出國報告(出國類別:國外地區)

石化事業部林園石化廠
#12鍋爐汰舊換新計劃

服務機關:中國石油
姓名職稱:游祥清、黃祺寶
派赴國家:日本
出國期間:95.5.28~95.6.2
報告日期:95.8.7

保存年限：3 年
表單核定日：94.12.05
5B0-HRD-06-15

目錄：

一、目的……3
二、過程……3
三、心得……15
四、建議……15

一、目的

為順利執行#12 鍋爐汰舊換新計劃需要，配合執行進度派遣主辦人員赴鍋爐、汽渦輪機、發電機等相關重要設備廠家，實地進行流程規劃、設計規範、操作方法及技術之研討及相關查核。

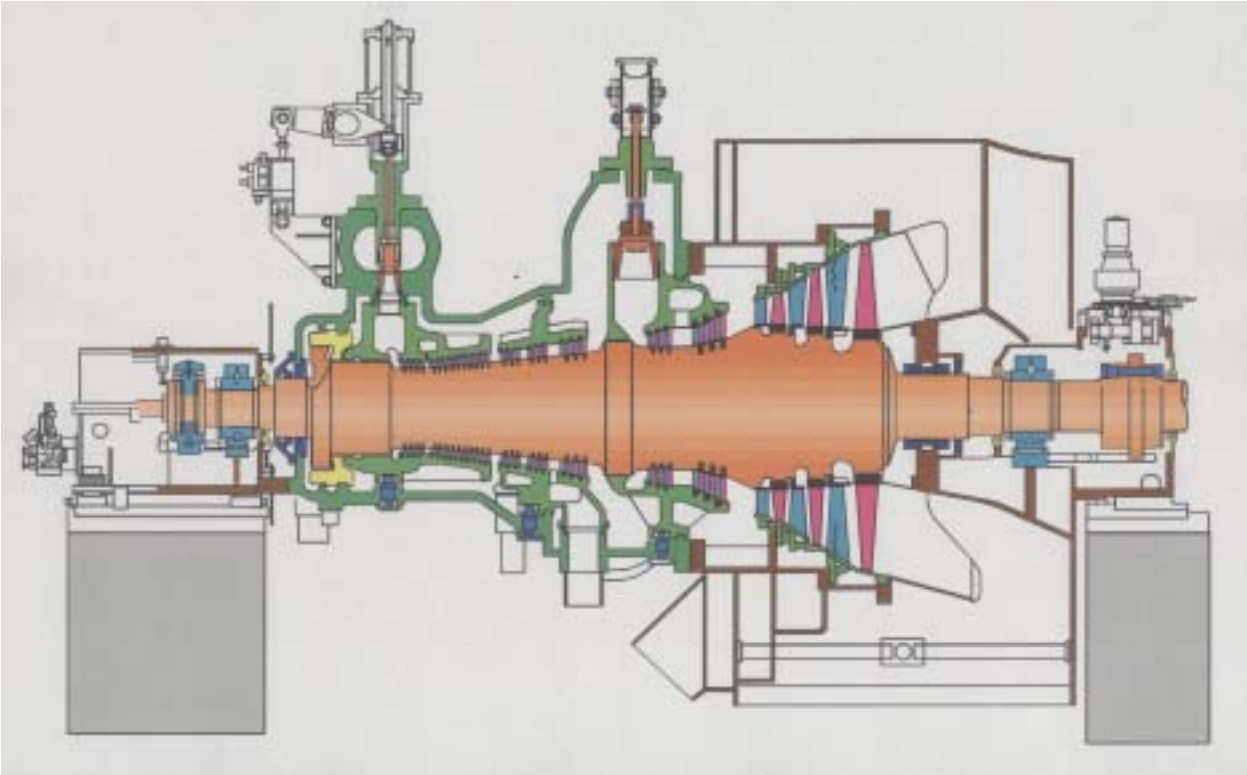
赴汽輪機及發電機設備製造廠家，實地進行流程規劃、設計規範之研討，以確保各重要設備於現場安裝時能完全依照相關規範要求順利而正確地完成施工，以確保日後運轉之穩定性、完整性。

研討抽汽冷凝式汽機設計、控制概念，釐清不同形式（背壓式、抽汽冷凝式、冷凝式）汽機控制之差異性，作為現有機組改進及未來選購機組之參考。討論發電機無刷式激磁機(Brushless Excitor)及 PMG(永磁式)之設計概念，及激磁系統之控制技術，以提高設備之可靠度。

二、過程

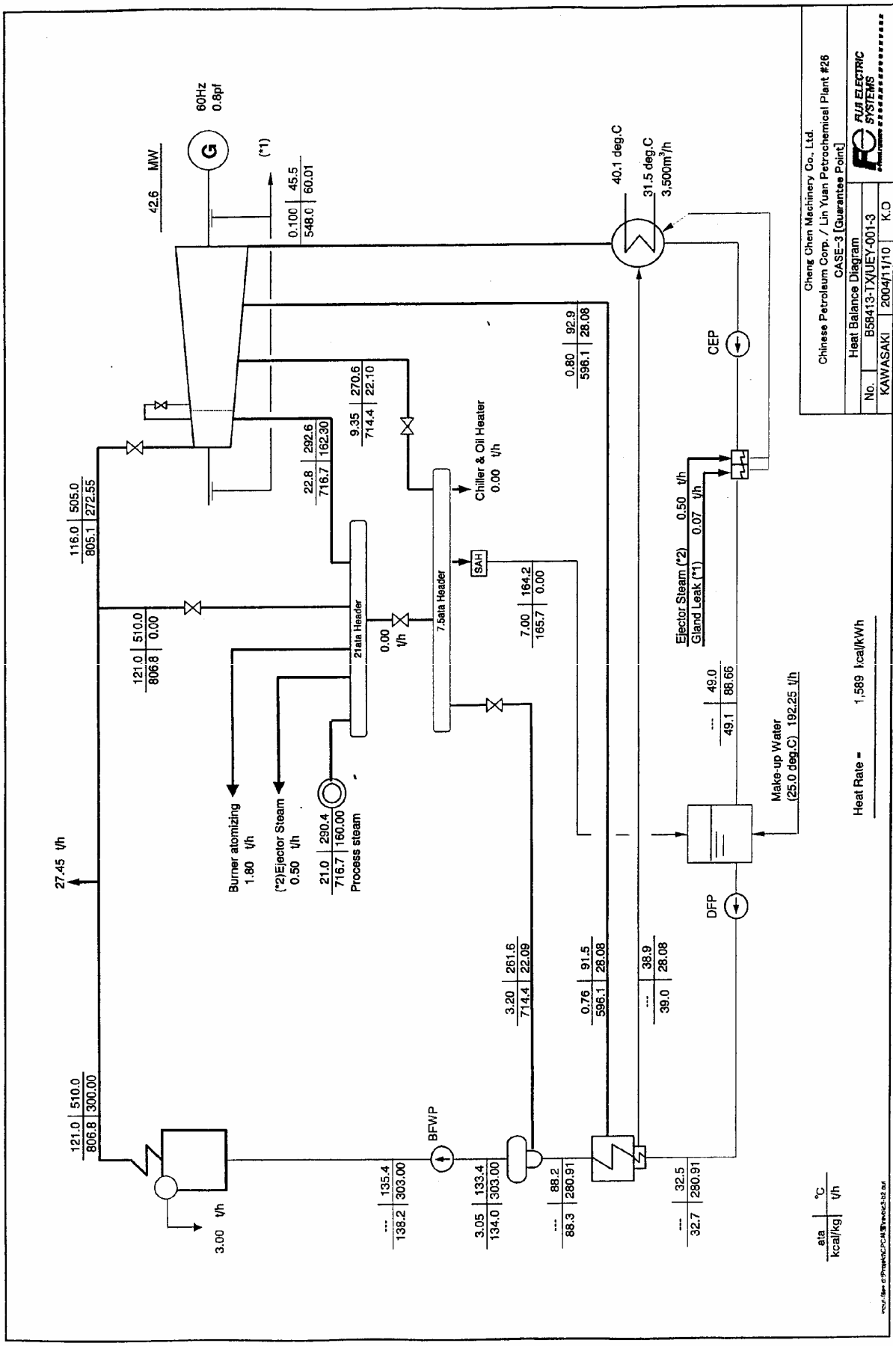
此行主要任務為赴富士(Fuji)電機川崎(Kawasaki)工廠查核汽輪機動平衡(Dynamic Balancing)及汽輪機超速測試(Over Speed Test)，研討汽輪機控制概念及相關控制邏輯，如 APC(Automatic Power Control)、AFC(Automatic Frequency Control)。了解發電機激磁系統及 PMG(永磁式)設計概念，及激磁系統之 AVR(Automatic Voltage Regulation) 、AQR(Automatic Reactive Power Control)、APFR(Automatic Power Factor Regulation) 控制方法，以期在設備安裝及試車時之順利進行。

汽機主要規範為蒸汽進口流量、壓力、溫度：272.55ton/hr、116ata、505°C，抽汽（第一段）流量、壓力、溫度：160ton/hr 、20kg/cm^{2}G、290.4°C，第二段抽汽(Uncontrolled) 壓力 9.35kg/cm^{2}a，第三段抽汽(Uncontrolled) 壓力 0.8kg/cm^{2}a，排氣壓力 0.100kg/cm^{2}a，額定轉速為 3600RPM、臨界轉速(Critical Speed)為 2602RPM，其構造如圖一，熱平衡圖如圖二。



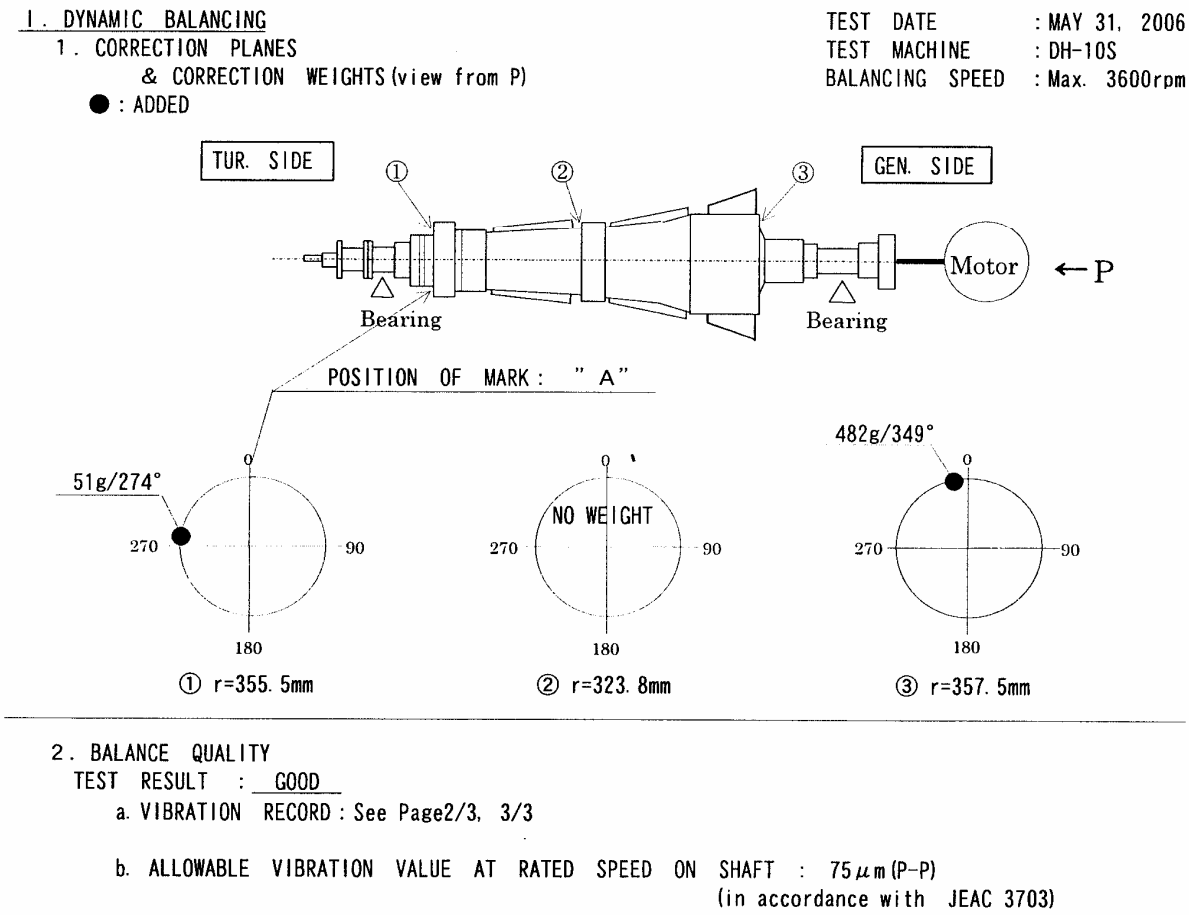
圖一

保存年限：3 年
表單核定日：94.12.05
5B0-HRD-06-15


Cheng Chen Machinery Co., Ltd.
Chinese Petroleum Corp. / Lin Yuan Petrochemical Plant #26
CASE-3 [Guarantee Point]
Heat Balance Diagram
No. B58413-TX/JEY-001-3
KAWASAKI 2004/11/10 K.O
FUJI ELECTRIC SYSTEMS
42.6 MW
60Hz 0.8pf
G
(*1)
0.100 45.5
548.0 60.01
40.1 deg.C
31.5 deg.C
3,500m³/h
CEP
DFP
BFWP
Chiller & Oil Heater
0.00 t/h
SAH
21ata Header
7.5ata Header
0.00 t/h
Burner atomizing
1.80 t/h
(*2)Ejector Steam
0.50 t/h
Process steam
Ejector Steam (*2) 0.50 t/h
Gland Leak (*1) 0.07 t/h
Make-up Water
(25.0 deg.C) 192.25 t/h
Heat Rate = 1,589 kcal/kWh
27.45 t/h
3.00 t/h
116.0 505.0
805.1 272.55
121.0 510.0
806.8 0.00
121.0 510.0
806.8 300.00
22.8 292.6
716.7 162.30
9.35 270.6
714.4 22.10
21.0 290.4
716.7 160.00
7.00 164.2
165.7 0.00
0.80 92.9
596.1 28.08
3.20 261.6
714.4 22.09
0.76 91.5
596.1 28.08
--- 38.9
39.0 28.08
--- 49.0
49.1 88.66
--- 135.4
138.2 303.00
3.05 133.4
134.0 303.00
--- 88.2
88.3 280.91
--- 32.5
32.7 280.91
ata °C
kcal/kg t/h

圖二

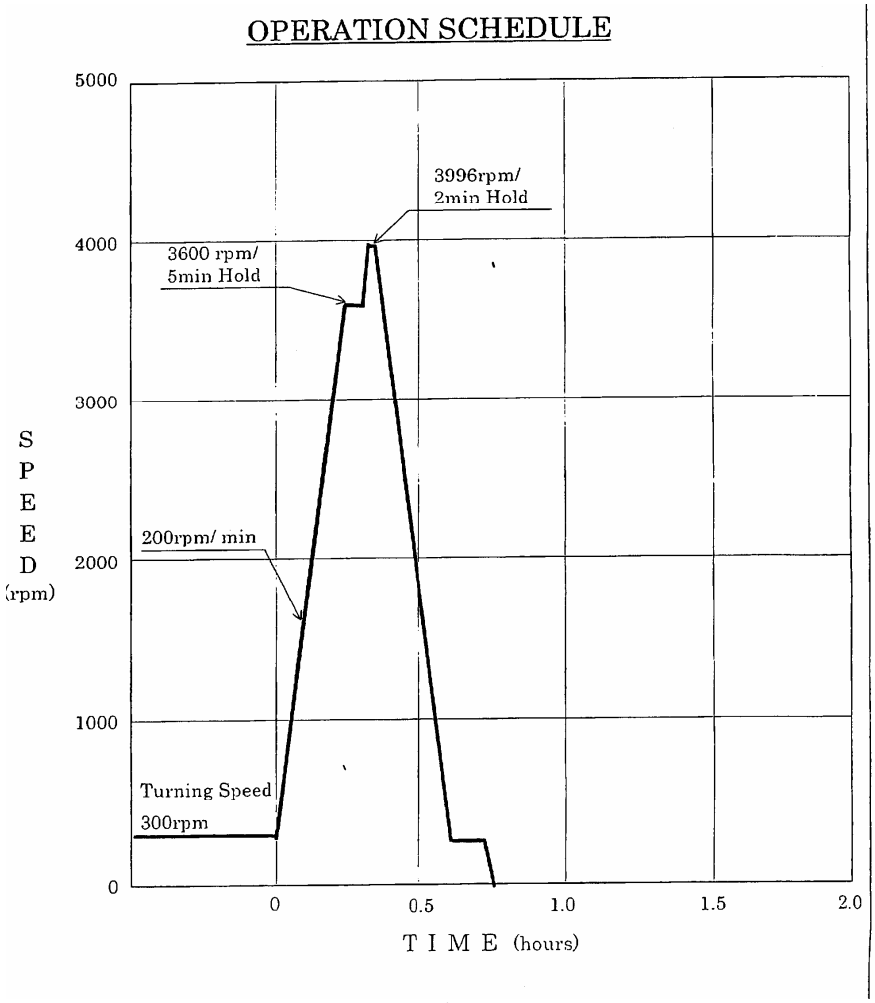
透平機轉子動平衡(Dynamic Balancing)及超速測試(Over Speed Test)，做完動平衡後其配重在 Plane1 半徑 355.5㎜ 角度 277 度加配重 51g，Plane2 無須加配重，Plane3 半徑 357.5㎜ 角度 349 度加配重 482g(如圖三)，而後進行運轉振動量測。圖四為 Plane3 加配重之位置圖。



圖三

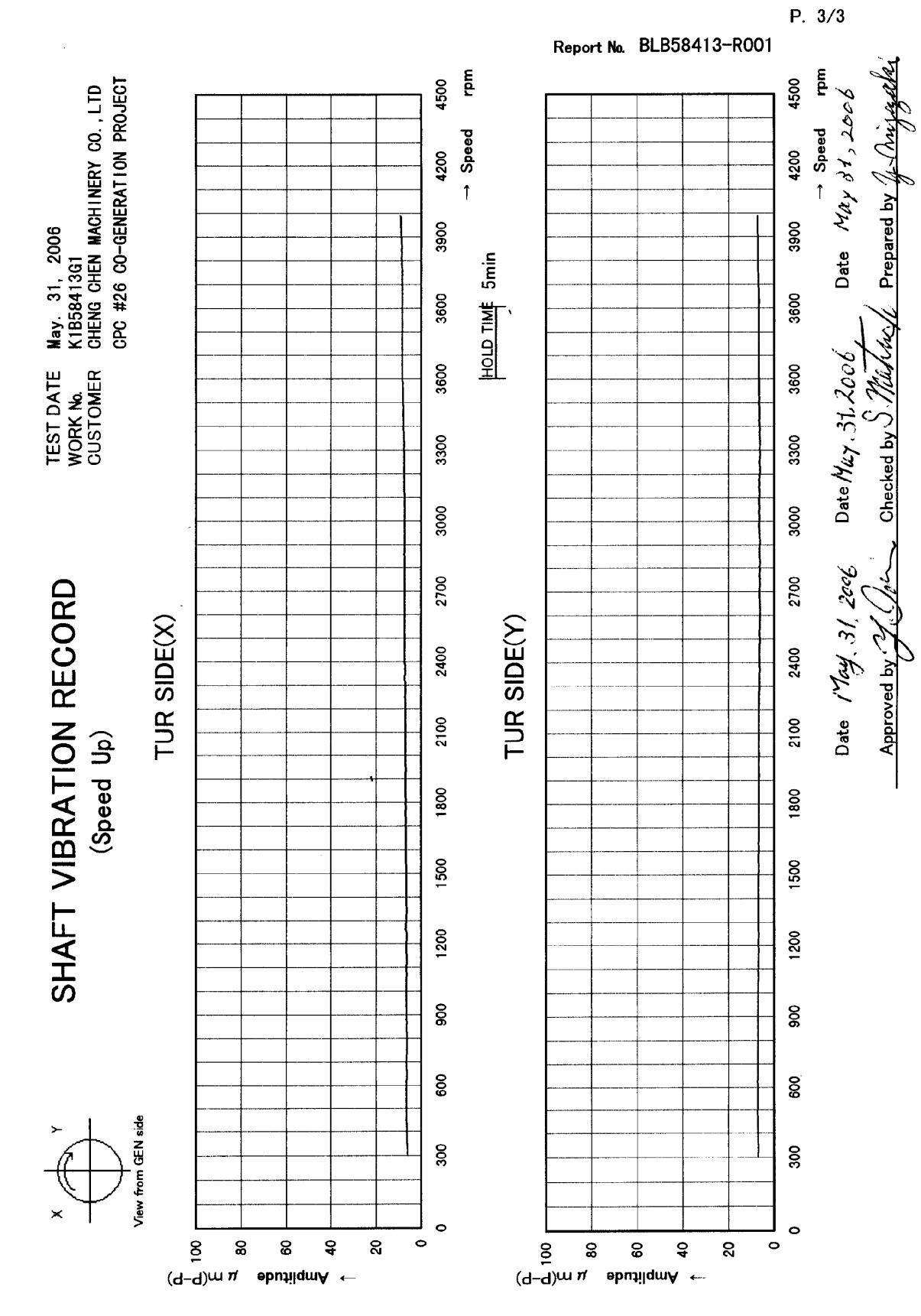
圖四

透平機轉子動態平衡測試主要目的是測試轉子於升速過程至額定轉速(3600rpm)及111%(3996rpm)額定轉速之轉子狀況，#26TG 轉子重量為 13,467kg，使用 DH-10S (made in Germany)平衡機作測試，以 BENTLY NEVADA 振動量測儀作量測，在真空度 759mmHg 以下之條件作測試。測試過程直接由迴轉速度(300RPM)以每分鐘 200 RPM 之速度提到額定轉速(3600rpm)，在額定轉速(3600rpm)保持 5 分鐘，確定轉子沒問題再提到 111%(3996rpm)額定轉速，並保持 2 分鐘觀察其振動值之情形(升速曲線如圖五)。做完測試再降回迴轉速度(300RPM)。

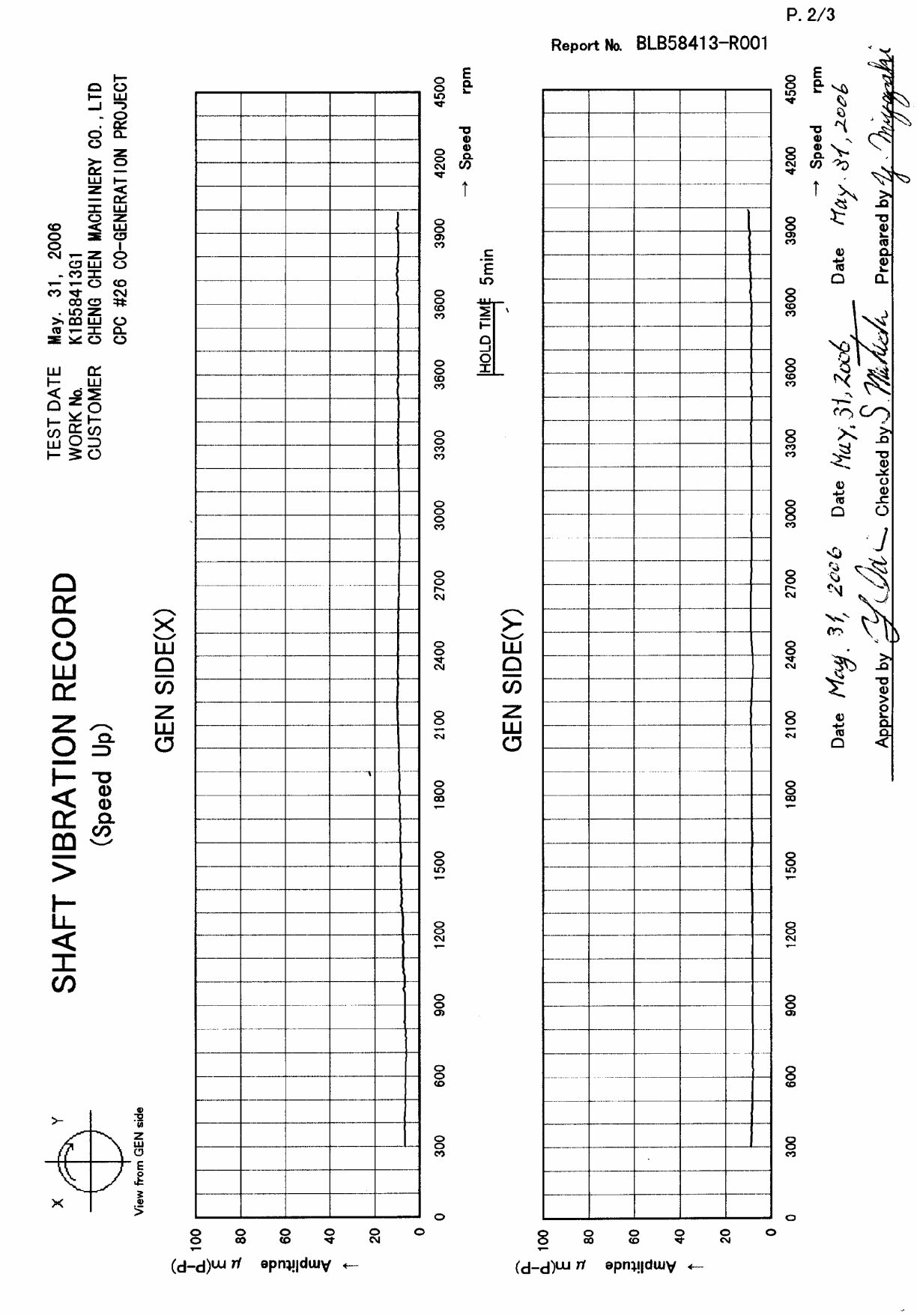


圖五

測試結果振動值在 Turbine Side ，X/Y 振幅值(Peak-Peak)如圖六，靠 Generator Side X/Y 振幅值(Peak-Peak)如圖七。圖八為量測振動信號接到大面板 LCD，供客戶觀看之畫面。


P. 3/3
Report No. BLB58413-R001
SHAFT VIBRATION RECORD
(Speed Up)
TEST DATE May. 31, 2006
WORK No. K1B58413G1
CUSTOMER CHENG CHEN MACHINERY CO., LTD
CPC #26 CO-GENERATION PROJECT
X
Y
View from GEN side
TUR SIDE(X)
TUR SIDE(Y)
HOLD TIME 5min
→ Speed rpm
→ Amplitude μm(P-P)
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
2400
2700
3000
3300
3600
3900
4200
4500
20
40
60
80
100
Date May. 31, 2006
Approved by
Date May. 31, 2006
Checked by
Date May 31, 2006
Prepared by

圖六


P. 2/3
Report No. BLB58413-R001
SHAFT VIBRATION RECORD
(Speed Up)
TEST DATE May. 31, 2006
WORK No. K1B58413G1
CUSTOMER CHENG CHEN MACHINERY CO., LTD
CPC #26 CO-GENERATION PROJECT
X
Y
View from GEN side
GEN SIDE(X)
GEN SIDE(Y)
HOLD TIME 5min
Amplitude μm(p-p)
→ Speed rpm
0
20
40
60
80
100
300
600
900
1200
1500
1800
2100
2400
2700
3000
3300
3600
3900
4200
4500
Date May. 31, 2006
Date May. 31, 2006
Date May. 31, 2006
Approved by
Checked by
Prepared by

圖七

圖八

研討汽輪機控制概念及相關控制邏輯,

(1)速度控制器(Turbine Speed Controller,65F)

從汽機啟動(Start up)至同步並聯使用速度控制器, 可由 DCS/TGR-CRT(汽機操作 HMI)改變設定點。發電機並聯後不再使用速度控制器而切換至發電量控制器(Generator Output Power Controller)。

(2)發電量控制器(Generator Output Power Controller,65P) , APC (Automatic Power Control)

發電機並聯後使用發電量控制器控制發電機輸出電量, 可由 DCS/TGR-CRT(汽機操作 HMI)改變設定點, 在 APC (Automatic Power Control)控制模式下執行自動發電量控制, 不受外在電力系統頻率影響, 也不受蒸汽系統壓力、溫度變化影響發電量 。

(3)自動頻率控制、AFC(Automatic Frequency Control)。

當#26G 與台電迴路斷路（只有鍋爐及水塔之電力負載）, 或變電所和台電解聯林園石化廠電力系統自成一單獨之電力系統, 都稱為獨立運轉〔ISLAND OPERATION〕, #26G 執行自動頻率控制之功能。

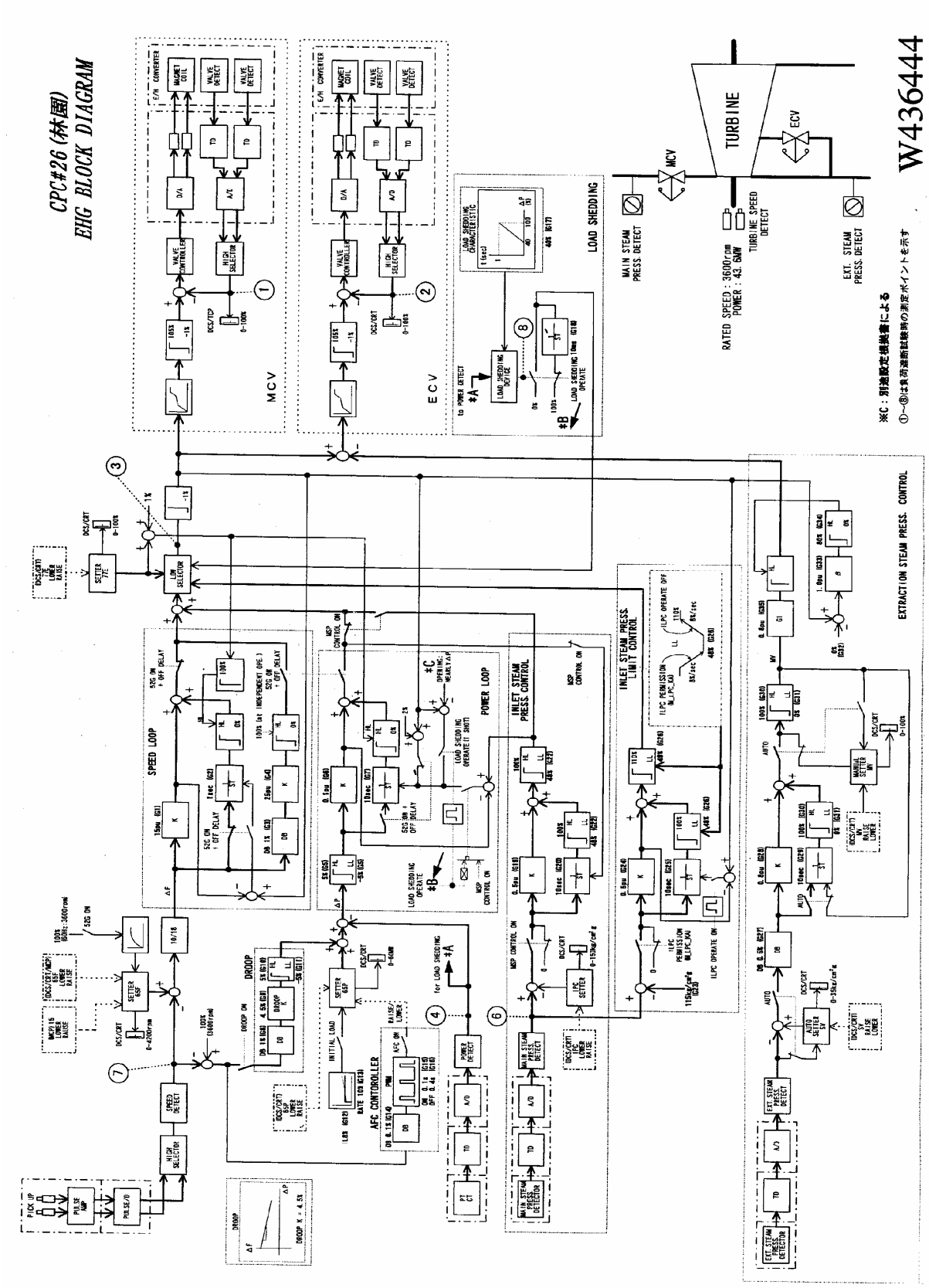
(4)主蒸汽壓力控制 IPC (Turbine Main Steam Pressure Control), 主蒸汽壓力限制器 IPLC (Turbine Main Steam Pressure Limiting Controller)

正常情況時主蒸汽壓力由鍋爐控制, 只有在鍋爐異常或系統有需要時汽機才會使用主蒸汽壓力控制。而鍋爐異常造成主蒸汽壓力低於主蒸汽壓力限制器設定點時, 汽輪發電機組自動降發電量因應, 以保護機組且避免高壓蒸汽系統壓力持續下降。

(5)抽汽壓力控制器(Extraction Steam Pressure Controller)

控制抽汽之壓力, 發電量大於額定 30%才可使用抽汽壓力控制。

詳細控制邏輯（Fuji 當天提供）如圖九


CPC#26 (林園)
EHG BLOCK DIAGRAM
MCV
ECV
TURBINE
LOAD SHEDDING
SPEED LOOP
POWER LOOP
INLET STEAM PRESS. CONTROL
INLET STEAM PRESS. LIMIT CONTROL
EXTRACTION STEAM PRESS. CONTROL
AFC CONTROLLER
DROOP
MAIN STEAM PRESS DETECT
RATED SPEED : 3600rpm
POWER : 43. 6MW
TURBINE SPEED DETECT
EXT. STEAM PRESS. DETECT
W436444

圖九

研討發電機自動電壓調整(Automatic Voltage Regulation) 控制概念及相關控制邏輯發電機激磁系統為 PMG(永磁式)無刷式之設計，採用 Fuji TGR(SX) 數位式電壓調整器，其主功能有

(1)電壓設定(Voltage Setter, 90A)

當 AVR 於自動模式時，電壓設定(90A)能自動控制啟動時之初始電壓，若於自動並聯模式，自行調整比較母線電壓完成並聯，並聯後調整發電機無效功率(Reactive Power)。

(2)磁場電流調整(Field Current Setter, 90M)

手動模式時激磁電流調整又稱為手動電壓調整(MVR, 90M)。

(3)功因控制 (Automatic Power Factor Regulation, APFR)

選擇功因控制時，當昇降有效功率時無效功率會跟著昇降，控制功率因數於設定值。

(4)無效功率控制 (Automatic Reactive Power Regulation, AQR)

選擇無效功率控制時，控制無效功率於設定值，當昇降有效功率時無效功率不受影響。發電機在調控 AVR(Automatic Voltage Regulation)時，可改變無效功率及功率因數，操作者可視實際需要選擇控制何者。

(5)自動電壓控制(Automatic Voltage Control, AVC)

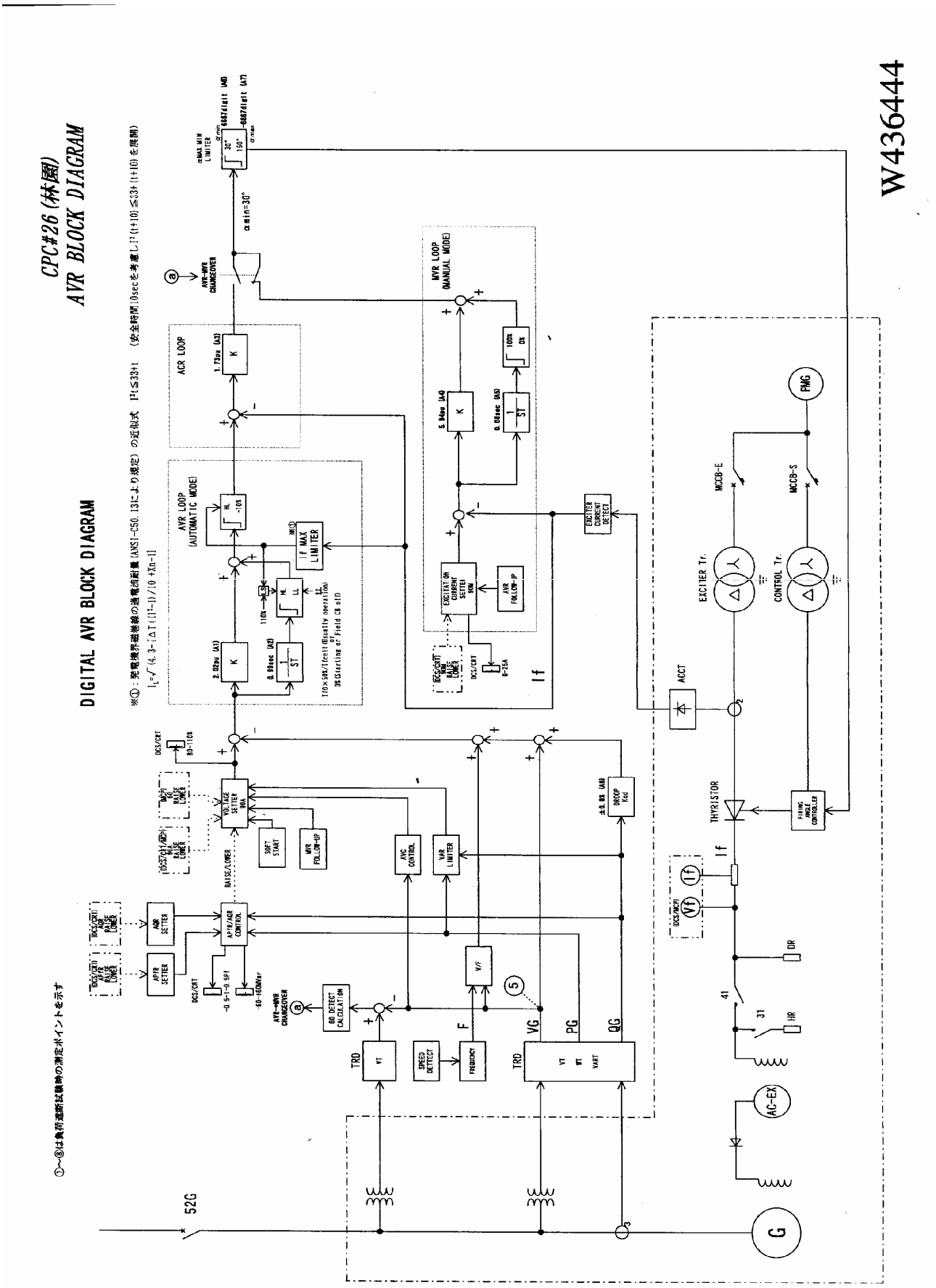
自動電壓控制有別於自動電壓調整(AVR ,Automatic Voltage Regulation)，AVC 作用定位在解聯後讓廠內系統母線維持一穩定電壓(11.95kV)。

(6)無效功率限制 (Lead and Lag Reactive limits, 91Q)

調整激磁可以改變同步發電機滯後(Lag)無效功率或超前(Lead)無效功率，正常時操作在滯後(Lag)無效功率，且在發電機圓功率曲線內，提供無效功率至系統。無效功率限制 (91Q)是在限制激磁之操作範圍。

詳細控制邏輯（Fuji 當天提供）如圖十

另外發電機的部份於稍早（2 月）已完成動平衡測試及振動量測，發電機開路、短路及相關測試（3 月）。富士(Fuji)電機提供相關測試報告及測試方法，如圖十二為發電機短路測試(Short Circuit)示意圖，及現場查核發電機定子（如圖十二）、轉子（如圖十三）。


CPC#26 (林園)
AVR BLOCK DIAGRAM
DIGITAL AVR BLOCK DIAGRAM
W436444
AVR LOOP (AUTOMATIC MODE)
ACR LOOP
MVR LOOP (MANUAL MODE)
VOLTAGE SETTER
APFR/ACR CONTROL
AVR SETTER
APFR SETTER
SOFT START
MVR FOLLOW-UP
AVG CONTROL
VAR LIMITER
DROOP
SPEED DETECT
FREQUENCY
60 DETECT CALCULATION
AVR-MVR CHANGEOVER
EXCITER CURRENT SETTER
EXCITER CURRENT DETECT
AVR FOLLOW-UP
EXCITER Tr.
CONTROL Tr.
THYRISTOR
FIRING ANGLE CONTROLLER
MCCB-E
MCCB-S
ACCT
PMG
AC-EX
52G
G
TRD
VT
VG
PG
QG
F
If
DIR
HR
41
31

圖十

Short circuit characteristics (Generator only)

1. Applied standard.

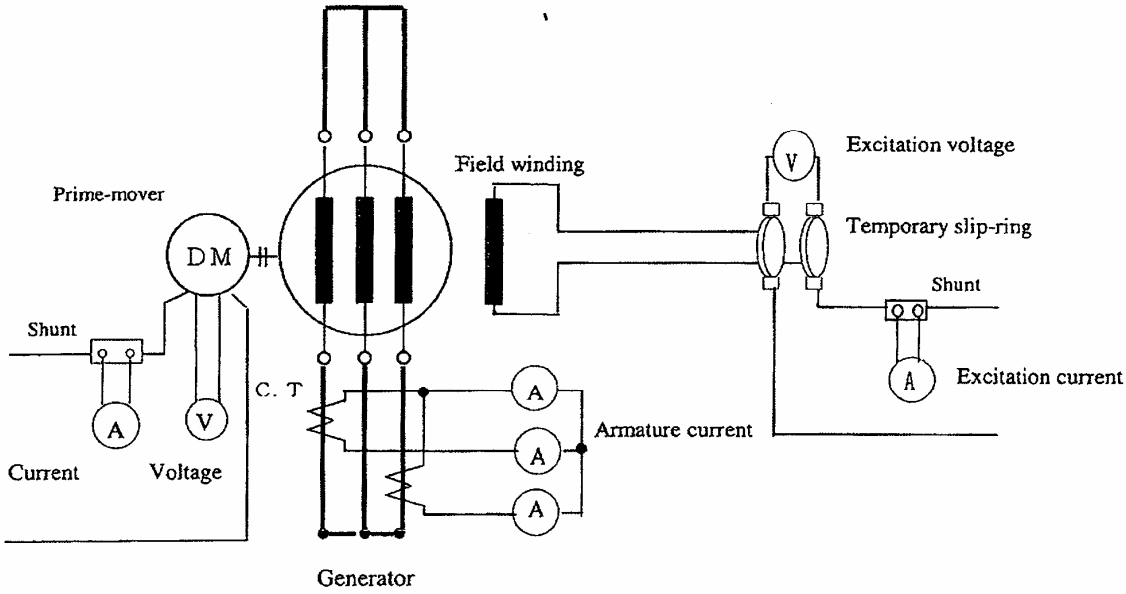
IEC 60034-4

2. Test procedure.

2-1. Measuring items & test equipment.

1)	Armature current	:	C.T & A.C ammeter
2)	Excitation voltage	:	D.C voltmeter
3)	Excitation current	:	Shunt & D.C mV meter
4)	Input voltage of prime-mover	:	D.C voltmeter
5)	Input current of prime-mover	:	Shunt & D.C mV meter

2-2. Test circuit.



2-3. Test condition.

The generator is kept at rated speed by the prime-mover with the terminal short circuited.

The relationship between the armature short-circuit current about 100%, 75%, 50%, 25% of rated current and the excitation current are recorded.

The input power of the prime-mover is recorded at each measuring step.

圖十一

保存年限：3 年
表單核定日：94.12.05
5B0-HRD-06-15

圖十二

圖十三

三、心得

此行除查核汽輪機動平衡(Dynamic Balancing)及汽輪機超速測試(Over Speed Test)外，亦查看汽機高壓/低壓端內外機殼(Inner/Outter Casing)，緊急關斷閥 ESV(Emergency Shutdown Valve)等相關設備，更加了解汽機整體構造。同時藉此難得機會參觀發電機轉子鐵心、轉子線圈繞線製作，及其他形式汽機轉子如 GAS Turbine，大容量機組(600MW) 汽機轉子之製作。

早期汽機控制系統及激磁控制系統往往是分屬不同系統甚至不同廠家，汽機控制從傳統伺服馬達控制到電子式控制器（如 WW505），激磁控制從電路控制到搭配電子式控制。但隨著數位化之進步及可程式控制器(PLC)愈來愈強，廠商把 EHG 及 AVR 整合在 Fuji TGR(SX) 可程式控制器(PLC)上，且有備援(Redundancy)功能，增加系統安全性及可靠性。而汽機附屬設備（如輔助油泵、熱井 Hotwell 液位控制….）在 DCS 上操作，若能整合在同一控制系統就更完善了。

四、建議

1. 目前富士(Fuji)汽機連鎖的設計，只有設計一 On/Off Bypass 開關。選擇於 ” On ” 時當鍋爐跳脫汽機跟著跳脫，選擇於 ” Off ” 時當鍋爐跳脫汽機不跳脫(預期停爐汽機不停時使用)。本廠高壓蒸汽系統是一連通系統(Common Header)，當#26 鍋爐跳爐時，其它鍋爐仍有餘裕情況下，#26 汽輪發電機是不必跳車的，只要立刻降到最小發電量(Initial Load 為 8%額定發電量)，耗用的蒸汽量最小即可。操作者不必忙著處理鍋爐點火又要去兼顧汽機，若高壓蒸汽嚴重不足才手動去跳脫汽輪發電機。
2. 汽機設計規範為壓力 116ata，富士(Fuji) 主蒸汽壓力限制器 IPLC (Turbine Main Steam Pressure Limiting Controller)設定於 106ata，目前廠內高壓蒸汽約維持在 103~106ata，故汽機主蒸汽壓力限制器限制值應作適當修正。