLIE<br>R | 0.65    | 0                | 0    | 10              | 7    | 7     | 5    | 7     | 5    | 7     | 5    | 0      | 0    | 91     | 59   | 0      | 0    | 122         |    |
|                | DIV            | 0.71    | 0                | 0    | 0               | 0    | 1     | 1    | 1     | 1    | 1     | 1    | 0      | 0    | 1      | 1    | 3      | 2    | 7           |    |
|                | ABS            | 0.62    | 10               | 6    | 102             | 63   | 8     | 5    | 8     | 5    | 8     | 5    | 0      | 0    | 63     | 39   | 96     | 60   | 295         |    |
|                | SORT           | 0.95    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 9    | 9           |    |
|                | DEADBAND       | 1.25    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0           |    |
|                | HS             | 1.31    | 9                | 12   | 38              | 50   | 4     | 5    | 4     | 5    | 4     | 5    | 0      | 0    | 6      | 8    | 0      | 0    | 65          |    |
|                | LS             | 1.34    | 11               | 15   | 37              | 50   | 3     | 4    | 3     | 4    | 3     | 4    | 0      | 0    | 8      | 11   | 0      | 0    | 65          |    |
|                | VPI            | 2.15    | 1                | 2    | 0               | 0    | 1     | 2    | 1     | 2    | 1     | 2    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 4           |    |
|                | VI             | 2.45    | 0                | 0    | 0               | 0    | 1     | 2    | 1     | 2    | 1     | 2    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 3           |    |
| Digital<br>POL | HIGH           | 3.71    | 36               | 134  | 175             | 649  | 31    | 115  | 31    | 115  | 31    | 115  | 135    | 501  | 296    | 1098 | 275    | 1020 | 1010        |    |
|                | LOW            | 3.58    | 12               | 43   | 42              | 150  | 9     | 32   | 9     | 32   | 9     | 32   | 19     | 68   | 123    | 440  | 6      | 21   | 229         |    |
|                | ENG            | 1.19    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0           |    |
|                | FX             | 3.68    | 18               | 66   | 18              | 66   | 7     | 26   | 7     | 26   | 7     | 26   | 0      | 0    | 49     | 180  | 2      | 7    | 108         |    |
|                | I              | 0.81    | 2                | 2    | 39              | 32   | 1     | 1    | 1     | 1    | 1     | 1    | 0      | 0    | 5      | 4    | 48     | 39   | 97          |    |
|                | D              | 2.24    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0           |    |
|                | PIDP           | 4.52    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 43     | 194  | 0      | 0    | 43          |    |
|                | PIDV           | 3.65    | 0                | 0    | 0               | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0      | 0    | 0           |    |





## 運轉部份

運轉操作方面之重點共計有下列各點：

- 一、主汽機控制(MTC)系統
- 二、飼水泵汽機控制(FTC)系統
- 三、主汽機保護(MTP)系統
- 四、飼水泵汽機保護(FTP)系統
- 五、扭轉振動監視儀(TVM)
- 六、振動分析儀(VDS)
- 七、核能訓練中心研習能電廠汽機起動模擬操作訓練
- 八、發電機氫氣及二氧化碳控制系統

## 一、主汽機控制系統 (MTC) 及操作說明

(一)、本系統主要負責汽機轉速及負載的控制，反應器產生之蒸汽，經由 EHC 控制系統控制汽機蒸汽閥引動器，以達到汽機蒸汽閥之開度控制，進而控制進入汽機之蒸汽流量、速度和發電量等參數。重要及關鍵性信號(如數位電子油壓控制系統，和蒸汽旁通與壓力控制系統及自動功率調整等)利用硬體迴路，以達高速的反應時間要求。且相關的數位電子油壓控制系統信號至現場，也採硬體連接(如汽機速率、伺服閥、線性差值變壓器(LVDT)及其他一些狀況)。數位電子油壓控制系統與控制室之運轉或監控(警報及機組狀況信號等)，則經由汽機發電機網路系統互相傳送。其與其它系統關連如下圖所示：

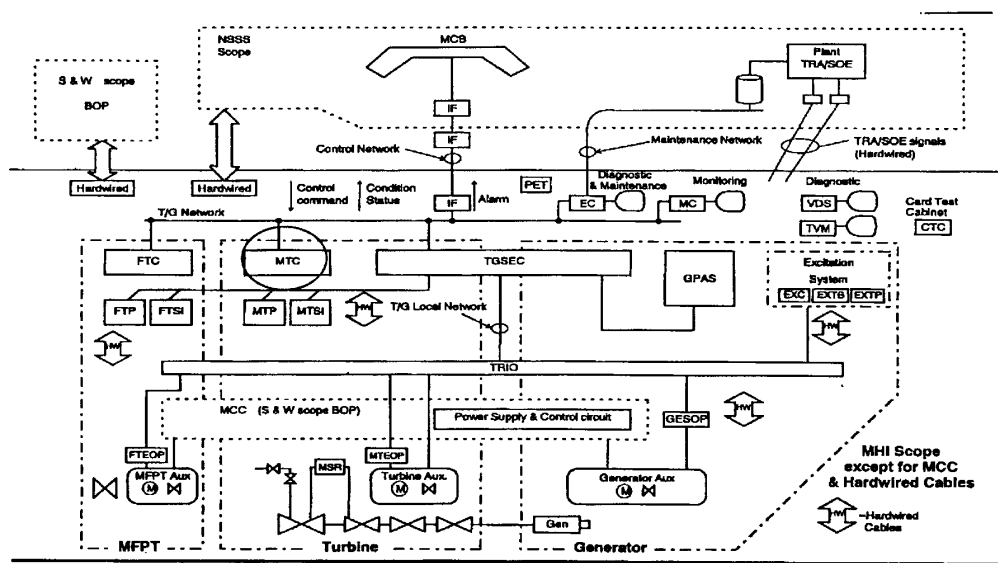


Fig.3-2 : T/G SCOPE OF CONTROL

## (二)、汽機控制

- 1、從靜止加速到額定轉速
- 2、摩擦力測試(Rub check)時，關閉所有控制閥

- 3、額定轉速下，由 MSV 控制模式切換至 GV 控制模式
- 4、主發電機斷路器投入後執行負載/頻率控制
- 5、在 LOAD 95%時做 MSV-GV 閥測試時，使用 BIAS 來做修正控制
- 6、由負載限制(Load Limit)設定限制閥位開度
- 7、超速保護控制(Over-speed Protection Control)

(三)、定期測試

- 1、閥體關閉測試
- 2、OPC test
- 3、超速跳脫(Over-speed Trip)測試

(四)、系統架構主要特色：




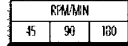
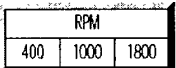
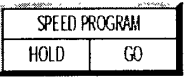
- 1、雙重 CPU(主 CPU 及 Back-up CPU)
- 2、多重伺服迴路
  - GV 伺服迴路三重化—包括伺服閥線圈及 LVDT
  - MSV 伺服迴路三重化—包括伺服閥線圈及 LVDT
  - ICV 則為單一伺服迴路
- 3、OPC 迴路(包括傳送器及 2/3 邏輯)為三重化，此迴路用以激發 OPC 電磁閥，OPC 迴路與 CPU 系統無關，因此即使失去 CPU 的控制功能仍可執行 OPC 功能--激發 OPC 電磁閥。
- 4、與控制相關(如汽機轉速及衝擊室壓力等)的輸出信號均為三重化
- 5、與 NSSS 控制器(如 SBPC、APR)介面連結的信號均為三重化


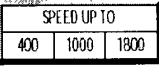
(五)、汽機運轉階段

| 項 目        | 控制要點  | 邏輯圖    |
|------------|---|--------|
| 1. 反應爐升壓階段 | 1. 本階段之控制點 <ul style="list-style-type: none"> <li>● SBPC 壓力設定點調整</li> </ul> | C31 系統 |



|               |   |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
|---------------|---|---------|--|--|----|----|-----|-----|--|--|-----|------|------|---------------|--|------|----|---|
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>● TBV JACK (手動調整 TBV 開度)</li> <li>● 背盤 1H12-PL-1009 之 FLOW LIMIT</li> </ul> <p>2. 此階段壓力控制由 SBPC 負責,其觀察點為</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● TBV FLOW DEMAND</li> <li>● TBV AVERAGE POSITION</li> <li>● NARROW/WIDE RANGE RX PRESS</li> </ul> <p>3. 不論在汽機跳脫、反應爐升壓、汽機升速、發電機併聯、升載至 15%階段, SBPC 均負責反應爐壓力控制。</p> <p>4. 壓力控制藉由 TBV 開度來調整。</p> <p>5. TBV 慢速開啟藉 SERVO VALVE 操控。</p> <p>6. TBV 快速開啟藉 FASV 操控。(FASV: Fast Acting Solenoid Valve)</p> <p>7. 冷凝器低真空時禁止 TBV 開啟</p>  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
| 2. 升速階段       | <p>1. 速度控制由 EHC 負責</p> <p>2. 汽機 RESET 及 EH AUTO 後 GV、ICV、RSV 全開。速度控制藉由 MSV 開度來調整。</p> <p>3. 提升 SPEED REF., 使 MSV 開啟, 藉速度回授, 控制在指定的 TARGET SPEED.。</p> <p>邏輯設定:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 跳脫時, SPEED REF. = 0 rpm</li> <li>● 併聯時, SPEED REF. = 1800rpm</li> <li>● RUB CHECK RESET 後 EH AUTO 時, SPEED REF. 自動以當時的汽機轉速作為設定點, 稱為 AUTO BALANCE</li> </ul> <p>4. 汽機跳脫時: MSV OPEN BIAS = -100%</p> <p>5. 復歸且按下 EH AUTO: MSV OPEN BIAS = 0%</p> <p>6. 升速的方式</p> <p>(1) 系統手動模式升速。(2.1 節)</p> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr><td colspan="3">RPM/MIN</td></tr> <tr><td>45</td><td>90</td><td>180</td></tr> </table> <p>設定升速率, 用</p> <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr><td colspan="3">RPM</td></tr> <tr><td>400</td><td>1000</td><td>1800</td></tr> </table> <p>設定目標轉速, 用</p> <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr><td colspan="2">SPEED PROGRAM</td></tr> <tr><td>HOLD</td><td>GO</td></tr> </table> <p>指令執行, 用</p> </div> <p>(2) 系統模式升速。(2.2 節)</p> | RPM/MIN |  |  | 45 | 90 | 180 | RPM |  |  | 400 | 1000 | 1800 | SPEED PROGRAM |  | HOLD | GO | <p>K1821</p> <p>K1820A</p> <p>K1880</p> <p>K1940</p> <p>K1941</p> <p>K1941A</p> <p>K1942</p> <p>K1942A</p> <p>K1943</p> <p>K1943A</p> |
| RPM/MIN       |   |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
| 45            | 90  | 180     |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
| RPM           |   |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
| 400           | 1000  | 1800    |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
| SPEED PROGRAM |   |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |
| HOLD          | GO  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |   |

|                     | (3) PGCS 模式升速。(2.3 節)   |                          |
|---------------------|---|--------------------------|
| 2.1<br>系統手動模<br>式升速 | <p>手動模式升速特點：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可決定目標轉速為 400, 1100, 1800rpm (註：MHI 已決定用 1100rpm 以避開設備的共振頻率)</li> <li>2. 可決定升速率為 45, 90, 180rpm/min</li> <li>3. 400rpm 不自動執行 RUB CHECK</li> <li>4. 1800rpm 時不自動執行 VALVE TRANSFER</li> <li>5. 執行過程不受 HOT/COLD MODE 選定之影響</li> </ol> <p>● 手動升速準備</p> <p>(1) 汽機復歸 ，使液壓跳脫保護系統復歸</p> <p>(2) 按下「EH AUTO」按鈕 ，使電氣跳脫保護系統復歸</p> <p>(3) 根據第一級金屬溫度，選定 HOT/COLD MODE</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>HOT MODE<br/>           第一級金屬溫度 <math>\geq 150^{\circ}\text{C}</math><br/>           可直接升速至額定轉速</p> <p>COLD MODE<br/>           第一級金屬溫度 <math>&lt; 150^{\circ}\text{C}</math><br/>           分段升速至額定轉速，400rpm 時做 RUB CHECK，1100rpm 時要熱機 30 分鐘</p> <p>● 手動升速至 400rpm</p> <p>(1) 設定升速率，用 </p> <p>(2) 設定目標轉速，用「400」按鈕 </p> <p>(3) 指令執行，用「GO」按鈕</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>，升速期間隨時要停止升速而保持當時速度則用「HOLD」按鈕，繼續升速則用「GO」按鈕</p> | K1821<br>K1820A<br>K1940 |

|                         | <p>(4) 在 400rpm 做 RUB CHECK, 用「CLOSE ALL VALVE」按鈕</p> <table border="1" data-bbox="826 302 978 392"> <tr><td>EH AUTO</td></tr> <tr><td>RUB CHECK RESET</td></tr> <tr><td>CLOSE ALL VALVES</td></tr> </table> <p>，做完後用「RUB CHECK RESET」按鈕</p> <p>注意: 汽機拆裝後 COLD START 才須要做 RUB CHECK</p> <p>● 手動升速升速至 1100rpm</p> <p>(1) 設定升速率, 用</p> <table border="1" data-bbox="810 631 978 698"> <tr><th colspan="3">RPM/MIN</th></tr> <tr><td>45</td><td>90</td><td>180</td></tr> </table> <p>(2) 設定目標轉速, 用「1100」按鈕</p> <table border="1" data-bbox="564 757 754 835"> <tr><th colspan="3">RPM</th></tr> <tr><td>400</td><td>1000</td><td>1800</td></tr> </table> <p>(3) 指令執行, 用「GO」按鈕</p> <table border="1" data-bbox="914 846 1046 902"> <tr><th colspan="2">SPEED PROGRAM</th></tr> <tr><td>HOLD</td><td>GO</td></tr> </table> <p>，COLD START 時到達 1100rpm 要熱機 30 分鐘</p> <p>● 手動升速升速至 1800rpm</p> <p>(1) 設定升速率, 用</p> <table border="1" data-bbox="810 1070 1002 1149"> <tr><th colspan="3">RPM/MIN</th></tr> <tr><td>45</td><td>90</td><td>180</td></tr> </table> <p>(2) 設定目標轉速, 用「1800」按鈕</p> <table border="1" data-bbox="564 1227 730 1294"> <tr><th colspan="3">RPM</th></tr> <tr><td>400</td><td>1000</td><td>1800</td></tr> </table> <p>(3) 指令執行, 用「GO」按鈕</p> <table border="1" data-bbox="962 1305 1094 1361"> <tr><th colspan="2">SPEED PROGRAM</th></tr> <tr><td>HOLD</td><td>GO</td></tr> </table> | EH AUTO   | RUB CHECK RESET | CLOSE ALL VALVES | RPM/MIN |  |  | 45 | 90 | 180 | RPM |  |  | 400 | 1000 | 1800 | SPEED PROGRAM |  | HOLD | GO | RPM/MIN |  |  | 45 | 90 | 180 | RPM |  |  | 400 | 1000 | 1800 | SPEED PROGRAM |  | HOLD | GO |  |
|-------------------------|---|---|-----------------|------------------|---------|--|--|----|----|-----|-----|--|--|-----|------|------|---------------|--|------|----|---------|--|--|----|----|-----|-----|--|--|-----|------|------|---------------|--|------|----|--|
| EH AUTO                 |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| RUB CHECK RESET         |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| CLOSE ALL VALVES        |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| RPM/MIN                 |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| 45                      | 90  | 180   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| RPM                     |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| 400                     | 1000  | 1800  |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| SPEED PROGRAM           |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| HOLD                    | GO  |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| RPM/MIN                 |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| 45                      | 90  | 180   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| RPM                     |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| 400                     | 1000  | 1800  |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| SPEED PROGRAM           |   |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| HOLD                    | GO  |   |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |
| <p>2.2<br/>系統自動模式升速</p> | <p>1. 可用 ，邏輯可以依據金屬溫度的高低是否超過設定值而判定並自動選擇 HOT 或 COLD MODE</p> <p>2. 直接升速至指定升速率, 用 ，逐步選擇「Speed up to 400」「Speed up to 1100」「Speed up to 1800」等按鈕，邏輯會自動選擇 Target speed, 180 rpm/min rate, 並自動產生「Program GO」信號來執行，到</p>  | <p>K1930<br/>K1940<br/>K1941<br/>K1941A<br/>K1942<br/>K1942A<br/>K1943<br/>K1943A</p> |                 |                  |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |         |  |  |    |    |     |     |  |  |     |      |      |               |  |      |    |  |

|                                   |  |   |  |      |    |  |
|-----------------------------------|--|---|--|------|----|--|
|                                   | <p>了 Target Speed 會產生 Completed 信號</p> <p>3. 過程中可暫停, 用 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td colspan="2">SPEED PROGRAM</td></tr><tr><td>HOLD</td><td>GO</td></tr></table> 「HOLD」按鈕, 繼續升速則手動用 「GO」按鈕</p> <p>4. 特點:</p> <p>(1). 可決定目標轉速為 400, 1100, 1800rpm</p> <p>(2). 升速率固定為 180rpm/min</p> <p>(3). 400rpm 時自動執行 RUB CHECK</p> <p>(4). 1800rpm 時自動執行 VALVE TRANSFER</p> <p>(5). 執行過程受 HOT/COLD MODE 選定之影響</p> <p>(6). 不用按 “GO” 即自動執行</p>                                | SPEED PROGRAM   |  | HOLD | GO |  |
| SPEED PROGRAM                     |  |   |  |      |    |  |
| HOLD                              | GO   |   |  |      |    |  |
| 2.3<br>PGCS 模式<br>升速              | <p>升速模式-PGCS 模式</p> <p>特點:</p> <p>(1). 升速過程分成三個 TASK, 由 PGCS 決定</p> <p>(2). 升速率固定為 180rpm/min</p> <p>(3). 400rpm 時自動執行 RUB CHECK</p> <p>(4). 1800rpm 時自動執行 VALVE TRANSFER</p> <p>(5). 執行過程受 HOT/COLD MODE 選定之影響</p> <p>(6). 不用按 “GO” 即自動執行</p>   | K1930<br>K1940<br>K1941<br>K1941A<br>K1942<br>K1942A<br>K1943<br>K1943A |  |      |    |  |
| 3.<br>VALVE<br>TRANSFER<br>MSV→GV | <p>原來 GV &amp; ICV 全開, 蒸汽流量由 MSV 控制, 改為 MSV 全開, 蒸汽流量由 GV &amp; ICV 控制, 以利後續升載時蒸汽流量之控制</p> <p>1. GV、ICV 先關下, GV#1、#3 及 #4 全關, GV#2 微開, ICV 開在 60%開度</p> <p>2. MSV 接著全開, 交由 GV 主控</p> <p>3. 過程中固定在額定轉速</p> <p>4. 過程中由 MSV OPEN BIAS 及 GV OPEN BIAS 兩參數主控。即<br/>GV OPEN BIAS 由 150%降至 0%, GV 以 20%/sec 速度先關下, GV-1 微開(按照 GV sequence curve)<br/>MSV OPEN BIAS 由 15%升至 315%, MSV 在 GV 全關後就開始以 100%/20sec 速度打開到全開<br/>MSV OPEN BIAS 達 100%即完成<br/>ICV 隨同 GV 關下, 但維持在 60%開度</p> <p>5. 閥轉移完成後, GV POS. DEM. 回饋給 SBPC,</p> | K1821   |  |      |    |  |

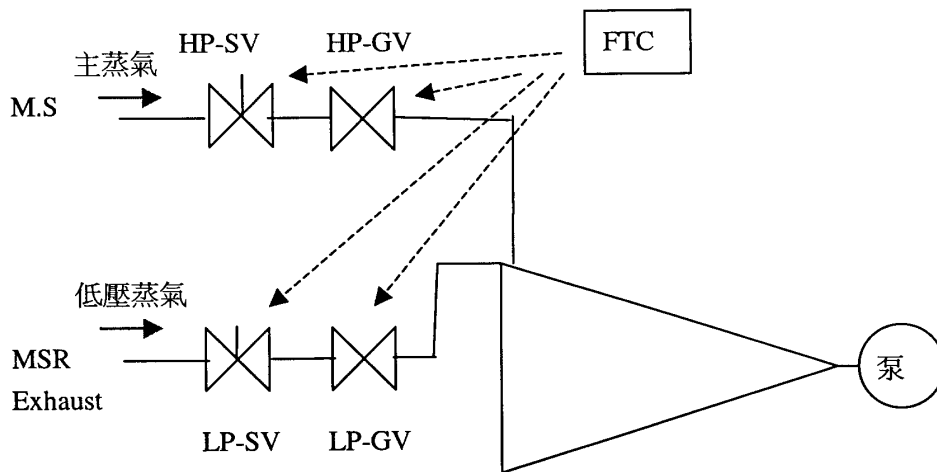
|   |  |                |
|---|--|----------------|
|   | 改變 TBV 之開度<br><br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;">           MSV CONTROL<br/>           MSV-GV XFER OPR<br/>           VLV XFER COMPLETION         </div><br>6. 做 VALVE TRANSFER, 用   |                |
| 4.<br>併聯階段                              | 1. LOAD REF. = 5%<br>2. PRESS VALUE 由 150%改為實際值<br>3. TOTAL TBV FLOW DEM. =<br>PRESS VALUE - 5% - 3%<br>4. 併聯後，手動可由 GOV LOAD SET INC/DEC<br>或由 SYSTEM 或 PGCS 來調整 LOAD REF.<br>5. 併聯時，LOAD REF. =5%<br>未併聯時，LOAD REF. =0%<br>直到有任何改變 LOAD REF. 的操作後，將不再<br>穩定於 5%額定發電量<br>6. PRESS VALUE = PRESSURE REGULATOR<br>OUTPUT | K1830<br>K1840 |
| 5.<br>PRESSURECONTROL<br>SWITCH<br>OVER | PRESSURE CONTROL SWITCH OVER<br>(約在 15%LOAD)<br>1. 升高 GOV VALUE<br>使得 PRESS VALUE $\leq$ GV POS. DEM.<br>2. 之後 GOV VALUE 自動加 10%BIAS(此 10%BIAS<br>直到汽機跳脫或發電機解聯才會取消)，拉大<br>GOV VALUE 與 PRESS VALUE 的差距<br>3. 之後 GV POS. DEM. 由 PRESS VALUE 主導<br>4. 進入 PRESS CONTROL MODE<br>5. 此刻 TBV 全關<br>6. 此時進入汽機跟隨反應爐             | K1860          |
| PRESSURECONTROL                         | 15%~100% 起動階段、100%~10% 降載階段、<br>及平常在此間的運轉的功率變化， EHC 控制系<br>統係在汽機追隨反應爐模式。   | K1860          |
| 停機解聯                                    | 在降載過程 10%~5%停機操作，此時發電機的<br>功率在 5%左右，便可解聯。解聯之後反應爐的<br>壓力則由旁通閥控制。發電機解聯後，汽機跳脫<br>操作由手動進行，先關閉各汽機閥 (CLOSE ALL   |                |

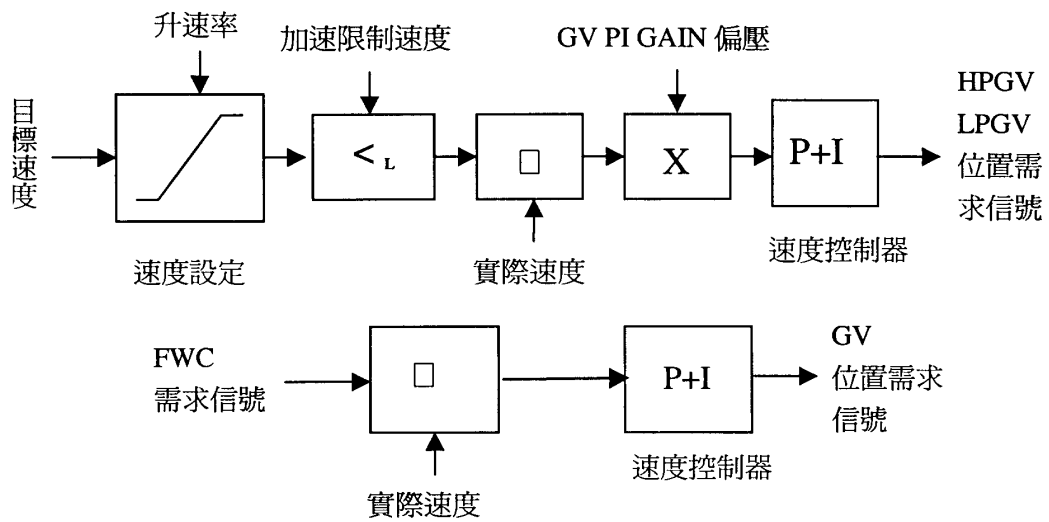
|  |                  |  |
|--|------------------|--|
|  | VALVE), 再手動跳脫汽機。 |  |
|--|------------------|--|

## 二、問題已另以簽文請核技處向 M 主飼水泵汽機控制邏輯系統 (FTC)及運轉說明

主飼水泵汽機有兩條蒸汽供應管路，一條是主蒸汽管路，為高壓蒸汽，壓力在 6.79Mpag 左右，一條由 MSR-B 出口再熱蒸汽管路來，為低壓蒸汽，壓力會隨機組負載大小變化由小漸大(例如由 30%負載的 0.409Mpag 升高到 100%負載的 1.24Mpag)。故主飼水泵汽機共有高壓蒸汽關斷閥(HP-SV),高壓蒸汽控制閥(HP-GV),低壓蒸汽關斷閥(LP-SV),低壓蒸汽控制閥(LP-GV)等四個蒸汽閥，主飼水泵汽機控制邏輯系統(FTC)控制這四個蒸汽閥門的開度來控制主飼水泵汽機的速度，HP-SV 為全開全關型的閥門，HP-GV, LP-GV 及 LP-SV 則有伺服控制閥(Servo driver)來控制該閥的開度大小。

主飼水泵汽機及控制邏輯系統(FTC)及蒸氣閥門信號示意圖如下：

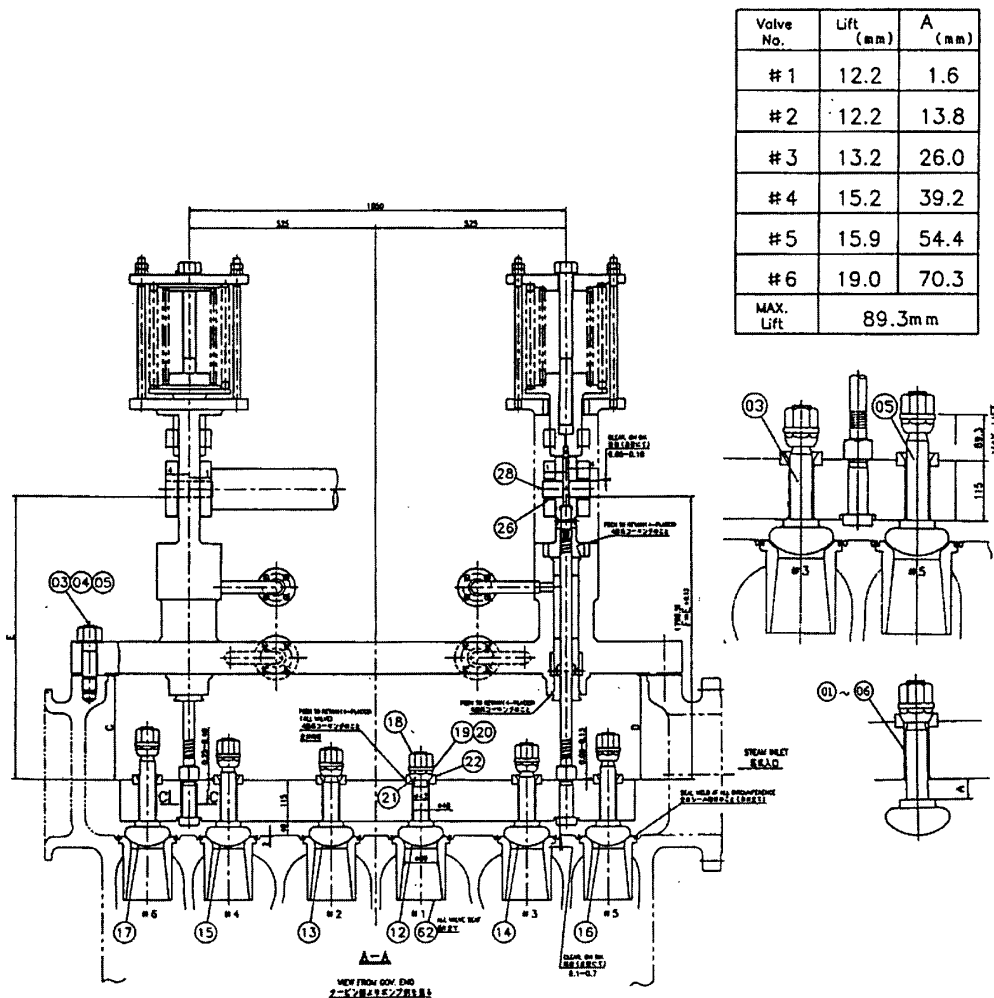




PI 速度控制器輸出信號控制 HP-GV, LP-GV 閥門開度大小，閥門開度大小可以決定進入汽機內部的蒸氣流量，進入內部的蒸氣流量大或進汽壓力大則汽機被推動的轉速就快。

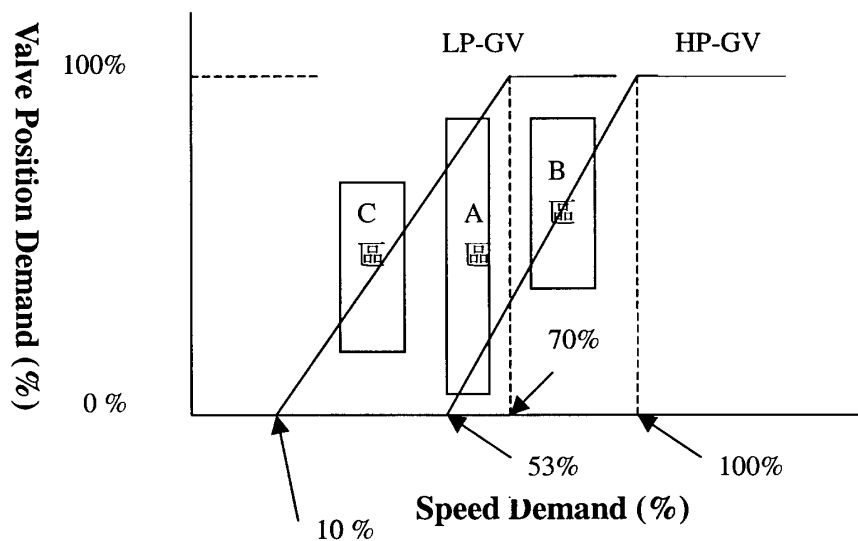
LP-GV 的 Governor Valves 共有六只，由一個驅動橫桿操作，每個閥門均有個別的 Lift 設定，可以依序逐個開啟，





站在調整閥端來看六個閥門，由左至右分別為：#6、#4、#2、#1、#3、#5，全關時，每個 valve 的閥桿與驅動橫桿上緣須設定不同的距離來決定各個閥何時開始開啟，#1 至#6 閥門分別為 1.6mm、13.8mm、26.0mm、39.2mm、54.4mm、70.3mm，亦即當橫桿升高在 1.6mm 時候，#1 閥門開始開啟，在 13.8mm 時候，#2 閥門開始開啟，依此類推。由於前一個 valve 接近全開時，後一個 valve 才開始開，故六個 valves 的開關形同一只 valve 開關。

設計上將高低壓蒸汽控制閥 HP-GV & LPGV 的開啟順序及開度大小規劃如下圖，



主飼水泵汽機起動及控制設計說明如下：

起動第一台主飼水泵汽機時，必須先將高低壓蒸汽關斷閥 (HP-SV & LP-SV) 打開，然後依照閥門位置需求大小來開啟高低壓蒸汽控制閥 (HP -GV & LP-GV)，由於當時低壓蒸汽來源很少，壓力又很低，因此主要要靠高壓蒸汽來轉動汽機，等到主汽機負載提高後，低壓蒸汽來源流量及壓力均增加，低壓蒸汽所能負荷的出力就可以提高，等到在高負載以及兩台主飼水泵均運轉後，就不需要主蒸汽流量的負擔，可以完全由低壓蒸汽汽源來負擔整個主飼水泵汽機所需動能。

當第一台飼水泵汽機開始起動時前廿秒使閥門開度落在 A 區 (亦即 HP-GV 微開，使用高壓蒸汽慢慢轉動汽機)，之後就利用目標速度信號大小來加速汽機轉速的上升，等速度升高及開始泵送飼水流量進入反應爐之後，閥門開度就會開的更大，閥門開度向右移往 B 區去，等到了更高的負載以及兩台飼水泵都在運轉後，因為此時低壓蒸汽壓力及流量都已經增高增多，閥門開度就會由

B 區向左移往 C 區去，此時高壓蒸汽控制閥就可以關閉而不需要使用。

主飼水泵汽機控制邏輯系統操作說明如下：

## 一、主飼水泵汽機起動

### 1. 復歸

首先由『MFPT Test & Reset』CRT 盤面按下「Reset」按鈕【詳見 65055-1N36-K1861 及-K1862 邏輯圖】

此信號會使 A-MFPT Reset Solenoid Valve 賦能 open，其油管壓力去 Reset『Emergency Trip Device』，及依序建立 Auto Stop 油壓，關閉『Emergency Trip Position Valve』，建立 Emergency Trip 液壓。

### 2. 選擇起動方式

其次在『MFPT Control/Control mode Selection Signal』CRT 盤面選擇起動方式，起動方式計有

- a. 系統手動起動方式
- b. 系統自動起動方式
- c. MFPT ATS PGCS 方式—全自動方式 等三種起動方式

系統手動起動方式是按照操作盤面上按鈕逐步選擇及操作，使飼水泵汽機逐漸升速到 1800 rpm，及 Run-up speed(由飼水泵特性曲線決定，此時泵出口壓力仍然小於反應爐壓力，汽機轉速約在 3500rpm 左右)。到了 Run-up speed 之後就是進入飼水系統操作階段，由運轉人員依照飼水系統壓力大小升高飼水泵汽機轉速以提高飼水泵出口壓力及流量。

系統自動起動方式是在「Permissive to roll MFWP」信號(S&W N22 系統信號來)情況下，選擇操作盤面上按鈕「Start Up System」按鈕來指定自動起動，然後逐步選擇操作盤面上

「Start Up to 1800rpm」、「Start Up to Run-up speed」的按鈕，邏輯會自動選擇冷機起動「Cold Start」或是熱機起動「Hot Start」，也會自動升速到 1800 rpm 及 Run-up Speed.邏輯設計包括冷機起動所需的 30 分鐘熱機時間延遲設定、自動產生 Target speed,加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號。

MFPT ATS PGCS 起動方式是在飼水泵汽機起動準備工作均已完成狀況下交給 PGCS 系統來控制整個起動過程，由盤面上選擇「PGCS」按鈕來將控制權交給 PGCS 系統指揮，PGCS 系統會送起動信號叫飼水泵汽機自動升速至 1800rpm 及 Run-up Speed.其邏輯類似系統自動起動方式之邏輯，但是它會產生 Task Completed 或 Task Not Complete 信號給 PGCS 系統。

\*\*\*\*\*

#### A. 系統手動起動

- (1) 按下『System』按鈕
- (2) 按下『EH Auto』按鈕

此信號使 EH 系統可以動作，假若未按下此一按鈕則整個系統就無法動作。

#### 【65055-1N37-K1541 邏輯圖】

- (3) 選擇熱機起動『Hot mode』或冷機起動『Cold mode』，按下相對應的按鈕

所謂『Hot mode』或『Cold mode』是依據汽機第一級出口金屬溫度是否達 80°C 來決定，冷機起動時必須在 1800rpm 時維持 30 分鐘以便將汽機葉片及設備各部分加熱來減少熱應力及熱膨脹差。

- (4) 選擇按下 Target Speed『 1800 RPM 』, Increase Rate 『 30 RPM /SEC 』 按鈕

【 65055-1N37-K1510 邏輯圖 』

- (5) 按下 Speed Program 『 GO 』 按鈕

【 65055-1N37-K1520 邏輯圖 』

此時 PI Speed Controller 有兩個信號來源，一個是加速度時間累積信號與汽機實際速度信號差值，另一個是低壓進汽壓力調整信號，在前 20 秒內或是汽機轉速到達 900 rpm 之前，PI Speed Controller 選擇後者，因此在前 13.5 秒內會以 4%/sec 加速度增加速度需求信號到 54%，此一速度需求信號剛好使 LP-GV 開到 73.3%，而 HP-GV 則才剛剛好開一點點，開到 2.1%，高壓蒸汽就利用此一小開度進入汽機內使汽機轉速增加，一直到第 20 秒。之後，PI Speed Controller 就選擇加速度時間累積信號與汽機實際速度信號差值作為控制閥門大小的信號，汽機轉速就由此一信號控制閥門開度而提高。

當速度等於 1800 rpm 之後，Speed Program 『 GO 』 的燈就會消失，Speed Program 『 HOLD 』 的燈就會出現，此時若是在 Cold mode 起動則需要進行熱機 Heat soak 約 30 分鐘。

- (6) 按下 Target Speed 『 RUN UP SPEED 』, Increase Rate 『 30 RPM /SEC 』 按鈕

【 65055-1N37-K1510 邏輯圖 』

- (7) 按下 Speed Program 『 GO 』 按鈕

【 65055-1N37-K1510 邏輯圖 』

此時就由 1800 rpm 以 30 rpm /sec 的加速度上升，當

汽機轉速 Run up speed 的差值小於 30 rpm 之後，這信號就越來越小，最後轉速趨近於 Run up speed。

當轉速到達 Run up speed 之後，就可以交給 FWC 來控制，此時由盤面上的「FWC IN」按鈕壓下去來接給 FWC。

\*\*\*\*\*

## B. 系統自動起動

- (1) 按下『System』按鈕
- (2) 按下『EH Auto』按鈕

此信號使 EH 系統可以動作，假若未按下此一按鈕則整個系統就無法動作。此信號合併「緊急跳脫油壓大於 6.9Mpag」信號會在選擇「Start Up System」按鈕時使邏輯自動選擇『Hot mode』或『Cold mode』

- (3) 按下『Start Up System』按鈕

### 【65055-1N37-K1541 邏輯圖】

此一信號在「Permissive to roll MFWP」信號以及「MFPT Process 沒有 Abnormal」允許情況下，會併同「EH Auto」以及「緊急跳脫油壓大於 6.9Mpag」信號自動選擇冷機起動「Cold Mode」或是熱機起動「Hot Mode」，若是選擇完成就會送一個信號到盤面上顯示已選擇何種模式。

- (4) 按下『Speed Up to 1800 RPM』按鈕

### 【65055-1N37-K1542 邏輯圖】

在「Permissive to roll MFWP」信號以及「MFPT

Process 沒有 Abnormal」情況下，此時邏輯會自動產生 Target speed 1800 rpm、加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號，使系統起動如前述手動起動方式，當汽機轉速已經達到 1800 rpm 時，若是在熱機起動「Hot Mode」，就會產生一個 Complete 信號，若是在冷機起動「Cold Mode」，就會在 30 分鐘熱機時間延遲之後產生一個 Complete 信號。Complete 信號會去復歸 Target speed、加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號。

(5) 按下『Start Up to Run-up』按鈕

【65055-1N37-K1543 邏輯圖】

在「Permissive to roll MFWP」信號以及「MFPT Process 沒有 Abnormal」情況下，此時邏輯會自動產生 Target speed Run-up speed、加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號，使系統起動如前述手動起動方式，當汽機轉速已經達到 Run-up speed 時，就會產生一個 Complete 信號，此信號會去復歸 Target speed、加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號。

\*\*\*\*\*

### C. MFPT ATS PGCS 方式起動

MFPT ATS PGCS 起動方式是在飼水泵汽機起動準備工作均已完成狀況下交給 PGCS 系統來控制整個起動過程，由盤面上選擇「PGCS」按鈕來將控制權交給 PGCS 系統指揮，PGCS 系統會送起動信號叫飼水泵汽機自動升速至 1800rpm 及 Run-up Speed.其邏輯類似系統自動起動方式之邏輯，但是它會產生 Task Completed 或 Task Not Complete 信號給 PGCS 系統。



- (1) 按下『EH Auto』按鈕
- (2) 按下『PGCS』按鈕

#### 【65055-1N37-K1542 邏輯圖】

此按鈕壓下後，此時邏輯在「Permissive to roll MFWP」信號以及「MFPT Process 沒有 Abnormal」情況下，會自動選擇『Hot mode』或『Cold mode』，當選擇完成後，送出一個「Task Complete to PGCS」告知 PGCS，PGCS 則再送出一個『Initiate MFPT roll to 1800rpm Task』信號，此時邏輯自動產生 Target speed 1800 rpm、加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號，使系統起動如前述手動起動方式，當汽機轉速已經達到 1800 rpm 時，若是在熱機起動「Hot Mode」，就會產生一個 Complete 信號，若是在冷機起動「Cold Mode」，就會在 35 分鐘時間延遲之後產生一個 Complete 信號。Complete 信號會去復歸 Target speed、加速率 30rpm/sec 及 Program GO 信號。

當 1800RPM「Task Complete to PGCS」信號送給 PGCS 系統之後，PGCS 則再送出一個『Initiate MFPT roll to Run-up Speed Task』信號，此時邏輯就會產生一個「Speed Target Run-up Speed Command」，一個「Speed rate 30 rpm/sec Command」及一個「Program GO Command」的信號，形同手動去選擇此三信號，於是飼水泵汽機就依照前述手動起動方式加速至 Run-up Speed，當到達目標轉速之後，就會自動消除前述「Speed Target Run-up Speed command」，「Speed rate 30 rpm/sec Command」及「Program GO Command」信號。

#### 【65055-1N37-K1543 邏輯圖】

當飼水泵汽機轉速已經到達 RUN-UP 速度後，運轉

員就能夠利用『Control/Control Mode Selection Signals』  
CRT 盤面上的「Speed Reference-INC」或「Speed Reference  
-DEC」來增減飼水泵汽機速度(速度增減率為 10  
rpm/sec)。此時也可以將此飼水泵交給 FWC 來控制。

\*\*\*\*\*

### 三、主汽機保護系統 (MTP)

本系統是作為汽機保護系統儀器控制之用,其系統與其他系統  
 關連圖如下：

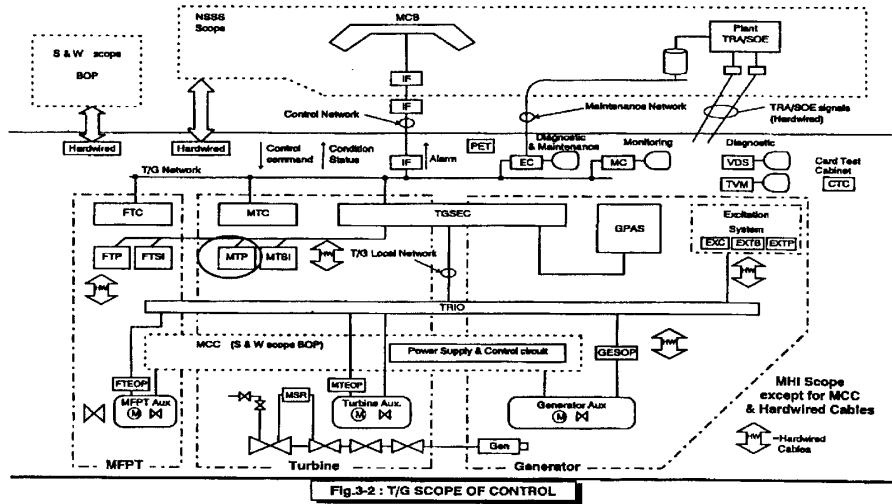


Fig.3-2 : T/G SCOPE OF CONTROL

其設備包括現場偵檢器 (detector)、邏輯單元 (logic unit)、跳脫電磁閥 (trip solenoid valve) 及測試單元 (test unit)、保護功能包括汽機跳脫及 fast winddown 等。

| 元 件   | 功 能   | 設 計 原 則  |
|-------|---|--|
| 偵檢器   | 四串各自獨立的元件,例如壓力開關、溫度開關等等。  | 每種跳脫功能均使用四個獨立的偵檢器作為信號源。                                  |
| 邏輯單元  | 1. 利用積體電路板組成多工系統 (Multiplexing System)。<br>2. 接受來自偵檢器的信號,採用雙重 2 選 1 邏輯判斷。 | 汽機跳脫後邏輯是 self-held, 直至緊急跳脫油壓回復正常                         |
| 跳脫電磁閥 | 接受來自邏輯單元的信號, 電磁閥正常時為賦能狀態 (Normally Energize)                              |  |
| 測試單元  | 可在控制室執行遙控測試。  | 1. 測試的目的在確認跳脫電磁閥功能正常, 但不會實際引起汽機跳脫。<br>2. 測試時, 分別執行 Ch1 及 |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | Ch2獨立測試。<br>3. 各測試項目彼此間具有互鎖功能，即一次僅能執行一種測試。無法同時做二項以上的測試 |
|--|--|--|

(一) 汽機跳脫保護

| 跳脫信號                          | 設定點  | 控制邏輯圖面   | 信號去處  |
|-------------------------------|--|--|---|
| 1. 低冷凝器真空跳脫                   | 73kpag<br>(N61-PS-6001A~D)<br>雙重 2 選 1 邏輯判斷                    | K1806<br>Sh No I-006                           | 1. 動作跳脫電磁閥<br>2. TGSEC3- CRT <sub>FA</sub><br>CH-1 TRIP<br>CH-2TRIP<br>3. SOE (經 RMU) |
| 2. 低軸承油壓                      | 49kpag<br>No1Brg N34-PS-5001A~D<br>No11Brg N34-PS-5004A~D      | K1807<br>Sh No I-007                           | 1.動作跳脫電磁閥<br>2. TGSEC3- CRT <sub>FA</sub><br>CH-1 TRIP CH-2TRIP<br>3. SOE (經 RMU)     |
| 3. 止推軸承過度磨損                   | 止推軸承磨損油壓 $\geq$ 0.550Mpa<br>(N34-PS-5002A~D)<br>雙重 2 選 1 邏輯判斷  | K1808<br>Sh No I-008                           | 1.動作跳脫電磁閥<br>2. TGSEC3- CRT <sub>FA</sub><br>CH-1 TRIP CH-2TRIP<br>3. SOE (經 RMU)     |
| 4. Electrical Over Speed Trip | Turbine speed $\geq$ 111%<br>(N31-SE-6001A~D)<br>雙重 2 選 1 邏輯判斷 | K1809<br>Sh No I-009<br>K1809A<br>Sh No I-009A | 1.動作跳脫電磁閥<br>2. TGSEC3- CRT <sub>FA</sub><br>CH-1 TRIP CH-2TRIP<br>3. SOE (經 RMU)     |
| 5. Mechanical Over Speed Trip | Turbine speed $\geq$ 110%                                      | K1810<br>Sh No I-010                           | 1.動作緊急跳脫活塞閥<br>2. TGSEC3- CRT <sub>FA</sub><br>3. SOE (經 RMU)                         |
| 6. Remote Trip                | 1. MTSI 有一個  | K1854  | 1. 信號由 MTSI 送   |

|                                  |   |  |  |
|----------------------------------|---|--|--|
| 6.1 軸承過度振動跳脫                     | <p>Except Trip 信號, 均未使用 (信號 0)。</p> <p>2. #1~#11 軸承任一個 <math>\geq 30/100</math> mm 且有另一個 <math>\geq 17/100</math> mm</p> <p>Turbine speed <math>\geq 600</math>rpm<br/>(軸承以 X1,X2,Y1,Y2 雙重 2 選 1 邏輯判斷)</p>          | <p>Sh No I-054<br/>K1812</p>                           | <p>來經 MTP 處理 (若 MTSI 兩個 Except Trip 信號均用上,則不會造成振動跳脫)。</p> <p>2. 軸承過度振動跳脫送至 SOE (經 RMU)</p> <p>3. 動作跳脫電磁閥</p>   |
| 6.2 軸承過度振動跳脫                     | <p>1.MTSI 有一個 Except Trip 信號,均未使用 (信號 0)。</p> <p>2.#1~#11 軸承任一個 <math>\geq 30/100</math> mm 且有另一個 <math>\geq 17/100</math> mm</p> <p>Turbine speed <math>\geq 600</math>rpm<br/>(軸承以 X1,X2,Y1,Y2 雙重 2 選 1 邏輯判斷)</p> | <p>K1854<br/>Sh No I-054<br/>K1812<br/>Sh No I-012</p> | <p>1.信號由 MTSI 送來經 MTP 處理 (若 MTSI 兩個 Except Trip 信號均用上,則不會造成振動跳脫)。</p> <p>2..送軸承過度振動跳脫至 SOE (經 RMU)</p> <p>3.使 Remote Trip Logic 信號消失,再經雙重 2 選 1 邏輯,進而動作跳脫電磁閥</p> |
| 6.3 LP T'B 排汽室高溫 (共 9 個信號)       | <p>分三組,每組作 2/3 邏輯後再作 1/3 邏輯後,再雙重 2 選 1 邏輯判斷</p>   | <p>K1856<br/>Sh No I-056<br/>K1813<br/>Sh No I-013</p> | <p>1.信號由 Local 過來</p> <p>2..送 LP T'B 排汽室高溫跳脫至 SOE (經 RMU)</p> <p>3.動作跳脫電磁閥。</p>  |
| 6.4 Low steam seal pressure trip | <p>信號 N33-k1961 來.<br/><math>\leq 0</math>Mpa<br/>作 2/3 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷</p>  | <p>K1815<br/>Sh No I-015</p>                           | <p>1.信號 N33-k1961 來。</p> <p>2.送 Low steam seal pressure Trip 至 SOE (經 RMU)</p> <p>3. 動作跳脫電磁</p>  |

|  |  |                      |  |
|--|--|----------------------|--|
|  |  |                      | 閥。   |
| 6.5<br>High gland seal condenser pressure trip | 信號 N33-k1961 來。<br>≤0Mpa<br>作 2/3 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷 | K1816<br>Sh No I-016 | 1.信號 N33-k1961 來。<br>2.送 Low steam seal pressure Trip 至 SOE (經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。 |
| 6.6<br>Low oil T'k level trip (3 個信號)          | NL-420mm<br>作 2/3 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷                 | K1817<br>Sh No I-017 | 1.信號 N34-k1761 來。<br>2.送信號至 SOE(經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。                              |
| 6.7<br>High oil T'k level trip (3 個信號)         | NL+420mm<br>作 2/3 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷                 | K1820<br>Sh No I-020 | 1.信號 N35-k1761 來。<br>2.送信號至 SOE(經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。                              |
| 6.8<br>緊急跳脫油低壓力 (Emerg Trip oil) (4 個信號)       | < 6.9Mpa<br>作 2/4 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷                 | K1818<br>Sh No I-018 | 1.信號 N35-k1761 來。<br>2.送信號至 SOE(經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。                              |
| 6.9<br>EH 高壓油低壓力 (EH HP oil) (3 個信號)           | < 6.9Mpa<br>作 2/3 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷                 | K1819<br>Sh No I-019 | 1.信號 N35-k1761 來。<br>2.送信號至 SOE(經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。                              |
| 6.10<br>EH oil 油槽低油                            | NL-173mm<br>作 2/3 邏輯後再經雙                             | K1821<br>Sh No I-021 | 1.信號 N34-k1761 來。  |

|                              |                                      |                      |  |
|------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| 位 (3 個信號)                    | 重 2 選 1 邏輯判斷                         |                      | 2. 送信號至 SOE (經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。                       |
| 6.11<br>EH oil 油槽高油位 (3 個信號) | NL+540mm<br>作 2/3 邏輯後再經雙重 2 選 1 邏輯判斷 | K1822<br>Sh No I-022 | 1. 信號 N35-k1761 來。<br>2. 送信號至 SOE (經 RMU)<br>3. 動作跳脫電磁閥。 |

### 測試邏輯圖之說明

#### K1809 Over Speed (Electrical) Test

##### 1. 正常 Speed 1800rpm

Sensor 正常

Test sw. 也未選擇 ch1 或 ch2

所以 ch-1 normal (信號 C ) 且 EOST logic 1 normal 顯示

所以 ch-2 normal (信號 D ) EOST logic 2 normal 顯示

EOST logic 3 normal 顯示

EOST logic 4 normal 顯示

##### 2. 未測試前 Emerg. Trip pilot v/v 油壓指示 約為 7Mpa

ch.1 (Trip sol v/v #1&3) 動作時油壓升到 10Mpa 以上


ch.2 (Trip sol v/v #2&4) 動作時油壓降到 4Mpa 以下

##### 3. 選擇「EOST」測試

選擇「ch. 1」

「Trip Test “go”」 ~~信號~~

則 speed channel 1&3 的 bias15%，加入原有的 100%信號上，大於後面原有的-111%信號，故#1&3「EOST CARD」產生 1 的信號。故 TGSEC-3 CRT 有個 EOST ch-1 Trip Fatal alarm 出現，及一個 Turbine speed 1 > 111% 的 Fatal alarm 出現，這些信號均為 hardwired. 同時 C ch-1 normal 及 EOST logic 1 normal、EOST logic 3 normal 均消失。而同時送一個 Overspeed trip (Electrical) 信號給 SOE 的 RMU。EOST logic 1&3 normal 信號消失，使得 k1801 的 and gate 信號消失，T'b trip sol vlv 失能，此時 Emerg. Trip pilot v/v 油壓上升到 10Mpa 以上。

4. 由於 TEST「go」信號為 ，故一段時間後 speed channel bias 1&3 就消失，信號就為 1800rpm +0% 故 EOST CARD 出口變為 0，故 Turbine speed  $\geq 111\%$  信號消失，於是 EOST logic 1 normal 及 EOST logic 3 normal 回復正常，進而使 (k1801 圖上的 T'b trip sol vlv 賦能)，要按下「Test Reset」(見 k1851 □4 Test reset 及 k1851 □B Test reset) 會使 Turbine reset solenoid (N31-SBV-5000) 賦能，進而使 Turbine reset cylinder 動作，去 reset Turbine overspeed trip device 建立 Auto stop oil 油壓升為正常，如此完成 ch-1 的 test。  
ch-2 的 test 及 reset 亦相同動作



#### 四、主飼水泵汽機保護系統(FTP)

主飼水泵汽機(MFPT)的進汽閥與主汽機進汽閥的驅動方式相同，都是由高壓油(EH oil)克服彈簧的彈力來開啟進汽閥門。所以主飼水泵汽機跳脫保護功能的執行與主汽機跳脫保護功能的執行方式大同小異，主要動作方式都有兩種...一是都是直接利用電磁閥洩去 EH 油路的油壓然後利用彈簧力來關閉進汽閥門；二是利用傾洩閥或電磁閥(主飼水泵汽機)洩去跳脫油路的油壓造成 EH 油路與跳脫油路間的介面閥動作間接的洩去 EH 油路的油壓，最終結果與第一種一樣都是利用彈簧力關閉進汽閥門。

在三菱電機公司所設計的數位控制系統中除了機械動作的跳脫保護功能外，其他有關的跳脫功能的執行或復歸都由 FTP 來執行。在此特別值得注意的是，由於跳脫保護功能的執行需要在極短暫的時間內執行完成，所以此部分的控制方式-包括跳脫訊號的傳送(除了手動的跳脫及測試訊號)，邏輯判斷及動作電磁閥的方式都採用固態電子的控制元件而不是利用數位的軟體與網路來執行。

主飼水泵汽機(MFPT)與主汽機保護功能的主要不同點是各項跳脫保護訊號所動作的方式是上述的第一種或第二種並不完全相同。主汽機除了機械超速跳脫與現場直接手動洩壓的機械動作是動作跳脫油路外其餘跳脫訊號都是利用電磁閥洩去 EH 油路的壓力。而在 MFPT 的保護功能中提供另一顆電磁閥可用來洩去跳脫油路的油壓。所以大部分主要的保護功能都是動作在跳脫油路上。連帶的，跳脫功能的測試方式也與主汽機不盡然相同。在此將主飼水泵汽機的主要跳脫訊號與其跳脫功能的執行方式及測試方式表列於後。

| 跳脫訊號            | 動作設備             | 直接洩壓油路     | 跳脫訊號復歸方式          |
|-----------------|------------------|------------|-------------------|
| NSSS 部分傳送來的跳脫信號 | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 手動跳脫信號          | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| EH 油泵喪失電源信號     | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 轉子位置偏移          | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 潤滑油槽低油位         | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 潤滑油槽高油位         | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| EH 油槽低油位        | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| EH 油槽高油位        | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 轉子高震動跳脫信號       | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 汽機排氣高溫          | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| EH 低油壓信號        | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 低真空             | EH 油路洩壓閥及跳脫油路洩壓閥 | EH 油路及跳脫油路 | 原訊號消失後自動復歸        |
| 低潤滑油壓           | 跳脫油路洩壓閥          | 跳脫油路       | 油壓恢復後復歸自動         |
| 電氣超速跳脫          | 跳脫油路洩壓閥          | 跳脫油路       | 轉速恢復後自動復歸         |
| 手動              | 跳脫油路機械洩壓閥        | 跳脫油路       | 手動復歸              |
| 機械超速            | 跳脫油路機械洩壓閥        | 跳脫油路       | 轉速降至 75% 以下後手自動復歸 |

## 五、扭力振動監視儀(TVM)

汽輪發電機在發電中由於與整個電力系統相連結，所以當電力輸送線發生雷擊或是相間短路等故障或暫態時，整組汽輪發電機就會受到瞬間電力磁場變化所衍生來的電氣扭力與機械性扭力，扭力振動監視盤 TVM( Torsion Vibration Monitor)的主要功能就是為了偵測汽機轉軸在暫態中所受的扭力狀況，由於扭力振動曲線可以分解為各種頻率扭力的總合，對汽輪發電機來講，主要須避免在汽輪發電機轉軸之自然共振頻率處附近發生過大的扭力而造成汽機轉軸的損壞。

扭力振動監視儀器使用的方法主要是比較扭力振動後與扭力振動前汽機轉軸角度變化量來計算扭力大小及扭力角度，當然進一步可以算出應變力的大小及累積耗損程度。扭力振動監視儀器設備概況如下圖

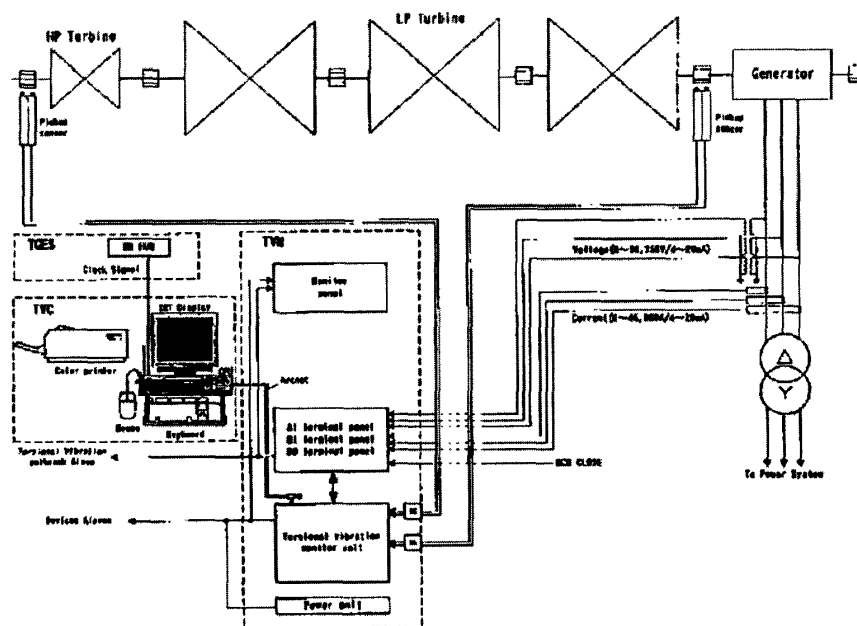


Figure 4.1 System Configuration Overview

在汽機#1 軸承附近之轉軸上加上一付齒輪組，齒輪數為 60

齒，另外加裝 2 支 Speed Sensor，2 支 Speed Sensor 分開角度為 21 度角，用以監視高壓汽機端的扭力狀況；另外在#8 軸承附近加上一付齒輪組，齒輪數為 120 齒，另外加裝 2 支 Speed Sensor，2 支 Speed Sensor 成 10.5 度角，用以監視發電機端的扭力狀況。汽機#1 軸承附近 2 支 Speed Sensor 量出來的圖形轉換為矩型波狀曲線相差三個半矩型，時間差為 1.944 msec(毫秒)  $[(60 \text{ sec}/1800 \text{ 轉}) \times (21/360)]$ ，#8 軸承附近量出來的圖形轉換為矩型波狀曲線相差三個半矩型，時間差為 0.972 msec(毫秒)  $[(60 \text{ sec}/1800 \text{ 轉}) \times (10.5/360)]$ 。

利用扭力振動的學理分析，依據此四個 Speed Sensors 所量扭力振動發生後的波形曲線，加以處理計算之後求得汽機九個軸承、三個頂舉軸(Jackshaft)及汽機發電機中間聯軸器(Turbine/Generator Coupling)的「扭力角度」及「最大扭轉應力大小」，汽機#1 軸承附近得的數值針對汽機整體轉軸的前四個自然頻率加以計算出所受扭動力量大小，發電機端得的數值則針對發電機的自然頻率加以計算出所受扭動力量大小。

依據三菱重工所設計本廠汽機整體轉軸的前四個自然共振頻率為 7.2Hz、14.2Hz、19.5Hz、及 21.3Hz(詳見 MHI 所發 Short note on the torsional vibration analysis according to the change of the generator design)，因此高壓汽機端的 TVM 即偵測此 4 個頻率之振動值大小。發電機端則主要偵測 102.3Hz 的發電機自然共振頻率振動值大小。依據三菱公司所分析本廠汽機整體轉軸在前述五個自然共振頻率時的振動角度與振幅圖形如附頁一。

扭力振動監視儀器偵測值計算分析說明如下圖所示，每 150 msec 偵測一次，假若有偵測到扭力振動現象發生就會線上算出高低壓汽機中間、低壓汽機中間、以及低壓汽機與發電機中間所承受扭力振動的「振動角度」與「扭動應力大小(單位為牛頓/平方

厘米)」，假若應力大小超過預先設定的警報值大小，扭力振動監視儀器就會發出警報，同時將警報前兩秒以及警報後卅秒的狀況記錄起來，存放到一個檔案(freeze file)裡，當警報發生後，運轉人員或維護人員就可以查看警報狀況或進行離線分析工作，

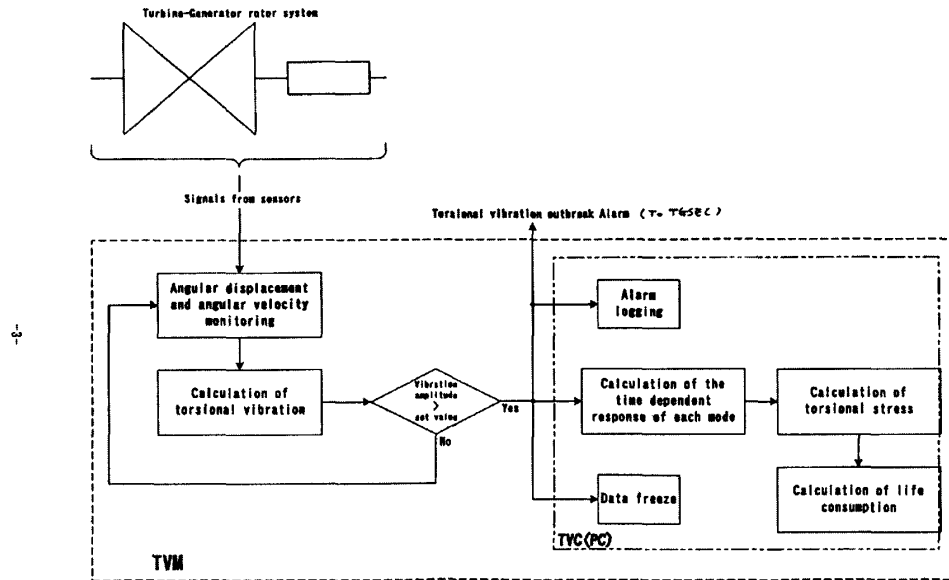


Figure 3.1 Processing flow

扭力振動監視儀器電腦螢幕共有下列顯示功能可供運轉人員使用：

1. 線上監視 On-line Monitor
2. 離線分析 Off-line Analysis
3. 實際時域趨勢監視 Realtime Trend
4. 歷史趨勢顯示 Historical Trend
5. 凍結資料 Freeze Data
6. 電氣力矩 Electrical Torque
7. 警報清單 Alarm Log

至於如何算出振動角度及振幅大小之日文說明資料已經攜帶

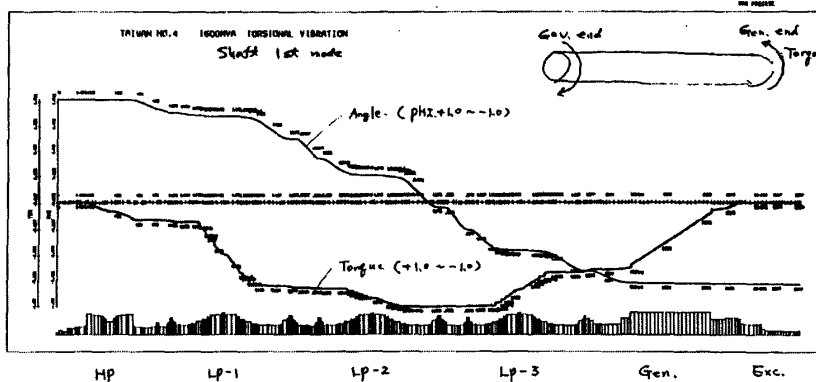
回國供日後參考使用。

附頁一

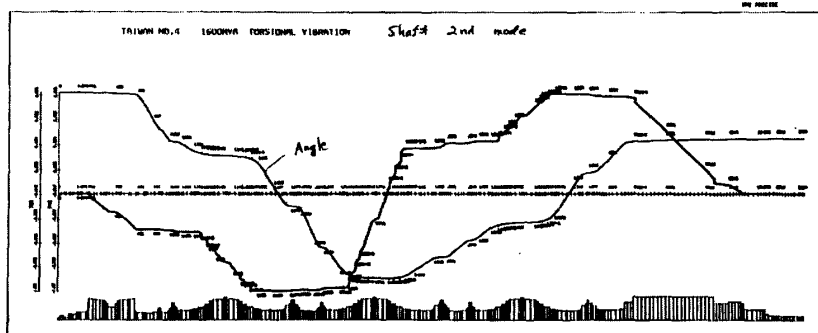
汽機轉軸在第一、二、三、四自然共振頻率時扭力轉動振幅大小及角度

Shaft 1st mode

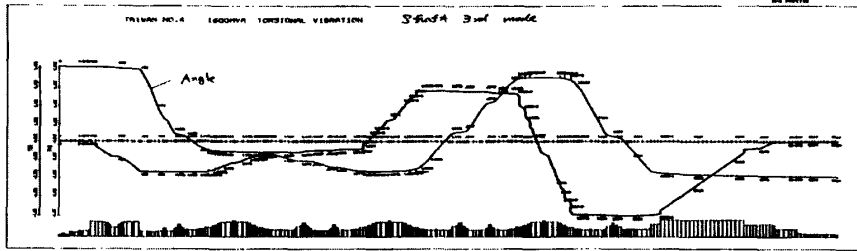
Torque + same direction of speed  
Angle + forward - backward



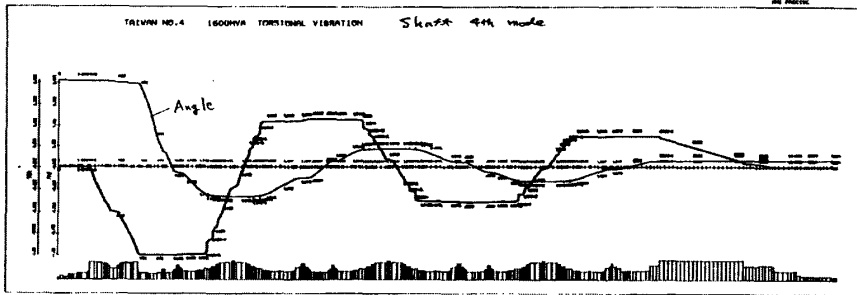
Shaft 2nd mode



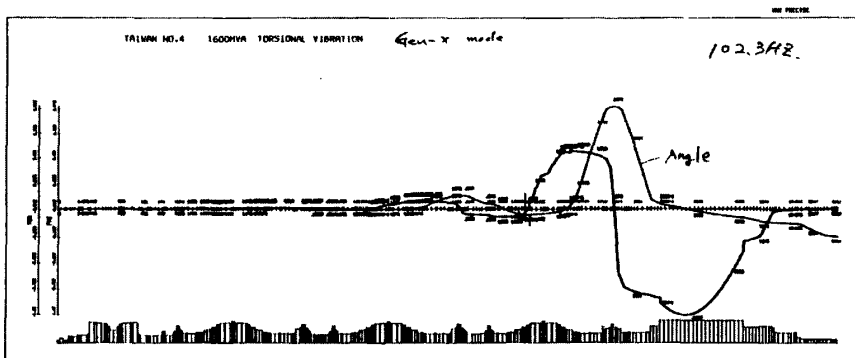
Shaft 3rd mode



Shaft 4th mode



Gen.-X mode





## 六、振動診斷系統(VDS)

三菱公司對於主汽機及三台飼水泵汽機提供一套診斷系統，當汽機運轉時提供 24 小時的連續監視，並提供診斷的功能，稱為振動診斷系統 (Vibration Diagnostic System, VDS)。

振動診斷系統是一套以汽機振動數據做為主要分析基礎的電腦診斷系統，當監測的數據有不正常(超出警報設定值)時，發出警報並啟動分析功能，分析系統的資料，判斷不正常現象形成的原因，提供運轉人員或維護人員在運轉或維護上有用的資訊。

振動診斷系統與其他汽機保護監視功能不一樣的地方是，雖然它能對汽機的不正常提出警報，但是沒有跳脫保護的連鎖。對於控制室的運轉人員來說可能並不會感到它的存在。同樣的在控制室不會有個別數據不正常的警報或 VDS 分析的結果。只有當警報出現時，在控制室樓上 591 房間的 VDS 電腦螢幕上才會顯現不正常數據及其不正常狀況原因分析。

關於汽機運轉中各項振動數據資料變化與其形成原因間的關係是一項很有趣的課題，有許多的專家學者在實驗室中努力研究，證明其間的關聯性並試圖將其間的關係用數學式子來表示，如此才能運用在工業上。三菱公司 VDS 所採用的分析方法將汽機運轉中各項數據資料的變化與形成原因的關係用模糊(Fuzzy)邏輯的數學方式來表示，最終會於警報發生時顯示於螢幕上。

在此不詳述 VDS 的主要工作原理，僅將 VDS 使用的數據及最終診斷後的結果亦即是 VDS 所能診斷的”病症”表列於後。

### VDS 需要的信號

| 設備        | Waveform<br>(relative vibration)           | Overall<br>(relative<br>vibration) | One<br>pulse | 系統資訊  |
|-----------|--|------------------------------------|--------------|---|
| 主汽機       | 11 X 2<br>(bearing) (direction)            | 11 X 2                             | 1            | 偏心<br>轉子位移<br>Difference<br>Expansion(HP)<br>Difference<br>Expansion(LP)<br>軸承溫度 (11 points)<br>發電機輸出(MW)<br>主冷凝器真空 |
| 飼水泵<br>汽機 | 2 X 2 X 3<br>(bearing)(direction)(machine) | 2 X 2 X 3                          | 1X1X3        | 無   |
| 總合        | 34   | 34                                 | 4            | 18  |

### VDS 能診斷出汽機不正常數據形成可能的原因

| 主汽機 MAIN TURBINE             | 飼水泵汽機 MFPT                |
|------------------------------|---------------------------|
| Shaft unbalance              | Shaft unbalance           |
| Shaft crack                  | Shaft crack               |
| Bearing malfunction          | Shaft misalignment        |
| Shaft misalignment           | Oil whirl/whip            |
| Oil whirl/whip               | Shaft bending             |
| Rub                          | Rub                       |
| Loose rotating part          | Loose rotating part       |
| Thermal bending of generator | Gap                       |
| Miscoupling                  | Location of wiped bearing |
| Non-symmetric shaft          |                           |
| Gap                          |                           |

## 七、核能訓練中心模擬器操作訓練

核能訓練中心(日文名稱稱為株式會社原子力發電訓練中心)位於日本福井縣敦賀市市郊，係由三菱重工株式會社聯合關西電力公司、中國電力公司、九州電力公司以及其他六家電力公司共同出資三億日圓於 1972 年創立，主要是為了訓練壓水式核能反應器運轉員，自 1974 年代起就開始訓練日本電力公司所需核能電廠反應器運轉員，隨著日本壓水式核能機組數目迄今已增加到廿三座，一年可訓練將近 600 位之運轉人員與相關人員。該中心佔地 2.23 公頃，訓練用建築佔地 0.5 公頃，學員住宿建築佔地 0.24 公頃，訓練用的模擬器共有三座，分別設計訓練二迴路、三迴路及四迴路壓水式核能電廠運轉人員、廠家設計人員或通產省管制機關人員，模擬器之參考機組分別為泊核電廠一號機、高濱核電廠三號機、大飯核電廠三號機。除了三座模擬器之外，該中心另外有一些輔助訓練設施，例如 Visual display of RCS data, Core physics analyzer, Plastic plant model, CRDM model, Fuel assembly model 等等。

核能訓練中心總共有 43 位員工，所長以下設有品質保證管理部門、總務部門(10 名員工)、及訓練部門(33 名員工)；訓練部門內有經理 2 人，計劃組 4 人，模擬器維護組 3 人，訓練講師群 24 人；這些講師包括由核能電廠供應廠家來的設計工程師與起動運轉工程師(負責講授反應器控制系統及模擬器訓練)、由各電力公司來的資深反應器運轉員(負責模擬器訓練)、中心自有專任講師(負責講授反應器原理及模擬器訓練)、以及由核能電廠供應廠家來的設計工程師(負責講授電廠系統及設備)。

核能訓練中心訓練課程包括反應器運轉員初期訓練、再訓練課程及特別課程；初期訓練共二十週，分三期，分別為六週、六週、及八週，再訓練課程則包括有反應器運轉員再訓練(7~10 天，

著重在正常、異常與緊急狀況訓練)、高級反應器運轉員再訓練(4~5天,著重在異常與緊急狀況程序書之熟練)、運轉主任訓練(4~5天,培育異常、緊急狀況及設計基礎外狀況時的判斷及管理能力)、值班團隊訓練(1~2天,加強值班組員在異常與緊急狀況時的團隊合作運轉能力),運轉執照測試課程(8~10天,進行運轉主任資格考試);特別課程包括有核能電廠管理者課程(2~3天,了解事故發生時機組狀況及處理對策)、核能技術者初步課程(3天,了解核能發電初步理論並體驗運轉上的操作)、核能技術者基礎課程(8週,深入了解核能發電基礎理論,電廠系統及實際訓練)、核能發電民眾宣導課程(3天,了解核能發電理論及運轉上的安全要點)、模擬器短期訓練課程(3天,供核能廠家技術人員了解電廠運轉及事故)、通產省專門技能研習訓練課程(3天,體驗正常運轉及事故運轉時機組狀況。我們去訓練那週就有從關西電力公司、北海道電力公司、四國電力公司、九州電力公司及通產省管制機關人員來接受訓練,共有廿多人。

此次在核能訓練中心的模擬器訓練,講師是由三菱重工業株式會社高砂製作所試驗課主任十河大輔先生擔任,主要訓練內容為汽機起動,但是應我們的要求也增加演練一些異常狀況及跳機後處理操作,例如冷凝器喪失真空、一串飼水加熱器破管需隔離等等。在模擬器操作時由核能訓練中心訓練部次長岩橋晴之先生與訓練主務瀨戶和美先生協助,控制室盤面原均為日文標示,但為了協助我們這種外國人,在盤面上將比較常用及重要部份的字母與標示都改用英文標示,也就是將背後黏有磁鐵片的英文標示壓克力片貼在盤面上,警報窗區域也用英文字母的警報窗框框加到原有的區域去,俾利我們辨認及操作。

此次訓練係利用第3號模擬器來訓練,其所使用運轉程序書(日文稱為要領書)主要是以大飯電廠3號機為範本,共分五份整廠運轉程序書(GOP 1~5),GOP1共分16小段,主要講壓水式核

能電廠一次側起動，包括蒸氣產生器降水位，調壓槽加壓操作，冷卻水泵運轉加熱直到蒸汽管路加熱到無載溫度為止，GOP2 包括臨界操作，汽機驅動主飼水泵起動，主飼水泵與電動飼水泵切換操作，汽機轉動昇速，發電機並聯操作，第二台飼水泵起動操作，及負載上升操作等七小段，GOP3 是負載下降，最低負載操作，發電機解聯，汽機停止，原子爐停機，GOP4 是由熱停機到冷停機 8 小段的操作，GOP5 則敘述反應爐出力 15 ~100%中間有關升載降載  $\Delta I$  限制及出口變化率限制等事項，共 4 小段。

此次訓練中利用模擬器的操作為 GOP2 程序書，其內容共計有

- (一) 汽機飼水泵起動
- (二) 由電動飼水泵切換到汽機飼水泵控制
- (三) 主汽機迴轉上昇
- (四) 併聯
- (五) 起動第二台主飼水泵
- (六) 升載

本公司過去核能電廠所用程序書均為仿造美式程序書改良而成，此次由於汽機發電機由日本廠家供應，因此這方面的操作程序書就算是第一次的接觸，藉由這次訓練開始接觸日本式的運轉程序書，未來必然也是需要修改後再使用，但為了使其他人員有所了解，加上許多邏輯圖設計課程都尚未開始，為了將來回頭查對運轉操作過程是否正確，確實有必要保留一份日式的運轉程序書作為參考，因此就興起索取上課用運轉程序書的念頭。

日式程序書格式如下(GOP2,PAGE7)

| 順序 | 操 作 | 確認及注意 | 場所 | CRT 畫<br>面 | 備考 |
|----|-----|-------|----|------------|----|
|    |     |       |    |            |    |

|     |                              |                                   |     |                |  |
|-----|------------------------------|-----------------------------------|-----|----------------|--|
| 11  | EH 操作<br>A(B)主給水泵驅動<br>昇速 開始 |                                   | MCB | SY-52<br>SY-53 |  |
| (1) | 目標回轉數設定「1800」按<br>鈕 押        | · EH 操作<br>目標回轉數設定「1800」「白」点<br>灯 | MCB |                |  |

註：程序書內所指「場所」係指控制盤面名稱，MCB 指主盤，RAB 指原子爐輔助盤，TAB 指汽機輔助盤，VB 指換氣空調整，HSB 指所內盤，TMB 指送電盤，LB 指現場盤，(L) 指現場操作。「CRT 畫面」部份則 EM 指事故 monitor，MO 指主要參數，SY 指系統機器 monitor，GD 指 guidance 表示，LR 指 local 一次系，LT 指 local 二次系，LE 指 local 電氣系。

由於訓練中心規定不得將資料影印，因此在無法取得 GOP 程序書影本情況下，只能將操作程序書利用下課晚上時間直接將前三段(即汽機飼水泵起動、由電動飼水泵切換到汽機飼水泵控制、主汽機迴轉上昇)翻譯摘錄如下：

(一)汽機驅動主飼水泵起動

| 順序 | 操 作                                   | 確 認 及 注 意  | 場 所 | CRT 面 | 備 考 |
|----|---------------------------------------|--|-----|-------|-----|
| 1  | 打開主飼水泵的低壓及高壓蒸汽進口關斷閥以確保蒸汽源             |  | LB  |       |     |
| 2  |                                       | 確認主飼水控制閥控制器及旁通閥控制器 (各有 4 個) 放在手動且信號均為 0%<br>確認目前由電動飼水泵供水到蒸氣產生器   | MCB |       |     |
| 3  |                                       | 確認主飼水泵 A(B)現場起動準備工作已完成   | LB  |       |     |
| 4  |                                       | 確認高壓飼水加熱器進口閥、出口閥均「打開」, (紅燈亮)<br>確認主飼水增壓泵進口閥「開」, (紅燈亮)<br>確認主飼水泵出口閥「自動」, 「關」, (綠燈亮)   | TAB |       |     |
|    |                                       | 確認主飼水泵汽機速度主控制器 SK-3700M 「手動」, 「0%」<br>確認主飼水泵汽機速度控制器 SK-3700A(B) 「手動」, 「0%」<br>確認主飼水泵汽機 Trip reset 操作 switch, 「綠燈亮」               | MCB |       |     |
| 5  | 將主飼水泵 miniflow 控制器 FK-5442(5444)放「自動」 |  | MCB |       |     |
| 6  |                                       | 由 CRT 確認 A(B)FWPT turning 設備運轉中, 紅燈亮, 速度 15rpm.<br>由 CRT 確認 A(B)FWPT oil T'K 抽氣器運轉中, 紅燈亮<br>由 CRT 確認 A(B)FWPT 主油泵運轉中, 紅燈亮        | MCB |       |     |
|    |                                       | 由 CRT 確認 A(B)FWPT 排氣弁 AS-103A(B) 「開」.<br>由 CRT 確認 A(B)FWPT 主油泵「自動」<br>由 CRT 確認 A(B)FWPT 非常用油泵「自動」                                | LB  |       |     |
| 7  |                                       | 確認 FWPT EH 操作盤面<br>● 控制模式「EH 手動」点灯<br>● 低壓高壓蒸汽關斷閥「閉」, 「綠」点灯<br>確認 FWPT EH 表示<br>● 手動-自動偏差值「0%」<br>● 弁開度指令「0」V<br>● 目標回轉數設定「0」rpm | MCB |       |     |

|     |  |  |     |  |  |
|-----|--|--|-----|--|--|
| 8   | 起動主飼水增壓泵   | 確認燈號由綠→紅，記下出口壓力·turngear<br>「自動」停止，紅燈消，將之放到停止位置(LB)，reset「Turning 注意」警報·汽機轉數約 425rpm   | MCB |  |  |
| 9   | Reset 主飼水泵汽機 Trip Reset Switch                     | 確認 reset switch 紅燈亮<br>● 低壓蒸汽關斷閥「開」，紅燈亮<br>● 高壓蒸汽關斷閥「開」，紅燈亮  | MCB |  |  |
| 10  | 按下 EH Governor 操作盤控制 mode「EH 自動」按鈕                 | 確認 Program 控制「Hold」，「綠」點燈<br>控制 mode「EH 自動」，「赤」點燈<br>「EH 手動」，「綠」消燈   | MCB |  |  |
| 11  | 在 EH Governor 操作盤將主飼水泵汽機升速                         |  | MCB |  |  |
| (1) | 目標回轉數設定「1800」按鈕按下                                  | 確認「1800」白燈亮  |     |  |  |
| (2) | 升數率「10」按鈕按下  | 確認「10」白燈亮  |     |  |  |
| (3) | Program control「起動」按鈕按下                            | 確認高壓蒸汽加減弁開始動作·汽機轉數增加，同時<br>● Program control「Hold」綠燈熄<br>● Program control「起動」紅燈亮<br>● FWPT 控制油壓上升<br>● 高壓蒸汽調整弁「調整開」<br>● 低壓蒸汽調整弁「全開」                        |     |  |  |
| 12  | 在 600rpm 轉數附近按下 Trip reset 開關以跳脫汽機，同時 double check | 確認<br>● 主飼水泵汽機 Trip reset switch 綠燈亮<br>● 低壓及高壓蒸汽關斷閥「閉」，綠燈亮<br>● Program control「起動」→「保持」<br>● FWPT 轉數下降，控制油壓 OKPaG<br>● FWP 之 Booster Pump 10 秒後停止，「赤」→「綠」燈 | MCB |  |  |
| 13  | 起動 TDFWP Booster pump A(B)                         | 確認表示燈「綠」→「赤」   | MCB |  |  |
| 14  | Reset MFWPT Trip Reset switch，起動 Turbine           | 確認 reset switch 紅燈亮，<br>低壓及高壓蒸汽關斷閥「開」，紅燈亮  | MCB |  |  |
| 15  | 在 EH 控制盤上按下「EH 自動」控制 mode 按鈕                       | 確認 Program control「保持」綠燈亮，<br>「EH 自動」紅燈亮，「EH 手動」綠燈熄  | MCB |  |  |
| 16  | 再升速 MFWPT  |  | MCB |  |  |
| (1) | 按下目標回轉數設定「1800」                                    | 確認「1800」白燈亮  |     |  |  |
| (2) | 按下升速率「10」  | 確認「10」白燈亮  |     |  |  |
| (3) | 按下 Program control「起動」按鈕                           | 確認高壓蒸汽加減弁開始動作·汽機轉數增加，同時<br>● Program control「Hold」綠燈熄<br>● Program control「起動」紅燈亮<br>● FWPT 控制油壓上升<br>● 高壓蒸汽調整弁「調整開」   |     |  |  |



|     |  |   |     |  |  |
|-----|--|---|-----|--|--|
|     |  | ● 低壓蒸汽調整弁「全開」   |     |  |  |
| 17  |  | 當轉數到達 1800rpm 由 Program Control 保持該速度，但紅燈表示卻是「起動」燈亮   | MCB |  |  |
| 18  | 將 FWP warming valve FW-301A(B) 關上  |   | LB  |  |  |
| 19  | 30 分鐘暖機轉   |   |     |  |  |
| 20  | 再升速  |   | MCB |  |  |
| (1) | 按下「run-up 回轉數」按鈕   | 確認「run-up 回轉數」白燈亮，「1800」白燈消   |     |  |  |
| (2) | 按下升速率「30」按鈕  | ● 確認「30」燈亮，「10」燈消<br>● 確認 FWPT 控制油壓上升·轉數上升  |     |  |  |
| 21  |  | 當轉數接近 3500rpm 之 run-up 附近時確認「run-up 回轉數」燈消，「昇速完了」燈亮，A(B)FWP 出口閥 FW-003A(B)「開」，燈由「綠」→「赤」                 | MCB |  |  |
| 22  | 在 A(B)FWP 轉數穩定在 3500rpm 左右後進行下列保護測試  |   | MCB |  |  |
| (1) | 選擇 test 項目<br>● Lube oil Low Pressure<br>● Thrust 磨耗<br>● Mechanical overspeed |   |     |  |  |
| (2) | 按下「LOCKOUT」按鈕  | 確認燈亮  |     |  |  |
| (3) | 按下「TRIP TEST」按鈕進行 TEST   | 確認會有警報出現，Trip 燈亮，(但機械式過速度不會有警報)   |     |  |  |
| (4) | 按下「TEST RESET」按鈕   | 確認 Trip Lamp 燈消，FWP 現場盤面警報 reset·警報燈消   |     |  |  |
| (5) | 按下「LOCKOUT RESET」按鈕  | 確認「LOCKOUT 中」燈消   |     |  |  |
| (6) | 依照 test 項目重複(1)-(5)步驟  |   |     |  |  |
| 23  |  | 確認主飼水泵速度主控制器 SK-3700M「手動」「0%」   | MCB |  |  |
| 24  | 將 SK-3700M 放入自動  |   | MCB |  |  |
| 25  | 調整 SK-3700M 控制信號使 FWPT 轉數接近 4400rpm  | 確認 $\Delta P$ 設定值 0.85MPaG(8.7kg/cm <sup>2</sup> )， $\Delta P$ 為 P <sub>飼水</sub> -P <sub>蒸汽·蒸氣產生器</sub> | MCB |  |  |

## (二)由電動飼水泵切換到汽機驅動飼水泵控制

| 順序 | 操 作  | 確 認 及 注 意 | 場 所 | CRT 畫 面 | 備 考 |
|----|--|-----------|-----|---------|-----|
| 1  | 將電動飼水泵的飼水控制閥切換到手動然後關小，同時打開主飼水旁通控制閥來飼水給蒸氣產生器，切換前要注意蒸氣產生器水位要在 Program level (no load 時 |           |     |         |     |

|     |  |  |           |  |  |
|-----|--|--|-----------|--|--|
|     | 33%，20% load 以上為 44%)，<br>切換完成，旁通閥控制器再放到<br>Auto control，此時主飼水泵速度<br>主控制器會自動控制 $\Delta P_{act} = \Delta P_{ref}$   |  |           |  |  |
| 2   | 停用電動飼水泵---<br>出口流量控制閥全關，停止電動<br>飼水泵(注意燈號變化，alarm 消<br>失，輔助油泵會自動起動，Booster<br>Pump 在 10 秒後會停掉)，再將<br>MDFWP 操作開關放到...「自<br>動」，將 warming valve FW-302 打<br>開，出口流量控制閥 FCV-3705<br>再打開，出口弁 FW-004 放自動(此<br>時「MDFWP 自動起動待機未完<br>燈消)。 |  |           |  |  |
| 3   | 除氣器(脫氣器)Deairator 供汽來<br>源由輔助蒸汽切換到由主蒸汽供<br>應   |  |           |  |  |
| (1) |  | 確認脫氣器加熱蒸汽減壓弁(主蒸汽側)前<br>弁 AS-001「開」，紅燈亮。  | TAB       |  |  |
| (2) | 脫氣器壓力控制器(主蒸汽)PK-<br>5121 徐徐「調整開」   |  | TAB       |  |  |
| (3) | 脫氣器壓力控制器(輔助蒸<br>汽)PK-5121 徐徐「全閉」   | 注意脫氣器壓力  | TAB       |  |  |
| (4) | 切換完畢，PK-5121 放「自動」，<br>壓力設定為 0.1MPaG   |  | TAB       |  |  |
| (5) | 脫氣器加熱蒸汽 Backup 供給弁<br>AS-005「開」  | 確認紅燈轉為綠燈   | TAB<br>LB |  |  |
| (6) |  | 確認 Gland steam heater 壓力控制器 PK-5160<br>「手動」，指示為 0%<br>確認 Gland steam 一次減壓弁 PCV-5160 全<br>關 | LB<br>TAB |  |  |
| (7) | 打開 Gland steam 供給弁(主蒸<br>汽)GS-001  | 確認燈綠→赤   | TAB<br>LB |  |  |
| (8) |  | 確認 gland steam 一次減壓弁後弁 GS-003<br>「開」   | LB        |  |  |
| (9) | PK-5160 徐徐開，設定壓力<br>0.88MPag & 「自動」  |  | TAB       |  |  |
| 4.  | 脫氣器再循環泵「停止」，「pull to<br>Lock 切引」   | 確認燈號赤→綠  | TAB       |  |  |
| 5.  | 復水脫鹽裝置隔離 「除外」<br>「自動」  |  | TAB       |  |  |

### (三)主汽機迴轉上昇

| 順序  | 操 作   | 確 認 及 注 意   | 場 所       | CRT 畫 面 | 備 考 |
|-----|---|---|-----------|---------|-----|
| 1   | 反應器出力約 5~7%,各參數穩定後準備汽機轉動.   |   | MCB       |         |     |
| 2   | MSR 準備順序.   |   | LB<br>MCB |         |     |
| (1) |   | 確認 MSR 第一級加熱器洩水槽 (MSHDT) 的 drain 要排到外邊,不要到 DRAIN T'K 去。<br>確認 MSR 第二級加熱器洩水槽 (MSHDT) 的 drain 要排到外邊,不要到 DRAIN T'K 去。                            | LB        |         |     |
| (2) | 打開第一級加熱器蒸汽供給閥 RS-104A (B) .   |   | LB        |         |     |
| (3) | 將 MSR 「Warming 自動」按鈕按下  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 「Warming 自動」燈亮</li> <li>● 主蒸汽斷止閥前壓力 &gt; 4.9MPaG</li> <li>● 冷凝器真空 &gt; 80.0KPag (600mmHg)</li> </ul> | TAB       |         |     |
| (4) | A、B MSR 加熱蒸汽控制器 TK-5105,5111 放「自動」  |   | TAB       |         |     |
| 3   | 按下高壓抽氣 Master 按鈕之「高壓抽氣自動」   | 確認紅燈亮<br>將第 6、7 抽氣止回閥 BS-005、BS-002 A,B 操作開關「停止」,並確認閥的關閉,綠燈亮。   | TAB       |         |     |
| 4   |   | 確認高壓、低壓抽氣逆止閥前的 drain trap bypass vlv 開關放在「自動」,各閥自動開啓,紅燈亮  | TAB       |         |     |
| 5   |   | 確認高壓給水加熱器 drain 要先排放到廠外 (水質還不好!) drain ball vlv 「開」。<br>緊急水位控制閥後閥 BS-302 A,B 「閉」<br>正常水位控制閥後閥 BS-301AB 「閉」。                                   | LB        |         |     |
| 6   | 汽機起動起 2 小時之前要執行下列事項：<br>Lube oil cooler cooling water line-up,將 cooler 前後閥打開,將 cooling water p'p 出口閥關閉,起動 p'p 再開出口閥,將 standby p'p 放在「自動」 mode。<br>將海水側前後閥打開,起動海水側 p'p (先關 p'p 出口閥,起動 p'p 再開 p'p 出口閥),調整海水流量為 5800m <sup>3</sup> /hr |   | TAB<br>LB |         |     |

|    |  |  |     |  |  |
|----|--|--|-----|--|--|
| 7  | (汽機起動前 2 小時)                               | 確認汽機潤滑油輔助油泵 (AOP) 已起動<br>(紅燈亮)   | TAB |  |  |
| 8  | 起動 EH Governor 油泵                          | 確認指示燈由「綠」→「赤」「綠」,<br>EH 高壓油壓~14.4 MPag<br>(汽機起動前 2 小時前完成)  | TAB |  |  |
| 9  | 將 EH 高壓油泵第 2 台放「自動」<br>備用                  |  | TAB |  |  |
| 10 | 將發電機氫氣溫度控制器 TK-<br>6890 放「自動」,溫度設定 40°C    |  | TAB |  |  |
| 11 |  | 確認 T'B Trip Lockout Ry (86TAL,86TBL)<br>及發電機 Lockout Ry(86P,86BU)均 RESET<br>完.   | MCB |  |  |
| 12 | 準備 RESET 汽機                                | RESET 以前確認下列事項.  | MCB |  |  |
| 1) | EH 操作盤                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 運轉 mode「EH 手動」綠燈亮.«Trip»<br/>綠燈亮.</li> <li>● 「全弁開」白燈亮.</li> <li>● Program 運轉「保持」綠燈亮.</li> <li>● IMP MW feedback IMP「切」綠燈亮.</li> <li>● GV,LL 控制表示「GV 控制」白燈亮.</li> <li>● 自動追隨「除外」綠燈亮</li> </ul> | MCB |  |  |
| 2) | EH 指示盤                                     | MSV 閘度指令信號 0%, GV 閘度指令信號-<br>50%, LL 指令信號-50%, MSV,GV,ICV 閘度<br>指示計 0%.  | MCB |  |  |
| 3) | 弁狀態指示燈                                     | MSV # 1~#4「閉」, 綠燈亮<br>RSV A1~A3,B1~B3「閉」, 綠燈亮<br>GV # 1~#4「閉」, 綠燈亮<br>ICV A1~A3,B1~B3「閉」, 綠燈亮  | MCB |  |  |
| 13 | RESET 由反應器來 A,B 串汽機<br>Trip 之 reset switch | 確認反應器側「SG 水位異常高 SI. Rx Trip<br>→Turbine Trip」警報消失.   | TAB |  |  |
| 14 | RESET「T'B RESET SW.」                       | 確認   |     |  |  |
| 1) |  | 汽機「RESET」白燈亮   | TAB |  |  |
| 2) |  | EH 操作盤之運轉 mode「RESET」紅燈亮,<br>「Trip」綠燈消,<br>弁切替「MSV」白燈亮.  | MCB |  |  |
| 3) |  | 弁狀態表示燈 RSV A1~A3, B1~B3「開」,<br>「赤」點燈   | MCB |  |  |
| 4) |  | 非常遮斷油 6.9MPaG (70 kg/cm <sup>2</sup> ) 以上  | TAB |  |  |
| 5) |  | 警報 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 「非常遮斷油壓力低」燈熄.</li> <li>● 「Rx Partial Trip (汽機系)」發信</li> </ul>  | MCB |  |  |
| 6) |  | First out 警報「Remote Trip」reset   | MCB |  |  |
| 7) |  | MSR 控制正常的確認  | TAB |  |  |

|    |                                   |  |            |  |  |
|----|-----------------------------------|--|------------|--|--|
|    |                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Warming master 「冷機 mode」白灯亮.</li> <li>● 第一級加熱蒸汽 Header air vent 旁通閥 「閉」→「開」.</li> <li>● 第二級加熱蒸汽 Header air vent bypass control vlv 4 個 「閉」→「開」.</li> <li>● 第二級加熱蒸汽 Header air vent vlv(冷凝器側) RS-204 「閉」→「開」.</li> </ul>   |            |  |  |
| 15 | 按下 EH 操作盤 EH GOV.運轉模式「自動」按鈕.      | 確認<br>1) EH 操作盤「EH 自動」紅灯亮,「EH 手動」綠灯消,「全弁閉」白灯消.<br>2) EH 指示盤.   | MCB        |  |  |
| 16 | 利用高壓汽機第一段金屬溫度及汽機昇速曲綫圖來求取起動速度迴轉上升率 |  |            |  |  |
| 17 |                                   | 汽機起動前先確認以下各參數<br><ul style="list-style-type: none"> <li>● MSV 前蒸汽壓力 6.9 MPaG,溫度 291 °C.</li> <li>● 冷凝器真空度約 96.3 KPaG (722 mm Hg) 以上.</li> <li>● 偏心約 7.5/100 mm 以下</li> <li>● 軸位置+0.25~-0.25 mm</li> <li>● 差膨脹 發電機側 +19.0~-2.0 mm<br/>高壓汽機側 +10.5~-2.5 mm</li> <li>● 軸承油壓約 120KPaG (1.2 kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>● 軸承油溫 25~35°C</li> <li>● 非常遮斷油壓 6.9MPaG (70 kg/cm<sup>2</sup>) 以上</li> </ul> | MCB<br>TAB |  |  |
| 18 | 由 EH 操作盤開始加速汽機                    |  | MCB        |  |  |
| 1) | 按下目標轉速「400」按鈕.                    | 確認「400」白灯亮,「180」加速率白灯亮   | MCB        |  |  |
| 2) | 按下加速率「45」按鈕.                      | 確認加速率「45」白灯亮   | MCB        |  |  |
| 3) | 按下 program 運轉「起動」按鈕.              | 確認「起動」紅灯亮,汽機轉速開始上升, Turn-gear 自動「停止」,「赤」→「綠」   | MCB<br>TAB |  |  |
| 19 | 將 Turn-gear 操作開關「停止」並轉到「自動」       |  | TAB        |  |  |
| 20 |                                   | 汽機昇速中確認以下各參數<br><ul style="list-style-type: none"> <li>● 偏心約 7.5/100 mm 以下</li> <li>● 軸位置+0.25~-0.25 mm</li> <li>● 差膨脹 發電機側 +19.0~-2.0 mm<br/>Gov 側 +10.5~-2.5 mm</li> <li>● 軸承油壓約 120 KPaG (1.2 kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>● 各軸承油溫 &lt;77°C</li> </ul>   | MCB        |  |  |

|    |  |  |     |  |  |
|----|--|--|-----|--|--|
|    |  | ● 各軸承金屬油溫 < 99°C   |     |  |  |
| 21 | 汽機轉速 200rpm 時, program 運轉按下「保持」按鈕                                | 確認「保持」綠燈亮,「起動」紅燈消.   | MCB |  |  |
| 22 | 在 EH 操作盤之「全弁閉」按鈕按下, 進行 Rub check                                 | 確認<br>1) EH 操作盤「EH 自動」紅燈消,「EH 自動」綠燈亮,目標轉速「400」白燈消,加速率「45」白燈消,「全弁閉」,白燈亮<br>2) EH 指示盤,<br>LL 指令信號 -50%.<br>MSV 閘度指令信號 0%.<br>MSV,GV,ICV 閘度指示計 0%<br>3) 閘狀態指示燈<br>MSV, GV, ICV 「閉」綠燈亮 | MCB |  |  |
| 23 | 檢查汽機內部有無異聲   |  | L   |  |  |
| 24 | Rub check 後,再按 EH 運轉 mode EH「自動」按鈕,auto balance 動作.              | 確認 EH「自動」紅燈亮,EH「手動」綠燈消,汽機轉速回升.   | MCB |  |  |
| 25 | 昇速到 400rpm<br>選擇並按下目標轉速「400」按鈕,加速率「45」按鈕,「起動」按鈕,確認動作如前.          | 確認「400」白燈亮,<br>確認加速率「45」白燈亮<br>確認「起動」紅燈亮,汽機轉速開始上升  | MCB |  |  |
| 26 | 在 400rpm 作低速暖機運轉,此時注意汽機金屬溫度.                                     |  | MCB |  |  |
| 27 | 將低壓飼水加熱器 drain p'p 起動,將水打到廠外去,block vlv 打開.                      |  | LB  |  |  |
| 28 | 將 MSR drain p'p 起動,將水打到廠外去,block vlv 打開.                         |  | LB  |  |  |
| 29 | 化學分析指示可將水回收到 Recovery T'k,則將 Recovery T'k 水位控制閘後閘 CW-55「開」       |  | LB  |  |  |
| 30 | 再昇速到 1040rpm   | 注意各機 HP T'B, LP T'B, GEN, EXCITER 之危險速度  | MCB |  |  |
|    | 選擇目標轉速「1040 rpm」按鈕並按下,<br>選擇加速率「90」按鈕,押下.<br>選擇「起動」按鈕.押下,確認動作如前. | 確認「1040」白燈亮,<br>確認加速率「90」白燈亮<br>確認「起動」紅燈亮,汽機轉速開始上升   | MCB |  |  |
| 31 |  | 當轉速達 600 rpm 時,確認<br>● 汽機偏心計及轉軸振動計動作正常.<br>● Jacking oil p'p 自動「停止」,紅燈→綠燈.<br>● LPT'B 排汽室 Spray 弁 CW-645「開」.   | TAB |  |  |

|    |   |  |     |  |  |
|----|---|--|-----|--|--|
|    |   | 綠燈→紅燈.   |     |  |  |
| 32 | 停用 Jacking oil p'p,放到自動位置                         |  | TAB |  |  |
| 33 | Lube oil 溫度控制器設定點由 30°C調升至 40°C, 確認               |  | TAB |  |  |
| 34 |   | 確認 GEN. H2 溫度在 40°C 以下.  | TAB |  |  |
| 35 | 當汽機 1040rpm,進行中速暖機運轉,注意汽機金屬溫度在限值內.                |  | MCB |  |  |
| 36 | 昇速到 1800rpm                                       |  | MCB |  |  |
| 1) | 選擇目標轉速「1800」按鈕.押下                                 | 確認「1800」白燈亮,   |     |  |  |
| 2) | 選擇加速率「180」按鈕.押下                                   | 確認加速率「180」白燈亮  |     |  |  |
| 3) | 選擇「起動」按鈕.押下, 確認燈號如前所記.                            | 確認「起動」紅燈亮, 汽機轉速開始上升  |     |  |  |
| 37 | 汽機達 1800 rpm 維持穩定,「起動」紅燈消,「保持」綠燈亮.                |  | MCB |  |  |
| 38 | 進行 Valve Transfer,由 MSV 控制切換到 GV 控制,選擇「弁切替」按鈕.押下. | 確認<br>1)EH 操作盤「弁切替」白燈亮,「GV」白燈亮.«MSV」白燈消.   | MCB |  |  |
|    |   | 2)EH 指示盤<br>● GV 開度指令信號 150%→0%<br>● MSV 開度指令信號 約 20%→100%.<br>● #2 GV 開度指令信號計 100%→3%, 燈由「赤」→「赤」「綠」.<br>● #1,3,4 GV 開度指令信號計 100%→0% 燈由「赤」→「綠」.<br>● MSV 開度指令信號計 5%→100%, 燈由「赤」「綠」→「赤」.<br>● ICV (6 個) 開度指令信號計 100%→60%, 燈由「赤」→「赤」「綠」. | MCB |  |  |
| 39 |   | 切換完成則「弁切替」白燈消.<br>Program 運轉「保持」綠燈消.<br>目標回轉速「1800」白燈消.  | MCB |  |  |
| 40 | 將 Turning gear 油泵停止, Switch 放「自動」                 | 燈號由「赤」「橙」→「綠」.<br>NO.1 軸承油壓_____ KPag<br>(油壓下降 TOP 自動起動<br>油壓下降 EOP 自動起動<br>油壓由#8/#11 軸承油壓測出)  | TAB |  |  |
| 41 | 停用 AOP, Switch 放「自動」                              |  | TAB |  |  |
| 42 | 進行保護設備 Test                                       |  | TAB |  |  |
| 1) | 選擇開關選 CH1 或 CH2                                   |  |     |  |  |
| 2) | 選擇開關選「軸承低油壓」                                      |  |     |  |  |

|     |   |   |     |  |  |
|-----|---|---|-----|--|--|
| 3)  | 按下「Trip」按鈕  | 確認 CH1 或 CH2 燈亮。(T'B Trip 用電磁弁)<br>● 軸承油壓 CH1 點燈→消燈。<br>● 警報「T'B Trip Partial 動作」發信,「軸承油壓低」發信→消燈。 |     |  |  |
| 4)  | 按下「Test Reset」按鈕.                                   | 確認 T'B Trip 開電磁弁 CH1 或 CH2 消燈。<br>● 警報「T'B Trip Partial 動作」消燈。                                    |     |  |  |
| 5)  | 其他項目按照上述方式進行測試,如「冷凝器真空」「EOST」、「Thrust 磨耗」「遠隔 Trip」. |   |     |  |  |
| 6)  | 選擇「MOST」  |   |     |  |  |
| 7)  | 按下「Lockout」按鈕,                                      | 確認「Lock 中」燈亮.   |     |  |  |
| 8)  | 按下「Trip Test」按鈕,                                    | 確認 MOST「動作」燈亮.  |     |  |  |
| 9)  | 按下「Test Reset」按鈕,.                                  | 確認「Reset 中」燈亮,「Lock 中」燈消  |     |  |  |
| 10) | Channel 切換開關「切」                                     |   |     |  |  |
| 11) | Test 選擇開關「切」  |   |     |  |  |
| 12) | Trip 電磁閥 Test 選擇開關選擇「SV-1」.                         |   |     |  |  |
| 13) | 按下「Trip Test」按鈕,                                    | 確認「CH-1」白燈亮.  |     |  |  |
| 14) | 按下「Test Reset」按鈕,                                   | 確認「CH-1」白燈消.  |     |  |  |
| 15) | SV-2, SV-3, SV-4 依照 (11) ~ (14) 方式測試.               | 確認 SV-2 及 SV-4 測試時 CH-2 會點燈、消燈.   |     |  |  |
| 43  | OPC Test  |   |     |  |  |
| 1)  | 控制棒 OPC 阻止信號要先「Block」                               | 確認 Permissive「OPC 動作,控制棒插入阻止」燈亮   | MCB |  |  |
| 2)  | 在 EHC 盤面的 OPC Test sw.進行 OPC Test..                 | 確認警報「OPC 動作」發信→2 秒後 Reset   | MCB |  |  |
| 3)  | GV、ICV 急速關閉,確認後,回復到「使用」                             |   | MCB |  |  |
| 4)  | Reset「控制棒 OPC 阻止信號開關」                               | 確認 Permissive 燈號,「OPC 動作控制棒插入阻止」消燈  | TAB |  |  |



## 八、發電機氫氣及二氧化碳控制系統

### (一) 基本功能說明：

1. 發電機使用二氧化碳氣體為介質之目的，是可安全的將氫氣灌入/排出發電機。
2. 氫氣控制系統可維持發電機內的氫氣壓力，在安全需求值內 (0.480 ~ 0.535 Mpa 之間)。
3. 氫氣分析儀可提供維護及運轉人員重要資訊，並可得知發電機內氫氣壓力及純度。
4. 氫氣控制盤可提供必要的警報信號。
5. 氫氣控制系統可將氫氣中含有的水氣移走，以避免水份經由油封進入發電機內，造成發電機的損傷。

### (二) 氫氣及二氧化碳控制系統包含下列設備和元件：

1. 氫氣及二氧化碳供給系統中，包括壓力調節器和安全釋壓閥等設備元件。
2. 氫氣壓力及純度偵測器(氫氣儀)，包括差壓傳送器、壓力錶、溫度轉換器及 RTD 等設備元件。
3. 發電機鐵心偵測器(GCM)。
4. 乾燥器。
5. 水位偵測器。
6. 系統設備隔離閥集中站。
7. 系統管路及閥。

詳細說明如下

- (1) 氫氣瓶壓力為  $150\text{Kg/cm}^2$  (15Mpag)，經過 CV-5001 閥減壓為  $7\text{Kg/cm}^2$  (0.7 Mpag)，再經由 BV-5003 閥及 BV-5100 閥送至發電機內上部歧管(中間有一段移動性管路)，發電機內上部歧管之設計壓力為  $10.5\text{Kg/cm}^2$

(1.05Mpag)。氫氣瓶低壓力警報設定點為壓力  $15\text{Kg/cm}^2$  (1.5Mpag)，CV-5001 閥減壓下游有壓力釋放閥，設定點為壓力  $7\text{Kg/cm}^2$  (0.7Mpag)。

二氧化碳瓶壓力為  $150\text{Kg/cm}^2$  (15Mpag)，經過 BV-5009 閥減壓為  $5\text{Kg/cm}^2$  (0.5Mpag)，再經由 BV-5110 閥送至發電機內下部歧管，BV-5009 閥減壓下游有壓力釋放閥，設定點為壓力  $5\text{Kg/cm}^2$  (0.5Mpag)。

- (2) 氫氣壓力及純度偵測儀，是用來偵測氫氣及二氧化碳氣體的壓力及純度。其偵測原理是利用風扇 (Blower 5053) 抽出氣體並循環回發電機，根據不同種類氣體及其不同質量密度，量出其在風扇前後差壓、前端氣體溫度 (RTD) 及氣體壓力等信號，提供給 TGSEC2 (汽輪發電機監視及設備控制櫃機) 進行計算。經過 TGSEC2 後，即可得知當時發電機內部氣體純度。當氫氣純度小於 90%、壓力低於  $4.8\text{Kg/cm}^2$  (0.48Mpag) 及壓力高於  $5.3\text{Kg/cm}^2$  (0.53Mpag) 時均會產生警報。
- (3) 發電機鐵心偵測器 (GCM, Generator Condition Monitor) 目的是要偵測各種絕緣過熱所釋放出來的有機粒子，以儘早掌握絕緣過熱現象，提供相關的警報信號，並顯示於控制盤面上。其氣體取出點與回流點與氫氣乾燥器相同。
- (4) 氫氣乾燥器設備，是從發電機內部氫氣高壓處抽出一部份氫氣，經由一組鋁顆粒吸水氣型乾燥器，來移除氫氣中的水氣，再排回發電機內部氫氣低壓處。乾燥器設備共有兩組，一組在運轉操作時，另一組可使用加熱吹風-冷凝-分離方式將乾燥劑還原。此兩

組吸收器可每四小時自動換台操作。氫氣乾燥器設備盤內另有一組氣體露點偵測器，可偵測氫氣露點是否正常，正常運轉中若氫氣內含水分很少，其露點約為 $-40^{\circ}\text{C}$ ，當露點偵測出為 $5^{\circ}\text{C}$ 時，會有警報告知，其偵測儀器為氧化鋁及黃金薄膜式 Panametrics M series moisture probe。

- (5) 若氫氣中水氣過多而凝結或氫氣冷卻器管路有漏而下流時，發電機底部外側兩方(勵磁機方向和汽機方向)有水位偵測器，來監測累積水量並提供高水位警報信號(設定點為 200 C.C.)，以避免發電機內部含水而影響設備。

(三) 氫氣及二氧化碳控制系統相關之設定值：

- |                  |   |                   |
|------------------|---|-------------------|
| 1. 氫氣壓力釋放閥動作     | : | 0.7 MPa           |
| 2. 二氧化碳壓力釋放閥動作   | : | 0.5 MPa           |
| 3. 氫氣乾燥器溫度設定     | : | 攝氏 250 度          |
| 4. 氫氣壓力(機組正常運轉時) | : | 0.480 ~ 0.535 Mpa |
| 5. 氫氣純度(機組正常運轉時) | : | 90 % 以上           |
| 6. 水位偵測器設定       | : | 200 c.c           |
| 7. 氫氣儀之露點設定      | : | 攝氏 5 度            |

(四) 氫氣及二氧化碳控制系統在機組正常運轉發電時，下列參數值必須檢查和測定：

1. 確定發電機內部氫氣壓力值在於 0.480 ~ 0.535 Mpa 之間。
2. 檢查及測定氫氣純度大於 95 %。
3. 檢查及測定氫氣乾燥器進口端的露點低於攝氏 5 度。
4. 檢查乾燥器中的加熱器出口端溫度必須高於華氏 160 度。
5. 檢查發電機偵測儀盤面的指示，氫氣流量值和電流值。

(a) 氫氣流量值約為 30 L/min 。

(b) 電流值約為 0.8 mA 。

6. 檢查氫氣和二氧化碳控制系統中的管路及閥，是否有洩漏的地方。若有洩漏之處，維修人員必須立即處理妥當。
7. 假若維修有必要時，可將發電機的水位偵測器洩水。並將洩水量收集起來，量測洩水量是否超過限制值(200 c.c.)。若量測值超過限制值，必須立即檢查氫氣冷卻器管路是否有洩漏之處，並處理妥當。

(五) 機組起動停機期間氫氣及二氧化碳等氣體操作說明：

在空氣中增加氫氣濃度比例超過 4% 以上，或是氫氣中增加空氣而使氫氣濃度比例降至 75% 左右，氫氣和空氣互相混合時，就會發生爆炸，其爆炸壓力依據日本產業安全研究所研究報告 RIIS -RR -21- 453 指出由氫氣容量濃度 4% 左右的 1.2 倍上升至氫氣容量濃度 35% 左右的 7 倍多，再降至氫氣容量濃度 70% 左右的 3.5 倍左右。因此機組初次起動或大修完成重新起動前發電機要灌氫氣時，必須先使用二氧化碳氣體由發電機內部底部灌入發電機內，將空氣由上部歧管排出發電機，等到發電機內部充滿二氧化碳(濃度達 75%) 後，再使用氫氣由上部歧管灌入發電機，直到二氧化碳由下部歧管全部被排出發電機且氫氣濃度達到 95% 以上，即可完成發電機初步灌氫之程序。當發電機封油系統建立完成時，必須在加入五倍體積的氫氣以使氫氣壓力到達  $5\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。

若要將氫氣排出發電機時，則先使用二氧化碳灌入發電機內，將氫氣排出發電機。等到發電機內充滿二氧化碳後，再使用儀用空氣灌入發電機，直到二氧化碳全部被排出發電機時，發電機內部此時則充滿儀用空氣。完成發電機排氫之程序。

在確定發電機完全通大氣之前，絕不准許任何人任意進入發電機內。以避免工作人員吸入過多二氧化碳，而造成工作人員之傷亡。因此在准許工作人員進入發電機內，進行維修工作之前，必須確定二氧化碳完全被排出發電機，且完全與大氣相通。

以上操作所需時間及各種氣體需用量如下表

| 需要氣體種類 | 轉換操作方式                       | 需用氣體體積                     | 需要時間 |
|--------|------------------------------|----------------------------|------|
| 二氧化碳   | 空氣被二氧化碳排除<br>(75%二氧化碳濃度)     | 220 M <sup>3</sup> (1.0V)  | 60分  |
| 氫氣     | 二氧化碳被氫氣排除<br>(95%氫氣濃度)       | 440 M <sup>3</sup> (2.0V)  | 120分 |
| 氫氣     | 氫氣壓力提高至 5 Kg/cm <sup>2</sup> | 1100 M <sup>3</sup> (5.0V) | 180分 |
| 二氧化碳   | 空氣被二氧化碳排除<br>(75%二氧化碳濃度)     | 330 M <sup>3</sup> (1.5V)  | 60分  |

### 參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

- 一、依據採購合約，三菱公司須提供模擬器訓練(運轉人員)及 On the Job Training，但這兩項訓練之地點一直無法定案，尤其是 On the Job Training 因牽涉到日本之電力公司業主，更是難以定案。所幸經多方折衝最後終能成行，並與電廠人員進行經驗交流，是個難得的經驗，亦圓滿達成任務。但作業過程中難免造成一定的困擾，尤其行程變更及增加旅費之申請更須感謝核發處訓練課同仁之鼎力協助才得以完成，在此再次申謝。
- 二、日本國內電廠之維護工作幾乎都是完全外包給原設計供應廠家，電廠對維護操作手冊之要求非常簡單。這種維護操作手冊對本廠效益不大，受訓期間大部份是以維護操作手冊之草案作為教材，但此教材太過簡略，屢次要求工程人員講授更深入之內容，並將這些內容加入維護操作手冊中。
- 三、由於日本國民所得較高以及社會習俗較特殊，造成日常生活費用較高：例如，依照日本人社會習俗，租賃一間房子不管房子大小必須送給房東日幣三十萬元(相當台幣十萬元)當作禮金，這個部份是要不回來的，不管你只租個月或半年，當你要離開時根本一毛錢都拿不回來，另外就是必須先拿日幣二十萬元當作押金，作為退租房屋時若有損毀或髒亂時支付修理或清理之用，退租時或許可以全部拿回來，或許要看房東好惡，認為房子不夠乾淨而扣些費用下來。其次是交通費用，這次住在神戶市垂水區西舞子地區，來往和田岬三菱電機公司來回一趟要日幣 640 圓，是來回高砂市三菱重工公司一趟則要日幣 1100 圓；再來是日本物價和其國民所得成正比，一般都是本國的 2.5 到三倍之高，所以食物開支也就差不多是本國的二三倍，不像美國食物豐富、價廉物美，房租

與食物費用上可以互相截長補短，在日本則是巧婦難為無米之炊。這些狀況加上三個月長期生活費用只有相當於一般短期開會兩週所給生活費用，因此造成相當的傷腦筋。

#### 肆、對本公司之具體建議

- 一、日本對電子卡片靜電之防制非常小心，進入卡片室必須更換防靜電鞋；碰觸卡片必須戴上棉紗手套；拿取卡片必須再戴上防靜電環；卡片放置桌上時，桌面需先鋪上防靜電袋。電子卡片越來越精密，這些細節就越須注意。另外，卡片室設計雙重門以防塵，是另一個值得考慮的做法。另外，卡片室須使用獨立空調以保證達到溫度 $<21^{\circ}\text{C}$ 、溼度 $<60\%$ 以下。
- 二、及早規劃及建立訓練及測試設備，本廠之控制系統大部份為電腦系統，學習電腦系統唯一的方法是上機實習，因此，建立各種不同電腦系統之訓練及測試設備應為儀控維護之重要工作。
- 三、及早規劃並因應電腦硬體設備之更新，電腦硬體設備之淘汰速度非常快，以汽輪發電機系統為例，一號機所使用之 PET 及 Switching Hub 目前已不再生產，相關現象將來必會接連出現，須及早規劃並因應。
- 四、汽機跳脫後自動關閉 Heater 之 Non Return Valve 之機制，標準設計應有油壓 pilot valve 跳脫及 SOV 電氣跳脫二組功能並互為後備，以保證汽機跳脫後 Heater 內之殘存水氣不致回流至汽機造成汽機損壞。但本廠僅有 SOV 電氣跳脫功能。此 HI 要求回復標準設計。