

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

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)

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。

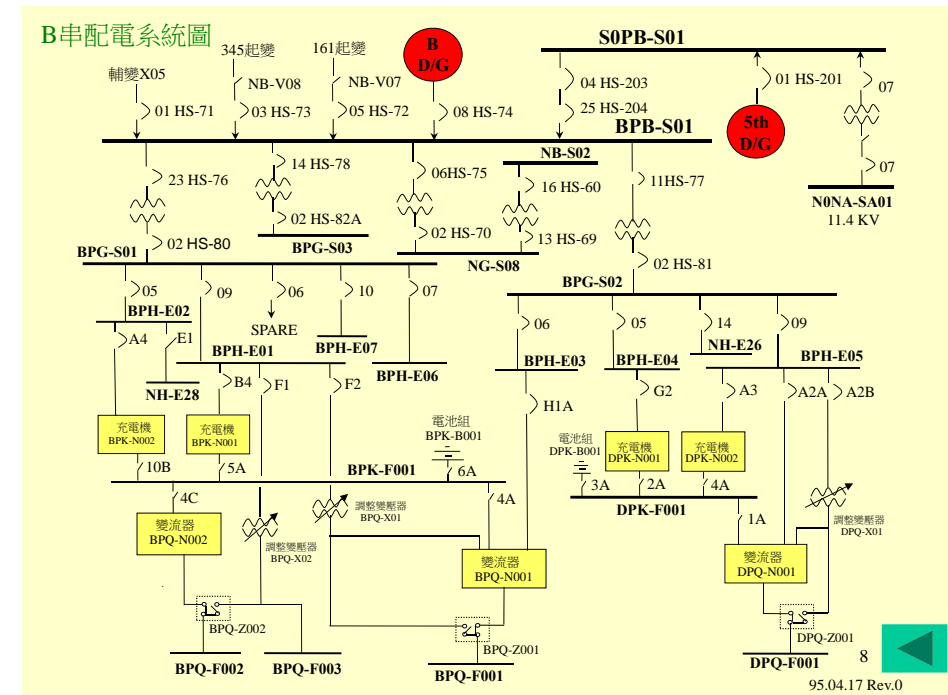
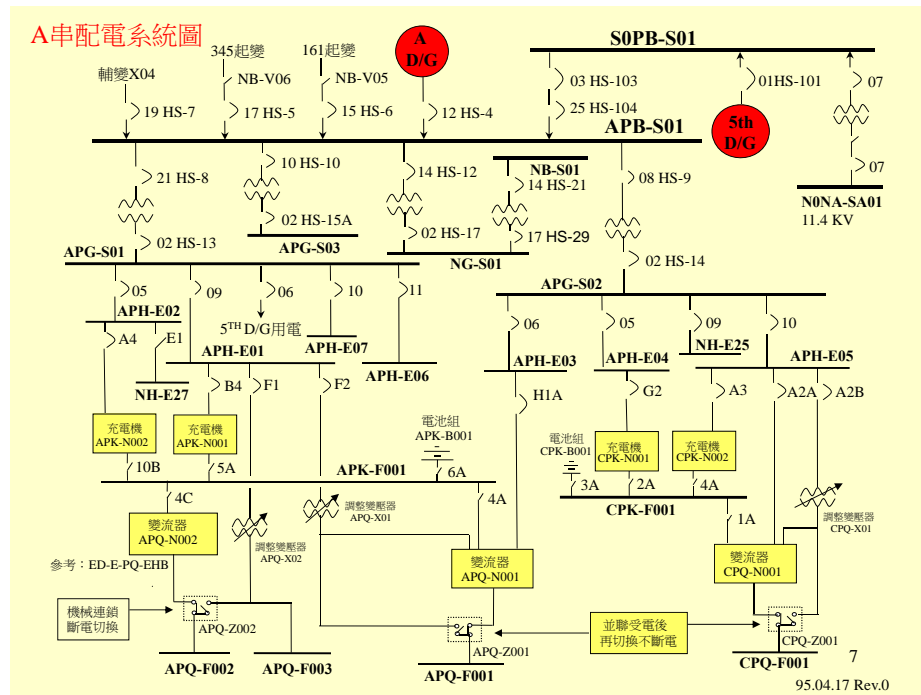
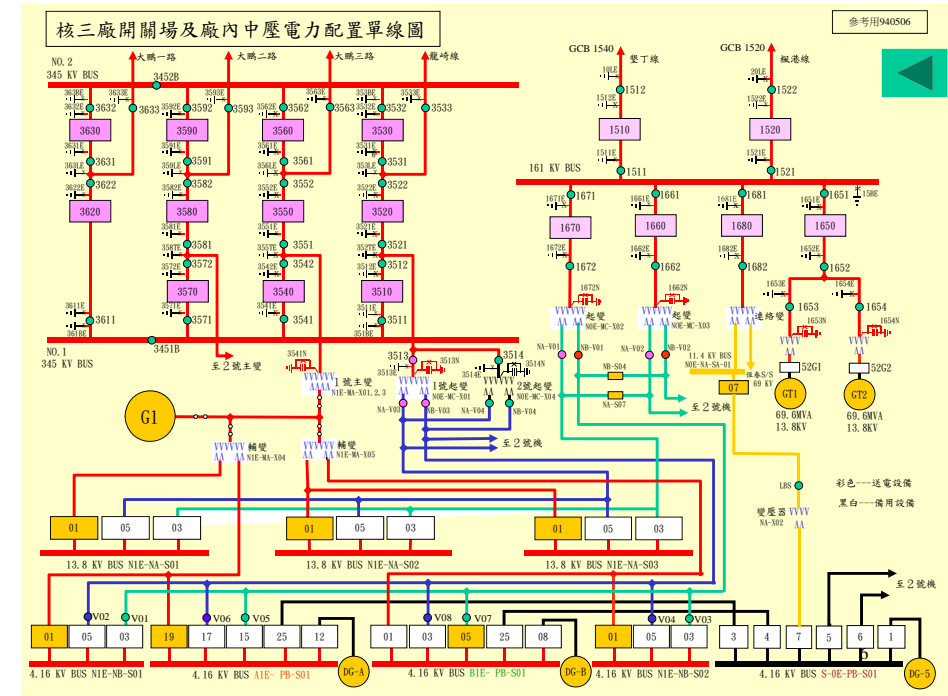
501.1 當外電穩定時，緊要匯流排配置規範表

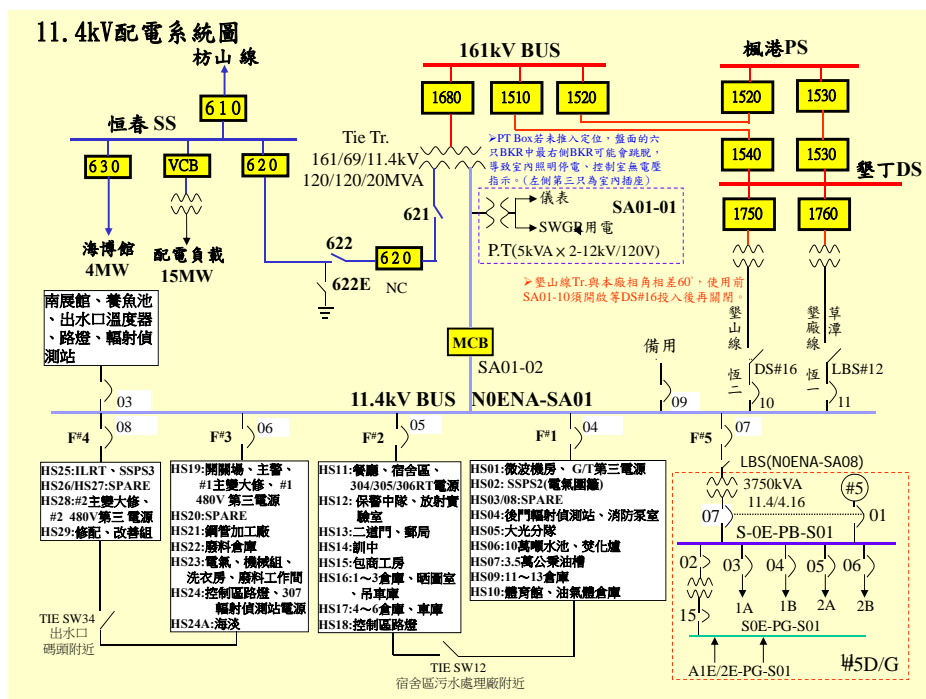
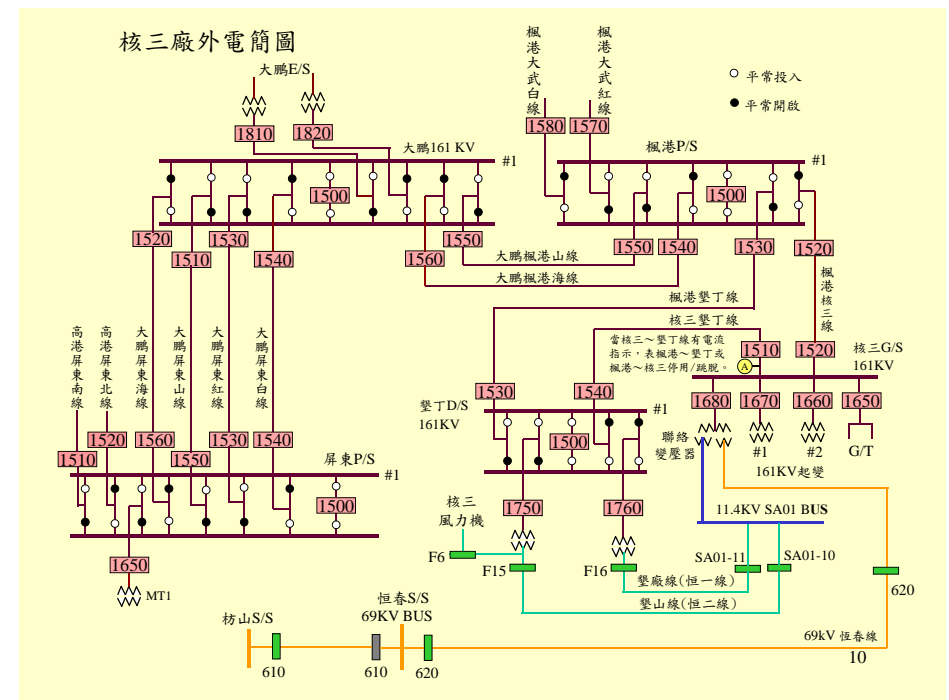
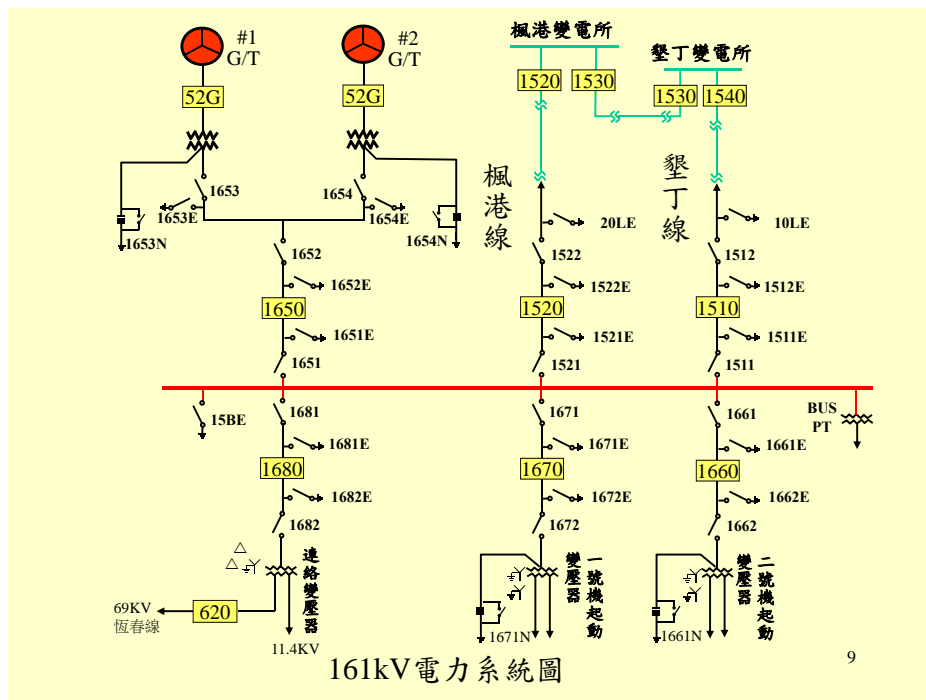
機 組 狀 態			正常模式		替代模式	
			A-PB匯流排	B-PB匯流排	A-PB匯流排	B-PB匯流排
發 電 機 併 聯 運 轉 期 間	1.當161 KV與345 KV外電皆可用(註一)	受電電源：	輔助變壓器	161 KV起變	輔助變壓器	345 KV起變
		備用電源：	345 KV起變	345 KV起變	161 KV起變	161 KV起變
	2.當僅有345 KV外電可用(註二)	受電電源：	輔助變壓器	DG-B	輔助變壓器	345 KV起變
		備用電源：	345 KV起變	DG-5	DG-A	DG-B
	3.當僅有161 KV外電可用(註一)	受電電源：	輔助變壓器	161 KV起變	輔助變壓器	DG-B
		備用電源：	DG-A	DG-B	161 KV起變	DG-5
機 組 停 機	4.當161 KV與345 KV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
	5.當161 KV與345 KV外電皆可用時(註三)	受電電源：	345 KV起變	161 KV起變	161 KV起變	345 KV起變
		備用電源：	DG-A	DG-B	DG-A	DG-B

註一：當“兩外電皆可用”或“僅有161 KV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345 KV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4 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	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	輔助變壓器	DG-B
		備用電源：	DG-A	DG-B	161 KV起變	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	輔助變壓器	DG-B
		備用電源：	DG-A	5TH DG	DG-A	5TH DG
發 電 機 停 機 期 間	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
		備用電源：	5TH DG	DG-B	DG-A	5TH DG
	6.當161 KV與345 KV外電皆不穩定時	受電電源：	DG-A	DG-B	DG-A	DG-B
		備用電源：	DG-5	5TH DG	5TH DG	5TH DG <sub>5</sub>





## 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 $\geq 4.16KV \times 0.75$  (3120V)，頻率須 $\geq 60Hz \times 0.95$  (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 $4160 \pm 420V$ 及 $60 \pm 1.2Hz$ 之間。
2. 緊急柴油發電機為**雙重設備**，在佈置方面互相**隔離**，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

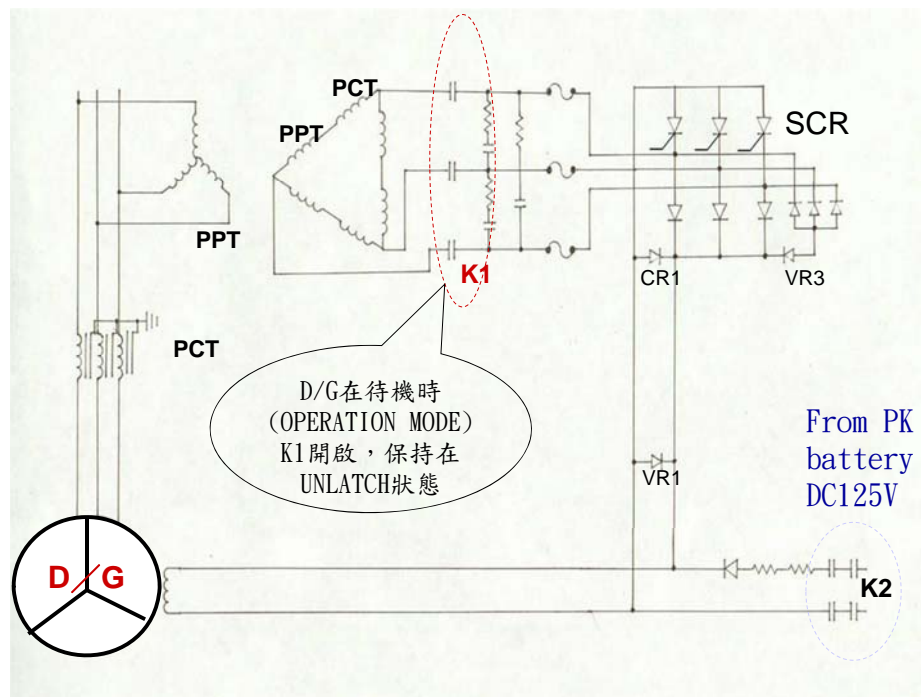
	A/B串柴油機(四台)	5 th D/G(一台)
引擎廠牌	美國 DELAVAL	法國 PIELSTICK
型號	DSRV-16-4	16 PC 2-5V 400NR
額定出力	7240 KW	7414 KW
轉速	450 RPM	514 RPM
活塞衝程	533.4 MM	460 MM
氣缸直徑	431.8 MM	400 MM
點火順序	1L-8R-4L-5R-7L-2R-3L- 6R-8L-1R-5L-4R-2L-7R- 6L-3R	A1-B1-A5-B5-A7-B7-A3-B3-A8-B8-A4-B4-A2-B2-A6-B6
噴油角度	R- 21 ° , L- 22 ° TDC前	13 °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

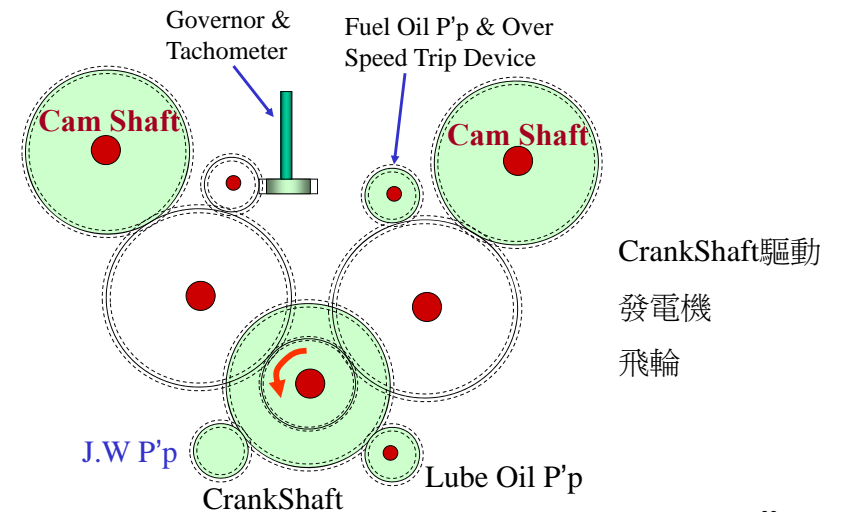
20

## 柴油引擎運轉簡介

- 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)。
- 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。
- 若轉速因故升至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( $517 \pm 26 \text{ RPM}$ )跳脫保護。

21

## 主軸傳動之設備



22

## 肆、柴油機之輔助系統

- 壓縮空氣起動系統
- 空氣進氣與排氣系統
- 燃油供給系統
- 潤滑油系統
- 冷卻水系統

23

## 壓縮空氣起動系統

- 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。
- 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。
- 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/cm<sup>2</sup>(225Psig)時，壓縮機自動起動，至17.6Kg/cm<sup>2</sup>(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/cm<sup>2</sup>(275Psig)時，高壓洩放閥動作。
- 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)

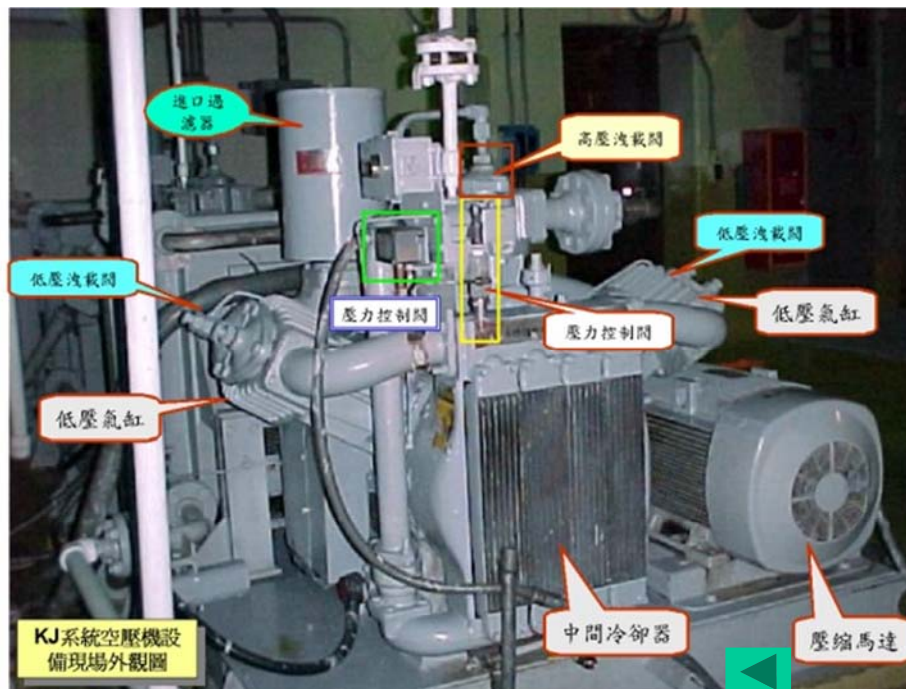
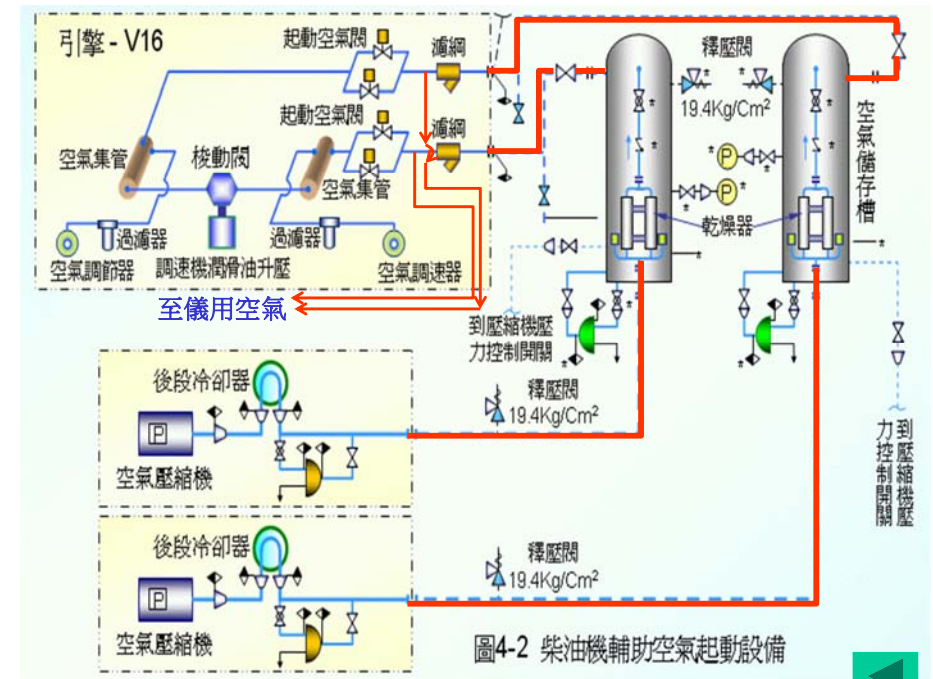
24

## 空氣系統設備

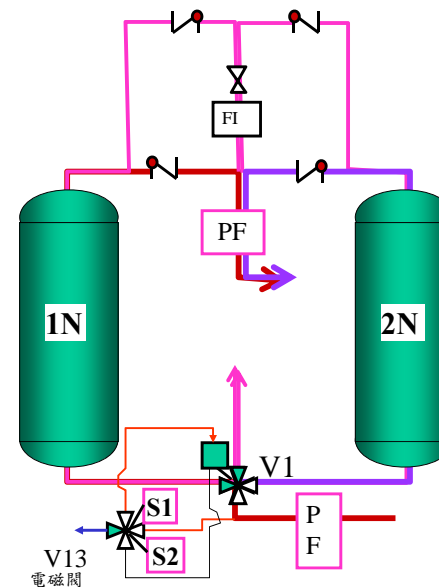
- **空壓機**：廠牌-IR，74 CFM，790 RPM，30 HP
  - 兩個**低壓段**，一個**高壓段**〔彈簧片式〕
  - 低壓段後有一 Inter-cooler(轉軸帶動風扇)，高壓段後有一 After-cooler(馬達帶動風扇)。
- **乾燥器**有兩串，一串乾燥時，另一串進行還原。經由儀控電磁閥及四通閥之控制，每**5分鐘**自動切換一次。
- 空氣經乾燥器後，再經 **20 Microns** 的過濾器後至 Air Receiver 〔設定250 PSI〕。
- 由**Air Receiver** 後一分支再經 **20 Microns** 的過濾器至柴油機起動系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

(圖4-2)

25

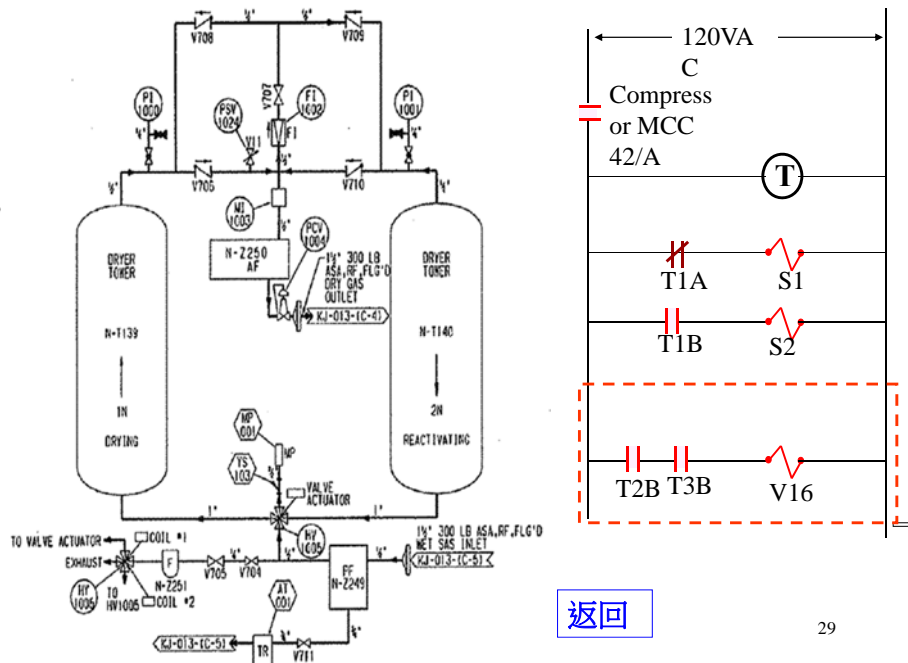


## 乾燥器(1/2)



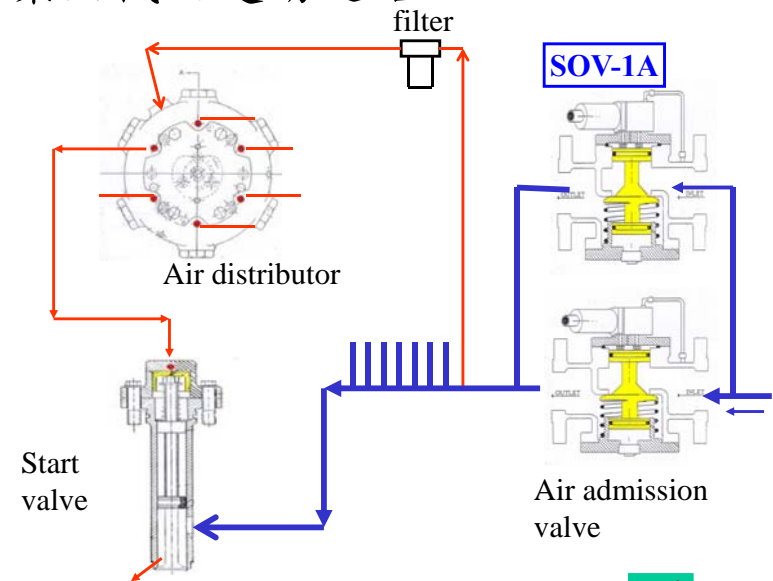
- 在空壓機啟動同時，**計時器**也會賦能旋轉，每隔**五分鐘**動作一個微動開關。微動開關接通後，電磁閥賦能，提供空氣驅動四通閥（V1）。
- V1動作後氣體流程改變，乾燥器2N變成吸收流程（壓縮空氣中的水份），1N則為再生流程。
- 再生空氣流量閥用以維持4.3SCFM之流量。



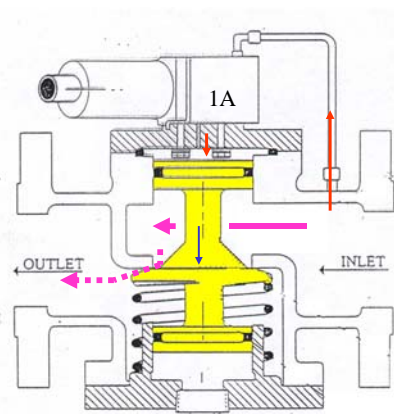


返回

## 柴油機之起動迴路



## Air admission valve

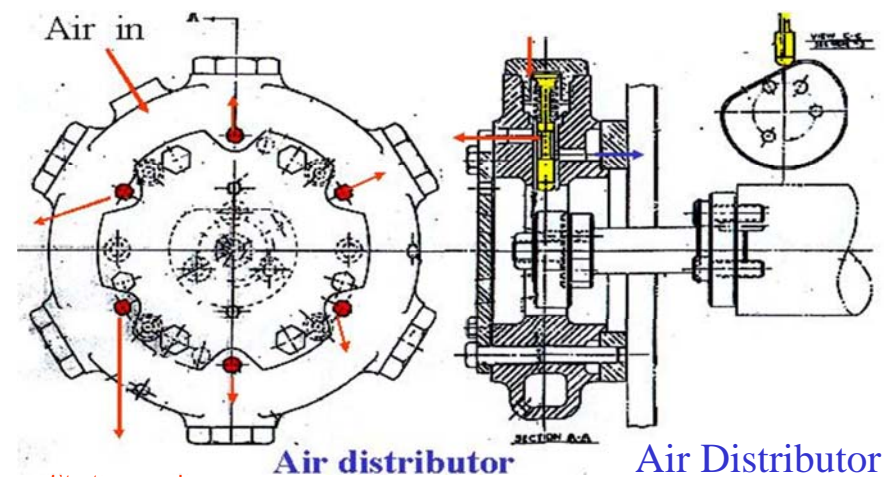


### Starting mode

1. 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。

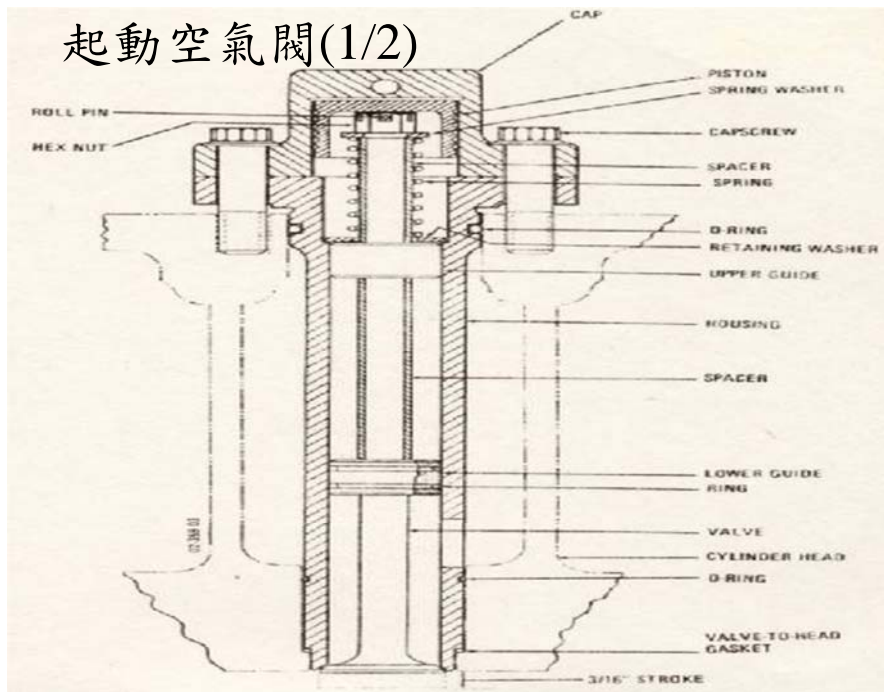
### running mode

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

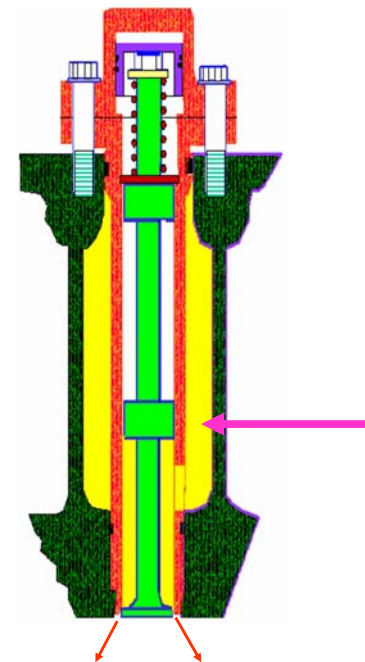




## 起動空氣閥(1/2)

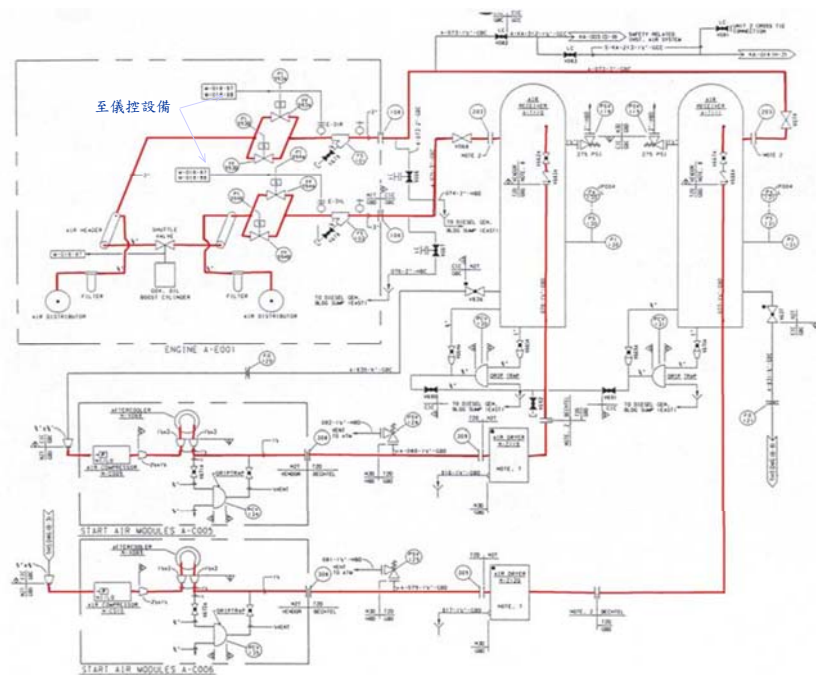


## 起動空氣閥(2/2)



[返回](#)

34



Compressing Air Dia.

## 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℃），經冷卻後（65℃），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℃），以限制燃氣進氣進口集管之溫度不超過200°F（93℃）之最高值設定。

（圖4-3）

36

## 排氣系統

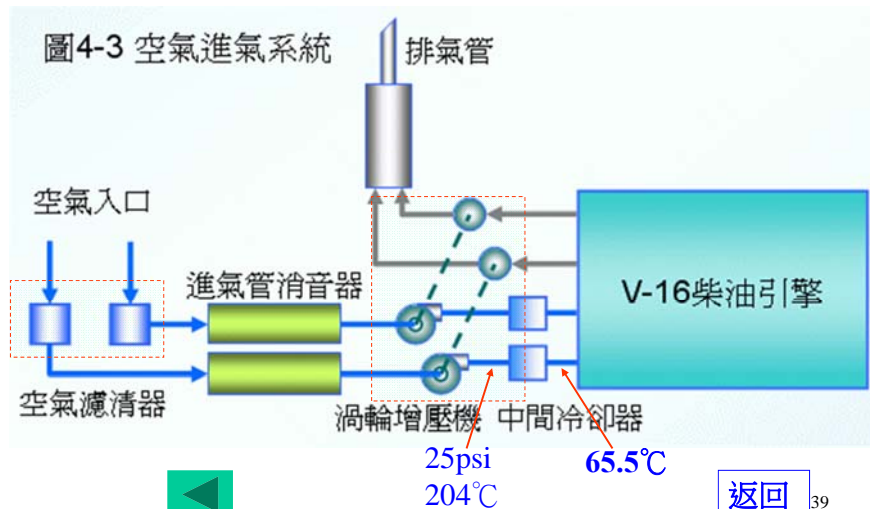
1. 柴油引擎汽缸內燃燒過的廢氣，經排氣閥、排氣總管，推動渦輪增壓機的輪翼以增加進氣壓力，降低排氣壓力。
2. 動力回收增加引擎的運轉效率。從渦輪增壓機出來廢氣，經排氣管、消音器排出廠外。

(圖4-3)

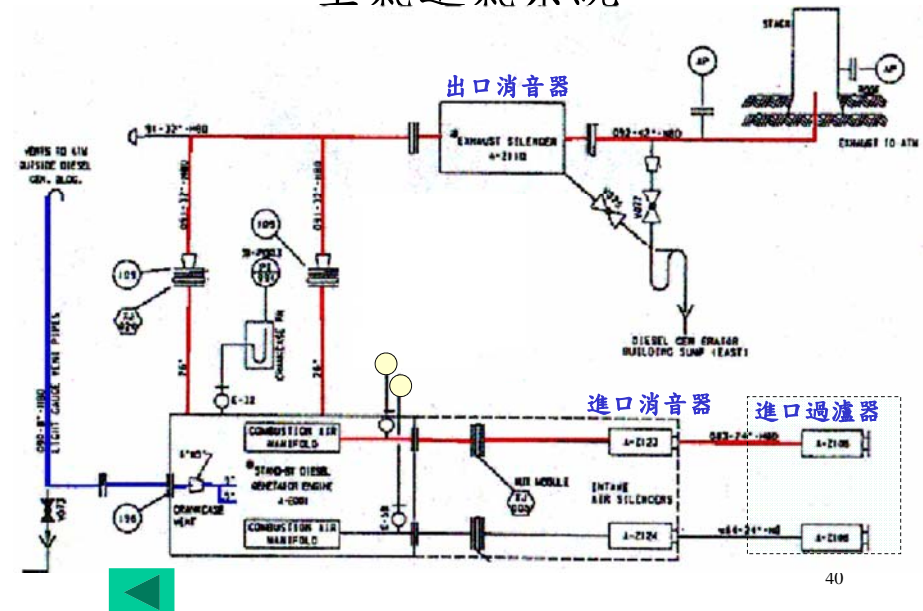
## 燃氣進氣和排氣系統(316)

- 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21cmH<sub>2</sub>O，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±75°F (±41.67°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。

## 空氣進氣系統



## 空氣進氣系統

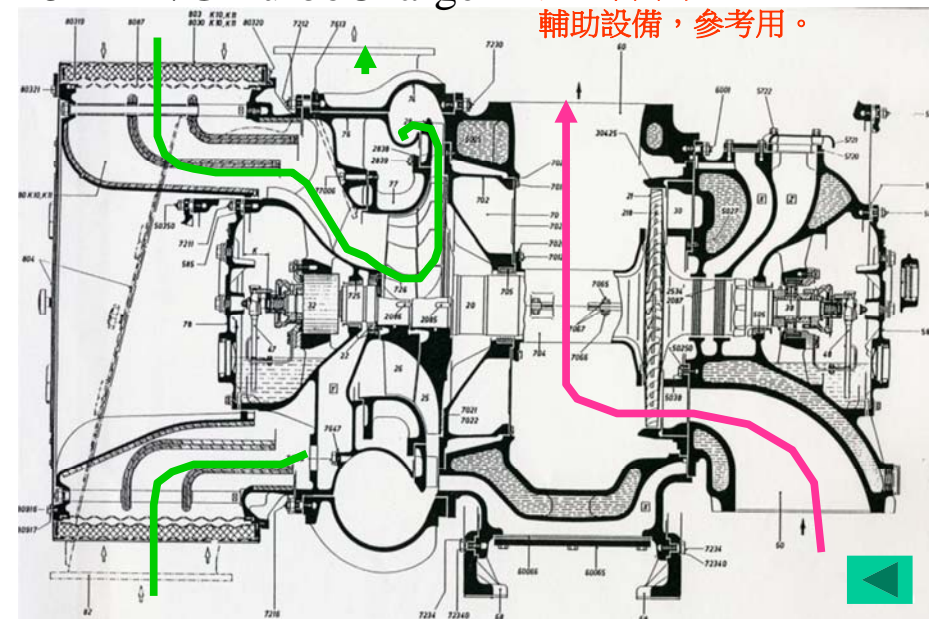




41

## 5TH D/G TurboCharger

註：本圖為5TH D/G之輔助設備，參考用。



## 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

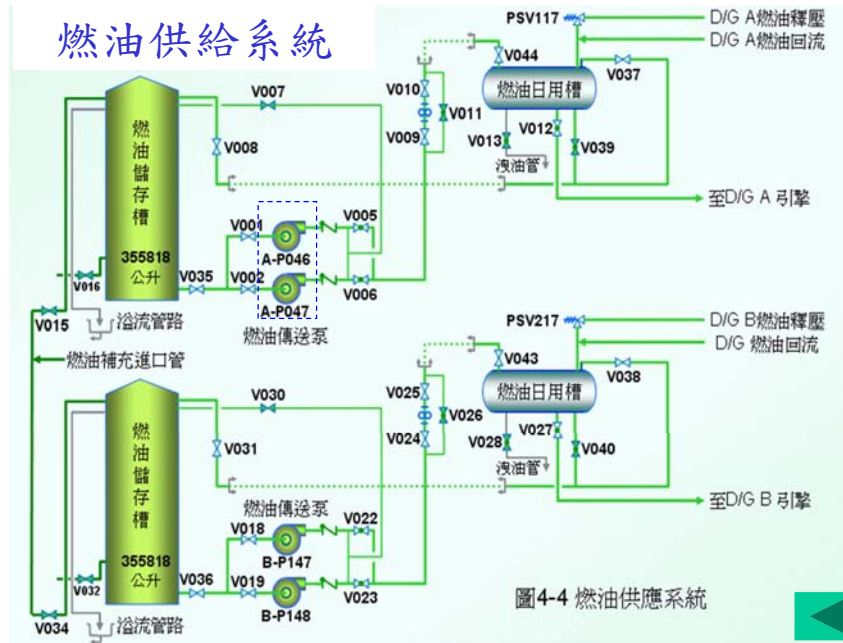
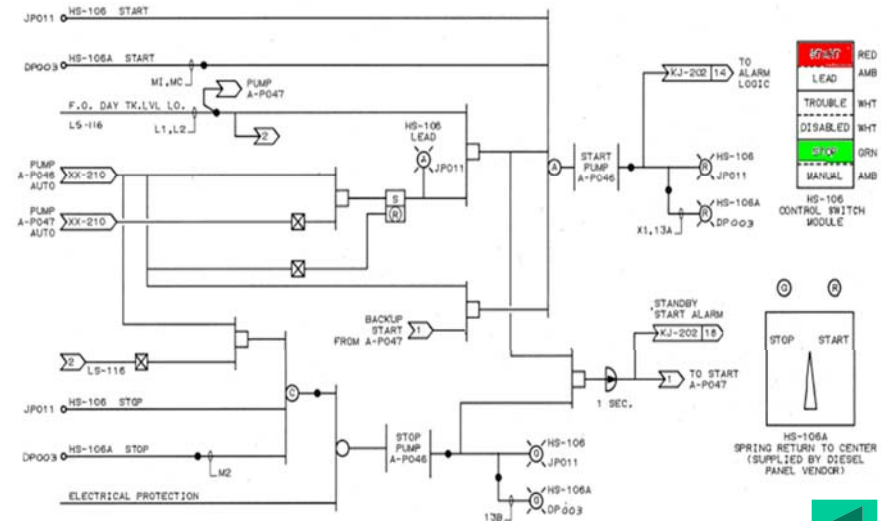


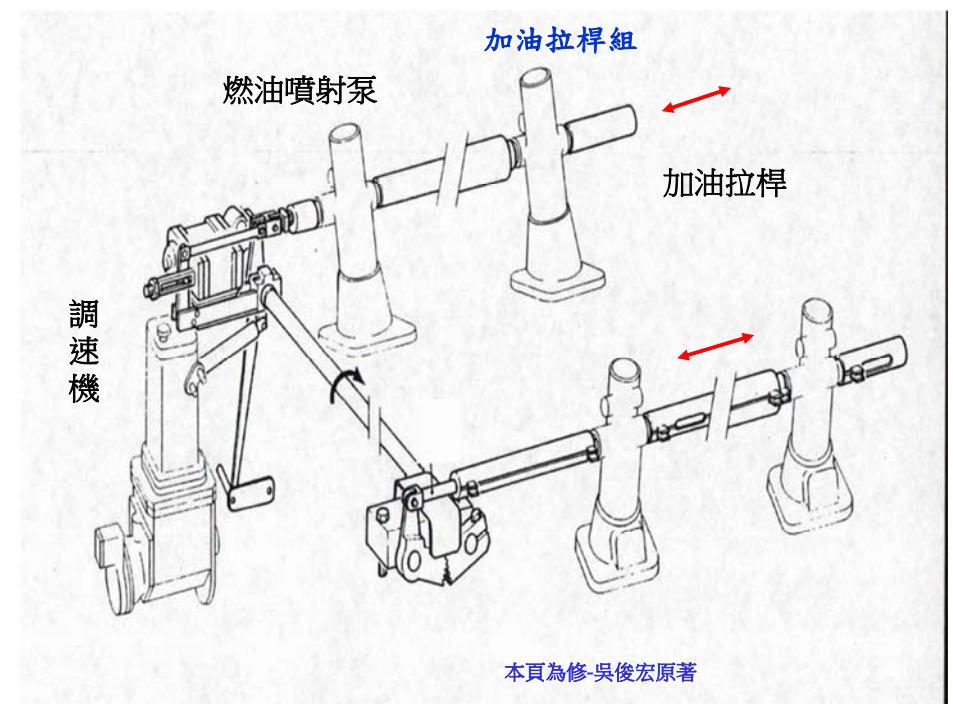
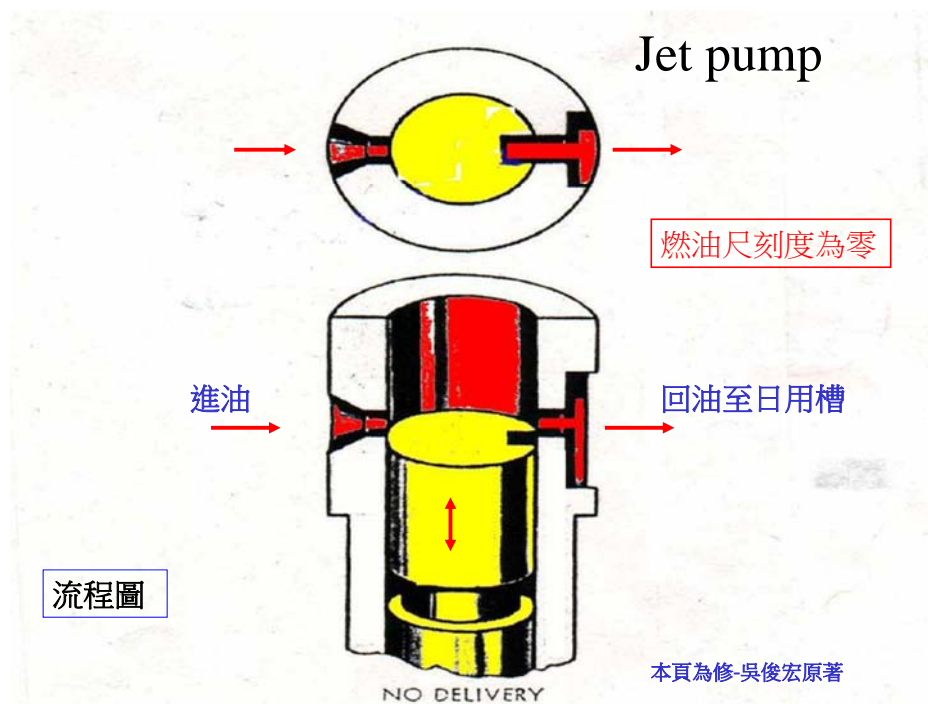
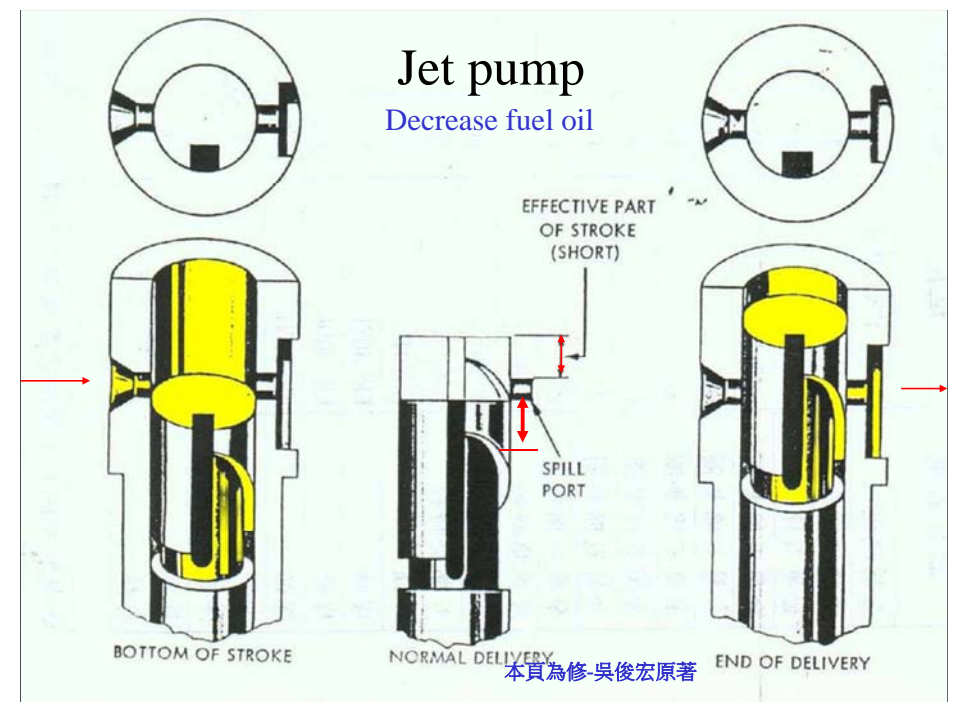
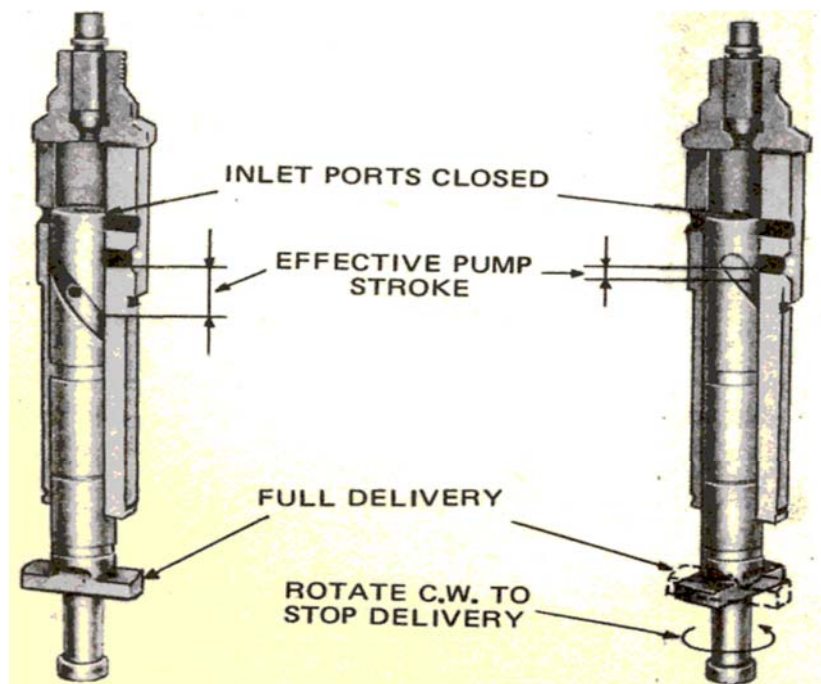
圖4-4 燃油供應系統

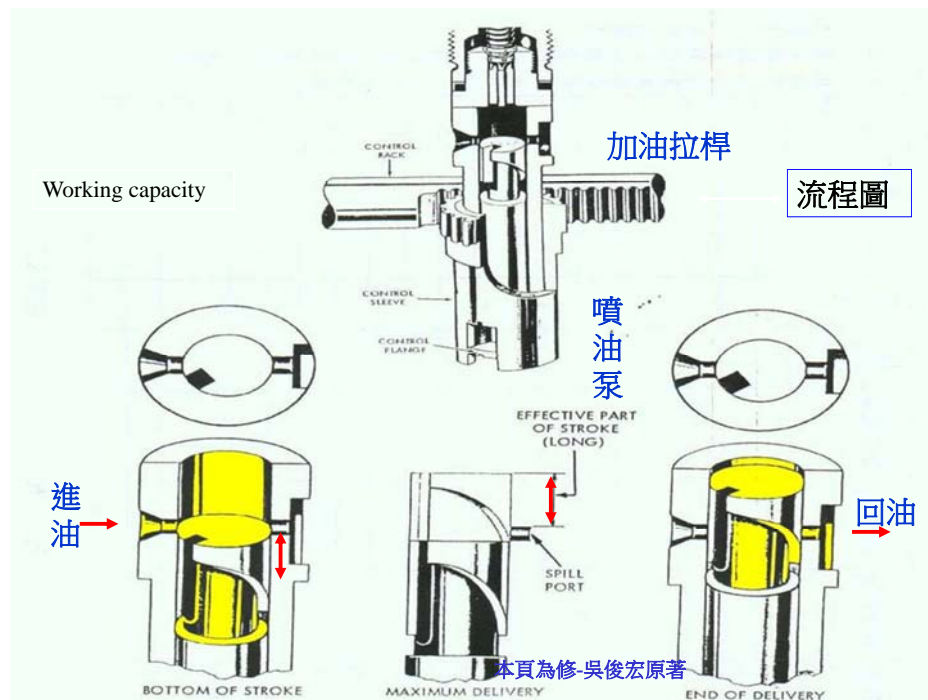
## 燃油傳送泵

J-KJ-201









54

## 冷卻水供給系統

1. 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。
2. 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。
3. 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

4. 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及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。
5. 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( $60^{\circ}\text{C}$ )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

## 冷卻水供給系統(316)

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

58

### 4-7-1冷卻水供給系統

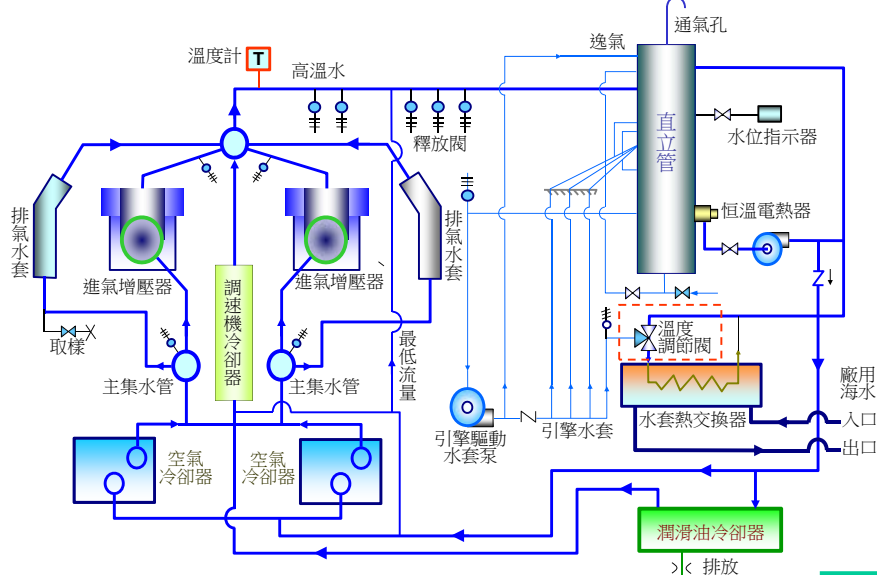


圖4-7-1 柴油發電機冷卻水系統(停機中)

### 4-7-2冷卻水供給系統

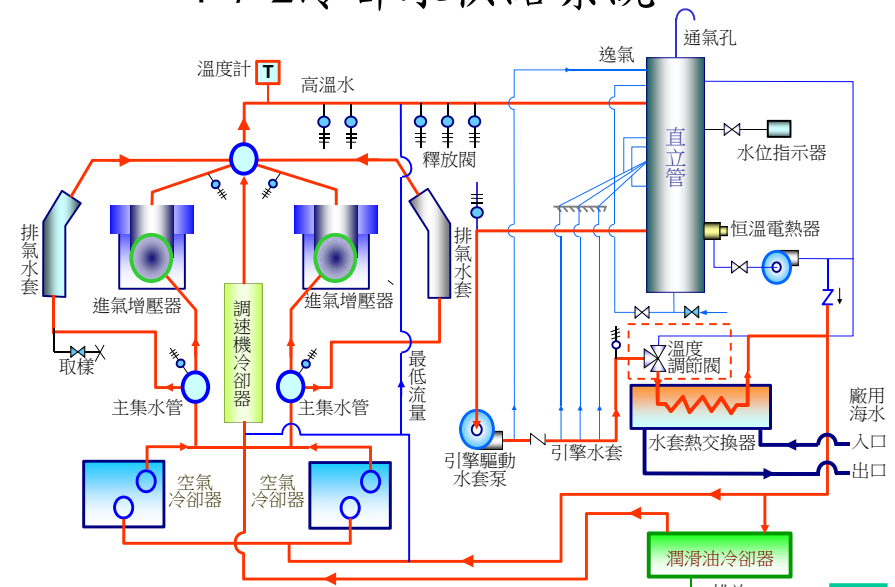
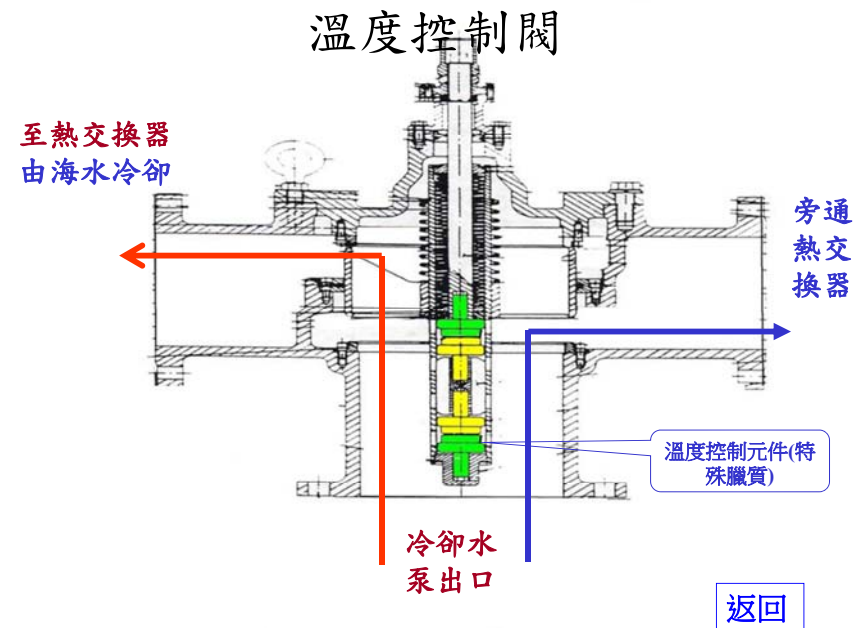


圖4-7-2 柴油發電機冷卻水系統(運轉中)





## 潤滑油 潤滑油系統 系統

1. 柴油引擎的各部動件，如汽缸與活塞間、汽門定時搖桿、曲軸襯套、軸承等，各部份動件均須加以潤滑。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件。
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

4. 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**而至各部動件潤滑。以保持潤滑油的溫度，確保引擎可迅速起動。
5. 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。
6. 潤滑油集管溫度應維持在 $68^{\circ}\text{C}$ 左右，最低不低於 $60^{\circ}\text{C}$ ，最高不高於 $87^{\circ}\text{C}$ 。若潤滑油度低於 $60^{\circ}\text{C}$ 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。

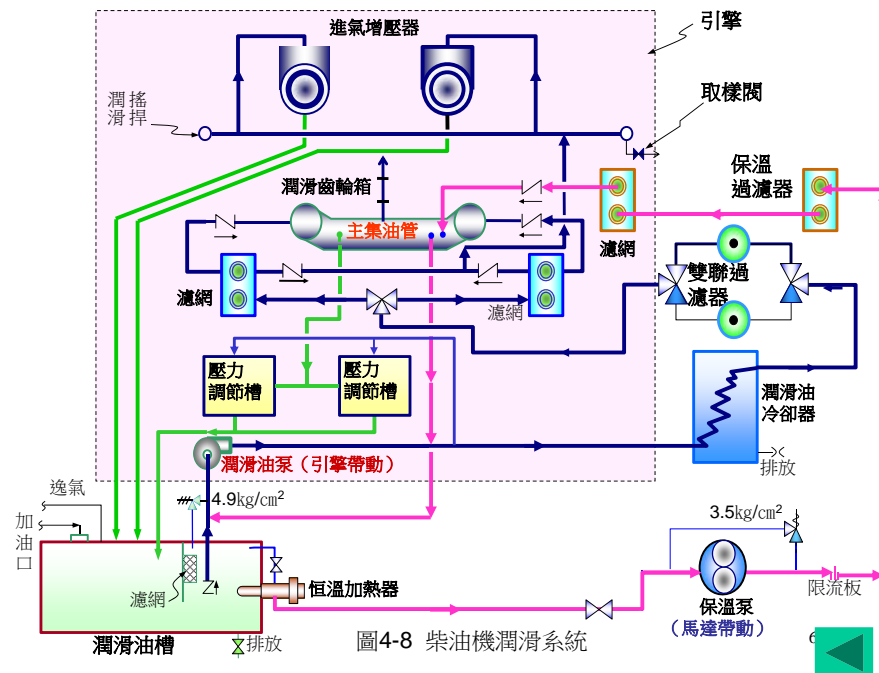
(圖4-8)

65

## 潤滑油系統(316)

- 引擎潤滑油出口溫度超過 $200^{\circ}\text{F}(93^{\circ}\text{C})$ ，主軸承溫度不要超過 $228^{\circ}\text{F}(108^{\circ}\text{C})$ ，非緊急起動時柴油機將跳脫。
- 在潤滑油集管壓力低於 $30\text{ psig}(2.1\text{Kg/cm}^2)$ 或渦輪增壓機軸承潤滑油壓低於 $15\text{ psig}(1.05\text{Kg/cm}^2)$ 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。
- 柴油引擎之潤滑油恒溫泵在自動模式時，在引擎起動後升速到約 $200\text{RPM}$ 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， $4.16\text{KV}$ 、 $60\text{Hz}$ 、Y型冷氣式、連續的輸出 $7000\text{KW}$ 、功率因素 $0.8$ ；最大出力可達 $7700\text{KW}$ 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**)。

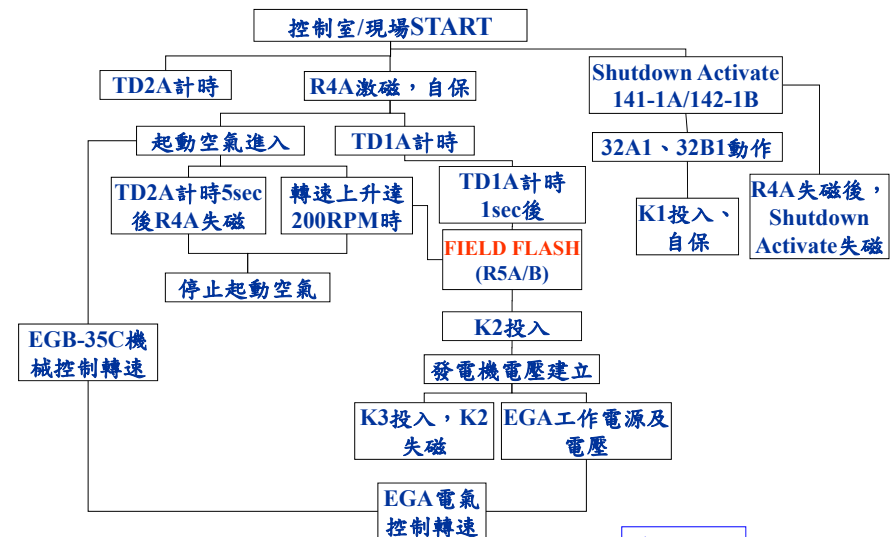
70

## 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

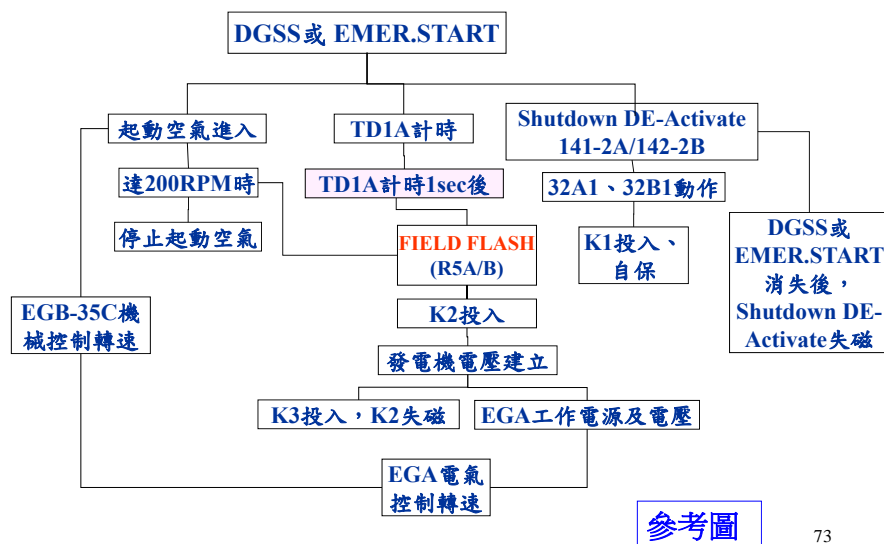
## A/B台柴油機的手動起動



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 $4.16KV \pm 10\%$ ；角度在 $5^\circ$ （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。

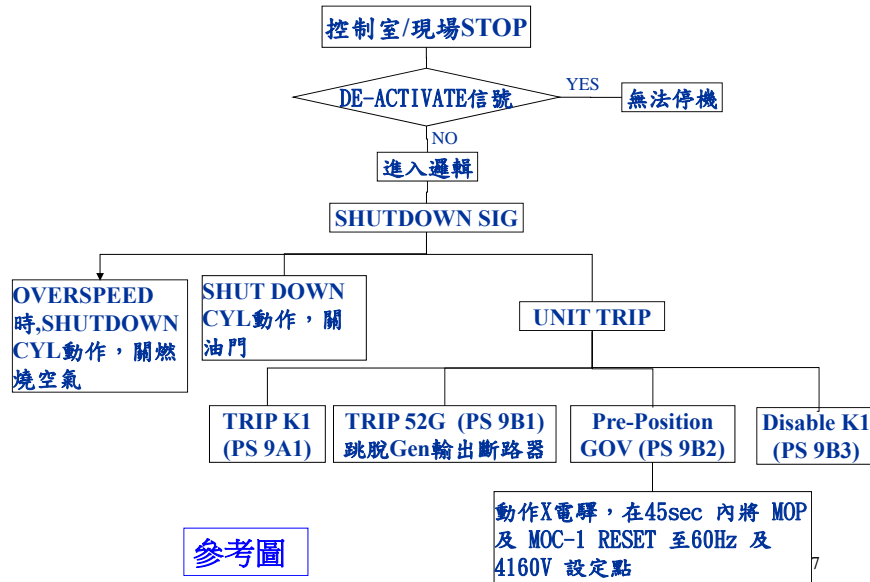
75

## 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

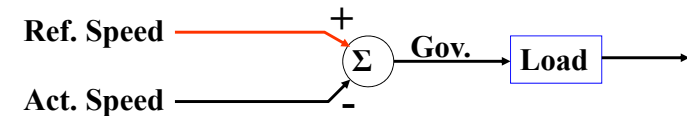
1. 解聯後空轉5分鐘，才停止柴油機。
2. 現場操作：
  1. 確認在OPERATION MODE 位置，待“引擎盤”STOPPING燈消失，AVAILABLE燈亮後（約2分鐘）。
3. 主控制室操作：
  1. ISO/DROOP SW → ISO. 模式。
  2. 停止GM-F082、84/083、85。
  3. EF-HV117/217。
4. 確認各油槽之油位符合要求。

## 柴油機之控制方式

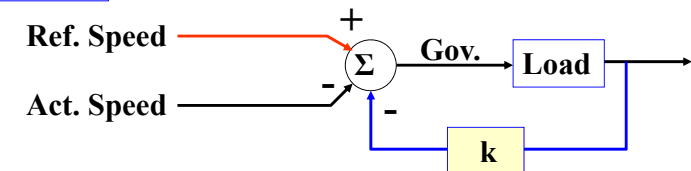
- 正常待機時，置於Isochronous (remote) 模式。
- 柴油發電機在測試運轉期間，併聯之前改置為DROOP模式。
- 在併聯測試的情形之下，若發生
  1. 該bus之所有外來電源跳脫時，
  2. 該安全串之ESF信號(SIS、LOV)動作時，
 控制系統會自動回復至Isochronous模式（單機運轉）。(參考圖)

## 柴油機之控制方式

### Isochronous ⊕



### Droop ⊕



註：二模式之Ref. Speed均可以手動調整。



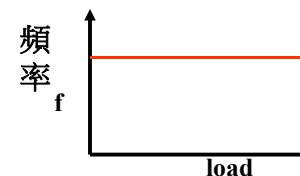
## 何謂 ISO MODE ?

- 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。



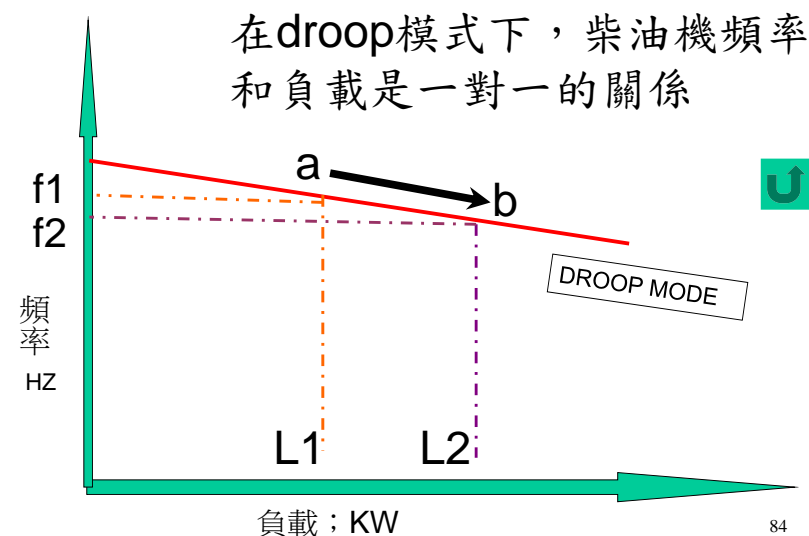
本頁為修-吳俊宏原著

## 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

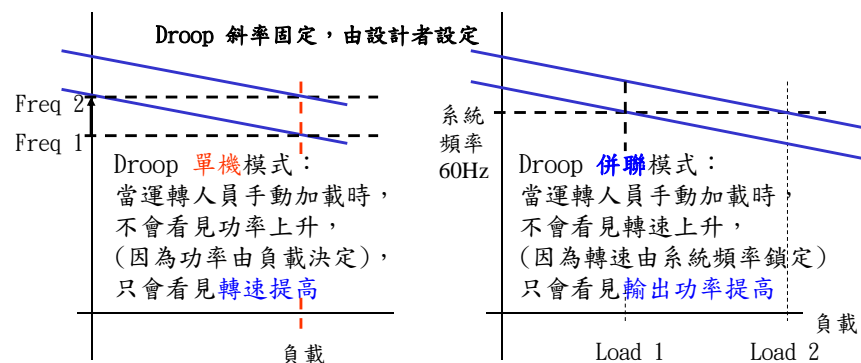
## DROOP MODE，負載與頻率關係圖示



84

## 發電機運轉 Droop 模式

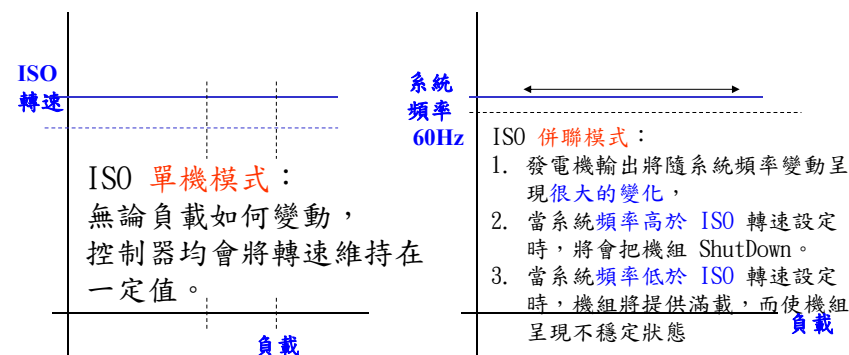
- (1) Droop 斜率固定，由設計者設定。
- (2) 運轉人員提高 MOP 設定點時，實際為提高無載轉速。



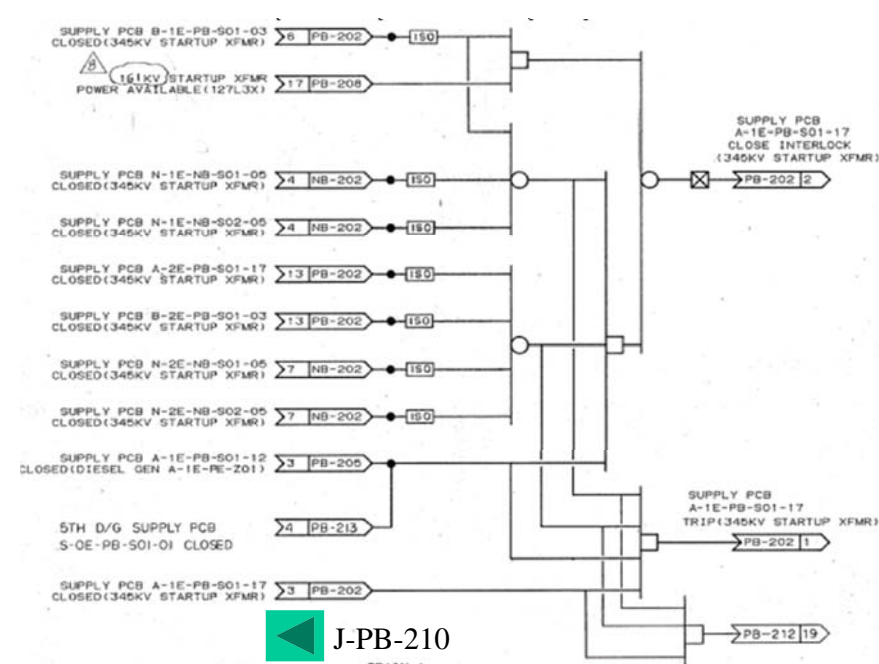
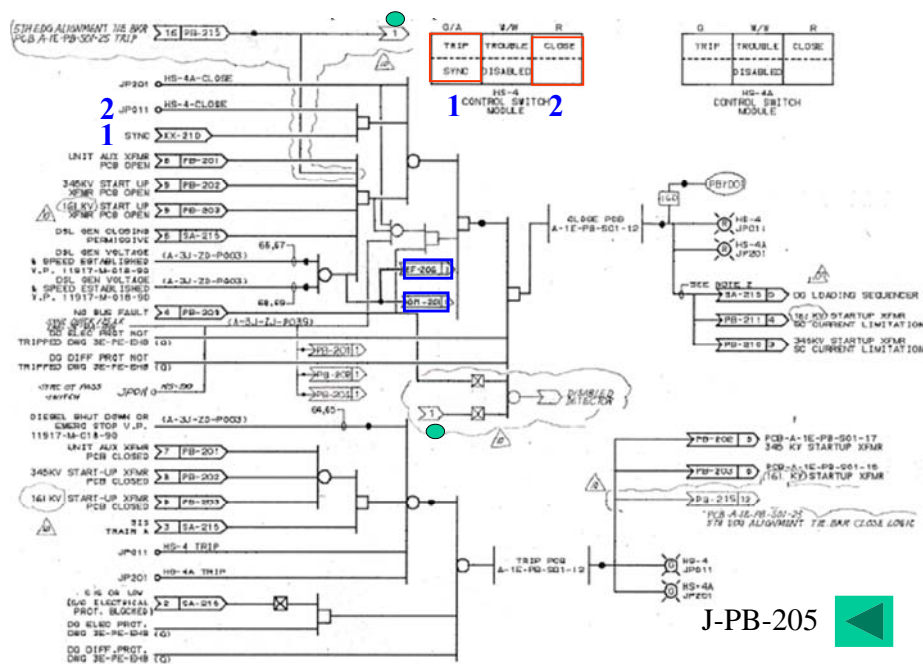
85

## 發電機運轉 ISO 模式

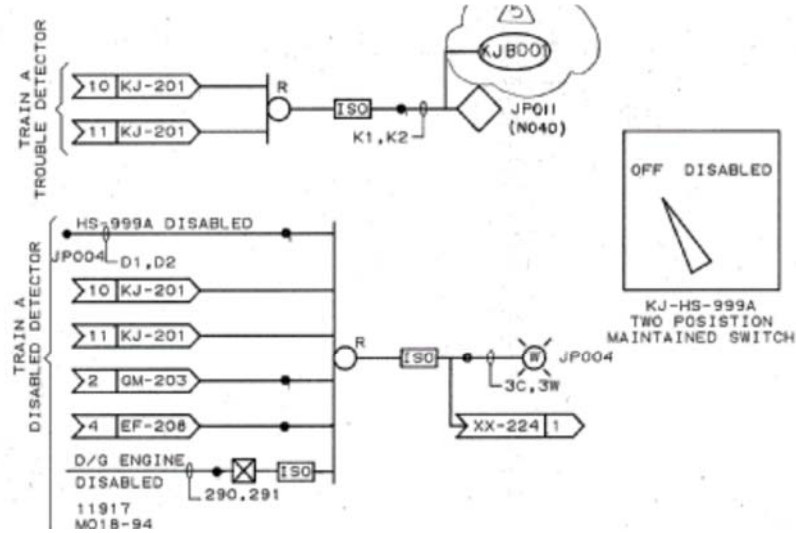
- (1) Droop 斜率約為 0
- (2) 運轉人員是否可設定 ISO 轉速，由系統設計決定



本廠A/B台柴油機 ISO 轉速可調；但#5 柴油機轉速則不可調。

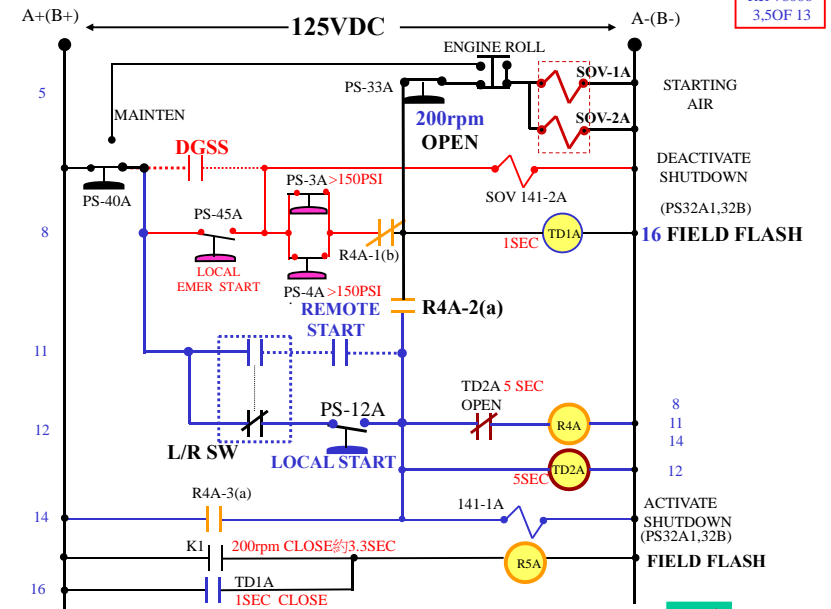


# 系統DISABLE SW



89

柴油機之起動線路

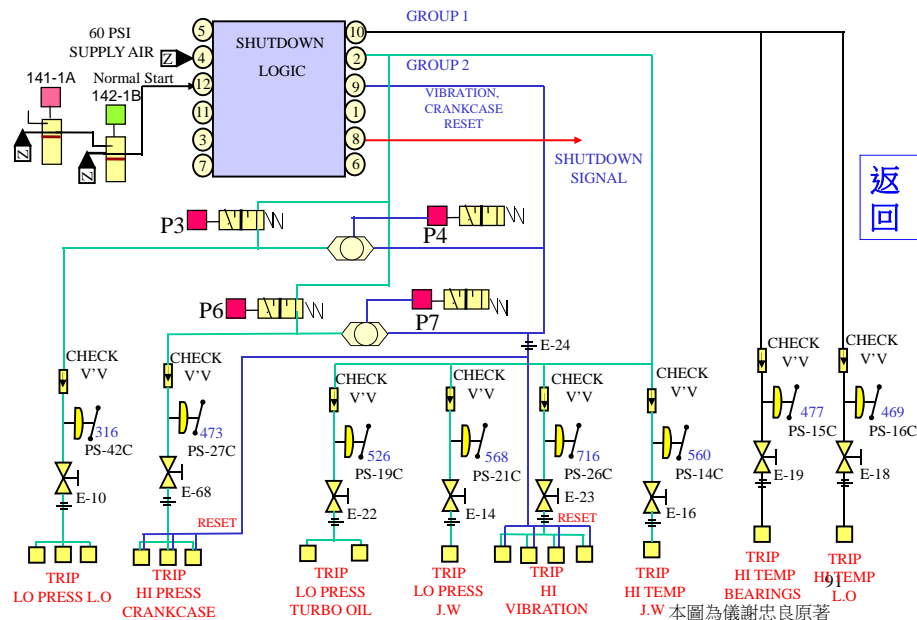


本圖為儀謝忠良原著

90

## NORMAL START GROUP 1,2

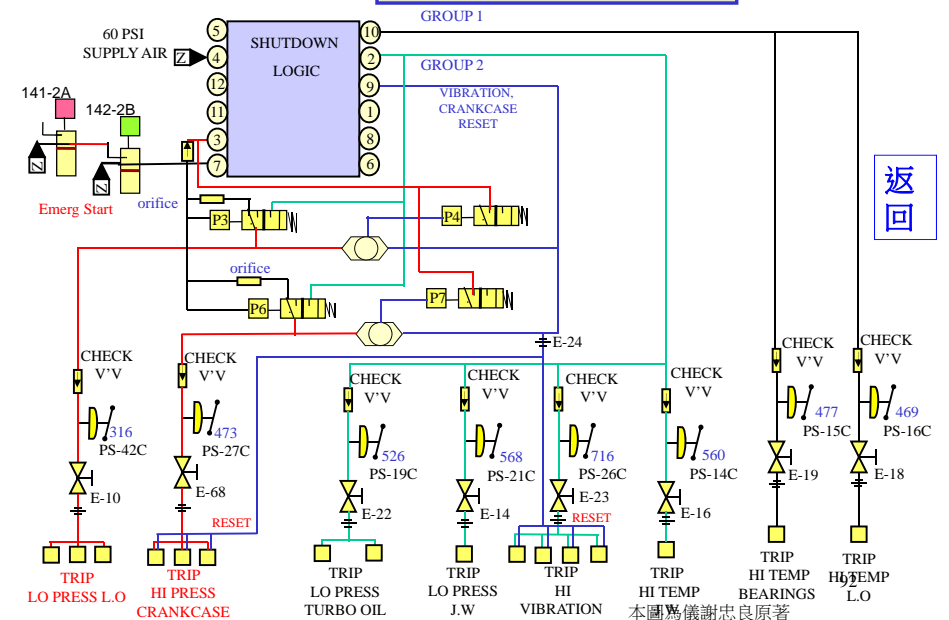
Ref 78006  
1OF 13



返回

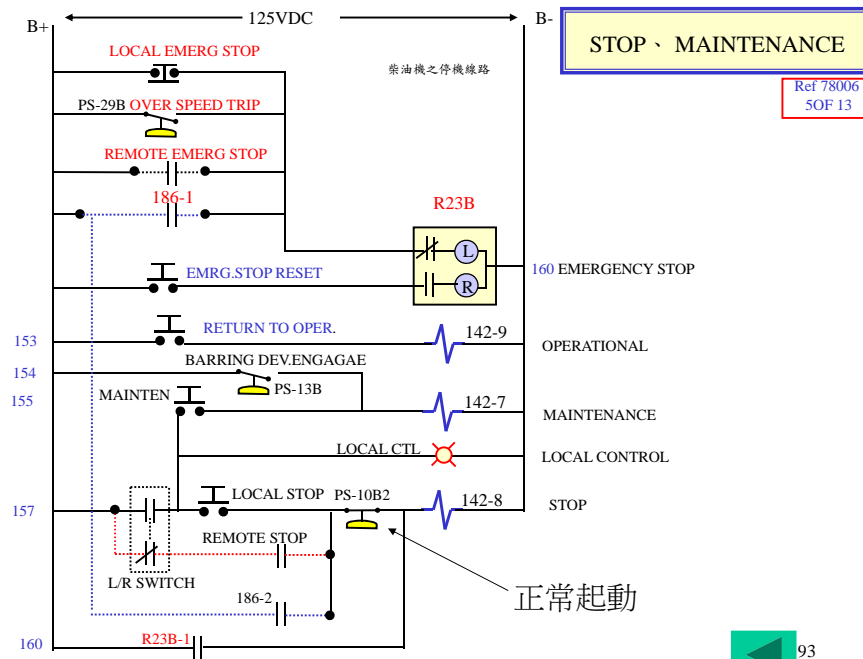
## Emergency Start/trip

Ref 78006  
1OF 13



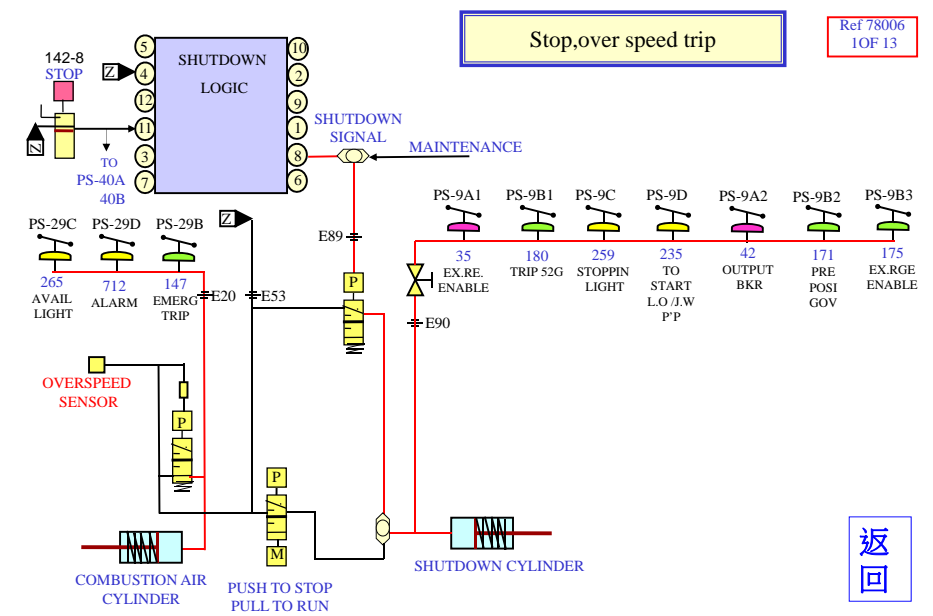
返回





本圖為儀謝忠良原著

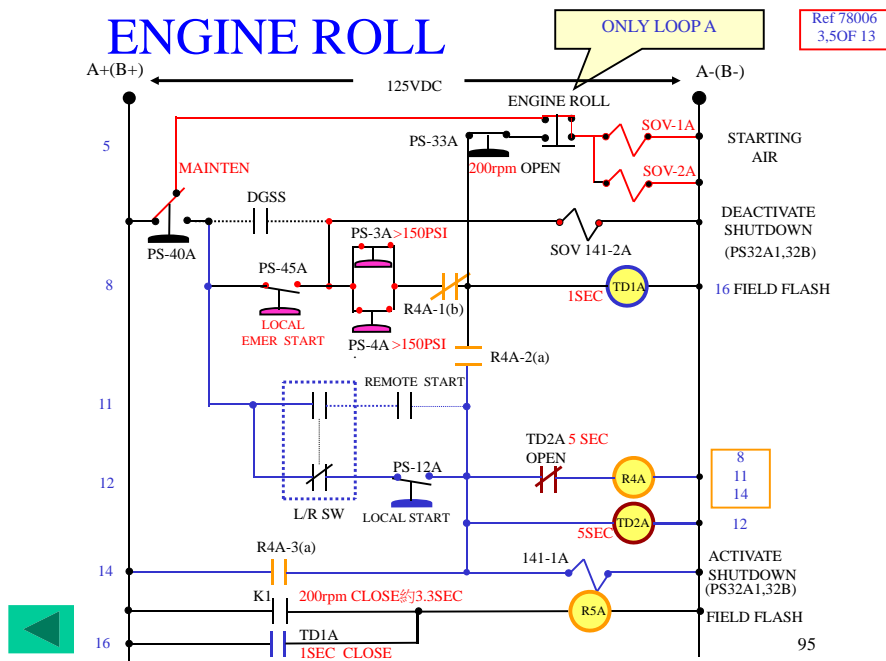
93



本圖為儀謝忠良原著

94

返回



## 伍、柴油發電機控制和保護

### 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

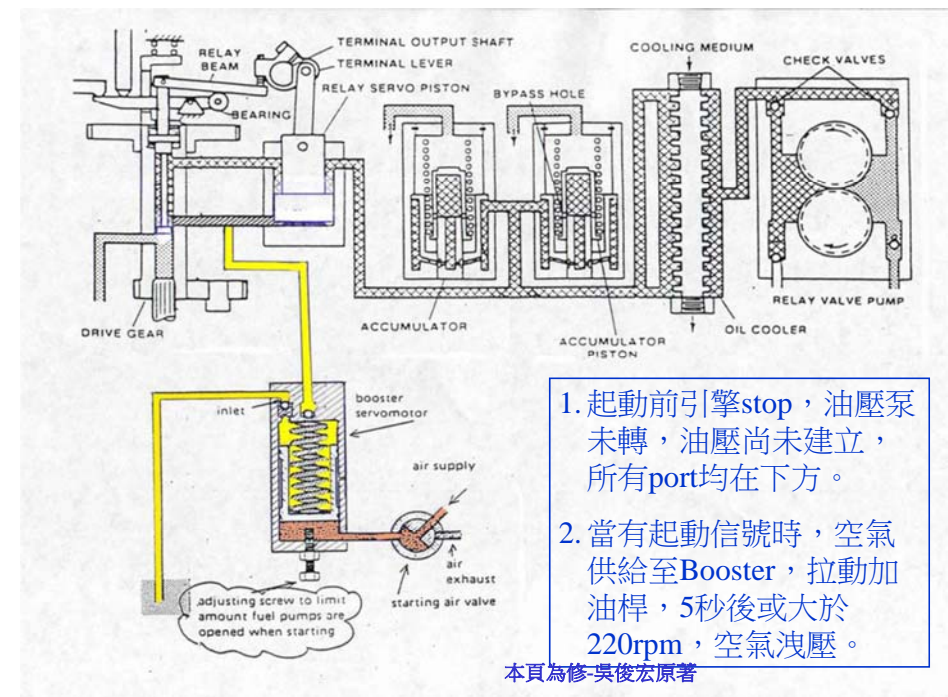
98

## 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



本頁為修-吳俊宏原著

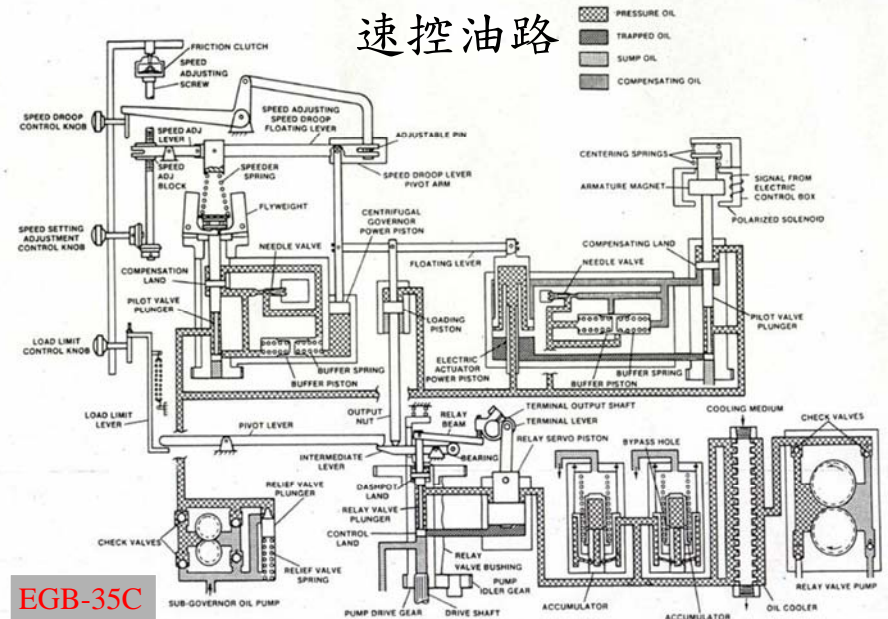
## 調速機機械原理

- 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

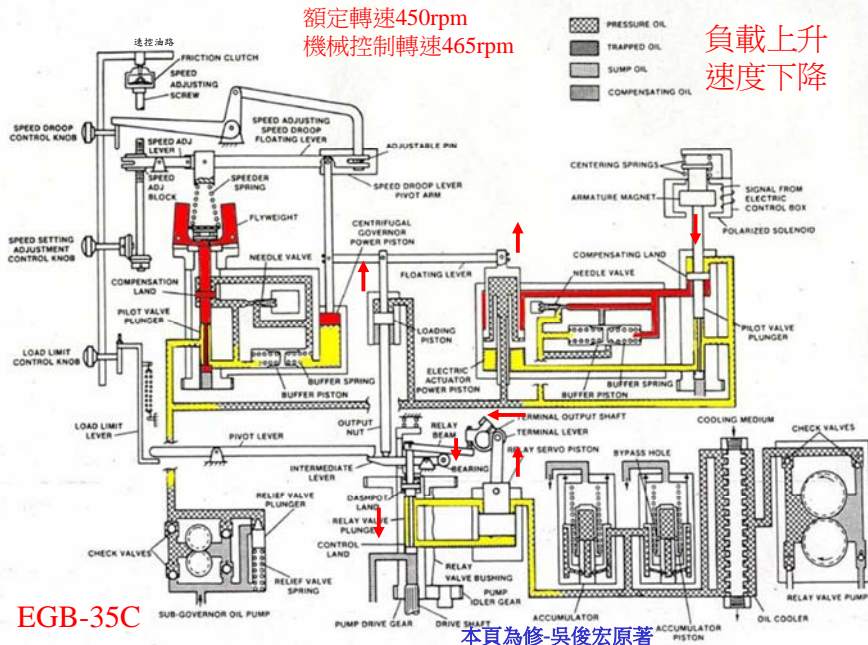
101

## 速控油路



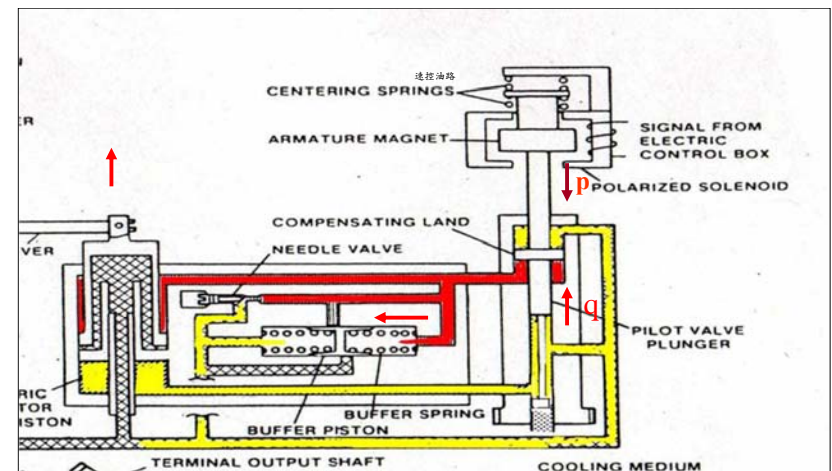
本頁為修-吳俊宏原著

37790-8-43



本頁為修-吳俊宏原著

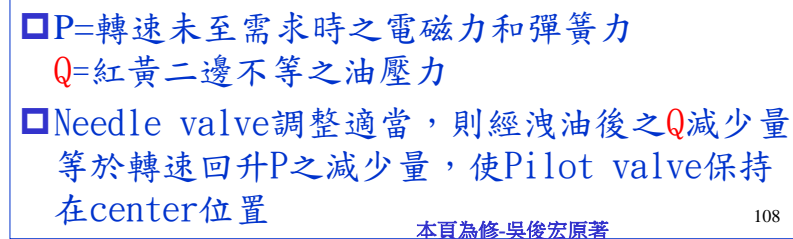
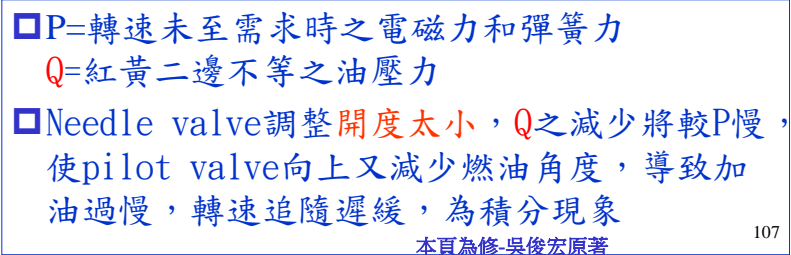
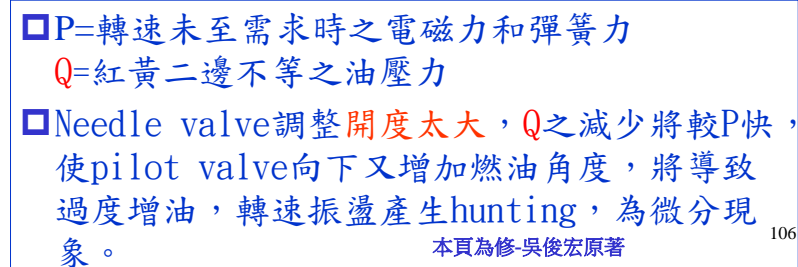
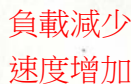
37790-8-43



- 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







本頁為修-吳俊宏原著

## 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。

本頁為修-吳俊宏原著

110

## 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。

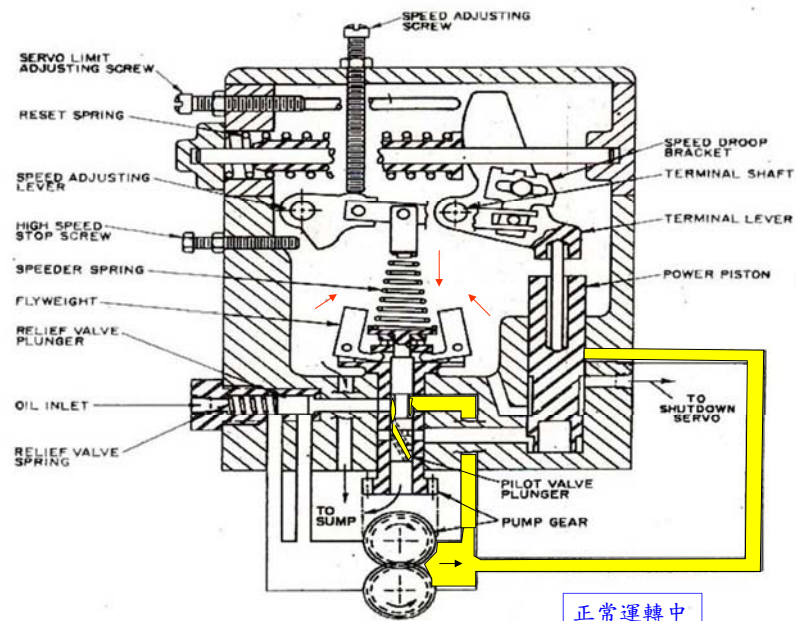
111

## 調速機機械原理

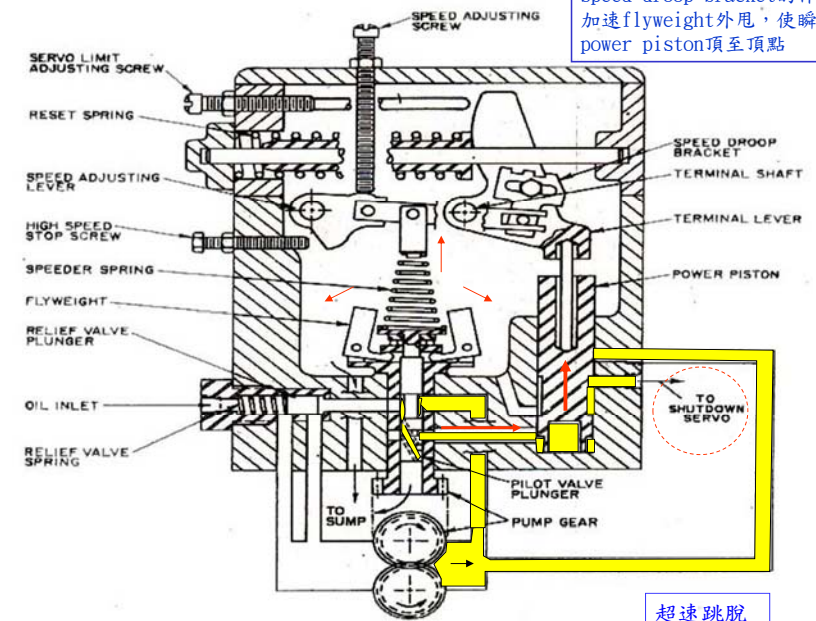
- 當speed droop bracket因terminal lever上頂而上旋時，減少speeder spring的力量，促使flyweight全力往外，如此將power piston瞬間推達到頂點，使液壓油動作燃油連桿到止油位置。
- 當轉速下降到超速設定速度時，speeder spring下壓pilot valve plunger，將液壓油洩回至sump。

112



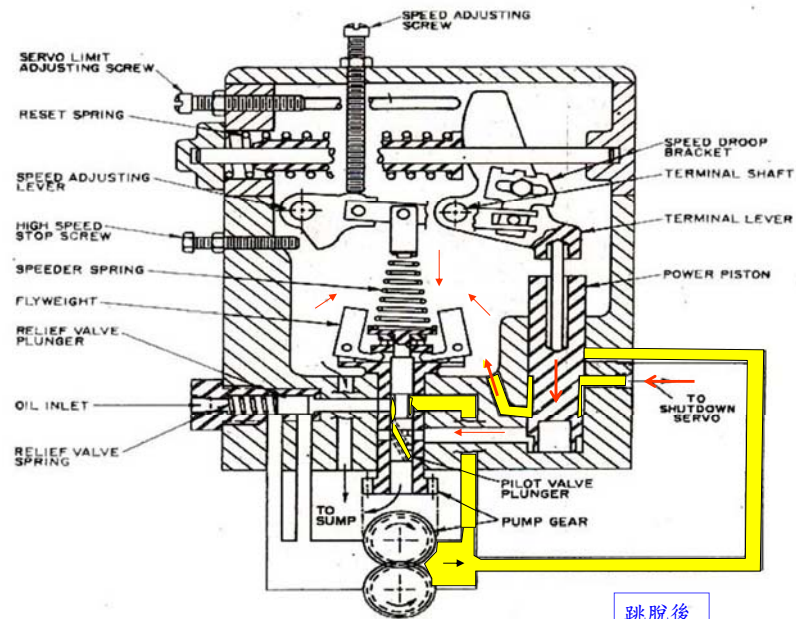


正常運轉中



超速跳脫

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



跳脫後



# 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 ( $30\pm 2\text{psi}$ ) (2/3邏輯)。
- 高潤滑油溫 ( $200\pm 10^\circ\text{F}$ )。
- 引擎體水套冷卻水高溫 ( $200\pm 10^\circ\text{F}$ )。
- 引擎體水套冷卻水低壓力 ( $10\pm 1\text{psi}$ )。
- 引擎超速 ( $115\%$ 額定) ( $517\pm 26\text{RPM}$ )。
- 曲柄箱內高壓力 ( $3\pm 0.15\text{psig}$ ) (2/3邏輯)。
- 軸承高溫 ( $228\pm 11^\circ\text{F}$ )。
- 震動過高 (3g) (1/2邏輯)。
- 渦輪充氣器潤滑油低壓力 ( $15\pm 1\text{psi}$ )。
- 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

# 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

## 緊急起動運轉之保護

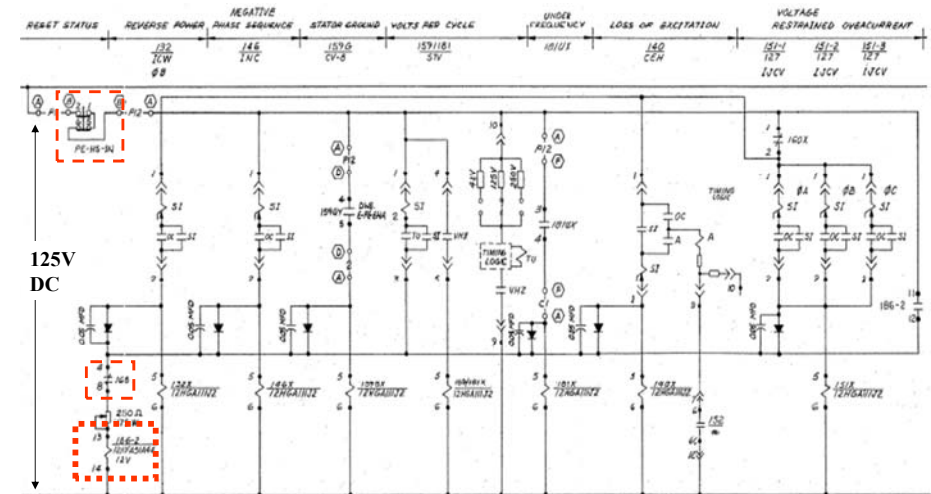
柴油發電機在緊急起動運轉（接受SI或LOV訊號或手動緊急起動）時，會動作保護旁通開關，此時僅有以下之信號才能跳脫柴油發電機：

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

回電氣保護BY PASS

119

## 186-2非緊急起動之保護



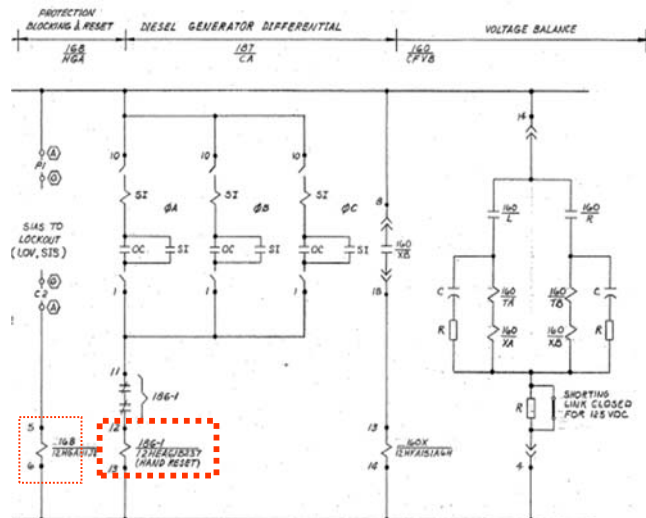
回電氣保護頁

E-PE-EHB

停機線路

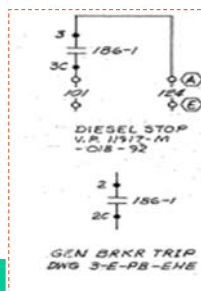
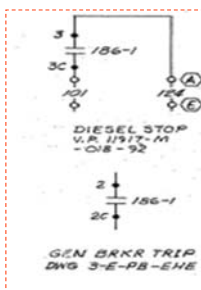
120

E-PE-EHB



[回電氣保護頁](#)

## 停機線路



# Engine-Gen Inter Connect

**11917-M-018-321**

AUTO VOLTAGE RAISE / LOWER SWITCH

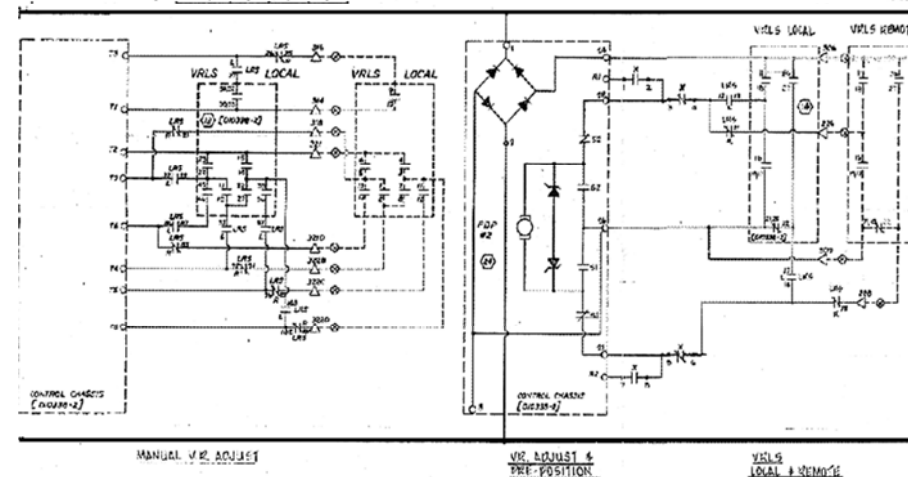
(LOCAL PRESENTS)

SPRINGS RETURN TO NORMAL:

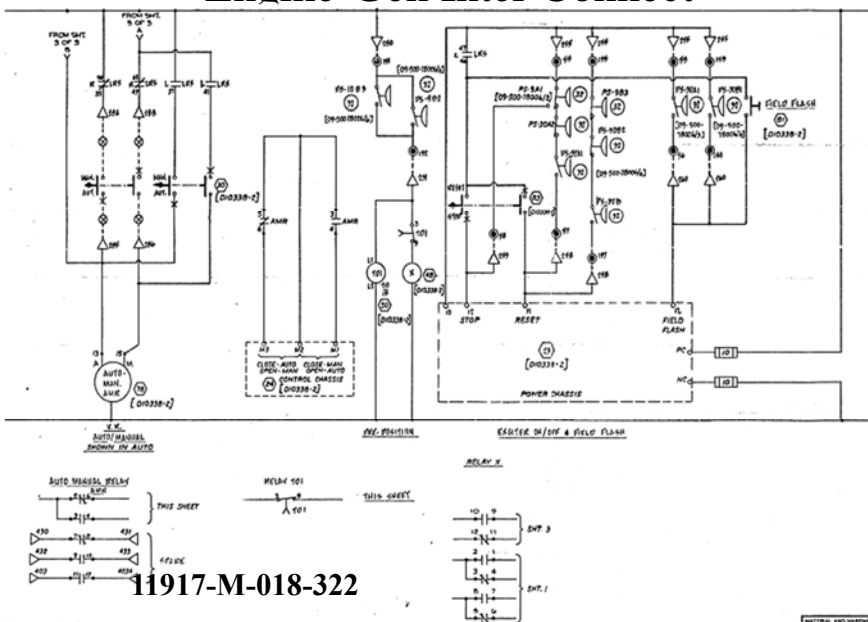
DOWNSET	RAISE	NORMAL	LOWER
NO - 01	X		
NO - 02	X		
NO - 03			X
NO - 04			X
NO - 05	X		X
NO - 06		X	
NO - 07		X	

ONN	ONN	WAVE	ACOSM	LOW
11	12	1	X	
13	14	2		X
15	16	3	X	
17	18	4		X
19	20	5	X	
21	22	6		X
23	24	7	X	
25	26	8		X
27	28	9	X	
29	30	10		X
31	32	11	X	
33	34	12		X
35	36	13	X	
37	38	14		X
39	40	15	X	
41	42	16		X
43	44	17	X	
45	46	18		X
47	48	19	X	
49	50	20		X
51	52	21	X	
53	54	22		X
55	56	23	X	
57	58	24		X
59	60	25	X	
61	62	26		X
63	64	27	X	
65	66	28		X
67	68	29	X	
69	70	30		X
71	72	31	X	
73	74	32		X
75	76	33	X	
77	78	34		X
79	80	35	X	
81	82	36		X
83	84	37	X	
85	86	38		X
87	88	39	X	
89	90	40		X
91	92	41	X	
93	94	42		X
95	96	43	X	
97	98	44		X
99	100	45	X	

MANUAL VOLTAGE RAISE / LOWER SWITCH  
(LOCAL + REMOTE)  
SPRING RETURN TO MANUAL

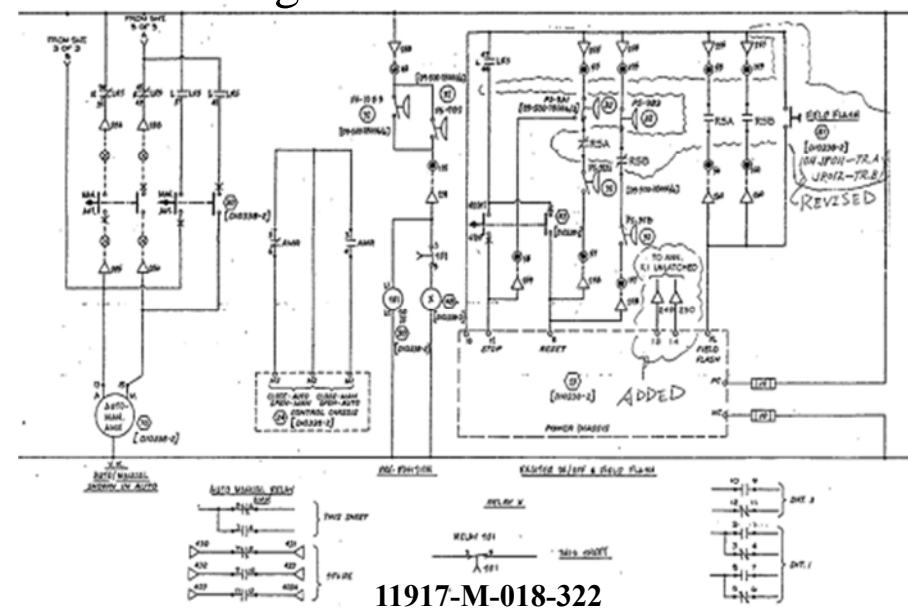


## Engine-Gen Inter Connect



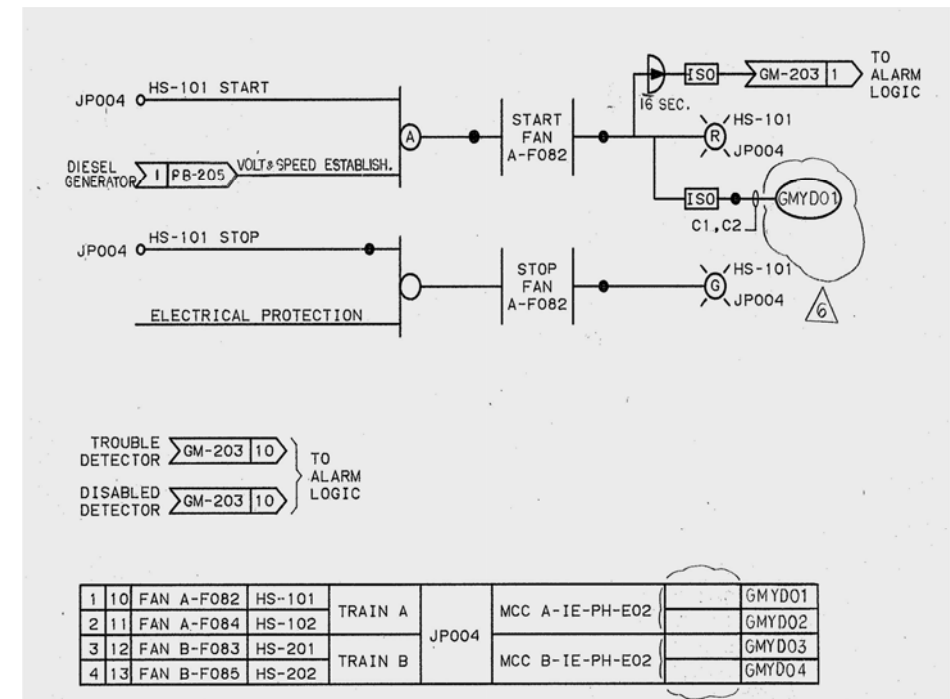
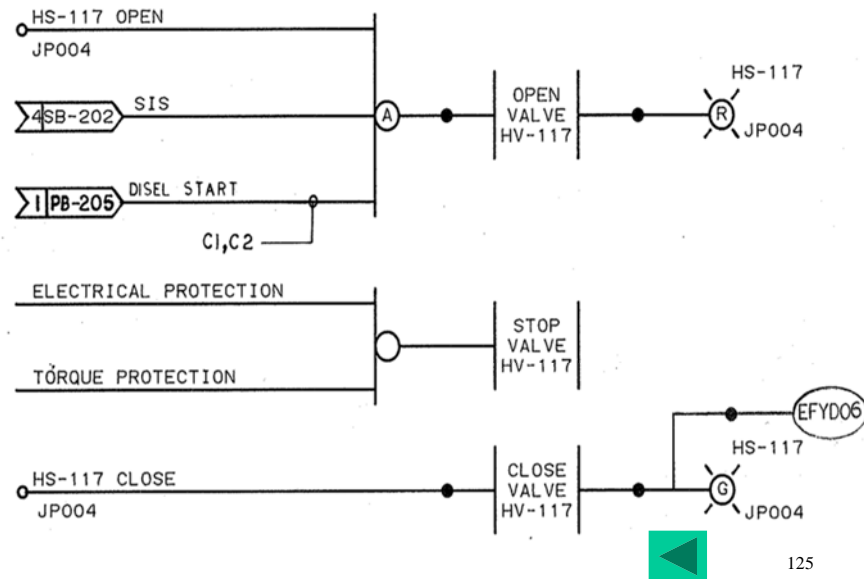
**11917-M-018-322**

# Engine-Gen Inter Connect



**11917-M-018-322**

## 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

### 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/cm<sup>2</sup> (225 psig) for DG A and B ; >36Kg/cm<sup>2</sup> 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

### 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（S T S）之L C O。

135