

出國報告（出國類別：實習）

台中發電廠九、十號機主汽輪機 及 EHC 液壓控制系統設備、元件維護

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：吳水順 / 主辦汽機主機專員

派赴國家：日本

出國期間：98 年 11 月 15 日~98 年 11 月 28 日

報告日期：99 年 1 月 6 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：台中發電廠九、十號機主汽輪機及 EHC 液壓控制系統設備、
元件維護

頁數 32 含附件：☐是☐否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力股份有限公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

吳水順/台灣電力公司/大林發電廠/主機主辦專員/(07)8711151~251

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☒4 實習☐5 其他

出國期間： 98/11/15~98/11/28 出國地區：日本

報告日期：99/1/6

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

由於大林電廠部份機組已運轉 40 年，發電效率已明顯不及先進機組，部份配件更因停產而難以取得，已造成維護困難，因此必須尋找替代品及學習新技術；且大林電廠部份機組正進行更新改建計畫，因此必須學習先進機組之相關技術。由於台中發電廠第九、十號機主汽輪機為台電公司最近新建完成機組，屬於日本 TOSHIBA 公司製造之先進機組，不論是電廠的更新、機組維護或配件之替代，皆為非常適當的研習處所。

本文首先介紹台中發電廠第九、十號機主汽輪機的設備元件、維護介紹及 EHC 控制設備元件、維護介紹；再針對目前大林電廠既有之三菱機組及奇異機組和台中電廠之 TOSHIBA 機組之汽輪機設備差異比較、潤滑油和液壓油差異比較及油系統控制設備之差異比較；並就台中電廠之 TOSHIBA 機組目前運轉上所發現的問題及希望改善方法和日本東芝公司進行討論之記錄；最後則是對大林電廠新建機組在 EHC 設備提出改善建議。

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

目 錄

壹、研習目的.....	1
貳、研習過程.....	1
參、實習心得.....	2
3-1 主汽輪機設備、元件維護介紹.....	3
3-2 EHC 液壓控制系統設備、元件維護介紹.....	9
3-3 大林電廠既有機組和台中電廠九、十號機組比較...	12
肆、台中電廠九、十號機運轉問題與 TOSHIBA 公司討論...	28
伍、結語與建議.....	32

壹、研習目的

近年來因電腦科技及機械材料的發展，使得汽輪發電機組在設計、安裝、運轉及維護有非常重大變革，重要組件在材料上已研發出更能耐高溫高壓衝擊之汽缸、轉子、葉片及蒸汽閥等，而油系統控制方式已由傳統之繁雜笨重且龐大的機構油壓式控制改變為輕巧的電子液壓控制方式(EHC)，不但節省維護人力、降低維護成本且大幅的提升汽輪機運轉效率。而大林電廠自建廠至今已 40 年，發電效率已明顯不及先進機組，且設備漸趨劣化，部份配件因已停產而難以取得，造成維護困難，實為本公司穩定電力供應之隱憂，因此在汽機改造工程或配件尋找替代品則是迫在眉睫，不得遲緩之急。

大林電廠部份機組更新改建計畫是本公司既定的政策，目前更新案已通過環評許可先改建兩部 80 萬仟瓦之超臨界全新機組，因此對於先進之主汽輪機及 EHC 液壓控制系統設備、元件維護必須立即進行相關知識之研習。由於台中發電廠第九、十號機主汽輪機為台電公司最近新建完成機組，屬於日本 TOSHIBA 公司製造之先進機組，該公司又與美國知名的 GE 公司有設計、製造之技術合作關係，在從事汽機改造上具備足過的水準。因此不論是電廠的更新、機組維護或配件之替代，皆為非常適當的研習處所。

貳、研習過程

日期	城市及機構	工作內容
98/11/15	高雄 → 日本橫濱	去程
98/11/16~98/11/24	日本橫濱 東芝公司京濱事業所	研習主汽輪機及 EHC 液壓設備、元件維護
98/11/25~98/11/27	日本東京 東芝公司府中事業所	研習主汽輪機及 EHC 液壓控制設備、元件維護
98/11/28	日本東京 → 高雄	回程

感謝日本東芝公司長谷川 和久協理、東山 能里子小姐、窪田 富雄社長、永瀨 保夫先生及宮內 優先生在研習期間的指導及協助，使此行順利完成。

參、實習心得

3-1 主汽輪機設備、元件維護介紹

3-1-1 汽輪機概述

台中九、十號汽輪機為 3 汽缸、串列複合、雙排汽流之冷凝式蒸汽輪機，包含高壓、中壓及雙流低壓汽機，高中壓汽機在同一汽缸內，兩者的高壓側面對面，雙流低壓汽機有 2 汽缸，末段葉片為 33.5 英寸。汽機有一支高中壓轉子及 2 支低壓轉子，彼此以高張力螺栓平均堅固的鎖緊聯結，軸承共有 6 只，NO.1 & NO.2 軸承支撐高中壓轉子，NO.3 ~NO.6 軸承支撐 2 支低壓轉子。轉軸的軸向位置是靠機台中間的推力軸承，驅動汽機與發電機之間是以聯軸器聯結在一起。

機殼支撐於真中心線以確保汽機壽命期間的高效率運轉，高壓機殼零件支撐於中心線上的導槽及鍵，這種結構減少裝機成本、時間並將扭曲及不同心減至最低。

噴嘴是衝動式的設計，較粗壯洩漏少，輻向撥汽條裝在動葉的對面，迷宮式汽封裝於軸的對面以減少級間的洩漏，蒸汽由噴嘴控制以適當的角度及速度進入動葉片，蒸汽經關斷閥及控制閥由主蒸汽管從汽機的中段進入汽機，蒸汽流向機頭並排入冷再熱器管線，再熱蒸汽由複合再熱閥(CRV)進入中壓段。

熱再熱蒸汽進口位於主蒸汽進口的隔壁，之間以格蘭汽封分隔高壓蒸汽及再熱蒸汽，中壓段包含中壓及延續至低壓，蒸汽流經中壓段並經跨管導入低壓段，蒸汽在低壓汽機分別流向汽機端及發電機端之後排入汽機殼，排汽殼上半裝有釋壓膜片，假設冷凝器真空消失之情況，這個裝置用於保護排汽殼及冷凝器避免過壓。

馬達驅動的慢速齒輪位於機台後端，馬達驅動經由皮帶及減速齒輪組帶動汽機軸，減速齒輪有 2 個功能：

1. 溫度變化期間連續並慢速轉動汽機軸。
2. 可微量轉動汽機軸以方便汽機檢查。

3-1-2 汽機轉軸及動葉片

3-1-2-1 汽機轉軸

汽機包含 1 支高中壓轉軸及 2 支低壓轉軸，這些轉軸以高張力螺栓堅固平均的鎖緊聯結，這些轉軸由 6 個軸承支撐，NO.1&NO2 軸承支撐高中壓段轉子，NO.3 ~NO.6

軸承支撐低壓轉子。轉軸之軸向定位於低壓汽機靠近 NO.3 號軸承的推力軸承上。

高壓轉軸材質為 Cr-Mo-V 合金鋼，具有高溫強度及疲勞強度。低壓轉軸材質為 Ni-Cr-Mo-V 合金鋼有很高的抗低溫脆化特性，每支轉軸都是由實心的合金鋼胚鍛造加工而成。軸、葉輪、軸頸、推力環及聯軸器都是一體成形。

3-1-2-2 汽機動葉片

所有動葉片都是高效率、低故障、高可靠性，這些動葉片從一群標準葉片選出用於葉輪段，具有極佳的使用經驗。

動葉片材質為 Cr-iron 合金鋼具有極佳的強度、抗疲勞抗、沖蝕、腐蝕等特性。動葉片是由實心的棒或鍛件加工，裝在葉輪上的鳩尾緊配合尺寸，打洞的護環條 (shroud band) 裝在各組動葉片尖端的桿頭上，然後用手工鉚打桿頭以固定護環及各組葉片。

中壓汽機動葉片的護環為退縮式，桿頭在鉚打後與護環一起加工，使允許不因膨脹的干擾而增加撥汽條的數量，以降低葉尖蒸汽洩漏量提升效率。

末段葉根加工成指頭狀鳩尾，裝在葉輪上，以梢固定。末段葉片的上半部有 stellite 塗層，以增加抗沖蝕性。

3-1-3 汽機機殼

3-3-1 高壓及再熱段

此汽機的高壓段及中壓段在同一機殼內是對流式設計，以減小推力的不平衡並縮短汽機全長，簡潔的設計佔用較小空間、較低的成本且容易維護。

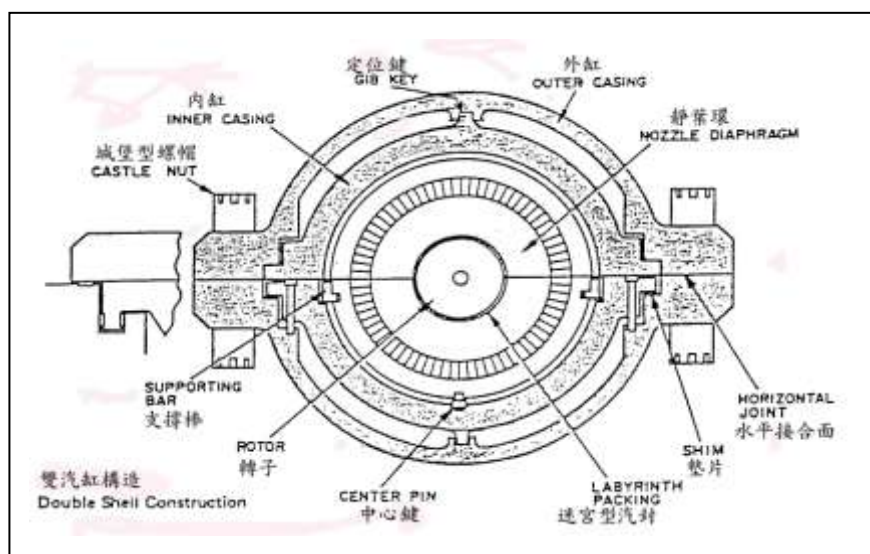
高中壓段為雙內機殼設計，可減少洩漏及熱應力與內外機殼的溫度梯度。

上、下半機殼以高張力螺栓及螺帽鎖在一起，水平接觸面精確的加工以確保金屬面接觸之止漏效果，城堡狀螺帽的溝槽頭可做細微的調整使水平接觸面緊密接合。

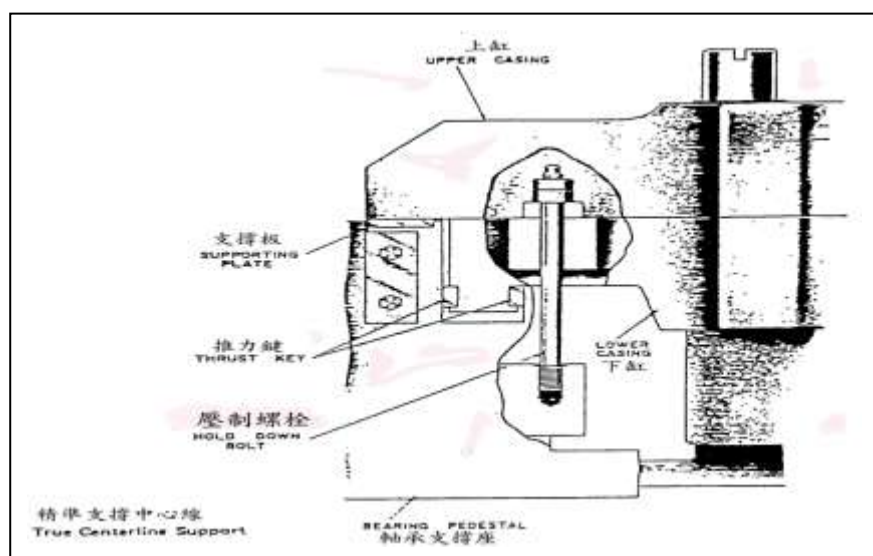
合金鋼材質的高中壓機殼支撐在兩端的水平中心線上，並且在垂直中心線上有鍵 (key) 與軸承重連接，用於引導各種操作情況動靜件的熱膨脹方向。

高中壓內機殼藉墊板坐在外機殼上，並且內、外機殼軸向鉗槽 (Rabbit fit) 定位，右墊板 (shimmed pad) 上有薄墊片 (shims) 用以調整內機殼的垂直對心，這些薄墊片的表面經硬化，以減少膨脹收縮時相對運動造成磨耗，內機殼的上、下有鍵做橫向定位，

此設計常保各種運轉狀況的正確對心。



爲了維持長期高效率，轉動件與靜止件必須正確對心，這些組件必須允許自由伸展，內外機殼中心線的支撐藉由前端及中間支撐達成，以減少扭曲及偏心，此特性允許汽機快速起動並方便初次裝機的對心工作，節省裝機時間及花費。



3-1-2-4 低壓段

雙流低壓機殼是由鋼板焊成，內機殼是分離式的，內機殼以 4 個支撐板(support pads)坐於外機殼並藉鍵來防止軸向及橫向移動。

蒸汽進口有一個摺盒式脹縮接頭，可允許內、外機殼的相對移動，可避免空氣洩漏進入冷凝器，外機殼有人孔及釋壓膜片。

3-1-4. 軸承

3-1-4-1 軸頸軸承

3-1-4-1 軸頸軸承設計資料

軸承號碼	位置	型式	公稱尺寸	公稱有效寬度 (nominal effective width)
1	高中壓	D.T.P	15"	9"
2	高中壓	D.T.P	16"	10"
3	低壓	EL	18"	13"
4	低壓	EL	18"	13"
5	低壓	EL	18"	13"
6	低壓	EL	19"	13"

註：1.D.T.P...代表雙傾斜襯墊式軸承 2.EL.....代表短橢圓式軸承

3-1-4-2 一般設計

汽機軸由 6 個軸頸軸承支撐，NO.1 & NO.2 軸承為雙傾斜式，NO.3 ~NO.6 軸承為橢圓式，橢圓式軸承有球狀座，以允許與軸承的自動對心，球狀座經精密加工使能自由移動，軸承中心的調整可由墊片簡單的予以調整。

3-1-4-3 軸頸軸承的潤滑

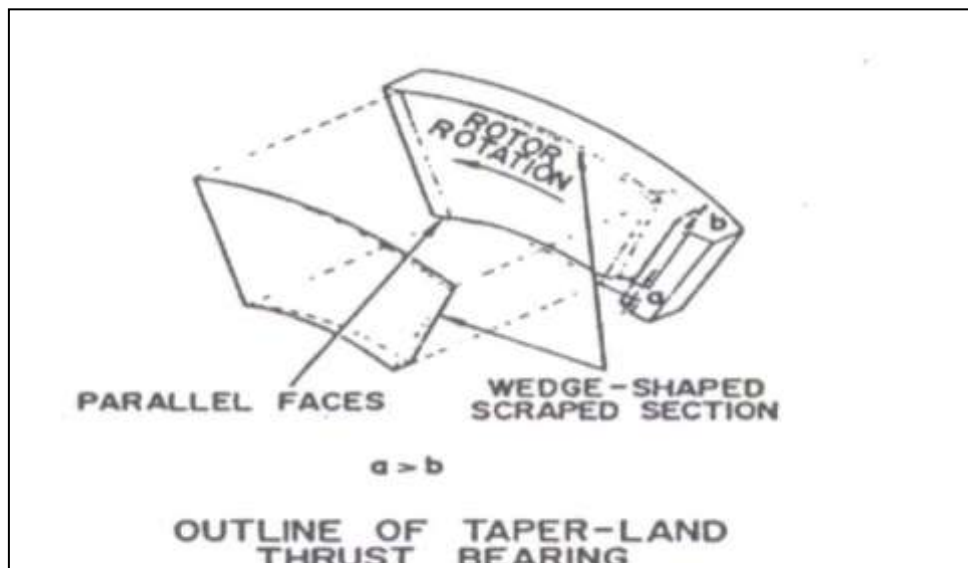
172KPAG 潤滑油來自主油泵，經冷卻器降溫，在每個軸承前有縮孔調整適當油量，潤滑油經轉軸帶至軸承上半吸收轉軸從巴氏合金覆層熱量，部份油進入軸頸與巴氏合金覆層之間，形成液壓油膜，可支撐軸的重量，避免金屬對金屬的接觸。大部份軸承洩油，經由軸承室回到油槽，部份經由探視窗供目視檢查油量、油溫。

3-1-4-4. 斜板推力軸承

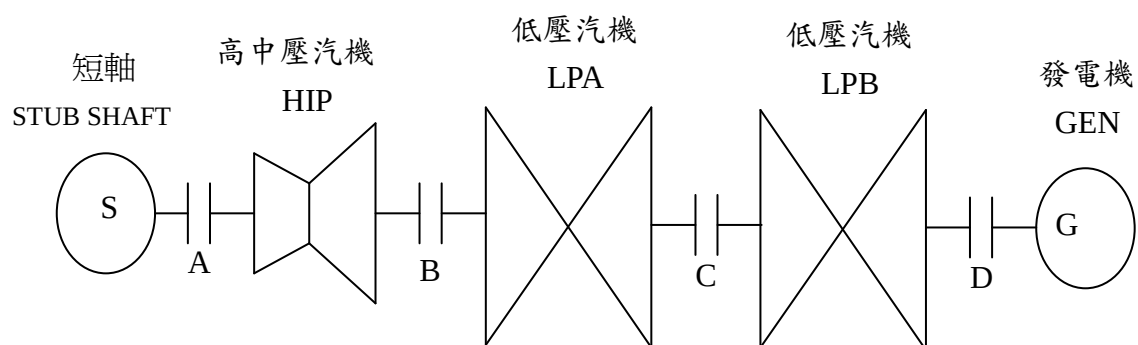
推力軸承位於汽機主軸上獨立安裝於基座上，推力軸承功能為吸收以剛性聯軸器聯結在一起的汽機及發電機轉軸推力。斜板推力軸承包含 2 個靜態推力板及一個位於轉軸上的轉動推力凸緣(COLLARS)，推力軸承有 2 個推力板夾住推力凸緣，此推力板被推力軸承支撐所以可以定位，以抵抗轉動凸緣的推力，推力凸緣面經精密加工及研磨表面光滑、平行度佳。2 個推力板的面，鑄以巴氏合金，有固定收斂式斜面，以允許油楔進入推力板及推力凸緣之間，推力板由兩片半圓環組成，表面的巴氏合金被輻向

油溝分成數塊，每塊巴氏合金為斜面，斜向轉動凸緣斜度同時偏向旋轉方向在迎風面則由內往外斜。輻向油溝的最外堵住，以維持油溝內的油壓。推力軸承靜止部份為一個軸承外殼內載有前後兩個推力板，軸承殼的外緣加工成球狀，坐在軸承環的內側，這種設計允許推力板自動對正於推力凸緣。軸承殼內有固定梢，以防止推力板的轉動，推力傳送到軸承殼，軸承殼以凹凸構固定在基座上。

推力板與軸承殼之間有一可調整的墊片，此墊片用於調整轉子軸向位置或改變推力軸承間隙。172KPAG 的軸承油由兩根分開的油管分別供給兩個推力板，油管內有縮孔，以控制適當油量，個別的供油進入軸承殼的下半部導入推力板的輻向油溝。軸承洩油大部份由軸承室底部回到油槽，部份洩油經由視窗，可藉以目視檢查油量及溫度。



3-1-5. 轉子聯軸器



編號	位置	型式
A	短軸-高中壓轉子 HIP	短軸式 (stub shaft type)
B	高中壓轉子-低壓轉子 LPA	整體槽口組合式(interal rabbet type)
C	低壓轉子 LPA -低壓轉子 LPB	間隔式 (spacer type)
D	LPB 低壓轉子-發電機	間隔齒輪式 (spacer gear type)

聯軸器的螺栓都是經過平衡後編號分配安裝，若損壞須更換，其重量須相同，各螺栓的外徑皆比孔徑小 0.025mm。

為防聯軸器螺栓於拆裝時咬合損傷，須按程序施工，法蘭面、間隔板面、慢速齒輪塊的面在組合回裝前須擦拭乾淨。

很薄的防咬劑(micapaste m-200)要塗在鉗槽凹槽側、螺帽及螺栓的螺牙上。

3-1-6 慢車齒輪

3-1-6-1 通則

馬達驅動之慢車齒輪位於汽機與發電機聯軸器附近，以便與轉軸齒輪(pull gear)嚙合，轉軸齒輪其型式為圓盤型間隔齒輪式 (spacer disk gear type)。而轉軸齒輪以螺栓固鎖在汽機與發電機聯軸器法蘭面之間。慢車齒輪主要之功能為機組解聯期間，轉子產生溫度變化時，能連續的且慢慢的旋轉汽機與發電機轉子。

當汽機解聯後，汽機內部零件之冷卻需持續數小時。假使在冷卻的期間，轉子被保持在不動之狀態，轉子會立刻開始扭曲變形。這種扭曲變形是由汽機上半汽缸部份的熱蒸汽流引起，並導致汽機汽缸上半的溫度比下半高。這些組件不會回到其正常之位置，直到汽機已經冷卻到汽機上、下半的溫度趨近於一致。

假如汽機在其組件冷卻到正常位置之前就準備啟動運轉，以下的步驟必須先完成：(1) 讓轉子慢慢轉動直到扭曲變形消失，(2) 重要的元件需小心的檢查其適當的間隙 (Running clearances)。在汽機啟動時，這些程序通常會導致大量的時間延後。

當機組正在解聯或在機組解聯期間，慢車齒輪會與轉子嚙合，並保持轉子連續不斷的旋轉，直到溫度的改變已經停止且汽缸已經冷卻，及轉子扭曲的可能性實際上已

被消除。如此，在汽機各級之間的汽封間隙可以保持最小，因此，汽機可以有較高汽機效率。

在啓動的過程中，爲了使升速平順，慢車齒輪的操作是必須的。因爲在解聯的期間，轉子由於其本身之重量會產生彎曲。以下的敘述是被推薦的，每當汽機解聯後，慢車齒輪都需要使用，一直至汽機再次復歸至準備運轉，或汽機因不明原因解聯時，需至汽機汽缸完全的冷卻。

3-1-6-2 潤滑

慢車齒輪及汽機軸承之潤滑由主潤滑系統供應，主油泵提供汽機軸承及慢車齒輪潤滑之所需。緊急油泵之操作，是爲了提供潤滑系統最後的支援。

慢車齒輪潤滑油之供給直接從主軸承集管（bearing head）而來，由於並無跳脫閥（shutoff valve）之配備，所以無論在任何情況下，只要有油泵運轉，潤滑油就會經由縮孔連接管路持續的供應至慢車齒輪。壓力傳送器（pressure transmitter）位於慢車齒輪之進油管路上，連鎖供給油壓與慢車齒輪馬達之啓動線圈，防止慢車齒輪油量不足之操作。

當汽機在額定轉速時，慢車齒輪會持續有潤滑油供給，即使它並沒有在運轉，潤滑油會從齒輪組合體回流（drain）至軸承機台的底部，慢車齒輪之潤滑油回流至其中一個主軸頸軸承之回流連接管路中。

3-1-6-3 嚙合

慢車齒輪可經由下列的方法與轉子嚙合：

- (1) 手動操作，藉由手搖桿。
- (2) 遙控操作，藉由控制台（push-button station）控制電磁氣壓閥，操作氣壓缸，氣壓缸連接嚙合機構，達到嚙合的目的。
- (3) 自動操作，藉由零速開關（zero switch）控制電磁氣壓閥，操作氣壓缸，氣壓缸連接嚙合機構，達到嚙合的目的。

除非驅動馬達運轉，否則慢車齒輪之嚙合情形是不可能的。因爲慢車齒輪之小齒輪（pinion）及位於聯軸器上齒輪（pull gear）之齒部（gear teeth）不會嚙合，除非兩者都被放置在正確配合位置上。當驅動馬達運轉時，慢車齒輪之小齒輪會簡單的上升至嚙合（climbs to mesh）位置，迫使慢車齒輪嚙合。

3-2 EHC 液壓控制系統設備、元件維護介紹

3-2-1. 液壓油系統

3-2-1-1 通則

本章節主要在說明 EHC 液壓油系統，系統供給 MSV/CV、CRV 液壓缸所需的 EHC 液壓油。本章同時也包含主汽機跳脫迴路，在程序跳脫信號送到跳脫電磁閥時，會藉由液壓缸快速的洩放 EHC 液壓油，使閥門關閉。

EHC 液壓油單元主要的組件包括：(a) 一座油槽 (b) 二個獨立且併聯的泵壓系統 (c) 二組冷卻器 (d) 二組活塞式蓄壓器 (e) 錶、壓力開關與傳送器等

3-2-1-2 EHC 供油與跳脫系統

液壓油經由泵浦泵壓，每一泵浦均有一只壓力補償器以保持泵浦出口壓力穩定，也就是說系統需要變化時，泵浦會自動的調整衝程，以配合系統所需的流量，保持系統的壓力。

壓力釋放閥可以避免過濾器壓力過高。液壓油泵運轉時，壓力傳送開關與壓力開關會有指示。液壓油過濾器差壓開關會顯示過濾器的使用狀況。每一個過濾器包括有一只隔離閥，在液壓油泵切換運轉時便於濾心更換。

液壓油會經由過濾器、止回閥、隔離閥到 EHC 集管，當系統壓力有較大的暫態變化的時候，二只蓄壓器會適當的補償。

假如 EHC 壓力降至規範以下時，壓力開關會起動備用油泵。電磁閥能用來做運轉泵浦的測試。EHC 液壓油壓力低時，壓力開關會警報，且在壓力極低時，壓力開關會作動跳脫主汽機。

EHC 集管經由伺服閥與二只跳脫電磁閥供油至控制閥 (Control Valve) 操作油壓缸，而且也經由二只跳脫電磁閥供油至關斷閥 (Stop Valve)。二只電磁閥設計為，假如其中一只電磁閥失磁時，跳脫集管壓力會迅速的降至低壓，造成關斷閥會迅速的跳脫至關閉的位置。當跳脫發生時，關斷閥操作油壓缸內的液壓油並不會經由跳脫電磁閥回至油槽內。液壓油會經由關斷閥室隔離洩放管迅速的將液壓油洩放至油槽內。

3-2-1-3 EHC 液壓油系統 (EHC Hydraulic Fluid Condition System)

液壓油系統，包括 EHC 液壓油的油槽以及油的冷卻與過濾等組件。

液壓油泵會從油槽經由 EHC 油冷卻器與過濾器持續的泵送 EHC 液壓油。

3-2-2 主要關斷閥 (Main Stop Valves)

主關斷位於鍋爐與汽機控制閥汽櫃間之主蒸汽管線上。每一只關斷閥各具有進、出口管接頭，接頭型式為對鉸式。

主關斷閥型式有二種，具旁通功能的右側閥，與不具旁通功能的左側閥。主要功能為迅速關斷流向主汽機的蒸汽，當汽機在緊急的狀況下，諸如卸載時控制閥關閉失效時，主關斷閥能迅速的關斷閥門。

從鍋爐來的主蒸汽通過濾網後進入主關斷閥閥室，蒸汽離開關斷閥出口後流向控制閥汽櫃，閥體的進口接頭與主蒸汽管以鉸接的方式直接接合，閥體出口接頭同樣的與控制閥汽櫃接合。

主關斷閥在其閥體下方有一驅動器用以操作閥門，驅動器的頂部與主關斷閥閥桿的底部，以聯軸器結合。閥（右側）桿的底部以螺紋鎖到裝置在主閥盤的旁通閥，而且與主閥盤接觸。閥（左側）桿的底部以螺紋鎖到裝置在主閥盤的螺帽，而且與主閥盤接觸。

3-2-3 控制閥 (Control valve)

控制閥室與二只關斷閥鉸接，內包括有四只控制閥。（汽櫃分別與關斷閥及控制閥以鉸接的方式連接）。控制閥室的蒸汽完全由關斷閥供給。四只控制與二只關斷閥完全鉸接成一個組件。

整個組件從汽機分開，蒸汽分別由控制閥導引進入高壓汽機。

控制閥的開度與壓力的變化有關，並且依據需求做適度的平衡。內部的小閥門首先開啓以減小平衡室的壓力。接著舉升閥桿開啓控制閥閥門，控制閥閥門的開啓是藉由獨立的液壓缸來作動。

3-2-4 結合式再熱閥 (Combined reheat valves)

兩個結合式的再熱閥，每個再熱管線內各有一個，供應再熱蒸汽給汽機使用，結合式的再熱閥實際上是由兩個閥組成的，包括中間閥及再熱關斷閥，都包含於閥體內。雖

然它們共用一只閥體，但是兩者的功能完全不同。

中間閥的主要功能是預先的緊急保護，不過在緊急跳脫系統作動時，兩者均會跳脫關閉。次要功能是控制蒸氣流量。在緊急狀態下，再熱關斷閥快速關閉，中間閥能控制再熱蒸氣管線內累積的蒸氣，避免蒸汽流向汽機。

再熱鍋爐的蒸氣由每個閥體的入口進入，通過濾網，通過(打開的)中間閥及關斷閥的閥盤，並且通過閥體出口把過熱蒸汽送進汽機。閥體入口直接與再熱管銲接在一起，閥的出口也同樣與汽機殼的下半連接在一起。

結合式再熱閥閥的設置是儘可能地靠近汽機，因此在汽機超速的狀況下，要能夠限制汽機內無法控制的可用再熱蒸氣量(換言之，閥出口及汽機殼之間蒸氣的量要限制在最小)，中間閥盤裝置在再熱關斷閥盤的上面，以延長桿通過上蓋。再熱關斷閥桿垂直往下延伸，通過閥體下座的部份。要特別注意的是，兩個閥盤是串連的，共用一個閥座，以蒸汽流向而言，中間閥在前，再熱關斷閥在後。

3-2-5 汽機 front standard (Emergency Governor)

汽機 front standard (STD) 藉由#1 軸承及汽機外缸支撐汽機轉子。STD 以一只軸承墊座落在 sole plate 上。軸承墊放在 STD 及 sole plate 之間，基於熱膨脹的原理，允許外缸作軸向的運動。

STD 的設備是由許多重要的汽機控制裝置所組成，比如：緊急調速器，速度偵測的主跳脫拉桿，偏離偵測器 (eccentricity sensor)，ductilometer，跳脫電磁閥（測試用的油跳脫電磁閥及復歸電磁閥），及主油泵。STD 在汽機轉子穿過汽機外缸的地方有汽封片、密封環以及 Slinger，可以防止漏油。

3-3 大林電廠既有機組和 TOSHIBA 機組設備比較

3-3-1 主汽輪機設備比較

設備	項目	大五機	大六機	台中九、十機
汽機主要規範	製造廠家	MHI	GE	TOSHIBA
	汽機型式	Tandem Compound 3Cylinders 4 Flow	Tandem Compound 3Cylinders 4 Flow	Tandem Compound 3Cylinders 4 Flow Exhaust (TC4F)
	額定輸出	500 MW	550MW	550MW
	額定轉速	3600RPM CW	3600RPM CCW	3600RPM CCW
	各段級數	HP×9, IP×6, LP×7×4 FLOW	HPX6, IPX5, LPX6X4FLOW	HPX6, IPX6, LPX6X4FLOW
	級 數	22	17	18
	總葉輪 數	43	35	36
	末 段 葉 片 長 度	28.5"	33.5"	33.5"
轉子	HP/IP材料	有軸孔	Cr-Mo-V, 21.3Ts實心	Cr-Mo-V.alloysteel 20.6Ts實心
	LP材料	有軸孔	Ni-cr-Mo-V有軸孔 LPA:45.5Ts, LPB:46.1 Ts	Ni-cr-Mo-V.alloysteel 1LPA:46.7Ts實心 LPB:49.9Ts實心
	動葉片設計	2D-DESIGN	2D-DESIGN	VOTEX DESIGNED(3D)
	葉片聯結 方式	TENON TYPE	TENON TYPE	TENNON TYPE & INTEGRAL
汽封	型式	傳統迷宮式	傳統迷宮式	HP/IP可伸縮式

設備	項目	大五機 (MHI)	大六機 (GE)	台中九、十機 (TOSHIBA)
聯軸器	編號 方式			STUB SHAFT-A-HP
		A	A	IP-B-LPA
		B	B	LPA-C-LPB
		C	C	LPB-D-GE
		GE-D-EXCITER	GE-D-EXCITER	
	螺栓 型式	傳統STUD	傳統STUD	SKF SUPER GRIP(液壓式)
汽缸	HIP	INNER&OUTER SHELL	INNER&OUTER SHELL	INNER&OUTER CASING
	LP	INNERSHELL , INNERCASING EXHAUSTHOOD	INNERSHELL , INNERCASING EXHAUSTHOOD	INNER&OUTER CASING
輻頸 軸承	型式 尺寸	#1 BRG ,12"	#1-DTP,14"	#1-DTP,15"
		#2 BRG ,14"	#2-DTP,16"	#2-DTP,16"
		#3 BRG ,14"	#3-DTP,16"	#3-EL,18"
		#4 BRG ,15"	#4-EL,18"	#4-EL,18"
		#5 BRG ,15"	#5-EL,18"	#5-EL,18"
		#6 BRG ,16"	#6-EL,21"	#5-EL,19"
推 力 軸 承		位置:LPA #3BRG	位置:LPA #3BRG	位置:LPA近#3BRG
		KINGSBERRY TYPE	型式:TAPERLAND 2 COLLAR	TAPERLAND 1 COLLAR
		10~15 MILS	間隙:18~20MILS	間隙:16~18MILS
釋 壓 膜 片		橡膠	鋁片(36" 900MM)	銅合金膜片 (1350MM) ASTM-B152-C1-1000
慢 速 齒 輪		3 RPM	5.1 RPM	5.1 RPM

3-3-2 潤滑油及控制油的比較

3-3-2-1 潤滑油的比較

類別	機組 項目	大五機	大六機	中九、十機
潤滑油系統	潤滑油槽容量(L)	8400	36000	46000
	油槽運轉容量(L)	7500	24000	28000
	油品	國光牌SR32	國光牌R32	國光牌R32
	馬達廠牌	MHI	GE	TMA
	馬達電壓	460	460	460
	馬達電流(A)	55	57.5	93
	馬達轉數(RPM)	1760	1755	1760
	馬達輸出馬力	50HP	50HP	55KW
	泵浦廠牌	MHI	BUFFALO	YOSHIKURA
	泵浦型式	12538 單級離心式	VCRE 單級離心式	USE-V 單級離心式
	泵浦容量 (GPM)	1199	1140	1243
	泵浦 HEAD	254	106	300
	數量	無此設備	一台	一台
馬達吸入泵	馬達廠牌	無此設備	GE	TMA
	馬達電壓		460	460
	馬達電流 (A)		57	74
	馬達轉數(RPM)		1770	1755
	馬達輸出馬力		50HP	60HP
	泵浦	無此設備	MORRIS	YOSHIKURA
	廠牌		單級離心式	USE-V 單級離心式
	數量	一台	一台	一台
緊急	馬達廠牌	MHI	GE	TMA
	馬達電壓	125V	125V	125V

油 泵	馬達電流 (A)	288A	280A	420A
	馬達轉數(RPM)	1800	1750	1750
	馬達輸出馬力	40HP	40HP	60HP
	泵浦容量 (GPM)	1200		1112

3-3-2-2 控制油及液壓油比較

大林電廠大五機（MHI 機組）並無單獨的液壓油，其控制油係源自一共同油槽，經主油泵泵送油，再經各別的系統送出不同壓力的操作油、控制油、自動停車油、軸承潤滑油，各種不同壓力之油品皆為同一種油（中油公司 SR32）。而 GE 機組及 TOSHIBA 機組則各有不同的潤滑油及液壓油，潤滑油專供各軸承、發電機後備封油及慢車齒輪使用；液壓油則有另一獨立的油槽，專供動力驅動蒸汽閥設備使用。以下將 GE 機組及 TOSHIBA 機組之液壓油分別說明：

GE 機組液壓油使用磷酸脂油（PHOSPHATE ESTER），有絕佳耐火性能，耐火溫度可達 348~370℃，非常適用在高溫高壓的蒸汽環境。但易與水結合及氧化導致酸價升高，使得系統的止漏元件如 O-RING 損壞及造成管路腐蝕，通常要求水份低於 0.02%。故 GE 機組在 EHC 油泵出口流路設一旁通管路，此旁通管路使用一組去水酸之 Fullers-Earth 過濾系統，以增進系統的可靠性與延長液壓油組件的使用壽命，Fullers-Earth 過濾系統必需永遠安裝在旁通過濾系統內。它是以吸收酸性與水分而保持液壓油在很低的中和價位（Neutralization Number），且保持液壓油之氮含量。實驗室的測試顯示，一個 Fullers-Earth 過濾器的捲筒，能從液壓油中吸收一美加侖（3.785 公升）的自由水（Free water）。在過濾期間，液壓油從儲油槽流經過濾器外殼內的 Fullers-Earth 捲筒，然後流經 0.5 微米後備過濾器，最後向左流回儲油槽。在下列情形時須進行過濾元件更換。

- 過濾前後差壓達 30psig 時，或每 3 個月。
- 液壓油含氮成分大於 150ppm。
- 液壓油含水分大於 0.20%。
- 中和指數 N-N 達到 0.30g/kg KOH。

TOSHIBA 機組液壓油使用 Quintolubric 822 液壓油，耐火溫度高達 260

℃，其水份含量低於 0.1%（GE 要求小於 0.02%），據 TOSHIBA 公司宣稱該液壓油為脂肪酸油（Polyolester）較不易產生酸化，故其酸價正常範圍只要在 8.0% 以下既可，故 TOSHIBA 機組並不須像 GE 機組一樣在出口管路旁通一組過濾水份的過濾設備。Quintolubric 822 液壓油的顏色是深褐色，清澈且明亮。一旦受到水份的污染，液壓油會失去其透明度而且變得混濁。在具有伺服閥的液壓系統，使用 Quintolubric 822 液壓油，。液壓設備受水份污染時，泵浦、油槽及管路很容易生銹，而且銹也會造成污染。

3-3-3 油系統控制比較

3-3-3-1 大林五號機之油控制系統（MHI 機組）

由後附油控圖（一）得知，該控制系統油源為汽機主油槽，由配置於汽機轉軸之主油泵旋轉加壓之高壓油（約 22.0~27.0 Kg/cm²）經 CUNO FILTER 後，分別經由不同的縮孔及油管路產生不同壓力之操作油、自動停機油及控制油。控制油經調速器調整控制油壓以控制操作油進入蒸汽閥的流量；操作油則隨同控制油的調整進入蒸汽閥驅動蒸汽開關；自動停機油壓調整於 8.4~9.8 Kg/cm²，當保安裝置達成動作條件時或汽機超速保護機構動作時，經由超速跳脫閥洩放自動停機油使各蒸汽閥關閉。

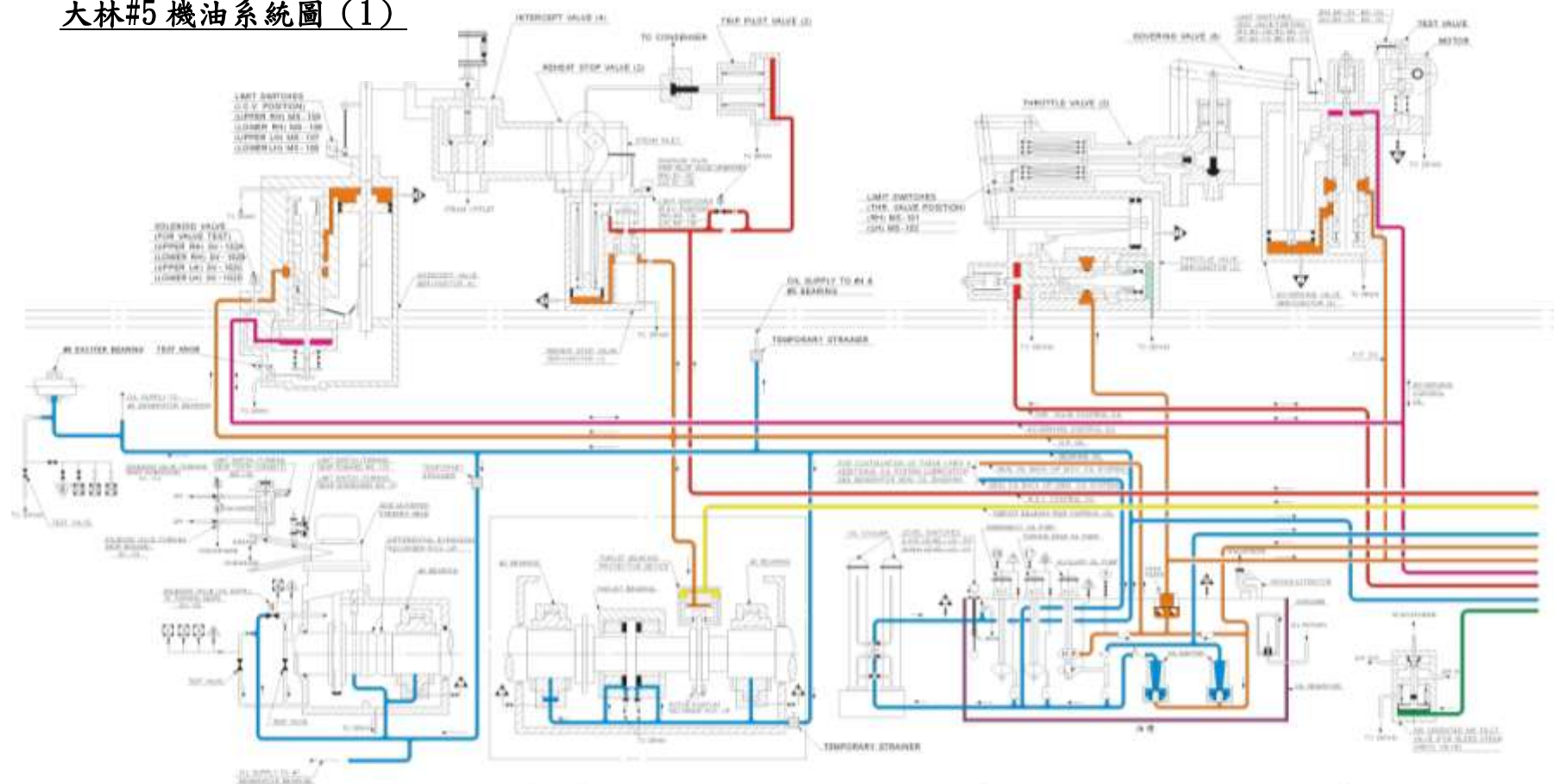
3-3-3-2 大林六號機油控制系統（GE 機組）

大林六號機屬 GE 機組該油控制系統有別於傳統機組，主要是經油 EHC 油泵送出約 10.8MPa 的液壓油，該液壓油分別為 FAS 油及 FTS 油，FAS 油 (HYDRAULIC FLUID ACTUATOR SUPPLY) 經閉鎖閥、快速動作閥、伺服閥以驅動蒸汽閥，其開度則由伺服閥調整。而 FTS 油經由 MTV、MLV、ETSV、ELV 成為 ETS 緊急跳脫油 (EMERGENCY TRIP SUPPLY)，ETS 油的目的是使蒸汽閥關閉以保護汽機，而 ETS 油壓若未建立則蒸汽閥亦無法開啓。當超速保護機構動作則機械跳脫閥動作洩放 ETS 油，或電磁跳脫閥 (ETSV) 動作亦可洩放 ETS 油，兩者皆可使主關斷閥及控制閥關閉以保護汽機。詳如 GE 機組液壓動力機構 (Power Unit) 流程圖、油路圖、緊急跳脫裝置圖及 MSV、CV 蒸汽閥油控圖。

3-3-3-3 台中九、十號機油控制系統（TOSHIBA機組）

台中九、十號機油控制系統由TOSHIBA公司設計製造，其液壓油系統亦由EHC油泵送出16.5 MPA的液壓油，該液壓油壓力大於GE機組，且僅有FAS油作為蒸汽閥動力驅動，無FTS油供緊急跳脫使用，且亦無MTV、MLV、ETSV、ELV等機械及電器跳脫裝置，此為TOSHIBA和GE油系統主要差異之一；TOSHIBA機組之跳脫裝置則由每一蒸汽閥所配備之兩只跳脫電磁閥負責，其中只要有任一電磁閥動作洩油則FAS驅動油將洩放，且油流至閥盤上以減少背壓，使蒸汽閥更為順利，而緊急跳脫裝置亦由超速跳脫裝置作動後動作限位開關，並送出跳脫信號給各蒸汽閥之跳脫電磁閥，洩放FAS油以關閉各蒸汽閥，詳如TOSHIBA機組液壓動力機構(Power Unit)流程圖、緊急跳脫裝置圖及CV蒸汽閥油控圖。

大林#5 機油系統圖 (1)

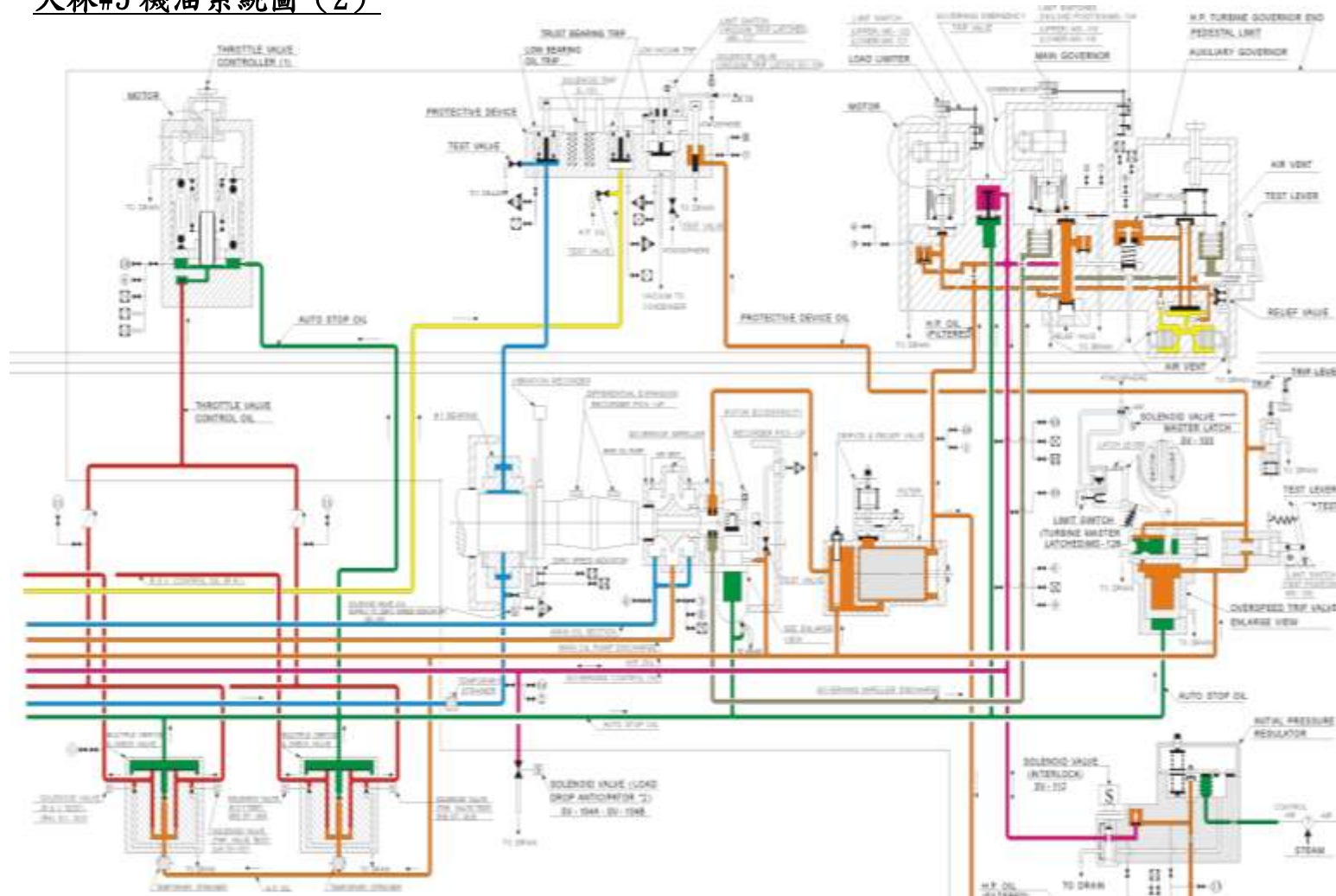


GAUGE MOUNTED ON GAUGE BOARD				—
	ITEM	SERVICE	RE'Q	TAG NO.
SEE NOTE (2)	1	H.P. ISLAND STEAM	1	PI-107
	2	L.P. ISLAND STEAM	1	PI-108
SEE NOTE (3)	3	MAIN OIL PUMP DISCHARGE	1	PI-112
	4	MAIN OIL PUMP SUCTION	1	PI-111
	5	AUXILIARY OIL PUMP DISCHARGE (H.P.)	1	PI-113
	6	GOVERNOR IMPELLER DISCHARGE	1	PI-114
	7	MAIN GOVERNOR OIL	1	PI-115
	8	AUXILIARY GOVERNOR OIL	1	PI-116
	9	LOAD LIMITER OIL	1	PI-117
	10	GOVERNING CONTROL OIL	1	PI-117
	11	THROTTLE VALVE CONTROL OIL/PH/ELN	2	PI-118A,118B
	12	R.S.V. CONTROL OIL /PH/ELN	2	PI-124A,124B
	13	INITIAL PRESSURE REGULATOR OIL	1	PI-146
	14	AUTO STOP OIL	1	PI-123
	15	PROTECTIVE SERVICE SIL	1	PI-145
	16	BEARING OIL	1	PI-115A
	17	TURNING BEAR OIL PUMP DISCHARGE	1	PI-127A
	18	EMERGENCY OIL PUMP DISCHARGE	1	PI-128B
	19	WHITTLE VALVE CONTROLLER OIL	1	PI-140
	20	H.P. SIL (FILTERED)	1	PI-120

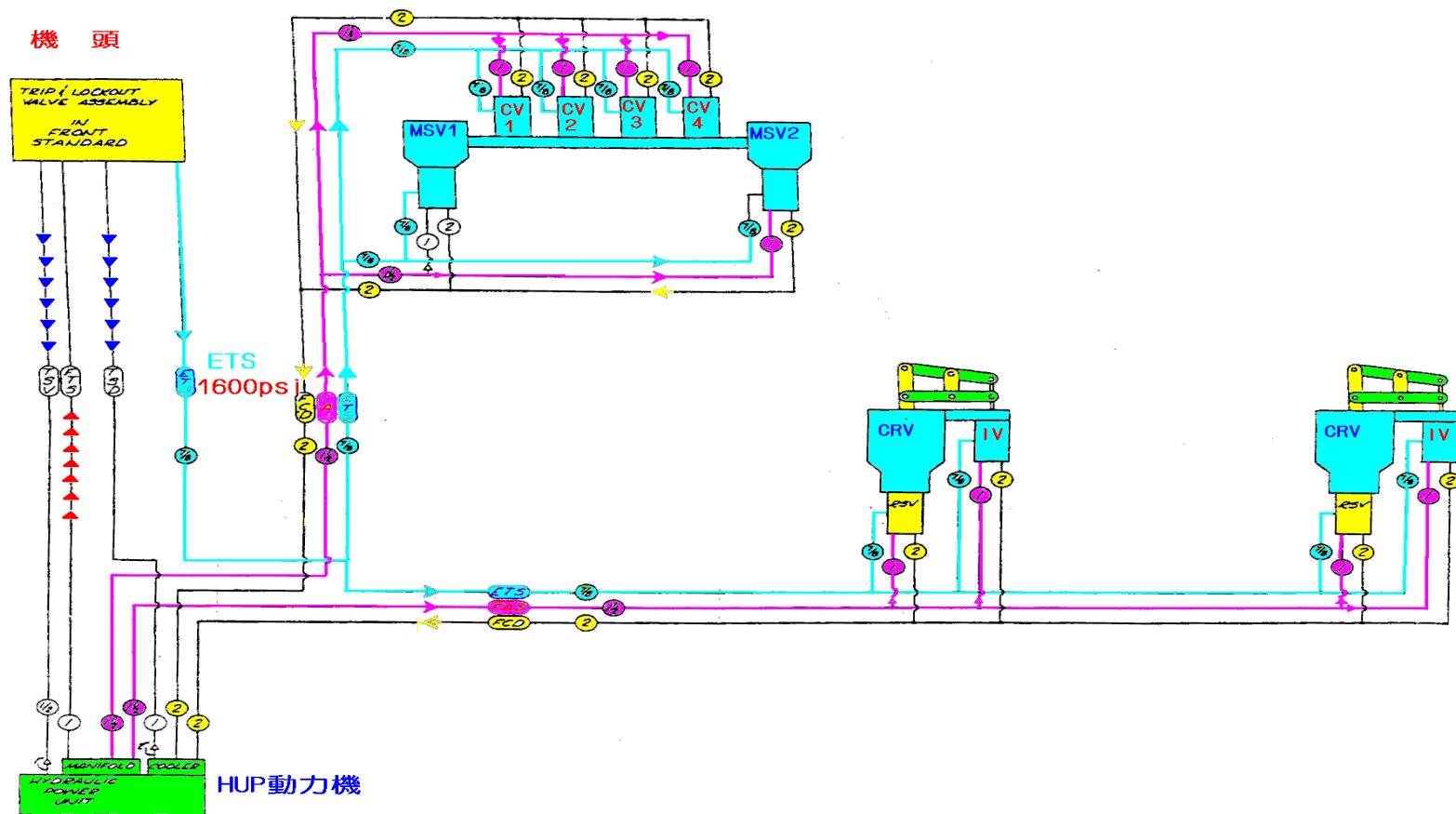
GAUGE MOUNTED ON LOCAL			RE'Q	TAG NO
ITEM	SERVICE			
1	OIL TRANSFER PUMP DISCHARGE	1	PI-131	
2	OIL CONDENSER STRAINER OUTLET	1	PI-130	
3	OIL CONDENSER PUMP DISCHARGE	1	PI-129	
4	TURNING GEAR OIL	1	PI-133	
5	AUXILIARY OIL PUMP DISCHARGE (S/P)	1	PI-128	
6	TURNING GEAR OIL PUMP DISCHARGE	1	PI-127B	
7	EMERGENCY OIL PUMP DISCHARGE	1	PI-128B	
8	OIL PUMP AUTO START TEST OIL	2	PI-132A 132B	
9	OIL RESERVOIR VACUUM	1	PI-146	
10	BEARING OIL (COOLER DISCHARGE)	1	PI-120	
11	LOW BEARING OIL TRIP TEST	1	PI-147	
12	THRUST BEARING TRIP TEST	1	PI-121	
13	LOW VACUUM TRIP TEST	1	PI-122	
14	OVER-SPEED TRIP TEST OIL	1	PI-148	

[illegible]

大林#5 機油系統圖 (2)

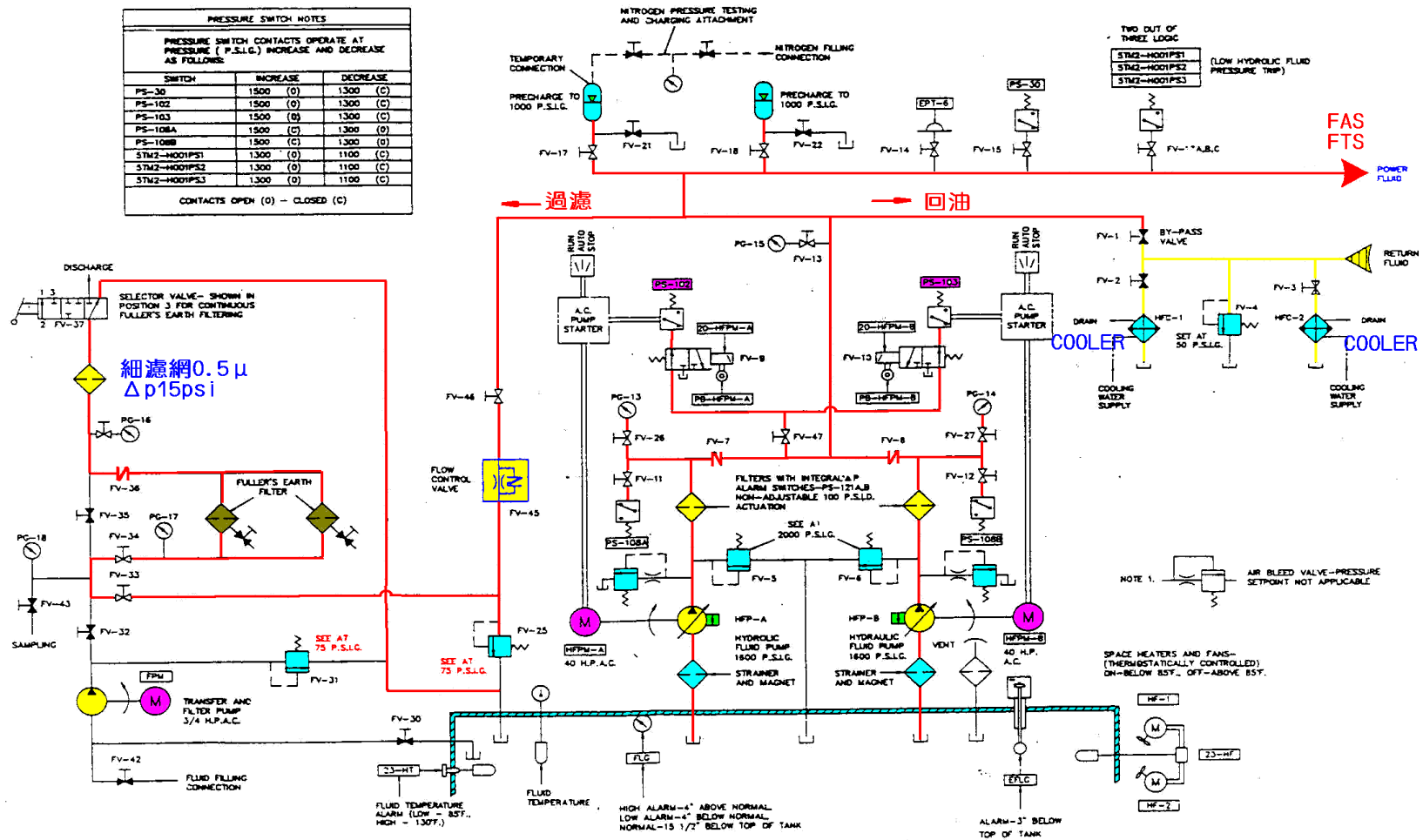


GE 機組 EHC 液壓控制油系統圖 (1)

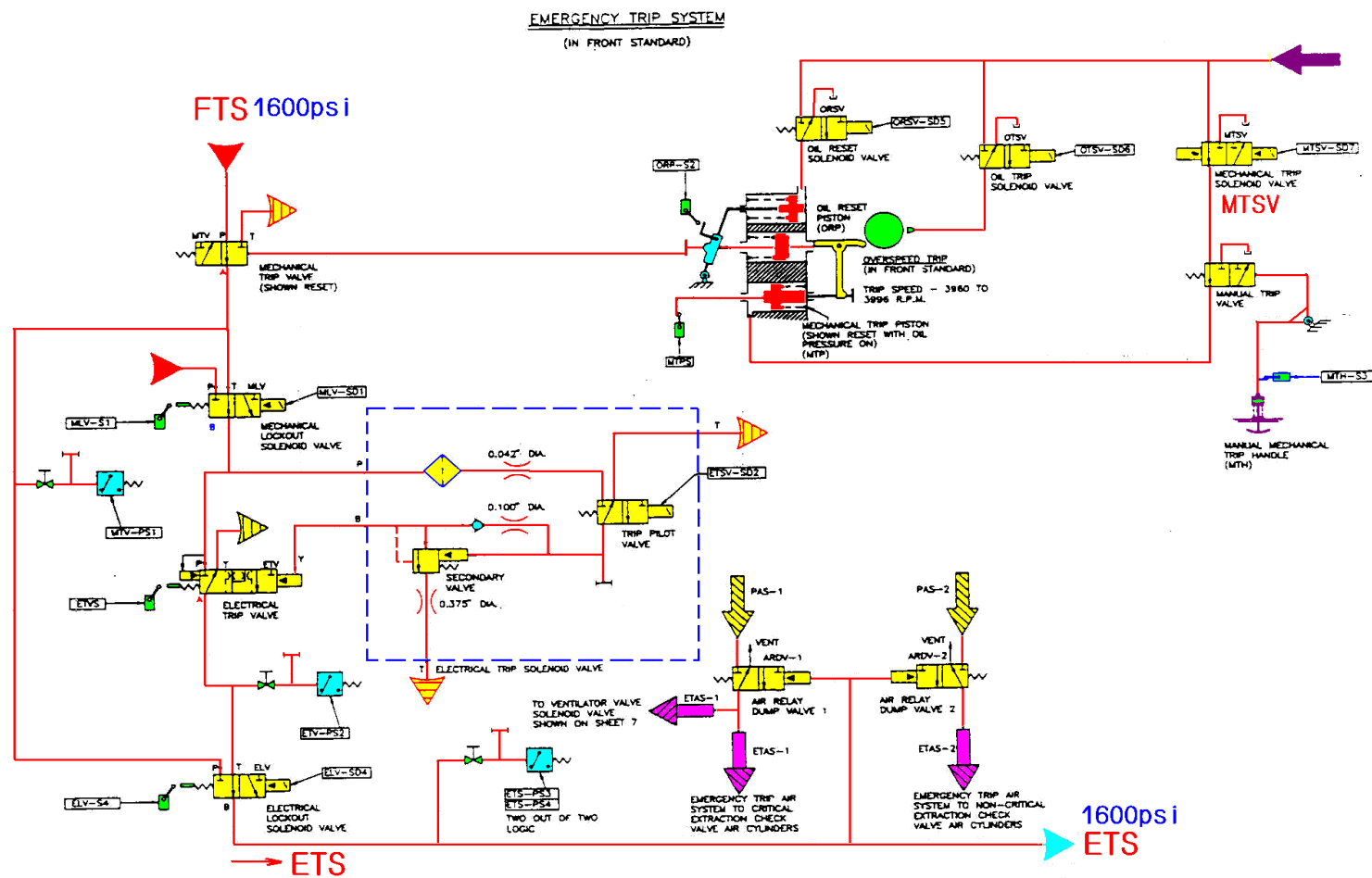


GE 機組液壓動力機構(Power Unit)流程圖

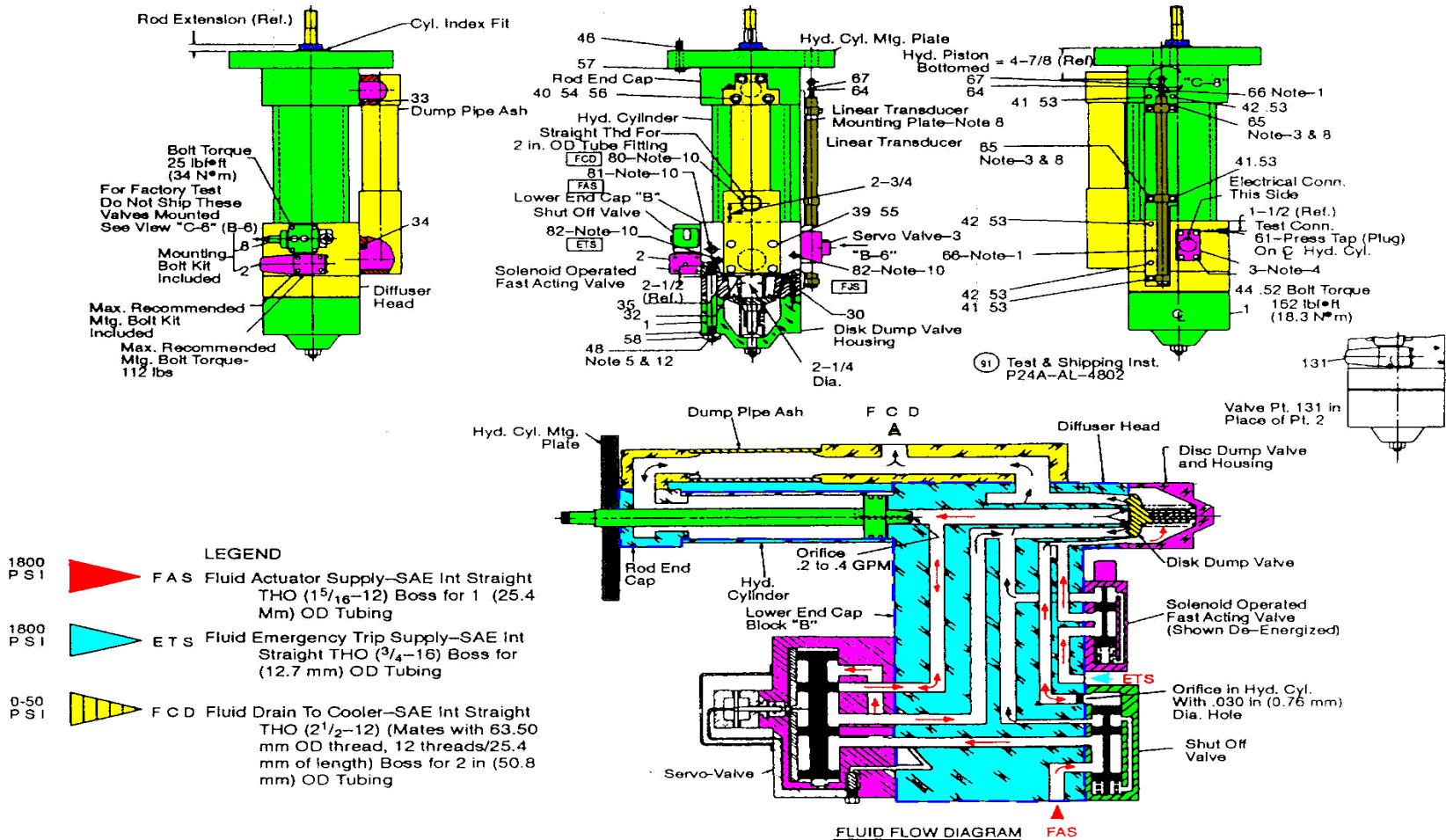
PRESSURE SWITCH NOTES			
PRESSURE SWITCH CONTACTS OPERATE AT PRESSURE (P.S.I.G.) INCREASE AND DECREASE AS FOLLOWS:			
SWITCH	INCREASE	DECREASE	
PS-30	1500 (O)	1300 (C)	
PS-102	1500 (O)	1300 (C)	
PS-103	1500 (O)	1300 (C)	
PS-108A	1500 (C)	1300 (O)	
PS-108B	1500 (C)	1300 (O)	
5TW2-#001PS1	1300 (O)	1100 (C)	
5TW2-#001PS2	1300 (O)	1100 (C)	
5TW2-#001PS3	1300 (O)	1100 (C)	
CONTACTS OPEN (O) - CLOSED (C)			



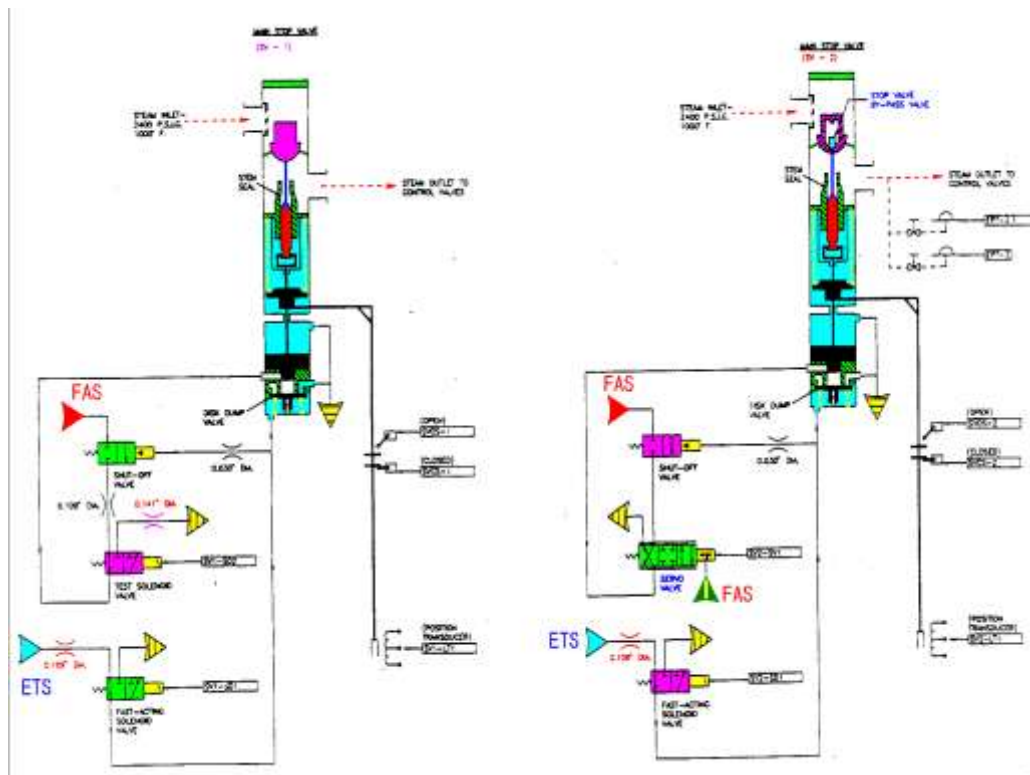
緊急跳脫裝置：FTS 油經過 MTV,MLV,ETV,ELV 後,成為緊急跳脫油(ETS)



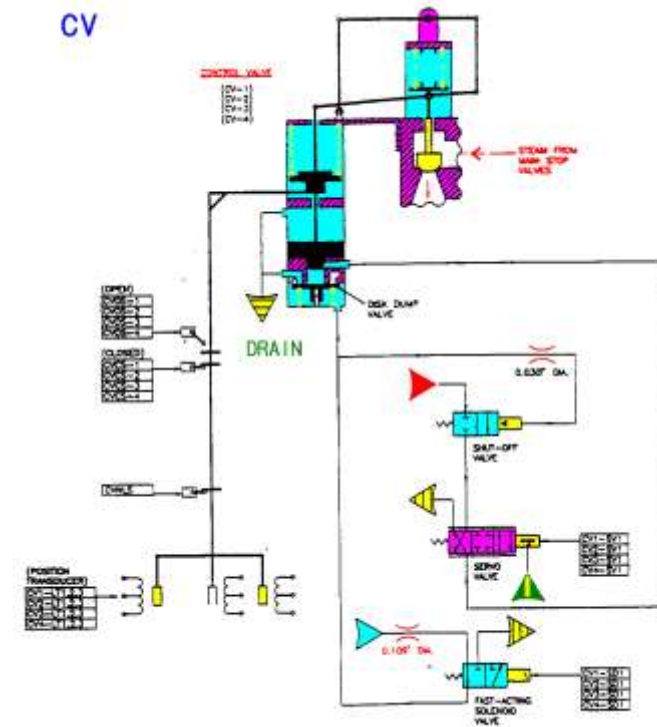
蒸汽閥驅動器控制裝置圖



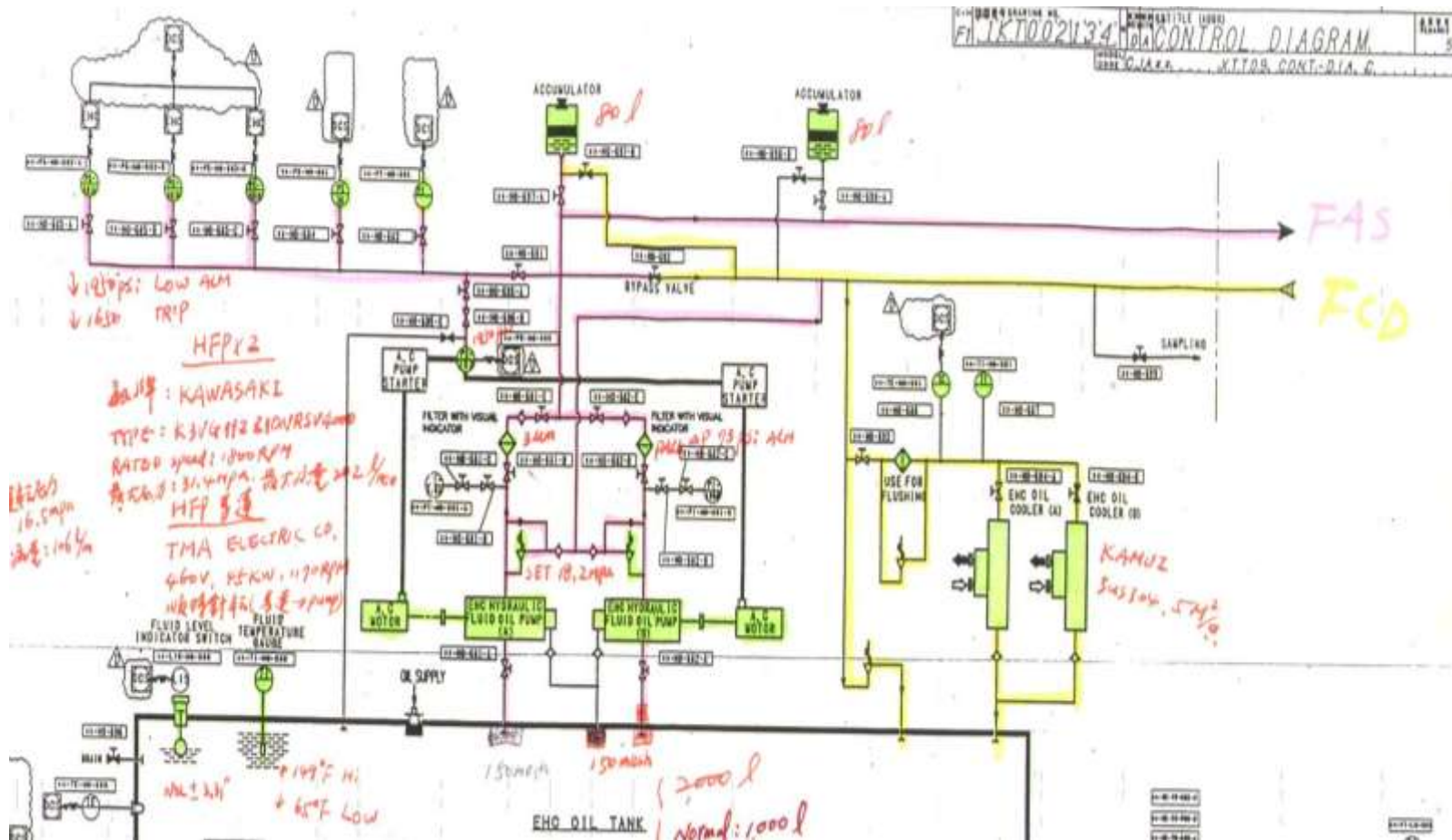
GE 機組：MSV 蒸汽閥控制流程圖



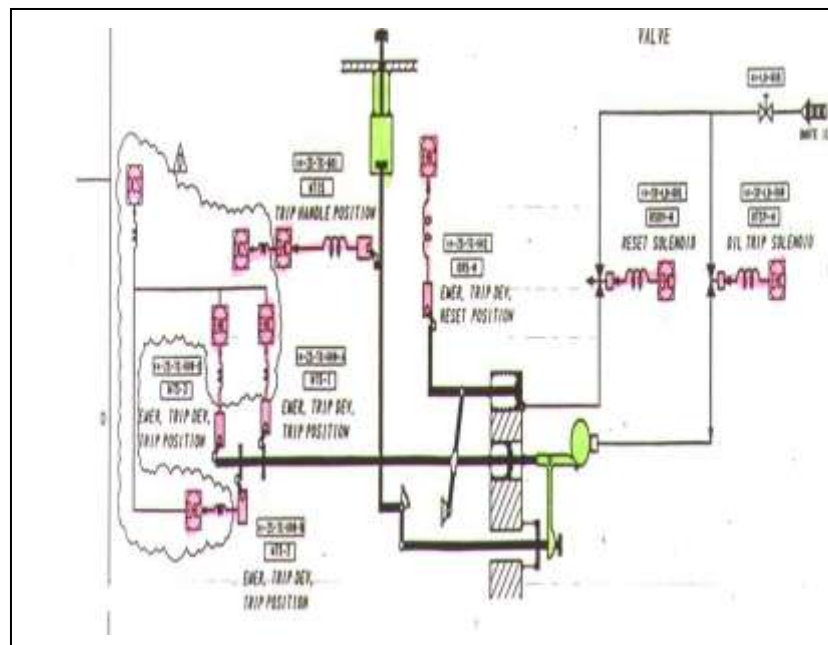
GE 機組：CV 蒸汽閥油控制流程圖



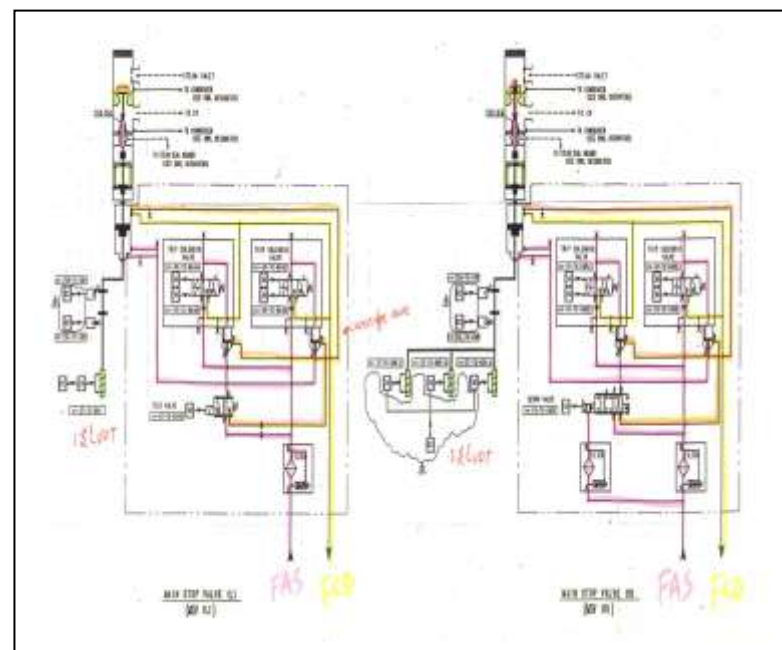
TOSHIBA 液壓動力機構(Power Unit)流程圖



TOSHIBA 機組：緊急跳脫裝置圖



TOSHIBA 機組：蒸汽閥油控制流程圖



肆、台中電廠九、十號機運轉問題與 TOSHIBA 公司討論

問題 1. EHC 動力單元之高壓液壓油泵進口濾心位於油槽內部，若濾心堵塞必須停機，並將油槽內部油洩空才可更換，造成機組運轉停機上之危機，是否可以將進口濾心置於 EHC 油槽外部，在機組不須停機下，進行更換？

TOSHIBA 公司回答：

由於進口濾網在設計上已使用較粗網目(MESH)之濾網，並不像其他較細濾網容易堵塞，故機組運轉中不須進行檢查或更換。

問題 2. 中九機與中十機 EHC 液壓油使用脂肪酸油 (Polyol ester)，其酸價 (Acid Number) 正常範圍參考值 ≤ 8.0 。由於目前液壓油酸價 (Acid Number) 於運轉中會持續上升，但 EHC 設備系統並無旁通設計除酸過濾系統 (GE 有此設計)，如何有效降低液壓油酸價之問題？

TOSHIBA 公司回答：

由於 GE 機組液壓油使用磷酸脂油 (PHOSPHATE ESTER OIL) 該油脂較易產生酸化問題，故必須使用線上旁通過濾管線以除酸，但中九機與中十機 EHC 液壓油使用脂肪酸油 (Polyol ester) 並不易再有酸化問題，故無須使用線上旁通過濾管線。依照 TOSHIBA 的標準，只要是使用磷酸脂油就必須使用線上旁通過濾管線以防酸化，若是使用脂肪酸油就不須有旁通過濾管線。

問題 3. EHC 高壓液壓油泵出口壓力為 16.5Mpa，油泵出口使用高壓軟管，其使用年限幾年必須更新？

TOSHIBA 公司回答：

高壓軟管的更換週期為每 4~5 年就要換新。

問題 4. (1) GE 機組之油系統有 E.T.S(Emergency Trip System)緊急跳脫系統，包括機械跳脫裝置 (MTV、MLV) 及電氣跳脫裝置 (ETV、ETSV、ELV) 以保護系統安全；而台中九、十機沒有此設備，請問其優缺點？

(2) 機組跳脫時為何須將各蒸汽閥的 FAS 油通往蒸汽閥的油壓缸活塞上方洩放而不直接洩放至油槽？

TOSHIBA 公司回答：

(1) 由於中九機與中十機已設計電子式 REDUDANT TRIP SYSTEM，該設計之

優點使得控制油系統變的非常簡單（不須再有跳脫油的設計），仍能使系統有效的跳脫。

（2）假如跳脫動作發生時，由液壓缸下方液壓油將排放，經液壓缸上方之活塞後往油槽回流，主要是使液壓缸下方無背壓以便於關閉蒸汽閥能迅速完成。

問題 5. 台中九、十機汽機 Automatic Start up 程序在汽機 Reset 前有兩個條件如下：

（1）、Heat Soak Time(1.Low Speed Heat Soak. 2.High Speed Heat Soak. 3.Initial Load Heat Soak.)

（2）、.Initial Load Heat Set Point.

請問以上可否事先秀出於操作畫面？

（因為一旦 REST，一、二項條件即已決定，無法改變，如能事先秀出於操作畫面，可藉由調整 Main Steam 壓力、溫度來縮短起動時間或預測起動時機）

TOSHIBA 公司回答：

TOSHIBA 公司可以事先在 OPS MONITOR 顯示 Heat Soak Time 和 Initial Load Heat Set Point.的 MISMATCH CHART MONITOR，但必須依照我公司的報價收費。

問題 6. 在 GENERATOR RUNBACK 動作降載的同時，如何使虛功率 MVAR 維持零？

TOSHIBA 公司回答：

發電機執行 RUNBACK 的順序是在發電機有些重大的錯誤時才會動作，例如，就安全操作起見，當發生“定子冷卻水壓非常低延遲一段時間”或“定子冷卻水出口溫度非常高”，在完成 GENERATOR RUNBACK 後發電機就應該被手動跳機（SHUTDOWN）。基於以上原因，因迴路斷路器已切掉，故不須保持負載為零。

問題 7. 主汽機蒸汽控制閥(MSV、CV、IV & RSV)之測試電磁閥(TEST SOLENIOD VALVE)為 80/90VDC 線圈，是否可改為 120VAC 線圈之測試電磁閥？

TOSHIBA 公司回答：

由於測試電磁閥（TEST SOLENIOD VALVE）僅可使用直流電壓，所以不可使用 120VAC(交流電)線圈取代 80/90VDC（直流電）線圈。

問題 8. D-EHC 控制系統 TRIP INTERFACE 偵測電源係由 DC125V BUS 單獨提供，是否可增設 AC 120V (INPUT) 轉 DC 125V (OUTPUT) 電源供應模組，以組成複聯式 (REDUNDANCY) 電源，提高控制系統可靠度？TOSHIBA 公司是否可提供所需之電源供應模組與線路圖（台電付費採購），由台電自行施工？

TOSHIBA 公司回答：

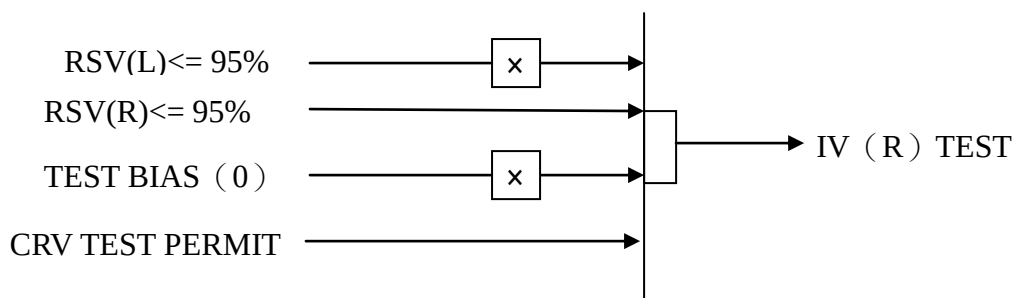
如附圖所標示處之新的電源供應模組是可以附加（見附圖一），意謂著必須要進行軟體及硬體的修正及增加足過的空間以增設新的電源供應模組。如果貴公司有此需求且願依本公司的報價，則 TOSHIBA 公司會進行研究及提出改善計劃。

問題 9. D-EHC 控制系統三選二跳脫點若有 1 點動作無警報出示，TOSHIBA 公司是否可提供修改 TRIP CARD 邏輯、線路圖與邏輯修改文件服務（台電付費採購），由台電自行負責施工？

TOSHIBA 公司回答：

如果你想要在事件發生時可以一個接一個的監視每一個跳脫感應信號，則必須修改軟體及硬體。如果有需要，在貴公司付費的情形，TOSHIBA 公司可以提出改善計劃。

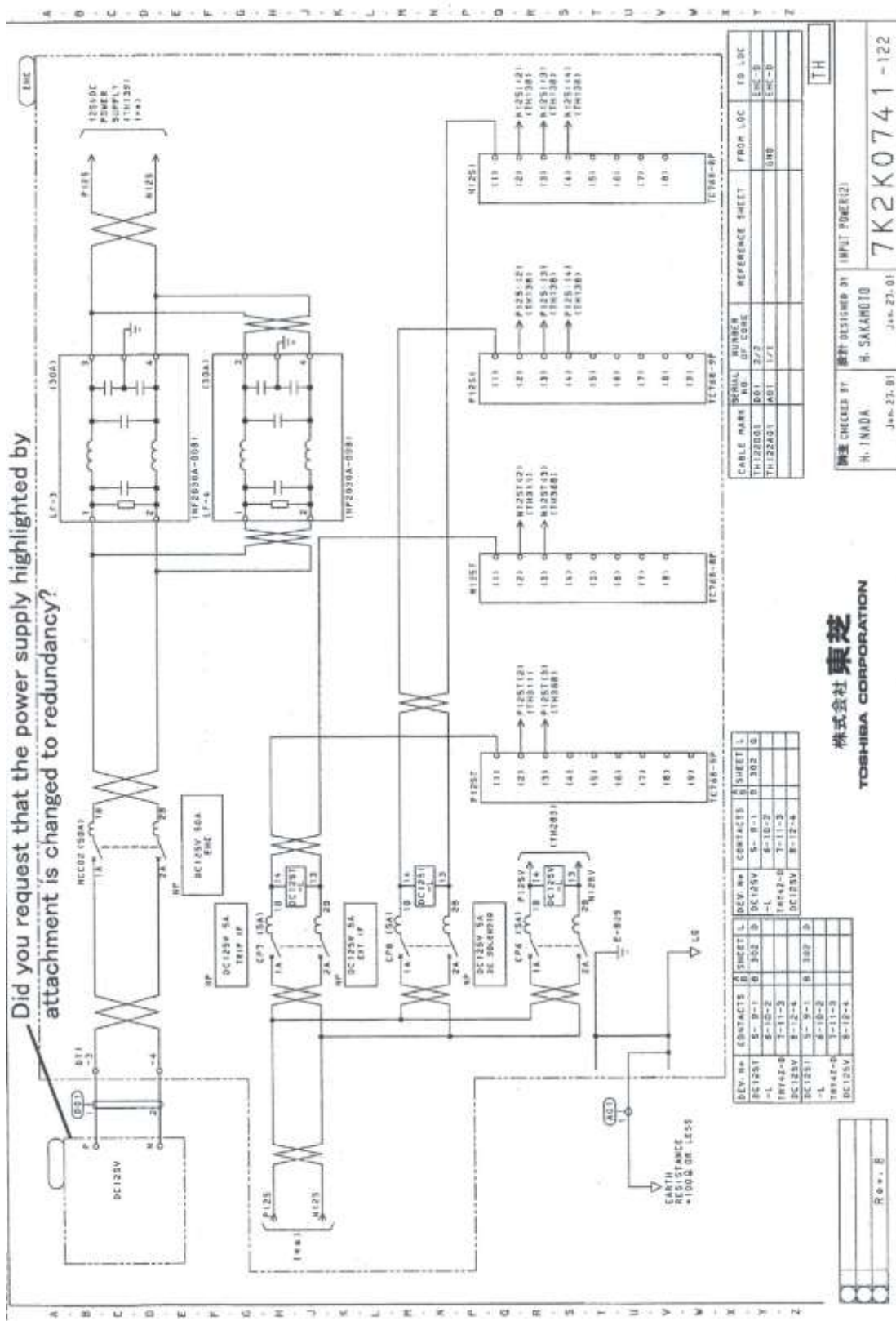
問題 10. 中九機 MSV (R) 閥桿測試時，因 RSV (R) 閥位有 HUNTING 現象，震盪幅度約在 85~98%，造成 IV (R) 先 MSV (R) 關閉。台中電廠欲更改邏輯為下圖邏輯，是否可行？



TOSHIBA 公司回答：

EHC 的邏輯是可以修正如台中電廠的建議。無論如何，目前 TOSHIBA 公司已進行詳細的研究，以找出 HUNTING 現象的根本原因，並將提出最好的解決方法。

附圖一



伍、結語與建議

此次非常榮幸獲上級長官派遣前往日本東芝公司，研習先進機組之汽輪機及 EHC 控制元件設備；雖然時間短暫且廠家的部份技術保密，所能研習的技術有其瓶頸；但相較於大林發電廠之傳統機組已運轉 40 年，舊有機組面臨效率逐漸降低且設備元件老化必須逐步更新，甚至部份元件若不是已經買不到備品就是價錢昂貴到另人目瞪口呆，因此，先進機組之設備改良及維修技術之創新研習，對大林電廠的永續經營具有非常深遠的助益。尤其在大林發電廠更新改建面臨新舊交替之時，面臨目前發電設備不斷的改良，且講究能源效率及環境保護，加上超臨界壓力鍋爐及複循環機組紛紛加入運轉行列，相關的新進設備及維修方法皆是本廠必須積極研究探討的重要課題。

以下僅就本次出國期間對相關資料的學習心得及目前 EHC 設備之設計問題提出建議如下，期望在本公司新建機組時有所助益：

1. 目前 GE 機組之 EHC 油泵因安置於油槽上方，當油泵停用後，常因進口油管路空管或空氣進入情形，在油泵再啟動運轉時，導致油出口管路劇烈振動及噪音等損壞情形。建議新建機組時應將 EHC 油泵下移，且出口油管則應使用高壓軟管，可避免鋼管振動產生設備或管路損壞的情形。
2. EHC 油泵出口濾網阻塞時，恐因無法確實隔離以更換濾網，有造成控制不穩及跳機的危險。建議新建機組時（1）在油泵出口濾網進出口處應加裝關斷閥以確保濾網更換的安全性（2）在每一油泵出口並聯加裝一至兩只濾網，濾網可供切換使用，則可確保機組運轉安全。
3. 蒸汽閥驅動器之伺服閥、閉鎖閥及快速動作閥等 EHC 設備之止漏元件劣化漏油及進口管路接頭漏油，常因無法隔離檢修造成運轉危機。建議新建機組時，應在蒸汽閥驅動器之液壓油進口管路前加裝關斷閥，遇相關閥接頭損壞漏油則可於線上隔離檢修，確保運轉安全。
4. 由於個人認為此次的學習之旅，不但提昇專業技術，且耳濡目染於日式大企業嚴謹的管理風格，有效的增廣見聞。建議日後能繼續指派更多有志於公司永續經營的同事出國研習，使本公司能繼續創新成長。