

柴油機與其輔助設備

- 壹、電源概述
- 貳、設計基準
- 參、柴油機及發電機
- 肆、柴油機之附屬系統
- 伍、起動運轉
- 陸、柴油發電機之控制和保護
- 柒、運轉規範

1

壹、廠內電源概述

- 本廠電力系統，每部機組共有三組13.8KV匯流排(NA-S01、02、03)與四組4.16kv匯流排(NB-S01、02, A-PB-S01與B-PB-S01，後二者為安全相關匯流排，區分為A、B串)。
- 由三台起動變壓器，供給機組起動、停機時所需之電源。
 - 二台161KV起動變壓器，MC-X02供給一號機、MC-X003供給二號機。
 - 一台345KV起動變壓器則二部機共用(另有一台備用345KV起變)。
- 正常運轉時，除了B-PB-S01由161KV起動變壓器受電外，其餘6組BUS分別由二組輔助變壓器供電。(二部機均相同)

2

壹、廠內電源概述

- 在喪失廠外電源，安全系統匯流排(A-PB-S01與B-PB-S01)失電(LOV)時：
 - 安全系統及非安全相關負載卸載(Shedding)。
 - 柴油發電機自動起動，併入安全系統匯流排。
 - 安全系統負載依時序加載(Load Sequencer)，提供特殊安全設施所必須之電源。
- 特殊安全設施(ESF)信號(SI)動作：
 - 只有安全匯流排上非安全相關的負載卸載。
 - 柴油發電機自動起動，若匯流排未失電，則柴油機只空轉不併入匯流排。
 - 加載時序動作，安全系統負載依時序加載。
- 每部機組備有二台各自獨立的柴油發電機組，另有一台第五部柴油發電機可供兩部機依需要配置選用。

3

501.1 當外電穩定時，緊要匯流排配置規範表

機組狀態		正常模式		替代模式	
		A-PB匯流排	B-PB匯流排	A-PB匯流排	B-PB匯流排
發電機併聯運轉期間	1.當161KV與345KV外電皆可用(註一)	受電電源：輔助變壓器	161KV起變	輔助變壓器	345KV起變
	備用電源：345KV起變	345KV起變	345KV起變	161KV起變	161KV起變
	2.當僅有345KV外電可用(註二)	受電電源：輔助變壓器	DG-B	輔助變壓器	345KV起變
	備用電源：345KV起變	DG-5	DG-A	DG-B	DG-B
機組停機	3.當僅有161KV外電可用(註一)	受電電源：輔助變壓器	161KV起變	輔助變壓器	DG-B
	備用電源：DG-A	DG-B	161KV起變	DG-5	DG-5
	4.當161KV與345KV外電皆不可用	受電電源：輔助變壓器	DG-B	輔助變壓器	DG-B
	備用電源：DG-A	DG-5	DG-A	DG-5	DG-5
機組停機	5.當161KV與345KV外電皆可用時(註三)	受電電源：345KV起變	161KV起變	161KV起變	345KV起變
	備用電源：DG-A	DG-B	DG-A	DG-B	DG-B

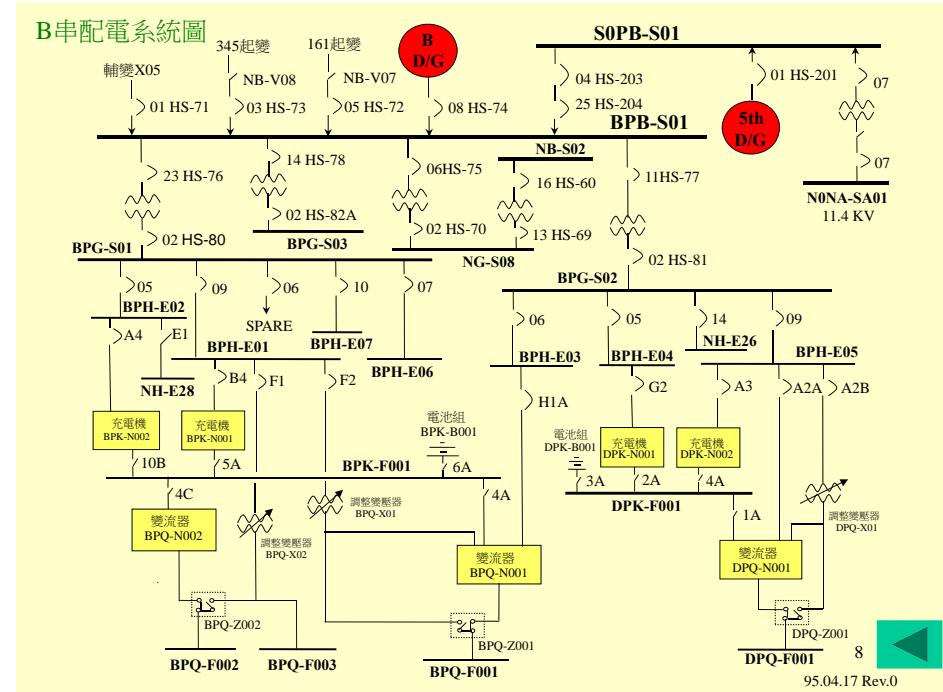
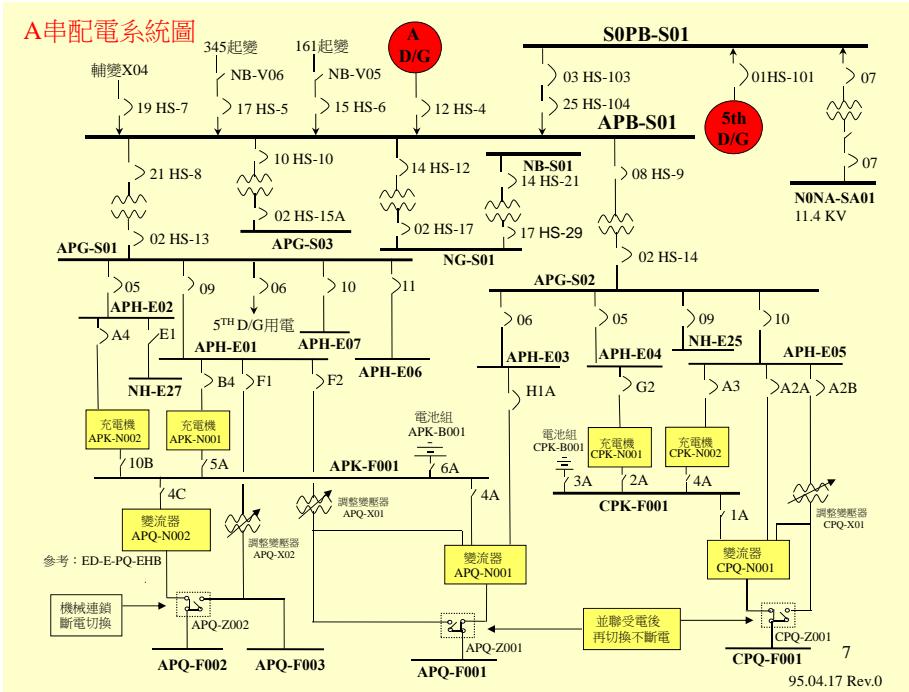
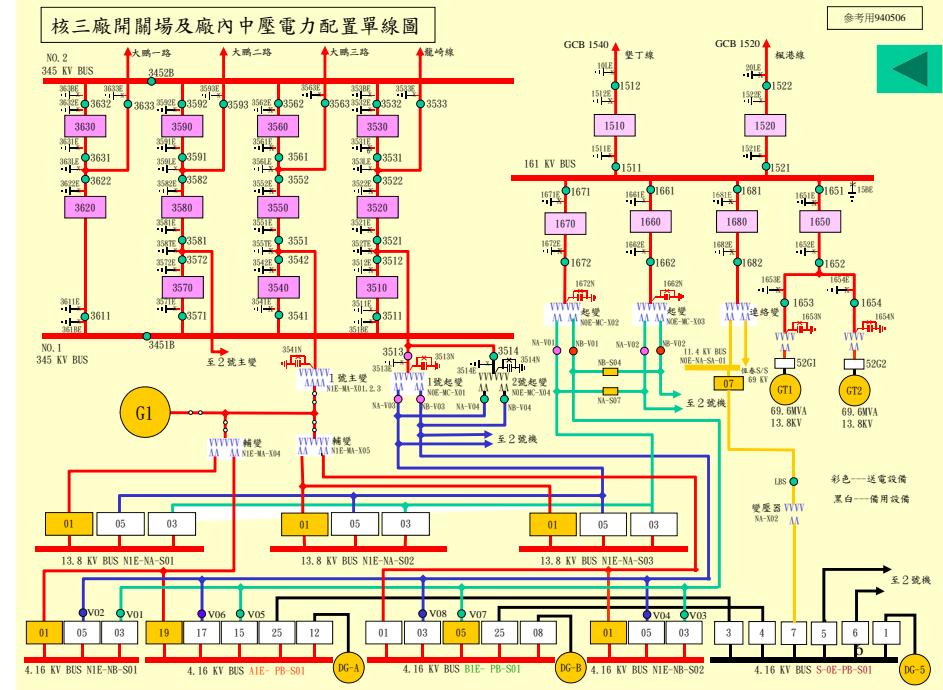
註一：當“兩外電皆可用”或“僅有161KV外電可用”，緊要匯流排電源配置優先採“正常”模式。

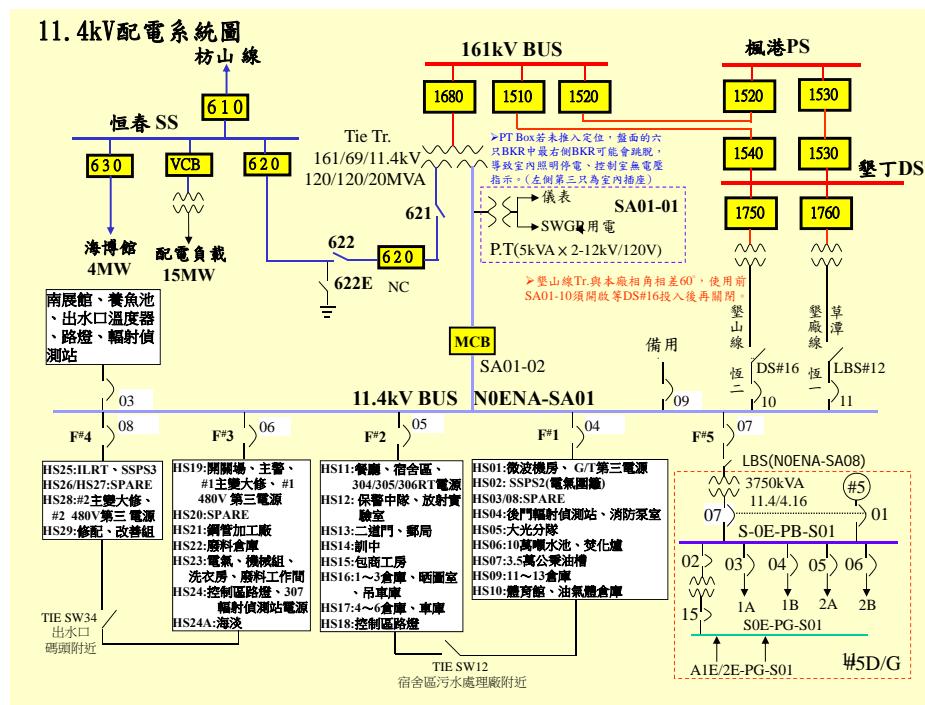
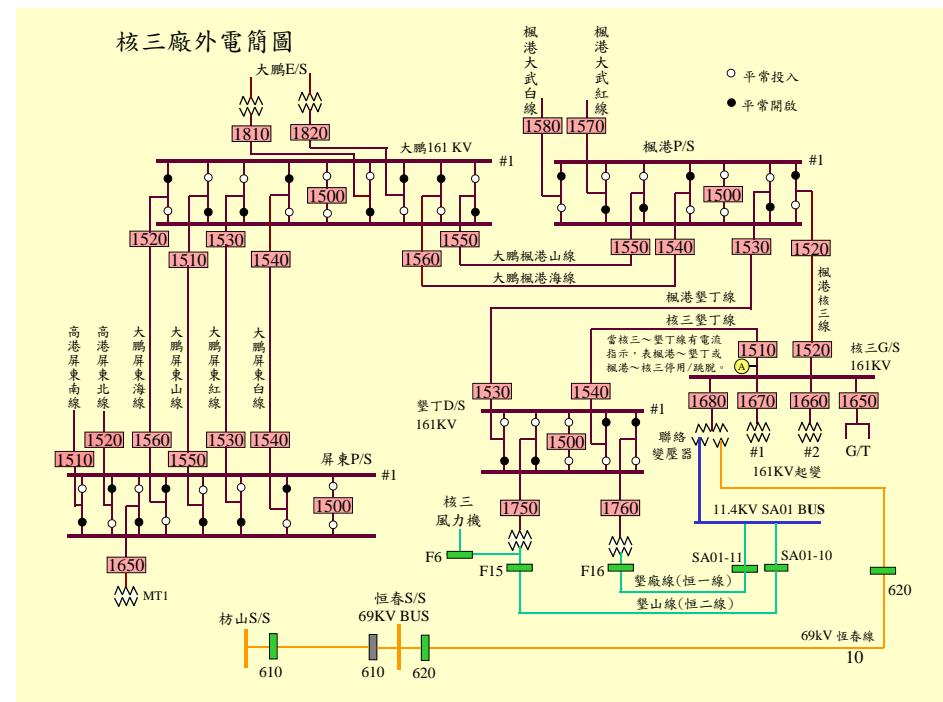
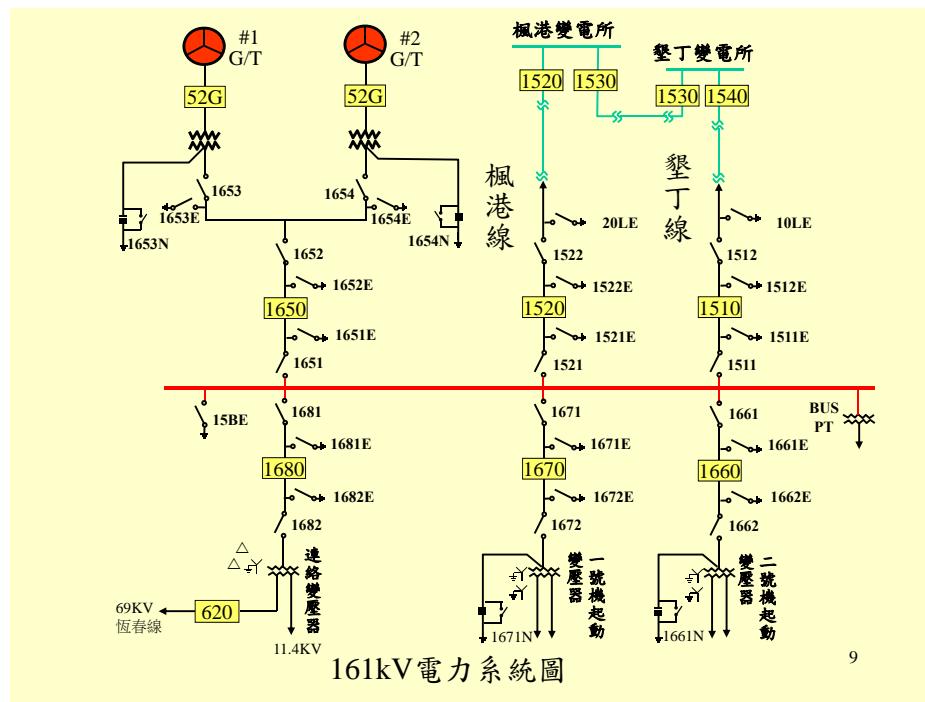
註二：當“僅有345KV外電可用”，緊要匯流排電源配置優先採“替代”模式。

註三：機組停機(發電機解聯Mode 4)，要維持緊要匯流排獨立性。Mode 5/6，雖無獨立性之要求，除檢修外，仍應儘量維持。

當外電不穩定時，緊要安全匯流排配置規範表

機組狀態		正常模式		替代模式	
		A-PB匯流排	B-PB匯流排	A-PB匯流排	B-PB匯流排
正常功率運轉	1.當161 KV外電不穩定時	受電電源：輔助變壓器	DG-B	受電電源：輔助變壓器	345KV起變
	備用電源：345 KV起變	5TH DG	DG-A	DG-B	
	2.當345 KV外電不穩定時	受電電源：輔助變壓器	161 KV起變	受電電源：輔助變壓器	DG-B
發電機停機期間	備用電源：DG-A	DG-B	161 KV起變	DG-B	5TH DG
	3.當161 KV與345 KV外電皆不穩定時	受電電源：輔助變壓器	DG-B	受電電源：輔助變壓器	DG-B
	備用電源：DG-A	5TH DG	DG-A	5TH DG	5TH DG
4.當161 KV外電不穩定時	受電電源：345 KV起變	DG-B	DG-A	345KV起變	
	備用電源：DG-A	5TH DG	5TH DG	DG-B	
	5.當345 KV外電不穩定時	受電電源：DG-A	161KV起變	161KV起變	DG-B
6.當161 KV與345 KV外電皆不穩定時	備用電源：5TH DG	DG-B	DG-A	5TH DG	
	受電電源：DG-A	DG-B	DG-A	DG-B	
備用電源：DG-5	DG-5	5TH DG	5TH DG	5TH DG	5TH DG





貳、柴油發電機設計基準

- 每一部機組的安全串電力系統各配備一台4.16KV, 60Hz, 3相的緊急柴油發電機。
 - 發電機由快速啟動的柴油引擎來驅動
 - 在**A/B-PB-S01**喪失電壓(**LOV**)時，柴油發電機將自動起動並依加載時序供電給各**ESF**設備；在**SI**信號動作時，柴油發電機也會自動起動，但不會併入匯流排。
 - 引擎依靠潤滑油及水套冷卻水恆溫泵運轉，維持引擎於預熱狀態，使柴油引擎在快速起動時不致造成機械損壞。

貳、柴油發電機設計基準

1. 供給4.16KV安全匯流排的備用電源，其容量必須足夠供機組**安全停機**所必須的電源。
 - 當各負載於加載時序動作時，電壓須 $\geq 4.16\text{KV} \times 0.75$ (3120V)，頻率須 $\geq 60\text{Hz} \times 0.95$ (57Hz)
 - 兩個加載時序間隔時間 (Time Interval) 的60%時，電壓/頻率必須回復到 $4160 \pm 420\text{V}$ 及 $60 \pm 1.2\text{Hz}$ 之間。
2. 緊急柴油發電機為**雙重設備**，在佈置方面互相**隔開**，在電氣方面相互**隔離**。故任何單一元件故障或失靈，將不致影響到整個系統的功能。
3. 每台柴油發電機最低使用年限為四十年，整個系統必須耐地震，合乎一級重要設備的防震要求，在地震時（後）仍可運轉。

13

貳、柴油發電機設計基準

4. 每台柴油發電機所發之電量，必須大於**LOCA**和**全黑**後的緊急總負載。
5. 安全匯流排 (A-PB-S01與B-PB-S01) 上的柴油發電機，禁止兩台併聯於同一個外電運轉。
6. 每台柴油發電機在接到起動信號後，必須能在十秒內建立額定頻率和電壓。
7. 一個起動空氣儲存槽可供起動五次，且在**無二次冷卻水**(NSCW)情況下，可運轉三分鐘。

14

貳、柴油發電機設計基準

8. 每部柴油機各有其獨立的潤滑油系統及冷卻水系統。此兩系統使柴油機保持在暖機狀態，使柴油發電機組**緊急快速起動**。
9. 此系統必須設計**能耐飛射物、耐火**和可能發生的自燃事件。
10. 此系統必須能供**定期測試和機件檢查**。

15

參、柴油機與發電之設計數據

- 柴油機組：美國DELAVAL公司(**16氣缸**)
 - 型式：DSRV-16-4，**V型水冷式四行程**固定式。
 - 出力：9708HP (@ 7240KW)
 - 引擎重量：106,593Kg (235,000lbs)
 - 額定轉速：**450RPM**
 - 最大轉速：**600RPM**
 - 最大活塞速度：**503m/min (1650ft/min)**
 - 起動方式：壓縮空氣(225~250Ppsig)。
- 發電機為三相，4.16KV、60Hz、Y型冷氣式、同步發電機。
 - 連續的輸出7000KW、功率因素0.8。
 - 最大出力可達7700KW(可短時間運轉2小時)。
 - **轉子磁場**由固態勵磁機電壓調整器 (Static Exciter Voltage Regulators) 供給直流電源(外接PK 125VDC Flash)。

16

柴油機組之比較

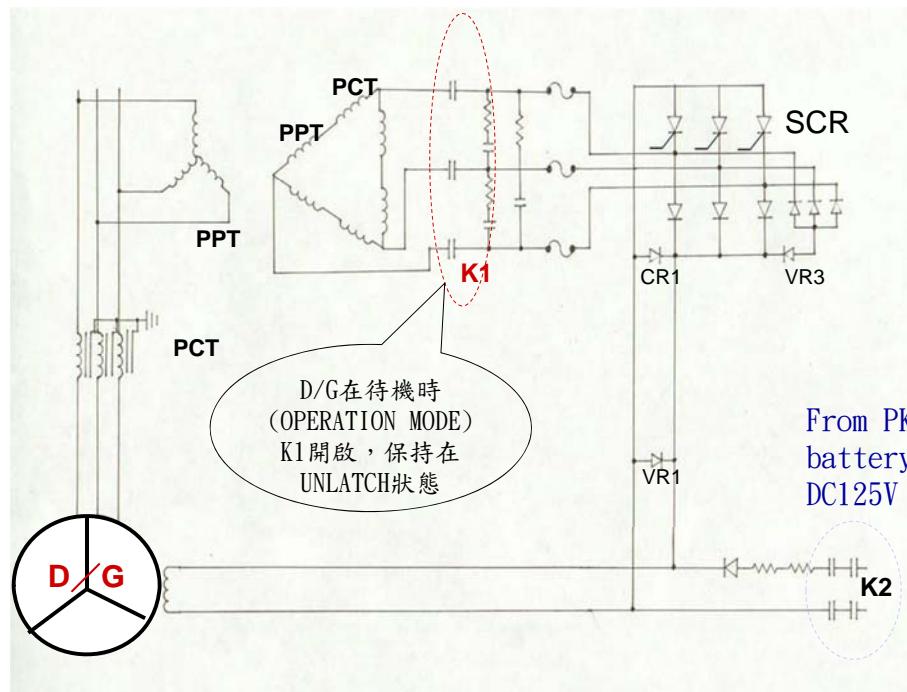
	A/B串柴油機(四台)	5 th D/G(一台)
引擎廠牌	美國 DELAVAL	法國 PIELSTICK
型號	DSRV-16-4	16 PC 2-5V 400NR
額定出力	7240 KW	7414 KW
轉速	450 RPM	514 RPM
活塞衝程	533.4 MM	460 MM
氣缸直徑	431.8 MM	400 MM
點火順序	1L-8R-4L-5R-7L-2R-3L- 6R- 8L-1R-5L-4R-2L-7R- 6L-3R	A1-B1-A5-B5-A7-B7-A3-B3- A8-B8-A4-B4-A2-B2-A6-B6
噴油角度	R- 21°, L- 22° TDC前	13° ±1° TDC前
轉動角度	CW 由發電機端看	CW 由發電機端看

17

發電機組之比較

	A/B串柴油機(四台)	5 th D/G(一台)
發電機廠牌	GENERAL ELECTRIC	ACEO ALSTHOM
型號	ATI	RP47A/14P
類型	同步 三相	同步 三相
額定輸出	8750 KVA	8949 KVA
磁場	外接 DC 125V點火(flash)	永久磁鐵發電機
調速機	EGB-35C	EGB-50P
超速跳脫	機械	電氣及機械
增壓機	由主油泵供給潤滑，快速起動無法同步	自潤式

18



柴油引擎運轉簡介

1. 柴油機接收起動信號時，起動空氣電磁閥(四只/二串)賦能(5秒或200rpm時即失能)，壓縮空氣由凸輪驅動的空氣分配器控制而依序的被導入汽缸，推動曲柄軸，帶動飛輪。
2. 上述壓縮空氣同時將調速機之booster推出，即使噴油注射泵啟始最大的噴油量。先由機械調速控制將轉速拉回，再轉由電氣調速控制。
3. 引擎汽缸內空氣被壓縮至高溫狀態，至上死點稍前(凸輪驅動)燃油噴入，與空氣混合而燃燒，瞬間加入大量的熱能提昇汽缸壓力，推動活塞，轉動曲軸軸，帶動發電機。

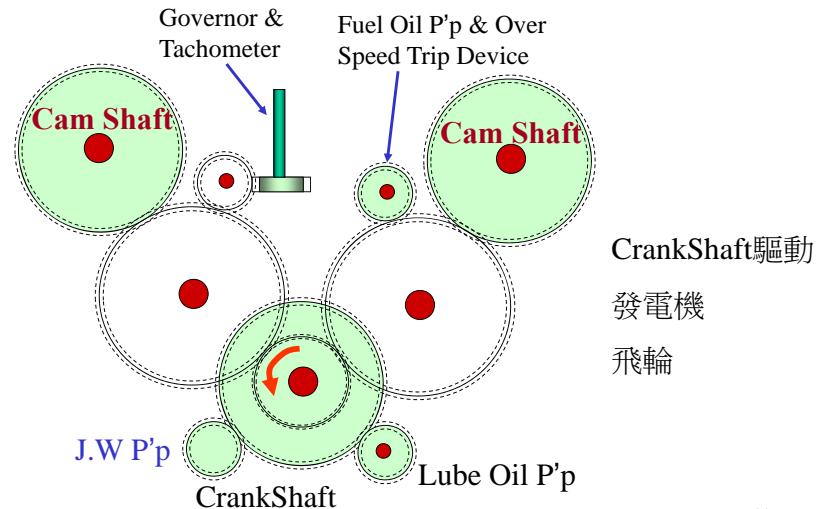
20

柴油引擎運轉簡介

5. 另起動信號也同時啟動發電機**磁場點火**(flash)線路，當發電機被轉動時即可建立電壓、輸出(10秒內達額定電壓、頻率)。
6. 當柴油機轉速提升後，電氣調速機介入控制噴油注射泵之噴油量，轉速直接由噴嘴射入油量的多寡而決定，維持450 rpm左右。
7. 若轉速因故昇至465rpm時，離心式機械信號加入調速機控制系統，另有柴油引擎超速(517 ± 26 RPM)跳脫保護。

21

主軸傳動之設備



22

肆、柴油機之輔助系統

1. 壓縮空氣起動系統
2. 空氣進氣與排氣系統
3. 燃油供給系統
4. 潤滑油系統
5. 冷卻水系統

23

壓縮空氣起動系統

1. 備有二組獨立、重複的起動系統。每組包括空氣儲存槽、空氣壓縮機和空氣乾燥器等。
2. 空氣由**空氣壓縮機**壓縮後，經**後段冷卻器**到**空氣儲存槽**外的**乾燥器**，乾燥器是利用乾燥劑除濕，除去水份後，再送至**空氣儲存槽**。
3. 儲存槽空氣容量足供柴油引擎**連續起動五次**(**最低壓力**150Psig)。當儲存槽內的空氣壓力降至15.8Kg/cm²(225Psig)時，壓縮機自動起動，至17.6Kg/cm²(250Psig)時壓縮機自動停止；儲存槽壓力達到252psig時，空壓機會自動卸載(unloading)。若壓力升到19.53Kg/cm²(275Psig)時，高壓洩放閥動作。
4. 每具空氣儲存槽的出入口均裝有逆止閥，以防儲氣槽或管路破裂時影響其他充氣系統。

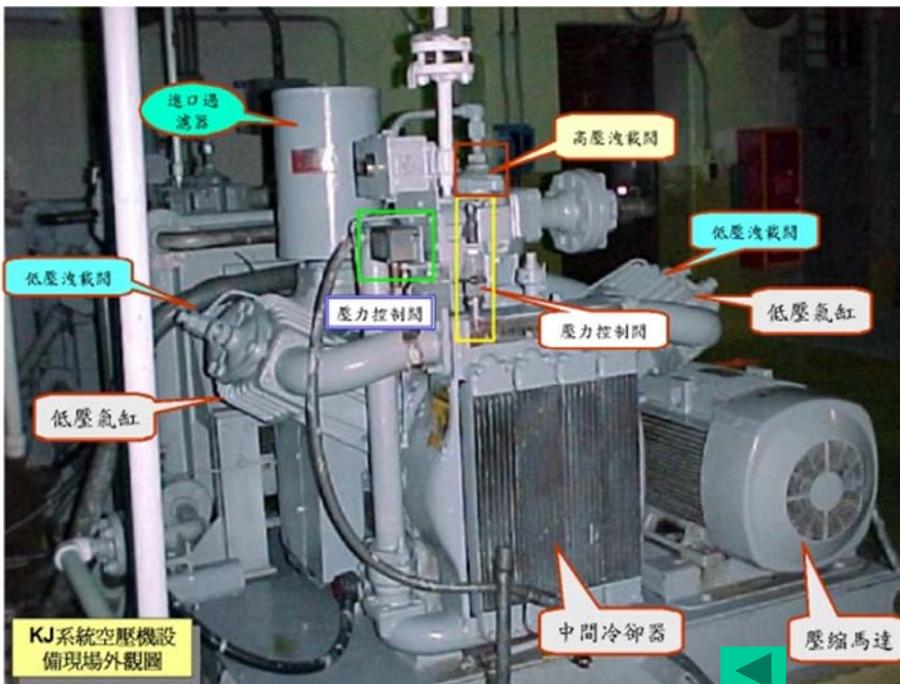
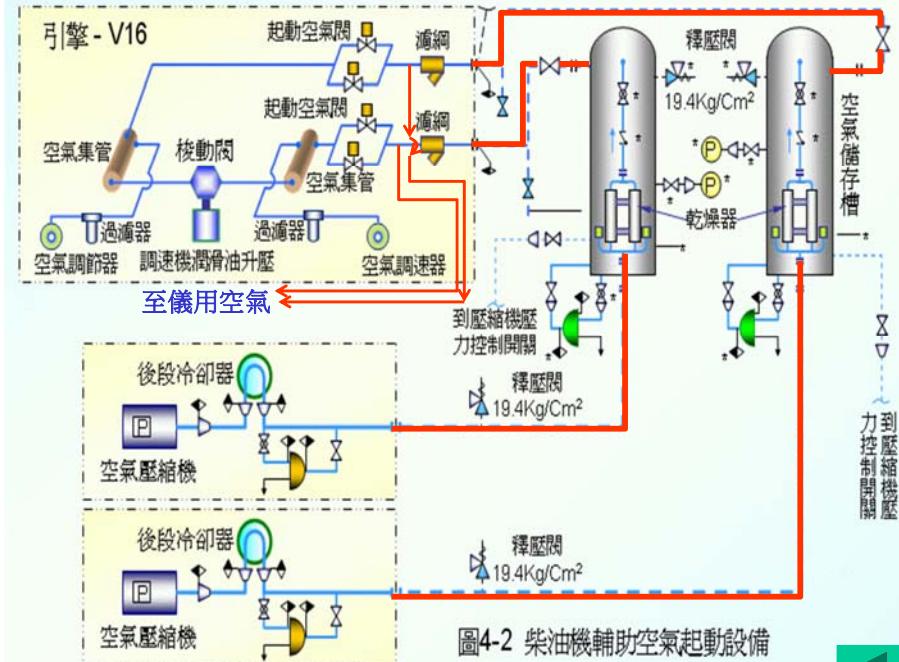
(圖4-2)

24

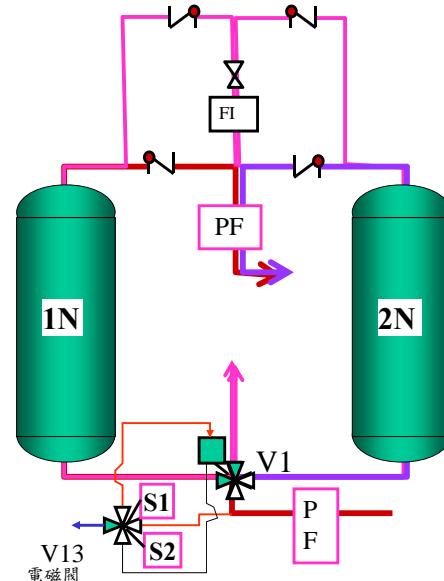
空氣系統設備

- **空壓機**：廠牌-IR，74 CFM，790 RPM，30 HP
 - 兩個低壓段，一個高壓段〔彈簧片式〕
 - 低壓段後有一 Inter-cooler(轉軸帶動風扇)，高壓段後有一 After-cooler(馬達帶動風扇)。
- **乾燥器**有兩串，一串乾燥時，另一串進行還原。經由儀控電磁閥及四通閥之控制，每5分鐘自動切換一次。
- 空氣經乾燥器後，再經 20 Microns 的過濾器後至 Air Receiver 〔設定250 PSI〕。
- 由 Air Receiver 後一分支再經 20 Microns 的過濾器至柴油機起動系統，另一分支經 5 Microns 的過濾器後至儀控設備(60psig)。

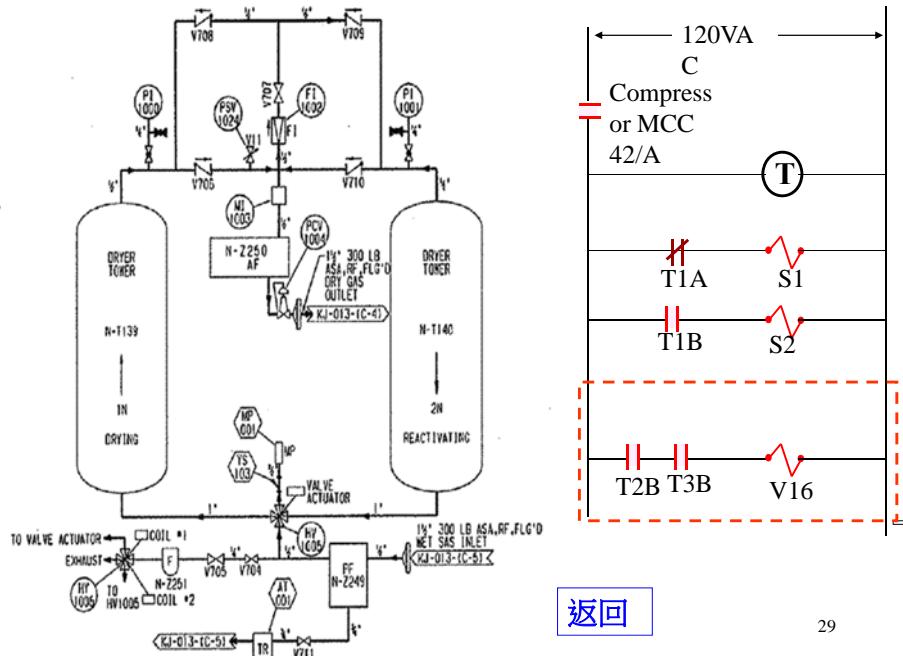
(圖4-2) 25



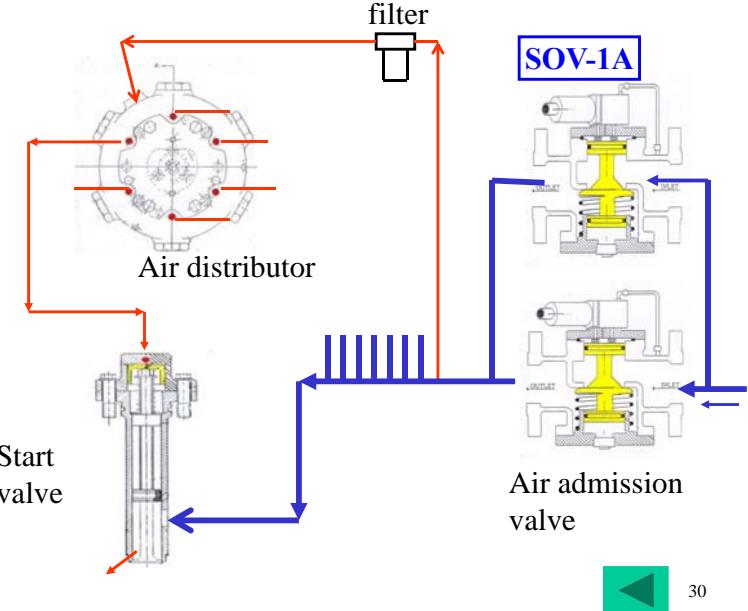
乾燥器(1/2)



- 在空壓機啟動同時，計時器也會賦能旋轉，每隔五分鐘動作一個微動開關。微動開關接通後，電磁閥賦能，提供空氣驅動四通閥 (V1)。
- V1動作後氣體流程改變，乾燥器2N變成吸收流程（壓縮空氣中的水份），1N則為再生流程。
- 再生空氣流量閥用以維持4.3SCFM之流量。

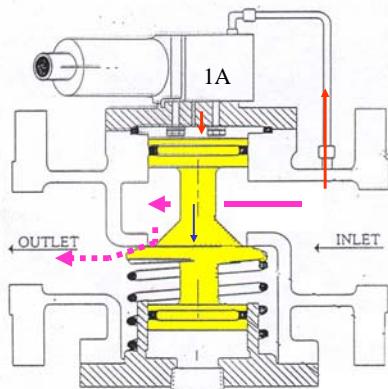


柴油機之起動迴路



Air admission valve

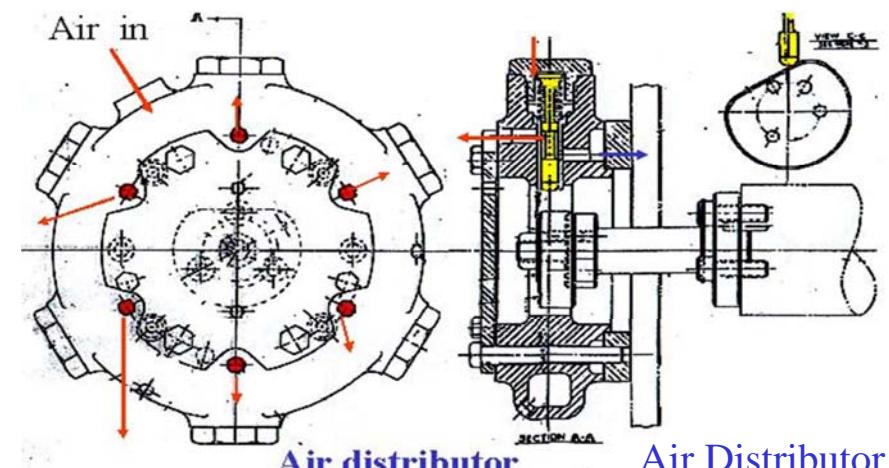
Starting mode



- 1A 電磁閥 energize, 空氣由 air admission valve上方下壓, 打開閥
2. air至分配盤及各缸起動空氣閥

running mode

5秒鐘後1A電磁閥失電洩壓 air admission valve由於彈簧作用回復關閉位置



Starting mode

1. air充至spool上方將spool下壓至頂住凸輪, 當凸輪扁平處碰抵住spool時, spool下降, air進至缸頭的起動空氣閥, 使高壓空氣進入氣缸。

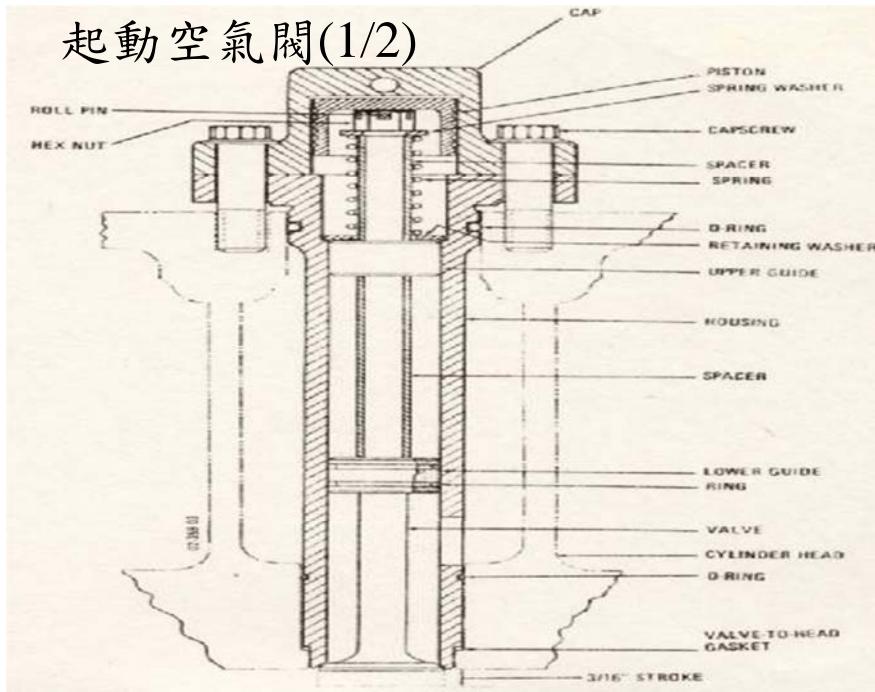
2. 當凸輪圓周部位抵住spool時, spool上升, air洩掉。

running mode

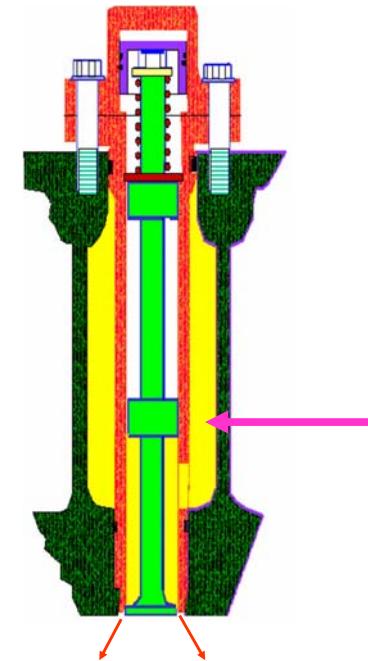
1. air admission valve close, 使spool上方無壓力且因彈簧力而內縮, 柴油機運動中凸輪不會碰抵spool。



起動空氣閥(1/2)

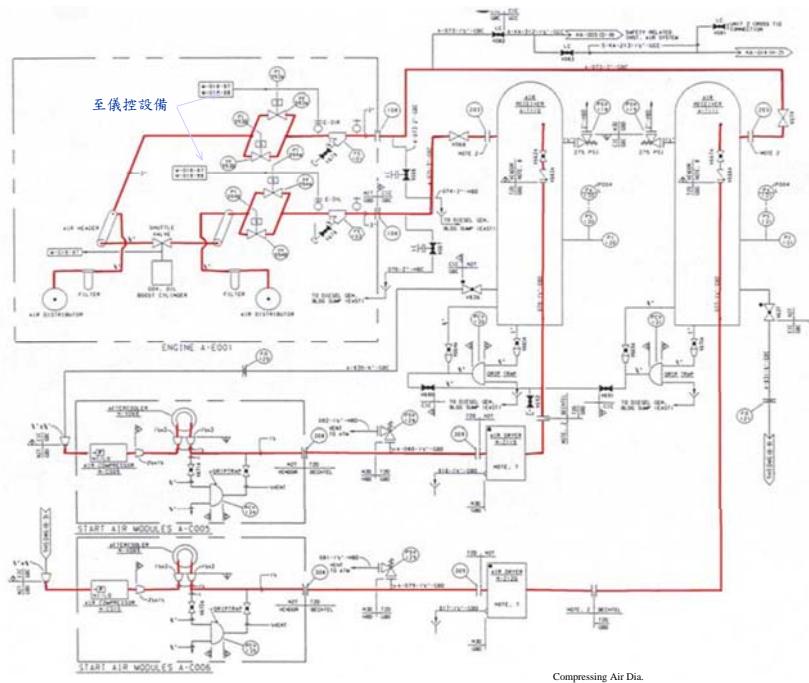


起動空氣閥(2/2)



返回

34



空氣進氣系統

1. 外界的空氣，由空氣濾清器吸入進氣管消音器，再經兩部由排氣驅動的渦輪增壓機 (Turbochargers) 加壓後，進入空氣冷卻器 (25psi、204°C)，經冷卻後(65°C)，送入進氣總管。
2. 進氣總管內的空氣因渦輪增壓機加壓，故可得到較多的進氣量，提升效率。
3. 維持渦輪增壓機出口空氣冷卻器的冷卻水進口溫度低於160°F(71°C)，以限制燃氣進氣進口集管之溫度不超過200°F (93°C)之最高值設定。

(圖4-3)

36

排氣系統

1. 柴油引擎汽缸內燃燒過的廢氣，經排氣閥、排氣總管，推動渦輪增壓機的輪翼以增加進氣壓力，降低排氣壓力。
2. 動力回收增加引擎的運轉效率。從渦輪增壓機出來廢氣，經排氣管、消音器排出廠外。

(圖4-3)

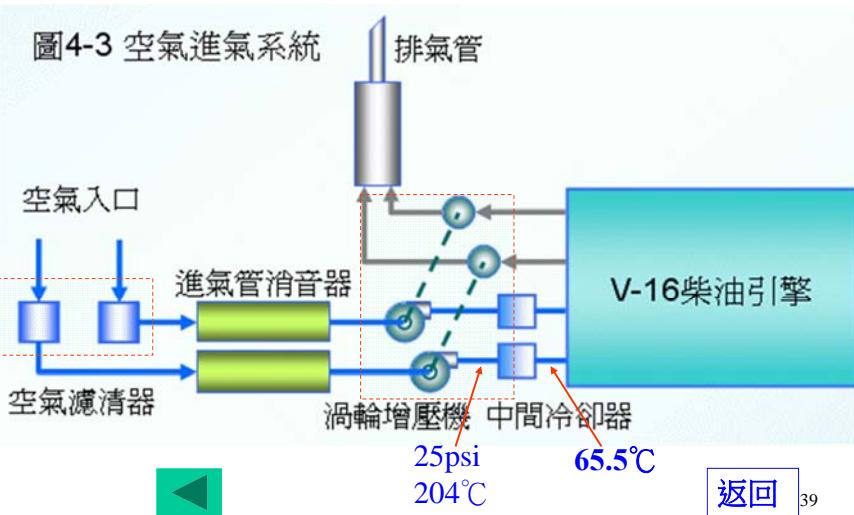
37

燃氣進氣和排氣系統(316)

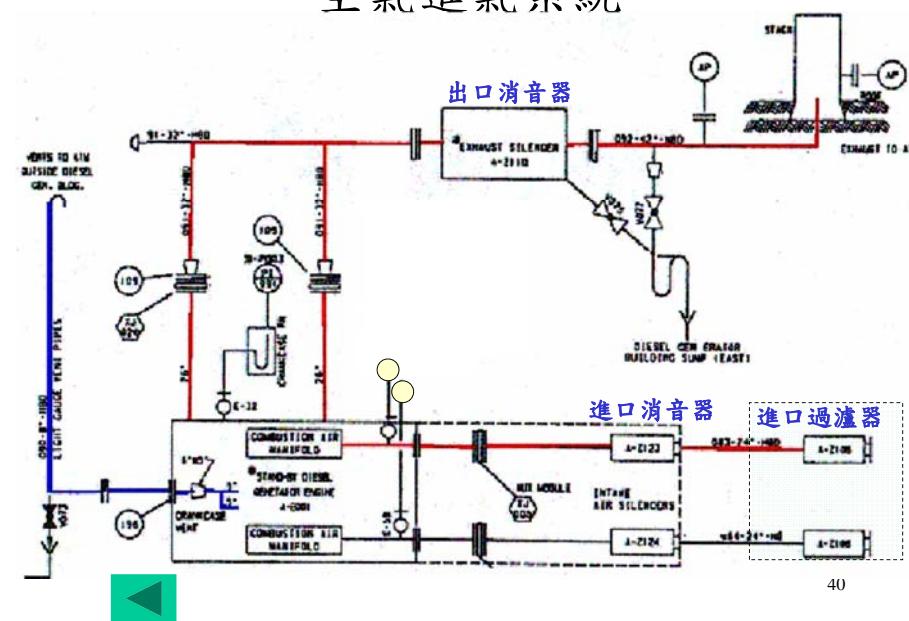
- 當引擎正在額定負載及速度之下運轉時，應維持曲軸箱之壓力低於21cmH₂O，曲軸箱之壓力上升時，應立即將引擎停掉，以減少油氣累積。
- 個別汽缸之溫度與各汽缸排氣的平均溫度差超過 $\pm 75^{\circ}\text{F}$ ($\pm 41.67^{\circ}\text{C}$) 時，須請維護課檢查引擎，是否可能是由於噴嘴、噴射泵、閥或活塞環故障所引起。
- 要確定有足夠的潤滑油供給至渦輪增壓機軸承，渦輪增壓機軸承進口油壓須維持在25到35 psig。當柴油發電機起動試驗以前先打開潤滑油旁通閥2分鐘，待柴油發電機到達額定速度後再關閉潤滑油旁通閥。

38

空氣進氣系統



空氣進氣系統

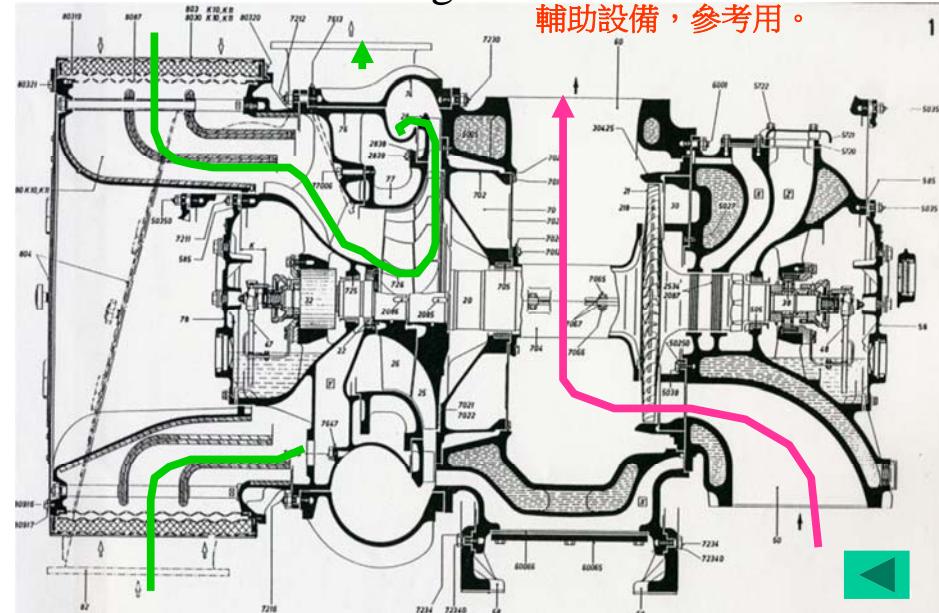




41

5TH D/G TurboCharger

註：本圖為5TH D/G之輔助設備，參考用。



1

燃油供給系統

1. 燃油儲存槽的容量能在設計基準事故且發生LOV時，提供柴油發電機在額定負載下連續運轉7天，加上15%額外容量供給定期測試用油。燃油儲存槽的可用容量為94000加侖，運轉規範要求最少油量需大於81420加侖（75%/5M）。
2. 日用槽，其有效容量為1950加侖，可供柴油機在滿載的情形下連續運轉4小時，運轉規範要求最少油量需大於533加侖（29.55%/48.8cm）。
3. 每台柴油發電機各有二台**燃油傳送泵**，置自動時由**燃油日用槽**油位高低控制自動起動、停止。燃油傳送泵在74ft水頭下有25gpm的額定容量。

流程圖

43

燃油供給系統

3. 而燃油日用槽內的燃油，利用重力直接流到柴油引擎，經**燃油過濾器**、**燃油泵**，泵至**供油集管**；再經引擎軸驅動的**燃油注射泵**，經噴嘴射入**汽缸**。
4. 供油管路並備有陰極保護設備。
5. 萬一在貯存期間柴油劣化，可由燃油輸送泵經臨時管路泵送到外界。

流程圖

44

燃油供給系統

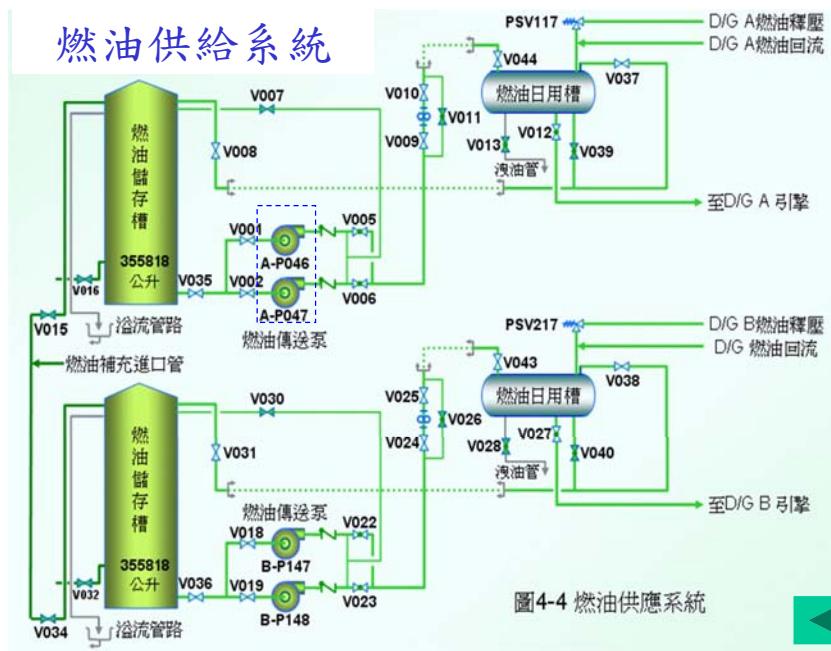
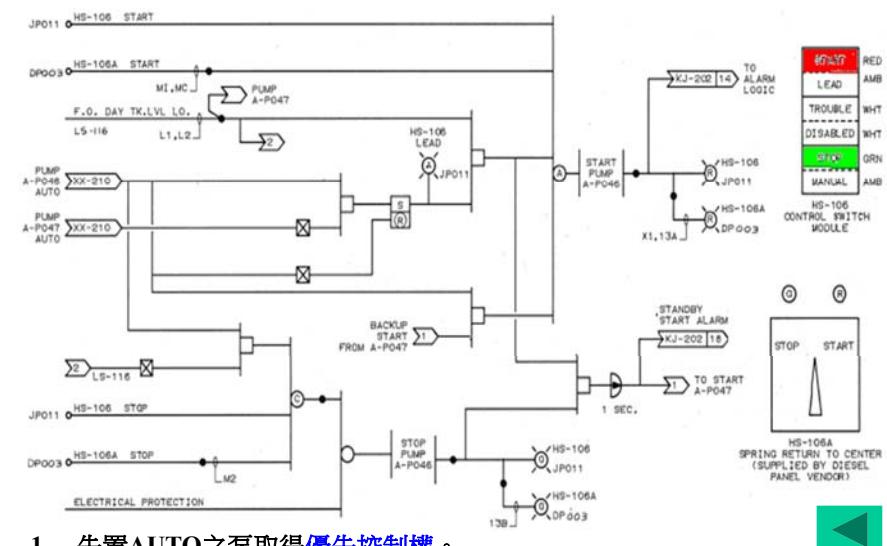


圖4-4 燃油供應系統

燃油傳送泵

J-KJ-201



1. 先置AUTO之泵取得優先控制權。

2. 備用台於優先台接受自動起動信號但1秒後仍未起動時，自動起動。⁴⁶

燃油供給系統

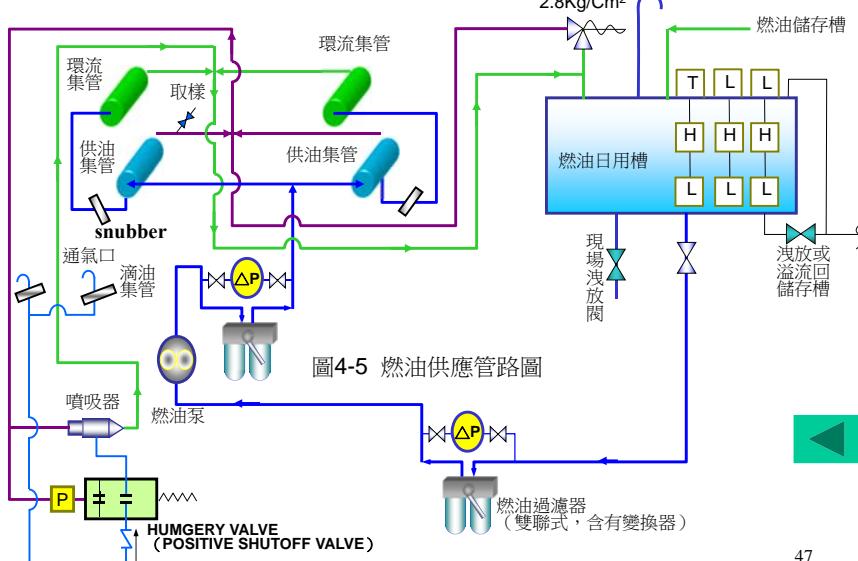
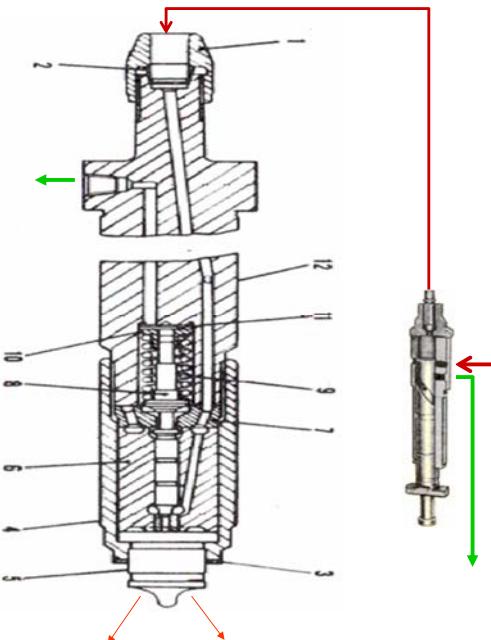


圖4-5 燃油供應管路圖

47

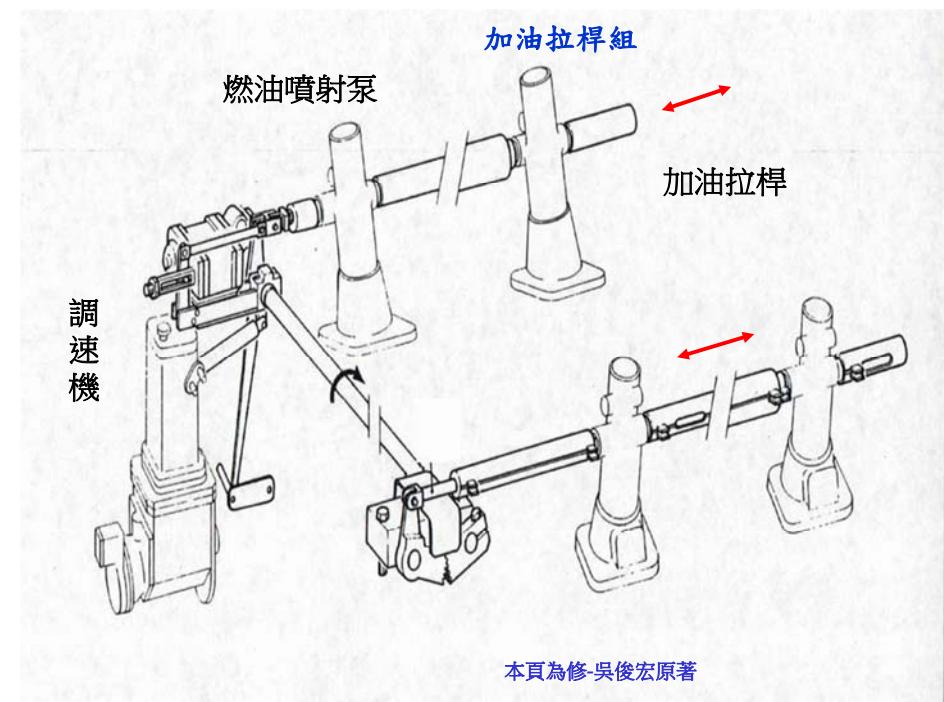
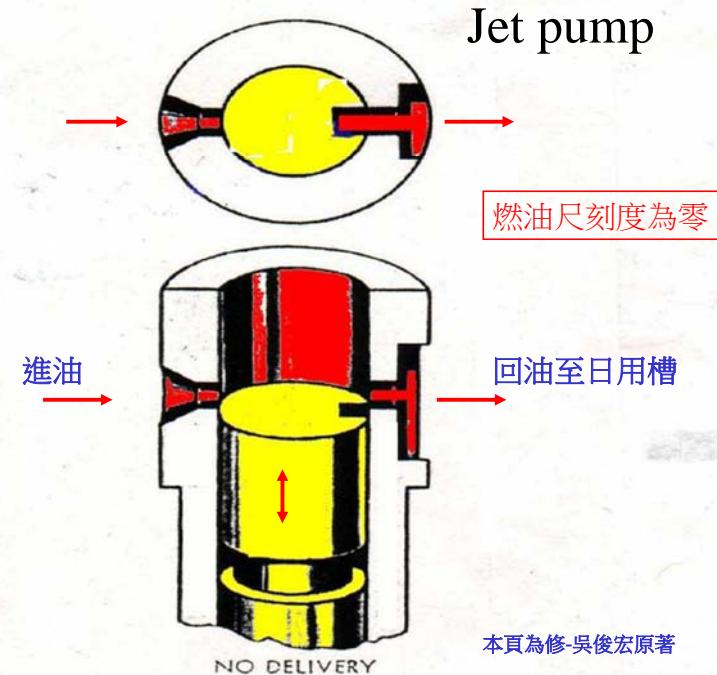
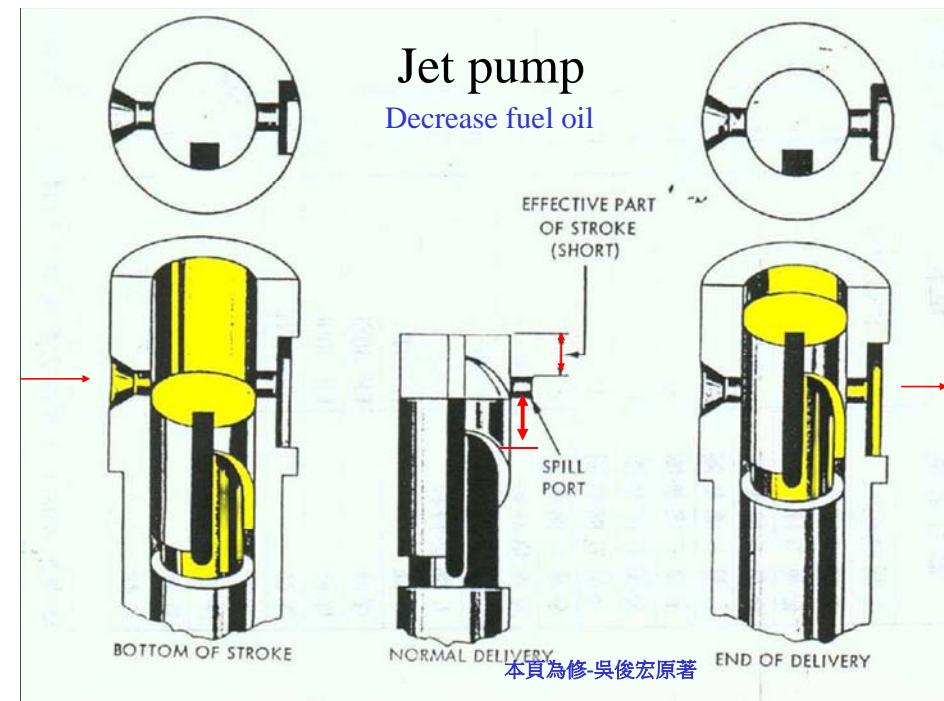
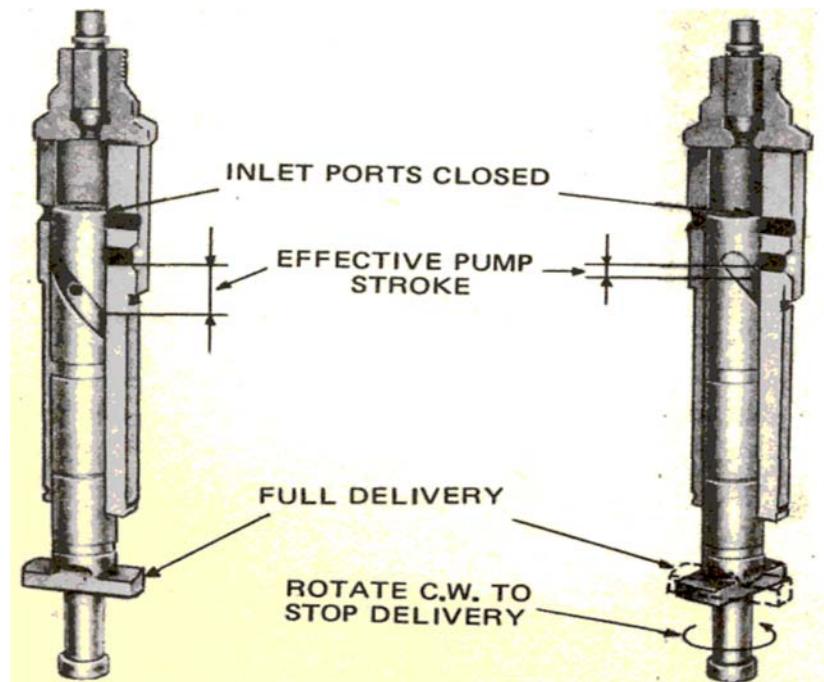
流程圖

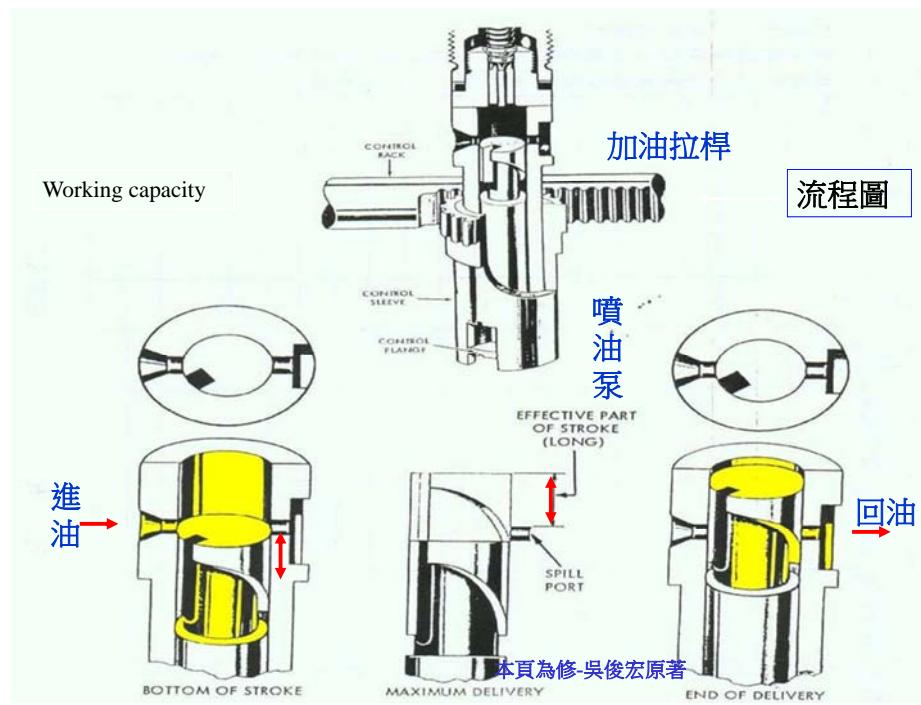


norzle

- 1 HIGH PRESSURE LINE NUT
- 2 COMPRESSION RING
- 3 GASKET
- 4 ASSEMBLY NUT
- 5 SPRAY TIP
- 6 NOZZLE VALVE ASSY.
- 7 STOP PLATE
- 8 SPRING GUIDE
- 9 NOZZLE SPRING
- 10 SPRING SEAT
- 11 SHIM
- 12 BODY

48





54

冷卻水供給系統

- 每台柴油發電機，均有其獨立的冷卻水系統；包括水套水冷卻器、直立管、引擎帶動冷卻水泵、兩個空氣冷卻器、兩個渦輪增壓機冷卻器、兩個排氣水套、一個調速機冷卻器及保溫泵、加熱器和潤滑油冷卻器。
- 柴油發電機平常均在備用狀態，其引擎本體利用溫水隨時保持暖機，使引擎能迅速地起動。
- 引擎起動後轉速200rpm時，保溫泵自動切離，引擎停止後會自動起動。接到柴油機起動信號，熱交換器廠用海水入口閥即自動開啟，將引擎水套冷卻水熱量帶出。在無廠用海水流經柴油機水套熱交換器時，柴油發電機冷卻水系統足可供柴油機起動運轉三分鐘。這種設計是因電動的廠用海水泵，失電後要等柴油機起動後才能運轉。

圖4-7-1：停機中

圖4-7-2：運轉中

55

冷卻水供給系統

- 在柴油機運轉時，柴油發電機冷卻水的溫度由三通溫度調節閥自動控制。此閥調節流經柴油發電機冷卻水套熱交換器和其旁路的冷卻水流量。使引擎冷卻水維持在適當的溫度($\geq 60^{\circ}\text{C}$)，以得最大的引擎效率。
- 經水套冷卻水熱交換器冷卻過的水，一部份直接流回直立管；另一部份流至潤滑油冷卻器、空氣冷卻器、調速機冷卻器、增壓機冷卻器、排氣管水套後再流回直立管。

圖4-7-1：停機中

圖4-7-2：運轉中

56

冷卻水供給系統

6. 柴油機停機備用時，若出現引擎水套冷卻水低溫(60°C)警報，則可能是溫水系統故障。此時應檢查水套水加熱器電源斷路器是否跳脫，若水溫無法恢復，考慮以第五台柴油機取代，以避免增加柴油機於低溫起動時機件磨耗的機會。
7. 柴油發電機運轉時，引擎本體的熱量，由引擎體內閉路冷卻水帶至水套冷卻水熱交換器。

圖4-7-1：停機中

圖4-7-2：運轉中

57

4-7-1冷卻水供給系統

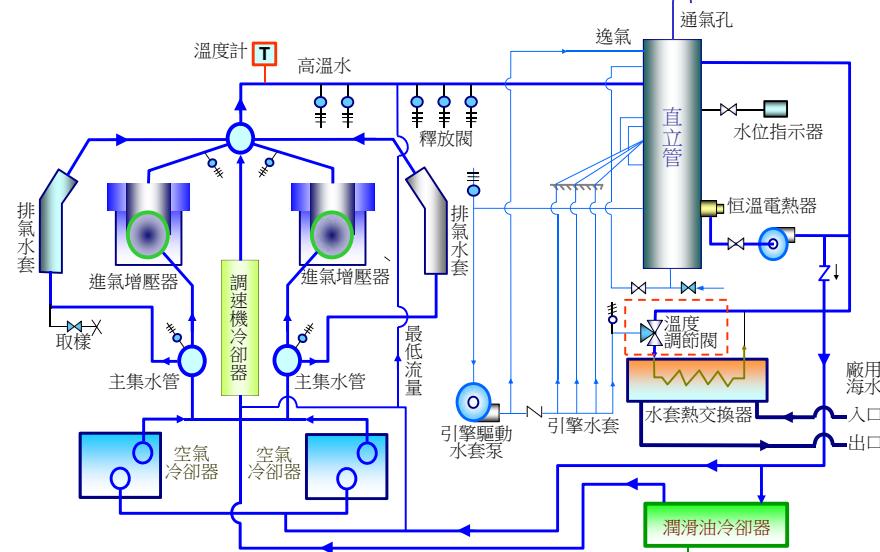


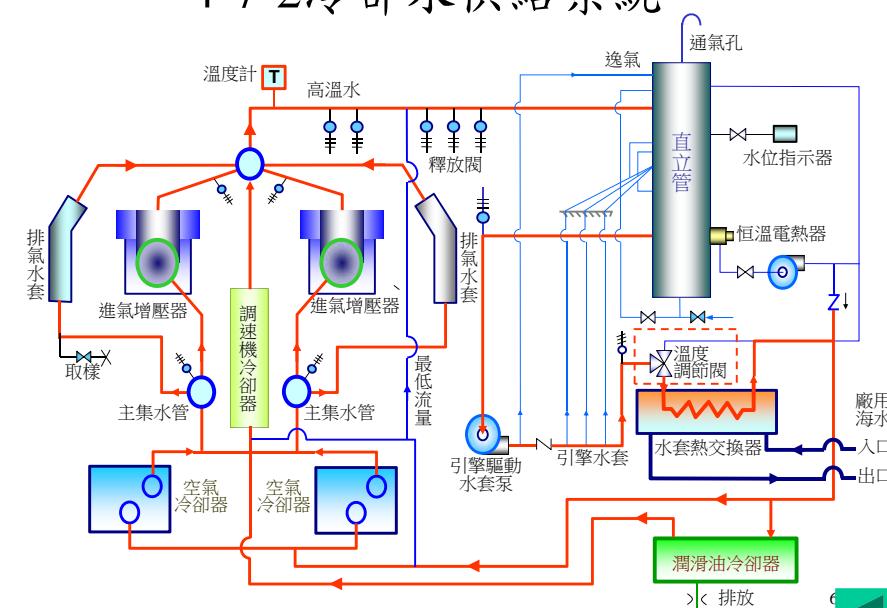
圖4-7-1 柴油發電機冷卻水系統(停機中)

冷卻水供給系統(316)

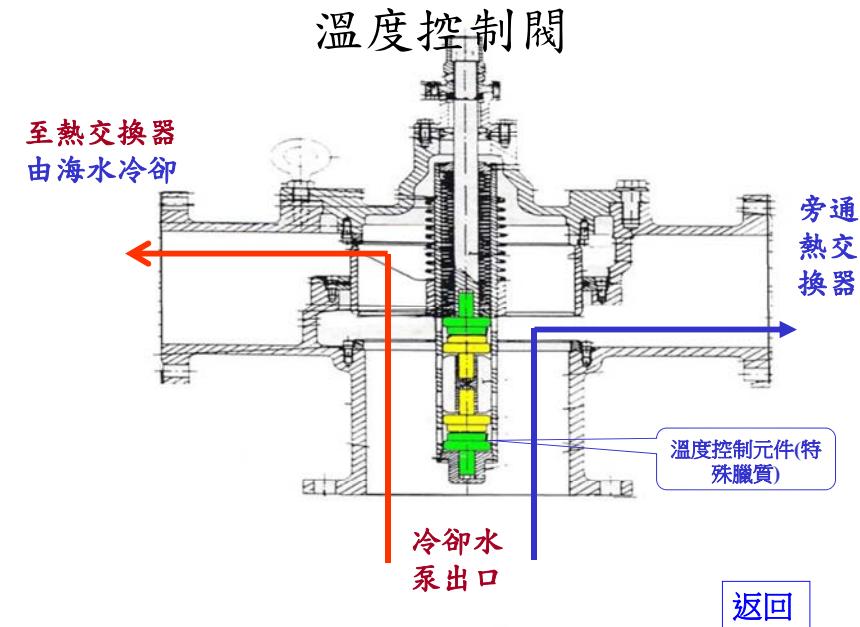
- 水套冷卻水之出口溫度應維持在 68°C 左右，最低不低於 60°C ，最高不高於 87°C 。
- 水套冷卻水之出口溫度超過 87°C 時，非緊急狀況下避免起動柴油機。水溫高於 93°C ，在非DGSS起動運轉時柴油機將跳脫。

58

4-7-2冷卻水供給系統



6



潤滑油潤滑油系統系統

1. 柴油引擎的各部動作，如汽缸與活塞間、汽門定時搖桿、曲軸襯套、軸承等，各部份動作均須加以潤滑。其所用的潤滑油為SAE40號機油。
2. **引擎運轉時**，潤滑油由**引擎驅動的主潤滑油泵**從潤滑油槽抽出，經潤滑油冷卻器，過濾器後，流入引擎潤滑各部動作。
3. 潤滑油再流回潤滑油盆，以防曲柄箱內的高壓氣體破壞潤滑油油質。

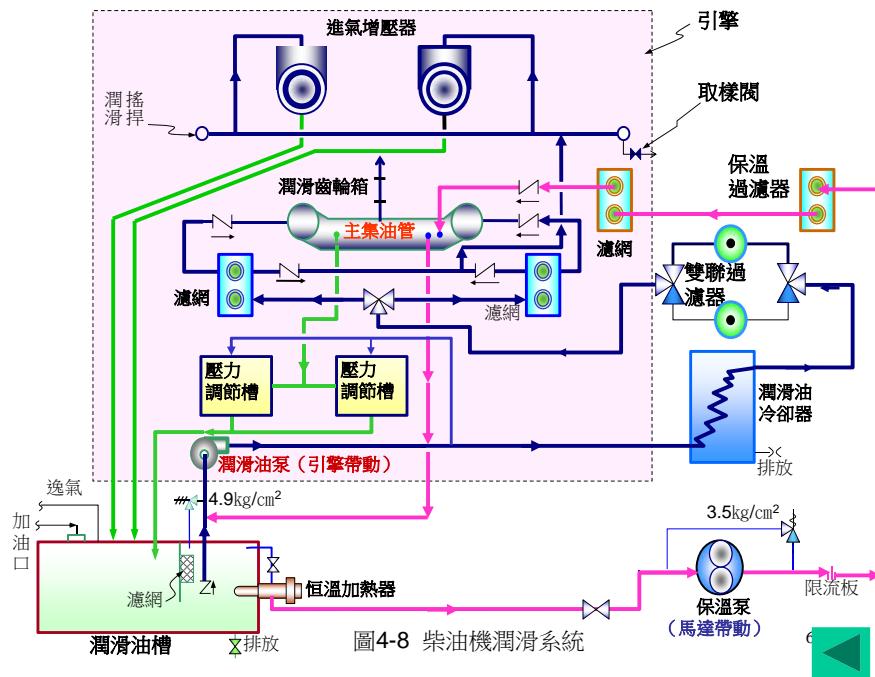
(圖4-8)

潤滑油系統

- 在平常備用時，潤滑油槽內的油流經潤滑油加熱器、再經馬達驅動的恒溫泵加壓打出經潤滑油過濾器、主集油管、主潤滑油泵進口而至各部動作潤滑。以保持潤滑油的溫度，確保引擎可迅速起動。
- 潤滑油的溫度由恒溫器自動控制。加熱器故障時，不會立即影響柴油發電機系統。再者，降低室溫亦並不太影響柴油機起動時間。
- 潤滑油集管溫度應維持在68°C左右，最低不低於60°C，最高不高於87°C。若潤滑油度低於60°C應檢查其斷路器，若無法改善，考慮以第五台柴油機取代，以避免增加柴油機於低溫起動時機件磨耗的機會。

(圖4-8)

65



潤滑油系統(316)

- 引擎潤滑油出口溫度超過200°F(93°C)，主軸承溫度不要超過228°F(108°C)，非緊急起動時柴油機將跳脫。
- 在潤滑油集管壓力低於30 psig(2.1Kg/cm²)或渦輪增壓機軸承潤滑油壓低於15 psig(1.05Kg/cm²)時跳脫引擎。其中低潤滑油壓信號無論緊急起動或正常起動，柴油機均會跳脫。
- 柴油引擎之潤滑油恆溫泵在自動模式時，在引擎起動後升速到約200RPM會自動停止，於引擎停止一分鐘後會自動起動。
- 運轉規範要求潤滑油槽容量須大於388加侖(88%)。

66

發電機概述

- 柴油引擎所輸出的扭力，由轉軸直接驅動交流發電機轉子。而轉子又受直流電源加壓激磁，以產生旋轉磁場切割其外圍的定子線圈，使發電機定子產生電流輸出。
- 本廠所用的柴油發電機為三相，4.16KV、60Hz、Y型冷氣式、連續的輸出7000KW、功率因素0.8；最大出力可達7700KW連續運轉120分鐘/每天。
- 轉子磁場由固態勵磁機電壓調整器(Static Exciter Voltage Regulators, SEVR)供給直流電源。SEVR的輸出可在主控制室或現場柴油發電機控制盤上手動或自動控制。若柴油發電機與其他電源並聯運轉，無效電力由輸入到SEVR的比流器(CT)來調整。而引擎的速率，則由輸入到控制柴油機調速器的比流器來調整。若機組單獨運轉，發電機電壓和引擎輸出扭力直接由SEVR和調速機來控制。

68

肆、柴油機之起動運轉

1. 柴油發電機組之運轉方式
2. 慢車迴轉
3. 手動起動
4. 自動/緊急起動
5. 並聯操作
6. 柴油機的停機
7. 柴油機之控制方式(ISO./DROOP)

69

柴油發電機組之運轉方式

1. 柴油發電機組之三種運轉方式：
 1. 單獨不加負載空轉（即不加壓到A-PB-S01和B-PB-S01匯流排）。
 2. 與正常4.16KV供給電源併聯運轉。
 3. 單獨提供特殊安全設施匯流排的電源(單機運轉)。
2. 每部柴油發電機，均可在主控制室或現場控制盤手動起動，但
 1. 僅於主控制室方可執行併聯操作。
 2. 另緊急時可在EDG起動並建立額定電壓、頻率後，於Shutdown Panel(備有HS)或A/B-PB-S01手動投入EDG輸出斷路器，以提供ESF電源。
3. 每部柴油機在接到下列信號時即自動起動：
 1. 安全注水信號 (Safety Injection Signal, SI)
 2. 特殊安全設施 (ESF) 匯流排失電(LOV)。

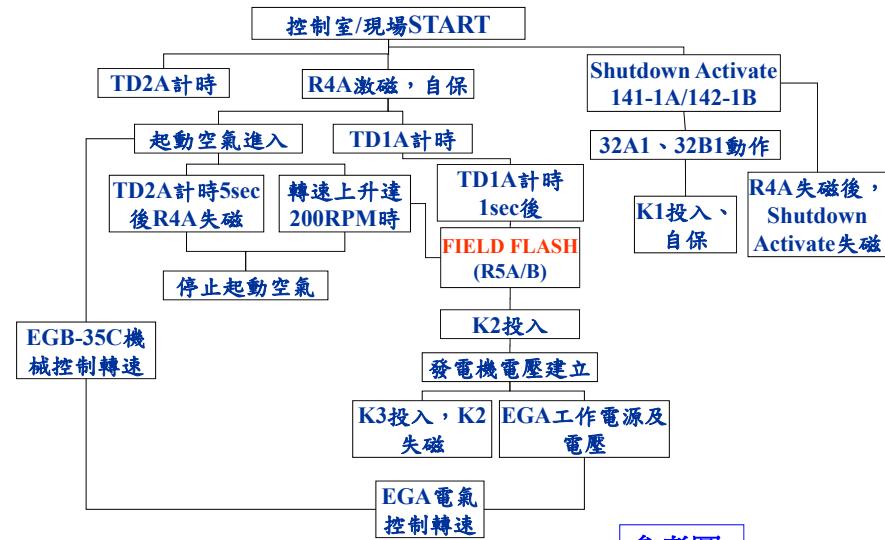
70

慢車迴轉

1. 慢車迴轉(當柴油機前8小時未運轉，則於起動前需先執行引擎掃氣)
 - 1) 將“LOCAL/REMOTE”選擇開關選至“LOCAL”位置。
 - 2) 壓下“MAINTENANCE”按鈕，查證現場警報窗W57“MAINTENANCE LOCKOUT”警報出現(柴油機必須宣布不可用)。
 - 3) 確認修配組人員已鬆開各汽缸栓塞。
 - 4) 壓下“Engine Roll”按鈕約1~2秒後放開。
 - 5) 修配組人員檢查汽缸排放是否有水汽、潤滑油或碎片的痕跡，必要時重覆掃氣操作。
 - 6) 修配組人員重新鎖緊汽缸栓塞。
 - 7) 確認無DGSS訊號存在 (JP011A或JP012C-W74 “A或B/5TH DGSS LATCH” 警報不存在)後，按下“RETURN TO OPERATION”按鈕，確認現場警報窗W57“MAINTENANCE LOCKOUT”警報消失，柴油機恢復可用。
 - 8) 若選擇於控制室起動柴油機，則將“LOCAL/REMOTE”開關選至“REMOTE”位置。

參考圖

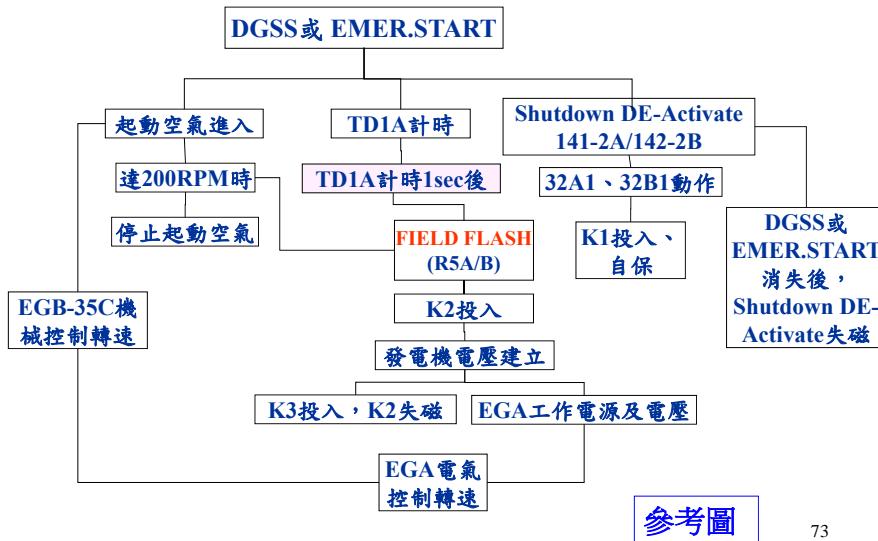
A/B台柴油機的手動起動



參考圖

72

A/B台柴油機的自動/緊急起動



73

併聯操作(1/2)

1. EDG起動正常，且運轉達5分鐘。
2. 電氣盤Local/Remote選擇開關在Remote位置，且JP011之Isoch/Droop選擇開關在Droop位置。
3. 確認邏輯圖(J-PB-210/211)161KV起動變壓器供電的PCB跳脫連鎖信號已消除。
4. 確認 JP011A-W45 "EDG A CURRENT LIMIT" 警報未出示。

74

併聯操作(2/2)

- 當在同步併聯Class 1E 4.16KV的匯流排時，Incoming/Running的頻率及相角須匹配，每一輸出斷路器併入4.16KV 1E匯流排時（手動），均需經同步電驛查對，電壓在4.16KV±10%；角度在5°（角度可在JP-080盤調整）始能投入。
- 併聯後須即提升小量負載，以防止系統頻率變化時，EDG因132動作而跳脫，此時電壓則適量調整(P.F > 0.8)。
- 其後加載不能太快，參考600-O-052之加載曲線圖。

75

EDG起動後驗證

- 現場運轉情況均正常，
- 現場與主控制室之各項參數均正常。
- 當EDG起動且電壓及頻率建立後：
 - EF-HV-117自動開啟
 - 柴油發電機廠房緊急通風扇GM-F082及F084自動起動。
- 若因故使電壓及頻率未能建立，必須手動介入以免EDG喪失冷卻。

76

A/B台柴油機的停機



柴油機停機後

1. 解聯後空轉5分鐘，才停止柴油機。
2. 現場操作：
1. 確認在OPERATION MODE 位置，待“引擎盤”STOPPING燈消失，AVAILABLE燈亮後（約2分鐘）。
3. 主控制室操作：
1. ISO/DROOP SW → ISO. 模式。
2. 停止GM-F082、84/083、85。
3. EF-HV117/217。
4. 確認各油槽之油位符合要求。

78

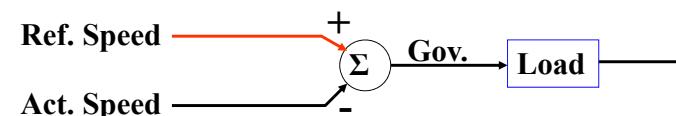
柴油機之控制方式

- 正常待機時，置於Isochronous (remote) 模式。
- 柴油發電機在測試運轉期間，併聯之前改置為DROOP模式。
- 在併聯測試的情形之下，若發生
 1. 該bus之所有外來電源跳脫時，
 2. 該安全串之ESF信號(SIS、LOV)動作時，
 控制系統會自動回復至Isochronous模式（單機運轉）。(參考圖)

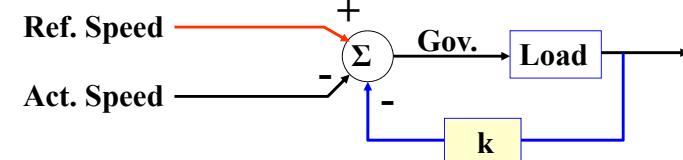
79

柴油機之控制方式

Isochronous \oplus



Droop \oplus



註：二模式之Ref. Speed均可以手動調整。

80

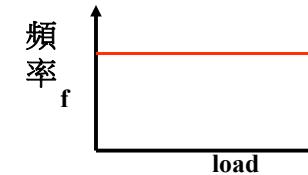
何謂 ISO MODE？

- ISO MODE就是將設定值設定為一定值【60HZ】，不隨負載大小而變。
- 當負載有所變動瞬間，轉速/頻率將因而隨之升降；因 ISO MODE是將轉速設定於定值，所以 GOV會調整轉速使頻率維持於定值【60HZ】。

81

ISO模式運轉

- 單機運轉：在負載可控制範圍下，轉速維持在定值。
- 併聯運轉：輸出將隨系統頻率變動，當系統頻率高於轉速設定時，EDG負載會降低。當系統頻率低於轉速設定時，EDG可能會超載，使EDG呈現不穩定狀態。



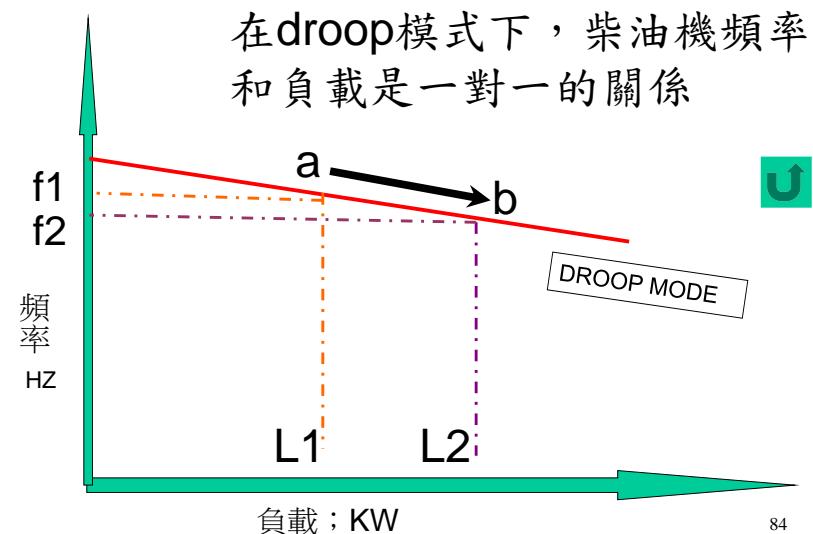
本頁為修-吳俊宏原著

何謂 DROOP MODE

- DROOP MODE：轉速設定非固定值，而是一條和負載有關係的斜線。當負載變大時，轉速設定值就依比例調低。當負載減小時，轉速設定值則反向依比例調高。
- 在無人為調整GOV下，於負載增加時，GOV會控制使柴油機維持於一較低之頻率，而當負載減少時，會維持於一較高之頻率。頻率值由DROOP曲線決定。

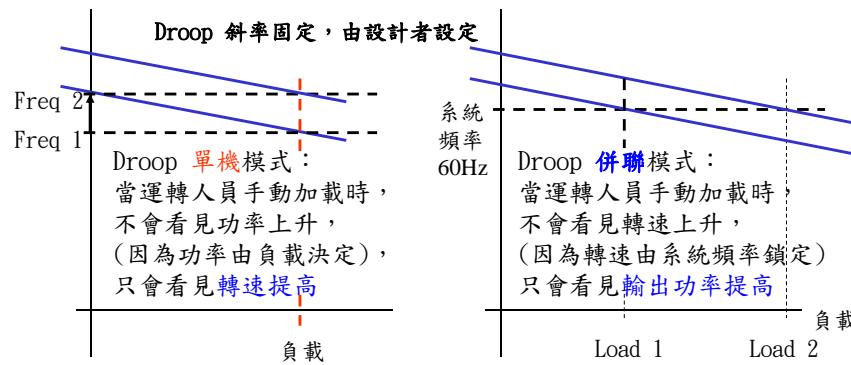
83

DROOP MODE，負載與頻率關係圖示



發電機運轉 Droop 模式

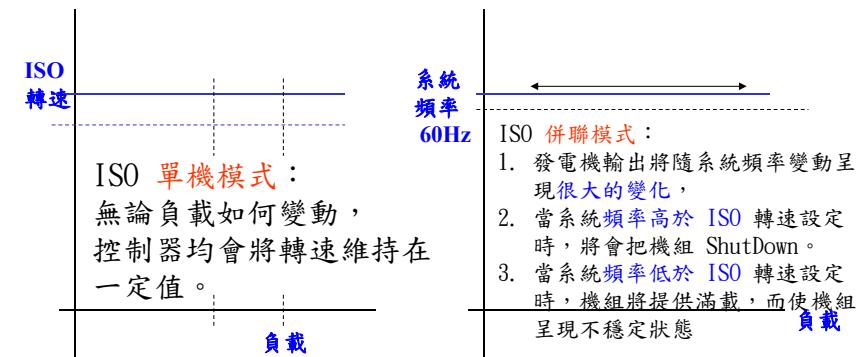
- (1) Droop 斜率固定，由設計者設定。
- (2) 運轉人員提高 MOP 設定點時，實際為提高無載轉速。



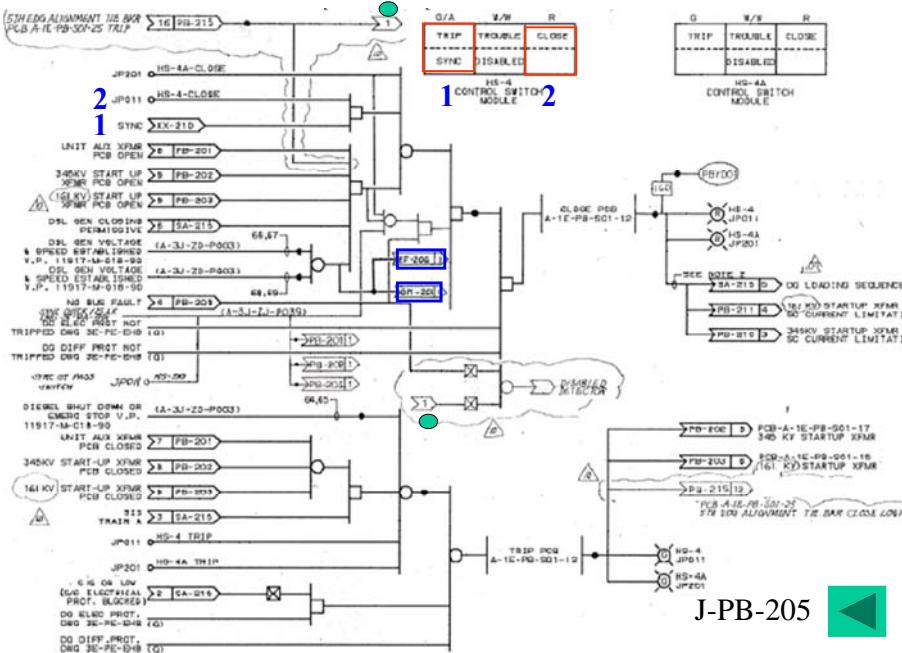
85

發電機運轉 ISO 模式

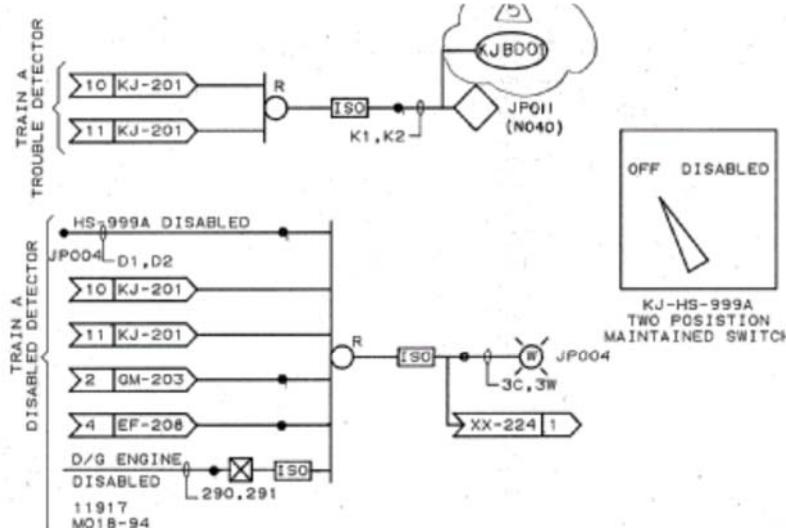
- (1) Droop 斜率約為 0
- (2) 運轉人員是否可設定 ISO 轉速，由系統設計決定



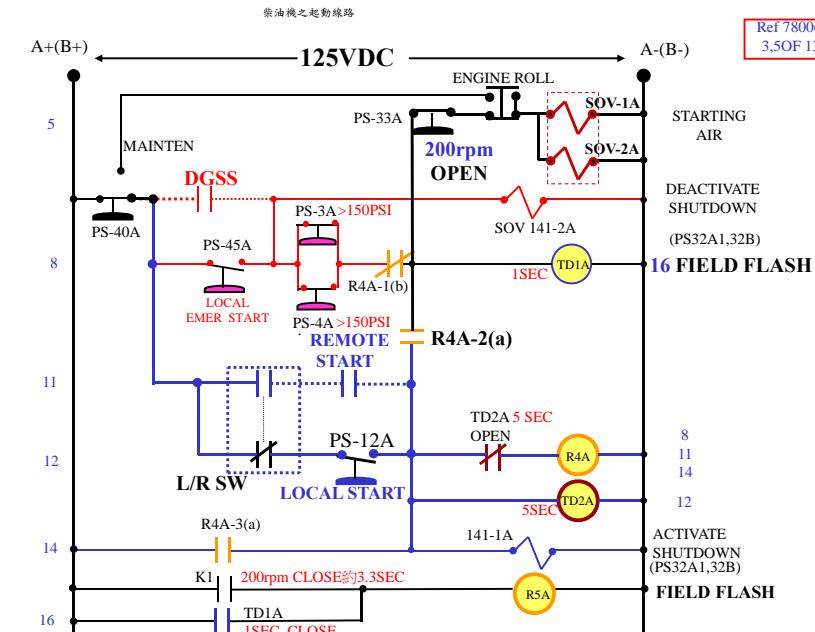
本廠A/B台柴油機 ISO 轉速可調；但#5 柴油機轉速則不可調。



系統DISABLE SW



89

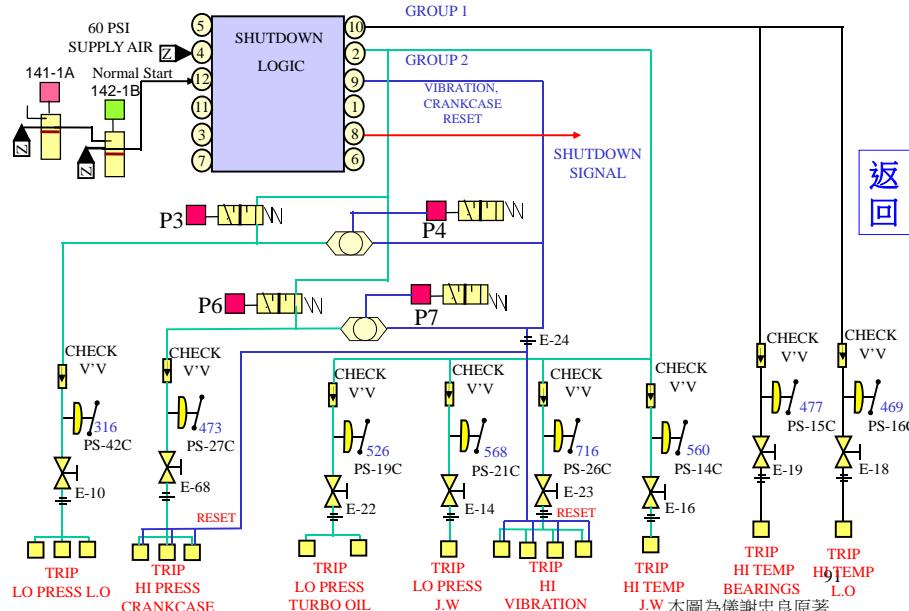


本圖為儀謝忠良原著

90

NORMAL START GROUP 1,2

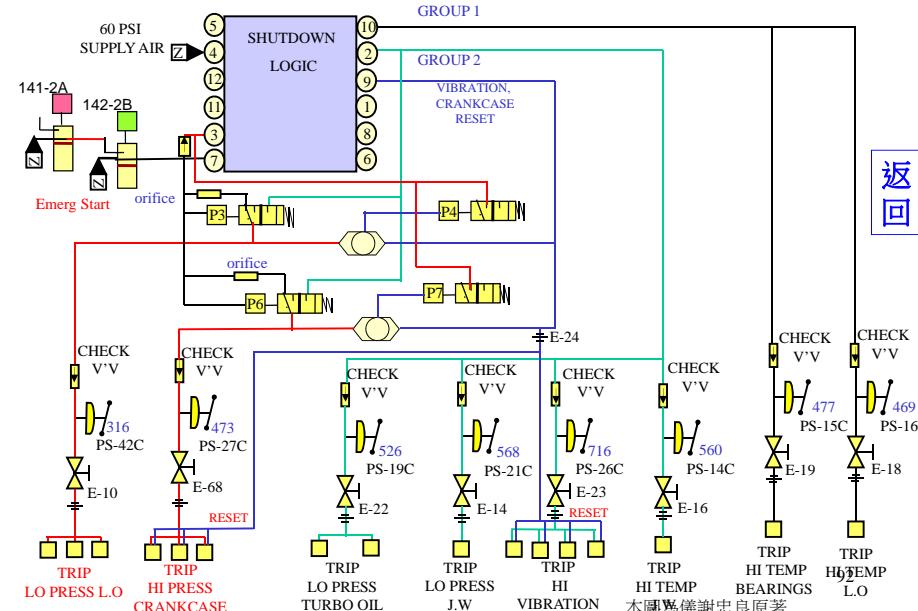
Ref 78006
10F 13



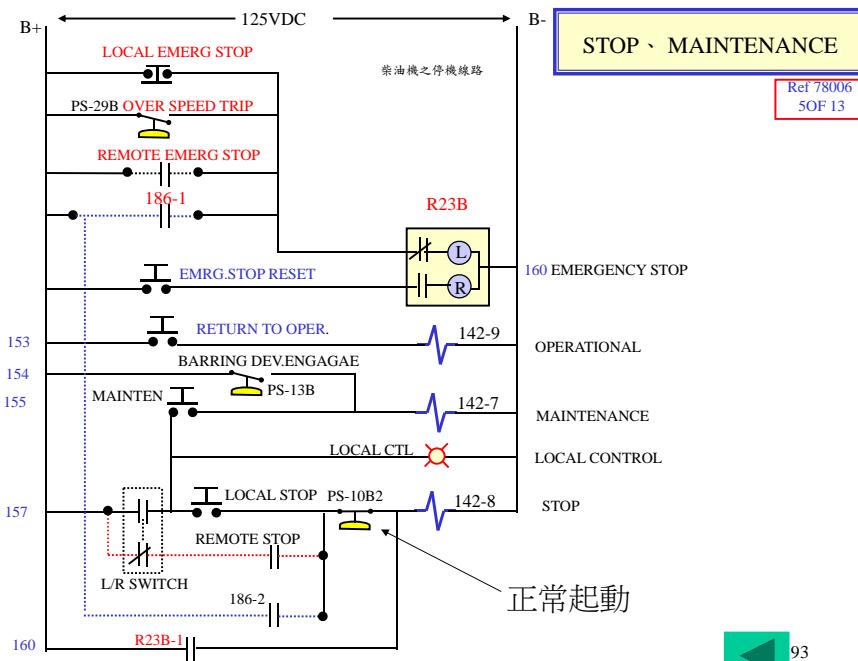
本圖為儀謝忠良原著

Emergency Start/trip

Ref 78006
10F 13

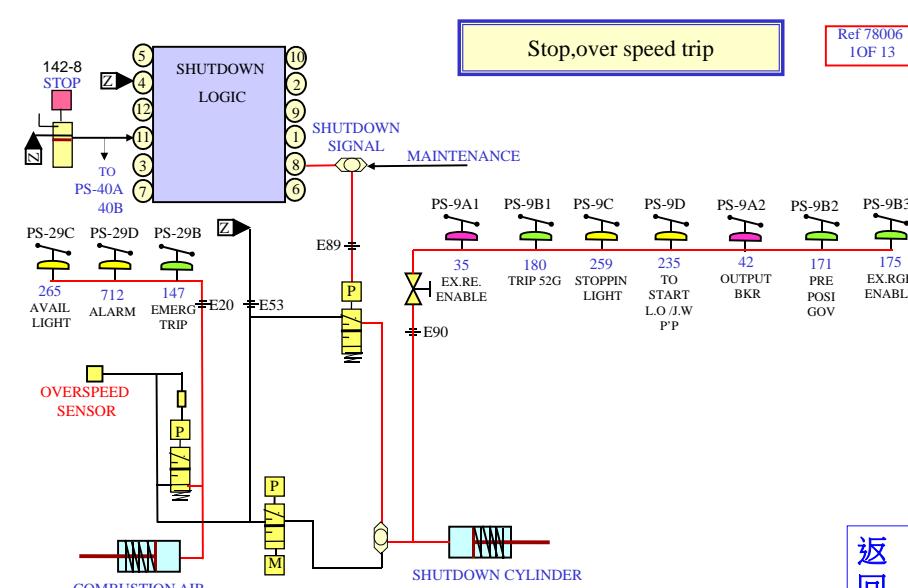


本圖為儀謝忠良原著



本圖為儀謝忠良原著

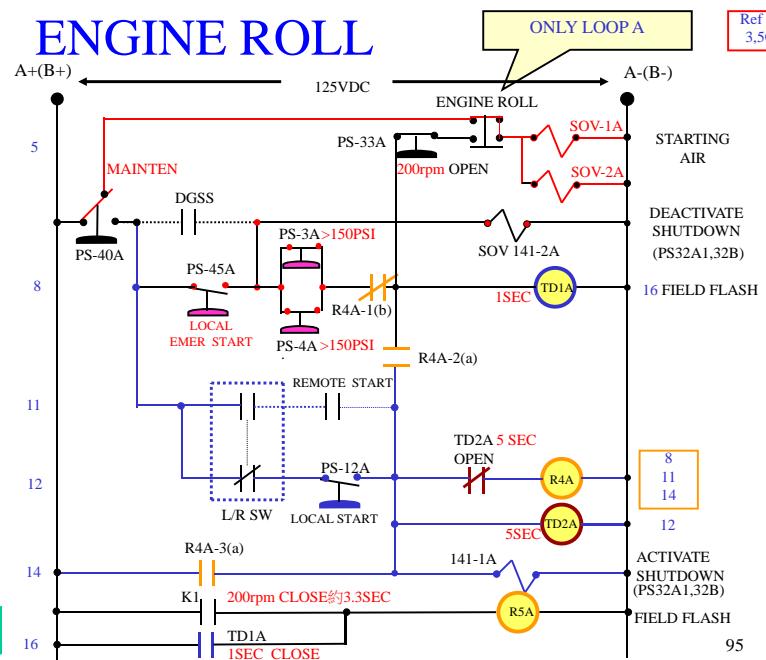
93



本圖為儀謝忠良原

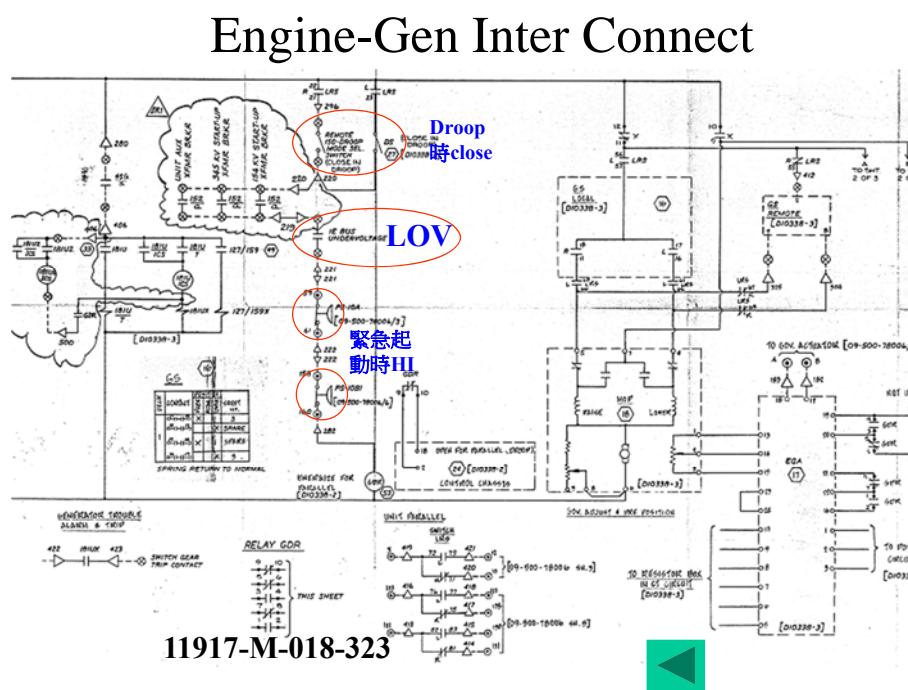
返回

94



本圖為儀謝忠良原著

95



11917-M-018-323

柴油機之起動信號

- 柴油機起動前，此時電氣控制電壓為0，control land在最下方。因引擎未轉動，油壓泵也未能轉動，油壓不能建立，故所有的piston均在最下方。
- 當引擎起動時，在10秒內由booster之作動，將加油拉桿頂至頂點，速度快速上升，先由機械調速控制將轉速拉回，再轉由電氣調速控制。

97

本頁為修-吳俊宏原著

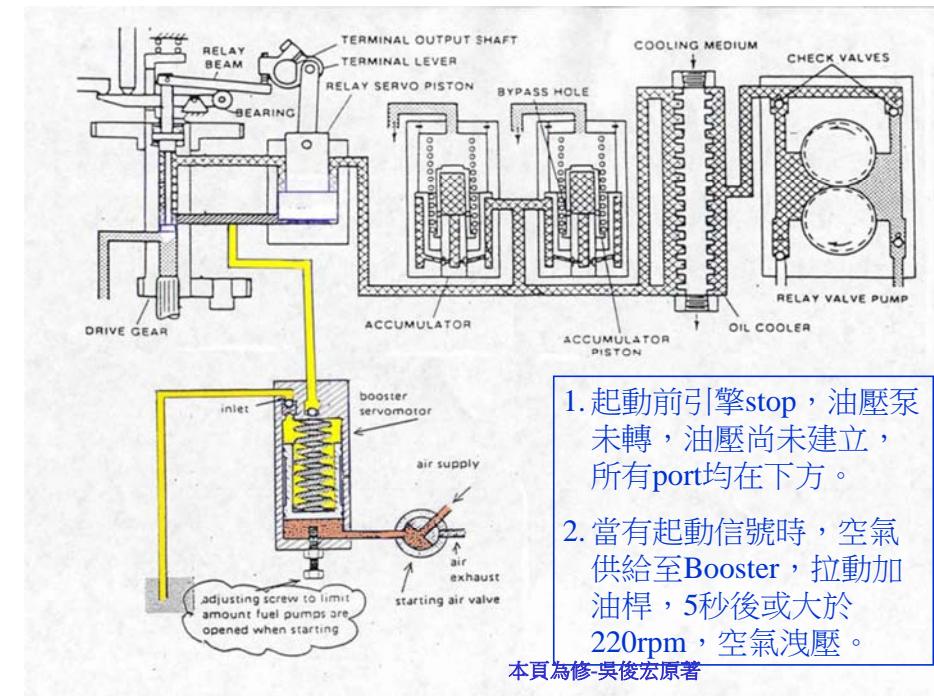
98

Booster servomotor

- 功能：利用氣壓瞬間推動油壓缸，直接拉動調速機之加油桿以達引擎能**快速啟動的目的**，避免在引擎起動時尚需待齒輪帶動油壓泵建立油壓後，再藉由調速機拉動加油桿。

本頁為修-吳俊宏原著

99

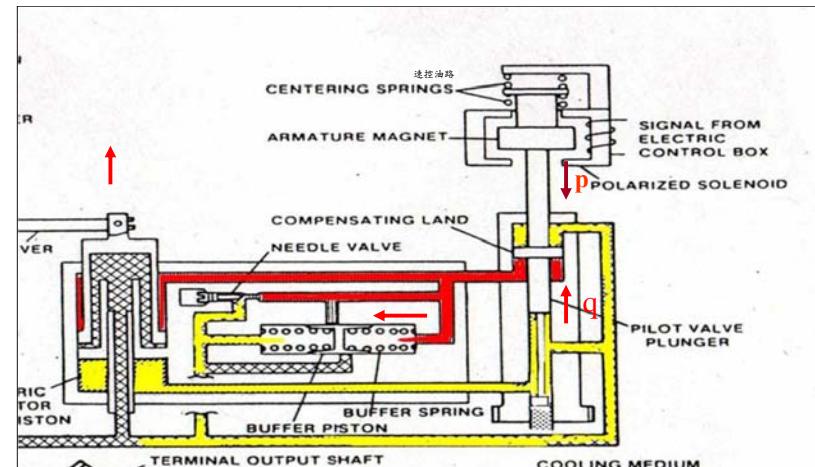
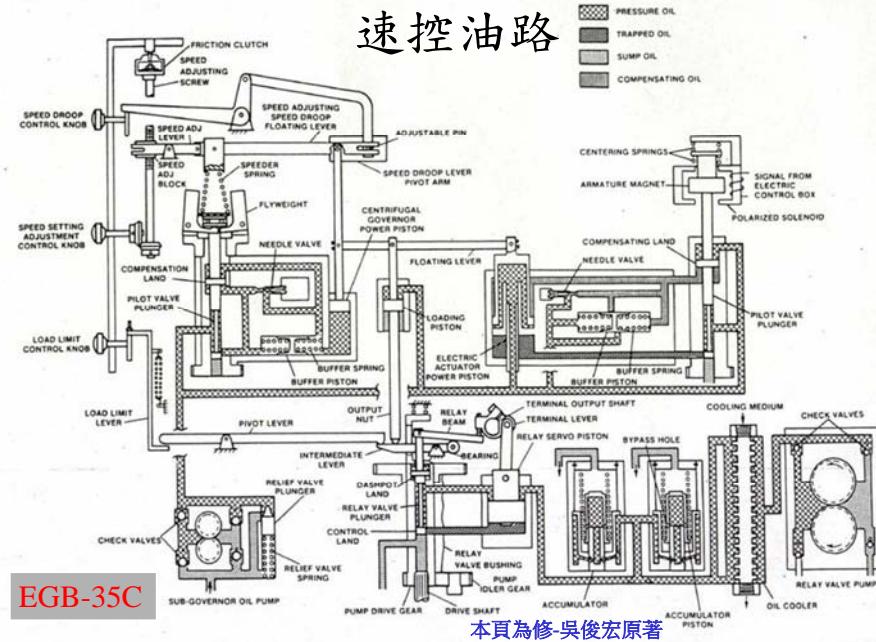
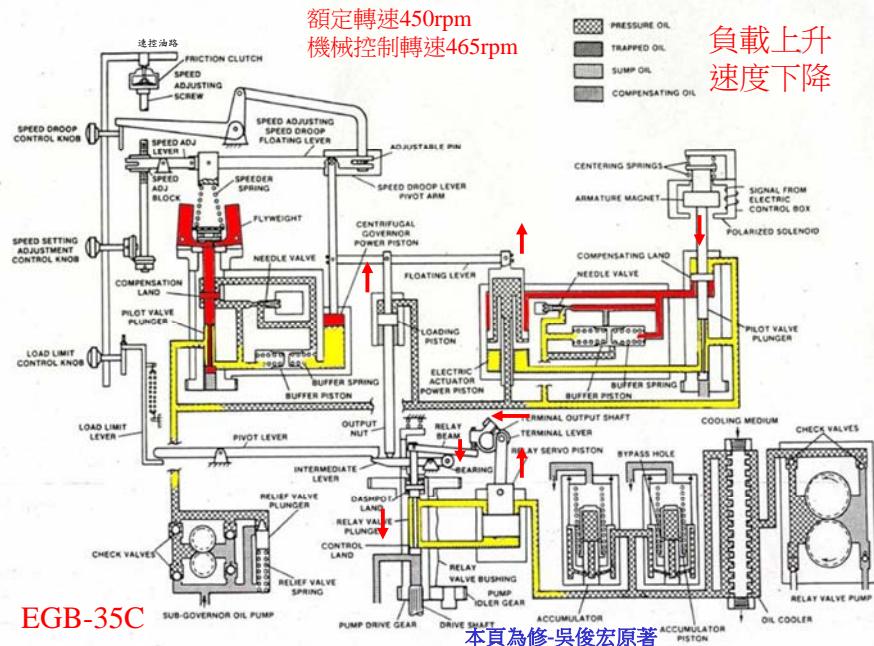


調速機機械原理

- C型調速器：若在停機或運轉中電氣線路故障、斷線時，電氣控制電壓為0，Control land在最下方。
- 在正常運轉狀態下，電氣控制電壓保持在 **-0.7v** 和彈簧力平衡使Control land保持在center位置。
- 隨負載變化，調整油量**改變後**，Control land保持在center位置，而電氣控制電壓保持在 **-0.7v** 。

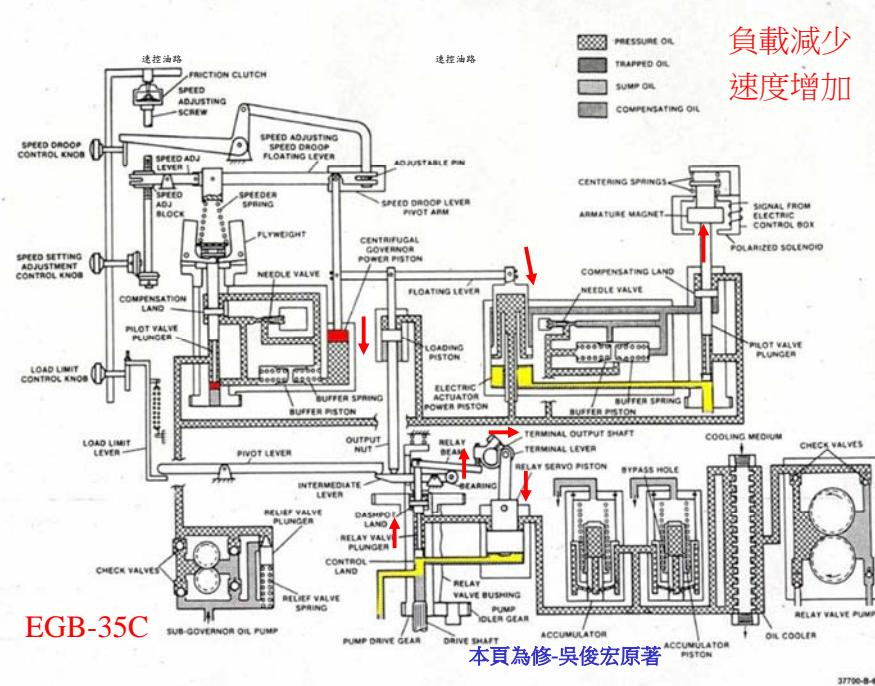
本頁為修-吳俊宏原著

101

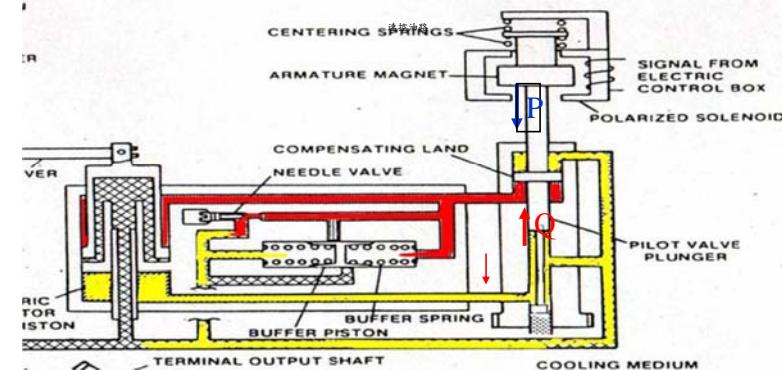


- 當負載增加，速度降低時。導致增加一固定加油角度後，使buffer piston向左移。q大於p 推使pilot valve plunger向上，使control land回至center位置。

104



負載減少
速度增加



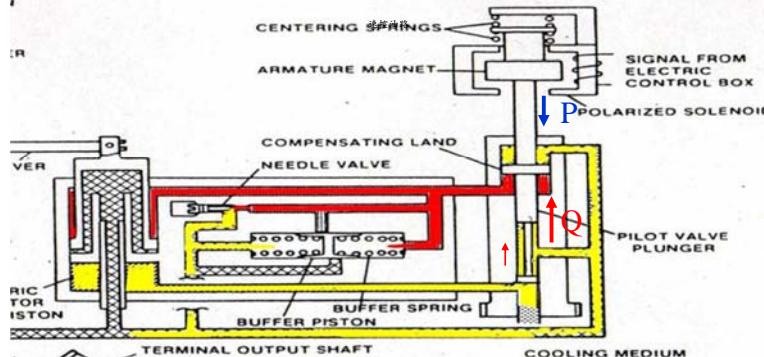
□ P=轉速未至需求時之電磁力和彈簧力

Q=紅黃二邊不等之油壓力

□ Needle valve調整開度太大，Q之減少將較P快，使pilot valve向下又增加燃油角度，將導致過度增油，轉速振盪產生hunting，為微分現象。

本頁為修-吳俊宏原著

10e



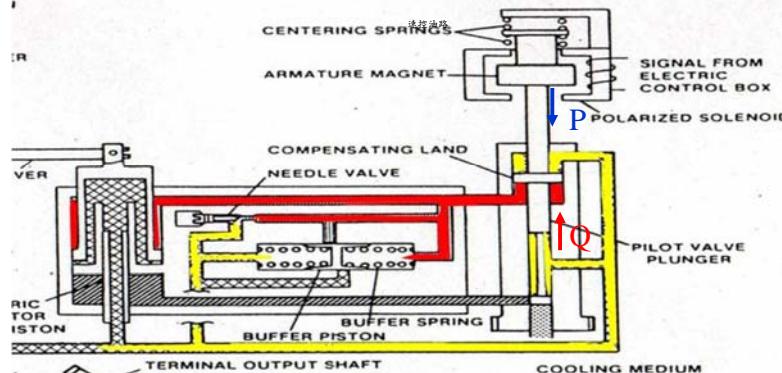
□ P=轉速未至需求時之電磁力和彈簧力

Q=紅黃二邊不等之油壓力

□ Needle valve調整開度太小，Q之減少將較P慢，使pilot valve向上又減少燃油角度，導致加油過慢，轉速追隨遲緩，為積分現象

本頁為修-吳俊宏原著

10



□ P=轉速未至需求時之電磁力和彈簧力

Q =紅黃二邊不等之油壓力

- Needle valve調整適當，則經洩油後之Q減少量等於轉速回升P之減少量，使Pilot valve保持在center位置

本頁為修-吳俊宏原著

108



本頁為修-吳俊宏原著

調速機機械原理

□超速調速機

功能：任何調速機使用上均需再配備超速調速機，以作為調速機萬一故障時之後備保護。

□此系統和機械調速機構造類似，有自己獨立之油壓系統，當轉速超過設定轉速時，flyweight外移，pilot valve plunger上升，動作power piston上升，使terminal lever上頂。

電氣控制故障或失靈

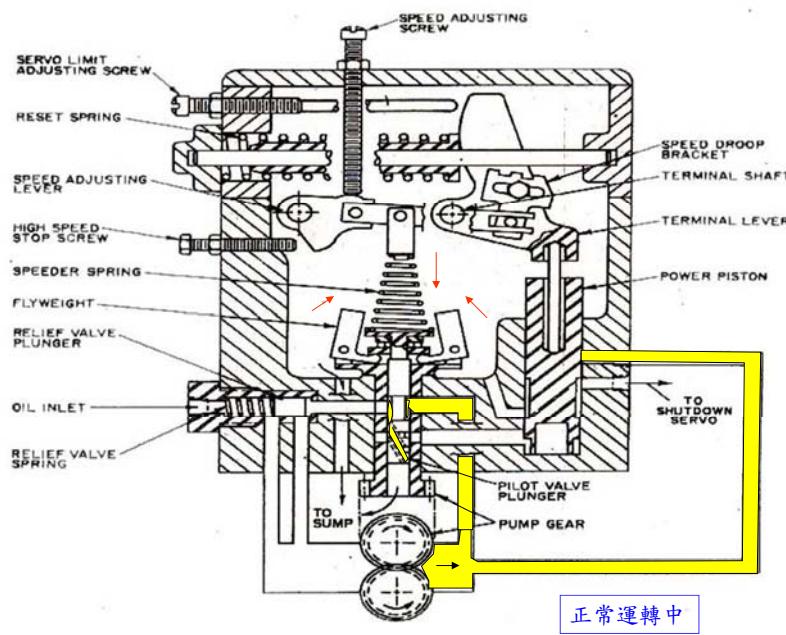
□當單機模式運轉，電氣故障或控制失靈時，此時電氣控制電壓為0，control land在最下方，power piston頂至最上方。速度上升，達機械控制範圍改由機械控制接手。

□若為和大機組併聯模式運轉且電氣故障或控制失靈時，此時電氣控制電壓為0，control land在最下方，power piston頂至最上方，但速度無法改變，導致over current trip。

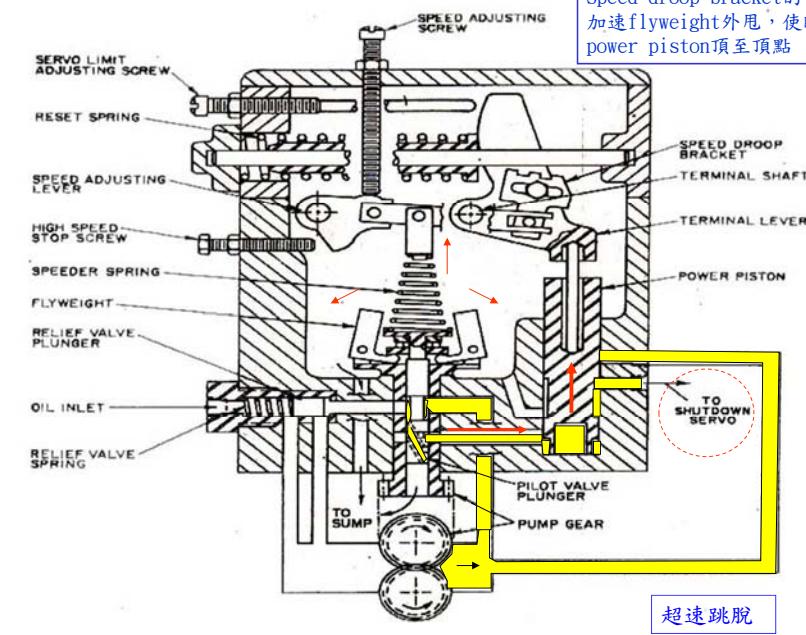
調速機機械原理

□當speed droop bracket因terminal lever上頂而上旋時，減少speeder spring的力量，促使flyweight全力往外，如此將power piston瞬間推達到頂點，使液壓油動作燃油連桿到止油位置。

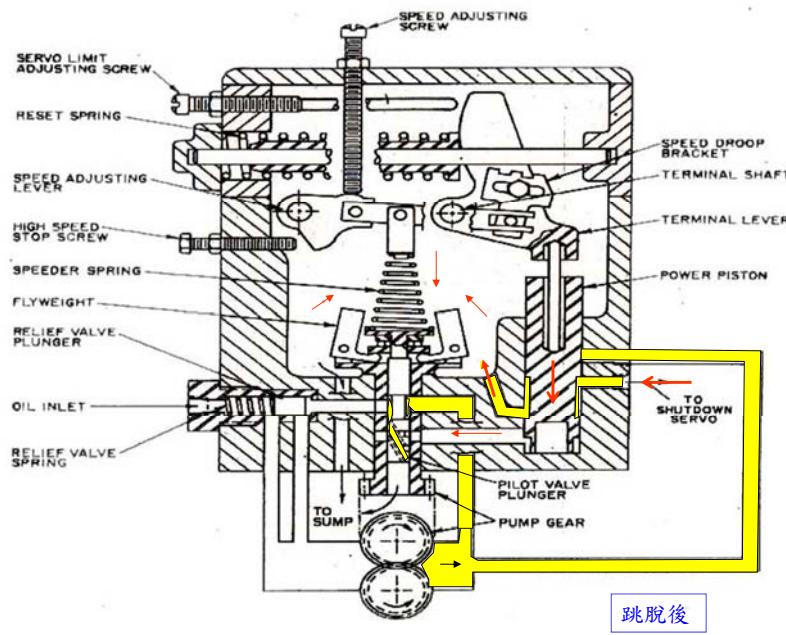
□當轉速下降到超速設定速度時，speeder spring下壓pilot valve plunger，將液壓油洩回至sump。



正常運轉中



超速跳脫



跳脫後

Speed droop bracket的作用，
加速flyweight外甩，使瞬間
power piston頂至頂點

柴油機之保護信號

每部柴油引擎在接到下列信號時即自動的跳脫。

- 低潤滑油壓 (30 ± 2 psi) (2/3邏輯)。
- 高潤滑油溫 (200 ± 10 °F)。
- 引擎體水套冷卻水高溫 (200 ± 10 °F)。
- 引擎體水套冷卻水低壓力 (10 ± 1 psi)。
- **引擎超速 (115%額定) (517 ± 26 RPM)**。
- **曲柄箱內高壓力 (3 ± 0.15 psig) (2/3邏輯)**。
- 軸承高溫 (228 ± 11 °F)。
- 震動過高 (3g) (1/2邏輯)。
- 涡輪充氣器潤滑油低壓力 (15 ± 1 psi)。
- 電氣保護動作 (187, 132, 146, 151, 51G, 181U, 159/181)。
- 起動故障 (起動 5 秒後未達 200rpm)。
- 柴油機可由 **現場或控制室** 緊急起動或跳脫按鈕手動起動或停機。

117

緊急起動運轉之保護

柴油發電機在緊急起動運轉 (接受 SI 或 LOV 訊號或手動緊急起動) 時，會動作保護旁通開關，此時僅有以下之信號才能跳脫柴油發電機：

- 柴油引擎超速 (517 ± 26 RPM)。
- 低潤滑油壓 (30 ± 2 psi) (2/3邏輯)。
- 曲軸箱高壓力 (3 ± 0.15 psig) (2/3邏輯)。
- 發電機之差動電驛 (187) 動作。

回電氣保護BY PASS

119

電氣保護動作

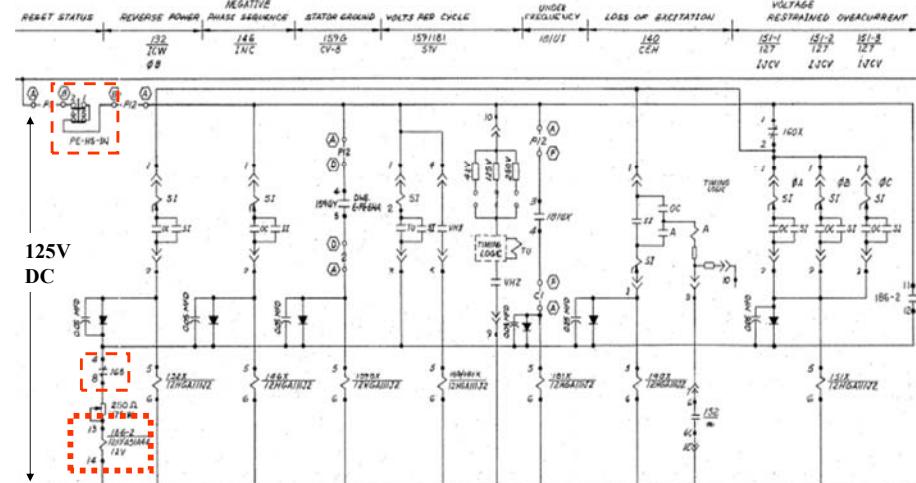
包括下列幾項：

1. 發電機差動電驛跳脫 (187)
2. 低頻率跳脫 (181U1, F-D)
3. 發電機中性點接地過電流 (159G)
4. 電壓限制過電流 (持續過電流電驛跳脫) (151/127)
5. 逆相序電驛跳脫 (132)
6. 逆電流電驛跳脫 (146)
7. V/Hz過高 (159/181)
8. 失激磁 (140) 且輸出斷路器 close 中。

參考圖

118

186-2非緊急起動之保護



E-PE-EHB

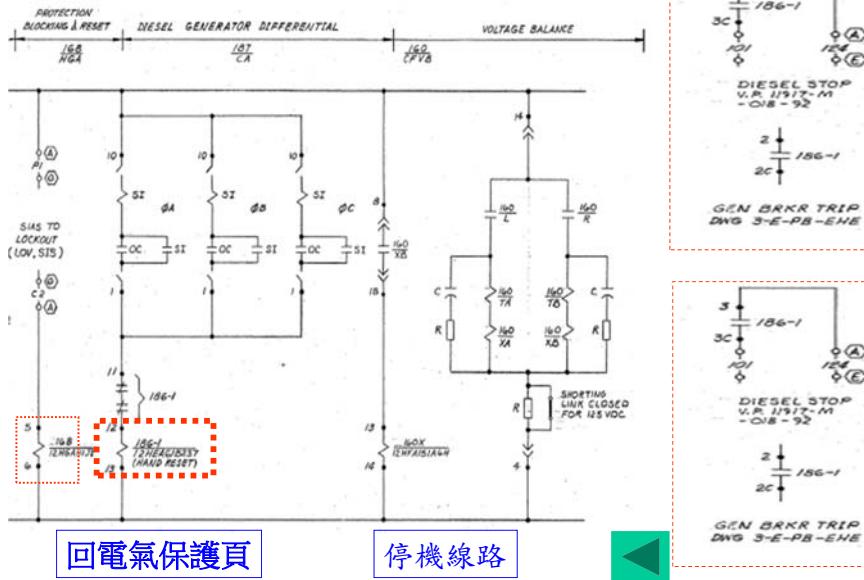
回電氣保護頁

停機線路



120

186-1緊急起動之保護

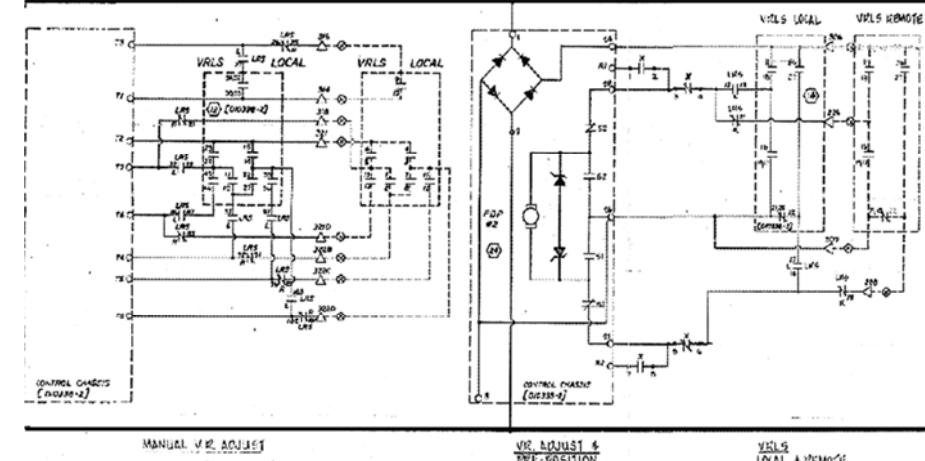


E-PE-EHE

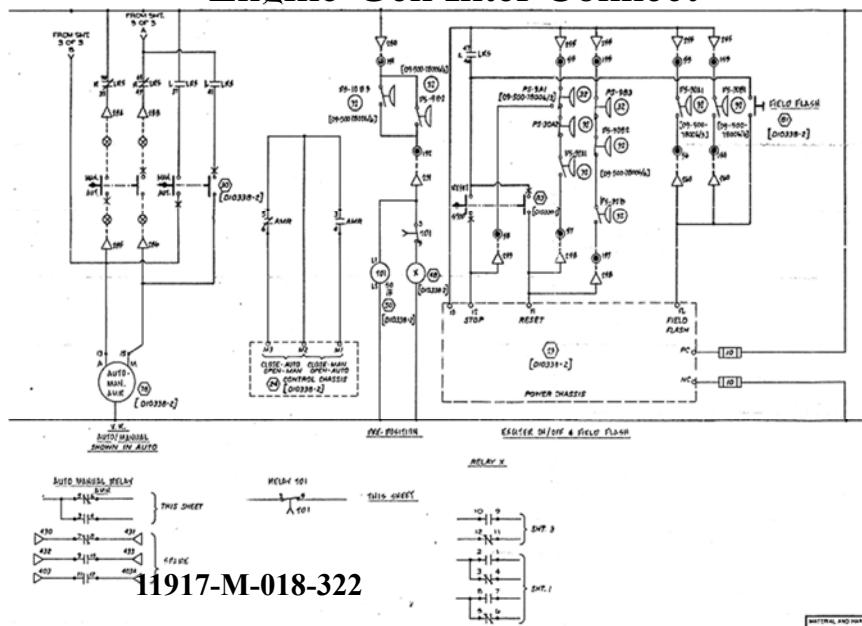


11917-M-018-321

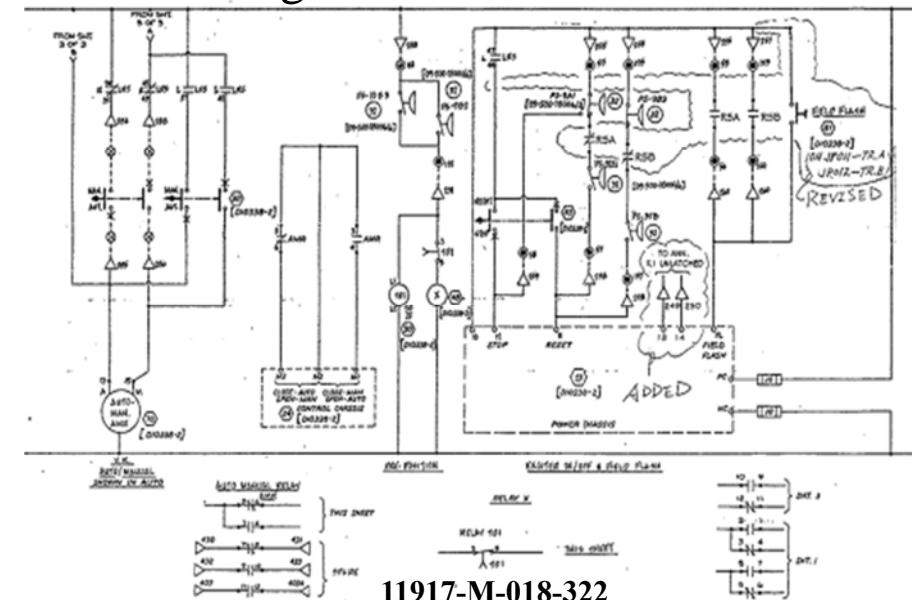
COMPONENT	ARMING	MANUAL	ACROSS	LOWER
DC0-1-01W	X			
DC0-1-02W	X			
DC0-1-03W			X	
DC0-1-04W			X	
DC0-1-05W			X	
DC0-1-06W	X		X	
DC0-1-07W			X	
DC0-1-08W			X	
DC0-1-09W			X	
DC0-1-10W			X	
DC0-1-11W			X	
DC0-1-12W			X	
DC0-1-13W			X	
DC0-1-14W			X	
DC0-1-15W			X	
DC0-1-16W			X	
DC0-1-17W			X	
DC0-1-18W			X	
DC0-1-19W			X	
DC0-1-20W			X	
DC0-1-21W			X	
DC0-1-22W			X	
DC0-1-23W			X	
DC0-1-24W			X	



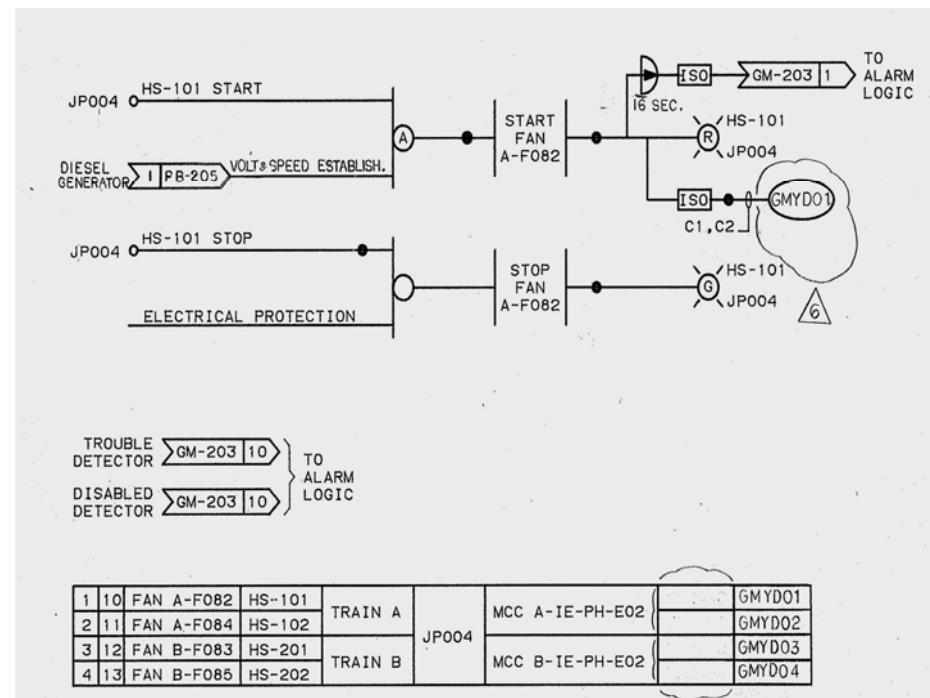
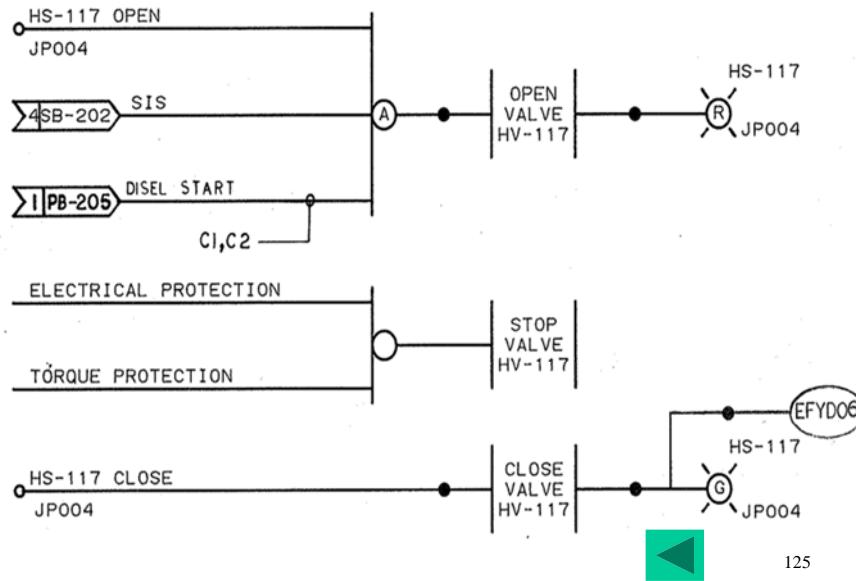
Engine-Gen Inter Connect



Engine-Gen Inter Connect



EF-HV117 LOGIC



ITS 3.8.1本文

3.8.1 AC Sources-Operating

LCO: The following AC electrical sources shall be OPERABLE:

- Two qualified circuits between the offsite transmission network and the onsite Class 1E AC Electrical Power Distribution System; and
- Two of the three diesel generators (DGs) capable of supplying the onsite Class 1E power distribution subsystem(s).

APPLICABILITY: MODES 1, 2, 3, and 4.

[ACTION與SR](#)

ITS 3.8.2本文

3.8.2 AC Sources-Shutdown

LCO: The following AC electrical power sources shall be OPERABLE:

- One qualified circuit between the offsite transmission network and the onsite Class 1E AC electrical power distribution subsystem(s) required by LCO 3.8.10, "Distribution Systems-Shutdown"; and
- One diesel generator (DG) capable of supplying one train of the onsite Class 1E AC electrical power distribution subsystem(s) required by LCO 3.8.10.

APPLICABILITY: MODES 5 and 6, During movement of irradiated fuel assemblies.

[ACTION與SR](#)

ITS 3.8.3本文

LCO 3.8.3 The stored diesel fuel oil, lube oil, and starting air subsystem shall be within limits for each required diesel generator (DG).

APPLICABILITY: When associated DG is required to be OPERABLE.

129

柴油機T/S規範的相關參數

- A. fuel level (SR 3.8.3.1)
For DG A or B > 81420 gal ; For DG S > 85000 gal (70%).
- B. lube oil inventory (SR 3.8.3.2)
For DG A or B > 388 gal (88%) ; For DG S > 1200 gal (46.6%).
- C. starting air (SR 3.8.3.4)
receiver pressure >15.85kg/cm² (225 psig) for DG A and B ; >36Kg/cm² for DG S.
- D. day tank contains (SR3.8.1.4)
≥ 533 gal (29.55%) for the DG A and B, and 750 gal (28.0%) of for the DG S

131

ITS 3.8.10本文

3.8.10 Distribution Systems-Shutdown

LCO : The necessary portion of AC, DC, and AC vital bus electrical power distribution subsystems shall be OPERABLE to support equipment required to be OPERABLE.

APPLICABILITY: MODES 5 and 6, During movement of irradiated fuel assemblies.

ACTION & SR

130

柴油發電機相關程序書

300系列

1. 316：緊急柴油發電機操作。
2. 316.3：第五部柴油發電機操作程序書。
3. 379.4：柴油發電機及第五部柴油發電機廠房通風系統。
4. 395.3：柴油發電機燃油儲存和傳送。
5. 395.3.1：第五部柴油機燃油儲存和傳送。

132

柴油發電機相關程序書

□ 500系列

1. 596.7：柴油發電機現場警報處理。
2. 596.7.1：第五台柴油發電機現場警報窗處理。
3. 596.7.2：第五台柴油發電機現場警報窗ZD-P501盤分析及處理。

133

柴油發電機相關程序書

□ 600-O系列

1. 600-O-052A/B/S：柴油發電機可用性測試。
2. 600-O-109A/B/S：柴油發電機更換燃料期間可用性測試。
3. 600-O-108A/B/S：柴油發電機特殊安全設施 / 安全注水 / 喪失廠外電源測試。
4. 600-O-108.1S：5th柴油發電機串A/B自動訊號起動測試。
5. 600-O-110/110.1：柴油發電機每10年測試。
6. 600-O-125/125.1：柴油發電機燃油傳送泵測試。

134

捌、課程要點

1. A/B串D/G如何建立電壓？
2. 柴油機帶動的輔助設備？
3. 緊急起動信號與其保護信號為何。
4. 正常運轉之D/G保護信號有那些（機械與電氣信號至少各三項）。
5. D/G現場盤面之available指示燈之意義為何？
6. 列出A/B串D/G之運轉規範（STS）之LCO。

135