

緊急柴油發電機及全黑起動

- 壹、電源概述
- 貳、設計基準
- 參、柴油機及附屬系統
- 肆、柴油發電機控制和保護
- 伍、柴油發電機
- 陸、運轉

壹、電源概述

本廠電力系統由三台起動變壓器，供給機組起動、停機時所需之電源。一台161KV/13.8KV/4.16KV主起動變壓器、一台備用起動變壓器和一台來自超高压的345KV/13.8KV/4.16KV起動變壓器。一旦失去廠外電源，核能安全系統匯流排失電或特殊安全設施（ESF）動作；柴油發電機立即自動起動，併入安全系統匯流排（B-PB-S01及A-PB-S01），依時序供給特殊安全設施或安全停機所必須之電源。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共用。

貳、設計基準

1. 供給每一4.16KV安全匯流排的備用電源，其容量足夠供機組安全停機所必須的電源。
2. 此系統均為雙重設備，在佈置方面互相隔離，在電氣方面相互隔離。如此，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。
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. 分別在安全匯流排（A-PB-S01與B-PB-S01）上的兩台柴油發電機，禁止兩台並聯運轉。每台柴油發電機必須由其自身的匯流排送出。
6. 每台柴油發電機在接到起動信號後，能在十秒內建立額定頻率和電壓。可連續的起動五次，且在無二次冷卻水情況下，可連續運轉三分鐘。
7. 每台柴油機，不管負載多少均不可在臨界速度下運轉。
8. 每部柴油機各有其獨立的潤滑油系統及冷卻水系統。此兩系統須能使柴油發電機組，在任何情況下緊急快速起動。
9. 此系統必須設計能耐飛射物、耐火和可能發生的自然事件。
10. 此系統必須能供定期測試和機件檢查。

參、柴油機及附屬系統

柴油引擎汽缸內，燃氣被壓縮燃燒而推動曲軸。引擎軸直接帶動發電機旋轉，轉速直接由噴嘴射入油量的多寡而定。此外柴油引擎備有其本身的潤滑油系統、冷卻水系統、壓縮空氣起動系統、供油系統、空氣進氣系統、排氣系統等。尚有附屬設備如下：

- 進、排氣總管
- 引擎飛輪
- 潤滑油槽及油位指示計
- 超速停機機構
- 引擎平台和起動設備
- 增壓器後段冷卻器
- 延伸軸及軸承
- 潤滑油循環泵
- 曲柄箱洩放閥
- 電氣負載和速度偵測設備和機械式調速機。
- 進氣增壓機和其相關輔助設備
- 熱交換器
- 壓力指示計與每一汽缸停機放氣塞
- 引擎機內燃油增壓泵

1. 保溫設備

為確保柴油機能迅速起動，冷卻水套內之水和潤滑油，必須隨時維持適當的溫度。故在每台柴油機冷卻水和潤滑油系統內，均應加裝電熱器。此電熱器使潤滑油、冷卻水經常保持一定的溫度，並備有控制溫度的調節閥。

2. 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。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。

3. **空氣進氣系統** 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充氣機（Turbochargers）加壓後，進入中間冷卻器，經壓縮冷卻後，送入進氣總管。進氣總管內的空氣因渦輪充氣機加壓，故可得更大的進氣密度增加效率。
4. **供油系統**
在柴油機房旁的二個燃油貯存槽（存有七天的運轉量），經燃油輸送泵自動（依日用槽的油位）泵送至二個燃油日用槽。柴油發電機燃油輸送泵，依燃油日用槽油位高低自動起動、停止。燃油日用槽任何溢流燃油均被回收流至燃油儲存槽。燃油儲存槽及日用槽並備有通氣孔、加油嘴、脫水和再循環等設備。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。每部柴油發電機的燃油日用槽，其存量在不添加下，可供柴油機滿載運轉四小時。在控制室或柴油機房手動控制整個燃油泵送系統。此外，供油管路並備有陰極保護設備。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。
5. **排氣系統**
柴油引擎汽缸內燃燒過的廢氣，經排氣閥、排氣總管推動渦輪充氣器的輪翼以增加進氣壓力，降低排氣壓力。如此，動力回收增加引擎的運轉效率。從渦輪充氣器出來廢氣，經排氣管、消音器排出廠外。
6. **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；包括閉路式循環水套冷卻水系統、備用水套冷卻水恒溫電熱器、潤滑油冷卻器、調速機冷卻器及空氣中間冷卻器。柴油發電機平常均在備用狀態，其引擎本體利用加熱器加熱水溫隨時保持暖機狀態，使引擎能迅速地起動。引擎起動後，保溫水泵和恒溫電熱器則自動切離。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。讓廠用海水流入水套熱交換器，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水泵，要等柴油機起動後才能運轉。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通的冷卻水流量。使引擎冷卻水維持在適當的溫度，以得最大的引擎效率。經水套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、空氣中間冷卻器、調速機冷卻器、排氣管水套後再流回直立管。柴油機停機備用時，若出現引擎水套低溫警報，則可能是溫水系統故障。此時，操作員應馬上更換故障機件或起動柴油機，以防柴油發電機冷卻水系統低溫。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熱交換器。發電機及軸承的熱則由本身風扇帶走。
7. **潤滑油系統**
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。在平常備用時，潤滑油盆內的潤滑油，由馬達驅動泵吸出，流經潤滑油加熱器、潤滑油過濾器再流回油盆。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。引擎運轉時，潤滑油由引擎驅動泵從潤滑油槽抽出，經潤滑油冷卻器，過濾器後，流入引擎潤滑各部動件。洩漏進引擎曲柄箱內的氣體，則排放到大氣。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。

肆、柴油發電機控制和保護

每部柴油發電機，均可在**主控制室或現場控制盤手動起動**。在柴油發電機上的負載偵檢回路控制調速器，以控制柴油引擎的出力。

1. **柴油發電機組可以下列三種形式運轉：**
 - a. 單獨不加負載空轉（即不加壓到A-PB-S01和B-PB-S01匯流排）。
 - b. 與正常4.16KV供給電源並聯運轉。
 - c. 單獨供特殊安全設施匯流排的電源。
2. **每部柴油機在接到下列信號時即自動起動：**
 - a. 安全注水信號（Safety Injection Signal）
 - b. 特殊安全設施（ESF）匯流排失電。
3. **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。**

伍、柴油發電機

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；割切其外圍的固定線圈（即發電機定子），使發電機定子產生電流輸出。本廠使用三相柴油發電機，最大出力可達7700KW。轉子磁場由固態勵磁機電壓調整器供給直流電源。下列為保護發電機之各項警報：

- 發電機低頻率
- 發電機低電壓
- 發電機欠激磁
- 發電機保護電驛動作
- 直流控制電源故障
- 發電機磁場接地

陸、運轉

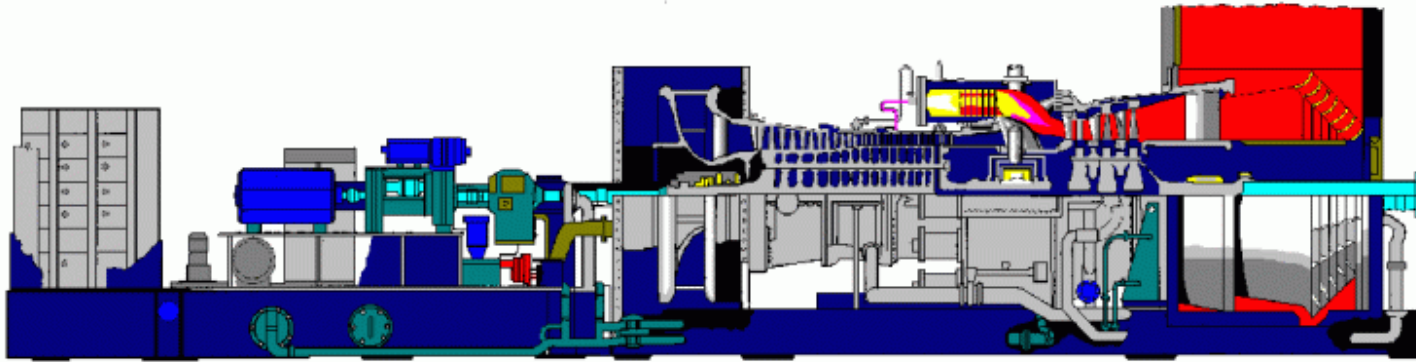
1. 柴油發電機組起動時序

- 柴油發電機起動空氣電磁閥動作，空氣儲存槽內的壓縮空氣推動引擎曲軸；同時設定五秒定時器動作。
- 當引擎轉速上升到200RPM時，空氣關斷電驛失能，停止空氣推動引擎。
- 引擎轉速升到200RPM時，低速電驛賦能，起動一秒後勵磁機開始激磁，停止水套暖水泵、潤滑油加熱器和柴油機房的周溫加熱器。
- 引擎轉速升到430RPM時，高電壓電驛動作，指示引擎接近額定速率，同時切離由電瓶來的磁場激磁電源。
- 引擎轉速連續升到430RPM時，其轉速由引擎調速器調整。在額定電壓和接近額定轉速（450RPM）時，可以併聯準備加載。

2. 柴油發電機自動加載時序

- ESF匯流排喪失電壓，低電壓電驛動作，引發柴油發電機自動起動。同時把匯流排上原有負載跳脫。廠外電源供電至ESF匯流排的斷路器也已跳脫。柴油發電機起動後十秒內，其電壓與頻率已達到額定值。柴油發電機輸出斷路器在電壓，頻率都達額定後並且母線無電壓時會自動投入，供給ESF匯流排。原先跳脫之負載，依序自動恢復受電。
- 萬一發生冷卻水流失（LOCA）時；如果來自廠外之電源仍正常，則由廠外電源供電至ESF 4.16KV匯流排的斷路器將不會跳脫。此時，柴油發電機之起動，僅做為後備電力之用（即自動起動後於額定轉速備用），實際上並不供電。但當LOCA及ESF匯流排失電同時發生時，匯流排將自動卸載。柴油發電機自動起動供電，並依設定時間，依序自動復電。

3. 全黑（Station Blackout）起動



當本廠正常運轉中，忽然#1、#2號機組同時跳脫，且廠外電源供給終止時；在161KV和4.16KV（A-PB-S01、B-PB-S01）安全匯流排上低電壓電驛動作，立即自動起動廠內二台柴油發電機，依序供廠內特殊安全設施（E.S.F）所須之電源。

本廠另有全黑起動用氣渦輪機(G/T)兩台。欲啟用時將於一分鐘內起動G/T的柴油機，供G/T起動馬達及起動G/T所須的附屬設備。約八分鐘後，汽渦輪機達額定轉速與電壓時，併聯至161KV系統。併聯後約二分鐘，每台汽渦輪機即可送出約40MW供廠內用電。