

行政院及所屬機關出國報告

(出國類別:實習)

南部複循環第四號機氣渦輪機設計、安裝等
研習報告書

出國人服務機關:台灣電力公司南部施工處

出國人職 稱:電機股長

出國人姓 名:黃遠芳

出國地區:日本

出國日期:91.11.5~91.12.4

報告日期:92.元.21

G3/
CO9105694

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氣渦輪發電機設計安裝等研習報告書

頁數 30 含附件：是否

出國計畫主辦機關名稱／聯絡人／電話

台灣電力公司南部施工處 洪振順 07-3300938 轉 310

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話

台灣電力公司南部施工處電務課電機股長黃遠芳 TEL：07-3300938 轉 251

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：91 年 11 月 5 日至 91 年 12 月 4 日 出國地點：日本

報告日期：92 年元月 21 日

分類號／目 G3／電力工程

關鍵詞：單軸式複循環發電機組、氣渦輪機、汽輪機、廢熱鍋爐、發電機。

內容摘要：

- 一、南部複循環第四部機組之氣渦輪機，汽機及發電機等設備，係採單軸式複循環運轉，該機組之型式是目前最先進，且為世界發電潮流之一，更是本公司首部單軸式複循環發電機組，其安裝、運轉、維護等方面，需派員前往製造廠家接受訓練、實習，以利設備之安裝、試運轉及維護等工作，確保機組裝機完成，順利加入系統運轉發電。
- 二、本機組由一部氣渦輪機及一部汽輪機共同帶動一部發電機，謂之單軸複循環發電機組，由於運轉過程，汽輪機與氣渦輪機、發電機需或聯結或脫離，故需有一強而有力，能傳遞大能量之離合器，三菱公司設計之 SSS(Synchro-Self-Shifting)離合器完全以機械運轉速差之原理，或耦合、或分離完全不用電氣控制，頗有獨到之處。另慢齒輪 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 以改變啟動電壓、頻率降低啟動轉矩亦頗為特殊，其研發精神，值得我們效法。

報 告 內 容

一、國外公務之內容與過程

1. 公務任務
2. 內容與過程

二、國外心得與感想

1. 氣渦輪機組概要
2. 氣渦輪機組之主要系統
3. 氣渦輪機組之運轉
4. 靜態變頻器系統
5. 發電機主斷路器系統

三、出國期間所遭遇困難與特殊事項

四、對本公司的具體建議

一、 國外公務之內容與過程

1. 公務任務：

南部複循環第四號機氣渦輪機設計、安裝等訓練。

2. 內容與過程：

一、南部複循環第四部機組之氣渦輪機，汽機及發電機等設備，係採單軸式複循環運轉，該機組之型式是目前最先進，且為世界發電潮流之一，更是本公司首部單軸式複循環發電機組，其安裝、運轉、維護等方面，需派員前往製造廠家接受訓練、實習，以利設備之安裝、試運轉及維護等工作，確保機組裝機完成，順利加入系統運轉發電。

二、本機組由一部氣渦輪機及一部汽輪機共同帶動一部發電機，謂之單軸複循環發電機組，由於運轉過程，汽輪機與氣渦輪機、發電機需或聯結或脫離，故需有一強而有力，能傳遞大能量之離合器，三菱公司設計之 SSS(Synchro-Self-Shifting)離合器完全以機械運轉速差之原理，或耦合、或分離完全不用電氣控制，頗有獨到之處。另慢齒輪 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 以改變啟動電壓、頻率降低啟動轉矩亦頗為特殊，其研發精神，值得我們效法。

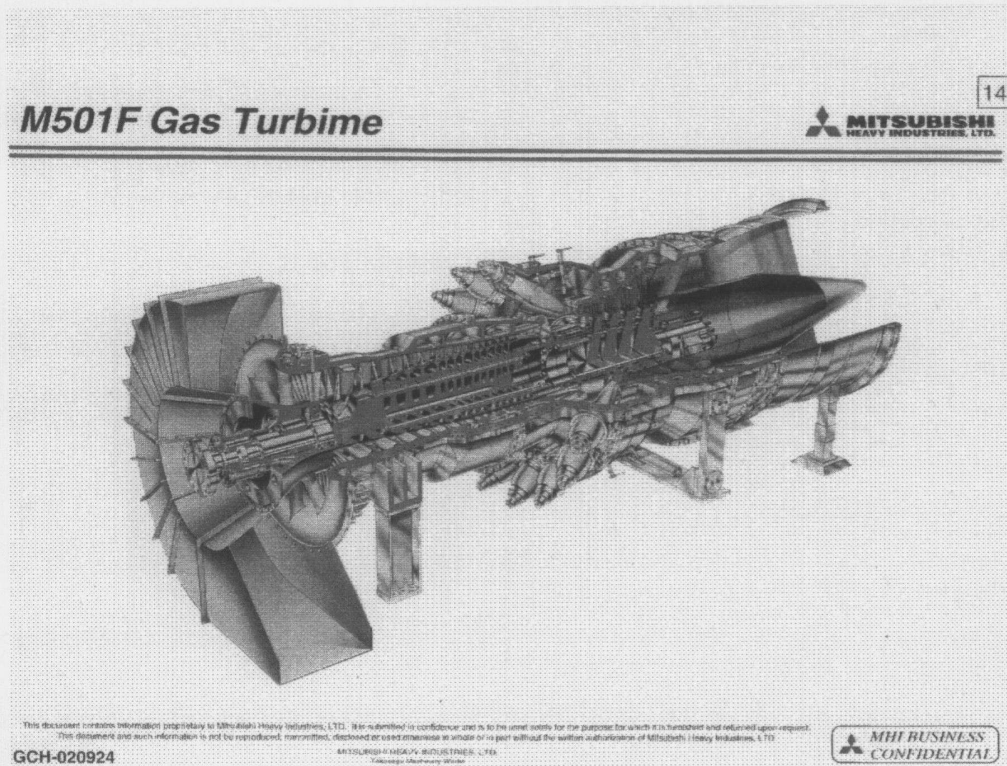
(2)實習日期及前往機構

起訖日	機構名稱
91年11月5日	赴日本神戶
91年11月6日至 91年11月26日	赴日本神戶三菱公司實習南部複循環四號機組氣 渦輪機設計安裝等訓練
91年11月27日至 91年12月3日	日本東京三菱公司實習南部複循環四號機組氣渦 輪機設計安裝等訓練
91年12月4日	返台灣台北

二、 國外公務心得與感想

1. 氣渦輪機組概要

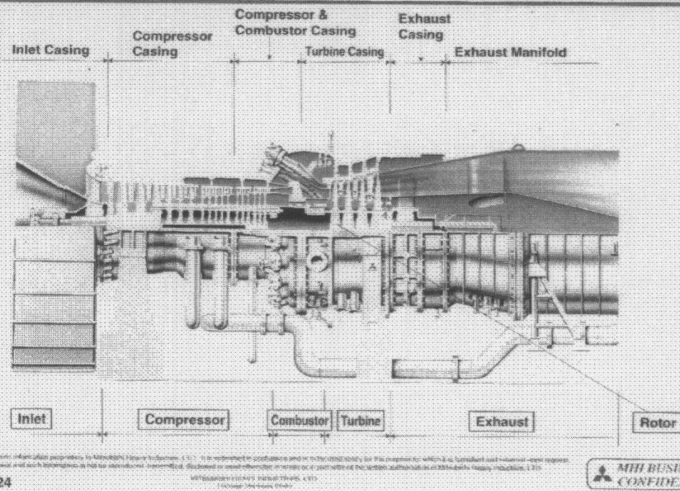
南部複循環第四部機複循環機組係採三菱公司 M501F 型，其由高效率之軸向空壓機 16 級，透平反動式葉片 4 級及 16 組環繞機組之燃燒器組成。
如圖(一)，整個機組可分為如圖(二)



圖(一)

Fundamental Structure of Gas Turbine

15
MITSUBISHI
HEAVY INDUSTRIES, LTD.



圖(二)

- (1).進氣段
- (2).壓縮段
- (3).燃燒室
- (4).排氣段

氣輪機之效率取決於燃氣溫度之高低，燃氣溫度愈高則效率愈高，燃氣溫度欲提高，需考慮葉片之耐熱度及相對因溫度高而產生之氮氣化合物的問題，即所謂的NO_x，三菱公司對葉片耐熱度之提昇，除採耐熱材料(約可耐溫830°C)，再於設計上使其通風，提昇耐熱度至1300°C後，再塗以TBC(Thermal Barrier Coating)使其耐熱度更進一步提昇至1370°C，因此氣渦輪機單循環之效率也由1150°C之28.7%，提昇至1350°C之37%，其間效率之差異不可謂不大，尤其在今日發電成本競爭的市場上，採用高效率之機組實為競爭生存途徑之一。

因燃氣溫度提高而產生之NO_x的問題，其所採的對策係採乾式空氣燃料預混燃器，可降低火焰局部高溫，進而降低氮氣化合物的產生，而且不需噴水或蒸汽以降低火焰溫度。尤其今日全球重視水資源的情況下，更提供其競爭生存的另一武器。而傳統式的燃燒器，則採行燃料空氣擴散混合，由於混合較不均勻，因而易產生局部高溫，需藉噴水或蒸汽來降溫度減少，氮氣化合物的產生，也因此降低燃氣溫度，降低效率，且增加用水量，每一機組每日之耗水量高達300~500立方公尺，不可謂不驚人，尤其於今日普遍缺水的情況下，實為一大致命傷。

乾式預混燃燒器，雖然有上述之優點，但也有缺點，主要為能穩定的燃燒，其需較嚴苛的控制燃料空氣混合比，亦即其調整範圍較小，而且容易產生回火的現象，相對的，傳統擴散式燃燒器，則有較高的燃燒穩定度，亦燃料空氣混合比的可調整範圍較大。

2. 氣渦輪機組之主要系統

2.1 氣機空氣進氣系統:

此系統供給燃燒空氣以利燃燒，並過濾空氣中之雜質及消音功能。

2.2 氣渦輪機之空壓機:

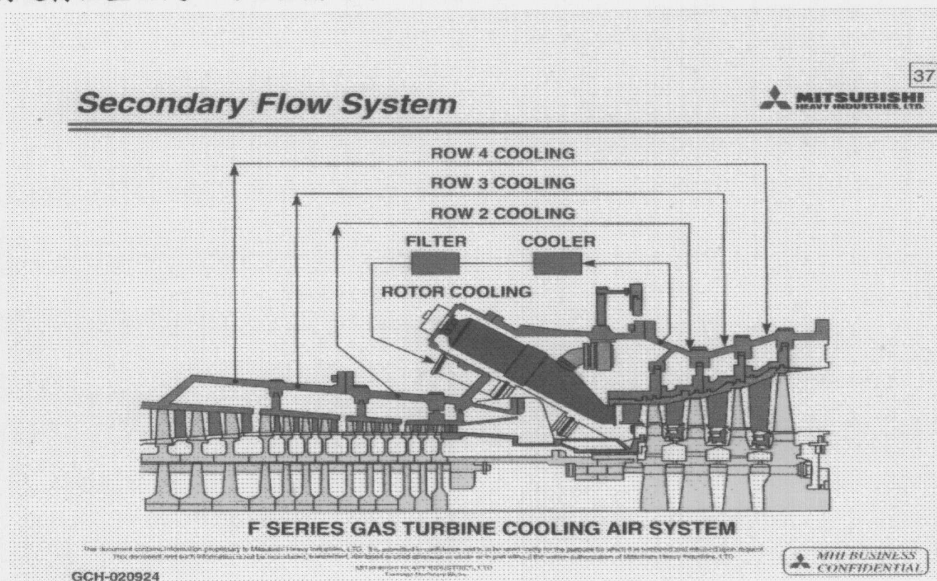
空氣經進口消音器直至 16 級之空壓機壓縮，其壓縮比例為 16:1，其中第 6、10 及 13 級葉片抽氣供起動及冷卻氣機葉片。

2.3 氣渦輪機之燃燒系統:

共有 16 組燃燒筒包含燃燒噴嘴、點火系統及火燄探測器，燃燒筒不必噴水就具有低氮氧化物之優點。

2.4 氣渦輪機之氣機:

由四級葉片組成，第一及第二級動葉片係採獨立無支撐式，而第三及第四動葉片則採整體 Z-tip 覆緣式。另第一級固定葉片係屬鎳基合金精密鑄造，每一葉片可單獨移除，第二及第三固定葉片係屬鎳基合金精密鑄造，每 2~3 瓣組成一組亦可移除。第四級固定葉片係鈷基合金精密鑄造而成。第一級葉輪係由空壓機之抽氣來冷卻，第二葉輪係由空壓機第 13 級抽氣冷卻，第三葉輪係由空壓機第 10 級抽氣冷卻，第四葉輪係由空壓機第 6 級抽氣冷卻，且氣渦輪葉片之設計係考量高溫高壓因素，故必須鑽有冷卻孔，由於孔口相當小且需精密準確控制加工裕度，控制品質及減少工時，故採高周波加工才不致於損害極昂貴的葉片。在日本三菱重工高砂製作所之葉片製造均採用世界轉子，並設有止推軸承來承受向推力，以保持運轉位置及汽缸間之相關間隙。如圖(三)



圖(三)

2.5 氣機排氣系統:

最主要係將氣機之排氣引至廢熱鍋爐，利用高廢熱來加溫鍋爐之除礦水循環使用。

2.6 潤滑油系統:

此系統係供 G/T、GEN、S/T 及慢速迴轉機使用，這與一般複循環機組不同的是，此系統服務含蓋範圍很大，當然包含 2 座 AC 主油 pumps(其中 1 部備用)，它供應軸承潤滑油，當它故障時則由 DC 緊急油 pump 起動直至軸承油溫冷卻下來才可停止。

2.7 控制油系統:

此系統含 G/T 及 S/T 控制用油，系統包含燃氣控制、低壓及高壓蒸汽之關斷閥及調速控制閥、中壓蒸汽之再熱蒸汽關斷閥及中間關斷閥。此系統供油來源係從 AC 主控制油 pump，如遇故障則由另一台輔助控制油 pump 協助。

2.8 氣機燃氣控制系統:

此系統係依據數據 DSDAS 系統、APS 系統按啟動、運轉各階段之狀況不同所需來控制。

2.9 氣機點火系統:

起動時由二座燃燒筒之火星塞來點燃燃料而接連引導到其他燃燒筒。

2.10 控制系統:

含調速及溫度控制系統，包含速度、負載、葉片冷卻、排氣及燃燒限制。溫度控制包含進氣導門及燃燒筒旁通、空壓機出口、控制閥之高壓進氣溫度及氣機葉片溫度控制。另外還有保護系統，包含空壓機進氣溫度、氣機葉片冷卻溫度、氣機排氣溫、軸承座溫度、軸承供油溫度、電子過速跳托、振動偵測及火燄探側器等控制。

3. 氣渦輪機組之運轉

3.1.1 概要

南部複循環第四部機組係為單軸式複循環機組，亦即由一部氣渦輪機，一部汽機共同帶動一部發電機。其啟動時係由靜態變頻系統(SFC Static Frequency Converter)將發電機當馬達運轉帶動氣輪機，氣渦輪機與發電機之軸聯結為固定式，而汽輪機係藉由 SSS(Synchro-Self-Shifting)離合器，與發電機間作耦合或分離，SFC 系統先將氣渦輪機加速至 purge 轉速 800rpm，purging 5 分鐘後，此時轉速降至 720rpm，氣渦輪機之燃燒器開始點火產生動力，此階段氣渦輪機與發電機共同出力，提昇氣渦輪機之轉速直至 2400rpm 時，SFC 切離，發電機停止當馬達運轉，而氣渦輪機之加速全藉由本身之動力加速至 3600rpm 之併聯速度。

3.1.2 啟動模式

啟動模式依汽輪機及進氣金屬溫度，可分為下列四種模式：

1. 熱啟動：於停機後 8 小時內再啟動。
2. 溫啟動：於停機後 8~32 小時間再啟動。
3. 冷啟動：於停機後超過 32 小時後再啟動。
4. 極熱啟動：於跳機後馬上啟動。

3.1.2 停機模式：

1. 正常停機：停機且保溫，此模式需藉由其他輔助蒸氣來保溫。
2. 維修停機：停機後使機組冷卻。

3.2 運轉所需之條件與狀況：

3.2.1 運轉能力

3.2.1.1 負載範圍：100%MCR 最大連續額定(max continuous rating)至 25%MCR。

3.2.1.2 所內用電供電容量足以應負安全停機或再併聯。

3.2.1.3 昇降載率：Max 4.5%/min (於負載超過 50%時)。

3.2.1.4 啟動模式

1. 熱啟動：汽輪機高壓進口金屬溫度超過 420°C。
2. 溫啟動：汽輪機高壓進口金屬溫度於 250°C~420°C 間。
3. 冷啟動：汽輪機高壓進口金屬溫度低於 250°C。

3.2.1.5 最低併聯負載(initial load)及解聯負載(Generator off load)

1. 最低併聯負載(氣渦輪機併聯時)：約額定 5%。
2. 最低併聯負載(汽輪機併聯時)：另加 10~12MW。
3. 解聯負載(Generator off load)：約額定 5%。

3.2.2 啟動蒸氣系統之基本條件

通常機組啟動時需有輔助蒸氣，其條件為：

1. 蒸氣溫度：300°C。
2. 蒸氣壓力：0.509Mpa(g)。
3. 蒸氣量：1.5t/h(max)。

當廢熱鍋爐 HRSG(Heat Recovery Steam Generator)生產之蒸氣條件符合下列條件時，汽輪機高壓段始可進氣。

1. 汽機高壓 SV(Stop Valve)之蒸氣溫度。
蒸氣過熱溫度 $\geq -56^{\circ}\text{C}$

2. 高壓段溫度差異(定義如下：控制閥出口之蒸氣溫度計算值與控制閥出口之金屬溫度差)
溫度差異 $\geq -56^{\circ}\text{C}$

當廢熱鍋爐 HRSG 生產之蒸氣條件符合下列條件時，汽輪機中壓段始可進氣。

1. 汽機中壓 SV(Stop Valve)之蒸氣溫度。
蒸氣過熱溫度 $\geq -56^{\circ}\text{C}$
2. 中壓段溫度差異(定義如下：中壓段之進氣溫度計算值與高壓段 Dummy Ring 之金屬溫度差)
蒸氣差異 $\geq -56^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$

3.3 啟動條件說明：

3.3.1 機組啟動前之準備工作：

1. 於機組啟動前需確認每項電源設施備妥且其他公用水、壓縮空氣、天然氣亦需備妥以供機組啟動及運轉。
 - (1) 天然氣於氣渦輪機進口壓力 3.3MPa(g)
 - (2) 儀用壓縮空氣：0.522~0.69MPa(g)(於壓縮空氣貯存槽)
 - (3) 輔助蒸氣：於進口端 0.517MPa(g)， 185°C 。
2. 下列準備工作亦需手動完成：
 - (1) 用補充水泵將水填充於冷凝器。
 - (2) 用補充水泵將水注於 HRSG。
 - (3) 海水循環系統啟動。
 - (4) 廠用水系統啟動。
3. 於 APS(Automatic Plant Start-up Shut down Control)啟用前需完成下列條件：
 - (1) 所有控制及連鎖系統啟用。
 - (2) HRSG 及發電機在備用狀態。
 - (3) 氣渦輪機、汽輪機及發電機於慢車齒輪運轉 3rpm。
4. 下列狀態將由 APS 建立：
 - (1) 一組冷凝水泵啟動。
 - (2) 冷凝器抽真空至低於 14.7Kpa(abs)。
 - (3) 高壓、中壓及低壓鍋爐飼水泵啟動。

3.3.2 機組啟動

3.3.2.1

在完成 3.3.1 節所述之準備工作後，確認潤滑油系統，氣渦輪機通風系統、控制油系統啟動，且 HRSG 擋風門已打開，然後啟動 Rotor Stating Command 及將高壓、中壓、低壓之 Stop Valve 全開，使機組處於復歸狀態。

3.3.2.2

利用 SFC 將氣渦輪機加速至 800rpm；於此保持 5 分鐘以沖洗(Purge)氣渦輪機之排氣煙道及 HRSG，於此階段汽輪機藉由 SSS 機構與氣渦輪機、發電

機分離，不隨之昇速。

3.3.2.3

於氣渦輪機完成沖洗後，其轉速應為 720rpm，此時開始點火，開始提供氣渦輪機加速之動力與 SFC 共同加速氣渦輪機。

3.3.2.4

氣渦輪機由燃氣控制系統藉由 Fuel Limit Control 依所定程式加速。

3.3.2.5

氣渦輪機昇速至 2400rpm 時，SFC 切離，此後氣渦輪機之加速動力全由氣渦輪機提供。

3.3.2.6

氣渦輪機昇速至 3600rpm 時，開始併聯，而併聯之初始負載為額定之 5%。

3.3.2.7

當併聯後，則以 6.7%/min 之率加載至

1. 冷機啟動：額定負載 15%(37.2MW)
2. 溫機啟動：額定負載 15%(37.2MW)
3. 熱機啟動：額定負載 30%(74.4MW)

於鍋爐達 MCR10~12%前，所有汽渦輪機之旁通閥皆處於壓力控制模式。

3.3.2.8

氣渦輪機將維持於 3.3.2.7 所設定值運轉，直至主蒸氣狀況達汽機之進汽條件，當蒸汽流量達 MCR10~12%時，所有旁通閥開始建立蒸汽壓力使至蒸汽管之蒸氣壓力達設定值，且所有 Drain Valve 皆依 Table 3 表列所設定開關。

Table 3-(1) TAIWAN NANPU C/C No.4 Drain & Vent Valve Operation

DESCRIPTION		CONDITION
STEAM TURBINE	HP Casing Cooling Drain Valve 41MAL03AA701	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)
	HP 1ST Stage Outlet Drain Valve 41MAL03AA703	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)
	HP Steam Inlet Pipe Drain Valve 41MAL02AA703	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)
	HP SV Drain Valve(*) 41MAL01AA701	Open GT Start or ST trip
		Close SSS clutch close
	Cold Reheat System Pipe Drain Valve 41LBC01AA710	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)

(Note) 1. Valves marked with (*) shall not be opened during the HRSG hot banking.
2. The specified preset values in the table are subject to change during the site commissioning periods.

Review

Table 3-(2) TAIWAN NANPU C/C No.4 Drain & Vent Valve Operation

DESCRIPTION		CONDITION
STEAM TURBINE	IP Steam inlet Pipe Drain Valve 41MAL06AA703	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)
	IP SV Drain Valve ^(*) 41MAL04AA701	Open GT Start or ST trip
		Close SSS clutch close
	LP Casing Drain Valve 41MAL03AA702	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)
	LP Steam inlet Pipe Drain Valve 41MAL08AA702	Open ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) < 0.45 MPa(g) (ST load 15%) or ST trip
		Close ICV downstream pressure (41MAL06CP101/102) > 0.55 MPa(g) (ST load 20%)
	LP SV Drain Valve ^(*) 41MAL07AA701	Open GT Start or ST trip
		Close SSS clutch close
	Ventilator valve 41LBC01AA701	Open All CR steam stop valve close or ST tripped or STG main breaker opened or All ICV full HPCV full closed
		Close No open demand is established.

(Note) 1. Valves marked with (*) shall not be opened during the HRSG hot banking.
 2. The specified preset values in the table are subject to change during the site commissioning periods.

Revised
 Δ

Table 3-(3) TAIWAN NANPU C/C No.4 Drain & Vent Valve Operation

DESCRIPTION		CONDITION	
HP STEAM SYSTEM	HP Drum Air Vent Isolation Valve ^(*) 41HAG31AA913	Open	(GT Ignition) and (HP drum pressure \leq 0.2 MPa(g)) or (HRSG in banking) and (HP drum Pressure > 8.6 MPa(g):Off 6.6MPa(g))
		Close	(GT Ignition) and (HP drum pressure > 0.2 MPa(g)) or (GT shut-down)
	HP 2RY SH Inlet HDR Drain Isolation Valve 41HAH32AA901	Open	(20 seconds after GT ignition)
		Close	(GT Ignition) and (HP steam pressure > 3.0 MPa(g)) or (GT shut-down)

- (Note) 1. Valves marked with^(*) shall not be opened during the HRSG hot banking.
2. The specified preset values in the table are subject to change during the site commissioning periods.

Revised
A

Table 3-(4) TAIWAN NANPU C/C No.4 Drain & Vent Valve Operation

DESCRIPTION		CONDITION	
RH STEAM SYSTEM	IP 1RY RH Outlet HDR Drain Root Valve ^(*) 41HAJ01AA900	Open	(GT ignition) and (RH steam pressure $>$ 0.05 MPa(g))
		Close	(GT ignition) and (RH steam pressure > 0.7 MPa(g)) or (GT shut-down)
	IP 2RY RH Inlet HDR Drain Root Valve 41HAJ02AA900	Open	(GT ignition) and (RH steam pressure $>$ 0.05 MPa(g))
		Close	(GT ignition) and (RH steam pressure > 0.7 MPa(g)) or (GT shut-down)

- (Note) 1. Valves marked with^(*) shall not be opened during the HRSG hot banking.
2. The specified preset values in the table are subject to change during the site commissioning periods.

Revised
A

Table 3-(5) TAIWAN NANPU C/C No.4 Drain & Vent Valve Operation

DESCRIPTION		CONDITION	
LP STEAM SYSTEM	LP Drum Air Vent Root Valve ^(*) 41HAG11AA905	Open	(GT ignition) and (LP drum pressure \leq 0.1MPa(g)) or (HRSG in banking) and (LP drum pressure $>$ 0.8 MPa(g) :Off 0.7 MPa(g))
		Close	(GT ignition) and (LP drum pressure $>$ 0.1MPa(g)) or (GT shut-down)
	LP SH Inlet Drain Root Valve ^(*) 41HAG11AA906	Open	(20 seconds after GT ignition)
		Close	(GT ignition) and (LP steam pressure $>$ 0.15MPa(g)) or (GT shut-down)
IP STEAM SYSTEM	IP Drum Air Vent Root Valve ^(*) 41HAG21AA905	Open	(GT ignition) and (IP drum pressure \leq 0.2MPa(g)) or (HRSG in banking) and (IP drum pressure $>$ 2.1 MPa(g) :Off 1.6 MPa(g))
		Close	(GT ignition) and (IP drum pressure $>$ 0.2MPa(g)) or (GT shut-down)
	IP SH Inlet Drain Root Valve 41HAG21AA907	Open	(20 seconds after GT ignition)
		Close	(GT ignition) and (IP steam pressure $>$ 0.15MPa(g)) or (GT shut-down)

(Note) 1. Valves marked with^(*) shall not be opened during the HRSG hot banking.
 2. The specified preset values in the table are subject to change during the site commissioning periods.

Revised
 1

3.3.2.9

當至蒸汽壓力建立後，所有旁通閥之控制模式由壓力模式改為最低壓力模式，於啟動階段時，軸封蒸汽由輔助蒸氣系統提供，當低壓蒸氣建立時，則改由 Cold Reheat Pipe Line 之抽氣系統提供。

3.3.2.10

當 HRSG 所供蒸氣條件達汽機進汽條件時，依所訂程式將開啟高壓蒸汽控制閥、中壓蒸汽控制閥及低壓蒸汽控制制閥，如於冷機啟動時，將在同步負載（亦即額定負載 15%）運轉 60 分鐘。

3.3.2.11

當高壓蒸汽控制閥、中壓蒸汽控制閥及低壓蒸汽控制閥打開時，所有高壓、中壓、低壓之旁通閥開始關閉以維持最低壓力控制，當所有旁通閥全關時，此時之控制模式再由最低壓力控制模式變為背壓控制模式。於此同時，當所有的蒸汽控制閥全開時，亦轉為開度凸輪控制曲線模式”CV cam characteristic curve”。

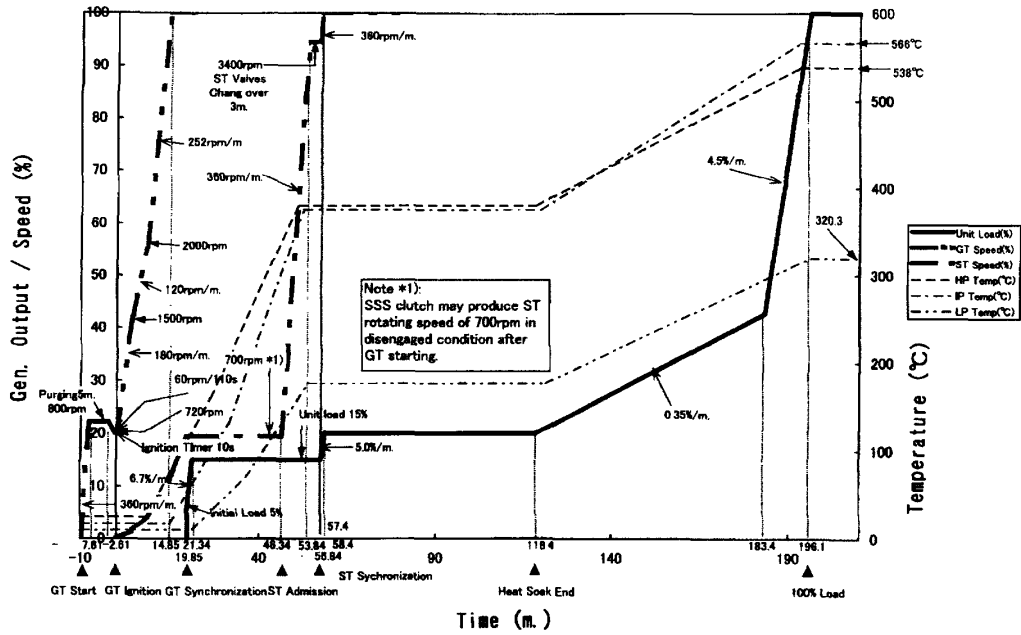
3.3.2.12

於此同時，機組負載將增加至某一特定值，此係因複循環機組啟動階段時，HRSG 蒸汽生產因底層循環原因，致有一落後的時間因素。

3.3.2.13

請參閱下列運轉曲線表

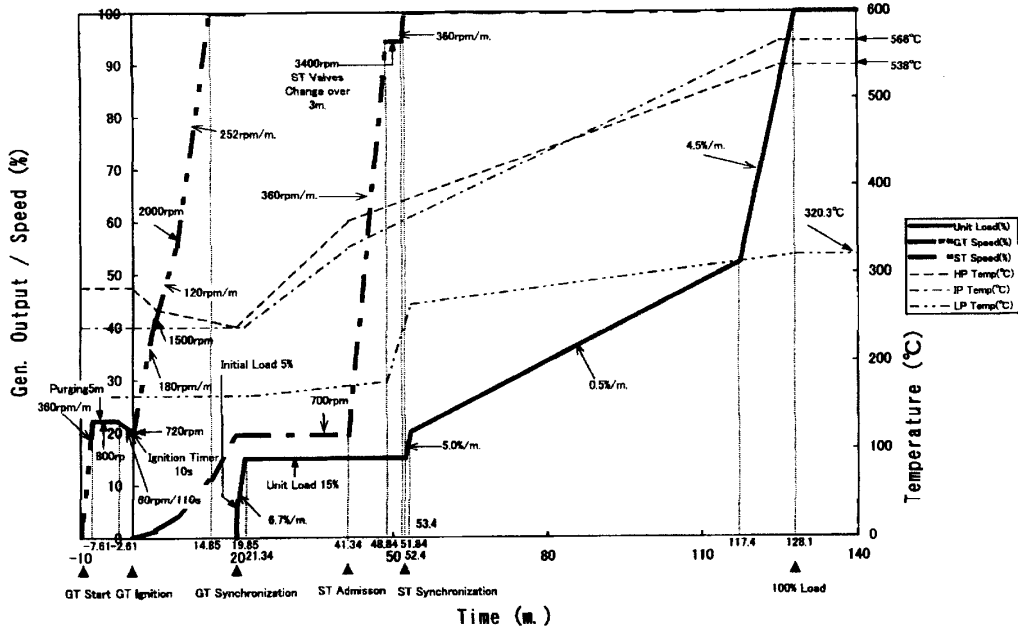
COLD START Fig. 1



NANPU POWER STATION COMBINED CYCLE No.4
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

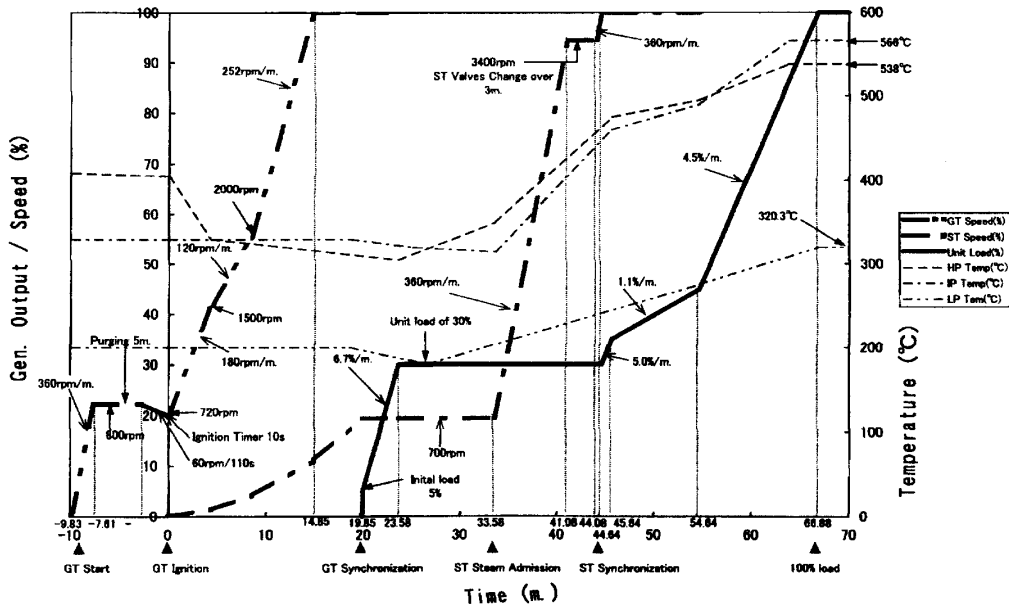
Reviewed
A

WARM START Fig. 2



NANPU POWER STATION COMBINED CYCLE No.4
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

HOT START Fig. 3



NANPU POWER STATION COMBINED CYCLE No.4
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

3.4 停機說明：

3.4.1 準備停機

在停機前需確認輔助蒸汽已備妥，以備停機後提供汽機所需之軸封蒸汽。

3.4.2 正常停機且 HRSG 保溫

正常停機提供一正常停機模式使汽機於 DSS(Daily Shut down Start)、WSS(Weekend Shut down Start)能保持較高的轉子溫度，為了可於短時間內，由 HRSG 取得合條件之蒸汽，高壓、中壓、低壓之蒸汽壓力、溫度，亦以保溫模式使其保持愈高愈好。

3.4.2.1 於負載以 5%/min 之降載率降至 50%前

在所有蒸汽控制閥仍於"CV cam characteristic curve control"模式，同時所有之旁通閥仍於背壓控制模式"Back up Pressure control Mode"。

3.4.2.2

當負載降至額定 50%時，低壓控制閥將以 50%/min 之關斷率降至全關，所有的控制閥含高壓、中壓旁通閥，除低控制閥外，仍維持在背壓控制模式。

3.4.2.3

當低壓控制閥開始關閉後，低壓旁通閥隨即由背壓控制模式改變為最低壓力控制模式。

3.4.2.4

當低壓控制閥全關後，高壓、中壓之控制閥亦依程式所訂開始關閉。

3.4.2.5

當高壓、中壓控制閥開始關斷時，高壓、中壓汽機旁通閥亦取代背壓控制模式，開始控制高壓中壓蒸汽壓力於所設定值，同時所有之洩放閥亦依 TABLE 3 之設定值動作。

3.4.2.6

當高壓、中壓控制閥全關時，汽機轉速開始低於 3600rpm，SSS 離合器自動使汽機與發電機、氣渦輪機分離，且機組以 4.4%/min 降載率降至降至額定負載 5%時隨即解聯。

3.4.2.7

當解聯後氣渦輪機繼續無載運轉 5 分鐘，以冷卻氣渦輪機。

3.4.2.8

關閉供應至氣渦輪機之燃料，氣渦輪機停機。

3.4.2.9

當氣渦輪機轉速下降時，其高壓、中壓之通氣閥將全開。

3.4.2.10

大約 30 分鐘後，氣渦輪機之轉速低於 300rpm 時，關閉 HRSG 排氣端之保護擋板。

3.4.3 維修型之停機

維修型停機模式使汽機及 HRSG 能迅速冷卻，以便作定期檢查或修復。

3.4.3.1

機組以 5%/min 之降載率，所有控制閥以背壓控制模式降至額定負載 50%，同時所有旁通閥亦於背壓控制模式。

3.4.3.2

當負載降至額定 50%時，低壓控制閥以 50%/min 之關斷率，關至微開，除了低壓控制閥外，所有控制閥及高壓、中壓旁通閥仍處於背壓控制模式。

3.4.3.3

當低壓控制閥開始關閉時，低壓旁通閥之控制模式由背壓控制模式改為最低壓力控制模式。

3.4.3.4

當低壓控制閥關至微開時，高壓、中壓控制閥亦開始依程式所訂，關至微開位置。

3.4.3.5

當高壓、中壓控制閥開始關閉時，高壓、中壓旁通閥亦由背壓控制模式改為最低壓力控制模式控制蒸汽壓力，同時汽機、HRSG 之相關洩放閥通氣閥亦依 Table 3 所列設定值動作。

3.4.3.6

當高壓、中壓控制閥關至微開位置時，此時以 4.4%/min 之降載率降至額定負載 10%，以抽取汽機及 HRSG 之殘餘蒸汽進而降低溫度。

3.4.3.7

當完成上述冷卻運轉時，高壓、中壓控制閥全關，而且同時發電機解聯。

3.4.3.8

當發電機解聯後，氣渦輪機繼續無載運轉 5 分鐘，以冷卻氣渦輪機。

3.4.3.9

關閉送至氣渦輪機之燃料，氣渦輪機停機。

3.4.3.10

當氣渦輪機轉速下降時，其高壓、中壓之通氣閥將全開，而同時低壓蒸汽控制閥亦全關。

3.4.3.11

大約 30 分鐘後，氣渦輪機之轉速低於 300rpm 時，關閉 HRSG 排氣端之保護檔板。

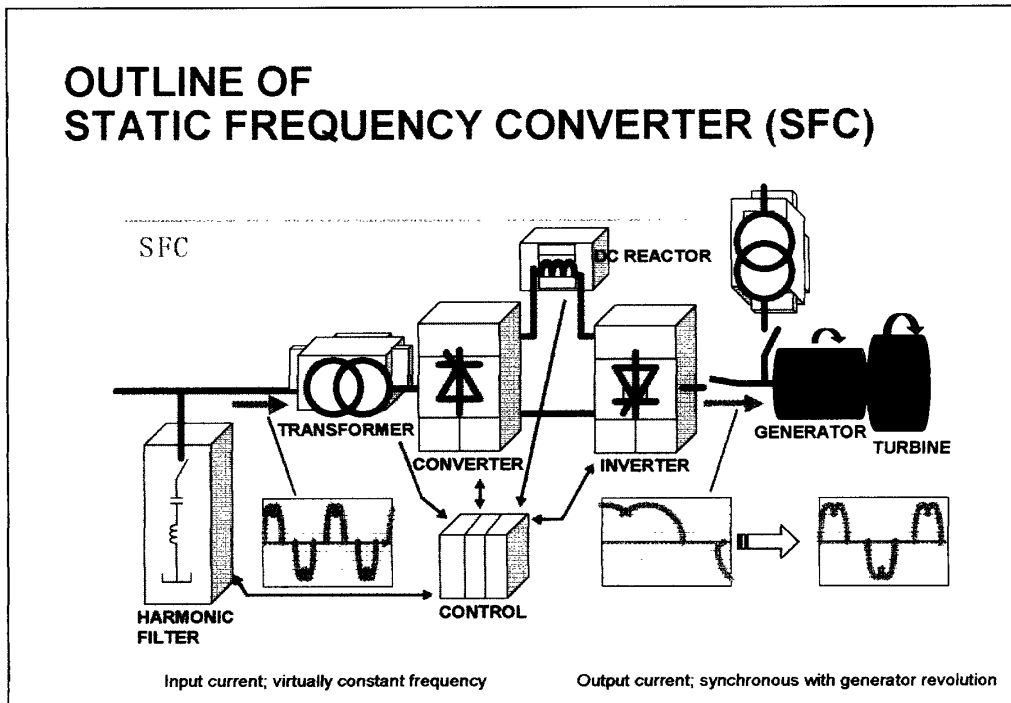
附註：如於外部電力系統故障時，機組運轉將改為所內用電運轉模式，此時，HRSG 所生產之蒸汽條件達不到汽機之所需，故汽輪機將停機，僅由氣渦輪機單獨運轉供電。

4、靜態變頻器系統

4.1 概述

4.1.1 三菱靜態頻率轉換器(SFC)之描述

靜態頻率轉換器系統之作用為加速氣渦輪機及氣渦輪發電機轉子達到其能自我維持其轉速，並能在此速度下產生足夠之能量繼續加速。其過程大致為當氣渦輪機接收起動命令，起動前須先確認 G.C.B 發電機之併聯斷路器自高壓系統隔離，氣渦輪發電機經 4 仟伏特或緊急柴油發電機供給之輔助 BUS 之電源，經由 SFC 系統轉換為一可變動之電壓及頻率之電能，此電能供給至定子線圈並由勵磁系統供應直流電源至轉子，使發電機於起動過程中作為同步馬達運轉，待氣渦輪機點火成功轉速達到 2400RPM 始停止 SFC 之運轉。



4.1.2. SFC 系統簡圖

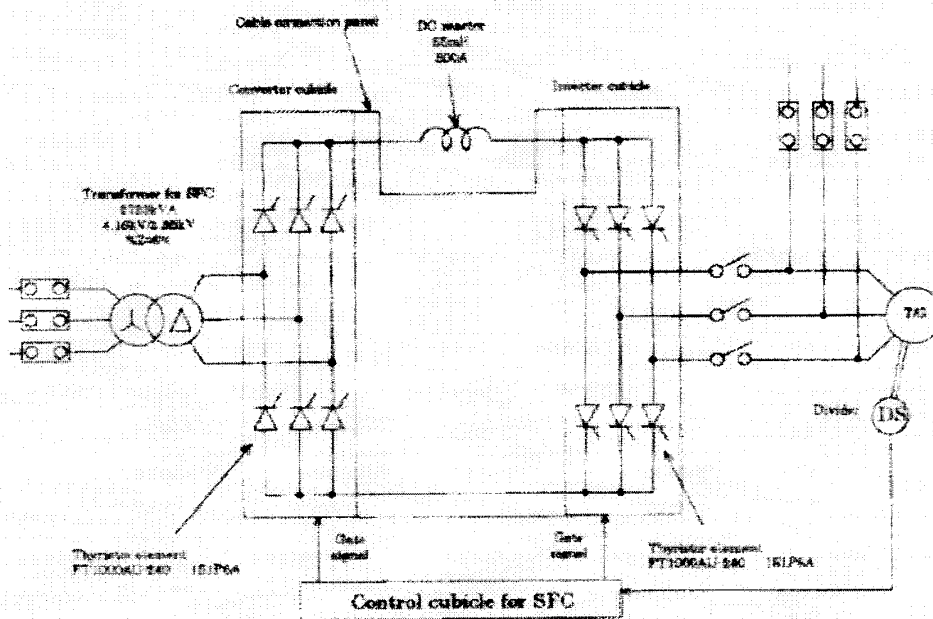


Fig1-1 SFC系統簡圖

4.1.3 電路架構

SFC 由一起動變壓器、一直流電抗器、一轉換器及一變頻器所組成如圖 1 所示。轉換器由一三相六脈衝橋式連接電路所組成，其作用為將來自四千伏特系統之高壓電源轉換為一可變直流電壓源，而變頻器亦為一三相六脈衝橋式連接電路其作用為將轉換器轉換產生之可變直流電壓源反相轉換為三相交流可變電壓大小及可變頻率大小之電能，此可變之電能供給至發電機使發電機能轉動升速至所需之轉速。

4.2 SFC 額定資料如下：

容量：2000KVA

輸入電壓：三相，4.16KV，60Hz

直流電壓：4KVDC

直流電流：500ADC

輸出電壓：三相，3.2KV，0.05~40Hz

冷卻方式：迫冷空氣冷卻

環境溫度：5~40℃

額定負荷時間：100% 60 分鐘

元件配置：轉換器 FT1000AU-240 1S1P6A

變頻器 FT1000AU-240 1S1P6A

應用標準：IEC-60146

4.3 設備組成

轉換器開關箱	一組
變頻器開關箱	一組
電纜連接面板	一組
SFC 控制箱	一組
起動變壓器	一組
直流電抗器	一組
諧波濾除器	一組

4.3.1 轉換器箱：

由六只開流體元件組成，內含六組控制電路，突波吸收器及觸發放大器以觸發開流體。

轉換器相關資料如下： 交流輸入電壓：3.85KV

輸入頻率：60Hz

直流輸出功率：2000KW

直流輸出電壓：4KV

直流輸出電流：500A

時間額定：100% 60 分鐘

冷卻方式：迫冷空氣冷卻

環境溫度：5~40°C

4.3.2 變頻器箱：

由六只開流體元件組成，內含六組控制電路，突波吸收器及觸發放大器以觸發開流體。

4.3.3 SFC 之控制箱：

由觸發轉換器及變頻器之開流體元件、控制起停之程序裝置及保護系統所組成。

SFC 之控制箱相關資料如下：

輸入電源	三相 480V 60Hz(風扇用)	14KVA
	DC 125V	3KW
	單相 120V 60Hz	4KVA
冷卻方式	自然空氣冷卻	
環境溫度	5~40°C	

4.3.4 起動變壓器：其設計做為供給 SFC 電源，為室內用乾式型態。

相關資料如下：

額定容量	2723KVA	% Z	8%
相數	三相	冷卻方式	藉風扇帶動空氣迫冷
頻率	60Hz	額定時間	100% ， 60 分鐘
一次側電壓	4.16KV	型式	乾式屋內用
二次側電壓	3.85KV	環境溫度	0~40°C
繞線	Y/□		

4.3.5 直流電抗器：為乾式型態，冷卻方式為藉風扇帶動空氣迫冷(AF)。

相關資料如下：

額定電抗	55Mh	額定時間	100% ， 60 分鐘
電路電壓	4KVDC	型式	乾式屋內用
額定電流	500ADC	環境溫度	0~40°C
冷卻方式	藉風扇帶動空氣迫冷 AF		

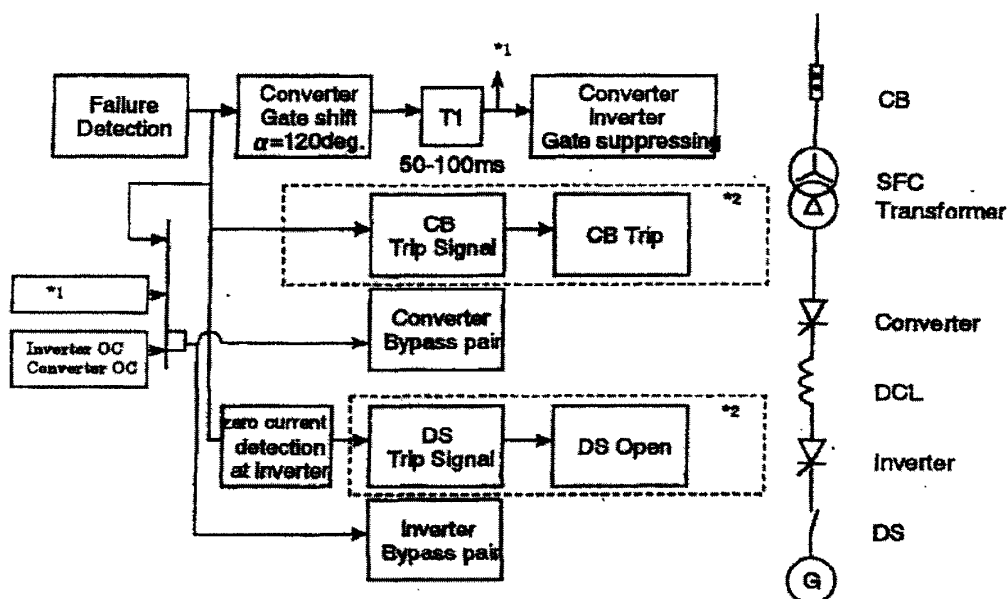
4.3.6 諧波濾除器：由電容器，電抗器、熔絲、電路斷路器及輔助設備所組成，用以濾除 SFC 產生之諧波電流，其冷卻方式為迫冷空氣冷卻。

相關資料如下：

額定電	4.16KV 60Hz	時間額定	100% 60 分鐘
諧波級數	5 th	型態	室內
容量	500KVar	環境溫度	5~40°C
		冷卻方式	迫冷空氣冷卻(FA)

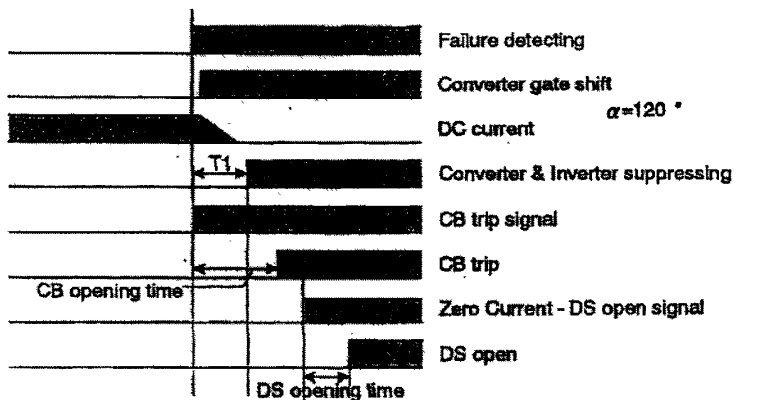
SFC 轉換器及變頻器之保護

保護：萬一 SFC 系統發生主要故障此保護裝置會使 SFC 停止運轉以保護 SFC 設備，其方式如下圖。



保護作用圖註記：*2 表 SFC 未控制 CB 及 DS 關閉，而由 DCS 控制。

SFC 保護時序圖



5、發電機主斷路器系統

5.1 通論

於1997年三菱公司在日本首度對大型電廠發表氣體絕緣之發電機主斷路器，氣體絕緣開關設備技術之快速發展，使得高效率及大容量之設備上市並供應到許多電廠。

混合型的GMCB之發展是應市場上縮小化的要求，它和現有設備比較縮小很多。混合型GMCB根據下列概念去設計：

- 斷路器、隔離開關、接地開關皆組合於金屬箱內。
- 提供MELCO斷路器之最新技術，可以有效率縮小空氣斷路器之消弧室。
- 使用聯動的操作可以使控制及操作機構集中在一起。
- 直接連接到IPB以減少安裝空間。
- 利用迷你磁場結構以減少電磁場洩漏及使用少量SF6、少量絕緣材料這些皆可以減少環保衝擊。

另外，混合型GMCB是利用下列需求概念將其設計成流線型並減少安裝空間。

- 改善運輸及安裝之處理。
- 改善操作及維修。
- 以有限空間可以伸縮安排設備。

如同以上所見，混合型GMCB設計是根據三菱公司長時間對可信賴度及有效空間利用之研發，相信是符合顧客之需要的。

5.2 額定值

表1為混合型GMCB之額定值。

表1 Ratings

Rated maximum voltage (kV)		16.8
Rated continuous current (A, at 32°C)		11,300
Rated short-circuit current (kA)		100, 1sec
Power frequency withstand voltage (kV)		60 ⁽¹⁾ /70 ⁽²⁾
Rated full-wave impulse withstand voltage (kV)		125 ⁽¹⁾ /145 ⁽²⁾
Rated frequency (Hz)		60
Rated control voltage (DC, A)		125
Gas Insulated Circuit Breaker (GCB)	Rated short-circuit current (kA)	100
	Rated opening time (ms)	25
	Rated interrupting time (ms)	60
	Rated closing time (ms)	100
	Operating mechanism	Hydraulic (Gang operation)
	Rated operating oil pressure(Mpa)	31.5
	Rated SF ₆ gs pressure(Mpa, at 20°C)	0.50
	Rated voltage for motor of pump (AC, V)	460
	Weight of SF ₆ gs	17
Disconnecting Switch (ES)	Operating mechanism	Electric (Gang operatinn)
	Rated operation voltage (AC, V)	460
Earthing Switch (ES)	Operating mechanism	Manual (Gang operation)
Starting Disconnecting Switch (SDS)	Rated continuous current (A)	2000 (continuous)
	Short duration current (A)	4000 (20minutes)
	Rated maximum voltage (kV)	7.2
	Power frequency withstand voltage	28 ⁽³⁾ /60 ⁽⁴⁾
	Impulse withstand voltage	60 ⁽³⁾ /125 ⁽⁴⁾
	Operating mechanism	Electric (Gang operation)
	Rated operation voltage (DC, V)	125

(1) to ground and across the CB contact gap

(2) across isolating gap

(3) in position "C" and "0" to earth

(4) across isolating gap

5.3 特性

三菱公司已經發展出可以大量減少安裝空間之含有CB、DS、ES之合理發電機斷路器系統，也就是混合型GMCB有下列特色。

1. 高可信賴度

因為主接點絕緣材質及導體皆封裝於SF6空氣中，可以使混合型GMCB長時間使用而故障少，而且三菱公司有自己一套液壓操作機構以確保GMCB操作之可信度。

2. 優越的電流遮斷功能

Puffer型式之消弧室是利用先進解析技術的雙流系統，這種解析是利用模擬SF6流量及新材料之電弧以確保在任何電流值都可以有優良的遮斷功能。

3. 操作簡單

所有控制設備及操作機構皆集中於GMCB之前側，這可以使操作更簡單，GMCB之安裝確保發電機啟動及解聯時不需去現場做開閉動作，這使操作上更容易。

4. 維修

在GMCB四週及頂端及位於GMCB前側之集中式操作機構及監視設備都有檢視窗以提高維修可靠度。

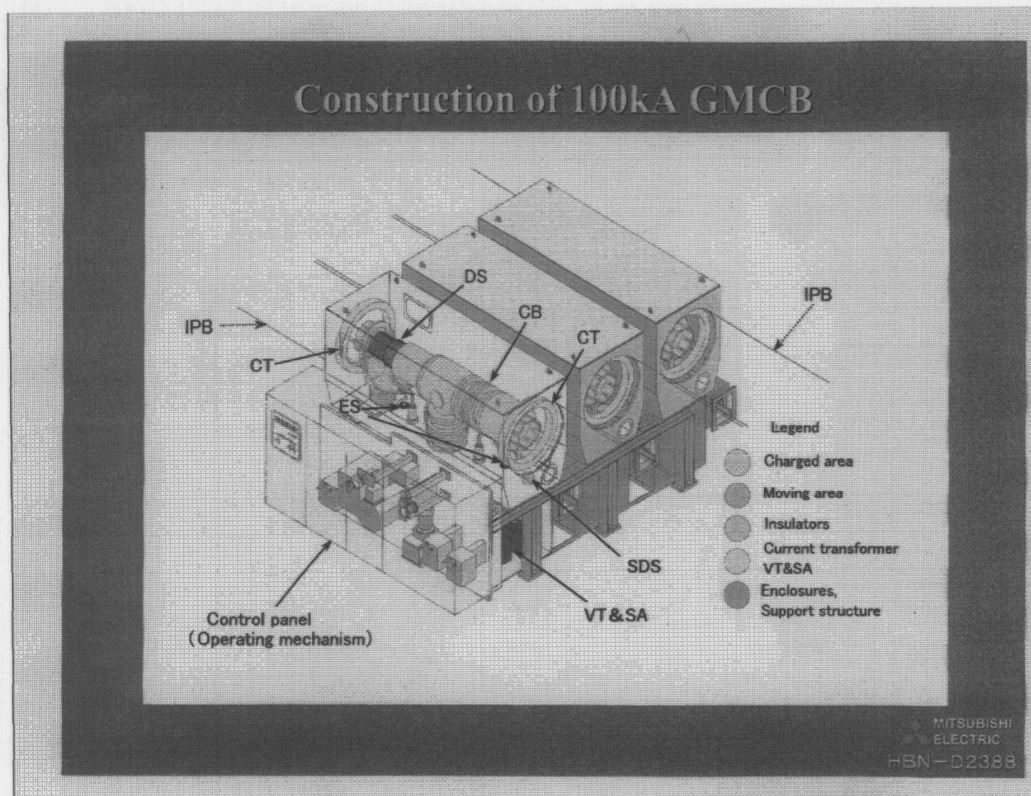
5. 迷你型磁場結構

GMCB採用迷你型磁場結構，它設計成帶有感應覆蓋電流抵抗IPB導體電流方向，這種結構可以使磁場外洩達到最少。

5.4 結構

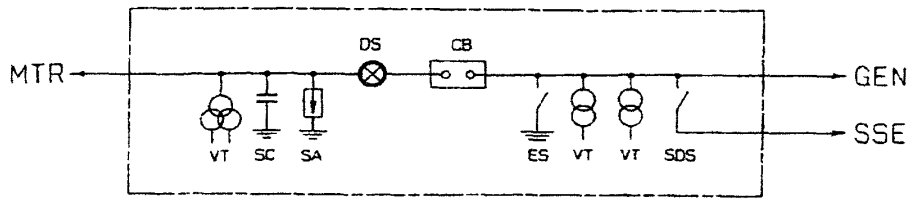
5.4.1 設備

下圖為GMCB之外觀圖及內部結構



5.4.2 控制及操作和內部結構

控制及操作箱內部包含控制設備及操作結構如圖2，控制設備含GCB，DS，ES，SDS之控制，圖3顯示操作及控制設備及配件排列。操作設備包含可以同時操作GCB，DS，SDS及ES。



Single wiring diagram

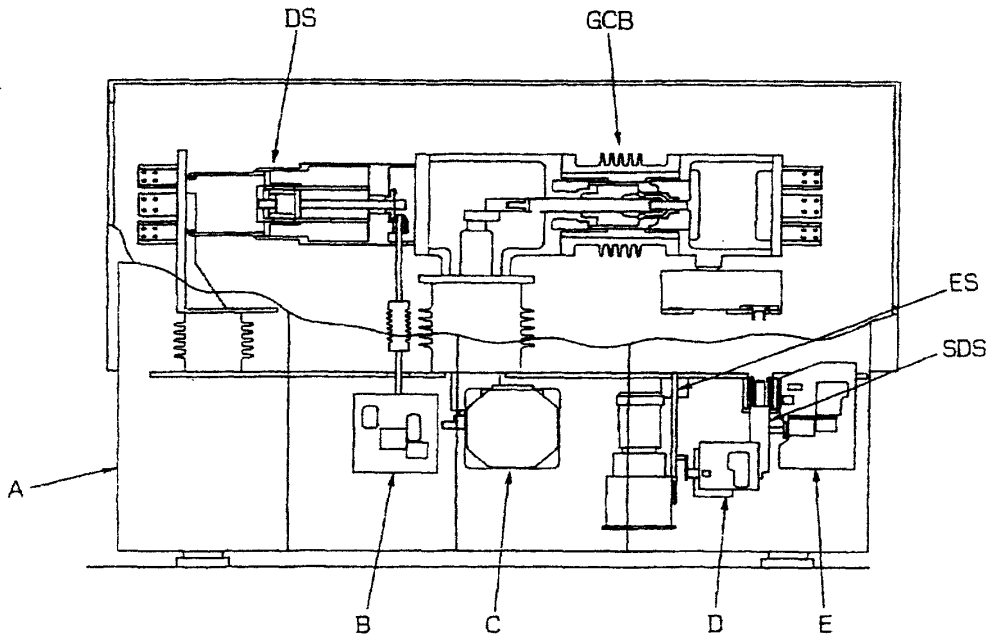


Fig.2 Inner construction

Legend to Fig.2

- A Control-Operation mechanism
- B DS operating mechanism
- C GCB Hydraulic operating mechanism
- D ES operating mechanism
- E SDS operating mechanism

三、 出國期間所遭遇之困難與特殊事項

本次奉派赴日本三菱公司接受有關南部複循環四號機組裝機訓練，甫自關西機場下機後，自大阪→神戶→高砂，約壹佰多公里，沿線皆為工業區，而且很難看出所謂之大阪港、神戶港之所在，處處皆有碼頭，每一沿岸之工廠有其專用碼頭，由此可略窺日本工業基礎之雄厚及其競爭之本錢，然此規模並非可一蹴而成。所謂「羅馬非一日可造成」，自日本 18 世紀開港以來，吸收外來知識，經 200 年來之苦心經營，方有今日之規模，而且於今日之世界市場有其相當之占有率，方足以維持其繼續經營、發展。由此深思，如本國欲要有此規模之工業基礎及相關設施，少說亦需 100 年。且於此間是否有足夠的市場以維持相關公司之生存，頗值得深思。敝人以為發展國家工業應以現有的工業(如電子業、資訊業)為基礎，再橫向擴展，如利用電子業、資訊業再擴展向控制器，再向電力電子元件，以母雞帶小雞的方式，慢慢成長，慢慢茁壯，以圖生存、發展，或新興工業(如生化科技)大家有一公平的起跑點，藉大家的共同努力，以求在這競爭的世界材中能謀一生存之道。否則如盲目發展，無市場的支持，實很難生存，徒然浪費時間、金錢。

四、 對本公司的具體建議

1. 由於今日設備日益電子化，每項中、大型設備皆有所屬單獨之程式控制器，而且各個程式控制器之作業系統、存取設備或各有所異、形成某種程度的專業化，非一般施工試運轉人員可以應付，也因而需要較傳統數量較多之技術顧問。而目前本公司所訂顧問之費用標準，雖然合理，但於全球不景氣中，廠家是否亦藉此消化人力壓力之嫌。其間分際，有時很難判別。為避免此困擾，建議於日後合約規範中，將技術顧問人員費用部份，明訂由設備廠家於合約價內提供，本公司不再另行付費。
2. 設備所屬程式控制器之作業系統、專屬存取設備(非一般 PC 所能應付者)，請於合約內規定需與設備同付，以免日後需多次交涉且修改工作受制於人。
3. 南四機設備採購合約有關配電器材皆由廠商提供，由於含蓋範圍很細，不易一次備齊，且數量亦較難掌控，建議如接線端子、導線管配件、絕緣膠帶等零星器材由本處發工程包時提供，以免因類似零星器材、消耗性材料不足而延誤工程。