

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

全黑起動氣渦輪機組研習報告

出國人：服務機關：台灣電力公司

1.職 稱：台中發電廠電氣課長
姓 名：劉奇宗
(姓名代號)：527337

2.職 稱：林口發電廠電算股長
姓 名：劉聲嘉
(姓名代號)：554182

3.職 稱：興達發電廠電機工程師
姓 名：曹燦瑞
(姓名代號)：544229

4.職 稱：南部發電廠電機工程師
姓 名：陳福文
(姓名代號)：569095

出國地區：美國

出國日期：92年9月21日至92年10月5日

報告日期：92年11月20日

G7/c09204072

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：全黑起動氣渦輪機組研習報告

C 09204072

頁數 62 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

劉奇宗	台灣電力公司	台中發電廠	電氣課長	04-26302123-3500
劉聲嘉	台灣電力公司	林口發電廠	電算股長	02-26062221-241
曹燦瑞	台灣電力公司	興達發電廠	電機工程師	07-6911881-2311
陳福文	台灣電力公司	南部發電廠	電機工程師	07-3367801-265

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：92年9月21日至92年10月5日 出國地區：美國

報告日期：92年11月20日

分類號/目

關鍵詞：

變頻驅動器(Variable Frequency Drive-VFD)
可變導翼(Variable Guide Vanes)
排氣閥(Bleed Air Value)

內容摘要：(二百至三百字)

民國88年7月29日及9月21日兩次大停電事故，由於電力系統恢復供電的時間甚長，造成工商業用電及民生用電的極為不便，另因無電的經濟損失也無法估計。經檢討結果，目前台灣電力系統中，除水力發電系統有全黑起動機組的能力外，火力系統則無，必須靜待電力系統恢復正常且161KV或345KV的電力供給至各火力電廠後方可起動機組，逐一併聯恢復供電。這樣一來拖延了電力系統恢復正常運作的時間。因此評估火力發電系統亦需有全黑時起動發電機組的能力。經台灣電力公司發電處與電源開發處規劃結果，將本島分為北、中、南三個區域；在北部的林口發電廠，中部的台中發電廠以及南部的興達和南部發電廠各裝設一台全黑起動之小型氣渦輪機組。

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

全黑起動氣渦輪機組研習報告

目 錄

壹、前言-----	9
一、緣起-----	9
二、規劃過程-----	9
三、工程發包-----	9
四、製造廠家-----	10
五、派員實習-----	10
六、結業證書-----	10
貳、氣渦輪發電機組-----	19
一、概述-----	19
二、氣渦輪機-----	20
三、運轉原理-----	21
四、起動系統-----	22
五、氣渦輪機之控制-----	24
六、燃料系統-----	25
七、潤滑油系統-----	29
八、發電機-----	35
九、其他附屬設備-----	38

參、控制系統-----	45
一、概述-----	46
二、控制系統規劃-----	47
三、系統描述-----	48
四、TT4000 顯示和監視系統-----	51
五、氣機控制-----	55
六、發電機控制-----	57
七、壓縮機控制-----	59
八、監督通信-----	60
九、軟體和印表機-----	61
肆、感想與建議-----	62

壹、前言

一、緣起

民國 88 年 7 月 29 日及 9 月 21 日的兩次大停電事故，水力發電廠系統有全黑起動的能力，但火力發電系統則必須靜待 161KV 或 345KV 系統復電後，才能起動機組恢復供電；在 921 全停電時，基載的台中發電廠，161KV 系統受電時間逾十個小時，對電力系統恢復供電影響甚大，亦造成國內工商業及民生用電之不便。經上級指示，火力電廠應規劃系統全黑時亦有迅速起動機組的能力。

二、規劃過程

本公司發電處及電源開發處先後召集各相關火力電廠廠長等人員研商評估結果，將本島分為北、中、南三個區域設置全黑起動機組。考量佔地面積、維修容易、可靠度高及運轉維護技術等因素，選擇小型氣渦輪機組作為全黑起動機組。裝置地點則選擇已設置有氣渦輪發電機組的電廠。

北部：林口發電廠（8MW，燃輕油）

中部：台中發電廠（3MW，燃輕油）

南部：興達發電廠（5MW，燃氣）

南部發電廠（5MW，燃氣）

三、工程發包

火力發電廠系統設置全黑起動機組的工程由本公司核能火力發電工程處主辦，於 91 年 12 月 27 日決標，得標者為經濟部漢翔航空工業公司。

決標金額：美金部份 8,250,000 元；新台幣部份 158,371,107 元。預定 93 年 6 月 30 日完工移交各發電廠。

四、製造廠家

本工程的小型氣渦輪機組製造廠家係美國 Solar Turbines 公司，該公司位於美國加州的聖地牙哥。有 50 年的歷史，專門製造小型氣渦輪機組，容量從 95 馬力～18,000 馬力不等，在全世界有 90 個國家 11,200 台機組運轉。本公司首次使用 Solar Turbines 的機組，但中油公司曾使用。

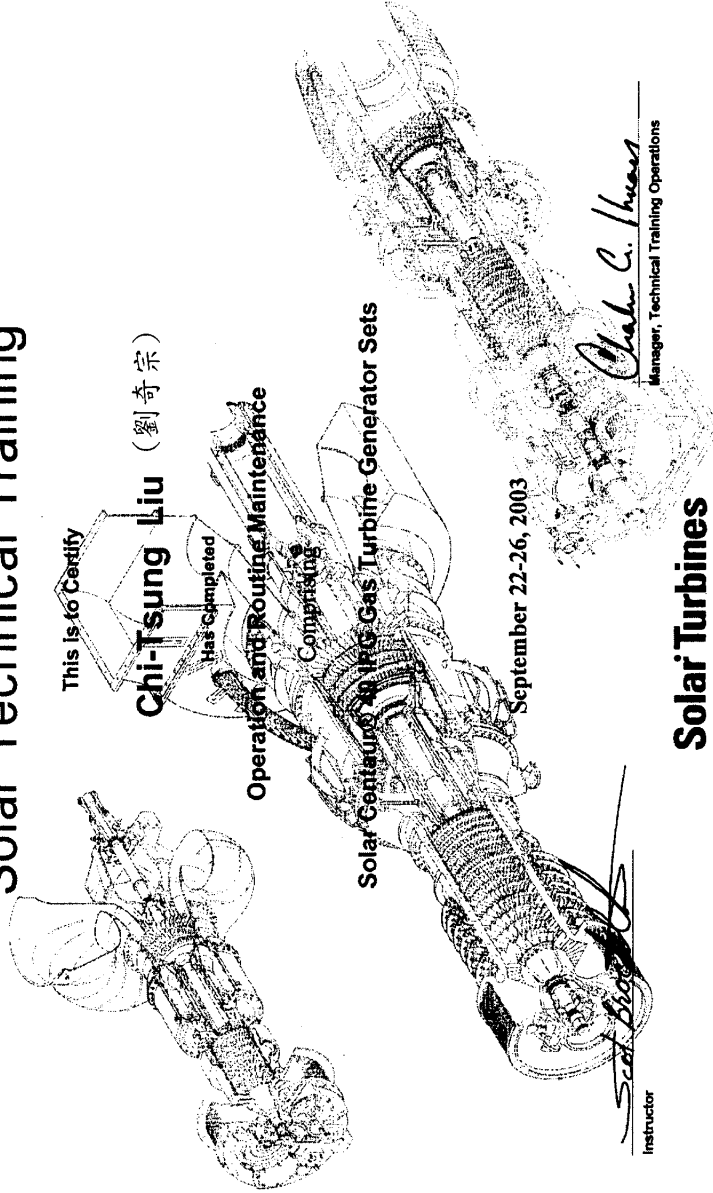
五、派員實習

為了日後運轉維修的需要，本公司派四名工程人員赴製造廠家 Solar Turbines 公司實習。選派人員：林口發電廠電算股長劉聲嘉、台中發電廠電氣課長劉奇宗、興達發電廠電機工程師曹燦瑞及南部發電廠電機工程師陳福文等四人。

六、結業證書

Certificate of Completion

Solar Technical Training



This is to Certify

Chi-Tsung Liu (劉奇宗)

Has Completed

Operation and Routing Maintenance

Comprising

Solar Centaurus 401HS Gas Turbine Generator Sets

September 22-26, 2003

Chah C. Hwang
Manager, Technical Training Operations

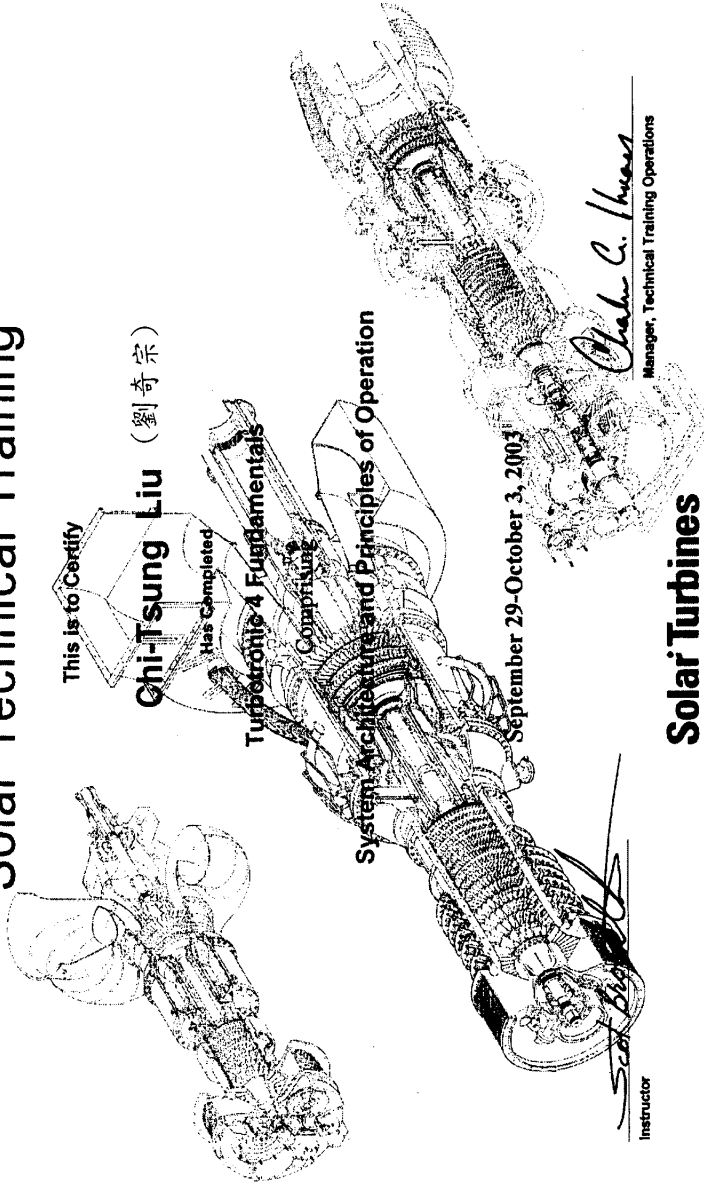
Scott Brown
Instructor

Solar Turbines

A Caterpillar Company

Certificate of Completion

Solar Technical Training



This is to Certify

Chi-Tsung Liu (劉奇宗)

Has Completed

Turbine 4 Fundamentals

Comprising

System Architecture and Principles of Operation

September 29-October 3, 2003

Chieh C. Hsuan
Manager, Technical Training Operations

Scott B...
Instructor

Solar Turbines
A Caterpillar Company

Certificate of Completion

Solar Technical Training

This is to Certify

Sheng-Chia Liu (劉聲嘉)

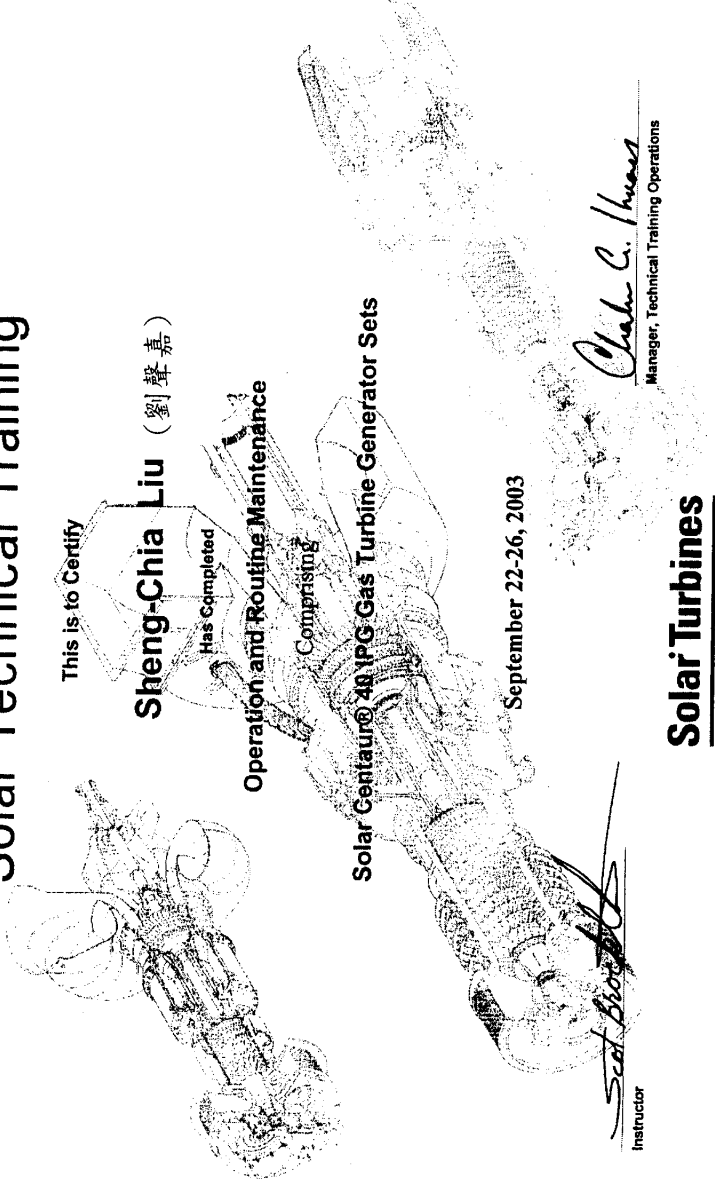
Has Completed

Operation and Routine Maintenance

Comprising

Solar Centaur® 40 IPG Gas Turbine Generator Sets

September 22-26, 2003



Chah C. Hwang
Manager, Technical Training Operations

Scott Brown
Instructor

Solar Turbines
A Caterpillar Company

Certificate of Completion

Solar Technical Training

This is to Certify

Sheng-Chia Liu (劉聲嘉)

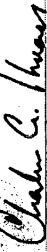
has Completed

Turbodrill-4 Fundamentals

Comprising

System Architecture and Principles of Operation

September 29-October 3, 2003



Charles C. Huan

Manager, Technical Training Operations

Solar Turbines

A Caterpillar Company



Scott Brown

Instructor

Certificate of Completion

Solar Technical Training

This is to Certify

Tsan-Jui Tsao (曹燦瑞)

Has Completed

Operation and Routine Maintenance

Comprising

Solar Centaur® 40 IPG Gas Turbine Generator Sets

September 22-26, 2003



Instructor



Manager, Technical Training Operations

Solar Turbines
A Caterpillar Company

Certificate of Completion

Solar Technical Training

This is to Certify

Tsan-Jui Tsao (曹燦瑞)

Has Completed


Turbotronic 4 Fundamentals

Comprising

System Architecture and Principles of Operation

September 29-October 3, 2003


Instructor


Manager, Technical Training Operations

Solar Turbines
A Caterpillar Company

Certificate of Completion

Solar Technical Training

This is to Certify

Fu-Wen Chen (陳福文)

Has Completed

Operation and Routine Maintenance

Comprising

Solar Centaur® 40 IPG Gas Turbine Generator Sets

September 22-26, 2003


Instructor


Manager, Technical Training Operations

Solar Turbines
A Caterpillar Company

Certificate of Completion

Solar Technical Training

This is to Certify

Fu-Wen Chen (陳福文)

Has Completed

Turbotronic 4 Fundamentals


Comprising

System Architecture and Principles of Operation

September 29-October 3, 2003



Instructor



Manager, Technical Training Operations

Solar Turbines

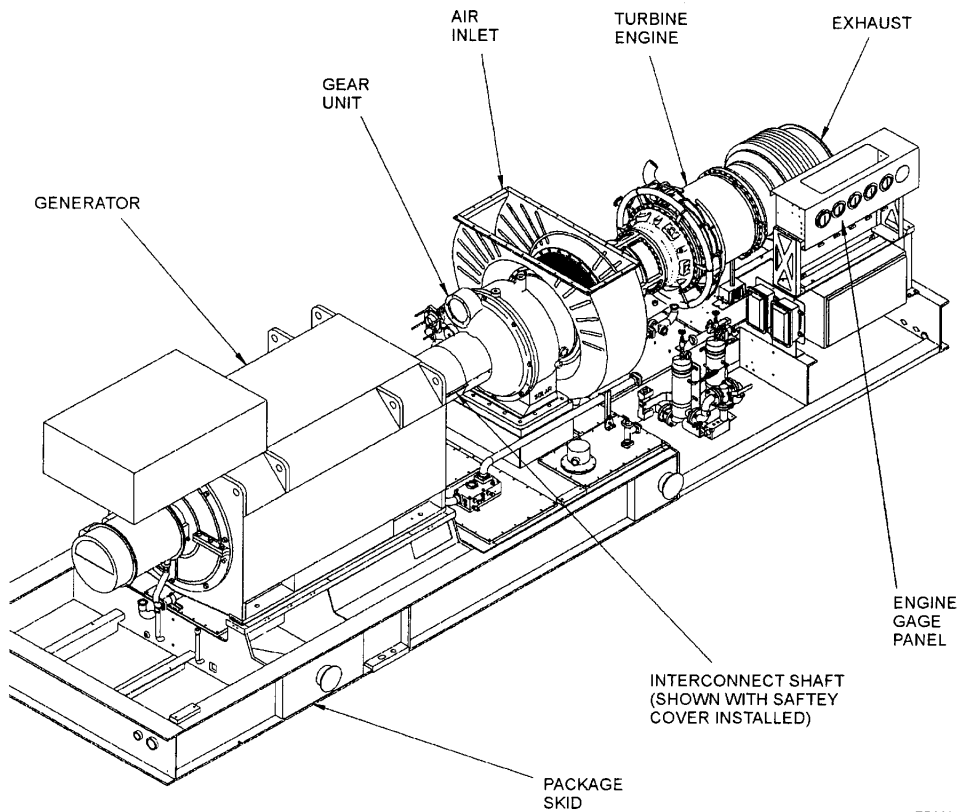
A Caterpillar Company

貳、氣渦輪發電機組

一、概述

全黑起動 Solar 氣渦輪發電機組是以小型輕量化整合而成的，包含渦輪機動力、齒輪箱、發電機及雜項輔助系統，機組包含

1. 單軸式燃氣渦輪機
2. 減速齒輪箱
3. 防滴漏型氣機基座及發電機基座
4. 架上電氣及儀控接線
5. 發電機及其設備
6. 現場控制盤
7. 直接驅動之 AC 起動馬達
8. 燃料系統
9. 潤滑油系統
10. 渦輪機空氣進氣及排氣部分

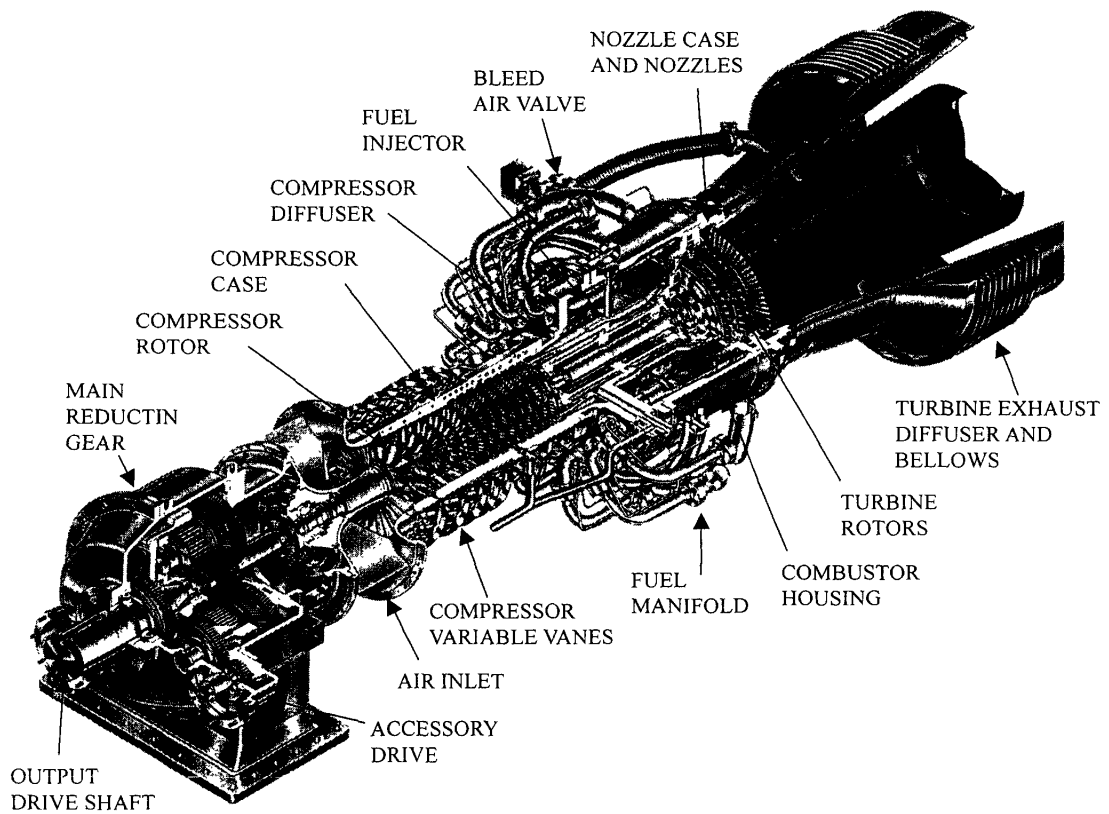


TR98341

二、氣渦輪機

氣渦輪機是獨立且整合為單軸軸流式設計，分為三大部分：壓縮機、燃燒器及渦輪機，整個氣機包括(以 Taurus 70 為例)

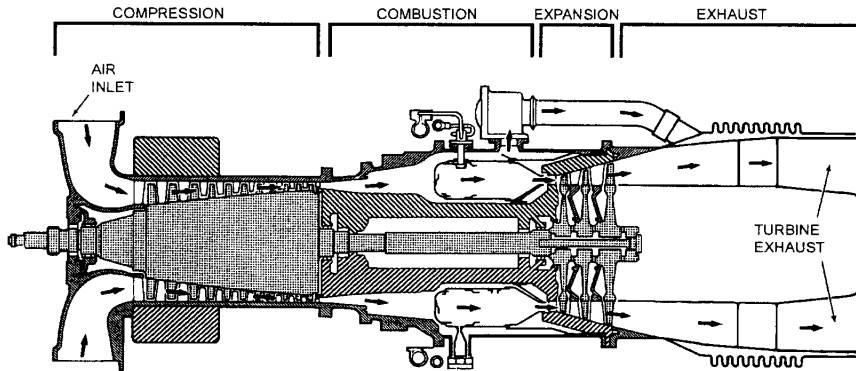
1. 軟式法蘭接合之進氣道
2. 可變進氣導閥之 14 級軸流式壓縮機
3. 12 個燃油注射器之環型燃燒器
4. 三級式渦輪機
5. 排氣道



三、運轉原理

空氣進入渦輪機經 14 級軸流式壓縮機壓縮後，成一穩態氣流直接進入燃燒室，燃料在環型燃燒器內注入壓縮空氣，在起動階段，混入空氣的燃料被點燃開始燃燒，熱又高壓的燃氣從燃燒室釋放出來，經過並驅動渦輪機降低了燃氣溫度與壓力，其能量轉換成為轉動渦輪機轉軸的動力。

燃燒所需的空氣約為總壓縮空氣的四分之一，其餘皆作為冷卻燃燒室及降低渦輪機第一級葉片之燃氣溫度，冷卻空氣促使燃燒室及渦輪機之金屬表面溫度能保持在設計值及延長元件之壽命。



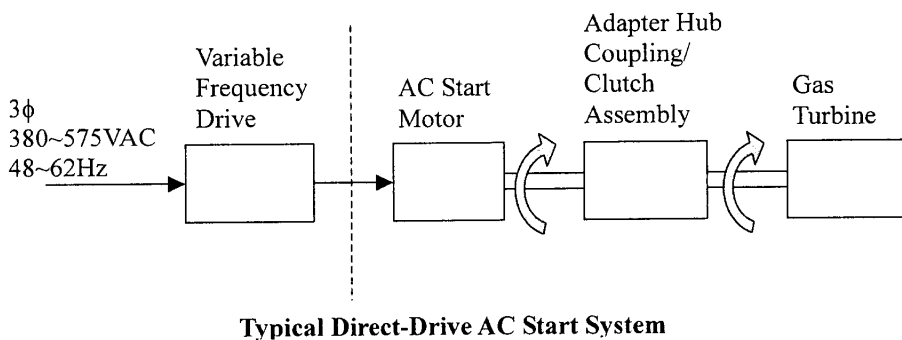
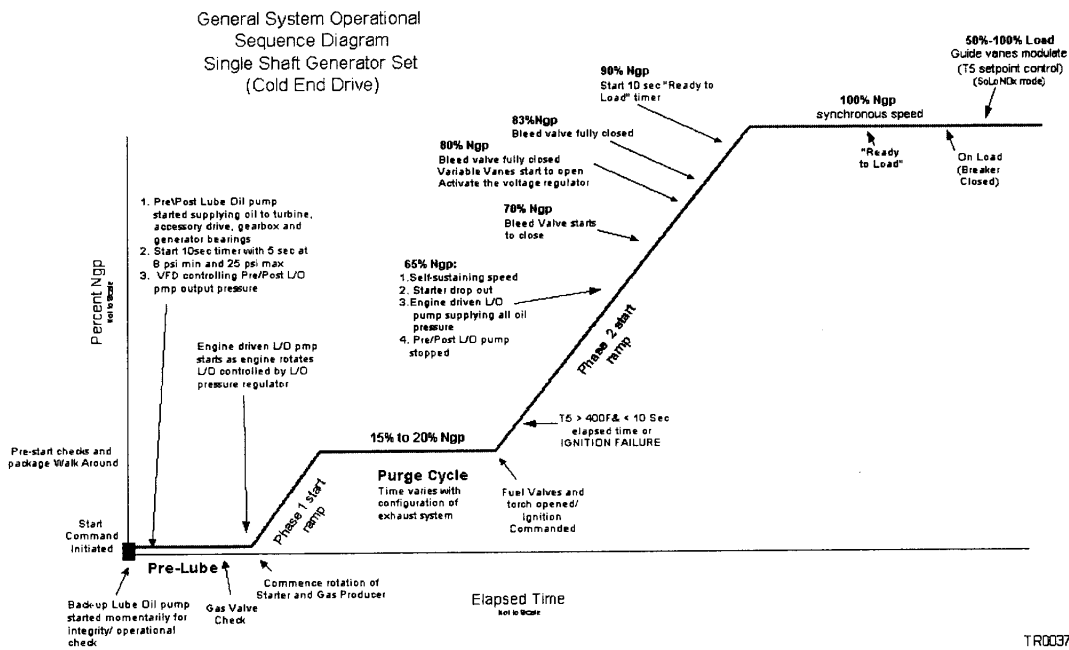
ROTATING PARTS

TR00395

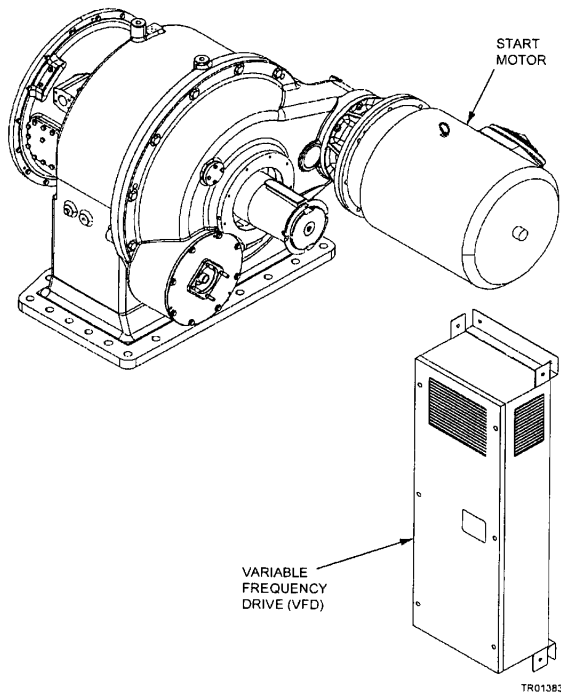
四、起動系統

直接驅動之 ac 起動系統係以固態變頻驅動器(Variable Frequency Driver, VFD)供給三相感應式鼠籠式馬達，起動馬達安裝在具離合器裝置之渦輪機減速齒輪箱。

一接受到起動命令，開始前潤滑階段至完成前潤滑階段後，控制系統送出命令起動變頻器，剛開始以低頻 AC 電壓供給起動馬達，加速渦輪機到 Purge 速度，持續一段時間再加速、點火、渦輪機加速、脫離起動馬達，渦輪機再加速至額定速度，發電機並聯負載。



VFD 電氣箱應安裝在非危險性場所且能直接供給起動馬達電力，VFD 需要三相，380~575V，48~62Hz AC 電力，其最大對稱故障電流容量為 25000A，若是線路超過此限制值應使用隔離用變壓器、線路感抗或其他增加類似阻抗的方式來限制電流。VFD 接至起動馬達之電力電纜長度不應超過 183m(600ft)。



五、氣渦輪機之控制

1. 速度及負載控制

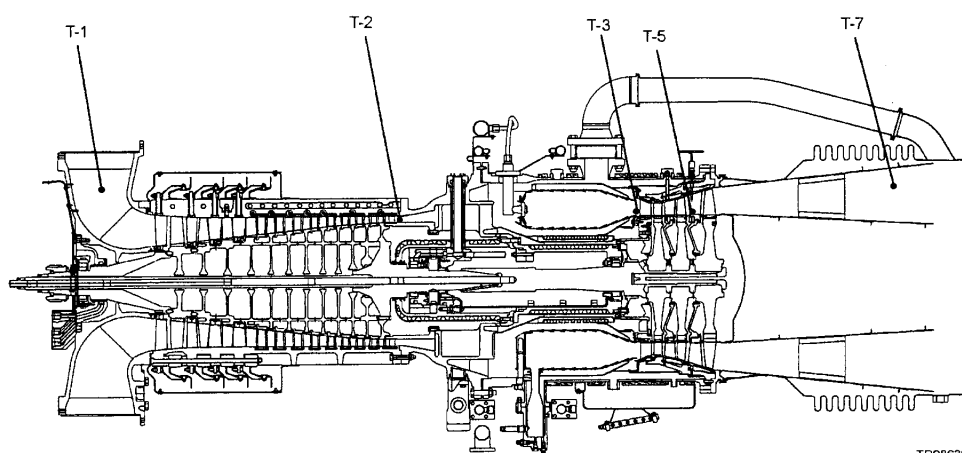
由於發電機速度與發電機頻率有直接關係，因此保持發電機速度在定值非常重要。藉由控制燃料輸入不但關係速度亦影響負載，在控制氣機及負載上，燃料控制扮演著重要的角色。

2. 速度控制

在氣機速度未達到額定速度時是不能加入負載的，當發電機併入負載時，燃料會自動增量使氣機速度與發電機頻率維持在額定值。相反地，負載降低時會減少燃料量。

3. 負載控制

燃料控制亦用來控制氣機溫度在設計限度內，在速度一定時，負載上升燃料增加，氣機溫度跟著上升，為能維持在設計之溫度內，可顯示出氣機負載最大溫度的 T5 可提供確切數值。如果讓氣機運轉溫度超過設計值，氣機壽命會縮短，當超過 T5 溫度設定值時，氣機會被停機。運轉人員應了解如何控制負載以避免達到 T5 溫度設定值。環境溫度亦會影響最大負載容量；環境溫度降低，最大負載容量便會上升；環境溫度升高，最大負載容量便會下降。



4. 氣機突壓控制

在起動及停機階段，壓縮機前段葉片產生的壓縮空氣會比後段輸出量高，超出的壓縮空氣匯在壓縮段最後一級，在最糟的情形下，壓縮空氣會在壓縮機內逆流，便會產生氣機突壓(Surge)進而造成氣機損傷。有兩

種方式用來避免此情形。壓縮機入口前二級葉片改為可變導翼(Variable Guide Vanes)，在起動時減少開度，隨著速度上升增加開度。在低速時，排氣閥(Bleed Air Valve)從燃燒室直接排放空氣至廢熱出口。此二種方式可幫助減少在氣機內過剩的空氣避免突壓發生。

六、燃料系統

Taurus 70 IPG 發電機組可規劃使用天然氣或燃油系統，所有的燃料須符合 Solar ES 9-98 規範。

(一)、天然氣系統

燃料系統包含控制燃料壓力、起動時之燃料流量配置以及運轉時之燃料流量調節所有元件，這系統亦提供了在起動、加速及運轉時之燃料流量最大溫度控制。供給之天然氣應有低熱值(Lower Heating Value, LHV) 31496 至 39370kJ/nm³ (800 至 1000Btu/scf) 且不含硫、雜物、水分及液態碳氫化合物。典型的天然氣燃料系統元件包括

- 10micron 基座外之過濾器
- 主燃料關斷閥
- 第二燃料關斷閥
- 天然氣控制閥
- 燃料驅動器(actuator)
- 節流閥
- 分散式多孔進氣管
- 燃料噴射器
- 瓦斯點火閥
- 點火瓦斯壓力調節器
- 瓦斯點火組件
- 10-micron 引導(pilot)瓦斯過濾器
- 引導(Pilot)瓦斯壓力調節器
- 燃料壓力傳送器

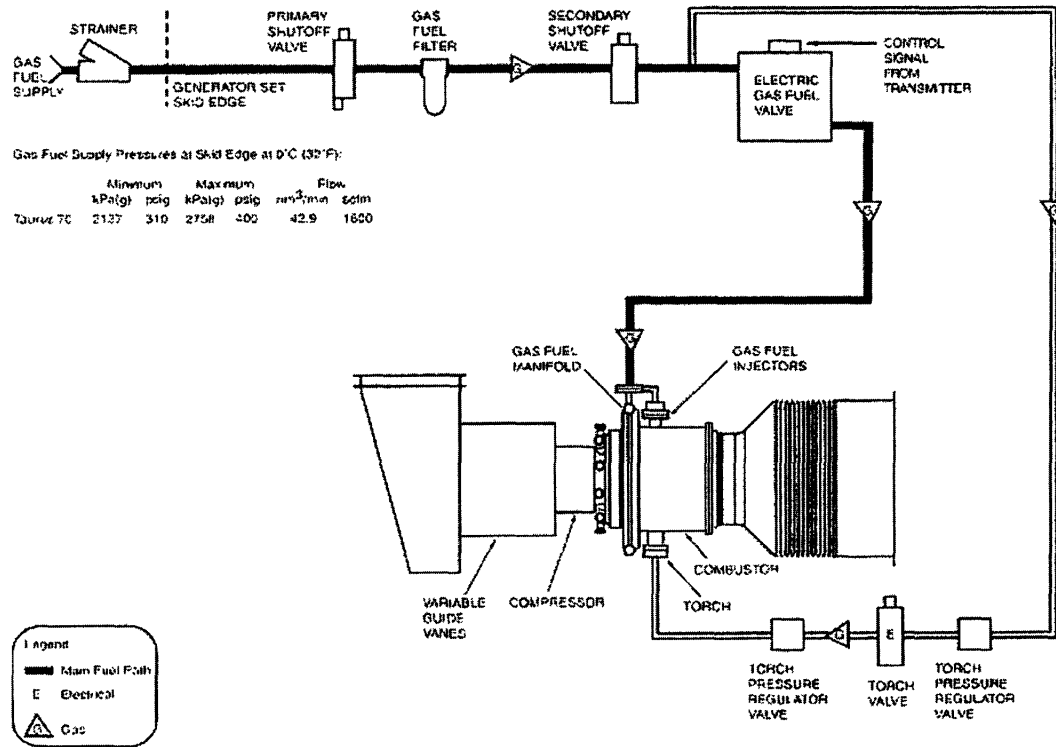
1. 系統需求

- 以周溫 32°C，最小壓力 2137kPa (310psig)，最大壓力 2758 kPa (400psig)，最大需要流量為 42.9nm³/min(1600scfm)
- 容許最高燃料溫度為 93°C，最低為-7°C

2. 元件操作

主關斷閥是氣壓操作的彈簧閉合球閥，引導瓦斯進入後通過電磁閥由操作器排出，若引導瓦斯或電力消失，將會使得彈簧將主閥閉合。第二(後備)關斷閥是由兩個三路電磁閥操作的，當激能時，電磁閥讓引導瓦斯進入進而打開操作器，並由閉合之操作器排出引導瓦斯。在氣渦輪機起動時之點火階段，檢查閥壓傳送器將會順序檢查燃料閥—主燃料關斷閥及第二燃料關斷閥是否有正常操控。

電動控制閥是由安裝在閥體上由比例電磁驅動之平衡提升閥所組成，可在周溫及 93°C 瓦斯溫度下操作，以 24VDC 作為控制及驅動之電力，以信號 4-20mA 來控制閥位，由線性調變差動傳送器(LVDT)提供 4-20mA 之閥位回授信號，差壓傳送器，為了在氣渦輪機在火焰消失及加速能有適當的流量控制利用差壓傳送器測量在噴射器的差壓，利用分散式多孔進氣管及燃料噴射器將燃料分佈送入燃燒室。



(二)、燃油系統

燃油系統可用輕油，包括一二級燃油、一二級柴油及 JP5、JP8 或商用級煤油。此系統需要外部的壓縮空氣作為起動時最高三分鐘之燃油霧化用，而在正常運轉時可利用氣渦輪機壓縮段自行供給。燃油系統包括

- 齒輪型，15KW(20HP)馬達驅動之主(高壓)燃油泵
- 燃油低壓警報/停機開關
- 簡易 25micron 高壓燃油過濾器
- 燃油控制驅動器(actuator)
- 燃油控制閥(燃油表、差壓、加速限制器、釋壓及增壓)
- 燃油電磁閥(主燃料關斷閥、Purge、旁通、點火關斷及點火洩放)
- 高燃油起動壓力跳脫開關
- 分散式多孔進氣管
- 燃油噴射器
- 燃油點火組件

1. 系統需求

- 最大流量 49.2L/min(13gpm)燃油供應
- 在起動階段最高 3 分鐘 552-2068kPa(80-300psig)及 1.88m³/min(70scfm)之壓縮空氣作為霧化燃油用。
- 燃油壓力在 241-345kPa(35-50psig)之間可調。
- 可容許之最大燃料機組進口溫度為 60°C。
- 燃油應符合 Solar ES 9-98 規範，可用燃油包括：一二級燃油、一二級柴油及 JP5、JP8 或商用級煤油

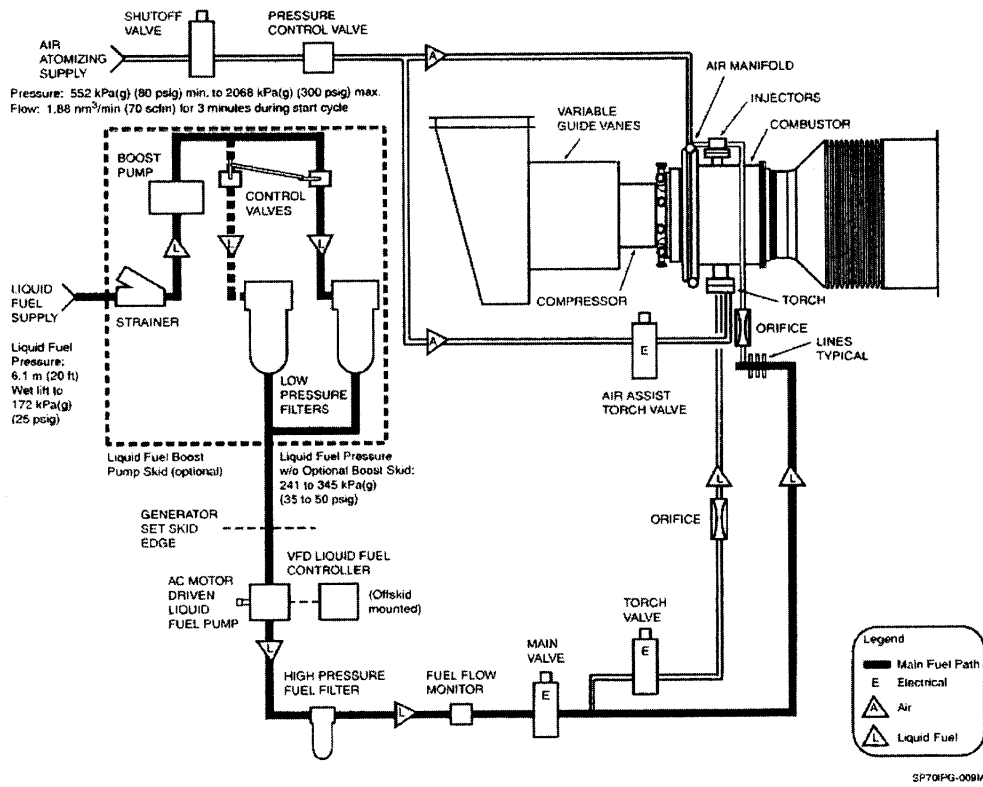
2. 元件操作

氣渦輪機組需要一相當壓力的燃油供給到低壓過濾器，依燃油熱值及比重決定流量。利用高壓燃油泵將燃油壓力提升至機組所需之壓力，以一交流馬達及 75micron 過濾器作為 6.1m(20ft)揚程增壓容量。10micron 雙低壓燃油過濾器可在氣渦輪機運轉時以手動閥切換使用，過濾器有高差壓開關可作為控制系統警報用。

燃油是由低壓過濾器經高壓燃油泵，以大約 4140 至 5520kPa(600-800psig) 壓力供至燃油控制閥，在高壓燃油泵與燃油控制閥間有一 25micron 高壓燃油過濾器以保護控制閥避免油泵碎屑進入。

在火焰消失、加速及定速運轉時，主燃油關斷閥調節燃油流量。控制閥結合了燃料表閥、加速限制器、差壓閥、終端釋壓閥、壓縮段釋壓電磁閥及連鎖伺服驅動器。在定速控制時，根據壓縮段釋壓至加速限制器

的需求量及速度控制調速器的連鎖位置分配適當燃油至氣渦輪機。未被利用的燃油則被差壓閥送回至燃油高壓泵。在加速控制時燃油根據加速限制器所感應之壓縮段釋壓而調節。



七、潤滑油系統

(一)、基本潤滑油系統

潤滑油是供應於氣渦輪機、齒輪箱及發電機軸承，潤滑油系統它包括氣渦輪機驅動之主泵、馬達驅動之前/後油泵、濾網、冷卻器、油槽加熱器、壓力及溫度調節閥及針對低壓及高溫一些監視系統及保護。除了冷卻器及排放分離器外其餘潤滑油系統完全是整組安裝，而油槽也是安裝於基底。

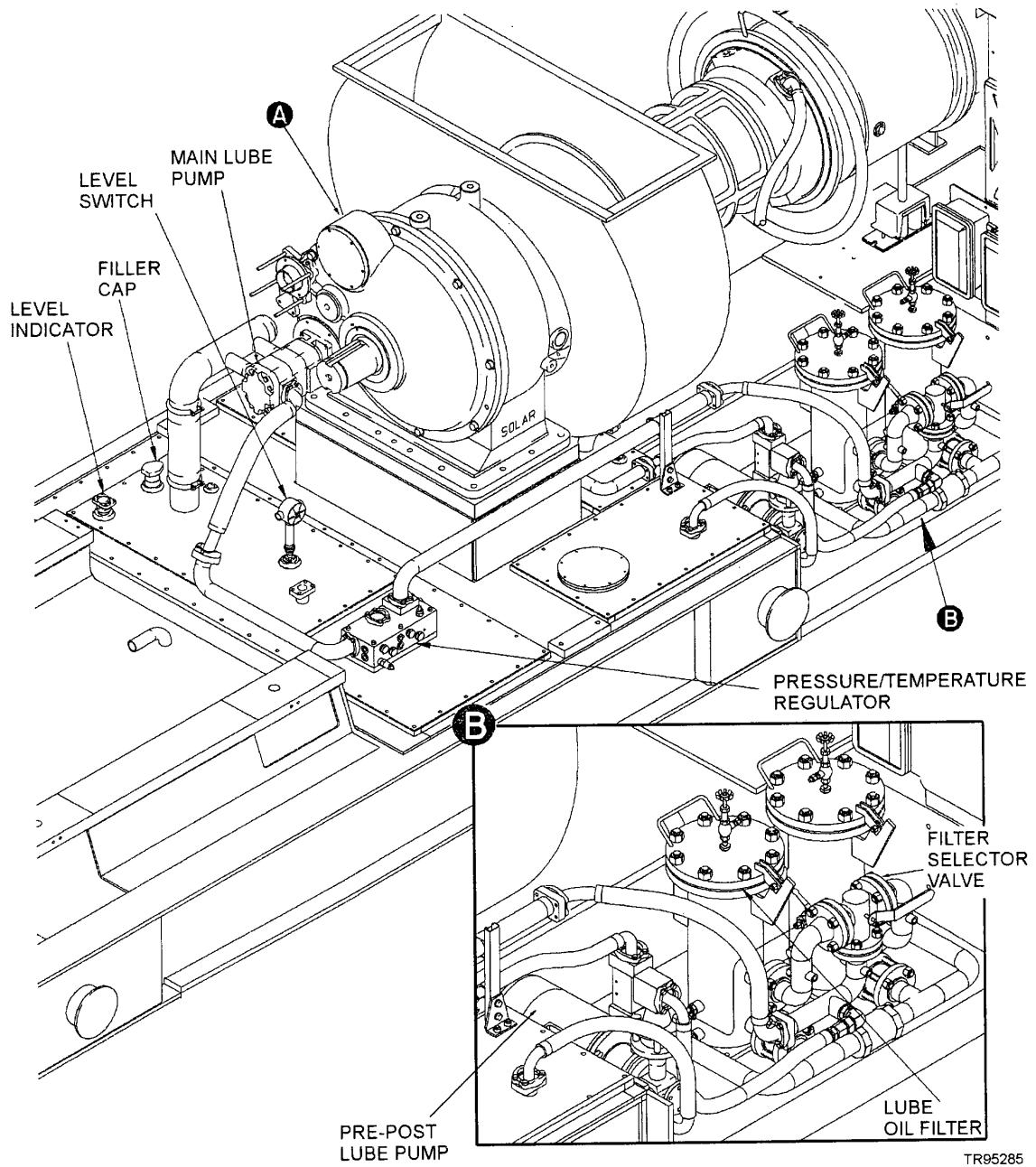
當機組剛起動時，馬達驅動之前/後油泵會供應所需潤滑油，而當機組加速時馬達驅動之前/後油泵會停止，此時氣渦輪機驅動之主泵會供應所需潤滑油。當於室溫較低的狀況溫度控制閥會將潤滑油冷卻器旁通掉使潤滑油保持較高溫度。

(二)、標準特性：潤滑油系統是由下列標準元件所組成

油槽、氣渦輪機驅動之主泵、馬達驅動之前/後油泵、濾網、冷卻器、壓力及溫度傳送器、壓力及溫度調節器。

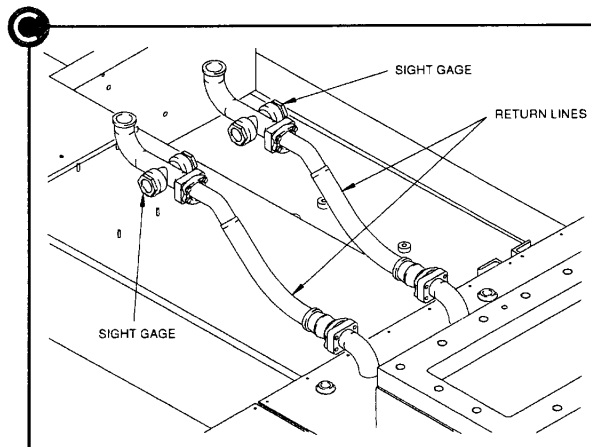
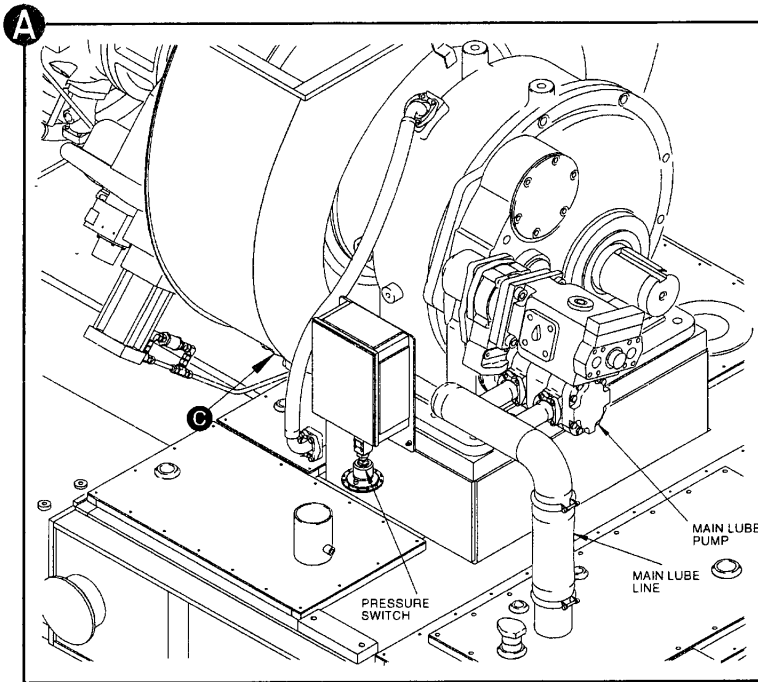
1. 馬達驅動之前/後油泵：

機組剛起動時，馬達驅動之前/後油泵會供應所需潤滑油，當機組停機後潤滑油也是由馬達驅動之前/後油泵供應，當馬達驅動之前/後油泵故障時，另外還有一台 DC 後備油泵可使用。



TR95285

Lube Oil System Components

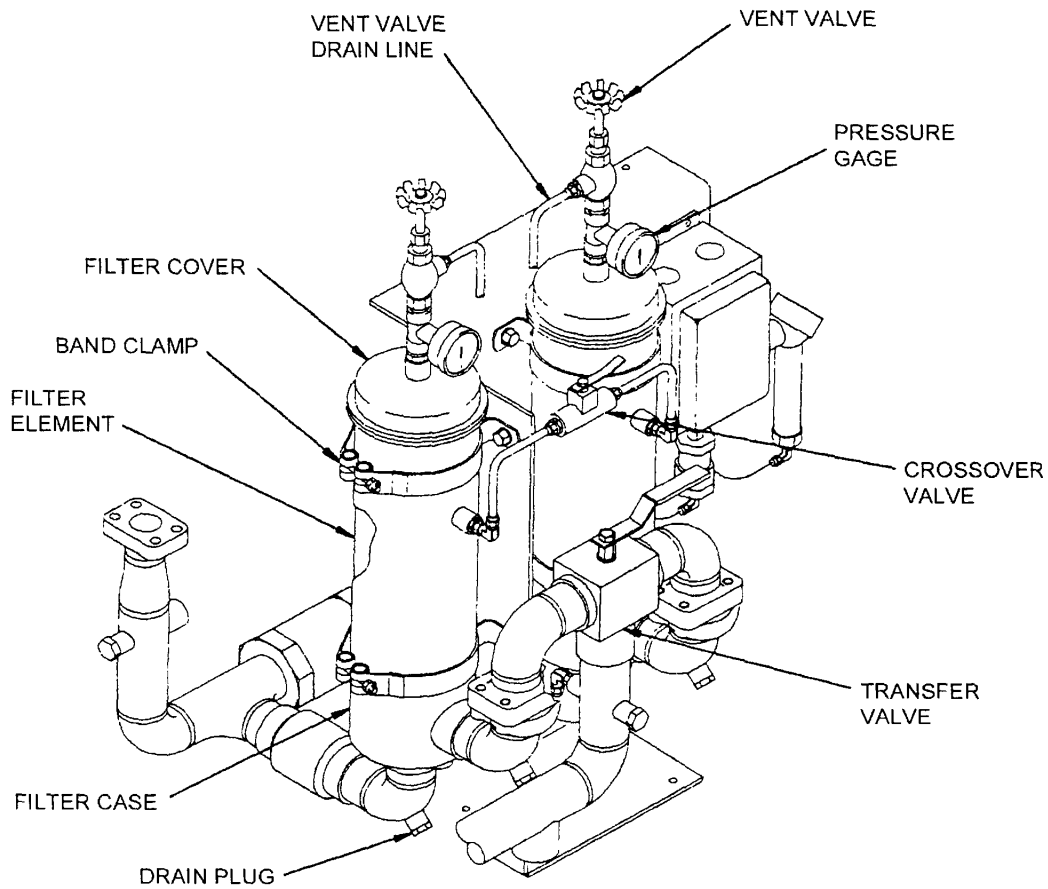


TR95286

Lube Oil System Components

2. 潤滑油過濾系統：

若是單濾網系統就裝有警告信號通知更換濾網；若是雙濾網系統(選配)可以於機組運轉中做濾網切換。



CT1251

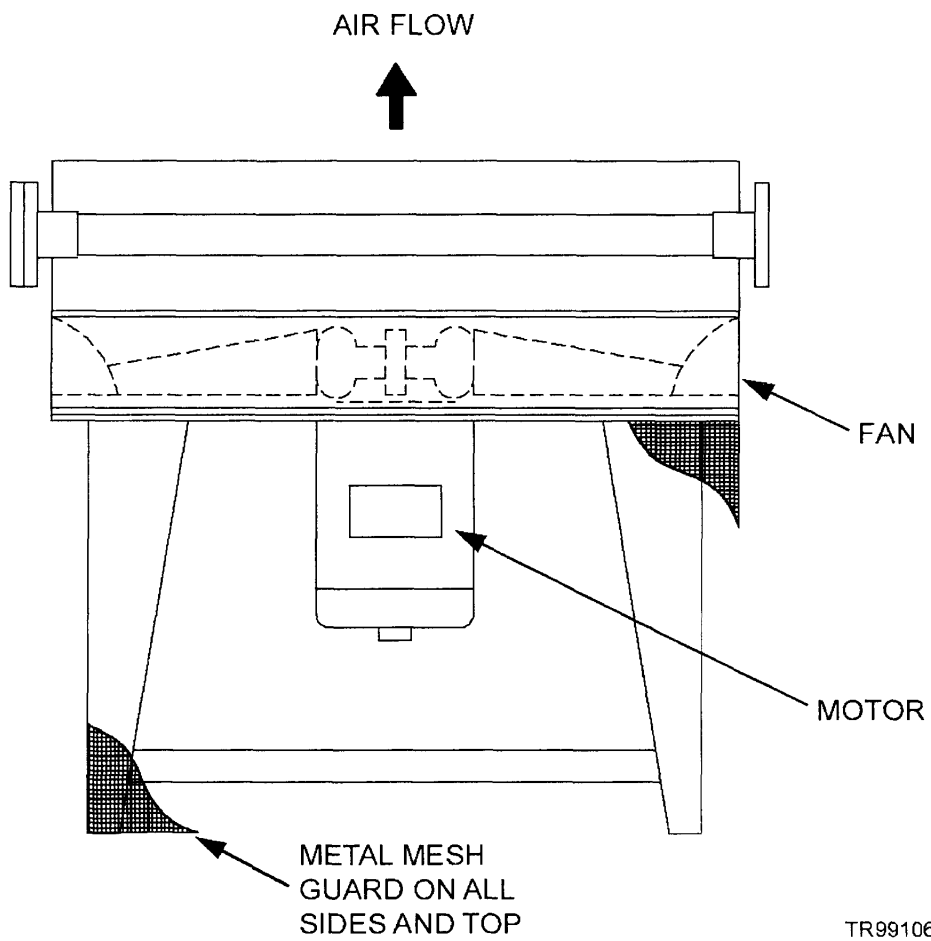
Duplex Lube Oil Filter Assembly

3. 油槽加熱系統：

潤滑油槽加熱系統其主要功能是要保持潤滑油油溫 $>10^{\circ}\text{C}$ 。

4. 潤滑油冷卻系統：

潤滑油空氣冷卻系統工作溫度最大為 43°C 室溫。另一種為水冷卻系統進口溫度最大為 32.2°C 室溫。



Typical Air-to-Oil Cooler

- 1 - Frame Head With Connectors
- 2 - First Plate
- 3 & 6 - Cooling Water Plates (Typical)
- 4 & 7 - Oil Plates (Typical)
- 5 - Plate Stack

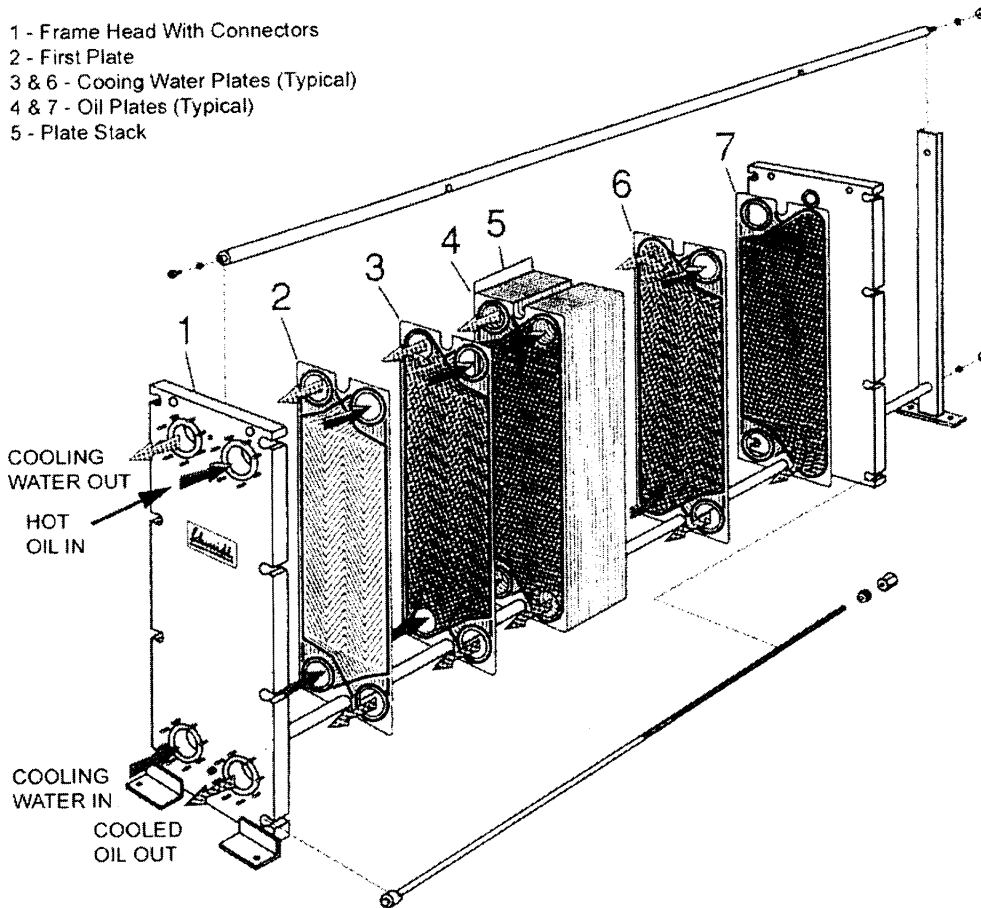


Illustration reproduced with permission of
API Schmidt-Bretten Inc., Buffalo, NY 2000

TR00375

Typical Water to Oil Cooler

5. 潤滑油排放分離系統：

它不屬於平台裝置，它將混合於潤滑油中之氣體分離後將氣體排出，潤滑油再回流至油槽。因為排放分離器裝設於機組排放口，所以於出口管路處會看到一些濕氣。

6. 潤滑油回流管路檢視窗：

氣渦輪機 NO. 2 及 NO. 3 軸承潤滑油回流管路有檢視窗可以檢查潤滑油回流狀況。同樣於發電機軸承潤滑油回流管路有檢視窗可以檢查潤滑油回流狀況。

7. 潤滑油排放分離火燄抑制系統(選配)：

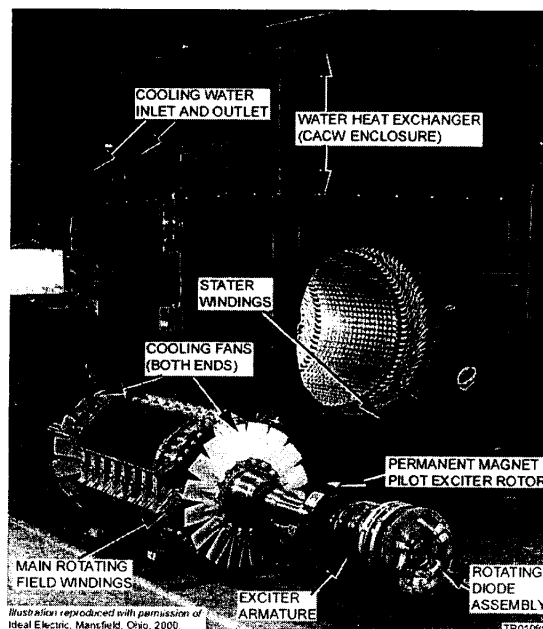
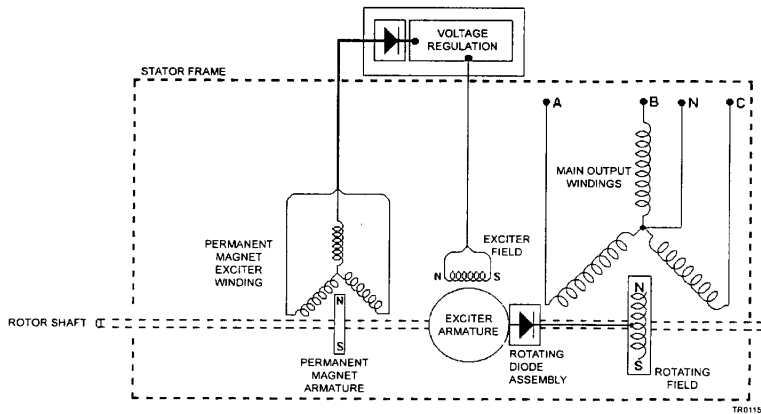
此功能為防止火源由排放口進入油槽造成危險，此設備不是隨機裝置，而是現場安裝。

八、發電機

以 Taurus 70 氣渦輪機組為例，全黑起動機組發電機為三相、四極、4160V、9000KVA、1249A、F 級絕緣，勵磁機為 25KW、180V、139A、磁場電阻 16.3Ω(25°C)，永久磁鐵發電機(PMG)額定為單相 120Hz、2.4KVA、240V、10A。

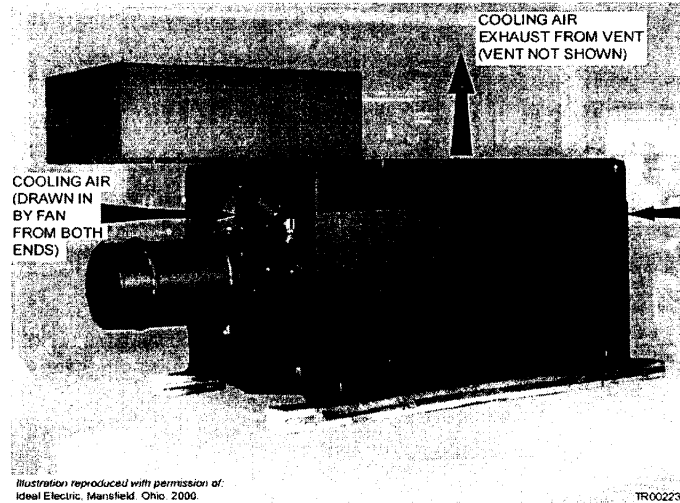
1. 勵磁系統

發電機為無刷式，在非驅動端的轉子上有一小的永久磁鐵發電機(PMG)，PMG 是一旋轉磁場、單相 AC 發電機，利用在轉軸上的永久磁鐵感應 AC 電壓輸出，經過自動電壓調整器(AVR)整流成 DC 電流可調變控制，再輸入勵磁機的定子磁場，使勵磁機的轉子線圈產生三相 AC 電壓，再藉由旋轉轉子上的二極體整流為 DC 電流，直接沿著轉軸進入發電機的旋轉磁場，於是發電機定子線圈感應產生三相 AC 電力輸出。



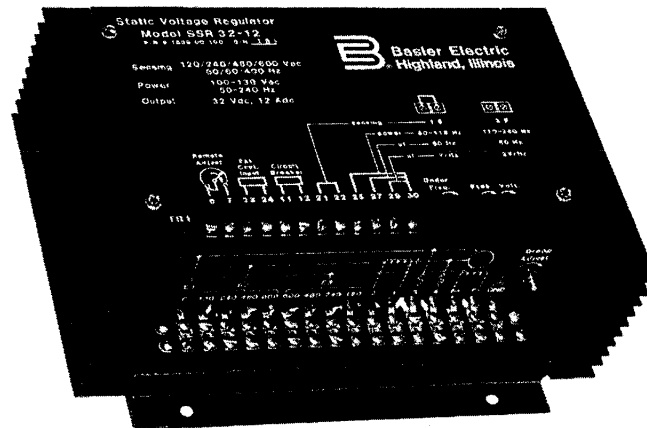
2. 全密閉式空氣對空氣冷卻(Totally Enclosed Air to Air Cooling, TEAAC)

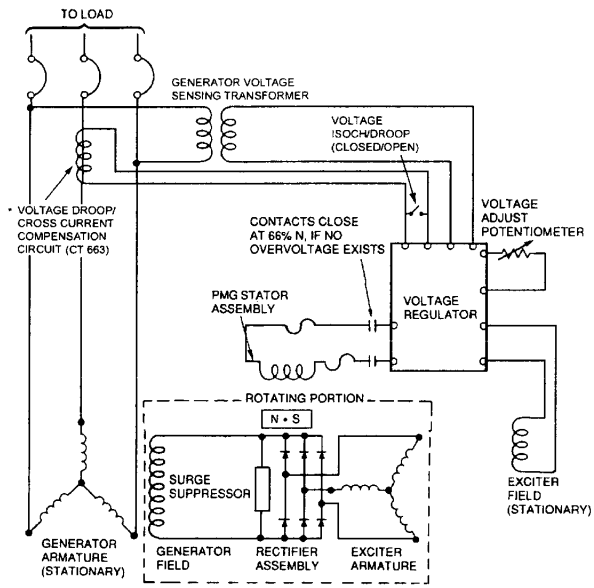
全密閉式機器裡有二分離式的冷卻空氣迴路，一為密閉室內的空氣迴路，藉由轉子兩端的風扇葉片將氣流流經繞組帶走熱量，熱氣到熱交換器時，再以外部空氣(由馬達風扇驅動)冷卻。由於熱交換器安裝在上方，整個發電機尺寸顯得較大。



3. 發電機電壓調整器

電壓調整器亦即所謂的 AVR 為一固態電子單元，被安裝在電子控制系統。自 PMG 輸出的 AC 電力到電壓調整器之全波橋式整流電路後轉換成 DC，控制橋式電路中矽控整流器 SCR 的閘極激發角度即可調節輸出至勵磁機的磁場電流，進而直接影響發電機的輸出電壓。感測取自裝甲開關箱 (SWGR) 內之發電機比壓器及比流器的電壓電流作為回授信號。



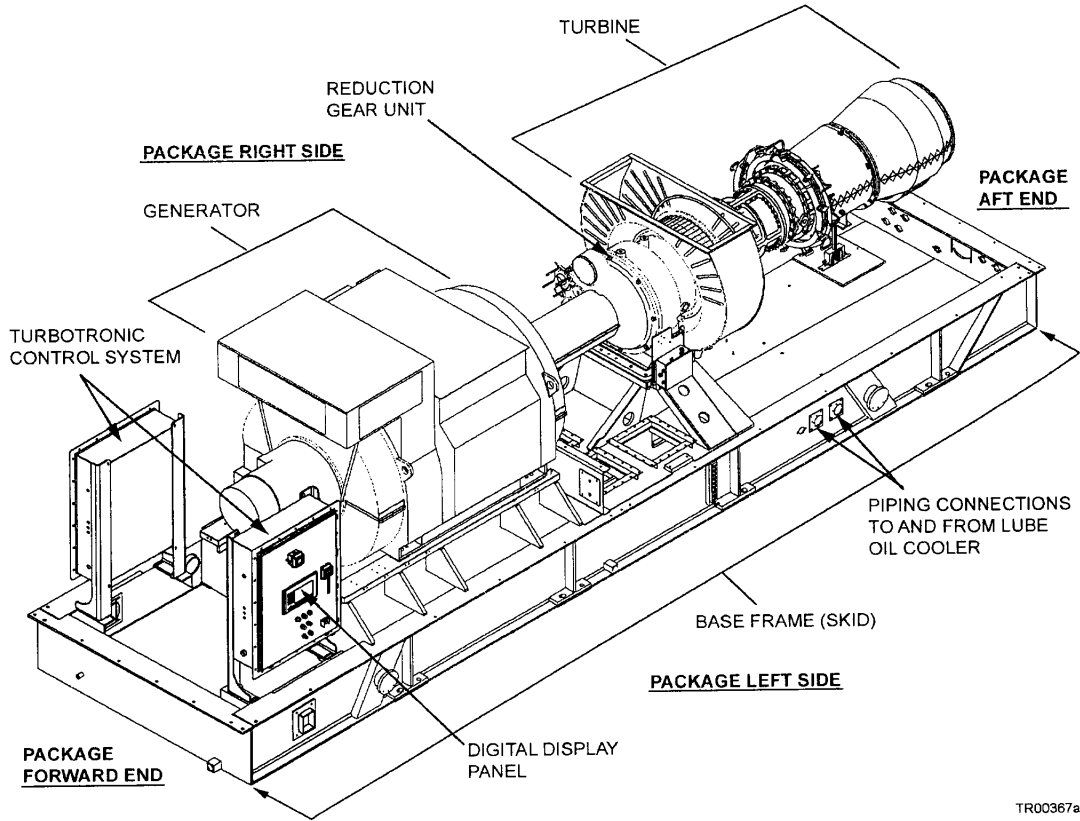


* Diagram shown in Voltage Droop configuration.

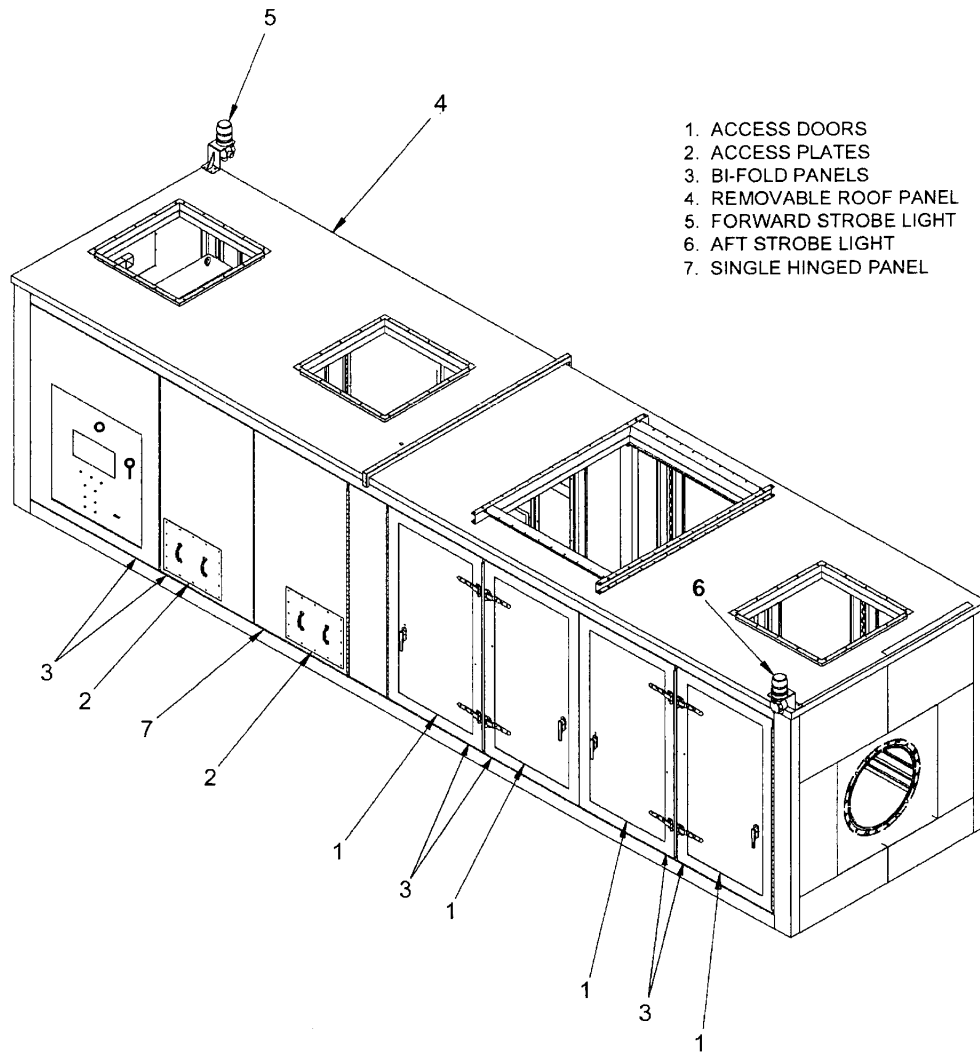
TR60057a

九、其他附屬設備

整組鋼製的圍罩其功能包含防水、隔音及絕緣且是和平台組合在一起。下圖為標準型的圍罩。圍罩於主要設備附近會裝置一些門以方便主要設備檢查及維修如氣渦輪機、齒輪箱及發電機。

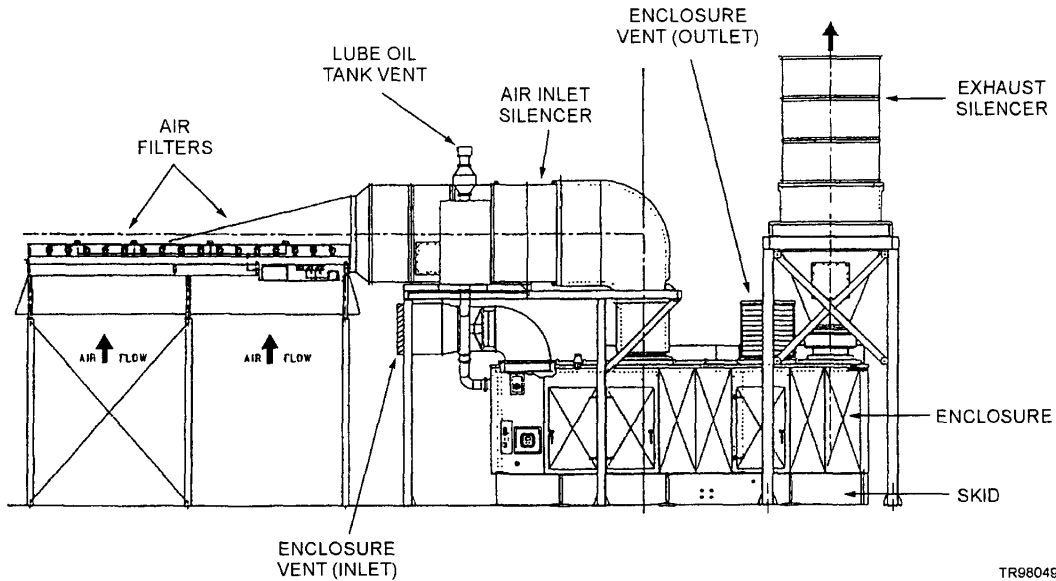


Package Major Elements



TR00283

Typical Enclosure



TR98049

Typical Ancillary Equipment and Enclosure

(一)、標準特性：

1. 噪音減少：

於空壓機空氣入口及排放口處皆裝設消音設備，使噪音降至最低，但是實際噪音減少並不只是消音設備就可以，它還需要圍罩安裝要確實。

2. 外部連接端子：

外部連接端子包含油槽通風管路、圍罩照明設備、風扇接線、防火設備系統及空壓機空氣入口及排放口。

3. 電氣設備接線：

電氣操作及控制設施並不是裝置於圍罩上，它必須安裝於無危險性區域。

4. 通風消音器：

通風消音器安裝於圍罩屋頂。

5. 通風設備：

圍罩屋頂安裝馬達風扇，提供抽風功能使圍罩內部溫度低於限制值。適度開放空間使空氣對流使圍罩內部保持一定通風量亦可降低溫度。

6. 圍罩內高溫警報：

此高溫警報和防火系統之溫度感測器是屬於不一樣的設備，它安裝於圍罩內。若溫度高於設定值時會有警報發生。

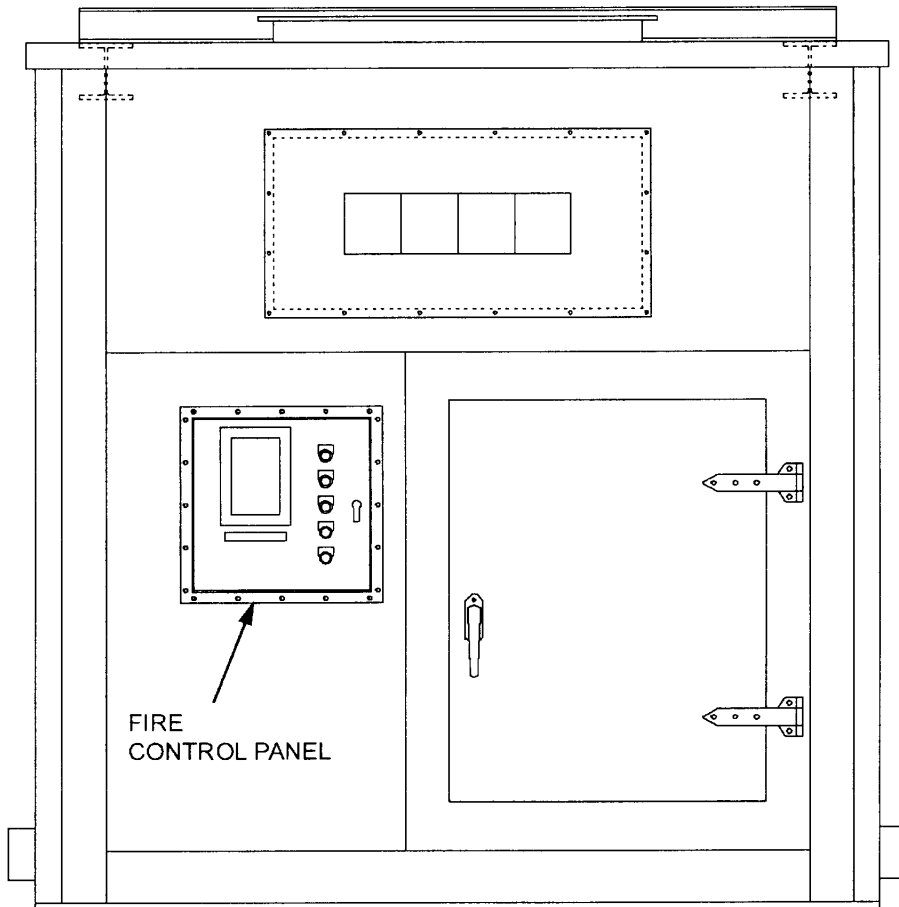
7. 照明設備：

照明設備之切換開關安裝於圍罩內，照明設備是 110VAC 或 220VAC。

8. 火警偵測及滅火系統：

火警偵測及滅火系統是屬於自動電子式，它是安裝於圍罩內。其設計標準是依據美國國家防火保護協會設定。其第一級偵測系統為紫外線偵測器，它包含光特性敏感度偵測器及偵測控制電子迴路系統。它可自我偵測如有固故障並提供數字碼讓使用者知道故障點。第二級偵測系統是具備有”比例補償性”的溫度偵測器。二種偵測器是個別獨立的。

消防系統監視盤其功能為監視消防系統迴路。如果消防系統迴路開路，接地故障或是接線出問題，則監視盤之 PLC 會顯示消防系統故障。若火警偵測器偵測到火燄時，偵測器會送出一個電氣信號至消防系統監視盤去啟動消防系統。



TR00281

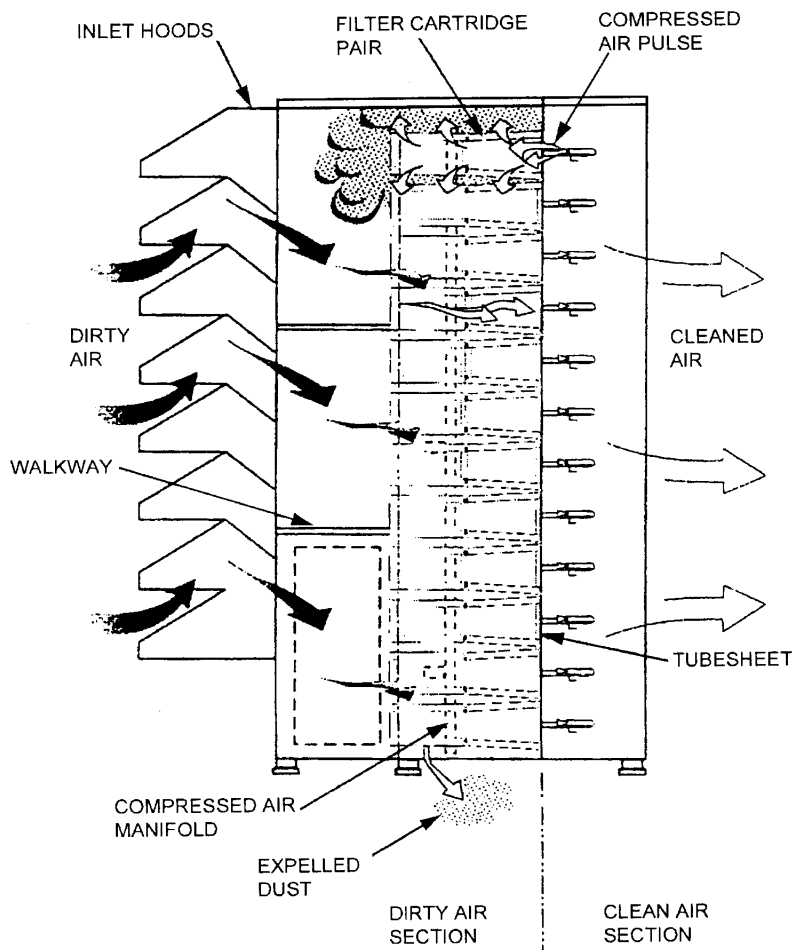
Fire Control Panel

9. 可燃性氣體監視系統：

可燃性氣體監視系統連續監視圍罩內可燃性氣體之成份，監視器會送出 4-20mA 之信號至 PLC。機組啟動和可燃性氣體監視器之間有連鎖關係。若可燃性氣體監視器送出信號時，則機組會停機或是警報發生。

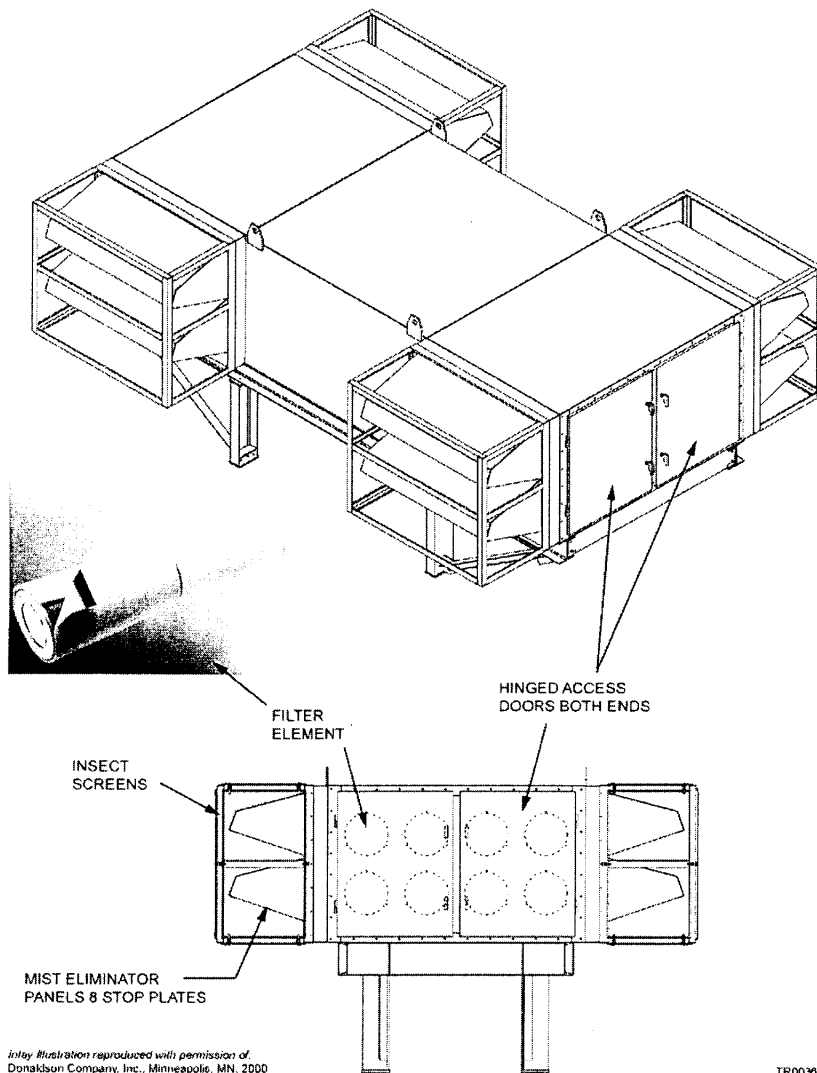
(二)、空氣進入系統：

典型機組空氣進入系統包含氣渦輪機伸縮段之上半部所有元件。它包含有消音器、防塵設備及空氣濾網。但是空氣進入系統裝上這些設備後會造成空氣進入之壓力損失，所以安裝時要慎選材質才不致於影響機組運轉。



TR99112a

Typical Self Cleaning Air Inlet Filter

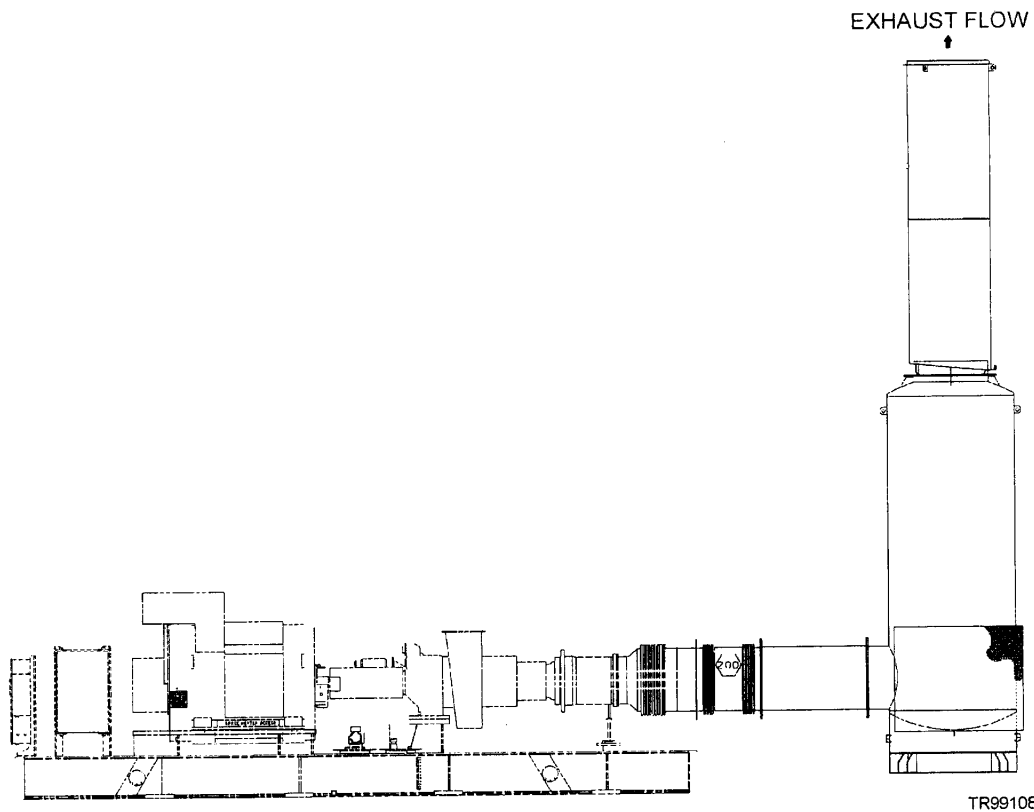


Typical 2-Stage Barrier Air Inlet Filter

(三)、氣渦輪機排放系統：

氣渦輪機排放系統設計要非常好，以確保可以將熱氣很平穩的送到排放系統，而理想上是將壓力損失降至最低。

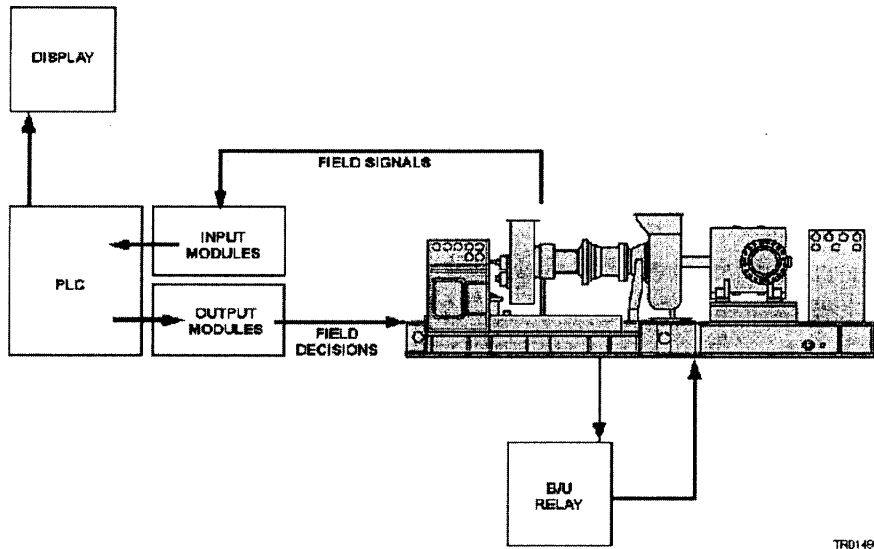
氣渦輪機排放系統的一些元件必須選用適當材質，因為原廠並無提供。排放消音器及導管支撐架必須和圍罩分離。消音器及導管適當安裝可以降低噪音。



Typical Exhaust Silencer

參、控制系統

本氣渦輪機是由一套具有終端機和操作介面盤的 PLC 所控制，Solar 公司稱作 Turbotronic 控制系統。此控制系統主要元件包括現場信號感測裝置、輸入/輸出模組、PLC、現場驅動控制裝置、終端機(Video display terminal, VDT)，繼電器備援系統、和監控軟體套件。



控制操作介紹：

控制系統須有 24 VDC 電源，它提供自動起動、升速、順序控制、運轉監視和正常或異常停機等功能。當運轉過程中，控制系統藉著自動警報和停機裝置來保護氣渦輪發電機組的可能傷害，如：氣機超速、氣機高溫、低潤滑油壓力和高油溫等問題。

PLC 執行控制、順序和保護功能(作用)、以及不正常的偵測和警報。PLC 也控制啟動、運轉和停機順序。

這些控制功能來自微處理機接收由固態裝置、控制開關、速度取樣器、壓力溫度傳送器、繼電器和固態振動監視器送來的信號。這些元件(組件)供給必要的資料以控制和維持氣渦輪機速度和溫度在安全值之內。要是有不正常狀態或故障時，控制系統就會指示。當一個警報或停機被顯示在 VDT 時，一連串適當的操作開始動作，以反應被偵測的狀態。

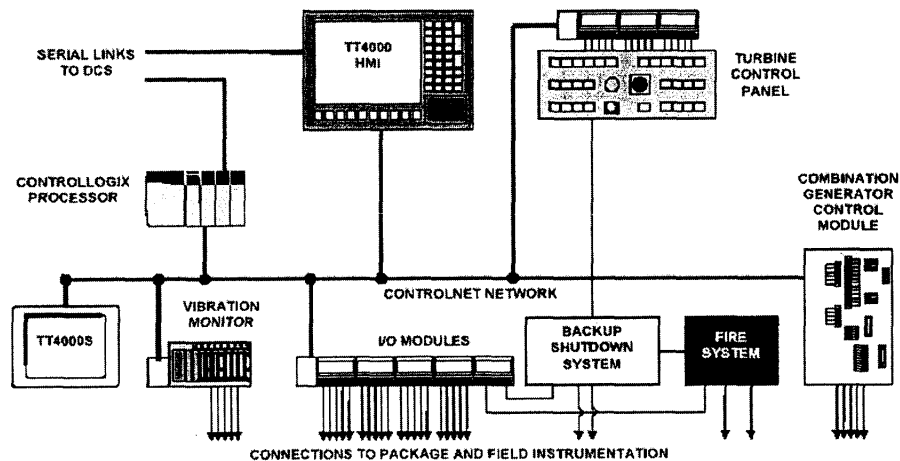
要是(如果)控制系統失敗時，備援繼電系統提供安全而有秩序的停機順序。備援繼電器操作潤滑油系統和其他次系統，以避免氣渦輪機組於停機過程中的損壞。

由於科技日新月異，本氣渦輪機輪機控制系統已更新至 The Turbotronic 4，現分九大部份說明其設備與功能。

一、 概述

The Turbotronic 4 控制系統提供精密整合性的控制、保護和監視。此控制系統之骨幹是一套 ControlNet 網路，以連結下列主要設備和次系統：

- Control Processor：Allen-Bradley 之 Control-Logix 處理器是系統之主要控制裝置。
- I/O 模組：Allen-Bradley 之 Flex 輸入/輸出(I/O)模組提供儀器和處理器間之介面。
- Vibration Monitoring：Bentley Nevad 1701 現場監視器用來監看氣機和發電機之振動。
- Generator Control：Allen-Bradley/Basler Electric Combination Generator Control Module(CGCM)供給許多發電機控制和保護特性，包括同步和電壓調整。
- Backup Protection：分開的備援停機系統，在主控系統故障時將機組安全有次序的停機。
- 操作員介面：選購下列操作員介面：
 - TT4000 顯示和監視系統-----人機介面(HMI)。
 - Turbine Control 氣機控制盤-----一組開關和指示燈。
 - TT4000S 系統：TT4000 之次系統，供給架上數位表盤和一個架上操作員介面，含有多個狀態和警報畫面。
- 火災監視：一個分開的火災監視控制系統當作整體控制系統的一部分。



■ Figure 1. Turbotronic 4 Architecture

二、控制系統規劃

The Turbotronic4 能依照危險區域分類和顧客喜好而規劃成下列不同方式：

1. 架上控制系統：

所有必要的控制硬體裝置均安置在套裝架上的一或多個 NEMA4 面盤上。一般而言，氣機的控制是安置在驅動架上，而發電機的控制是安置在被驅動架上。所有重要元件包括控制處理器、I/O 模組和振動監視系統是被安置操作在 NEC Class I, Division 2 區域內。

1.1 架上控制之操作員介面：

帶有觸控螢幕和幾個操作開關的 TT4000S 顯示系統是用來當作基本操作和控制之用。這種介面通常是用來裝機和運轉。另有擴充操作介面是裝在控制室，它是一個含有 TT4000 顯示監視系統和氣機控制盤的單個機架控制台或一台含桌上型電腦。

1.2 架上控制之優點：

- 大量減少至控制室之拉線：主要是透過備援 ControlNet 串列鏈。一般而言，緊急停機和危險操作信號是硬線連線，其他資料和命令則透過串列鏈連結。
- 在工廠佈線和測試：可減少裝機時間和接線的錯誤。

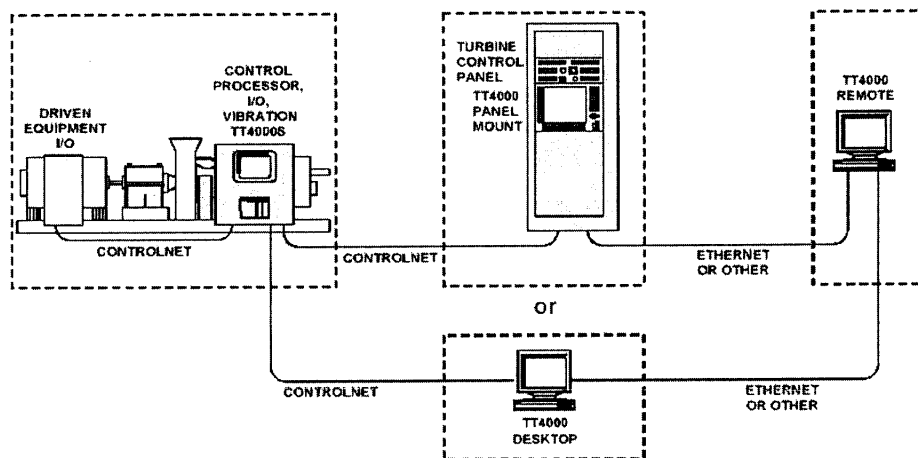


Figure 2. Standard Configurations for Onskid Controls

2. 非架上控制系統：

重要的控制設備是安裝在一個不危險區域的雙機箱操作台。

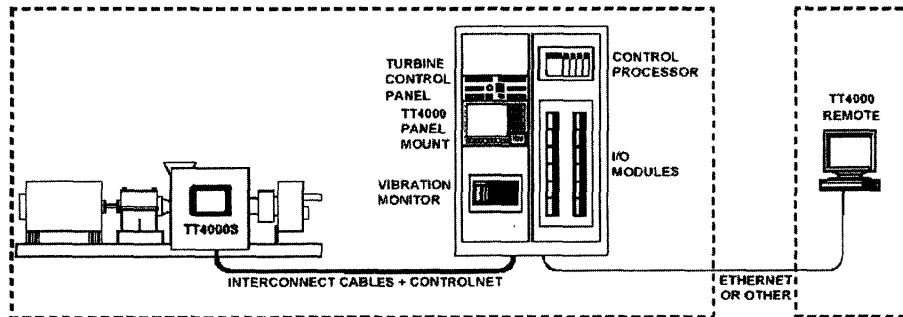


Figure 3. Standard Configurations for Offskid Controls

三、系統描述

1. 控制處理器：

Control Logix 控制處理器負責主要的控制，處理器是 Allen-Bradley 製造，可擴充。此裝置有下列重要好處：

- 處理器可用於惡劣環境。
- 安裝於 Allen-Bradley 1756 Stype 機架上，此機架有電源供應器和不同通訊介面模組：如 ControlNet, Ethernet, Data Highway Bus 和 ModBus。
- 符號化的軟體架構(tag-based)：程式變數沒有繫在實體記憶位置，而是以標籤符號註明。這種 tag-based 架構可快速複製已有程式。
- Logix processors 易於現場服務和容易維護更新，因為每副程式是自我包含，不會影響其他程式，它是使用 RSLogix5000 程式軟體。

2. 處理機軟體

RSLogix5000 軟體是架在 WINDOWS 環境，支援符號化程式結構，RSLogix5000 提供多種工業標準的程式語言如下：

- 階梯圖程式：供繼電器形式之順序邏輯。
- 功能方塊圖：供邏輯處理和數學計算功能。
- 結構化文學：允許產生使用者定的函數供給主機控制應用。
- 順序函數圖形：可取代階梯圖程式，當作潤滑油或壓縮機順序邏輯控制。

3. 單元控制網路

控制處理器使用 ControlNet 與系統其他元件通訊，其速度為每秒 5Mbits，它是決定性和重複性的，表示每次網路更新資料和指令是依循一個嚴密的計畫。

典型控制系統的網路更新時間是 5 毫秒。控制處理器是雙重連線，即有 2 個通道連至所有網路上的裝置。

4. 輸入/輸出模組

收集資料或下達控制命令給儀器，有數位或類比模組，說明如後：

- Discrete Input Module：接收 ON/OFF 信號，如位準開關、壓力開關、按鈕、繼電器等裝備送來之 ON/OFF 信號，用來表示警報、停止或指示。模組通常有 16 點容量。
- Discrete Output Module：接點輸出裝置有繼電器、電磁閥和馬達接點。模組有 8 或 16 點容量。
- Analog Input Modules：轉換類比輸入信號為數位資料給處理器。模組有 4 或 8 點容量單端輸入點。
- 溫度模組：轉換 RTD 或 Thermocouple 之溫度資料，建議使用 100-ohm 白金 RTD。模組有 8 點容量。
- 速度模組：處理高頻率的信號，最高至 32767HZ，有 2 個通道，可接收 500mv 至 28VAC 之磁性取樣信號。
- 類比輸出模組：用以驅動控制裝置(如：閥)之位置。模組有 4 個通道。

5. 後備停機系統

供主處理器故障時，將機組緊急停機和控制後潤滑週期之用。

重要的輸入信號被獨立的監視，後備系統包括：氣機超速監視器，手動緊急停止開關，處理機故障之“watchdog”和火災系統之 RELAY 接點。當上述任何故障發生時，這 RELAY 後備系統會啟動「安全停機和潤滑油系統」之順序操作。

當處理器故障發生時，所有接點輸出均自動切至 OFF 狀態，微處理機故障繼電器是被失磁在一個故障情況。故障是備內部處理器的“watchdog”或外部的“watchdog”線路或輸出模組故障信號所啟動。微處理機故障接點啟動緊急停機和隔離驅動裝備至安全位置。

一旦停機被後備系統所啟動後，須待所有問題皆已清除，在操作台前端面盤，手動切換一個 Safety key switch lockout 後，才能恢復正常的操作。這動作重新致能主控制繼電器和回復相關繼電器與計時器至正常位置。

6. 振動監視系統

Turbotronic 4 包含整合式振動監視，它使用 Bently Nevada(BN)1701 現場監視器 BN1701 整合至 ControlNet 1.5 系統架構，使用 Flex I/O ControlNet 網路轉接器將振動資料傳給 Control-Logix 處理器，再連結至整個控制系統，由 HMI 查看振動數值，它包括下列元件：

- 端子基座
- 電源供應(24VDC 由網路轉接器供給)
- 現場監視模組(近接器或加速器)

- 轉換器 I/O 模組
- Keyphasor

每個 BN1701 接收 8 個振動通道和一個 Keyphasor 輸入。

7. 氣機控制面板

此盤指在非架上控制台上，提供起動停止氣機、調整氣機速度和啟始其他功能。操作者開關和指示燈接線至 Flex I/O 模組。面盤有極少的協助信號，以提供於顯示系統故障時之必要操作。

典型的氣渦輪控制和指示如下所示：

7.1 操作員開關

- Off/Local/Remote
- Start
- Normal Stop
- Emergency Stop
- Horn Silence
- Acknowledge
- Lamp Test
- Backup Reset
- Reset
- Speed Control
- Manual Anti-Surge Valve
- Local Set Point Auto/Manual

7.2 指示燈

- Local/Remote
- Ready
- Starting
- Ready to Load
- On Load
- Backup Active
- Cooldown
- Stopping
- Alarm Summary
- Shutdown Summary

8. 火災監視器

由 Det-tronics 公司製造的 Eagle Quantum 系統提供火災偵測和滅火裝置。使用熱偵測器和光學火焰偵測器得之感應資料傳至 Eagle Quantum 系統，來執行火災抑制邏輯和警報輸出，並與 Turbotronic 4 控制處理器通訊，啟動氣機之停機。

9. 組合式發電機控制模組(CGCM)

CGCM 供給發電機控制機保護功能。

10. 電源供給

Turbotronic 4 控制系統操作於 24VDC 電源，燃料閥驅動器和 DC 後備潤滑油需要 120VDC。120VDC 電池系統可經轉換器產生 24VDC 控制電源。另外 24VDC 再轉換至 5VDC，以提供控制處理器使用。

四、TT4000 顯示和監視系統

它是 Solar 公司為氣渦輪機控制應用所開發的人機介面 HMI 產品。TT4000 顯示和儲存資料，並提供控制介面的能力。TT4000 和套裝控制系統相連結，但各自獨立，這表示允許 TT4000 執行多個工作，而不干擾控制處理器的緊急控制和保護功能。TT4000 提供一個進入套裝控制系統的窗口，它顯示引擎狀況、儲存資料、產生警報、停機和產生事件和允許改變控制。

對套裝控制而言 TT4000 不是必要的，因它的控制責任是靠套裝控制系統本身。TT4000 有下列特性：

- 執行於 Windows 2000 作業系統。
- 系統是與 TCP/IP 相容，易於與其他程式互傳資料。
- 系統是與 OPC(Object Linking and Embedding for Process Control) 相容。
- 歷史資料是容易查詢，因為他的(CSV)能輸出至其他程式(如 Excel)。
- TT4000 結合 Visual Basic for Application(VBA)，可協助分析和縮減資料。
- 程式支援 Active-X 控制。

TT4000 家族包括：

- TT4000：最完整，含有 Video display unit(VDU)或一台桌上型 PC (具 windows 2000 作業系統、TT4000 應用軟體和專案檔案)，它有儲存大量資料、通訊和控制的功能，它是放在非危險地區。
- TT4000S：是 TT4000 軟體的一種版本，被安裝在架上 VDU 上，使用 Window NT 作業系統，提供顯示、通訊和基本控制能力，儲存有限度的資料。
- TT4000 Remote：是 TT4000 被裝在遠端的版本，它與主 TT4000 系統功能相同。

1. Video Display Unit (VDU 影像顯示單元)

VDU 包括一台工業級電腦和人機介面顯示軟體。HMI 監視機組參數、計算效率因素、發出警報，產生設備運轉報表，和提供分析工具。VDU 與控制系統分開操作，提供操作員和維護資訊。

典型的畫面包括：

(1). 標準顯示畫面：

- Operation Summary
- Temperature Summary
- Vibration Summary
- Alarm Summary
- First Out Alarm
- Discrete Event Log
- Historical Data Display
- Strip Chart Function
- Program Constants
- Package Valve Mimic Diagram
- Generator Summary

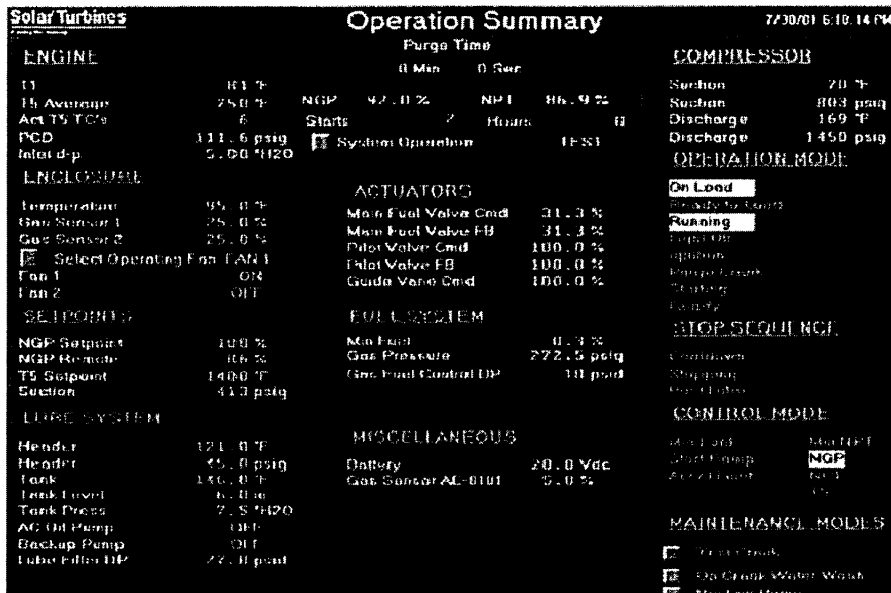
(2). 選購顯示畫面：

- Gas Turbine Performance Map
- Driven Compressor Performance Map
- Surge Control With Map
- Process Control
- Subsystem Screens

當任何畫面被顯示，如有一警報發生時會將警報訊息顯示在最上一列，最多可容納 4 點警報，如超出時應轉向 Alarm Summary Screen 來查看。

1.1 運轉摘要畫面：

提供所有機組重要運轉值，也顯示起動停機順序，供起動失敗時可很快查出那個階段有問題。



1.2 溫度摘要畫面：

顯示所有監視的機組溫度，顯示 T5 每支熱電耦溫度和 T5 所有熱電耦之平均溫度。

1.3 振動摘要畫面：

顯示振動監視系統所偵測機組的振動值。

1.4 警報摘要畫面：

顯示所有警報和停機日期時間之警示資料。警報是黃色，而停機資料是紅色，尚未確認警報是反白，當被確認時停止閃爍和顯示相關顏色文字，直到按下「RESET」後，它們才被清除。前四個故障警報會顯示在所有畫面頂端。

1.5 主首頁警報畫面：

依警報出現的次序顯示，解析度是控制處理器一次掃描的時間，這些資料是在控制器首頁警報緩衝器中由第一個未確認警報讀入，控制器每次掃描就更新緩衝器一次，祇有未確認警報會顯示在此畫面，至多有 22 個警報能出現。如本畫面用來做停機偵錯時，控制盤上的「Acknowledge」鈕必不能按，否則就無法消除控制器內警報緩衝器尚未確認之警報，因為按了此鈕後，會改變警報順序，造成主首頁警報畫面不能取得他們。祇要「Reset」鈕沒按，控制器內警報緩衝器室未改變的內容就可觀看。

1.6 接點事件報表畫面：

監視和記錄所有接點（開關或二位元）輸入點之狀態變化。它可能因為畫面更新率而造成許多事件有相同之時間。至多可存 5000 個依順序發生之事件，利於追查機組之操作和指出故障，以供運轉操作之注意。

1.7 資料儲存和顯示：

TT4000 HMI 提供各種用途之資料紀錄。資料可取出畫成線上分析曲線圖或輸出供離線觀看用，亦可使用「歷史資料畫面」來線上觀看。

1.8 歷史資料顯示畫面：

允許選擇至多 10 個變數，以數位線條圖表格式來觀看。資料能使用「歷史資料分析器」或「線條圖表功能」兩種方式來觀看。「Comma Separated Value(.csv)」格式檔案能被產生供匯出成其他軟體，如 MS Excel。

歷史資料有下列群組：

- 每小時紀錄：讀取過去 12 個月中每小時資料，每月資料存成一個資料庫。
- 每兩分鐘紀錄：讀取過去 1 個月中每兩分鐘資料，每天資料存成一個資料庫。
- 每十秒鐘紀錄：讀取過去 14 天中每十秒鐘資料，每天資料存成一個資料庫。這些檔案祇能離線分析。
- 跳脫紀錄：「跳脫事件」前 4 分鐘和後 2 分鐘，共 6 分鐘所有類比資料儲存至一個檔案，每個檔案包含 6 分鐘內每秒鐘之資料，至多可存 25 個此跳脫檔案。此「跳脫事件」是由控制處理器訂定，標準事件是停機。它是強大的除錯工具。

1.9 線條圖表功能畫面：

它模擬一個有 10 支線條圖表紀錄器，顯示至多 10 個操作員選定變數之即時資料。可為數位或類比變數。

1.10 重播(Playback)：

它是幫忙分析事件的一個除錯工具，能重播存於歷史資料庫的資料。重播功能除了它的資料是取自歷史資料之外，其出現如同即時資料一樣顯示。

1.11 程式常數畫面：

它顯示處理器軟體內依地址列出的可調整常數，為改變此常數可以標籤名 (tag name) 或地址號碼來選擇。一旦新常數值輸入處理器，TT4000 會記錄常數最近被修改的新值、修改者姓名和時間。

1.12 氣渦輪機效率圖：

它顯示氣渦輪機在標準情況下之氣機預測額定。由法則來轉換現場資料為標準情況。即時的氣機操作點是被游標指出。顯示圖上有預測電力、進口空氣溫度、氣渦輪溫度、燃料流量、空壓機排放壓力和實際輸出發電量；實際與預估值之差距被顯示以提供一項重要效率量度趨勢。由此所得資訊能指出適當校正和除錯行動，如：水洗和穿孔內視。

2. TT4000S

它是 TT4000 程式之縮小版，安裝於架上電腦，由於環境惡劣，此電腦不含固定或移動式媒體，有儲存容量限制，故畫面修改成較小形式。

典型的 TT4000S 畫面包括：

- 引擎摘要
- 氣機溫度
- T5 溫度
- 燃料系統
- 潤滑油系統
- 氣機振動

壓縮機畫面：

- 壓縮機溫度
- 壓縮機振動
- 程序控制
- 抗爆振控制
- 機組閥類

發電機畫面：

- 發電機摘要
- 發電機資訊

3. TT4000 REMOTE

欲從遠端監控時可在一台桌上型電腦安裝第二個 TT4000，此遠端 TT4000 能透過 Ethernet 網路與主 TT4000 連線。

五、氣機控制

提供許多氣機之控制和保護功能，有以下四項主要模式：

- 順序
- 控制
- 保護
- 顯示

1. 順序功能：重要元件是起動、加載、停機和後潤滑。

1.1 起動：

控制系統是打開電源和復歸警報及停機故障後開啟下列檢查動作：

- 潤滑油泵運轉一個測試週期
- 啟動風扇
- 執行燃料閥之壓力測試，閥是依計時器之起停順序而開關並校核燃料壓力之信號。

在這個「預先曲柄」的檢查完成時，啟動器轉動引擎，透過壓縮機發展氣流，以清洗淨化在引擎、空氣進口和排氣管中所累積的氣體。淨化週期的長短是由排氣管體積而定。

引擎增加速度，如果它在一個規定的時間之內沒達到預定速度時，將使這個起動順序放棄。在這個淨化曲柄期間，關閉燃料閥和沒有點火。

在淨化週期的完成後，當引擎到達需要的速度和溫度值時，便開始點火。把少量燃料由點火器引入燃燒室和由點火器火星塞點燃。

此時從燃料閥來的燃料透過注射器進入燃燒室。燃料閥逐漸打開，進口導葉片逐漸打開和抽氣閥則逐漸關閉。燃料流量、引擎溫度和氣機速度全都增加。如果引擎溫度在一個規定的時間前不達到點火溫度裝定點時，表示點火失敗，發出警告並放棄這起動順序。

當氣機超過這個啟動器速度，離合器允許啟動器滑脫。當氣機到達啟動器脫離速度時，啟動器失能而引擎在自己的動力下繼續加速。

1.2 加載

加載需要關閉這個發電機的斷路器。這個斷路器可能關閉連到未加壓或已加壓的匯流排。當控制系統偵查到是未加壓匯流排時，斷路器可手動關閉；但當控制系統偵查到是已加壓匯流排時，斷路器關閉前，發電機必須與匯流排同步。控制系統能自動同步發電機至匯流排並且關閉這個斷路器。

1.3 停機

氣渦輪機可手動或者自動停機。

手動停機：

啟動正常停機命令造成冷卻停機，氣機被卸載和壓縮機運轉一段時間，以使關閉燃料閥以前，允許這個氣渦輪機冷卻。啟動緊急停機命令造成立即卸載和關閉燃料閥。上述兩種情況於完全停機和一個運轉計時器完成計時後，會啟動後潤滑油週期。

自動停機：

控制系統於特殊危險或故障條件時會自動地關閉機組，分為四種停機類型：

- Cooldown Stop Nonlockout 非封鎖(CN)
- Cooldown Stop Lockout 封鎖(CL)
- Fast Stop Nonlockout(CN)
- Fast Stop Lockout(CN)

Cooldown 和 Fast Stop 對應於正常手動停機和緊急停機，Lockout 禁止控制系統的操作並且這系統不能重新起動系統，直到故障被排

除。Lockout 停機通常是有嚴重故障需要矯正處理後才能再起動系統。

1.4 後續潤滑油

控制系統起始和監督後潤滑油週期，以使氣渦輪機軸承避免熱損害。

2. 控制

一旦機組完成了這起動順序並且達到穩態的運轉，控制系統保持(這些)設備於規定的操作條件之內。最小動力極限是零負載和當這個發電機斷路器是開著的。最大動力極限由引擎溫度和速度所制定。

2.1 T5 控制

渦輪(機)運轉壽命是與第一級氣機噴嘴溫度(T3)直接相關，但因 T3 溫度太高，降低了熱耦器之穩定性，故改量測第三級氣機噴嘴溫度(T5)。

有多組 T5 熱耦器，是依 T5 熱耦器平均溫度值當作控制，如果有一熱電耦數值與平均值差比預設值多時，會發生警報。如有二或者三個 T5 熱耦器與平均差值比預設值多時，會發生警報亦會停機。

2.2 速度控制

特殊感應器連續不斷監控這渦輪機速度，且控制系統調整速度以滿足操作需要和保持速度於規定的極限之內。如果達到超速限制時，一個分離的後備超速偵測系統會自動關閉引擎。

3. 保護

控制系統透過監控速度、溫度、壓力和其他等等變數，以提供機組廣泛的保護。多數變數有限制值，第一種限制值會觸發警報，第二種限制值會觸發自動停機。顯示系統，提供警報摘要和事件紀錄。

4. 顯示

提供顯示和監控用之畫面。

六、發電機控制

除了監控發電機溫度和振動外，控制系統提供發電機和它的輸出之廣泛控制和保護，包括調節、同步和負載分享。這個控制的關鍵部分是結合發電機控制組件(模塊) (CGCM)。此裝置結合線上同步組件(模塊)技術及自動電壓調節技術。CGCM 透過 ControlNet 網路連接至控制系統。

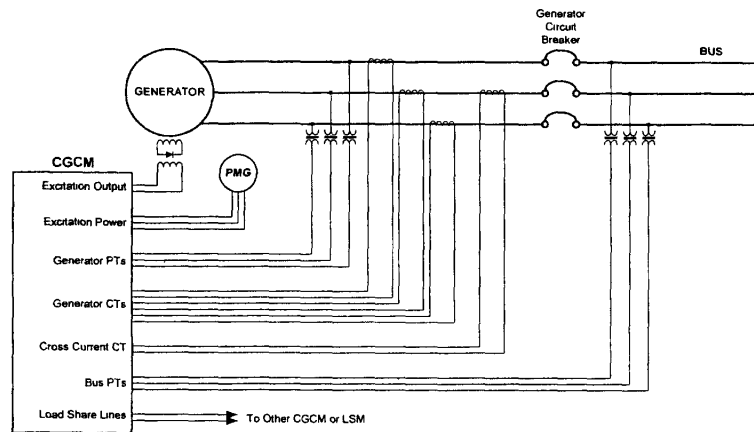


Figure 4. Typical CGCM Connections

CGCM 依據它的電壓和電流輸入提供四個調節模式，它具有同步發電機至一或二個匯流排，允許發電機操作於等時的 (isoch) 或者低垂的 (droop) 模式，此外允許使用類似控制系統在發電機裝置之間分享負載。

1. 勵磁機控制模式

有四種電壓調節模式如下：

- 自動電壓調節 (AVR) - 控制發電機的輸出電壓
- 場電流調節 (FCR) - 控制至發電機的場電流
- 功率因素調節 (PFR) - 並聯機器的功率因素用來決定校正場電流
- 無效電力調節 (VAR) - 並聯機器的 VAR 輸出用來決定校正場電流

2. 同步

CGCM 能夠透過測量適當的匯流排和同步的參數來完成兩個匯流排之間的同步。

發電機調速器利用控制和誤差參數來同步匯流排，CGCM's 的內部電壓調整器也利用控制和誤差參數來做電壓同步。

3. 負載分享

系統負責在並聯操作的多台發電機間提供相同的有效電力。其他發電機的控制必須使用 CGCM 和 Allen-Bradley 生產的線同步組件或其他的相容裝置。

4. 保護

系統有下列十四個錯誤保護功能，控制處理機是透過 ControlNet 界面得到這些錯誤訊息：

1. Field Current Limit
2. Generator Overcurrent
3. Generator Overvoltage

4. Generator Undervoltage
5. Loss of Operating Power
6. Loss of Excitation Current
7. Loss of Sensing
8. Over Excitation Voltage
9. Overfrequency
10. Phase Rotation Error
11. Reverse VAR
12. Reverse Power
13. Rotating Diode Monitor
14. Underfrequency

5. 千瓦控制 (KILOWATT CONTROL)

除了 1. 所列控制模式之外，系統能設計提供千瓦控制。它是用於發電機與一個大電力源並聯操作時，發電機的千瓦輸出能設定在機組能夠出力的範圍內。

在某些情況下，當發電機的預設輸出超過負載需要時，有必要防止輸出到電力源上。在這種情況下，系統設計為能夠從電力源輸入一預設量的電力。

6. 儀表盤

具有 offskid 操作台的控制系統可選用電氣儀表盤，提供一套儀表以監視和手動同步控制。

七、壓縮機控制

1. 機組廠用閥控制

當起動、正常運轉和停機期間，系統會順序控制下列典型機組廠用閥：

- Anti-Surge Valve
- Discharge Valve
- High Pressure Vent Valve
- Low Pressure Vent Valve
- Suction Loading Valve
- Suction Valve

僅於預備起動階段才允許在 TT4000 顯示系統手動控制，Suction Valve 和 Discharge Valve 祇在壓縮機加壓時可手動操作，在一旦起動啟始後，控制系統將閥放置於自動控制中。TT4000 Unit Valve 畫面顯

示每一個閥的狀況是在打開、關閉、或者在過渡中。

2. 壓縮機效能圖顯示

畫面顯示壓縮機即時的運轉數據，如速度、吸入壓力和溫度、排放壓力和溫度、效率、流量和計算出的消耗馬力。

效率和速度的差異值幫助指出壓縮機內部是否有再循環、污染，或氣體條件正在變化。

壓縮機線上效能顯示圖允許測量反爆震控制的有效性，操作的效率能夠密切監控和控制，以導致更大的出力。

3. 壓縮機程序控制

控制系統以自動調整渦輪機的速度 (NGP) 來保持下列期望的處理變數值：

- Suction pressure
- Discharge pressure
- Suction or Discharge flow
- 上述變數之任兩個組合
- 上述三個變數組合

如果這個壓縮機 Surge Margin 使操作員可調整設定點下降（典型地 12% 到 15%），則一個比率限制器會減少 NGP 加速和減速動作。這比率限制器防止 NGP 控制和再循環閥之間的任何相互作用，以使這個壓縮機遠離 surge 限制線。

如果 surge margin 大於設定點，則允許 NGP 以最大比率每秒 0.5% 的速度增速或減速。

八、監督通信

Turbotronic 4 藉安裝在處理機機架上的通信模組與控制處理機連結通信。TT4000 可監看通信狀況。

1. 資料界面

ControlLogix 處理機支援控制和資訊通信協定 (CIP)。類比資料儲存在 32-bit 浮點格式的陣列中，陣列有標籤名字，如：

[HMI_Aanlog_Array[0]]。數位資料儲存另外的陣列中，如：

[HMI_Discret_Array[0]]。可使用另一個 ControlLogix 處理機或裝有 Rockwell RSLinx 軟體的 PC 以與機組控制處理機通信。

另一個可用的通信選擇是用 2.4 描述的 Modbus RTU 通信協定。

2. 實體連結

ControlLogix 處理機所在機架可裝一些不同界面模組，經由機架背板

與處理機連結通信，有下列連結通信方式：

2.1 ControlNet 1.5

Turbotronic 4 利用它來整合機組控制系統內不同的組件。

界面模組使用 RG -6U 同軸電纜，最大值容許電纜長度取決於網路上節點的數量。

對於 2 節點時是 1000 公尺（3280 英尺），但是對於 48 個節點時是 250 公尺（820 英尺）。

ControlNet 使用 CIP 通信協定，傳輸速度最快 5Mbps。

2.2 Ethernet TCP/IP

界面模組使用 10BaseT 太網電纜，傳輸速度最快 10Mbps，速度不是固定，會隨資料交通量而變化。使用 CIP 通信協定與 TCP/IP 通信協定相連結。

2.3 Data Highway Plus

界面模組使用 DH+ 雙絞線電纜，傳輸速度最快 57.6 kbps，最大電纜距離是 3000 公尺，使用 CIP 或 DF1 通信協定。

2.4 Modbus

界面模組充當一個 Modbus 奴隸（slave）裝置以與由用戶提供的一個 Modbus 主人（大師）裝置通訊。使用 RS232C、RS422 或 RS485 串列電纜，RS232C 最大電纜距離是 15 公尺，RS422 和 RS485 最大電纜距離是 1219 公尺。

使用 Modbus 通信協定之 RTU 版本傳輸資料。

3. TT4000 COMMUNICATIONS

TT4000 顯示監控系統配備一個 Ethernet 埠口，能夠通信聯結至管理人控制或資料的收集系統。較優先聯結方式是直接連到控制處理機。

九、軟體和印表機

1. 軟體

Turbotronic 4 控制系統有兩組專門軟體：RSLogix 5000 控制處理機軟體和 TT4000 HMI 軟體。

- RSLogix 5000 控制處理機軟體安裝於 PC 時可以網路卡上的 RJ-45 接至 ControlNet 連線電纜。

- TT4000 HMI 軟體有兩種模式：設計和執行模式。

設計模式用於產生或修改專案工作檔；執行模式用於正常操作設備。

TT4000 顯示畫面是英文的，但也可改成中文化。

2. 印表機

提供一台點矩陣印表機，以列印警報和停機紀錄，每行印一個事件讓操作員查閱最近事件歷史。

肆、感想與建議

- 一、首先借此感謝各級長官的推薦，選派出國赴製造廠家研習全黑起動機組的運轉維修及規劃設計等。雖然只有短短十五天，但我們充份利用時間去學習瞭解設備，以便發揮到全黑機組的試運轉及日後的運轉維護工作上。
- 二、電力系統裝置容量日益龐大，當遇上天災或重大事故造成全黑後，當然儘早恢復供電為首要任務，以免用戶抱怨、整體經濟損失及百姓的不便。
- 三、全黑起動機組所扮演的角色可謂「養兵千日，用於一時」。因此各廠不得忽略小尖兵的存在。
- 四、全黑起動機組完工後，必須成立試運轉小組，依序（SOP）測試至併聯發電。
- 五、要能保持全黑起動機組的靈活性及可靠性，必須定期測試，測試方式包括：
 1. 空載測試（Running Test）。
 2. 加載測試（Take Load Test）。
 3. 起動電廠既有之氣渦輪機組或汽力機組的測試。
 4. 測試周期由各廠依狀況訂定。
- 六、參觀製造廠家（Solar Turbines）的現場環境，發現幾項特點，值得我們深思與學習。
 1. 工廠內到處看到大小不同的國旗，顯示出國民的愛國心。
 2. 現場環境整齊、整潔，可減少工安事故。
 3. 建立團隊精神；貼有 BUILD UP TEAM 的標語。
 4. 廠房四周的邊門均上鎖，由中央監控代替人員管理；有些地方員工可用識別證刷卡開門。
- 七、陸上交通感覺上不會那麼亂，大家遵守交通規則，且行人是「絕對」優先，可減低交通事故。