

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：廠內用電運轉(House Load Operation)實習報告

頁數_45_ 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：

鄒明君/大潭發電廠/運轉值 A 班/儀電值班主任/03-4733777 轉 5110

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：101/10/07 至 101/10/13

出國地區：日本

報告日期：101/11/30

分類號/目

關鍵詞：廠內用電運轉(House Load Operation)、全黑(Blackout)。

內容摘要：(二百至三百字)

廠內用電運轉 (House Load Operation) 的目的是當系統全黑(Blackout)或有突發性的故障而導致機組電力無法輸出或機組之出力大幅振盪時，自動將發電機組與系統隔離，進入廠內用電運轉，而發電機組經由機組本身的輔助變壓器，提供輔機運轉必要的運轉電源，讓發電機組維持在最低負載下運轉，而不必停機或跳機。在系統復電過程中，依調度需求，隨時併入系統，提供重要負載及其他發電機組起動之電力，可做為全黑起動機組之備援，縮短系統復電時間、提高發電機組運轉可靠度及運轉安全，對於系統重建有極大的功能。本次研習之目的即針對機組廠內用電運轉特性、效益及設計原理能更熟悉明瞭，進而提昇本廠營運績效及縮短系統故障之復電時間，提昇運轉相關人員之運轉技術及運轉安全。

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

報告書目次

	頁次
一、出國研習目的	3
二、出國研習過程	4
三、研習心得及內容	5
(一) 大潭電廠電力系統簡介	5
(二) 廠內用電運轉介紹	6
1. House Load 運轉之目的與功能	9
2. 本廠複循環機組運轉特性	9
3. House Load 發生條件、運轉控制及回復程序	10
4. House Load 運轉測試結果	26
5. 調度實測	34
(三) 廠內用電運轉併回系統及線路加壓程序	34
(四) 廠內用電運轉之應用	40
(五) 廠內用電運轉持續時間預估	41
四、結論	42
五、研習心得及建議	44

一、出國研習目的

1. 目標：本次研習之目的即針對廠內用電運轉赴建廠承商日本三菱公司，研習原廠先進廠內用電運轉功能、設計原理及測試實績與本廠既有的差異比較，並作為改善參考。
2. 緣起：本次計畫係為使本廠運轉相關人員對廠內用電運轉特性及效益有更進一步之了解。本廠採用三菱公司設計之複循環機組，廠內用電運轉係指電力系統有突發性的故障而導致機組電力無法輸出或機組出力受外因影響，自動將發電機組開關場側之斷路器(52H)啓斷與系統隔離，發電機組維持在低負載運轉，提供廠內輔機運轉必要電源，不會因系統異常而跳機或停機。
3. 實施要領：赴本廠機組設計製造商日本三菱重工業株式會社研習廠內用電運轉特性及設計理念。研習原廠先進廠內用電運轉功能、設計原理及測試實績與本廠既有的差異比較，並作為改善參考。
4. 要求成果：對於機組廠內用電運轉特性、效益及設計原理能更熟悉明瞭，進而提昇本廠營運績效及縮短系統故障之復電時間。提昇運轉相關人員之運轉技術及運轉安全。

二、出國研習過程

1. 101 年 10 月 07 日：由桃園中正機場搭機赴日本成田機場，再轉車至橫濱。
2. 101 年 10 月 08 日至 101 年 10 月 12 日：於橫濱三菱重工發電部門總部，實習廠內用電運轉功能、設計原理及測試等技術，並改善運轉安全進行討論。
3. 101 年 10 月 13 日：由橫濱轉車至日本成田機場返回桃園中正機場。

三、研習心得及內容

(一) 大潭電廠電力系統簡介

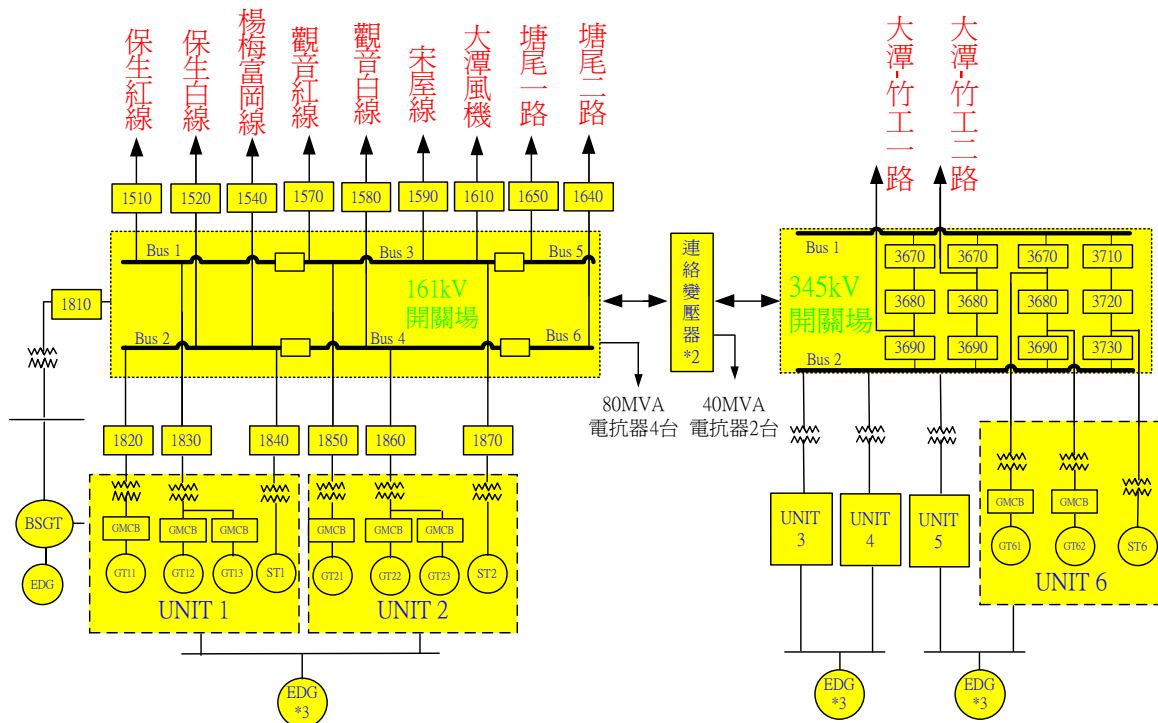


圖 1 大潭發電廠簡化單線圖

大潭發電廠共有 6 部複循環機組，1~2 號機組為三對一複循環機組，三台氣渦輪機(GT:Gas Turbine)加一台汽輪機(ST:Steam Turbine)所組成，每部機組裝置容量為 742.7MW($GT \times 3 + ST = 153.5MW \times 3 + 282.2MW$)，3~6 號機組為二對一複循環機組，二台氣渦輪機加一台汽輪機所組成，每部機組裝置容量 724.7MW($GT \times 2 + ST = 233.9MW \times 2 + 256.9MW$)，機組裝置容量合計 4384.2MW。1~2 號機是經由主變壓器升壓至 161kV 與開關場及電力系統連接；3~6 號機則是經由主變壓器升壓至 345kV 與開關場及電力系統連接。161kV 開關場架構為「雙匯流排一個斷路器」型式，而 345kV 開關場的架構則為「雙匯流排一個半斷路器」形式，161kV 開關場有 4 台 80MVAR 電抗器，兩開關場之間由 2 台 500MVA 連絡變壓器連接，而連絡變壓器的第三繞組各連接一台 40MVAR 的電抗器(如圖 1，大潭發電廠簡化單線圖)。

(二) 廠內用電運轉 (House Load Operation) 介紹

台灣地區為一獨立之電力系統，長期以來南電中電北送，成為系統穩定運轉的隱憂，大潭發電廠成立後，大幅改善了北部供電缺口，提高供電品質。本公司水力機組大部分位於中部地區，因此中部地區全黑起動能力（含大甲溪電廠、濁水溪系電廠、通霄及台中電廠氣渦輪機組）無虞，而石門水庫是北部地區主要全黑起動機組，近年來水庫淤積嚴重，其可靠度已大不如前。為提升北部地區全黑起動能力，大潭發電廠加入廠內用電運轉 (House Load Operation)。

廠內用電運轉的目的是當系統全黑或有突發性的故障而導致機組電力無法輸出或機組之出力大幅振盪時，自動將發電機組與系統隔離，進入廠內用電運轉，而發電機組經由機組本身的輔助變壓器，提供輔機運轉必要的運轉電源，讓發電機組維持在最低負載下運轉，而不必跳機或停機。在系統復電過程中，依調度需求，隨時併入系統，提供重要負載及其他發電機組起動之電力，可做為全黑起動機組之備援，加速系統復電、提高發電機組運轉可靠度及運轉安全，對於系統重建有極大的功能。

以大潭發電廠 1 號機為例(如圖 2)，GT 發電機所發出的電經由主變壓器 (MTR)升壓至 161kV，再由 GCB 斷路器與開關場連接，將電力送至系統，圖中 GMCB(Generator Main Circuit Breaker)為發電機主斷路器，是 GT 發電機之併聯開關，亦稱為 52G，GT1-1 所產生之電力除經由 GT1-1 輔助變壓器(UAT-GT11)降壓至 4.16kV 提供廠內用電電源外，主要是由 GT1-1 主變壓器(MTR-GT11)升壓至 161kV，再由開關場側之斷路器 CB 1820(此斷路器亦稱為 GT1-1 之 52H)連接至 161kV 開關場#2 匯流排，當 GT1-1 沒有發電時(如檢修、停機、待機或跳機等)，GT1-1 GMCB 在啓斷位置，此時廠內電源由 161kV 開關場#2 匯流排經由 CB 1820、GT1-1 主變壓器至 GT1-1 輔助變壓器供給。對於 GT1-2 與 GT1-3 則共用一 台 3 繞組 主變壓器 (MTR-GT12) 及一 台 3 繞組輔助變壓器 (UAT-GT12)，其相對應開關場側之斷路器為 CB 1830(此斷路器亦稱為 GT1-2

或 GT1-3 之 52H)。而廠內輔機用電共有 8 條 4.16kV 匯流排及 12 台真空斷路器(VCB)。

圖 3 為三號機之電氣單線圖，與圖 2 類似，惟開關場之電壓等級、匯流排架構及廠內輔機用電架構不同，另 GT3-1 與 GT3-2 有各自主變壓器及輔助變壓器。GT3-1 開關場側之斷路器有 2 個，分別為 CB 3510 與 CB 3520，亦即是 GT3-1 之 52H-1 與 52H-2；GT3-2 開關場側之斷路器有 2 個，分別為 CB 3530 與 CB 3520，亦即是 GT3-2 之 52H-1 與 52H-2。

ST 發電機所發出的電經由主變壓器(MTR)升壓至 161kV 或 345kV，再由 GCB 斷路器與開關場連接，將電力送至系統，ST 只有主變壓器，並無輔助變壓器，ST 輔機設備的電源是來自 GT 輔助變壓器，亦即機組設備用電都來自 GT 輔助變壓器，故廠內用電運轉之觸發信號應僅針對 GT 而已，在 52H 啓斷後，GT 發電機將持續供電至 GT 輔助變壓器給廠內設備使用。

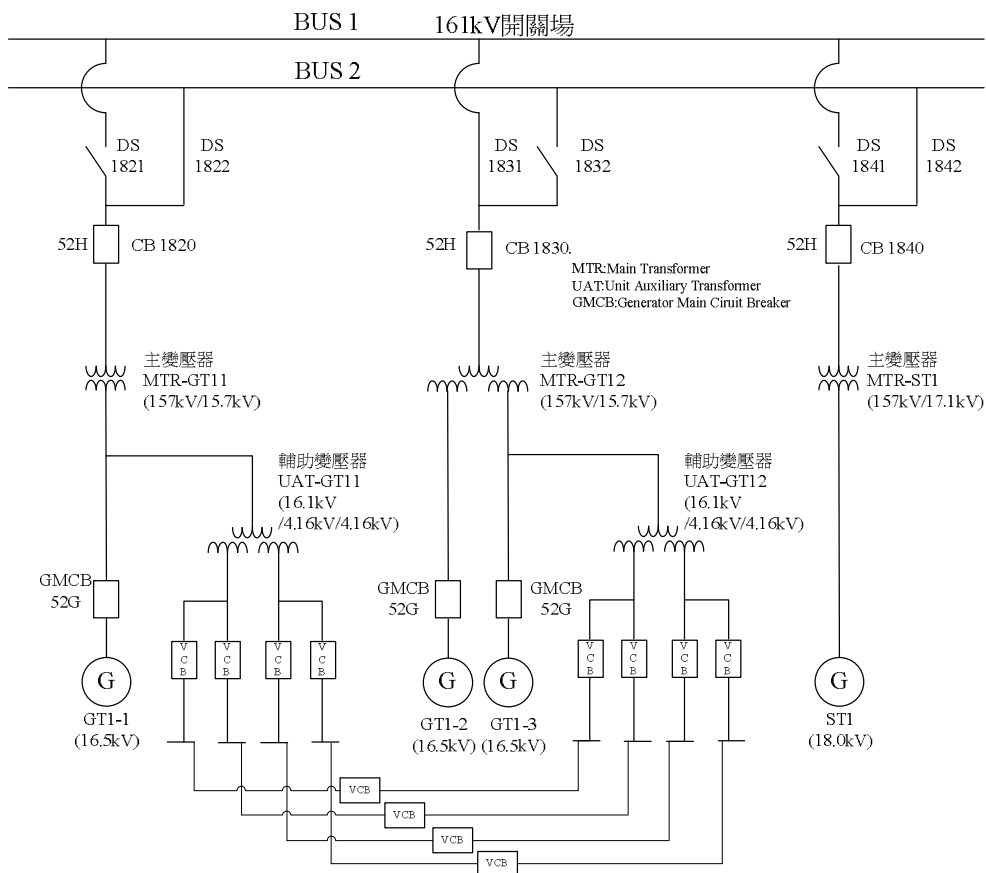


圖 2 大潭發電廠 1 號機單線圖

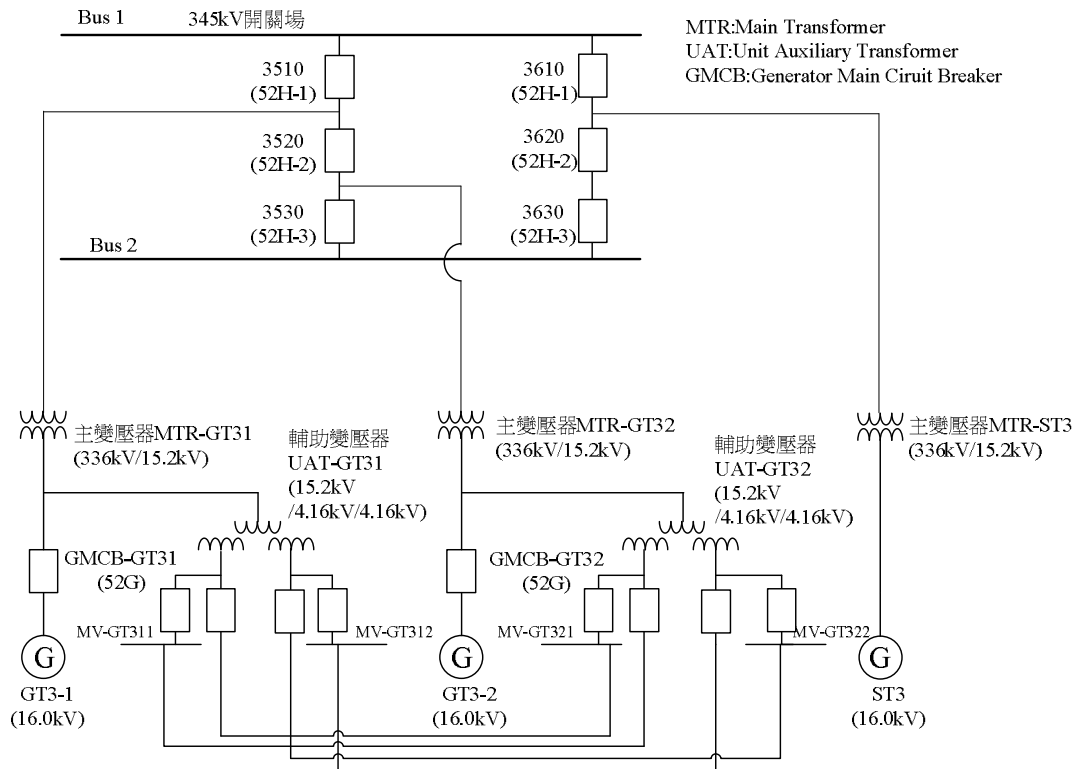


圖 3 大潭發電廠 3 號機單線圖

1. House Load 運轉之目的與功能：

廠內用電運轉（House Load Operation）的目的，旨在當發電機組正常運轉下，電力系統有突發性的故障而導致機組電力無法輸出或機組之出力大幅振盪時，自動將發電機組開關場端之斷路器（52H）予以打開與系統隔離，而發電機組經由機組本身的輔助變壓器，提供輔機運轉必要的運轉電源，讓發電機組維持在最低負載下運轉，而不必跳機或停機，其功能如下：

- (1). 當系統發生突發性故障，自動將發電機組開關場端之斷路器（52H）予以打開，機組迅速與系統隔離，由機組本身提供穩定可靠的廠內電源，毋需仰賴緊急柴油發電機或其他機組轉供，甚至動用到備用 DC 電源，可增加廠內用電可靠度，避免重要輔機因電源消失無法運轉而發生嚴重事故。

- (2).當電力系統恢復正常後，電廠端只要將前述開關場的 52H 斷路器投入，則可直接併入電力系統並視系統復電之需要快速提昇負載，充份具備隨時併聯及快速升載的能力。

2. 大潭發電廠複循環機組運轉特性：

大潭發電廠 複循環發電機組因具備下述運轉特性，故具備有 House Load 運轉能力，茲概述如下：

- (1).汽機旁通（Turbine Bypass）運轉能力：大潭發電廠發電機組為三菱公司（MHI）承製之複循環發電機組，各蒸汽回收鍋爐（HRSG）均有各自獨立的高、中、低壓蒸汽旁通系統，當發生 House Load 運轉條件時，汽輪機組（ST）將先跳脫，熱回收鍋爐所產生的高、中、低壓蒸汽可藉由各自的高、中、低壓蒸汽旁通系統，經噴水降溫後排放至冷凝器。
- (2).氣渦輪機最低負載（Minimum Load）運轉能力：大潭發電廠各機組之氣渦輪機當 House Load 運轉條件發生後，能迅速由滿載之運轉情形下，降載至維持廠內輔機設備運轉所需電力的最小負載。以大潭發電廠一至六號機而言約為 1~14MW。
- (3).氣渦輪機卸載（Load Rejection）能力：大潭發電廠一至六號機各台氣渦輪機組，經測試具有在負載 25%、50%、75%、100%下的卸載能力。當 52G 打開後，各氣渦輪機組會緊急卸載，雖然轉速會在 3~7 秒內暫態性地上升，但在調速機控制模式下會在 30~60 秒內自動地穩定下來並維持在額定轉速，不致於造成氣渦輪機組超速跳脫。

3. House Load 發生條件、運轉控制及回復程序：

House Load 發生條件、運轉控制及回復程序：三菱公司廠內用電運轉之觸發條件原始設計只有「GT 負載突降」與「52H 啓斷」2 種情況，在 96 年 6

月 21 日執行 3 號機廠內用電運轉測試時，因三菱公司沒有考慮到 345kV 系統一個半匯流排架構與 161kV 系統之雙匯流排單斷路器架構的不同，測試時，345kV 系統之中間斷路器未啓斷，廠內用電運轉信號未被觸發，高頻跳脫保護未被遮蔽，GT 因高頻保護跳機，又加上 DC FAILURE，三號機全黑，導致測試失敗。

之後經核火工處、電力調度處、發電處、大潭發電廠及廠家多次協商，重新檢討及功能強化，另增加「GT 轉速過高」與「GT 轉速過低」2 種情況。以下四種情況發生時，機組即運轉於 House Load：

(1).機組併聯運轉中，52H 開啓：

觸發條件為 GT 正常發電中，52H 因測試或緊急手動操作啓斷、調度指令手動操作啓斷或開關場保護電驛動作啓斷所致，此即直接與電力系統切離。廠內用電運轉(House Load Operation)前機組運轉狀況不同，則進入廠內用電運轉後，機組運轉狀況亦不同。一、二號機組因第二台及第三台 GT 共用一台主變壓器及一台輔助變壓器，因此進入廠內用電運轉後，情況較特殊，一、二號機組概分為 5 種情況，三至六號機組為 2 種情況，茲討論說明如下(如表 1 廠內用電運轉前狀況)：

表 1 廠內用電運轉前狀況

Case	House Load Operation 前運轉狀況	
	一、二號機	三~六號機
1	1 On 1 (any GT With ST1)	1 On 1 (any GT With ST3)
2	2 On 1 (GT1-1/GT1-2/ST1)	2 On 1 (GT3-1/GT3-2/ST3)
3	2 On 1 (GT1-1/GT1-3/ST1)	
4	2 On 1 (GT1-2/GT1-3/ST1)	
5	3 On 1 (GT1-1/GT1-2/GT1-3/ST1)	

一、二號機：(以一號機為例)

Case 1：1 On 1 (any GT With ST1 運轉)，又細分為 2 種情況，由 CB

1820 或 CB 1830 觸發進入廠內用電運轉。

Case 1-1：1 On 1 (GT1-1 With ST1 運轉, CB 1820 觸發)

GT1-1 進入廠內用電運轉，而 GT1-2 主、輔助變壓器仍由開關場供電，ST1 跳脫，如圖 4 所示。

Case 1-2：1 On 1 (GT1-1 With ST1 運轉, 1820/1830 觸發)

GT1-1 進入廠內用電運轉，而 GT1-2 主、輔助變壓器因觸發快速匯流排切換(Fast Bus Transfer, FBT)，廠內輔機用電是由 GT1-1 輔助變壓器供電，ST1 跳脫，如圖 5 所示。

Case 2：2 On 1 (GT1-1/GT1-2/ST1 運轉)，又細分為 2 種情況，由 CB 1820 或 CB 1830 觸發進入廠內用電運轉。

Case 2-1：2 On 1 (GT1-1/GT1-2 With ST1 運轉, 1820 觸發)

GT1-1 進入廠內用電運轉，而 GT1-2 與 ST1 持續運轉，如圖 6 所示。

Case 2-2：2 On 1 (GT1-1/GT1-2 With ST1 運轉, 1820/1830 觸發)

GT1-1 及 GT1-2 皆進入廠內用電運轉，ST1 跳脫，如圖 7 所示。

Case 3：2 On 1 (GT1-1/GT1-3 With ST1 運轉)，由 1820/1830 觸發進入廠內用電運轉。GT1-1 及 GT1-3 皆進入廠內用電運轉，ST1 跳脫，如圖 8 所示。

Case 4：2 On 1 (GT1-2/GT1-3/ST1 運轉)，又細分為 2 種情況，由 CB 1820 或 CB 1830 觸發進入廠內用電運轉。

Case 4-1：2 On 1 (GT1-2/GT1-3 With ST1 運轉, 1830 觸發)

GT1-2 的發電機併聯開關(GMCR)啓斷，進入 NLFS(No Load Full Speed)，即維持 3600rpm 的額定轉速，隨時可併聯供電，GT1-3 進入廠內用電運轉，而 GT1-1 主、輔助變壓器仍由開關場供電，ST1 跳脫，如圖 9 所示。

Case 4-2：2 On 1 (GT1-2/GT1-3 With ST1 運轉, 1820/1830 觸發)

GT1-2 的發電機併聯開關(GMCCB)啓斷，進入 NLFS(No Load Full Speed)，維持 3600rpm 的額定轉速，隨時可併聯供電，GT1-3 進入廠內用電運轉，而 GT1-1 主、輔助變壓器因觸發快速匯流排切換 (Fast Bus Transfer,FBT)，廠內輔機用電是由 GT1-2 輔助變壓器供電，ST1 跳脫，如圖 10 所示。

Case 5 : 3 On 1 (GT1-1/GT1-2/GT1-3/ST1 運轉)，由 CB 1820/CB 1830 觸發進入廠內用電運轉。

GT1-1 及 GT1-3 皆進入廠內用電運轉，GT1-2 的發電機併聯開關(GMCCB)啓斷，進入 NLFS(No Load Full Speed)，維持 3600rpm 的額定轉速，隨時可併聯供電，ST1 跳脫，如圖 11 所示。

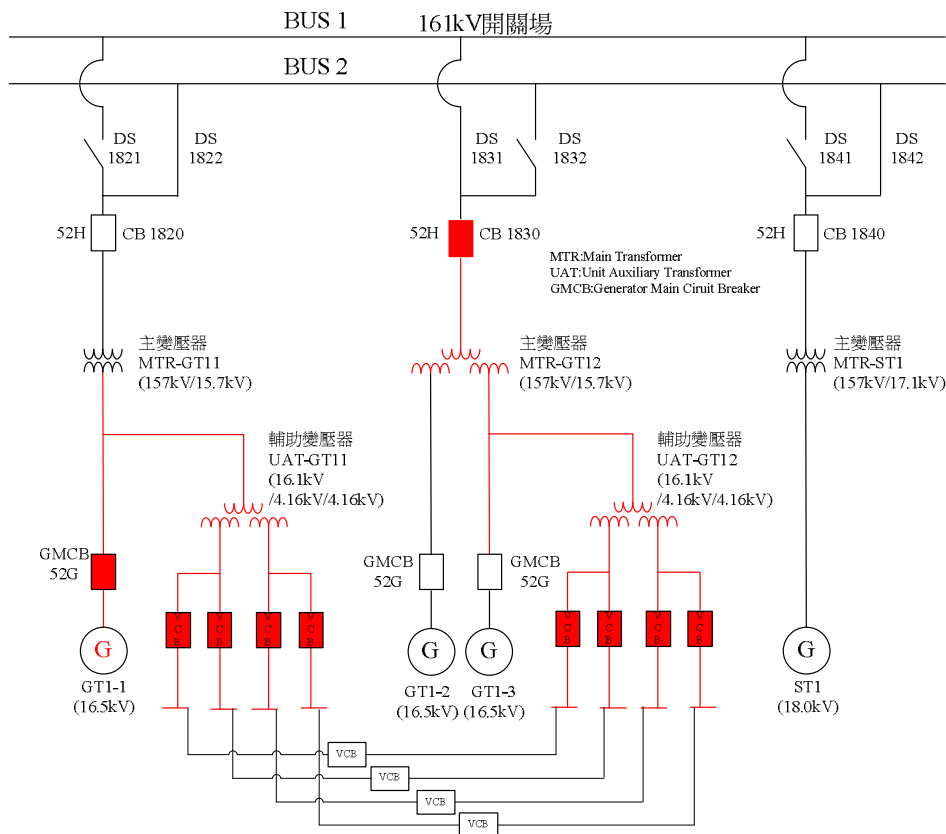


圖 4 GT1-1 With ST1, 1820 觸發

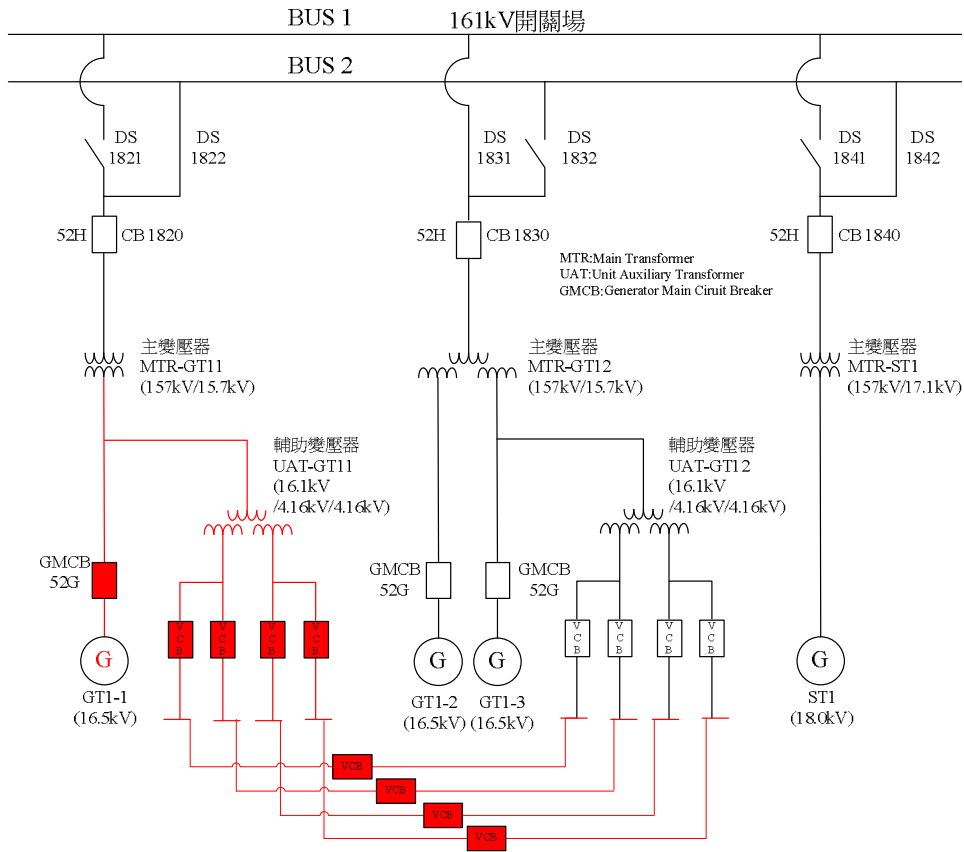


圖 5 GT1-1 With ST1, 1820/1830 觸發

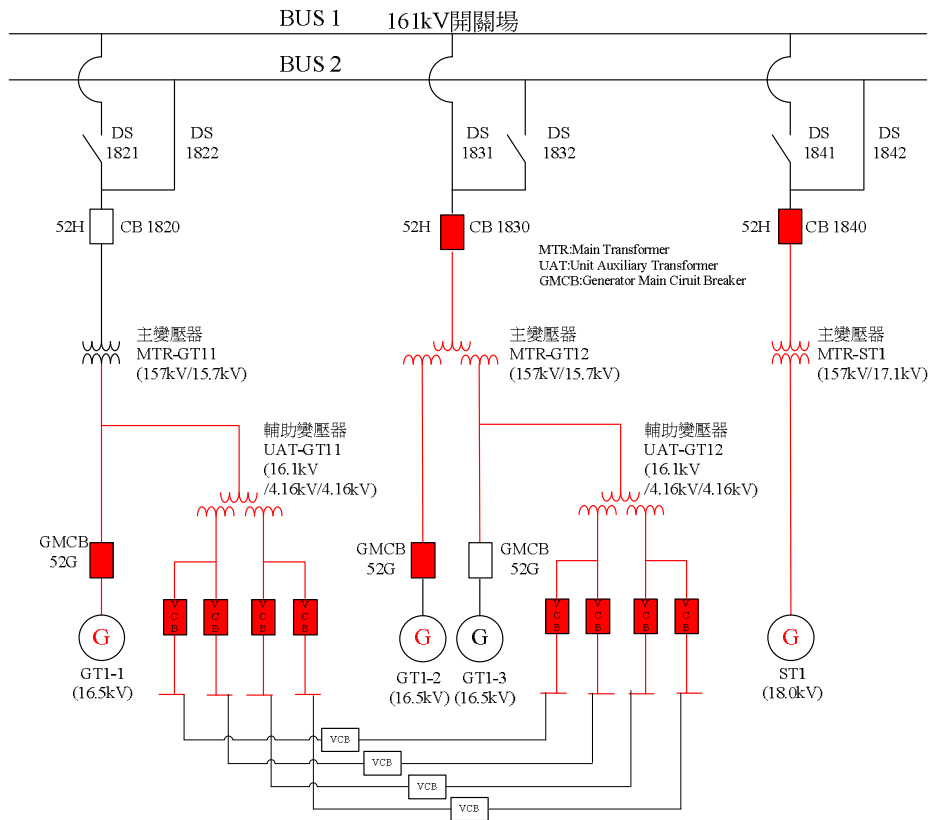


圖 6 GT1-1/GT1-2 With ST1, 1820 觸發

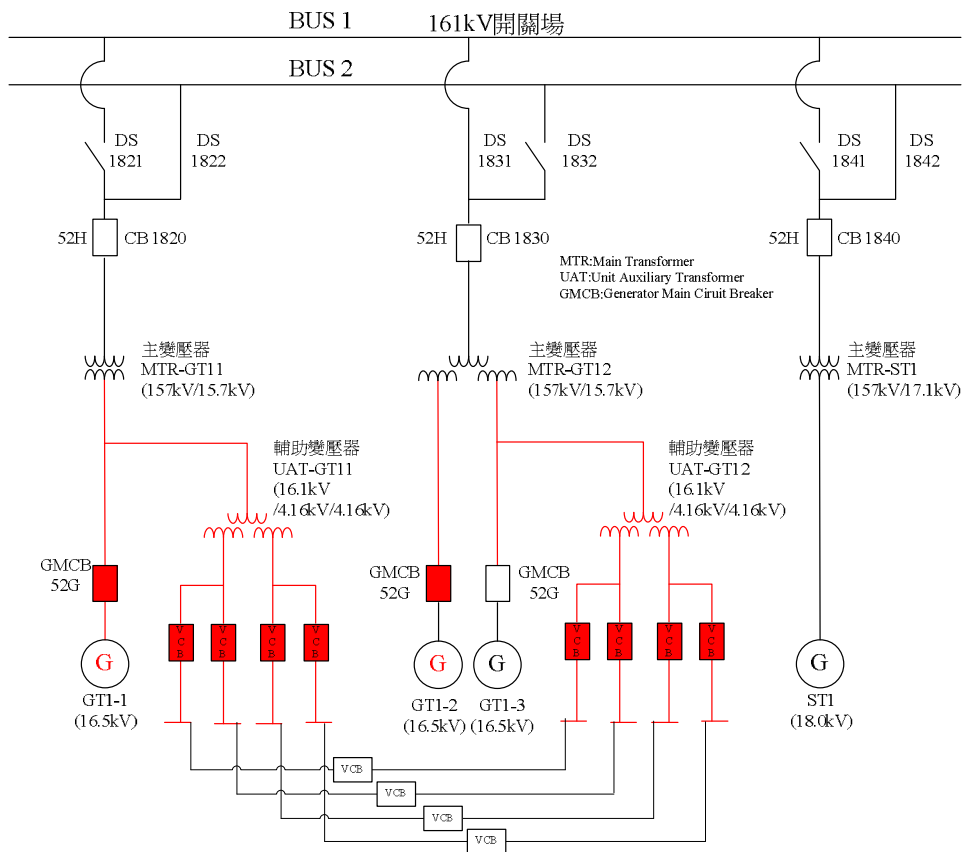


圖 7 GT1-1/GT1-2 With ST1, 1820/1830 觸發

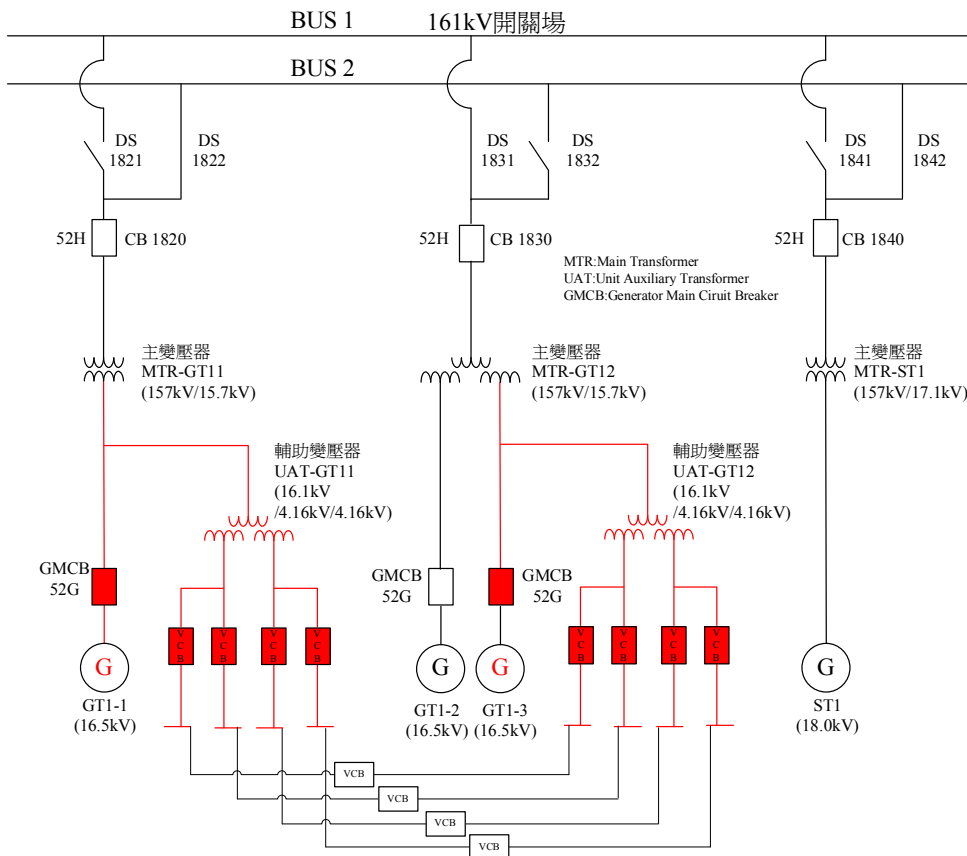


圖 8 GT1-1/GT1-3 With ST1, 1820/1830 觸發

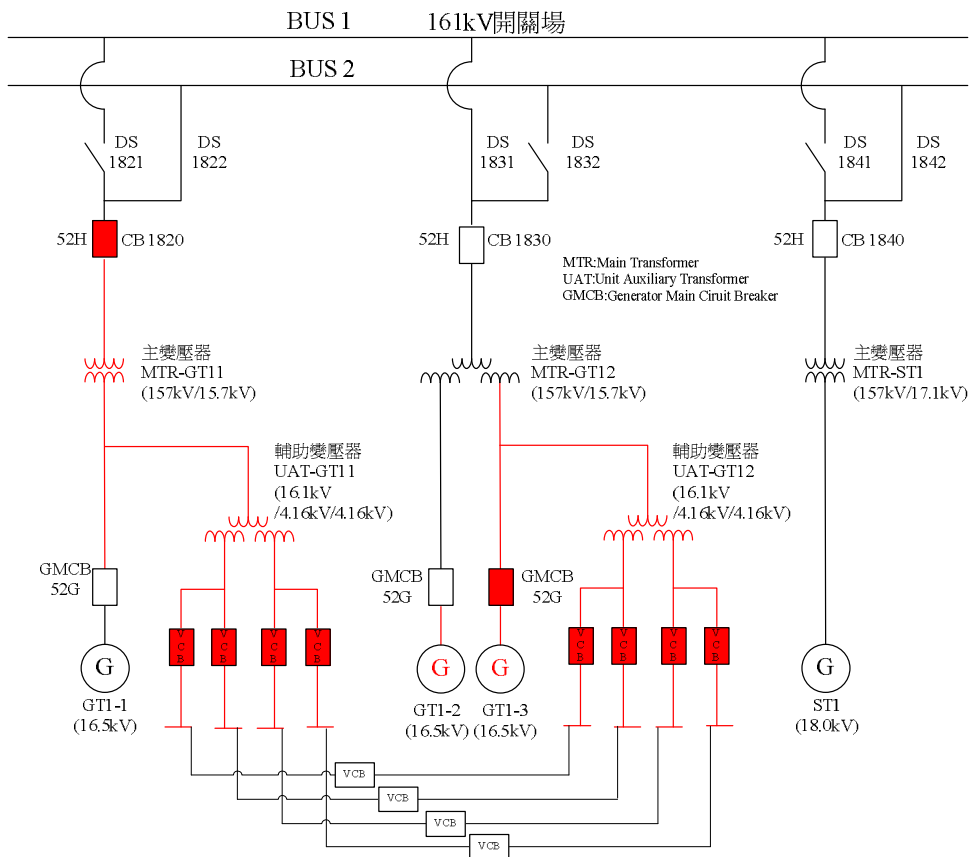


圖 9 GT1-2/GT1-3 With ST1, 1830 觸發

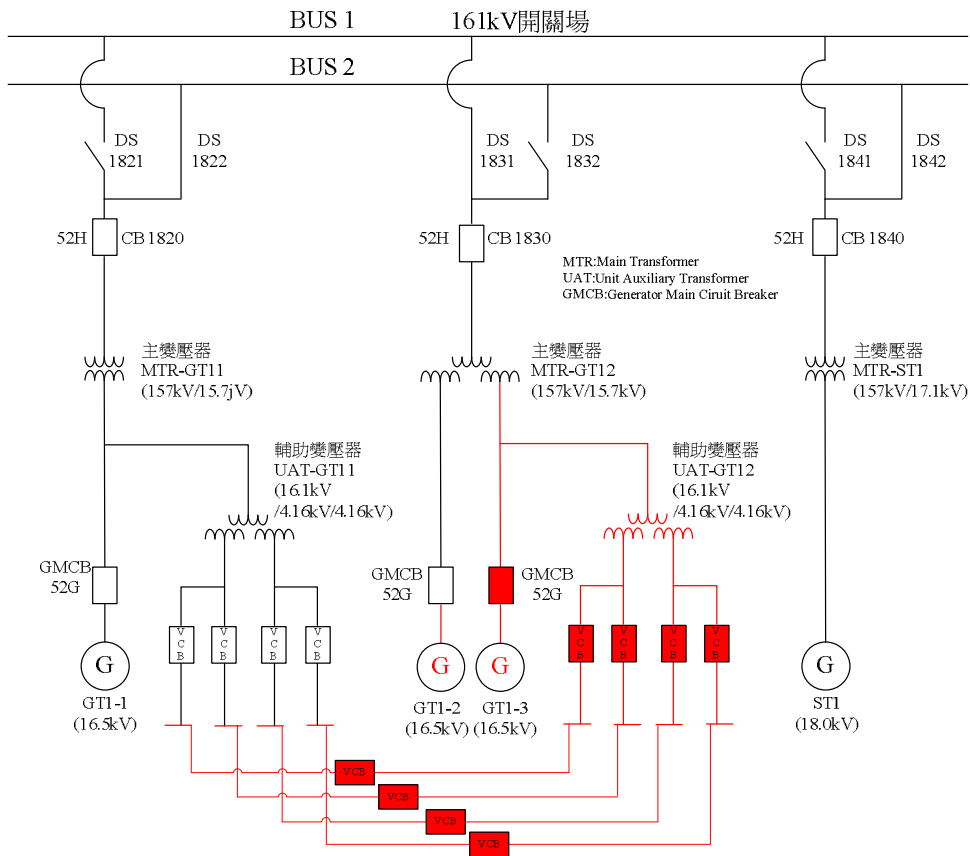


圖 10 GT1-2/GT1-3 With ST1, 1820/1830 觸發

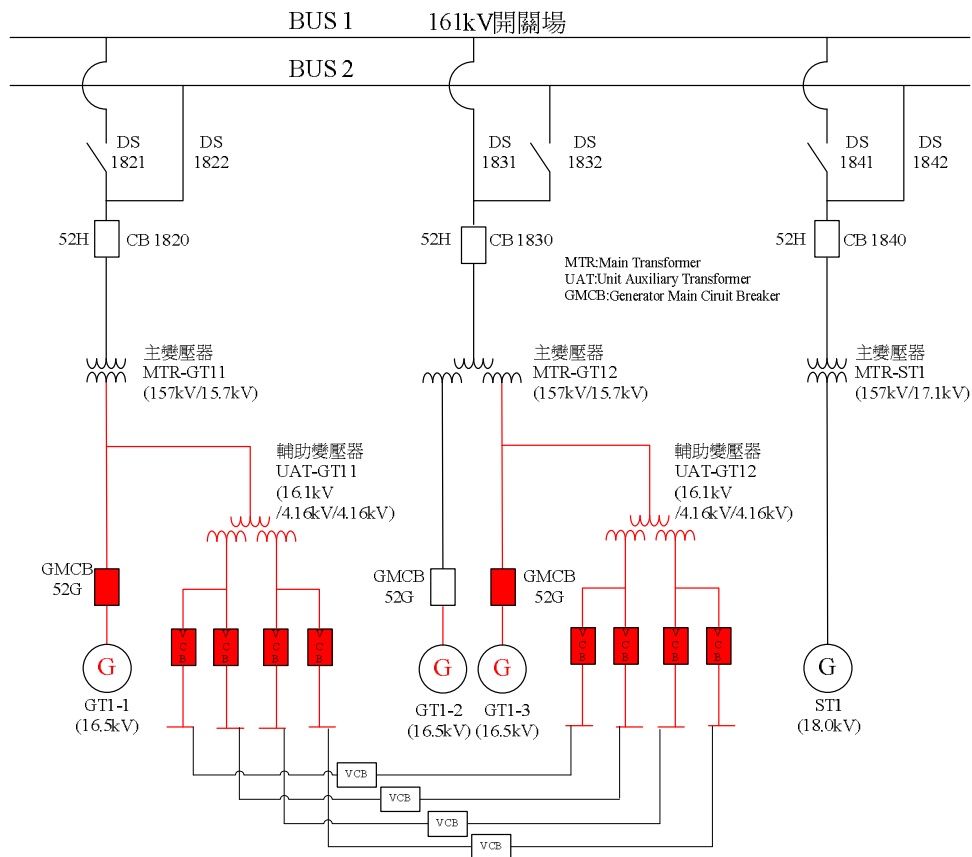


圖 11 GT1-1/GT1-2/GT1-3 With ST1, 1820/1830 觸發

三~六號機：(以三號機為例)

Case 1：1 On 1 (any GT With ST1 運轉)，又細分為 2 種情況，由 CB 3510、CB 3520 或 CB 3530 觸發進入廠內用電運轉。

Case 1-1：1 On 1 (GT3-1 With ST3 運轉, 3510/3520 觸發)

GT3-1 進入廠內用電運轉，而 GT3-2 主、輔助變壓器仍由開關場供電，ST3 跳脫，如圖 12 所示。

Case 1-2：1 On 1 (GT3-1 With ST3 運轉, 3510/3520/3530 觸發)

GT3-1 進入廠內用電運轉，而 GT3-2 主、輔變壓器因觸發快速匯流排切換(Fast Bus Transfer,FBT)，廠內輔機用電是由 GT3-1 輔助變壓器供電，ST3 跳脫，如圖 13 所示。

Case 2：2 On 1 (GT3-1/GT3-2/ST3 運轉, 3510/3520/3530 觸發進入廠

內用電運轉)，GT3-1 及 GT3-2 皆進入廠內用電運轉，ST3 跳脫，如圖 14 所示。

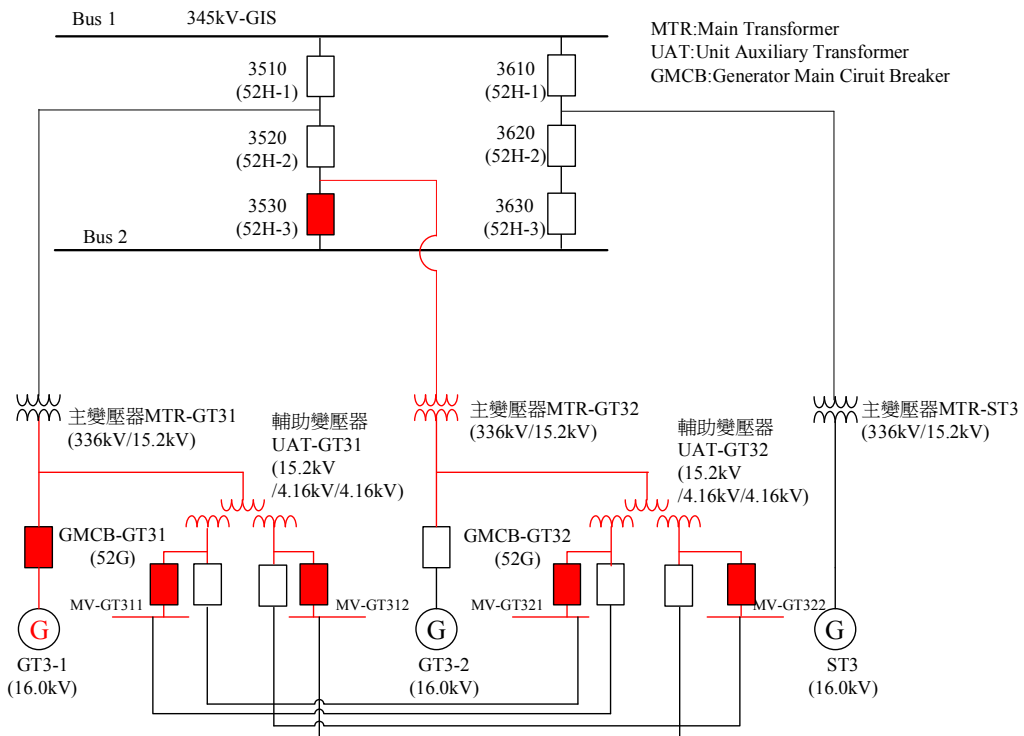


圖 12 GT3-1 With ST3, 3510/3520 觸發

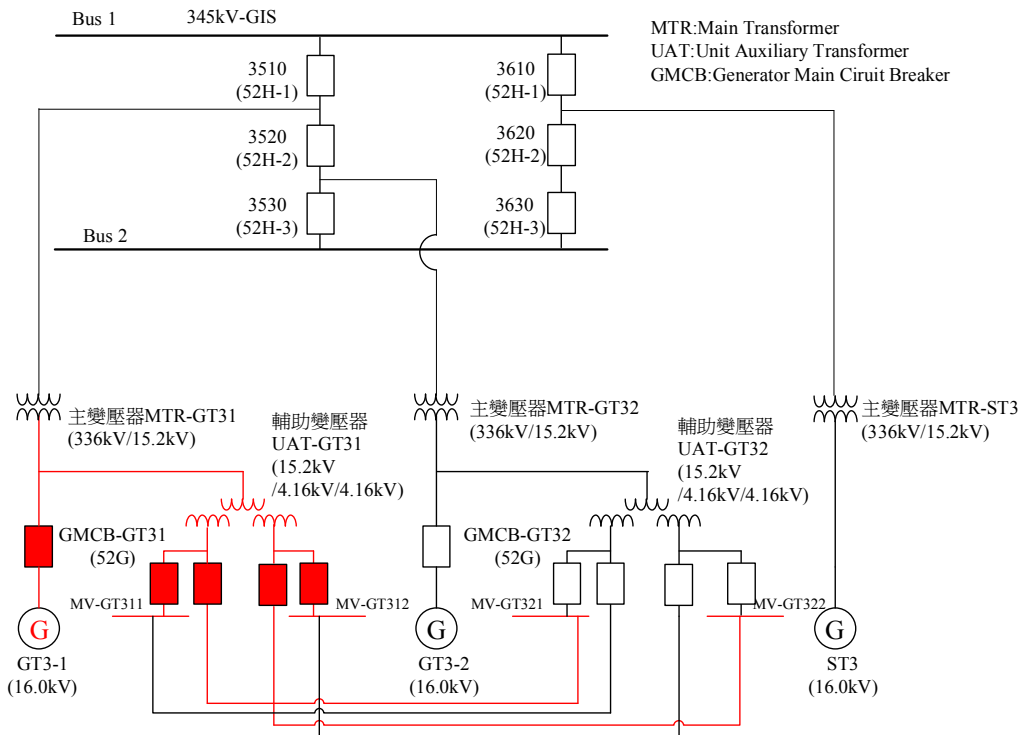


圖 13 GT3-1 With ST3, 3510/3520/3530 觸發

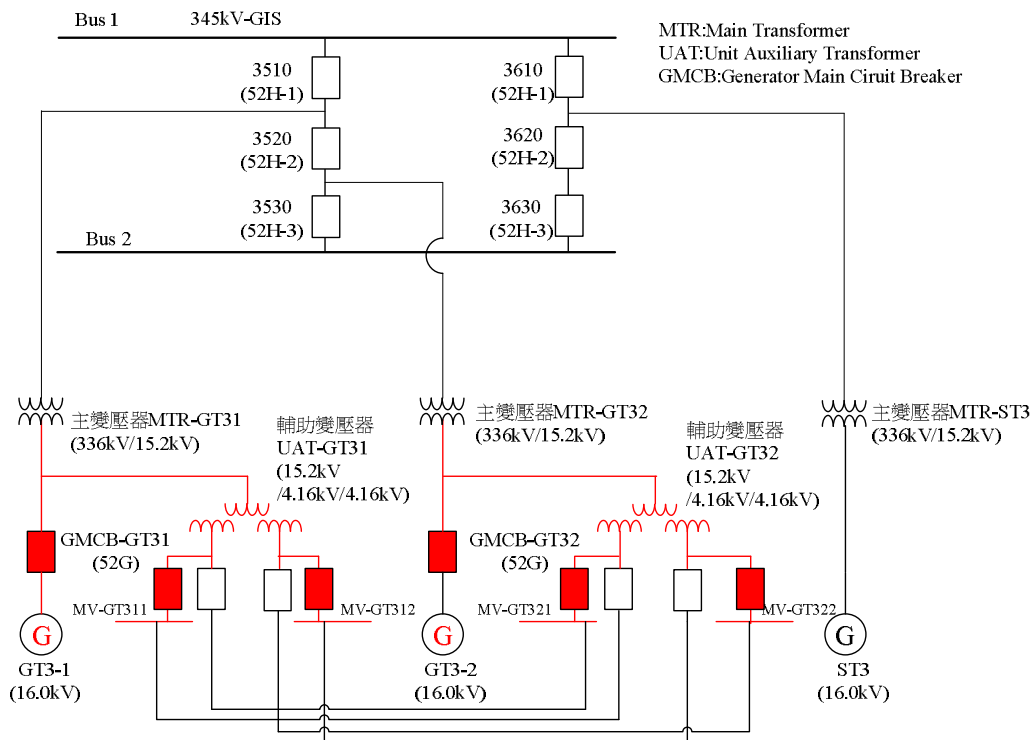


圖 14 GT3-1/GT3-2 With ST3, 3510/3520/3530 觸發

(2).系統頻率高：

如表 2 機組高頻保護可知，首先當 GT 轉速高於 3630rpm (60.5Hz)時，為避免全廠機組同時跳機，影響系統頻率，造成系統不穩定，因此，全廠 GT GMCB 啓斷延時時間錯開，一至六號機分別為延時 18 秒、14 秒、16 秒、12 秒、10 秒、8 秒，以減少對系統的衝擊。而當 GT 轉速高於 3648rpm (60.8Hz)時，瞬時動作觸發廠內用電運轉(House Load Operation)。機組的高頻保護設定，如表 2 機組高頻保護。

(3).系統頻率低：

系統頻率低分為 2 段設定，第一段系統頻率低分為兩部份，為 GT 轉速低於 3498rpm (58.3Hz)瞬時動作及延時 2 秒，第二段系統頻率低為 GT 轉速低於 3420rpm (57.0Hz)延時 2 秒，觸發廠內用電運轉

(House Load Operation)，機組的低頻保護設定，如表 3 機組低頻保護。

表 2 機組高頻保護

GT Speed rpm (Hz)	Time delay (sec)	Action
3780 (63.0)	0.1	GT Trip (GPR, GTC)
3720 (62.0)	3.0	GT Trip (GPR, GTC)
3708 (61.8)	0.1	GT GMCB OPEN
3648 (60.8)	0.0	House Load (for 52H OPEN)
3630 (60.5)	18, 14, 16, 12, 10, 8	GT GMCB OPEN (for GT1~6)

註：1.GPR：Generator Protection Relay

2.GTC：Gas Turbine Control

表 3 機組低頻保護

GT Speed rpm (Hz)	Time delay (sec)	Action
3498 (58.3)	0.0	House Load (GT*-1 for 52H OPEN)
	2.0	House Load (GT*-2/*-3 for 52H OPEN)
3480 (58.0)	10.0	GT GMCB OPEN
3420 (57.0)	2.0	House Load (GT1~6 for 52H OPEN)
3420 (57.0)	3.0	GT Trip (GPR)

註：1.*：1~6

2. GPR：Generator Protection Relay

(4).負載突降：

發電機負載輸出在 5 秒內由 78MW 降至 20MW 以下，如圖 14 負載突降邏輯。

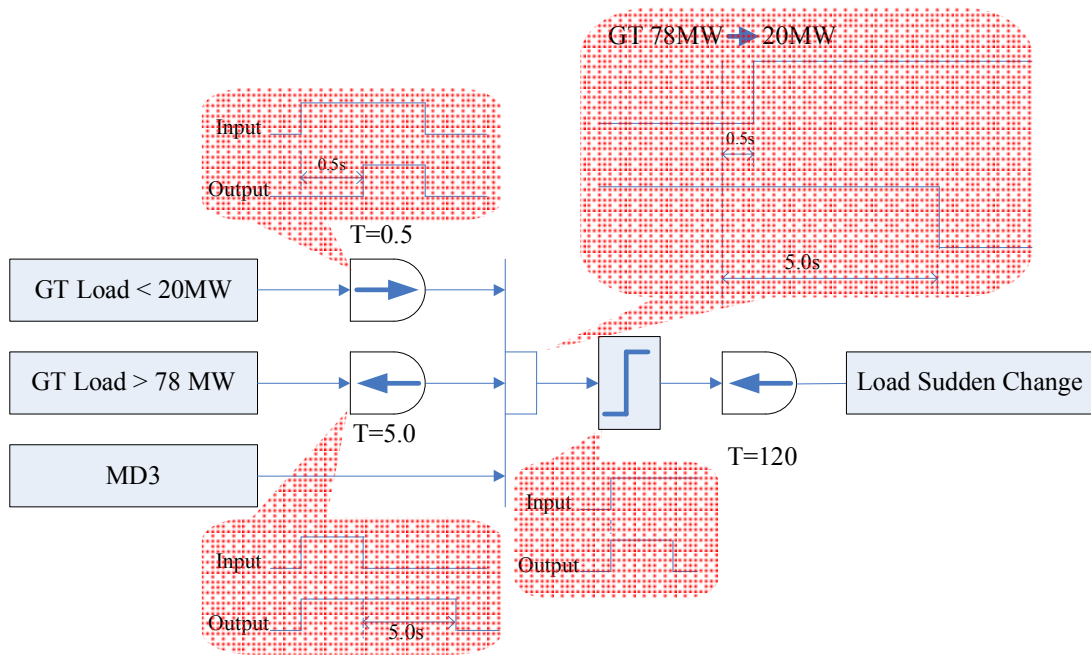


圖 14 負載突降邏輯

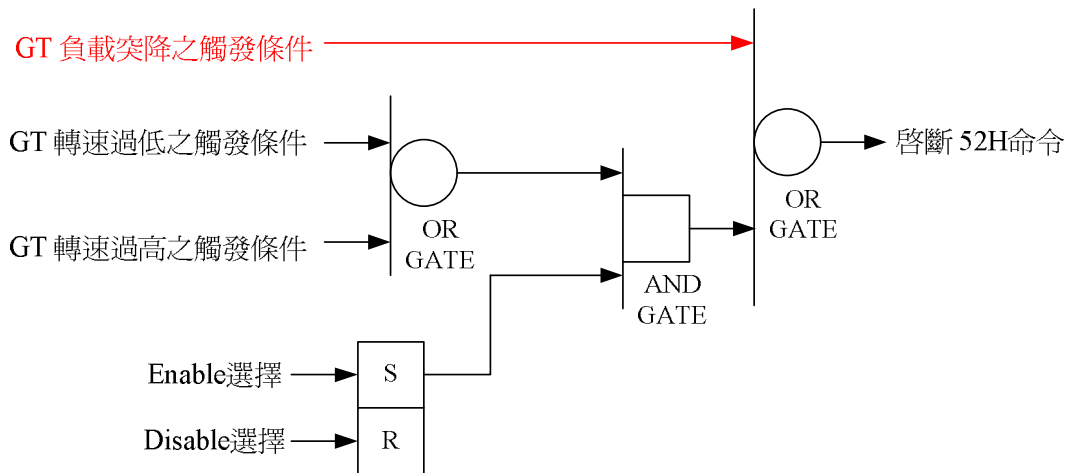
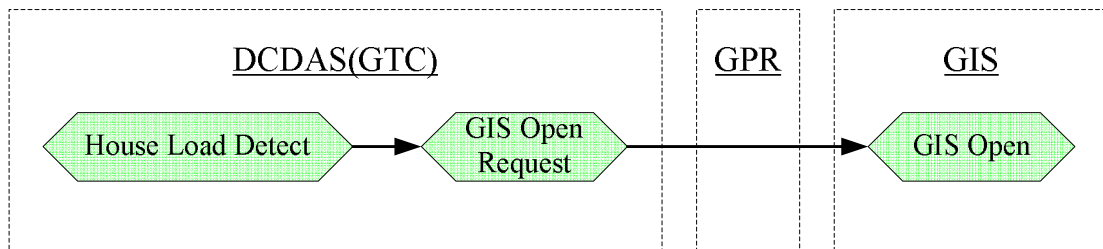


圖 15 廠內用電使用選擇邏輯

以上 4 種觸發廠內用電運轉(HOUSE LOAD OPERATION)的條件，GT 負載突降已列為每部機常時備用，而 GT 轉速過低及過高的觸發條件改為選擇使用或閉鎖，如圖 15 廠內用電使用選擇邏輯。目前大潭電廠各台 GT 均裝設 1 組 HOUSE LOAD ENABLE/DISABLE 選擇開關，須

由人工選擇使用或閉鎖（ENABLE/DISABLE）各 GT 之廠內用電運轉（HOUSE LOAD OPERATION）對高頻、低頻設定動作。若開關選擇閉鎖（DISABLE）則該台 GT 之 HOUSE LOAD OPERATION 功能將停止對高、低頻動作；若開關選擇使用（ENABLE）則該台 GT 之 HOUSE LOAD OPERATION 功能將依據其高、低頻設定，對系統頻率（GT 轉速）動作反應。HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻設定如表 4 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻設定。

表 4 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻設定

大潭電廠 GT 機組 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻設定				
GT 機組	Stage I	Stage II	Stage I	Stage II
		GT1-1 GT2-1	GT3-1,GT4-1 GT5-1,GT6-1	GT1-2,1-3 GT2-2,2-3
<u>低頻設定 I</u>	58.3Hz 延遲 0 秒		58.3Hz 延遲 2 秒	
<u>低頻設定 II</u>	57.0Hz 延遲 2 秒			
<u>高頻設定</u>	60.8Hz 延遲 0 秒			

為確保大潭電廠運轉中之機組可進入 HOUSE LOAD OPERATION 作為系統全黑起動容量，大潭電廠運轉機組及各 GT 機組 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻功能之使用/閉鎖（ENABLE/DISABLE）應考量下列限制條件：

- (1).全年維持至少 2 組複循環(3 台 GT 以上)運轉，且 GT 之低頻設定 I為 58.3Hz 延遲 0 秒跳脫的機組，應至少維持 1 台於線上運轉發電。
- (2).線上運轉機組 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻功能使用（ENABLE）之總 GT 數應 ≤ 4 台：當系統頻率由正常頻率範圍 60.0 \pm 0.1Hz 提高至 60.8Hz 時，因高頻設定（60.8Hz 延遲 0 秒）進入 HOUSE LOAD OPERATION 狀態之 GT 數不高於 4 台，以維護後續系統頻率仍高於 60.0Hz。
- (3).線上運轉機組低頻設定 I為 58.3Hz 延遲 0 秒使用（ENABLE）之 GT 數應 ≤ 2 台：當系統頻率由正常頻率範圍 60.0 \pm 0.1Hz 降低至 58.3Hz，

因系統低頻電驛第 13 段卸載規劃量已考量大潭機組可能跳脫之發電量，故因低頻設定 I 為 58.3Hz 延遲 0 秒進入 HOUSE LOAD

OPERATION 狀態之 GT 數不應高於 2 台，使後續系統頻率不致因機組進入 HOUSE LOAD OPERATION 而持續降低。

(4).線上運轉機組之 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻功能使用

(ENABLE) 優先順序為：第 1 組、第 3 組、第 2 組、第 4 組、第 5 組、第 6 組。

而 GT HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻跳脫運用原則如下表 5。

表 5 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻跳脫運用原則

大潭機組 HOUSE LOAD OPERATION 高、低頻功能使用 (ENABLE) 建議			
低頻設定 I (58.3Hz 延遲 0 秒)		低頻設定 I (58.3Hz 延遲 2 秒)	
線上運轉機組台數	HOUSE LOAD OPERATION 使用 (ENABLE) GT 台數	線上運轉機組台數	HOUSE LOAD OPERATION 使用 (ENABLE) GT 台數
0 台*	0 台	0 台	0 台
		1 台	1 台
		2 台	2 台
		3 台	3 台
		4 台	4 台
		≥5 台	依序使用 4 台***
1 台	1 台	0 台	0 台
		1 台	1 台
		2 台	2 台
		3 台	3 台
		≥4 台	依序使用 3 台***
2 台	2 台	0 台	0 台
		1 台	1 台
		2 台	2 台
		≥3 台	依序使用 2 台***
≥3 台	依序使用 2 台**	0 台	0 台
		1 台	1 台
		2 台	2 台
		≥3 台	依序使用 2 台***

*：請避免線上 0 台低頻設定 I 為 58.3Hz 延遲 0 秒機組運轉之情況。
 **：使用順序依序為 GT1-1、GT3-1、GT2-1、GT4-1、GT5-1、GT6-1。
 ***：使用順序依序為 GT1-2、GT1-3、GT3-2、GT2-2、GT2-3、GT4-2、GT5-2、GT6-2。

House Load 運轉控制：

當機組進入廠內用電運轉中，為防止機組瞬間卸載之不穩定運轉狀況，雖然控制系統快速反應，但某些機組監控保護則必需暫時閉鎖，以防止因暫態不穩定而跳機，造成廠內用電運轉失敗。當廠內用電運轉發生後會有以下各種狀況發生：

- (1).控制由Load Limit Control改為 Governor Control。
- (2).ALR（負載自動調整）ON 自動改為ALR OFF。
- (3).Steam Turbine Trip。
- (4).發電機輸出降為1~14 MW只供給廠內所需用電。
- (5).在House Load 運轉發生的40秒內，將發電機HI FREQ的保護限制住，也就是轉速 > 3780rpm延時0.1秒亦不會跳脫。
- (6).在House Load 運轉發生的40秒內，將發電機HI FREQ的保護限制住，也就是轉速 > 3720rpm延時3秒亦不會跳脫。
- (7).在House Load 運轉發生的40秒內，將發電機HI FREQ的保護限制住，也就是轉速 > 3708rpm延時0.1秒，GT的GMCB亦不會啓斷。
- (8).將發電機HI FREQ的保護設定由3630rpm(60.5Hz)延時10秒，改為3690rpm(61.5Hz)延時15秒，在House Load運轉發生的300秒內，GT的GMCB亦不會啓斷。
- (9).CPFM（燃燒筒壓力振動）Monitoring的功能限制，在120秒內不會發生。
- (10).將BPT（葉片溫度）Variation Large Monitoring 的功能限制，在180秒內不會發生。
- (11).將BPT（葉片溫度）Trend Change Large Monitoring的功能限制，在240秒內不會發生。

House Load 回復程序：

與調度中心確認，系統故障清除或已隔離，House Load Operation 發生原因消失，系統需要電力時，可隨時依中央調度中心指令併回系統。

- (1).由電氣人員在中控室 MSP 盤將 52H 以手動併聯入系統。
- (2).在 OPS 上將 Governor Control 改為 Load Limit Control。
- (3).將 ALR OFF 改為 ALR ON。
- (4).GT 負載依當時 ST 的情況昇載至 37~74 MW 間。
- (5).將 ST 起動。
- (6).House Load Operation 發生原因如無法在短時間內消失，應考慮將 GT 解聯。

House Load 回復程序電氣值班員應注意，確認 House Load Operation 發生原因消失，一、二號機組在 161kV GIS 開關場控制室 MP 盤將 GCB 同步 SS 開關置於 Auto 位置，69 開關置於 SC 綠燈紅牌位置，Key SW 置於機組位置。不同的是三至六號機組不需要操作同步 SS 開關，只要在 345kV GIS 開關場控制室 MP 盤將 GCB 69 開關置於 SC 綠燈紅牌，Key SW 置於機組。

99 年 1 月 27 日 GT3-2 廠內用電運轉完成，剛併入系統時，因轉速偏低，實功率倒灌入發電機，MW Range-over 機組無法控制發電量，造成機組跳機，後經由廠家改善如下：

- (1).MW Range-over 設定由-16MW 改為-40MW，避免剛併入系統時，因轉速偏低，實功率瞬間倒灌入發電機。
- (2).GT 以較高轉速併回系統，併回系統後即改為負載控制。
- (3).為避免 HOUSE LOAD OPERATION 運轉併聯回系統過程中 GT 因 "MW Range Over Trip" 必須注意初始負載的設定（即 Initial Load）於 OPS GT 控制畫面有"NO BIAS"與"ADD BIAS"兩個選項，說明如下：

ADD BIAS :

系統穩定時選用，當選用”ADD BIAS”時，於 52H 投入後，Initial Load Bias 會增加 5%（即 SPSET 增加 0.2%）。

- (1). 確認燃料，燃氣時，選用”ADD BIAS(GAS)”。若是燃油，選用”ADD BIAS(OIL)”。
- (2). 在 MSP 盤上”GEN. CONTROL SELECTOR”，選用”MSP”。
- (3). 在 MSP 盤上”CB SELECTOR”，選用 52H BUS1 或 52H BUS2，決定同步信號來源。
- (4). 在 MSP 盤上”GEN. SYN. SELECTOR”，選用”MANU”。
- (5). 當同步指針緩慢於 FAST 方向接近 12 點位置時，投入 GCB 與系統併聯。
- (6). 若負載低於 12MW，於 OPS 上”GOVERNOR SET”調整負載至 15MW。（避免負載太低 MW range over 造成跳機）
- (7). 於 OPS 上更改 GT 控制模式為”LOAD LIMIT”。
- (8). 確認 LDCSO 與 CSO 相等，而負載維持。

NO BIAS :

當系統不正常、系統小或系統全黑須送電時選用。

- (1). 確認燃料，燃氣時，選用”NO BIAS(GAS)”。若是燃油，選用”NO BIAS(OIL)”。
- (2). 在 MSP 盤上”GEN. CONTROL SELECTOR”，選用”MSP”。
- (3). 在 MSP 盤上”CB SELECTOR”，選用 52H BUS1 或 52H BUS2，決定同步信號來源。
- (4). 在 MSP 盤上”GEN. SYN. SELECTOR”，選用”MANU”。
- (5). 當同步指針緩慢於 FAST 方向接近 12 點位置時，投入 GCB 與系統併聯。
- (6). 若負載低於 12MW，於 OPS 上”GOVERNOR SET”調整負載至

15MW。 (避免負載太低 MW range over 造成跳機)

(7).於 OPS 上更改 GT 控制模式為”LOAD LIMIT”。

4. House Load 運轉測試結果：

大潭電廠一號機組於 96.6.14 滿載運轉下進行 3GT+1ST 廠內用電運轉測試 (燃油運轉下) 其過程概述如下：

(1)上午 11:59:27 同時將斷路器 1820 及 1830 打開，GT1-1 及 GT1-3 隨即進入廠內用電運轉狀態 (由調速機控制)，自動卸載至最低負載；GT1-2 的發電機主斷路器 (52G) 打開與系統解聯，維持額定轉速下無載運轉(NLFS，No Load Full Speed)，另 ST1 則作 Load Shedding 跳脫。

(2)在 House Load Operation 經連續 1 小時之穩定測試，確認所有輔機及 GT1-1 及 GT1-3 均能維持於低載下穩定運轉，而 GT1-2 亦能穩定維持於定速。

(3)12:57:32 將斷路器 1830 投入，將 GT1-3 重新與系統併聯，並在汽機旁通運轉模式下以每分鐘 10.2MW 之速率升載。

(4)13:02:03 將斷路器 1820 投入，及 GT1-1 重新與系統併聯，並在汽機旁通運轉模式下以每分鐘 10.2MW 之速率升載。

(5)13:15:20 GT1-3、GT1-1 負載均已穩定調升；GT1-2 以 52G 成功與系統併聯，亦以 10.2MW 之速率升載。

(6)13:33:00 蒸汽達送汽條件，Turbine Bypass 自動關閉，汽輪機 ST1 以最熱機起動模式(不須 heat soaking)迅速加速至額定轉速後與系統順利併聯。

(7)13:38 GT1-3 升載至滿載。

(8)13:47 GT1-1 升載至滿載。

(9)13:56 GT1-2 升載至滿載。

(10)14:20 ST-1 升載至滿載。

本次測試順利成功，且由測試結果分析，各 GT 於重新併聯後如不考慮 ST 之起動，以每台 GT 每分鐘 10.2MW 之升載率應可在 15 分鐘左右升至滿載，而此次因將 ST 之起動一併列入測試範圍，故於 GT 升載過程稍作停頓，唯仍於約 30 分鐘即升至滿載，而 ST 亦於首台 GT 併聯後 1 小時 20 分鐘升至滿載，其結果讓人滿意。至於主要之測試數據如下表 6 所示。

表 6 大潭一號機廠內用電運轉測試結果

	GT1-1	GT1-2	GT1-3
測試前負載 (MW)	144	142	143
瞬時最大轉速 (RPM)	3822	3868	3778
廠內用電負載 (MW)	2.7	0	11
備註：1.機械式超速跳脫設定值為 3600rpm × (110±1) (3924~3996rpm) 2.Hi Frequency Trip 3720rpm+3sec or 3780rpm+0.1sec 機械式超速			

茲針對 House Load 運轉時對機組各項主要之運轉指標分析如下：

(1).對機組負載之影響：

測試前，三部 GT 負載分別為 144MW、142MW、143MW，測試後，因機組 52H 斷路器 (1820、1830 及 1840) 如圖 2 所示均已打開，除 GT1-2 GMCB (52G) 正常打開外，GT1-1 供應其本身，負載共 2.7MW，而 GT1-3 則供應其本身及 GT1-2、ST1 的廠內用電，負載為 11MW。圖 16 為一號機 House Load 運轉負載變化趨勢圖。

(2).對 GT 轉速之影響：

三部 GT 瞬時最大轉速分別達 3822rpm、3868rpm 及 3778rpm，隨即降回額定轉速，維持近一小時的調速機控制期間，三部 GT 轉速均正常，詳圖 17 運轉速度趨勢圖所示。

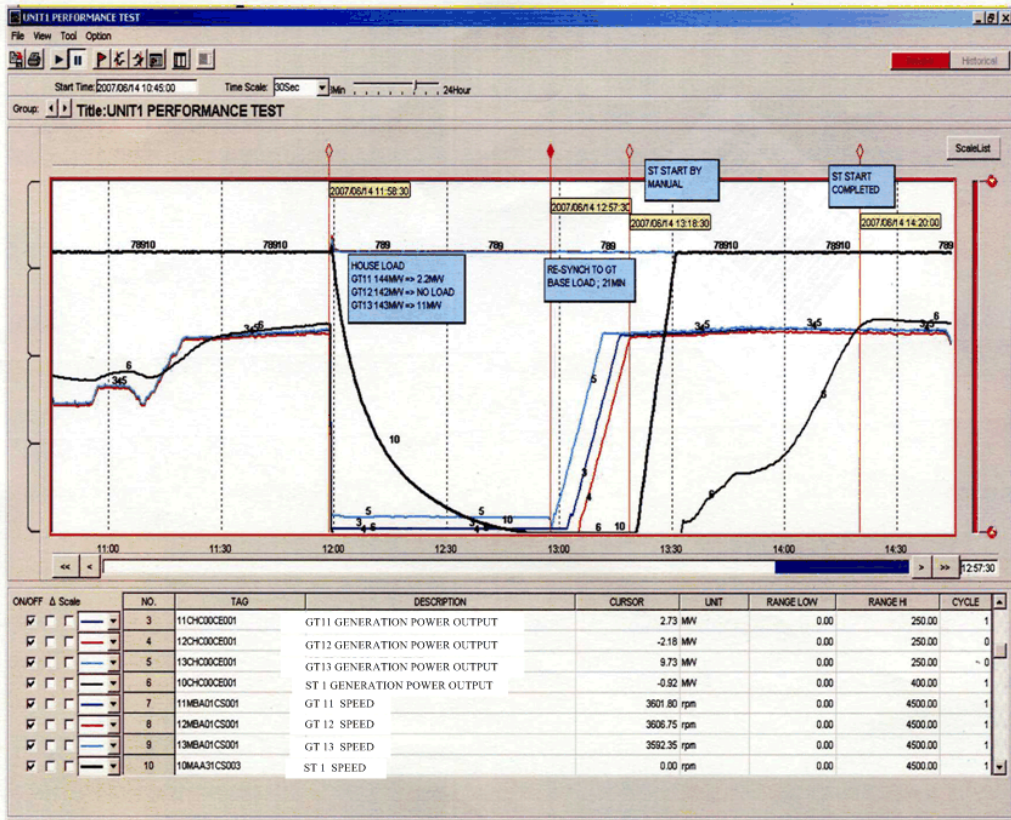


圖 16 一號機 House Load 運轉負載變化趨勢圖



圖 17 一號機 House Load 運轉速度趨勢圖

(3).對機組振動之影響：

House Load 運轉後，ST1 跳脫停機，振動變為 0 μm ，GT1-2 於 52G 打開與系統解聯，維持在額定轉速 3600rpm，振動值因無負載而略有降低，GT1-1、GT1-3 則振動變化不大，遠低於警報值 125 μm 及跳脫值 200 μm 之下，詳下表 7 一號機 House Load 運轉前、後各軸承振動變化所示。

表 7 一號機 House Load 運轉前、後各軸承振動變化

機組	測試	各軸承振動值(μm)						
		1	2	3	4	5	6	7
GT1-1	前	19.6	20.9	12.1	10.7	59.2		
	後	15.8	33.4	12.5	10.9	59.1		
GT1-2	前	23.1	29.4	5.4	15.1	24.0		
	後	20.8	17.7	8.7	13.2	22.6		
GT1-3	前	17.1	21.8	21.6	9.2	21.2		
	後	21.7	16.4	18.5	9.5	22.7		
ST 1	前	15.0	19.4	22.4	23.6	10.4	9.3	11
	後	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0

註：振動值設定：警報值 125 μm ；跳脫值 200 μm 。

(4).對冷凝器真空度之影響：

House Load 運轉測試，高、中、低壓蒸汽均排入冷凝器，絕對真空壓力由 5.82KPa 上升至 8.59KPa。

(5).對汽水鼓水位之影響：

House Load 剛發生時，各 HRSG 的低壓汽水鼓水位在 5 分鐘內降至最低，隨即緩緩恢復正常，至於中、高壓汽水鼓水位，前 6 分鐘先震盪增加隨即漸降，約 13 分鐘即恢復穩定，水位變化均正常，如圖 18 一號機 House Load 各 HRSG 汽水鼓水位變化所示。

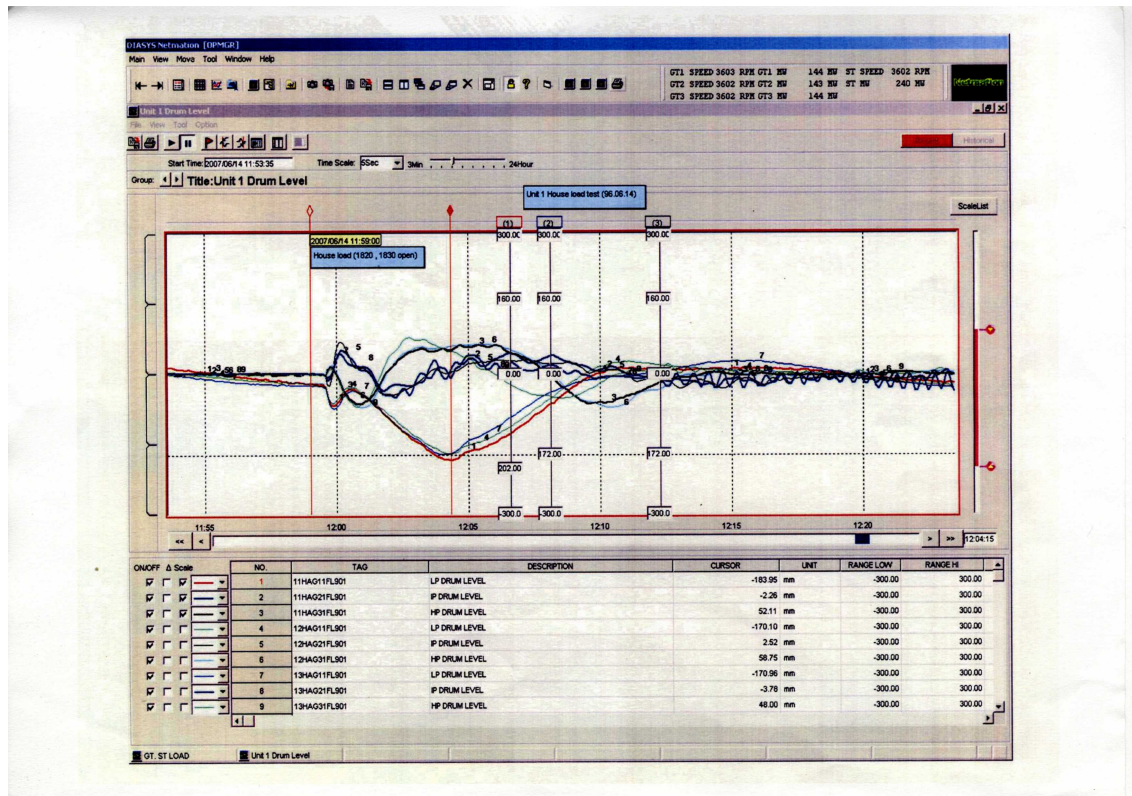


圖 18、一號機 House Load 各 HRSG 汽水鼓水位變化

(6).對汽水鼓壓力及飼水條件（溫度及流量）之影響：

各 HRSG 高壓汽水鼓壓力由 10.4MPa 降至 4.4MPa，中壓汽水鼓壓力由 3.1MPa 降至 1.1MPa，低壓汽水鼓壓力由 0.55MPa 降至 0.44MPa，如下表 8 所示。

表 8 一號機 House Load 測試之飼水條件及汽水鼓壓力變化

		高壓汽水鼓			中壓汽水鼓			低壓汽水鼓		
		飼水 流量 (t/h)	飼水 溫度 (°C)	壓力 (Mpa)	飼水 流量 (t/h)	飼水 溫度 (°C)	壓力 Mpa	飼水 流量 (t/h)	飼水 溫度 (°C)	壓力 (Mpa)
HRSG 1-1	前	158.5	320.4	10.52	30.1	236.2	3.13	24.6	162.2	0.55
	後	66.3	260.8	4.41	27.1	193.3	1.18	19.2	151.8	0.44
HRSG 1-2	前	161.8	319.5	10.43	28.8	234.4	3.12	25.2	160.4	0.55
	後	64.4	260.2	4.39	26.8	191	1.18	19.6	151.5	0.44
HRSG 1-3	前	168.3	321.3	10.58	28.3	232.7	3.13	23.3	160.5	0.54
	後	81.1	263.4	4.49	26.1	190.4	1.19	18.1	153.3	0.43

(7).對主蒸汽壓力的影響：House Load 運轉發生後，ST1 跳脫停機，蒸汽藉由旁通系統洩至冷凝器，故蒸汽管路之安全閥也均未動作。

表 9 為大潭發電廠一至六號機組於 98 年 10 月以後燃燒天然氣廠內用電運轉之測試方法、過程、結果及改善措施，表中單一台 GT 的測試是在 120MW 半載運轉下，以手動啓斷 52H 為觸發信號，因 1~2 號機在 96 年 6 月 21 日 3 號機測試失敗前，都已完成測試，故未再重複執行 1~2 號機單一台 GT 半載測試，同時表 9 是 96 年 6 月 21 日 3 號機測試失敗後，相關單位重新檢討及功能強化後之測試結果，而整部機滿載測試是模擬 GT 轉速過高、GT 轉速過低或 GT 負載突降為觸發信號，經相關單位(電力調度處、發電處、核火工處、大潭發電廠)討論後，在不違反廠家規範下，考量機組特性，訂定測試週期為等效運轉時數 EOH(equivalent operating hours)達 32,000 小時，約三年半測試一次，預計明年開始陸續重新測試廠內用電運轉功能。

表 9 中 99 年 1 月 11 日 2 號機滿載測試及 99 年 1 月 27 日 3 號機滿載測試時失敗，另擇期重試，其他部機組測試皆成功。當機組進入廠內用電運轉時，需確認功能是否正常，如 52H 啓斷後，GT 快速降載、轉速升高後迅速回復到額定轉速，維持低載供給廠內輔機用電，ST 卸載跳機且相關輔機運作正常，無異常狀況後，再依復原操作程序併回系統，即手動投入 52H。

5.調度實測：

實測時間：100 年 04 月 19 日

21:29 調度”張”主任以調度直撥電話指令 GT5-2 (GT5-2, ST5 運轉中)

手動進入廠內用電運轉。

21:30 GT5-2 進入廠內用電運轉，ST5 TRIP。

21:39 GT5-2 併回系統。GT5-2 升載，起動 ST5。

22:10 ST5 併聯。

測試結果正常。

表 9 廠內用電運轉之測試過程及結果

機組別	測試日期	測試前機組運轉狀況	測試方法	測試結果	改善措施
Unit 1	98.11.11	燃氣滿載 (795MW)	模擬高頻>61.2Hz (3673rpm)	正常	
Unit 2	99.01.11	燃氣滿載 (808MW)	模擬低頻<57Hz (3420rpm)	GT2-1 跳機，餘正常	GT2-1 燃燒調校後於 99 年 1 月 26 日重測正常
Unit 2	99.01.26	燃氣滿載 (820MW)	模擬低頻<57Hz (3420rpm)	正常	
GT3-1	99.01.26	120MW(GT3-2/ST3 停機)	手動啓斷 52H	正常	
Unit 3	99.01.27	滿載 (775MW)	模擬負載突降	正常 (併回系統後 GT3-2 跳機)	1. MW Range-over 設定由 -16MW 改為 -40MW 2. GT 以較高轉速併回系統，併回入系統後即改為負載控制
GT3-2	99.01.27	60MW (GT3-1 60MW/ST3 停機)	手動啓斷 52H	正常	
GT4-1	98.10.27	120MW(GT4-2/ST4 停機)	手動啓斷 52H	正常	
Unit 4	98.10.28	滿載 (751MW)	模擬高頻>61.2Hz (3673rpm)	正常	
GT5-1	98.10.20	120MW(GT5-2/ST5 停機)	手動啓斷 52H	正常	
Unit 5	98.10.21	滿載 (754MW)	模擬低頻<57Hz (3420rpm)	正常	
GT6-1	98.12.22	120MW(GT6-2/ST6 停機)	手動啓斷 52H	正常	
Unit 6	98.12.29	滿載 (778MW)	模擬負載突降	正常	

註:目前實測週期為等效運轉時數 EOH(equivalent operating hours) 32,000 小時(約三年半)

(三) 廠內用電運轉併回系統及線路加壓程序：

大潭電廠廠內用電運轉併回系統及線路加壓與系統合聯測試，依本廠 161kV、345kV 機組及開關場系統共規劃三次不同路徑進行測試，分為 345kV 機組經 345kV 開關場到 161kV 開關場加壓 161kV 外線路、161kV 機組經 161kV 開關場加壓 161kV 外線路及 345kV 機組經 345kV 開關場加壓 345kV 外線路，表 10 為測試結果。圖 19~圖 22 為廠內用電運轉時對線路加壓路徑及與系統合

聯之測試情形，加壓路徑及合聯點是由電力調度處預先規劃，路徑上之匯流排、輸電線及設備依預先擬訂之操作程序書做負載轉供後再加壓供電。三次測試過程及結果如下：

1. 345kV 機組經 345kV 開關場到 161kV 開關場加壓 161kV 外線路，圖 19 是以 GT4-1 為廠內用電測試機組對系統加壓供電，其操作程序簡要如下：首先投入大潭 345kV 開關場 CB 3540(345kV 開關場 #1 Bus 受電)→投入大潭 345kV 開關場 CB 3710(#1 連絡變壓器一次側受電)→投入大潭 161kV 開關場 CB 1750(161kV 開關場 #5 Bus 受電)→投入大潭 161kV 開關場 CB 2300(161kV 開關場#3 Bus 及大潭-觀音紅線受電，大潭 161kV 開關場#3 Bus 至大潭-觀音紅線 CB 1570 預先在投入位置)→投入大潭 #1 連絡變壓器之電抗器 CB 510(TT1 電抗器使用)，使用觀音變電所同步儀，依中央調度中心指令，手動調整 GT4-1 發電機電壓及轉速，於同步點時由觀音變電所手動投入 CB 1530，即由大潭-觀音紅線與系統合聯。重要操作過程及運轉數據如下：

14:30 GT4-1 廠內用電運轉時，GT4-1 發電機輸出功率：4.2MW、虛功：-2.7MVAR、端電壓：15.0kV，電流：0.17kA，轉速：3608rpm。

15:23 投入 CB 3540(由 GT4-1 加壓至大潭 345kV 開關場#1 Bus)，GT4-1 發電機輸出功率：4.2MW、虛功：-3.1MVAR、端電壓：15.0kV、電流：0.17kA、轉速：3604rpm。

15:30 投入 CB 3710(大潭#1 連絡變壓器一次側受電)，GT4-1 發電機輸出功率：4.3MW、虛功：-5.54MVAR、端電壓：15.0kV、電流：0.38KA、轉速：3605rpm。

15:40 投入 CB 1750(大潭 161kV 開關場 #5 Bus 受電)，GT4-1 發電機輸出功率：4.3MW、虛功：-5.54MVAR、端電壓：15.1kV、電流：0.22kA、轉速：3604rpm。

15:54 投入 CB 2300 (大潭 161kV 開關場 #3 Bus 及大潭-觀音紅線受電)，GT4-1 發電機輸出功率：3.9MW、虛功：-56.79MVAR、端電壓：15.6kV、

電流：2.09kA、轉速：3604rpm，虛功(MVAR)變化大，因為大潭-觀音紅線地下電纜線的弗倫第效應(Ferrnati effect)。

15:59 投入 CB 510 (大潭#1 連絡變壓器之 40MVAR 電抗器使用)，GT4-1 發電機輸出功率：4.3MW、虛功：-15.53MVAR、端電壓：15.2kV、電流：0.58kA、轉速：3605rpm(MVAR 變化大)。

16:11 依中央調度中心指令，調整 GT4-1 電壓及轉速，經觀音變電所之同步儀檢驗同步，並以同步儀 SLOW 轉向，由觀音變電所投入 CB 1530 與系統合聯，合聯後 GT4-1 發電機輸出功率：8.1MW、虛功：-16.78MVAR、端電壓：15.4kV、電流：0.63kA、轉速：3603rpm。

16:23 由觀音變電所啓斷 CB 1530(GT4-1 孤島運轉)，GT4-1 發電機輸出功率：4.4MW、虛功：-16.86MVAR、端電壓：15.4kV、電流：0.59kA，轉速：3611rpm。

16:30 依中央調度中心指令，調整 GT4-1 電壓及轉速，經觀音變電所之同步儀檢驗同步，並以同步儀 FAST 轉向，由觀音變電所投入 CB 1530 與系統合聯，合聯後 GT4-1 發電機輸出功率：1.8MW、虛功：-15.95MVAR、端電壓：15.4kV、電流：0.54kA、轉速：3596rpm(GT4-1 發電機輸出最低為-12.52MW)。

圖 20 GT4-1 House Load Operation 時對系統加壓負載及電壓變化，由趨勢圖可得知，當大潭-觀音紅線受電加壓時，虛功變化較大，原因是地下電纜線的弗倫第效應(Ferrnati effect)，若是系統全黑要加壓線路因為負載較輕亦會有相同效應，所以測試過程中必須使用 40MVAR 電抗器以抵消弗倫第效應造成的高電壓。此測試證實了由大潭 345kV 機組經 345kV 開關場到 161kV 開關場加壓 161kV 聯外輸電線路，再由變電所與系統合聯之可行性。

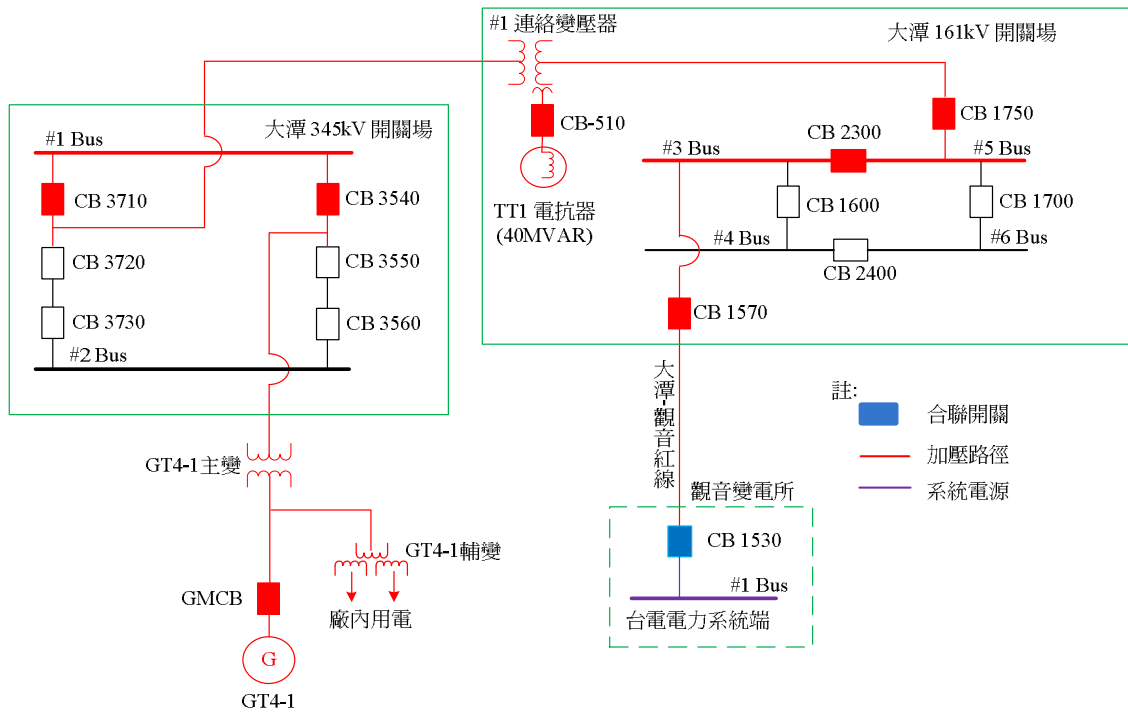


圖 19 GT4-1 House Load Operation 時對系統加壓路徑簡圖

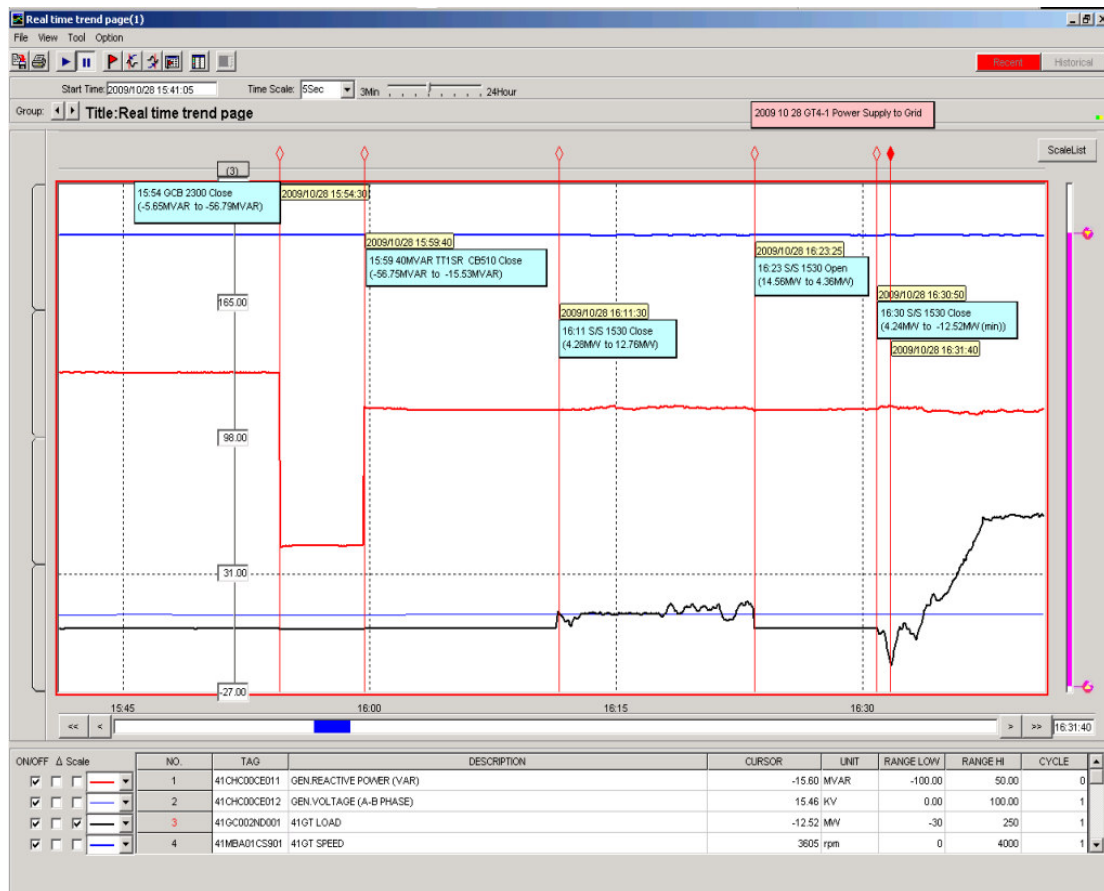


圖 20 GT4-1 House Load Operation 時對系統加壓負載及電壓變化

2. 161kV 機組經 161kV 開關場加壓 161kV 外線路，圖 21 是以 GT1-1 為廠內用電運轉機組加壓系統供電，其操作程序簡要如下：首先投入大潭 161kV 開關場 CB 1820(161kV 開關場 #2 Bus 受電)，使用大潭 161kV 開關場同步儀，依中央調度中心指令，手動調整 GT1-1 發電機電壓及轉速，於同步點時由大潭 161kV 開關場手動投入 CB 1520，由大潭 161kV 開關場#2 Bus 與系統合聯。此測試證實由大潭 161kV 機組經 161kV 開關場加壓 161kV 外線路，再與系統合聯之可行性。

重要操作過程及運轉數據如下：

- 14:30 GT1-1 廠內用電運轉時，GT1-1 發電機輸出功率：1.5MW、虛功：-1.28MVAR、端電壓：15.6kV，電流：0.04kA，轉速：3608rpm。
- 15:16 投入 CB 1820 (由 GT1-1 加壓至大潭 161kV 開關場 #2 Bus)，GT1-1 發電機輸出功率：1.5MW、虛功：-1.44MVAR、端電壓：15.6kV、電流：0.04kA、轉速：3601rpm。
- 15:20 依中央調度中心指令，調整 GT1-1 電壓及轉速，經大潭 161kV 開關場之同步儀檢驗同步，並以同步儀 SLOW 轉向，手動投入 CB 1520 與系統合聯，合聯後 GT1-1 發電機輸出功率：1.3MW、虛功：-1.6MVAR、端電壓：15.6kV、電流：0.04kA、轉速：3602rpm。手動投入 CB 1520 時之電壓及頻率如下：

Line (GCB 1520 線路側)	161kV GIS #2 Bus(GT1-1)
159.1kV	160.1kV
60.01Hz	60.02Hz
161kV GIS #2 BUS 頻率高於 GCB 1520 線路側，而 GIS MP 盤之同步儀指示為 SLOW 方向	

GT1-1 發電機輸出功率：1.3MW，虛功：-1.6MVAR，端電壓：15.6kV，輸出電流：0.4kA，轉速：3602rpm。

15:28 由大潭 161kV 開關場手動啓斷 CB 1520(GT1-1 廠內用電運轉),GT1-1 發電機輸出功率：1.3MW、虛功：-1.6MVAR、端電壓：15.5kV、電流：0.04kA、轉速：3609rpm。

15:33 依中央調度中心指令，調整 GT1-1 電壓及轉速，經大潭 161kV 開關場之同步儀檢驗同步，並以同步儀 FAST 轉向，手動投入 CB 1520 與系統合聯，合聯後 GT1-1 發電機輸出功率：-1.75MW、虛功：-1.48MVAR、端電壓：15.5kV、電流：0.28kA、轉速：3603rpm。手動投入 CB 1520 時之電壓及頻率如下：

Line (GCB 1520 線路側)	161kV GIS #2 Bus(GT1-1)
159.9kV	160.0kV
60.04Hz	60.03Hz
161kV GIS #2 BUS 頻率高於 GCB 1520 線路側，而 GIS MP 盤之同步儀指示為 FAST 方向	

GT1-1 發電機輸出功率：1.3→-1.75MW，虛功：-1.6→-1.48MVAR，端電壓：15.6kV，輸出電流：0.4→0.28kA，轉速：3602rpm。

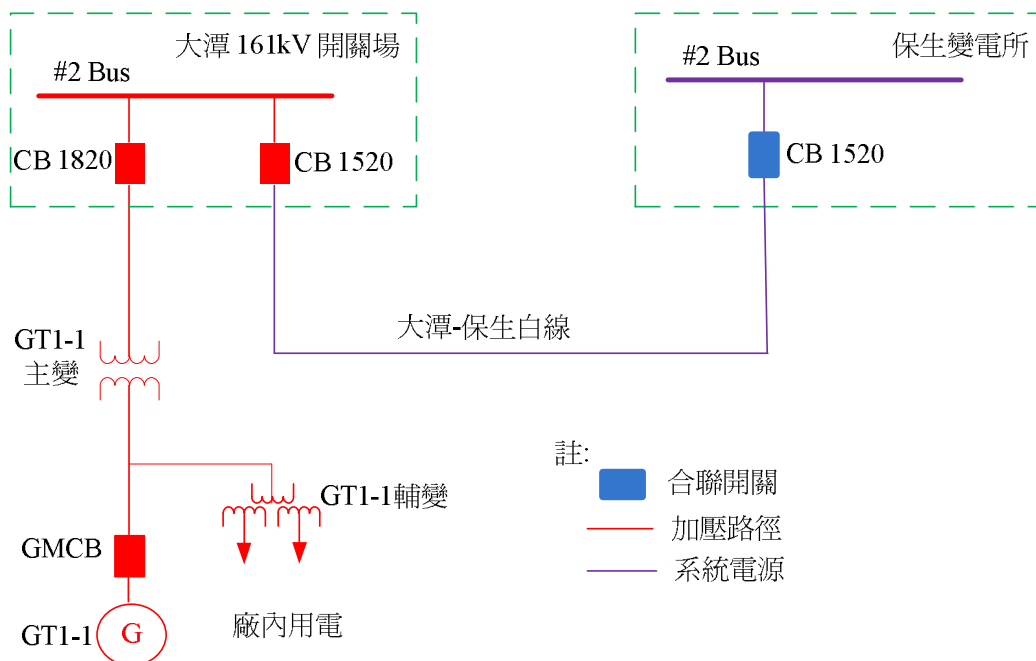


圖 20 GT1-1 House Load Operation 時對系統加壓路徑簡圖

3.345kV 機組經 345kV 開關場加壓 345kV 外線路，圖 21 是以 GT6-2 為廠內用電運轉機組加壓系統供電，其操作程序簡要如下：首先投入大潭 345kV 開關場 CB 3690(345kV 開關場 #2 Bus 加壓)→投入大潭 345kV 開關場 CB 3630(大潭-龍潭南白線加壓)→投入龍潭變電所 CB 3920(龍潭變電所#5 ATR 加壓)→投入龍潭變電所 CB 550(龍潭變電所#5 ATR 之電抗器使用)，使用龍潭變電所同步儀，依中央調度中心指令，手動調整 GT6-2 發電機電壓及轉速，於同步點時由龍潭變電所手動投入 CB-3910，由大潭-龍潭南白線與系統合聯。此測試證實由大潭 345kV 機組經 345kV 開關場加壓 345kV 外線路，再由變電所與系統合聯之可行性。

重要操作過程及運轉數據如下：

- 14:40 GT6-2 廠內用電運轉時，GT6-2 發電機輸出功率：7MW、虛功：-2MVAR、端電壓：15.2kV。
- 15:21 投入 CB 3690(由 GT6-2 加壓大潭 345kV 開關場 #2 Bus)，GT6-2 發電機輸出功率：7MW、虛功：-2MVAR、端電壓：15.2kV。
- 15:26 投入 CB 3630(大潭-龍潭南白線受電)，GT6-2 發電機輸出功率：8MW、虛功：-24MVAR、端電壓：15.2kV(MVAR 變化大)。
- 15:32 投入 CB 3920(龍潭南 #5 ATR 受電)，GT6-2 發電機輸出功率：8MW、虛功：-24MVAR、端電壓：15.2kV。
- 15:38 GT6-2 電壓調高至 15.5kV。
- 15:40 投入 CB 550(龍潭南 #5 ATR 三次側之電抗器使用)，GT6-2 發電機輸出功率：8MW、虛功：13MVAR、端電壓：15.5kV(MVAR 變化大)。
- 15:43 GT6-2 電壓調低至 15.3kV。
- 15:48 依中央調度中心指令，調整 GT6-2 電壓及轉速(3604rpm)，經龍潭變電所之同步儀檢驗同步，並以同步儀 SLOW 轉向，由龍潭變電所投入 CB 3910

與系統合聯，合聯後 GT6-2 發電機輸出功率：18MW、虛功：22MVAR、端電壓：15.3kV(GT6-2 發電機輸出最高為 20MW)。

15:55 由龍潭變電所啓斷 CB 3910(GT6-2 孤島運轉)，GT6-2 發電機輸出功率：8MW、虛功：13MVAR、端電壓：15.3kV。

15:58 依中央調度中心指令，調整 GT6-2 電壓及轉速(3597rpm)，經龍潭變電所之同步儀檢驗同步，並以同步儀 FAST 轉向，由龍潭變電所投入 CB 3910 與系統合聯，合聯後 GT6-2 發電機輸出功率：4MW、虛功：21MVAR、端電壓：15.3kV(GT6-2 發電機輸出最低為 0.64MW)。

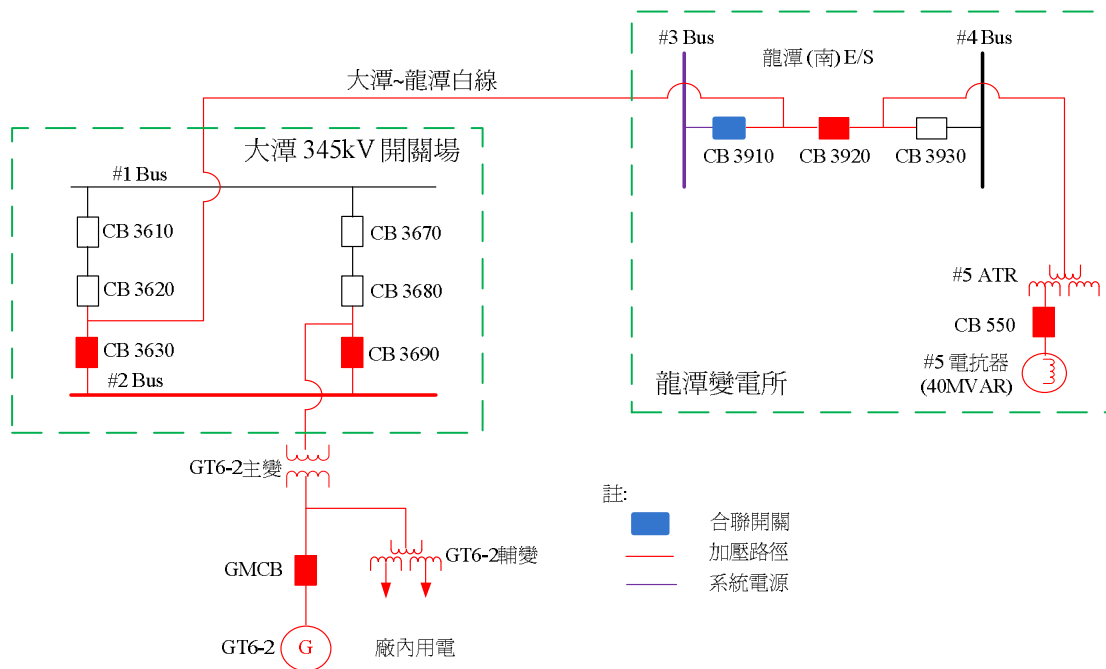


圖 21 GT6-2 House Load Operation 時對系統加壓路徑簡圖

表 10 廠內用電運轉時對系統加壓與合聯測試結果

機組別	測試日期	加壓路徑與合聯點	測試結果
GT4-1	98.10.28	GT4-1→大潭 345kV 開關場 #1 Bus→大潭#1 連絡變壓器→大潭 161kV 開關場#5 Bus→大潭 161kV 開關場#3 Bus→大潭-觀音紅線。由大潭-觀音紅線與系統合聯。	正常
GT1-1	98.11.11	GT1-1→大潭 161kV 開關場#2 Bus。由大潭 161kV 開關場#2 Bus 與系統合聯。	正常
GT6-2	98.12.29	GT6-2→大潭 345kV 開關場#2 Bus→大潭-龍潭南白線。由大潭-龍潭南白線與系統合聯。	正常

(四) 廠內用電運轉之應用

有關廠內用電運轉之應用，目前使用的是與簡易型特殊保護系統 SPS (Special Protection System)之結合應用，說明如下：大潭地區於系統尖峰及中載時，若遇大潭~竹工或竹工~龍潭南 N-2 事故時，大潭電廠出力無法經 345kV 線路外送，將導致大潭機組發生暫態不穩定現象。為解決大潭機組發生暫態不穩定現象，因此設計一套特殊保護系統 SPS，在事故發生時跳脫部分大潭機組以解決機組暫態不穩定，自三~六號機組將已選擇遙跳機組，依序跳脫進入 HOUSE LOAD，以避免頻率下降過低，導致低頻電驛動作。

為維護竹工一二路龍潭紅白線發生 N-2 事故危及竹工至龍潭間 161kV 線路安全，於竹工超高壓變電所 E/S 裝設 50+2 遙跳機組保護電驛予以保護，當偵測 161kV 竹工~新工線超載量超出 73%以上時，經 3 秒後跳脫大潭 345kV 機組至 3 台 GT 以下，跳脫機組進入 HOUSE LOAD 模式運轉。若通訊故障導致遙跳機組無法成功，161kV 竹工~新工線超載超出 73%以上達 50 秒後，將啓斷該線路於竹工 E/S 端斷路器 (CB 1720) 以避免 161kV 龍潭~新工分歧線架空導線下垂造成公共意外，如圖 22 大潭外線路簡圖。若事故排除，可依調度需求併入系統，加速系統復電時間。設備操作說明及注意事項如下：

1. 簡易型特殊保護系統 SPS 於大潭 GIS 設計有跳脫 GT 手動選擇開關 43R，由中央調度室指令大潭值班主任負責操作，當大潭 345kV 機組併用第 4 台 GT 時，則指令 1 台接受遙跳 GT 之 43R 置於「使用」位置。大潭 345kV 機組之 GT 併用數與需指令接受遙跳之 GT 機組數對應如下表，(指令接受遙跳 GT 數=併用 GT 數-3)：

運轉 GT 數	指令遙跳 GT 數
4	1
5	2
6	3

2. 簡易型特殊保護系統 SPS 於竹工 E/S 設計有 50+2 之使用/閉鎖開關，由中央調度室視需要指令竹工 E/S 值班主任負責操作。

- 指令接受遙跳 GT 之 43R 置於「使用」位置以併聯 2+1 運轉機組優先，並採取先併用先使用為原則。
- 若簡易型特殊保護系統 SPS 通訊設備故障導致遙跳機組無法成功，將於 161kV 竹工~新工線路載流量達 4110A 以上時，50 秒後將該線路於竹工 E/S 端斷路器（CB 1720）啓斷，以避免 161kV 龍潭~新工分歧線架空導線下垂造成公共意外。

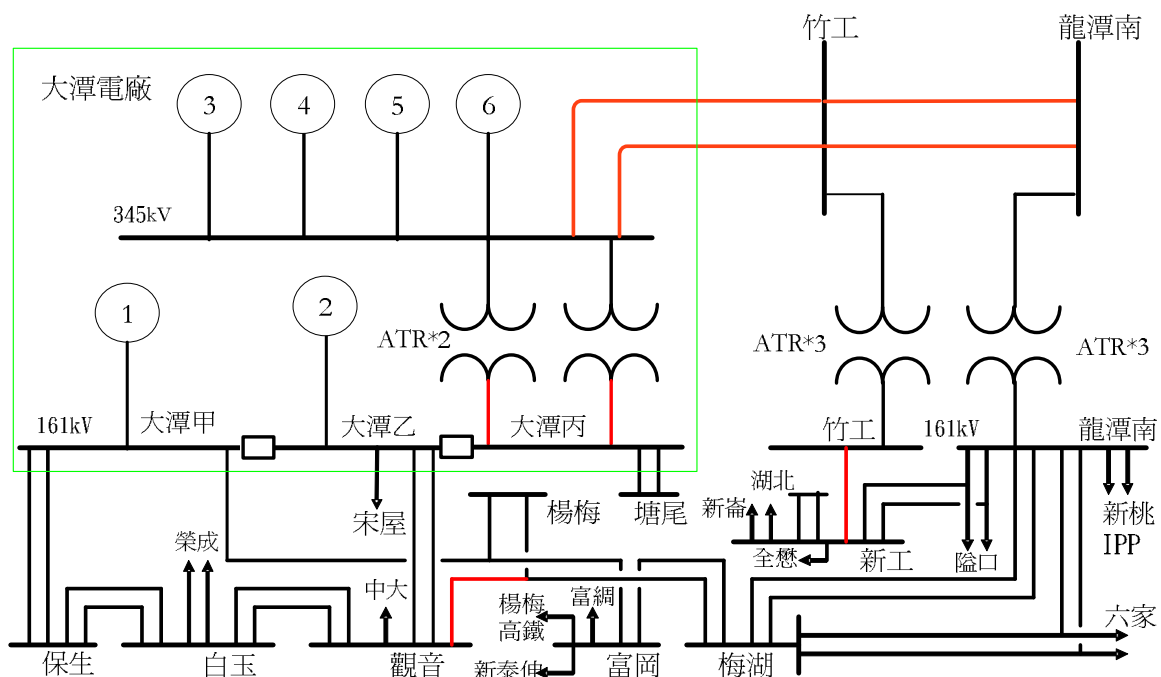


圖 22 大潭外線路簡圖

（五）廠內用電運轉持續時間預估

根據台灣中油公司 96.03.20 提供本廠天然氣來源中斷後，幹壓維持時間資料如表 11，天然氣供氣管路幹壓約控制在 65~70 Kg/cm²，當系統發生全黑時，天然氣幹壓若為 70Kg/cm²，當幹壓降至本廠機組最低運轉壓力 42 Kg/cm²（平常 53 Kg/cm²）計算，可供使用量共 2,007.86KM³，若依足供六部機組（用氣量約 600ton/hr）滿載使用約 **2 小時 34 分鐘**；若全黑當時天然氣幹壓為 65Kg/cm²，當幹壓降至 42 Kg/cm²，可供使用量共 1,649.32KM³，則約可維持 **2 小時 6 分鐘**；

亦即若發生系統全黑大停電，本廠 6 部機組若皆在 House Load 運轉狀況下，以每部機 17MW 負載的用氣量需求約 13KM³/H 來計算，推估全廠機組可運轉約 9 小時，如僅維持一部機運轉，則可維持 126 小時。另若 5 部機皆在 House Load 運轉下，另一部機 1 ON 1 運轉（GT 負載約 150MW）則該運轉狀況可維持約 15 小時，其算法為 1649.32/(13×5+40.3×1)=15.6。若維持 4 部 GT 運轉（4 部 GT ENABLE）則約可運轉 31 小時。

另經與中油桃園配氣站之人員連繫，天然氣供應系統備有緊供柴油機及 UPS 等設備，縱然於系統全黑下短時間內亦能供氣無虞，若能配合系統復電優先供電至中油配氣站饋線，則更能確保本廠氣源之正常供給。

表 11 大潭發電廠天然氣來源中斷後幹壓維持時間

D 管內徑 (in)	34.25	34.25
天然氣管路幹壓 (Kg/cm ²)	65	70
機組最低運轉壓力 (Kg/cm ²)	42	42
管長 (km)	125	125
可使用量 (KM ³)	1,649.32	2,007.86
600 ton/hr 下，使用時間 (小時)	2.10	2.56
600 ton/hr 下，使用時間 (分鐘)	126	154

四、結論

- (一) 729 及 921 全國大停電殷鑑不遠，近年來國際間亦有重大之停電事故發生，諸如 2003 年 8 月 14 日美加大停電及 2012 年 6 月 29 日美國東部之大停電；而本公司之電力系統並不像歐、美、日本或其他國家，有許多不同之電力系統互聯能相互支援，於全黑情況下只能自救，基於系統運轉安全之考量，全黑起動機組之設置成爲難以迴避之課題，而本廠一至六號機組 House Load 之測試成功，實足以擔任全黑起動機組之備援。
- (二) 全黑起動機組之設置是系統運轉安全不可或缺之一環，本公司也一直有在本廠設置全黑起動機組之議，惟所需金額龐大，僅一台 150MW 氣渦

輪機即需花費約 30 億元。本廠一至六號機運轉中之 GT 或選用廠內用電運轉之 GT 皆能於系統全黑下維持 House Load 運轉，萬一系統有突發性全黑時，即可提供系統之全黑起動電源以一、二號機組 2 台 GT，三至六號機 2 台 GT 計算共約有 $150\text{MW}+150\text{MW}+234\text{MW}+234\text{MW}=768\text{MW}$ ，ST 亦維持於最熱機之起動條件，整組機組能於 2 小時內由 GT 及 ST 陸續併入系統到整部機組滿載。故本項 House Load 之測試成功，至少為本公司擷節數十億以上之全黑機組投資費用。

(三) 一般設置全黑起動機組以 150MW 之 GT 為例，因 GT 本身亦有其必要之輔機，故尚須有一台約 10MW 之柴油發電機先行起動，提供 GT 輔機電源，然後 GT 方能起動，以此估算自系統全黑至 GT 起動併聯升至滿載至少需 30 分鐘以上，而本廠機組在全黑後維持於 House Load 運轉，只要系統故障清除，立即可併入系統提供系統電力，可縮短全黑後系統之復電時間，其貢獻之鉅更難以用金錢估量。

(四) 由測試結果，廠內用電運轉在系統復電過程中，可依調度需求，隨時併入系統，提供重要負載及其他發電機組起動之電力，做為全黑起動機組之備援，縮短系統復電時間、提高發電機組運轉可靠度及運轉安全，對於系統重建有極大的功能。

(五) 無 House Load 功能之機組，尤其是傳統汽力機組，於系統全黑後必面臨跳機、緊急處理、等待系統復電再重新起動之漫長過程，且於全黑時因廠內用電全失，必須起動緊急柴油發電機，以確保機組能安全停機，但於全黑之情況下值班人員所須面對不僅是系統的問題，各項設備陸續跳脫，警報紛陳雜沓而來，尤其當前新設電廠用人至為精簡，於全黑時更無暇處理，又若緊急柴油發電機無法正常起動或起動後備電源無法順利轉供，勢必造成機組之損害，而具 House Load 能力之機組，在全黑下發電機組與系統隔離，各輔機用電均自給自足，不必起動緊急柴油發電機，亦無繁瑣之緊急處理程序，讓機組維持於正常運轉之條件下，對系統及

電廠之運轉安全實有莫大之貢獻。

- (六) 本公司水力機組大部分位於中部地區，因此中部地區全黑起動能力（含大甲溪電廠、濁水溪系電廠、通霄及台中電廠氣渦輪機組）無虞，而北部欠缺全黑起動電源，所以大潭電廠廠內用電運轉的加入可做為北部地區全黑起動機組之備援。

五、研習心得及建議

- (一) 首先感謝各級長官給予職此次出國實習的機會，本次奉派出國到日本三菱重工接受廠內用電運轉訓練，有機會與原廠家討論相關設計邏輯，不僅在專業知識上有更深的了解，更開拓了個人視野，對於日後工作，深感獲益良多。實習過程中提出較為深入問題如：所設計其他電廠廠內用電運轉邏輯及測試結果，日本有無實際動作經驗等等，三菱公司總以 Security 為由帶過而無正面回應，而成為此次實習所遭遇的困難。
- (二) 廠內用電運轉功能的應用，與 SPS 特殊保護系統結合，可解決機組的暫態不穩定，另外最近本廠海水泵室進水口淤積，造成機組跳機及停機，可考慮於低潮位時機組進入廠內用電運轉以減少冷凝器蒸汽排放量，避免機組因低真空跳機，也可於潮位回升時併入系統加快供電時間，並減少機組跳機或停機對系統的衝擊。
- (三) 三菱公司的工程師長期只接觸機組部分，對於電力系統的觀念較薄弱，結合機組與系統的應用就是台電人員的優勢，所以原始三菱公司設計的廠內用電運轉觸發條件只有「GT 負載突降」與「52H 啓斷」2 種情況，由於廠內長官與調度處、發電處及核火工處開會討論，考慮系統狀況及需求，而將有關系統頻率的「GT 轉速過高」與「GT 轉速過低」2 種情況加入廠內用電運轉觸發條件，使廠內用電運轉功能更完備，而對此新增條件，三菱公司工程師亦感興趣。建議將此觸發廠內用電運轉新增之 2 條件

提供友廠參考，並回饋核火工處。

(四) 本廠值班人員至為精簡，若系統突發性事故發生，造成全廠全黑，以本廠之值班人力應付廠內多達 20 台之 GT、ST 發電機組之緊急應變操作已然不足，更遑論數量龐大之輔機及其他週邊設備，所以廠內用電運轉有其必要性。廠內用電運轉技術已成熟，在系統全黑下，本功能雖無法取代全黑起動機組，但如作為系統全黑下之備援，對系統之復電亦有莫大之助益。建議未來新建複循環機組將廠內用電運轉功能納入與承商的建造合約內，既有機組亦可考量增設此功能。