

出國報告（出國類別：國外承攬）

執行關島 CABRAS 電廠  
Mark V 控制系統更改及設定工作

服務機關：台灣電力公司台中發電廠

姓名職稱：王明山 課長

派赴國家：美國 關島

出國期間：104/06/09~104/06/17

報告日期：104/07/10



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：執行關島 CABRAS 電廠 Mark V 控制系統更改及設定工作

頁數 8 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司電力修護處/萬新陽/02-27853199-140

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

王明山/台中發電廠/儀資二組四課/課長/04-26302123-3740

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：104/06/09~104/06/17 出國地區：美國關島

報告日期：104/07/10

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

關島 Carbras#1 電廠因颱風造成主變壓器損壞，暫以 2 台 30MVA 變壓器並聯代替 80MVA 主變壓器，並將供電 BUS 由 115KV 改接為 34.5KV，以往並無類似相關經驗，為確保機組自動併聯能順利達成及處理 Mark V 控制系統異常警報，台灣機電工程服務社依維修合約要求修護處派遣 Mark V 控制系統人員，協助 Mark V 控制系統併聯相關參數調整及線路查核。

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

## 目的：

關島 Carbras#1 電廠因颱風造成主變壓器損壞，暫以 2 台 30MVA 變壓器並聯代替 80MVA 主變壓器，並將供電 BUS 由 115KV 改接為 34.5KV，以往並無類似相關經驗，為確保機組自動併聯能順利達成及處理 Mark V 控制系統異常警報，台灣機電工程服務社依維修合約要求修護處派遣 Mark V 控制系統人員，協助 Mark V 控制系統併聯相關參數調整及線路查核。

## 工作內容:

### 一、Mark V 自動併聯參數及線路查核

Mark V 自動併聯係利用發電機及系統 BUS 的其中 1 相電壓，經 PT 轉為 115 Vac 信號連接至 Mark V <P> core 的 PTBA 端子板，再經由內部隔離變壓器將 115 Vac 轉為 5 Vac，提供<P> core TCEA 卡片及 <R>, <S>, and <T> core 做為自動併聯控制信號。PT 二次側電壓依照 IOMA Card Definition 參數設定(如下圖)轉換為%值，提供程式邏輯運算，轉換後信號名稱

IOMA Card Definition - Socket 13 - Screen 4/4		
Miscellaneous Definitions		
Bus PT secondary volts at rated (100%) primary volts (60 to 140 V)		110.0
Generator PT sec volts at rated (100%) primary volts (60 to 140 V)		115.0
Nominal Bus Frequency	(44 to 64):	60
Sync Minimum Voltage	(10 to 128%):	50.0
Amplitude Diff Limit	(0 to 50%):	10.0
Phase Diff Limit	(0 to 30 deg):	10.0
Frequency Diff Limit	(0 to 0.33 hz):	0.30

為 DV 及 SVL，自動併聯控制流程圖如附圖一、二。當操作人員選擇 AutoSync.或 Monitor Mode 後，Mark V 控制程式自動調整汽機轉速及發電機電壓，當滿足下列條件:

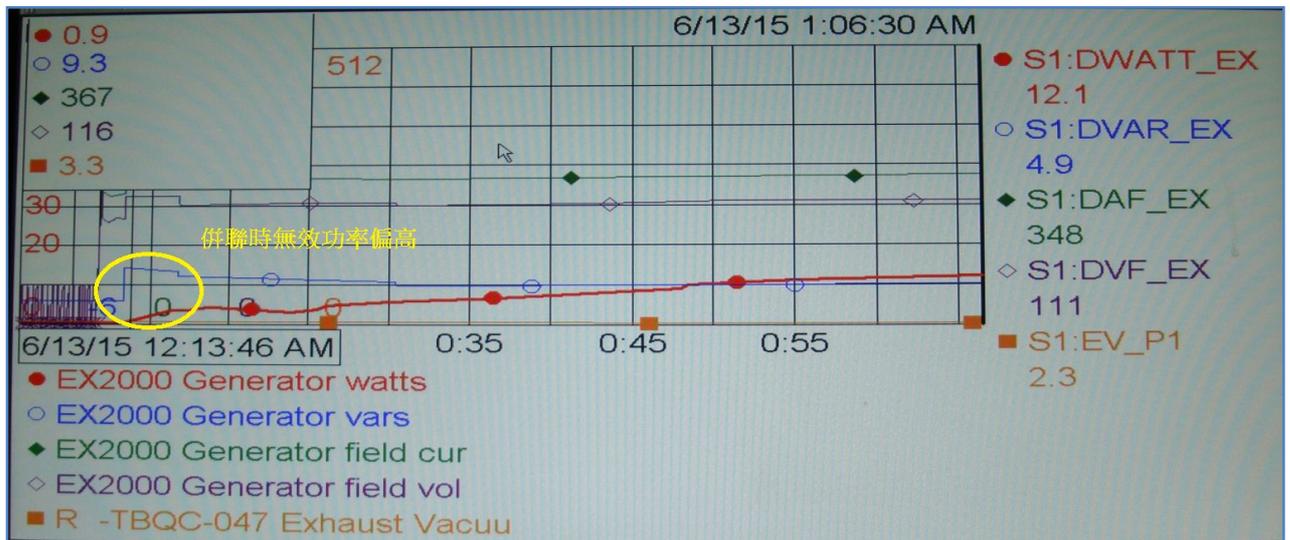
1. Generator synch frequency 59 ~ 61 Hz (GSKDF\_HI ,GSKDF\_LO)
2. System synch frequency 59 ~ 61 Hz (GSKSF\_HI ,GSKSF\_LO)
3. Generator synch voltage 92.75 ~107.25 % (GSKDV\_HI ,GSKDV\_LO)
4. System synch voltage 92.75 ~107.25 % (GSKSV\_HI ,GSKSV\_LO)
5. Generator synch voltage error 0 ~ 2.0 % (GSKDVE\_HI , GSKDVE\_LO )
6. System synch frequency error 0.00 ~0.25 Hz (GSKSFE\_HI , GSKSFE\_LO)

25P (Synchronize permissive or complete sequence from <R>、<S>、and <T>)、25X (Sync check from <R>, <S>, and <T>)、25(Automatic synchronization signal from <X>, <Y>, <Z> TCEA cards in <P>)3 只 Relay 皆動作時，立即投入併聯開關，前述每個 Relay 接點都是 Mark V 卡片內部

Relay 接點 3 選 2 的結果。Mark V 系統亦利用併聯開關 52G 常開接點(normally open contact)，計算併聯開關投入時間，用來做為併聯異常診斷警報及併聯開關投入時間預測。

目前 Carbras#1 電廠 Mark V IOMA Card Definition 參數設定發電機及 BUS 額定電壓分別為 115Vac 及 110Vac，現場 PT 二次側電壓分別為 120Vac 及 115Vac，發電機 PT 中間經過 120/115.8 變壓器降壓連接至 Mark V，BUS PT 二次側電壓 115Vac 與參數設定 110Vac 顯然不同，依電氣人員說明 BUS PT 更換主變壓器前為 115KV/115Vac，中間無其它變壓器升降壓，更換主變壓器後 BUS PT 為 34.5KV/115Vac，由於 PT 二次側電壓未改變且主變壓器更換前併聯過程未發現異狀，因此暫維持 BUS Rated PT 二次側電壓參數為 110Vac。

機組併聯前量測 Mark V <P> Core 端子板上的發電機及 BUS 電壓，分別為 112~113Vac 及 115~117Vac，依照 IOMA Card Definition 參數設定，Mark V 發電機及 BUS 電壓%值應顯示為 97.3%~98.3%及 104.5%~106.4，因 Mark V 控制卡片本身及 PT 量測轉換誤差，造成 Mark V 讀值與實際電壓有顯著差異。當機組進行自動併聯時 Mark V 調整發電機電壓大於 BUS 電壓 0~2%之間(Generator synch voltage error 自動併聯條件之一)，由於前述 Mark V 讀值誤差存在，當 BUS 電壓讀值偏高時，須調升更高發電機電壓來符合 Voltage Error 併聯條件，導致併聯時實際發電機電壓高於 BUS 電壓，未符合設計值 0~2%之間，因此無效功率(VAR)亦較平常運轉時高 (如下圖)。



併聯後圖控畫面顯示發電機電壓%值小於 BUS 電壓%值，併聯後理當兩者電壓%值應相等，從發電機無效功率為正值判斷，Mark V 發電機電壓%值較實際值低，或 Mark V BUS 電壓%值較實際值高，目前電壓誤差並未造成自動併聯顯著影響，僅導致無效功率較大，將來誤差若持續變大，可能無法符合自動併聯條件。由於發電機無效功率與電壓有密切關係，無效功率的問題亦常引發電壓問題，進而導致有效功率受到影響。要降低自動併聯發電機電壓過高問題，首先須確認發電機及 BUS 額定電壓對應 PT 二次側電壓是否正確，利用大修時機於 Mark V <P> Core 端子板輸入對應之 PT 二次側電壓，調整 Mark V IOMA Card Definition

參數設定使 Mark V 發電機及 BUS 顯示值為 100%。

## 二、MSV Control Valve 校調測試

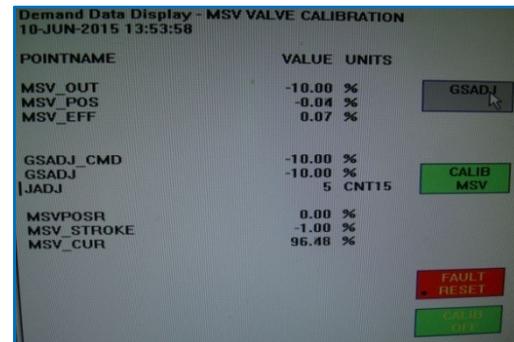
要求值班人員確認現場無人員工作，啟動主汽機液壓油泵，FORCE Mark V 信號 L4 為 Logic “1”，汽機控制閥液壓油建立及確保校調過程汽機不會跳脫。FORCE Mark V 信號 CAL\_DUMMY 為 Logic “1” 及 L3MSV\_ENA 為 Logic “0”，強制啟用校正功能，查看 IO.ASG 檔案(如下圖)MSV Servo 為 Q\_Q\_SVO2，對照 LVDT Excitation an Feedback Signal on QTBA/TBQC 表格，<R>, <S>, and <T> core LVDT 分別為 LVD03 / LVD04 / LVD15，利用 MSV

```

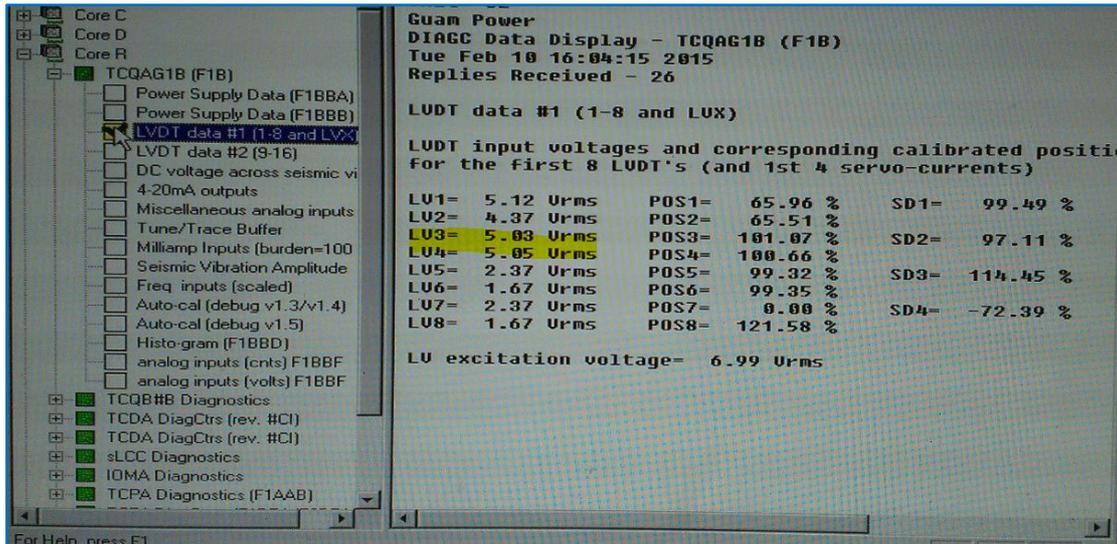
;Servo Outputs - on all units (inputs below are an example you must configure for YOUR job)
Q_Q_SVO1    VI_OUT      PCT    : TCQA_REF_1 VI Inlet control valve servo      [SV-211]
Q_Q_SVO2    MSV_OUT     PCT    : TCQA_REF_2 MSV Control valve servo          [SV-210]
Q_Q_SVO3    RIV_OUT     PCT    : TCQA_REF_3 RIV Control Valve serov          [SV-1203A]
Q_Q_SVO4    RIVQ_OUT    PCT    : TCQA_REF_4 RIV Quick contol Valve servo      [SV-1203B]
Q_Q_SVO5    Q_Q_SVO5    PCT    : TCQA_REF_5 Servo Output #5
Q_Q_SVO6    Q_Q_SVO6    PCT    : TCQA_REF_6 Servo Output #6
Q_Q_SVO7    Q_Q_SVO7    PCT    : TCQA_REF_7 Servo Output #7
Q_Q_SVO8    Q_Q_SVO8    PCT    : TCQA_REF_8 Servo Output #8
    
```

DEVICE TB DESIGNATION	SIGNAL TBQC		EXCITATION QTBA		JF PIN	ASSOCIATED SERVO OUTPUT
	POSnnH	POSnnL	LVDnnE	LVDnnL		
LVD01	1,2		<R> 1,2		1,2	SV01
LVD02	3,4		<S> 1,2		3,4	SV01
LVD16	31,32		<T> 1,2		31,32	SV01
LVD03	5,6		<R> 3,4		5,6	SV02
LVD04	7,8		<S> 3,4		7,8	SV02
LVD15	29,30		<T> 3,4		29,30	SV02
LVD05	9,10		<R> 5,6		9,10	SV03
LVD06	11,12		<S> 5,6		11,12	SV03
LVD14	27,28		<T> 5,6		27,28	SV03
LVD07	13,14		<R> 7,8		13,14	SV04
LVD08	15,16		<S> 7,8		15,16	SV04
LVD13	25,26		<T> 7,8		25,26	SV04
LVD09	17,18		<R> 9,10		17,18	SV05
LVD10	19,20		<S> 9,10		19,20	SV05
LVD12	23,24		<T> 9,10		23,24	SV05
LVD11	21,22		<R> 11,12		21,22	SV06

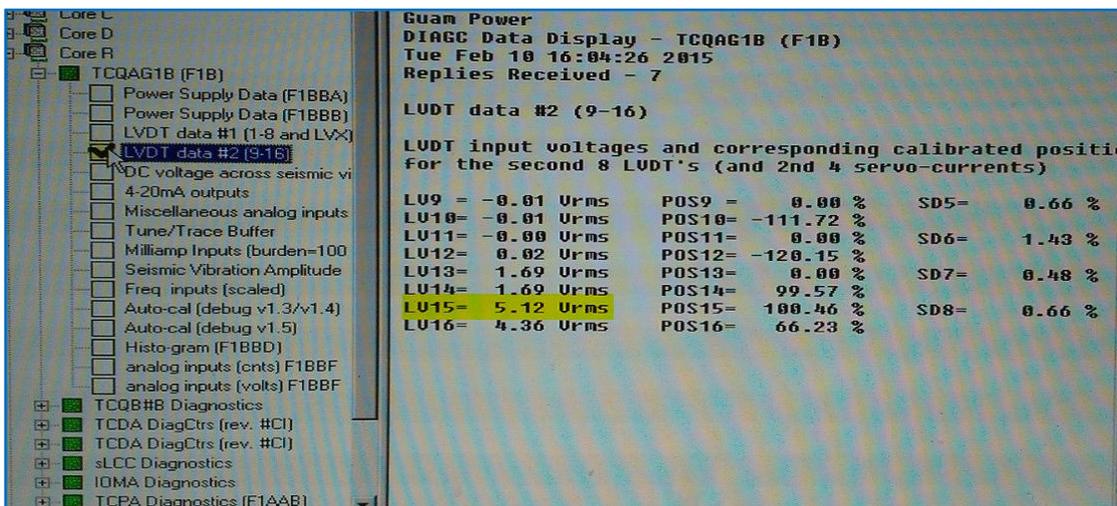
控制閥校正畫面(如下圖)輸入開度-25%、0%、50%、100%、110%，發現位置回授(MSV\_POS)始終維持大於 Command 1.0~1.5%的誤差，懷疑是否 LVDT 校正不正確，需重新驗證校調數



值。



開啟 Diagnostic Counters Display 畫面(如下圖),強制 MSV 開度為-25%及 110%,紀錄<R>、<S>、<T> core LV3 / LV4 / LV15 電壓值,使用文字編輯器開啟 IOCFG\_AC.R、IOCFG\_AC.R、



IOCFG\_AC.R 檔案核對校正值,將紀錄之-25%及 110%開度電壓值,比對檔案內 LVDT OFS 及 MAX 數值(如下圖),發現檔案內 OFS 及 MAX 數值與紀錄之電壓值相當接近,確認 LVDT 校調正確。

```

;MAIN STOP VALVE - MSV LVDT_1 (POS3) and LVDT_2 (POS4)
#SCREEN PARMS <0> TCOA Regulator_2
  LVDT_1_OFS      1.414
  LVDT_1_MAX      4.95
  LVDT_2_OFS      1.375
  LVDT_2_MAX      4.87
#END

```

```

;MAIN STOP VALVE LVDT_1 (POS15), V1 LVDT_2 (POS16)
#SCREEN PARMS <0> TCOA Regulator_8
  LVDT_1_OFS      1.340
  LVDT_1_MAX      4.800
  LVDT_2_OFS      1.350
  LVDT_2_MAX      5.660
#END

```

為何 LVDT 校調正確，控制閥位置回授(MSV\_POS)與 Command 仍有 1%以上的固定偏差，分析可能原因為 Servo Valve Null Position 偏差大，為維持 Servo Valve 於平衡位置，需藉由位置回授與 Command 固定誤差以克服 Null Position 偏差，MSV 伺服閥參數設定(如下圖)，參數 Current Bias 主要用來克服伺服閥內部 fail-safe 彈簧，當該參數太小時，位置回授始終小於 Command 且維持固定偏差，目前的情況係位置回授大於 Command，因此無法藉由調整 Current Bias 來修正，MSV 控制閥 LVDT 回授誤差並不立即影響控制，但也預警 Servo Valve 特性已改變，需待大修時更換伺服閥測試。

```

TCQA Card Definition - Socket 1 - Screen 5/21

Regulator Definition for Servo Output 2

Function type & sub-type:          49
Valid types <00, 2D, 2E, 40, 41, 43, 49, 51, 52, 53, 64, 65, 66>
Suicide enable :- Current Fault:  NO      LVDT/R fault: YES
Suicide position limits (%)::     Low:   -5.0      High: 105.0

Current Gain: (0 to 200% rated_cur./%pos.)      20.0
Current Bias: (0 to 100% rated [10,20,40])      3.0
Note: For type 2D&2E: Position Bias (3.84 %) = 1.28 x Current Bias
Zero Stroke   (0 to 6.667 Vrms) :- LVDT 1: 1.414   LVDT 2: 1.375
100% Stroke   (0 to 6.667 Vrms) :- LVDT 1: 4.95    LVDT 2: 4.87

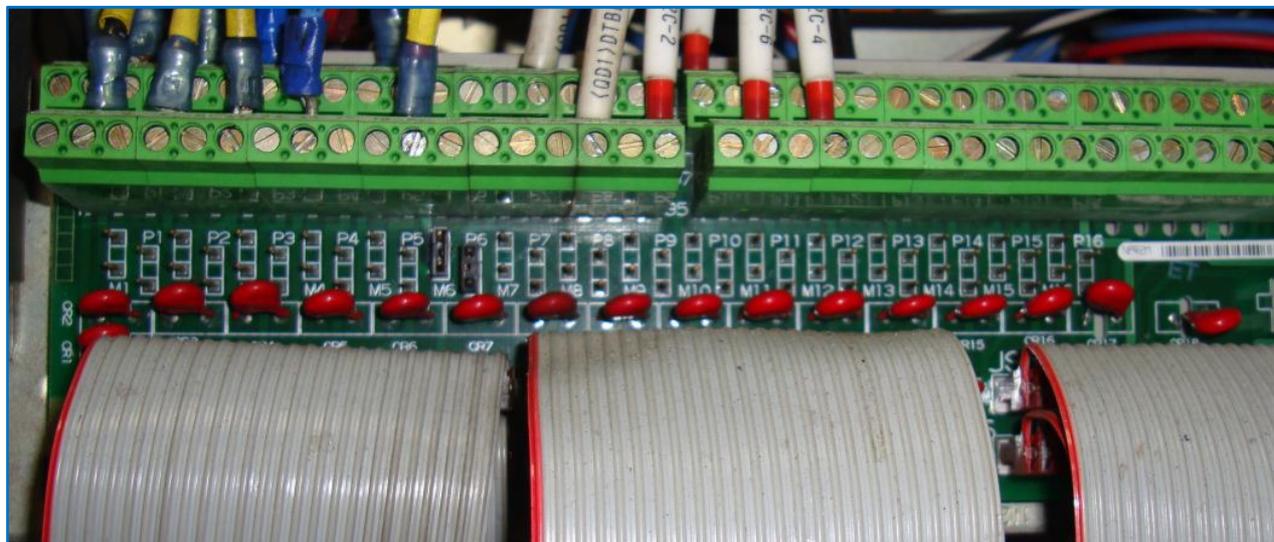
<6> Pos limits      (-128% to 128%) :- Low: 0.0      High: 0.0
<6> Integrator convergence gain (0 to 1 %/%) : 0.0
<6,2> Position reference Gain (0 to 32 %/%) : 0.0
<6,2> Position ref time constant (0 to 8 Sec) : 0.0
Note: for type 5 & 6, enter fuel flow data on Pulse Rate screen.

```

### 三、RRSV (Right Reheat Stop Valve)測試

停機期間發現 RRSV 在液壓油未建立情況下仍顯示 OPEN 狀態，確認控制閥閥桿卡住，經機械人員強制關閉後，重新啟動液壓油泵測試 RRSV 功能，利用 FORCE Mark V 信號 L20RRSVT 為 Logic “1”，強制測試電磁閥動作，發現 Mark V 卡片內部 Relay 有動作的聲音，但接線端子無 AC120 輸出，懷疑端子至內部 Relay 排線故障(如下圖)。由於停機時發現 RRSV 卡住，表示該控制閥很長時間未動作，值班人員表示該控制閥曾因閥桿測試

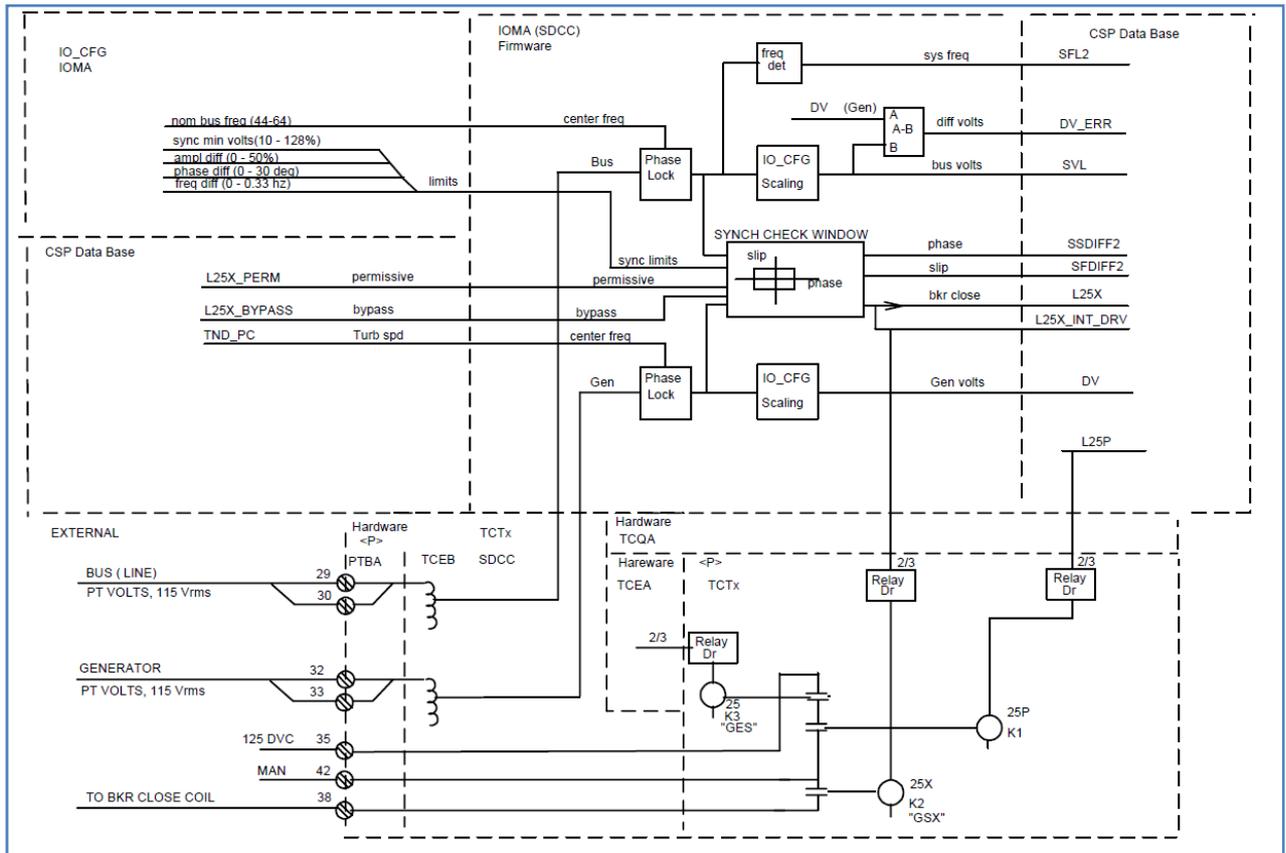
導致跳機，因此已停止閘桿測試多年，考量更換排線不易且值班人員不再執行閘桿測試，待大修時另行處理。



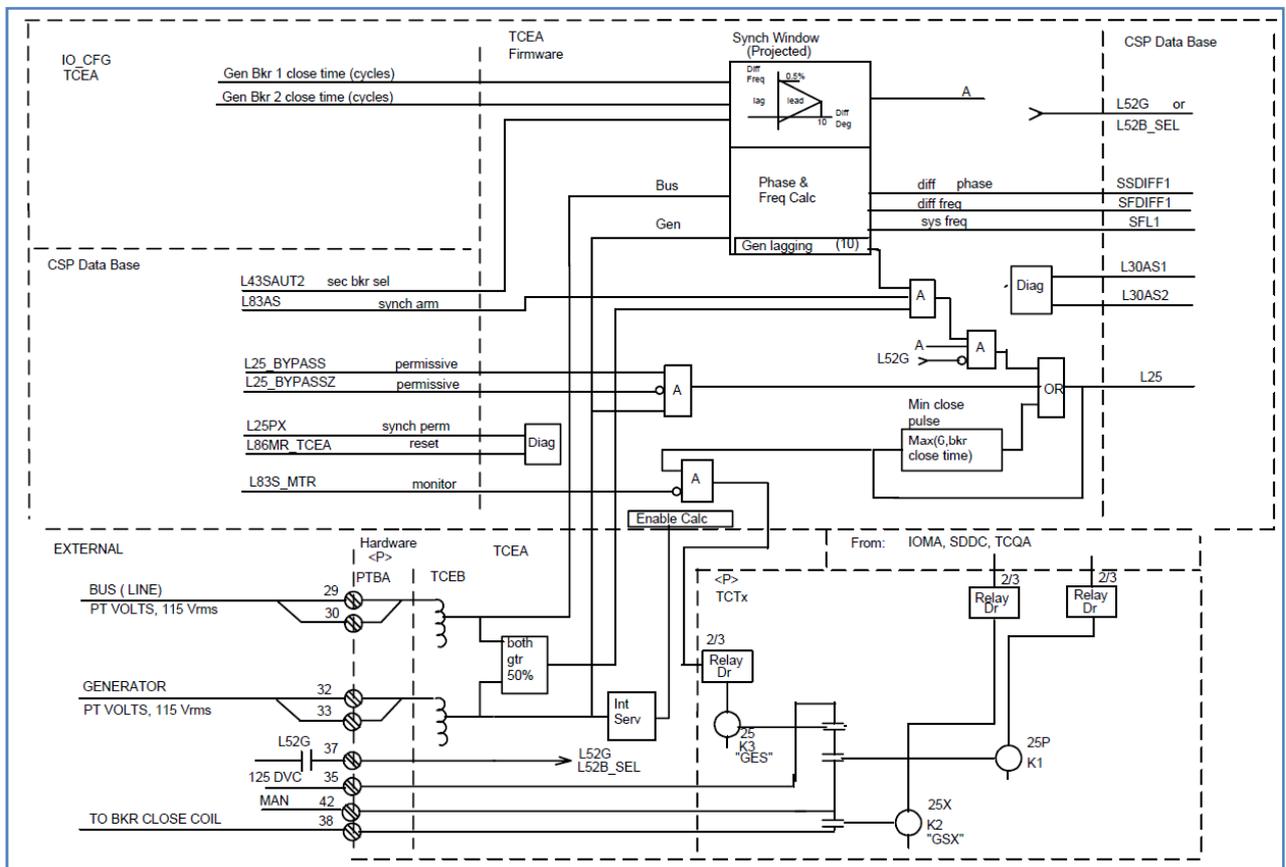
#### 心得及建議:

感謝台機社及值班人員密切配合，讓工作能順利完成，本次協助檢修及測試過程獲得不少寶貴經驗，由於機組老舊，部分原始手繪圖面與現場不相符，須逐一查核信號確認，增加維修困難，由於機組啟動時程緊迫及維修人力缺乏，部分問題無法立即解決。很幸運地，機組如期順利併聯發電，並且藉由問題追查分析過程，對於機組控制系統及設備有了更深一層的認識，在下次停機或大修時可提前準備材料及擬訂改善維修對策。目前 Carbras#1 電廠內的 GE EX2000 發電機 AVR 設備是儀控或電氣人員最弱的一項，維修相關資料及經驗相當缺乏，萬一遇上故障很可能須耗費相當時間修復，該部份仍待台機社及台電人員多費心鑽研以擬訂維修策略。

附圖一 Mark V <R>、<S>、<T> core 自動併聯控制流程



附圖二： Mark V <P > core 自動併聯控制流程



圖表資料來源: GE GEH-6195D SPEEDTRONIC Mark V Turbine Control Application Manual

出國人員: 王明山