

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：開會/實習)

氣渦輪機組燃燒效能調校技術(實習)

服務機關：台灣電力公司

出國人職稱：機械工程師

姓名：李亦堅

出國地區：德國

出國日期：103年11月4日至11月13日

報告日期：104年1月7日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：氣渦輪機組燃燒效能調校技術(實習)

頁數 44 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/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

李亦堅/台灣電力公司/綜合研究所/機械研究專員/8078-2293

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會)

出國期間：103.11.4~103.11.13

出國地區：德國

報告日期：104.1.7

分類/號目：

關鍵詞：氣渦輪機 (Gas Turbine)、複循環發電機組 (Combined Cycle Power Plant)、燃燒 (Combustion)、效能 (Performance)

內容摘要：(二百至三百字)

目前本所技術協助公司所屬複循環機組電廠之氣渦輪機 (Gas Turbine) 燃燒穩定性調校工作中，如何能在燃燒穩定性調校中維持機組效能不變。本所自民國 98 年起積極推動氣渦輪機 (Gas Turbine) 燃燒穩定性調校技術並技術轉移至各電廠，期間赴國外原廠及經驗廠家實習相關之關鍵技術以期建立 GT 運轉維護之關鍵性技術，經多年研究經驗與成果建立出氣渦輪機效能分析與改善核心技術，此方面技術與應用在製造廠家或具經驗之監診廠家已是成熟技術，因此本次出國實習「氣渦輪機組燃燒效能調校技術」為補強目前核心技術之應用。

本次出國實習工作內容為：

- 學習 SIEMENS 公司如何進行氣渦輪機組燃燒效能調校:其公司利用監診技術配合其發展之性能調校技術為客戶服務，此應用技術在國外之氣渦輪機已使用多年，目前綜合研究所在氣渦輪機燃燒穩定性調校技術研發中已有多項成果，通霄及南部電廠已陸續自行開發即時監測與分析系統，赴國外實習相關技術,相互觀摩與學習對實質之氣渦輪機組燃燒效能調校能力助益甚大。
- 學習 SIEMENS 公司如何對其 GT V84.2 機種進行燃燒效能調校:僅依賴機組運轉數據或統計分析是無法完整分析機組性能，必須配合氣渦輪機設計理論之效能分析與計算，才有足夠資訊進行機組燃燒效能調校改善措施。目前公司興達與南部電廠擁有 21 部 SIEMENS 公司 GT V84.2 機種，藉由原廠擁有的技術與服務能力，學習其效能調校技術將可直接應用於電廠。

實習心得總結報告為

本次實習氣渦輪機組早期預警技術，藉由實地系統架設之觀摩實習及與技術人員技術之交流，可充分了解與學習氣渦輪機組效能調校領域、項目及使用技術。

複循環氣渦輪機組具有高效率、低污染，快速啟動之優點，但其燃料與維護成本遠較燃煤火力發電機組為高。節省維護費用及提

高機組效率為提升氣渦輪機組營運績效重要目標之一。自 99 年起進行氣渦輪機燃燒穩定性調校技術建立完成後，著眼於公司致力於提升發電機組效能與可用率政策下，進而開發進階之氣渦輪機性能分析與調校技術，用以提升氣渦輪機機組效能與可用率。這些年陸續開發完成氣渦輪機即時運轉數據監測與性能分析系統，並已於部分機組建置。102 年完成短期計畫目標之建立氣渦輪機燃燒穩定度調校技術外，對中長期任務‘如何提升機組效能’之開發，同年年底完成自行設計開發之『氣渦輪機性能分析軟體』。目前本項技術開發，為結合燃燒穩定度調校技術、即時監測分析系統及性能分析軟體…等歷年研究成果，藉由整合研發技術與效能計算分析工具，將可對氣渦輪機機組進行性能調校與提升等實務性工作，相對地學習更成熟技術亦為一重要工作。目前國內並無具有大型發電氣渦輪機組燃燒效能調校技術，為期能落實機組效能調校技術，以具有自主效能提升調校核心技術與能力，赴國外具經驗廠家或電廠學習其施行多年之效能調校技術是件非常重要的學習途徑，對知識的來源與技術的發展建立有關鍵性之影響，很慶幸能有機會多次赴國外學習大型發電氣渦輪機組相關技術，得以將實習獲得之知識、技術與正確開發架構應用於機組效能提升。

赴國外實習氣渦輪機組早期預警技術之最佳拜訪對象為氣渦輪機組製造商，在世界各國火力發電機組發展之先進複循環機組中，發電業者與製造商已不僅止於機組建構及備品提供，為維護先進複循環機組高效率、高可用率及低污染排放之性能，發電業者與製造商進行之機組性能維護技術交流與服務已是必然之手段。

基本上，製造商提供之機組性能維護技術與服務，必須要有深厚之設計與理論基礎，並配合機組運轉特性。製造商藉由機組運轉

數據結合機組設計理論，可提供發電業者複循環機組之高效率、高可用率及低污染排放之服務。經本次實習後，更能確定目前開發之氣渦輪機組效能調校提升技術之實用價值，針對未來電業自由化後，應用範圍將可推廣服務對象至國內民營電廠及國外相關電廠，進行效能提升業務。

本次出國實習氣渦輪機組早期預警技術之建議：

氣渦輪機燃燒動態之複雜性及受上下游組件、條件改變影響甚大，機組之更新案不再只是單一元件或性能改善，潛在影響因素須有完善之全盤評估。為維護先進複循環機組高效率、高可用率及低污染排放之性能，建議公司

1. 複循環機組性能進行追蹤與記錄：目前傳統上僅針對最大負載、基載效率、運轉時數等進行記錄。為能有效提升機組效能、評估機組維護改善工程必要性，監診機組各組件(Compressor、Combustor、Turbine、HRSG、Steam Turbine、Condensor 等)有其必要性。對於機組事故之肇因分析與改善措施、機組運轉性能劣化之早期預警、機組重要組件更新案之機組性能影響整體評估等具有實質之貢獻。
2. 機組發電成本影響因素量化：機組發電成本中，燃料使用成本佔重大比例，燃料使用率受機組性能(性能劣化、機件故障)、運轉模式(部分負載、AGC)、環境條件(氣溫、濕度、大氣壓力)等因素影響，有效量化燃料使用成本中以上各項佔有比例，此為提升機組性能、電廠發電競價計算、或經濟性調度重要指標。
3. 機組性能監診中心建立：專職負責較專業之氣渦輪機性能調校技術支援、機組事故之肇因分析與改善措施、機組運轉性能劣化之

早期預警、機組重要組件更新案之機組性能影響整體評估、電廠操作實務之理論提升…等工作，將其實務與理論之專業技術統籌由單一部門負責。對各複循環電廠而言，降低機組事故率，可更專心於機組運轉維護工作，專業性維護、改善、更新及調校工作，由監診中心技術支援；對公司整體而言，公司之不同廠家複循環機組性能維護與提升工作由單一監診中心負責技術支援，節省重複人力，有效率預防機組事故發生及發生後快速排除、整體評估機組性能後，由有限預算進行機組有效更新、建立核心技術為公司有效之無形資產，為因應未來電業自由化後之自由市場競價機制，監診中心可發揮提升整體效能，進行機組效能及經濟性之有效與安全調度。

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

實習氣渦輪機組早期預警技術

目 錄

出國報告審核表	II
出國報告提要	III
目錄	VIII
圖表目錄	IX
壹、實習目的與行程	1
1.1 緣起與目的	1
1.2 行程與內容	3
1.2.1 行程	
1.2.2 行前規劃及實習內容	
貳、實習內容與心得	7
參、綜合結論與建議	14
肆、參考文獻	17
附圖	18

圖表目錄

圖目錄

圖 1 SIEMENS 監診中心各地分佈示意圖	18
圖 2 監診中心功能架構示意圖	18
圖 3 遠端性能分析流程架構與處理流程範例圖	19
圖 4 西門子公司監診功能架構示意圖	19
圖 5 西門子公司監診處理流程示意圖	20
圖 6 西門子公司開發之客戶端之架構流程圖	20
圖 7 西門子公司開發之機組效能分析性能圖	21
圖 8 西門子公司開發之分析軟體(TDY)架構圖	21
圖 9 西門子公司可透過 T3000 進行 TDY 分析工作示意圖	22
圖 10 TDY 前端模組 TDY online 功能示意圖	22
圖 11 TDY 前端模組 TDY online 計算處理流程示意圖	23
圖 12 TDY 前端模組 TDY online 之分析計算準則示意圖	23
圖 13 SIEMENS 監診中心之遠端軸振動平衡服務示意圖	24
圖 14 TDY online 分析功能案例示意圖(1)	24
圖 15 TDY online 分析功能案例示意圖(2)	25
圖 16 TDY online 分析功能案例示意圖(3)	25
圖 17 TDY online 分析功能案例示意圖(4)	26
圖 18 TDY online 分析功能案例示意圖(5)	26
圖 19 TDY online 分析功能案例示意圖(6)	27
圖 20 TDY 前端模組 TDY validation 計算處理流程示意圖	27
圖 21 TDY validation 分析功能展示之一簡單管流分流檢測案例 ...	28
圖 22 TDY validation 分析功能檢驗機組訊號感測傳輸示意圖	28
圖 23 TDY offline 計算分析案例示意圖(1)	29

圖 24 TDY offline 計算分析案例示意圖(2)	29
圖 25 材料疲勞破壞監測與分析應用模組示意圖	30
圖 26 PD 機組可用率壽明評估與分析應用模組示意圖	30
圖 27 機組汙染排放分析應用模組示意圖	31
圖 28 西門子公司為客戶端之服務案例示意圖	31
圖 29 目前進行之氣渦輪機燃燒性能調校技術架構示意圖	32
圖 30 上機實習：PD 效能調校模組畫面	32
圖 31 上機實習：PD 多效能調校模組畫面	33
圖 32 上機實習：西門子專家解說如何操作系統	33
圖 33 上機實習：專家教授性能分析功能與診斷調校方法	34
圖 34 上機實習：本次實習之實際操作系統	34

壹、實習目的與行程

1.1 緣起與目的

目前研究工作中，主要為協助公司所屬複循環機組電廠之氣渦輪機（Gas Turbine）燃燒穩定性調校，如何能在燃燒穩定性調校中維持機組效能不變為目前技術開發重點。本所自民國 98 年起積極推動氣渦輪機（Gas Turbine）燃燒穩定性調校技術並技術轉移至各電廠，期間赴國外原廠及經驗廠家實習相關之關鍵技術以期建立 GT 運轉維護之關鍵性技術，經多年研究經驗與成果建立出氣渦輪機效能分析與改善核心技術，此方面技術與應用在製造廠家或具經驗之監診廠家已是成熟技術，因此本次出國實習「氣渦輪機組燃燒效能調校技術」為補強目前核心技術之應用。

本次出國實習 SIEMENS 公司如何進行氣渦輪機組燃燒效能調校，其公司利用監診技術配合其發展之性能調校技術為客戶服務，此應用技術在國外之氣渦輪機已使用多年，目前綜合研究所在氣渦輪機燃燒穩定性調校技術研發中已有多項成果，通霄及南部電廠已陸續自行開發即時監測與分析系統，赴國外實習相關技術，相互觀摩與學習對實質之氣渦輪機組燃燒效能調校能力助益甚大。

此外，學習 SIEMENS 公司如何對其 GT V84.2 機種進行燃燒效能調校，僅依賴機組運轉數據或統計分析是無法完整分析機組性能，必

須配合氣渦輪機設計理論之效能分析與計算，才有足夠資訊進行機組燃燒效能調校改善措施。目前公司興達與南部發電廠擁有 21 部 SIEMENS 公司 GT V84.2 機種，藉由原廠擁有的技術與服務能力，學習其效能調校技術將可直接應用於電廠。

實習氣渦輪機組效能提升核心技術之主要規劃：

(100年度)：氣渦輪機組燃燒效能改善技術。

主要對氣渦輪機組燃燒控制與調校技術學習與燃燒調校方法之提升。

成果：建立公司電廠人員對氣渦輪機組燃燒控制理論與調校技術認知。

(101年度)：氣渦輪機組燃燒效能監測診斷技術。

主要對氣渦輪機組燃燒效能監測系統之建置與監測診斷技術學習與提升。

成果：建立通霄與南部電廠氣渦輪機燃燒效能監測系統。

(102年度)：氣渦輪機組早期預警技術技術。

主要對氣渦輪機組燃燒效能監測系統之遠端監測診斷功能之建置與遠端監測診斷技術學習與提升。

成果：建立通霄氣渦輪機組之遠端效能監測系統。

(103年度)：氣渦輪機組燃燒效能調校技術(本次出國實習之目的)。

本次出國實習 SIEMENS 公司如何進行氣渦輪機組燃燒效能調校，補強目前核心技術之應用。

目標：針對氣渦輪機組燃燒效能調校分析技術，補強目前核心技術之架構與分析功能。

本年度為執行氣渦輪機組燃燒效能調校技術。

1.2 行程與內容

1.2.1 行程

日期	地點	拜訪公司討論內容
11/4~5	去程	
11/6~8 (含1日 例假)	西門子 Power Diagnostic Center	1. 學習 SIEMENS 公司如何進行氣渦輪機組燃燒效能調校。 2. 學習與參觀氣渦輪機組燃燒效能調校監診中心
11/9~11 (含1日 例假)	西門子 GT design Center	學習 SIEMENS 公司如何對其 GT V84.2 機種進行燃燒效能調校之應用實務
11/12~13	返程	

1.2.2 行前規劃及實習內容

1.2.2.1 行前規劃實習主題

此次依出國任務之主題聯繫本公司複循環機組 GT 製造商-SIEMENS，出國前規劃相關實習內容並與實習公司聯絡相關細節，其主要內容如下：

1. 提出實習拜訪之需求

Dear Miss Renate,

I plan to survey the performance diagnostic technology of gas turbine. Could you arrange a visit to your power diagnostics fleet to know more about your performance diagnostic system and service?

I had visited Berlin in 2011 for the evolution of GT V84.2 upgrade project and for your modern GT of SGT-8000H in 2013. Recently, I engaged in a survey of unit performance diagnostics and O/M optimization. I know that you have the power diagnostics service. If it is convenient, I like to take a trip to discuss with your experts about cc's diagnostics in December 2014. In Taiwan, Taiwan Power Company may not be the only one electric maker in the future of Taiwan power electricity market. The impact of electricity liberalization will lead to another consideration for the GT maintenance. For the cost saving, I will survey the merit of any helpful methods to improve our power plants' performance.

Sincerely Yours truly,

Dr.I-Chien Lee

李亦堅

Energy Research Laboratory, TPC

84, Ta-an Rd., Shulin
New Taipei, Taiwan 23847
R.O.C.

2. 經同意後，提出本次拜訪實習之主要工作內容

Dear Mr. Julian,

Thanks for your kind arrangement to visit SIEMENS in Germany. I had visited Erlangen in 2013 for the evolution of diagnostic service and for your modern GT of SGT-8000H. For this time, I have interest in your performance diagnostic service of the cc and the related technology in Berlin. In TPC, We have 9 units of SIEMENS CC includes 21 GTs of V84.2. These are in services over 15 years. We need services/technology for the root-cause diagnosis of performance issues and related corrective actions for our cc power plants.

In the 2014 early, the supplier of GP Strategies' Energy Services presented the EtaPRO Performance & Condition Monitoring System and has abilities to improve the performance and profitability of combined cycle power generation plant in TPC. In the same services, what can SIEMENS do for your CCs serviced in TPC?

I got messages in your presentations of diagnosis services in Erlangen last year. Could you have more detailed description and cases demo as below.

- scheduled outages
- performance and operating optimizations
- plant operating support
- consistent refurbishments
- timely reinvestments

We know that the performance diagnosis and improvement is very important to power plant. For the supervisor level of company management with multi-type CCs serviced in TPC, how can we use performance diagnosis technology to get better benefits specifically in economics? It just like that performance diagnosis services of SIEMENS

cc can enable electricity demand to be met with electricity generation optimally, both as regards economics and reliability.

If I have more time of this invitation trip, I am interested in T3000 control system how to use in your modern GT of SGT-8000H

Sincerely Yours truly,

I-Chien Lee

李亦堅

Energy Research Laboratory, TPC

84, Ta-an Rd., Shulin

New Taipei, Taiwan 23847

R.O.C.

貳、實習項目與心得

本次實習主要瞭解西門子氣渦輪機之氣渦輪機組燃燒效能調校，赴西門子 Power Diagnostics Center 去瞭解其應用與技術為最佳之學習途徑，並實習氣渦輪機性能調校技術。在本次實習內容之時程上，首先與西門子監診中心技術人員進行技術研討與交流，再赴監診中心現場實際觀摩及上機學習調校技術，最後再拜會氣渦輪機性能監診設計人員學習其設計應用理念與經驗。在本報告中為能在說明敘述上能有較容易循序瞭解，其順序上先介紹氣渦輪機組燃燒效能調校特性，接續說明技術架構以及其應用，最後說明如何將所見所聞應用在目前工作上，以達到實習之目的。

氣渦輪機組燃燒效能調校的功能主要為針對燃氣輪機，蒸汽輪機，餘熱回收鍋爐和發電機等電廠主要設備性能進行分析，提供客戶端不同需求之解決方案，以便協助提高電廠的效能和可用性。

氣渦輪機組燃燒效能調校主要在提升效能與降低運轉維護成本，效能調校必須要有運轉資料、分析工具與專業判斷，西門子公司非常強調此點，如圖 2 所示，Operation、Maintenance、Asserts 三者共同架構出機組效益提升。氣渦輪機組燃燒效能調校運作架構可為透過網路將電廠機組及時運轉重要參數數據擷取及初步分析資料傳輸至資料收集中心，經由分析工具及模組進行機組性能分析，並將分析結果及運轉重要參數數據傳送至專家系統，經由專業技術人員進一步分析。

氣渦輪機組燃燒效能調校在西門子公司是由其監診中心團隊(如圖 1 所示)執行，其團隊 依職掌不同主要分為兩大子系統，分別為：

Power Diagnostics Team：主要執行 Power Diagnostics Center 運作，負責工作為

- Data Acquisition
- Data Processing
- Data Analysis
- Deviation Analysis
- Root Cause
- Configuration Expert

Expert Network Team：主要負責分析診斷，人員皆具有理論與實務經驗之專業知識，其專業知識應涵蓋：

- Rotor Dynamics
- Control System
- Thermodynamics
- Combustion
- Fluid Mechanics
- Materials

在上述兩項中，前者處理 online monitoring 數據收集與分析，後者處理 offline diagnostics，兩者匯集之分析結果回報電廠，必要時進行建議改善措施，SIEMENS 運作相關示意圖如圖 7 所示。

在實習當中獲得許多設計之觀念與技術建立之架構與流程，其中較重要及與目前氣渦輪機組燃燒效能調校開發應用有關者，將以圖表

方式說明。

圖 3 為遠端性能分析流程架構與處理流程，此可為未來服務於電廠標準程序參考。

圖 4 為西門子公司監診功能架構示意圖，其分析模組中，與氣渦輪機組燃燒效能調校技術相關的為 ThermoDY Diagnostic & Simulation 分析軟體，簡稱 TDY。在 Inform、Analysis、Act 處理流程中位居分析之關鍵重要地位。

圖 5 為西門子公司監診處理流程，此可為未來服務於電廠標準程序參考，相對目前研發技術已具有資料擷取、分析及報表產出架構。

圖 6 為未來服務客戶端非常好之架構流程圖，不論是公司內或公司外客戶，此可為未來服務標準參考輸出程序。

圖 7 為目前性能診斷、效能提升之完整重要技術藍圖，設備建置、分析工具開發、與專業人員訓練可以此為參考。

圖 8 為西門子公司開發之 ThermoDY Diagnostic & Simulation 分析軟體(TDY)架構，TDY 為一功能非常完整與強大分析工具，使用者必須具備非常專業熱、流、燃燒理論與實務基礎者得以正確使用，此分析軟體僅為西門子公司內部使用。

TDY 架構包括：

- TDY online
- TDY validation
- TDY offline
- TDY 應用
 - ✓ RAM
 - ✓ FMS
 - ✓ EMI

圖 9 為西門子公司可透過 T3000 進行 TDY 分析工作。

圖 10 為 TDY 前端模組 TDY online 功能示意圖，主要包括：

系統元件 TDYonline

- 資料庫

- 資料存儲
- 資料壓縮
- 資料的備份
- 輸出其他資料庫的介面

- 計算

- 模型計算
- 代數公式

- 介面

- 使用者介面
- 結果顯示
- 使用者管理
- 輸出報表

圖 11 為 TDY 前端模組 TDY online 計算處理流程示意圖，主要程序包括：

計算步驟 TDYonline

- 資料讀取
- 穩定狀態檢查
- 資料平均

- 合理性檢查
- KPI 計算
- 期望值計算

上述之流程中之期望值計算與效能調校與經濟性分析具有非常重要之關聯性，其分析計算準則如圖 12 所示。目前本人開發之氣渦輪機組效能分析軟體(GTTDA)亦為以此原則設計完成，104 年將會將 GTTDA 分析軟體擴展成 CCTDA，亦即是圖 13 所示，此次實習獲得之軟體功能擴展藍圖。圖 14 至 19 為 TDY online 分析功能案例，在氣渦輪機組效能分析軟體(GTTDA)中，已具有圖 14、18、19 功能，圖 15、16 功能將列入 104 年研究開發中，圖 17 為一非常好之 GT 熱功循環即時顯示圖，具有非常好之物理性質顯示功能，目前 GTTDA 分析軟體中，已有 T-S 分析計算值，將會參考 TDY online 方法列入分析圖表中。

圖 20 為 TDY 前端模組 TDY validation 計算處理流程示意圖，主要程序包括：

計算步驟 TDY validation

- 資料讀取
- 穩定狀態檢查
- 資料平均
- 合理性檢查
- KPI 計算
- 期望值計算
- 資料調整

上述之 TDY validation 計算處理流程與 TDY online 計算處理流程之唯一差異性在於有效值之確認與調整，此項在目前 GTTDA 分析軟

體設計開發中，已併入程式中可能發生處進行確認處理，在處理機組即時傳入之運轉數據，此程序非常重要，正確處理可使分析計算結果正確，並可檢驗機組訊號感測傳輸正確性與判定是否故障。圖 21 為 TDY validation 分析功能展示之一簡單管流分流質量流率檢測案例，個人認為 TDY validation 分析功能重要性應放在 GT thermodynamics 上，目前設計開發之 GTTDA 分析軟體既有此分析功能。圖 22 為 TDY validation 分析功能展示之檢驗機組訊號感測傳輸正確性與判定是否故障案例。

圖 23、24 為 TDY offline 計算分析案例示意圖，離線分析計算主要為處理需較複雜理論分析與計算工作，例如功與能之計算。此項為目前設計開發完成之 GTTDA 核心技術。

圖 25、26、27 為架構在 TDY 下之應用模組分析案例示意圖。圖 25 為材料疲勞破壞監測與分析應用模組，分析模組需 TDY 提供壓力、溫度數據進行分析。圖 26 為機組可用率壽命評估與分析應用模組，分析模組需 TDY 提供壓力、溫度、EOH 等數據進行分析。圖 27 為機組污染排放分析應用模組，分析模組需 TDY 提供燃燒溫度、空氣燃料比等數據進行分析，目前設計開發之 GTTDA 分析軟體已著手開發機組性能與氮氧化物(NO_x)關聯性分析模組，針對未來機組性能調校(效能提升或是抑制氮氧化物(NO_x)產生)具有重要指標。

圖 28 為西門子公司為客戶端之服務案例，其專業團隊使用 TDY 分析技術，可提升機組 0.40%效率，每年節省燃料耗損 336,000 歐元，此足以可見具有市場開發性。

為因應 GT 燃燒穩定性調校技術而開發之 GTTDA 分析軟體大致已涵蓋上述重要之核心分析功能，本次實習得以窺得西門子原廠之效能分析全貌，提供補強部分分析功能及規劃分析應用模組，此為此次實

習重大成果。

參、綜合結論與建議

- 本次出國實習氣渦輪機組早期預警技術之結論：

實習心得總結報告為

本次實習氣渦輪機組早期預警技術，藉由實地系統架設之觀摩實習及與技術人員技術之交流，可充分了解與學習氣渦輪機組效能調校領域、項目及使用技術。

複循環氣渦輪機組具有高效率、低污染，快速啟動之優點，但其燃料與維護成本遠較燃煤火力發電機組為高。節省維護費用及提高機組效率為提升氣渦輪機組營運績效重要目標之一。自 99 年起進行氣渦輪機燃燒穩定性調校技術建立完成後，著眼於公司致力於提升發電機組效能與可用率政策下，進而開發進階之氣渦輪機性能分析與調校技術，用以提升氣渦輪機機組效能與可用率。這些年陸續開發完成氣渦輪機即時運轉數據監測與性能分析系統，並已於部分機組建置。102 年完成短期計畫目標之建立氣渦輪機燃燒穩定度調校技術外，對中長期任務‘如何提升機組效能’之開發，同年年底完成自行設計開發之『氣渦輪機性能分析軟體』。目前本項技術開發，為結合燃燒穩定度調校技術、即時監測分析系統及性能分析軟體…等歷年研究成果，藉由整合研發技術與效能計算分析工具，將可對氣渦輪機機組進行性能調校與提升等實務性工作，相對地學習更成熟技術亦為一重要工作。目前國內並無具有大型發電氣渦輪機組燃燒效能調校技術，為期能落實機組效能調校技術，以具有自主效能提升調校核心技術與能力，赴國外具經驗廠家或電廠學習其施行多年之效能調校技術，有其必要性。

赴國外實習氣渦輪機組早期預警技術之最佳拜訪對象為氣渦輪機組製造商，在世界各國火力發電機組發展之先進複循環機組中，

發電業者與製造商已不僅止於機組建構及備品提供，為維護先進複循環機組高效率、高可用率及低污染排放之性能，發電業者與製造商進行之機組性能維護技術交流與服務已是必然之手段。

基本上，製造商提供之機組性能維護技術與服務，必須要有深厚之設計與理論基礎，並配合機組運轉特性。製造商藉由機組運轉數據結合機組設計理論，可提供發電業者複循環機組之高效率、高可用率及低污染排放之服務。

本次實習過程中獲得知識與寶貴資訊，對目前從事之氣渦輪機燃燒性能調校技術建置幫助頗大。如圖 7 為西門子建置之模組架構，依其架構類比至目前進行之氣渦輪機燃燒性能調校技術架構如圖 29 所示。在圖 29 中 Power diagnostic 部分，紅線標示為對資料處理分析部分已建置完成部分並且已實際於電廠運作；而在右邊 Expert network 藍線標示部分為已建置之相關分析模組，人員上也具有專業知識與實務經驗，此次實習可補強已有模組架構功能及擴展尚未建置模組。人員之訓練上，本次實習提供了很好的實習上機練習機會，圖 30 為其效能調校模組畫面，圖 31 為提供多效能調校模組畫面使用者有機會掌控欲分析機組特性，圖 32 為西門子專家解說如何操作系統，圖 33 西門子專家教授性能分析功能與診斷調校方法，圖 34 為本次實習之實際操作系統之數據計算、分析、性能診斷、調教改善措施之運作。

本次出國實習氣渦輪機組早期預警技術之建議：

氣渦輪機燃燒動態之複雜性及受上下游組件、條件改變影響甚大，機組之更新案不再只是單一元件或性能改善，潛在影響因素須有完善之全盤評估。為維護先進複循環機組高效率、高可用

率及低污染排放之性能，建議公司

1. 應對複循環機組性能進行追蹤與記錄：目前傳統上僅針對最大負載、基載效率、運轉時數等進行記錄。為能有效提升機組效能、評估機組維護改善工程必要性，監診機組各組件(Compressor、Combustor、Turbine、HRSG、Steam Turbine、Condensor 等)有其必要性。對於機組事故之肇因分析與改善措施、機組運轉性能劣化之早期預警、機組重要組件更新案之機組性能影響整體評估等具有實質之貢獻。

2. 機組發電成本影響因素量化：機組發電成本中，燃料使用成本佔重大比例，燃料使用率受機組性能(性能劣化、機件故障)、運轉模式(部分負載、AGC)、環境條件(氣溫、濕度、大氣壓力)等因素影響，有效量化燃料使用成本中以上各項佔有比例，此為提升機組性能、電廠發電競價計算、或經濟性調度重要指標。

3. 機組性能監診中心建立：專職負責較專業之氣渦輪機性能調校技術支援、機組事故之肇因分析與改善措施、機組運轉性能劣化之早期預警、機組重要組件更新案之機組性能影響整體評估、電廠操作實務之理論提升…等工作，將具實務與理論之專業技術統籌由單一部門負責。對各複循環電廠而言，降低機組事故率，可更專心於機組運轉維護工作，專業性維護、改善、更新及調校工作，由監診中心技術支援；對公司整體而言，公司之不同廠家複循環機組性能維護與提升工作由單一監診中心負責技術支援，節省重複人力，有效率預防機組事故發生及發生後快速排除、整體評估機組性能後，由有限預算進行機組有效更新、建立核心技術為公司有效之無形資產，為因應未來電業自由化後之自由市場競價機制，監診中心可發揮提升整體效能，進行機組效能及經濟性之有效與安全調度。

肆、參考文獻

Plant diagnostics and optimization of power plants in a competitive market, Siemens

Siemens OGC Operator Guidance Simulator

Website:” <http://www.siemens.com/entry/cc/en/> ”

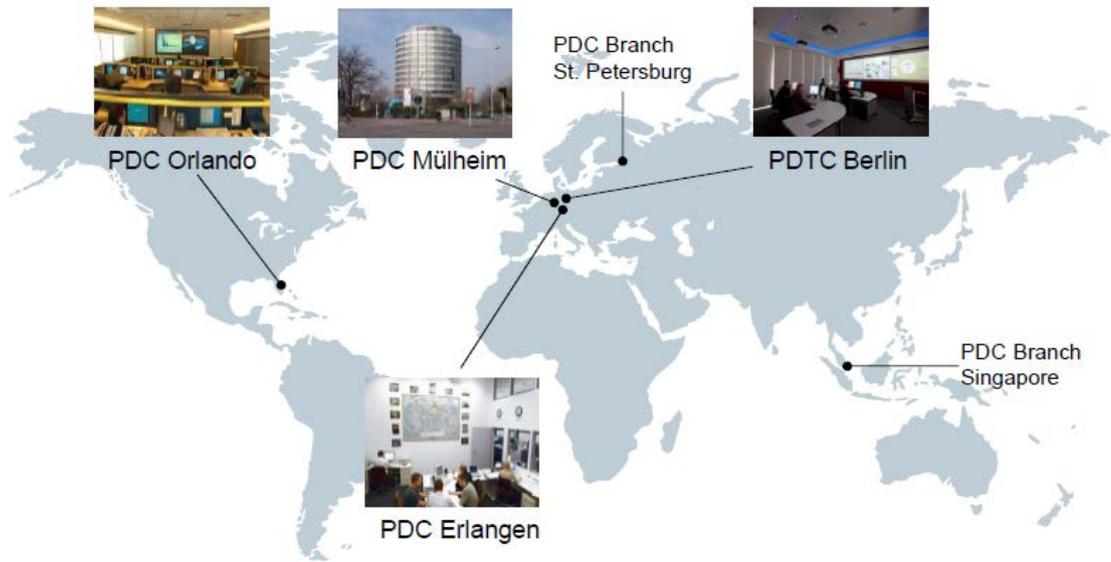


圖 1 SIEMENS 監診中心各地分佈示意圖

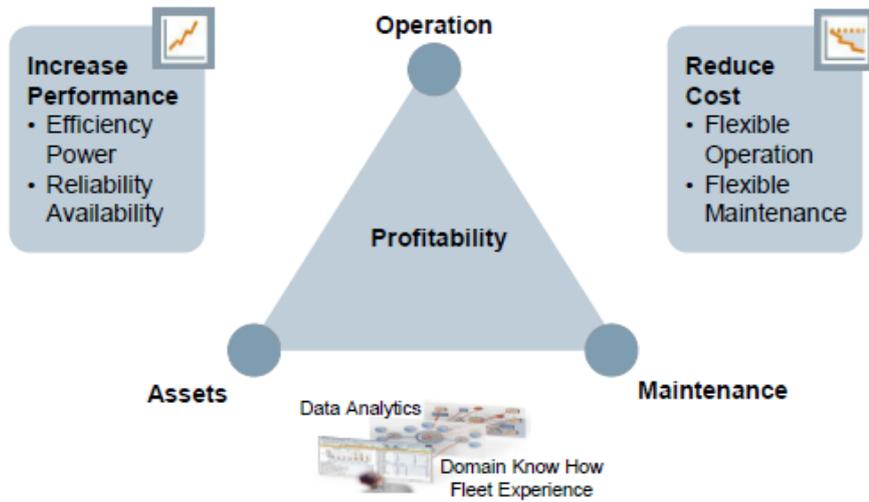


圖 2 監診中心功能架構示意圖

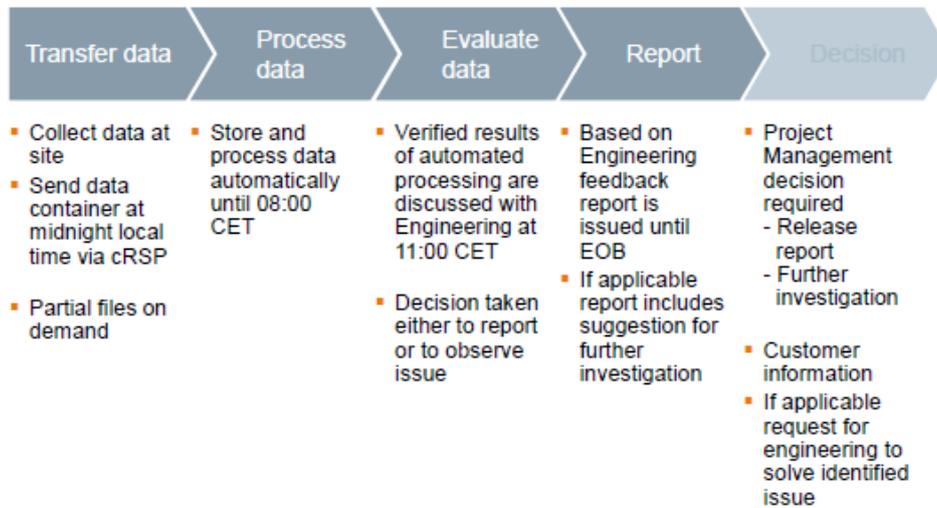


圖 3 SIEMENS 遠端性能分析流程範例圖

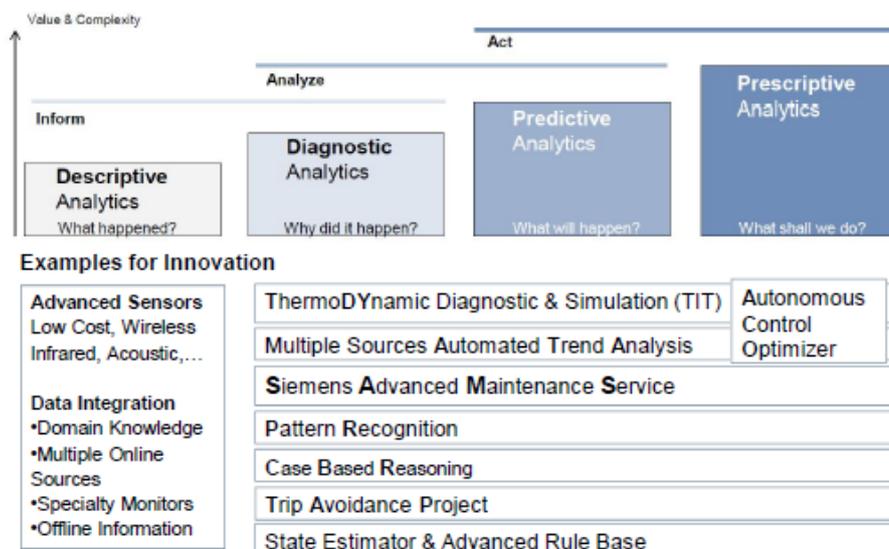


圖 4 西門子公司監診功能架構示意圖

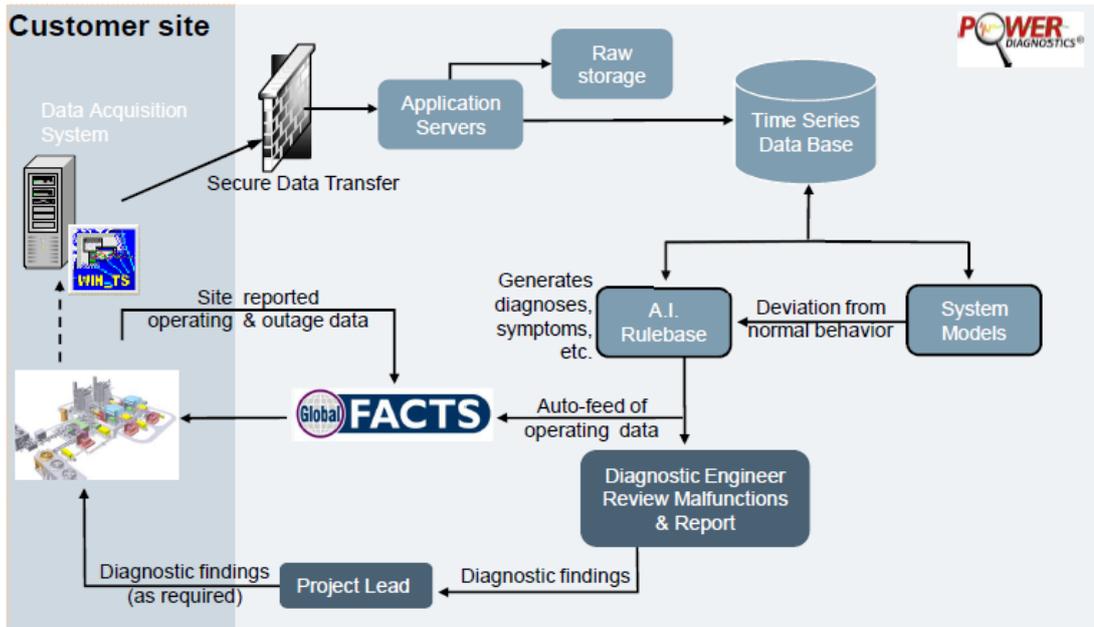


圖 5 西門子公司監診處理流程示意圖

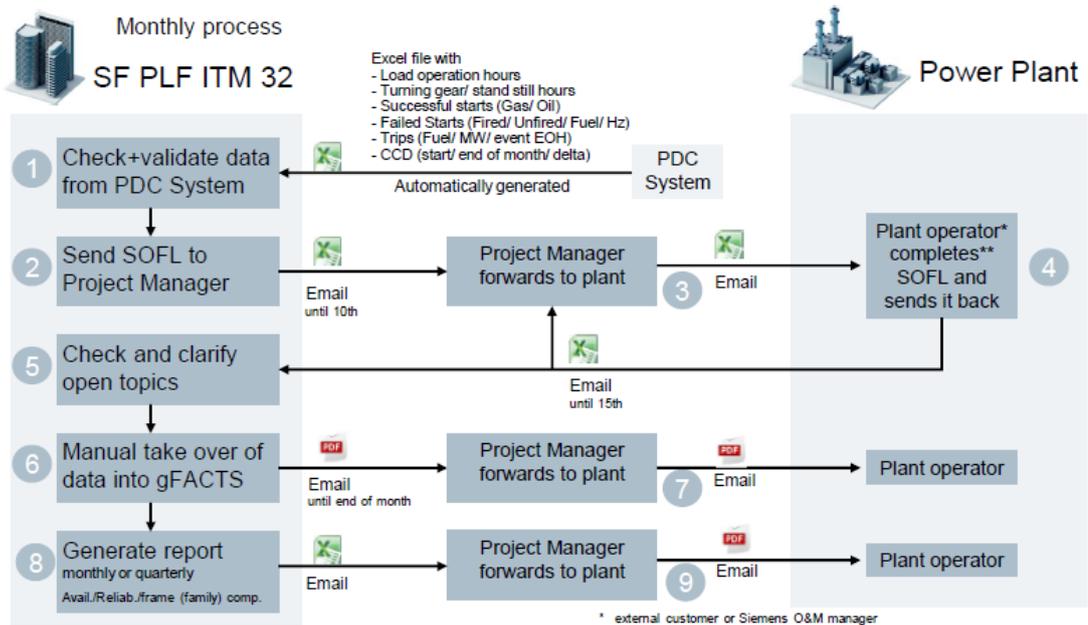


圖 6 西門子公司開發之客戶端之架構流程圖

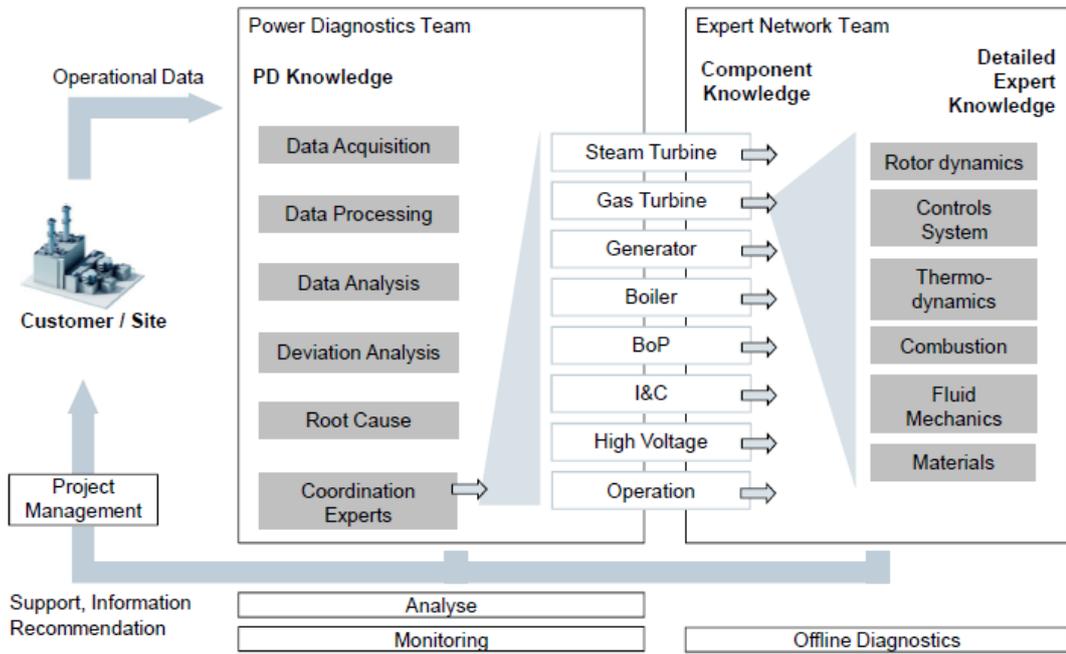


圖 7 西門子公司開發之機組效能分析性能圖

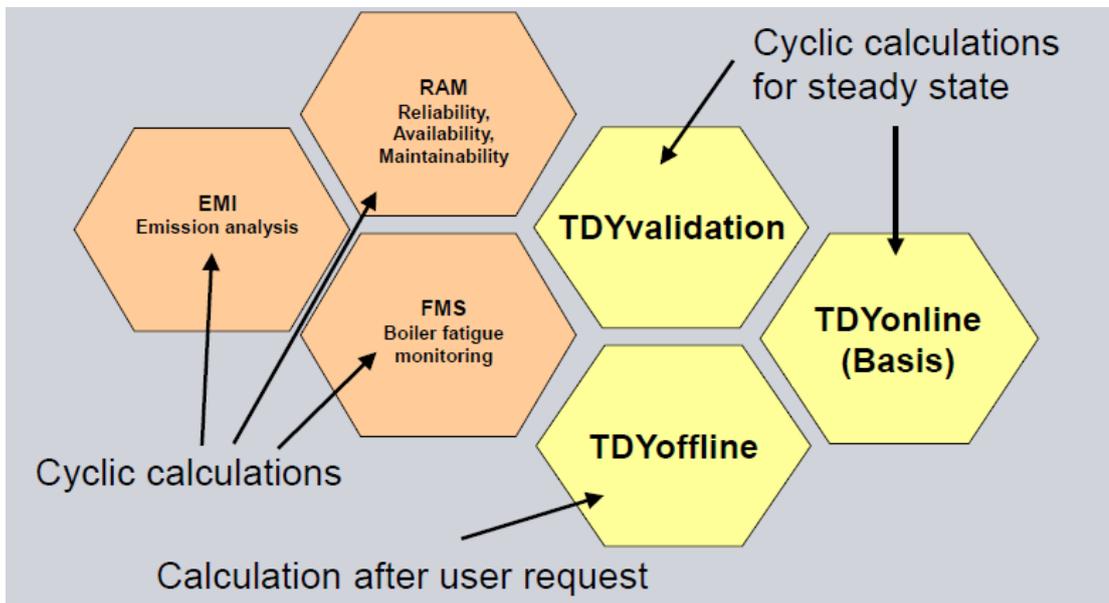


圖 8 西門子公司開發之分析軟體(TDY)架構圖

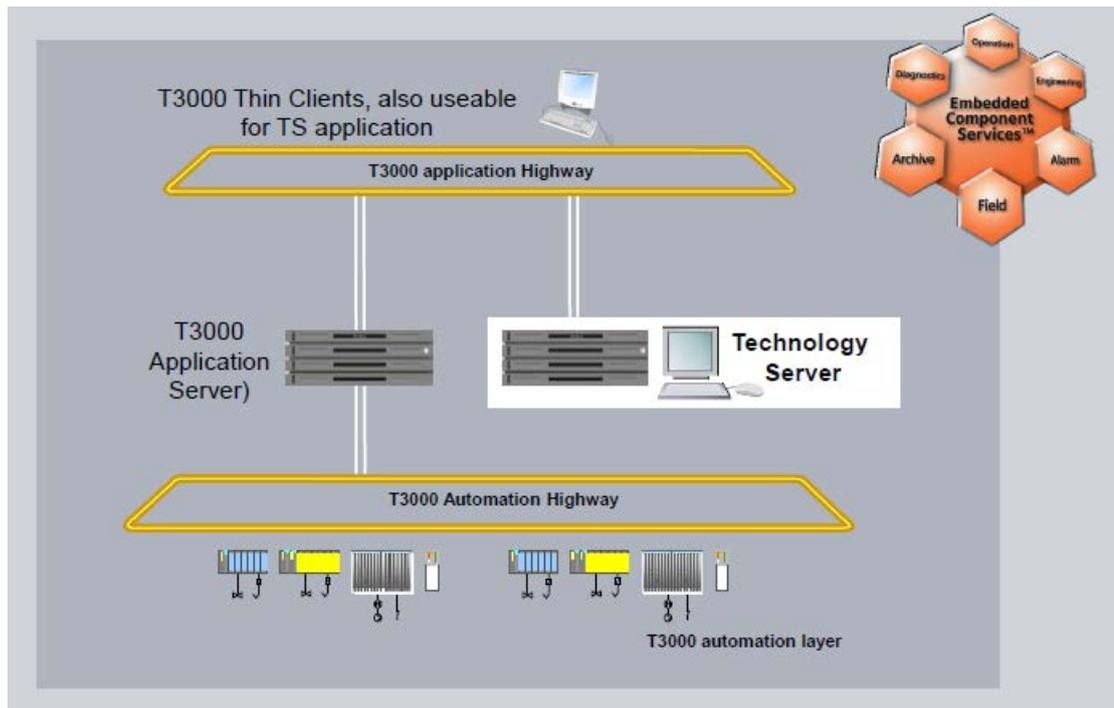


圖 9 西門子公司可透過 T3000 進行 TDY 分析工作示意圖

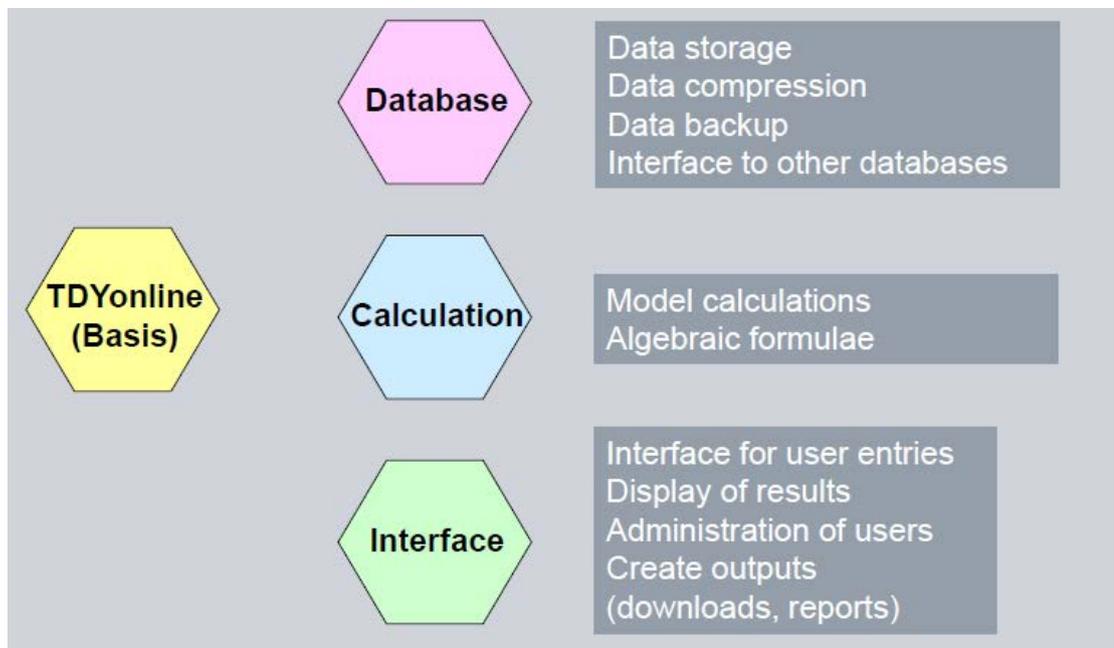


圖 10 TDY 前端模組 TDY online 功能示意圖

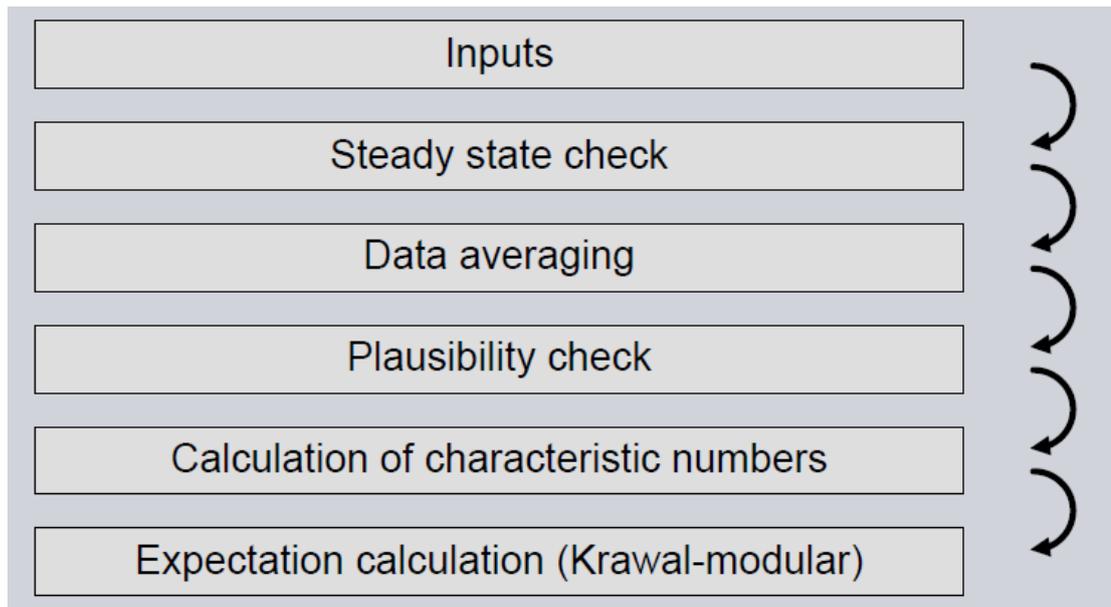


圖 11 TDY 前端模組 TDY online 計算處理流程示意圖

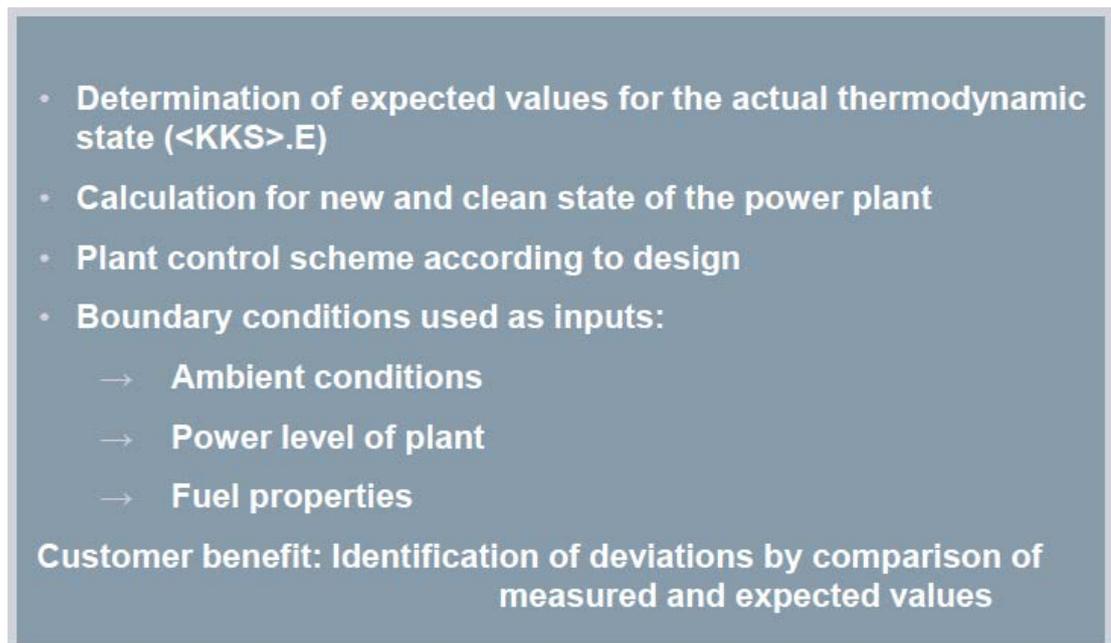


圖 12 TDY 前端模組 TDY online 之分析計算準則示意圖

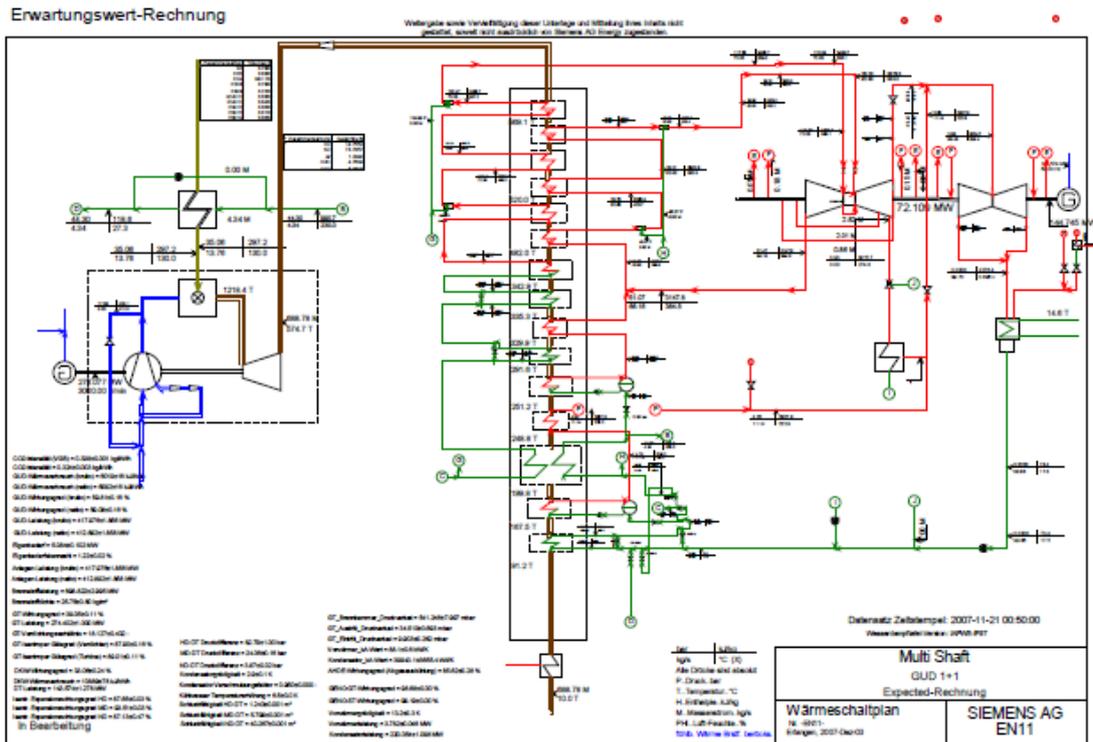


圖 13 SIEMENS 監診中心之遠端軸振動平衡服務示意圖

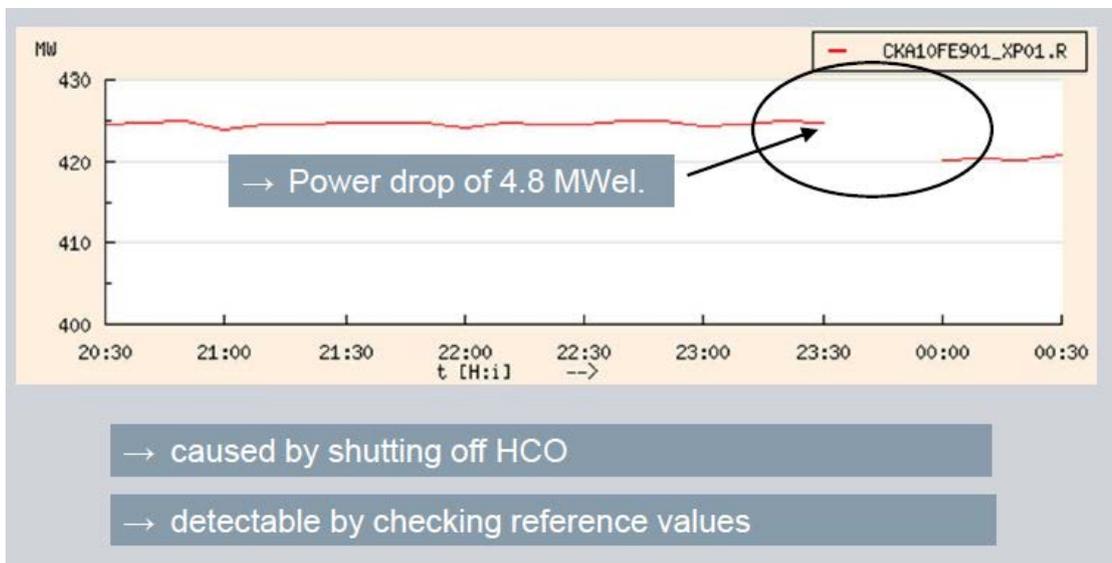


圖 14 TDY online 分析功能案例示意圖(1)

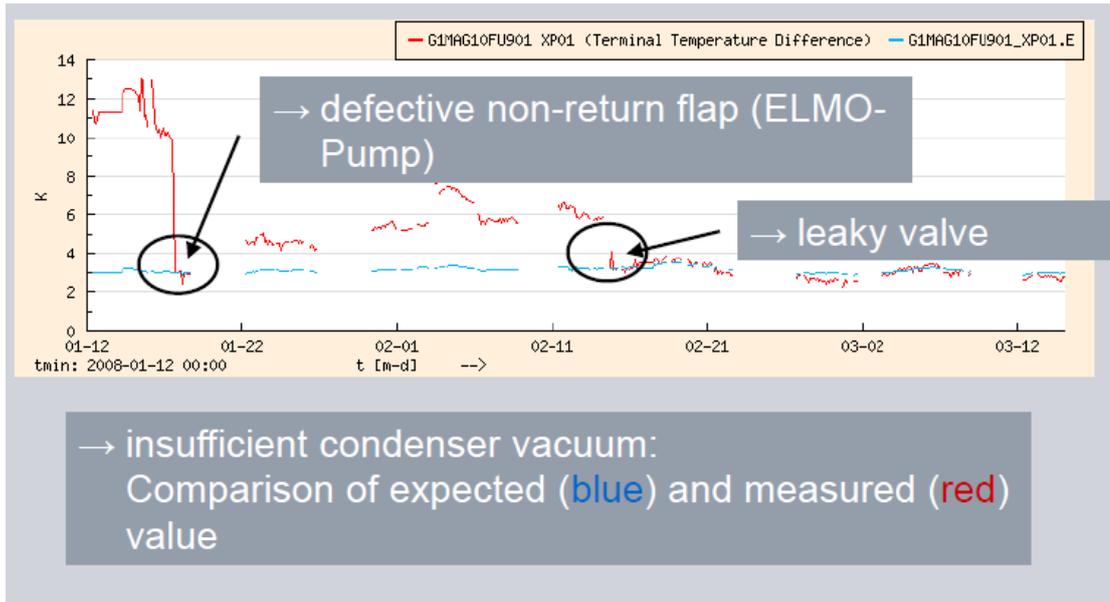


圖 15 TDY online 分析功能案例示意圖(2)

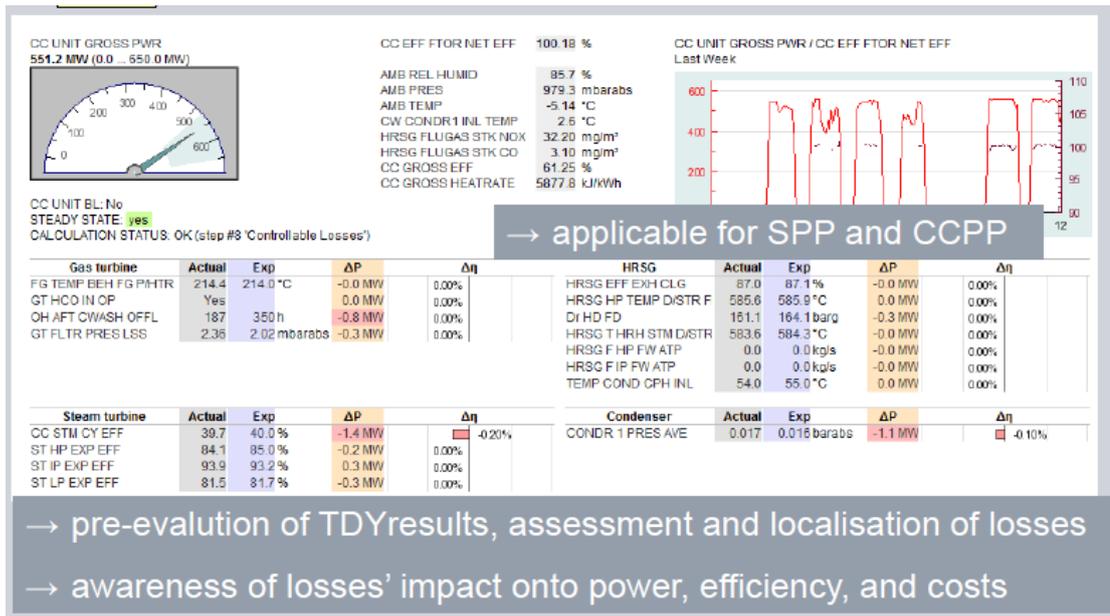


圖 16 TDY online 分析功能案例示意圖(3)

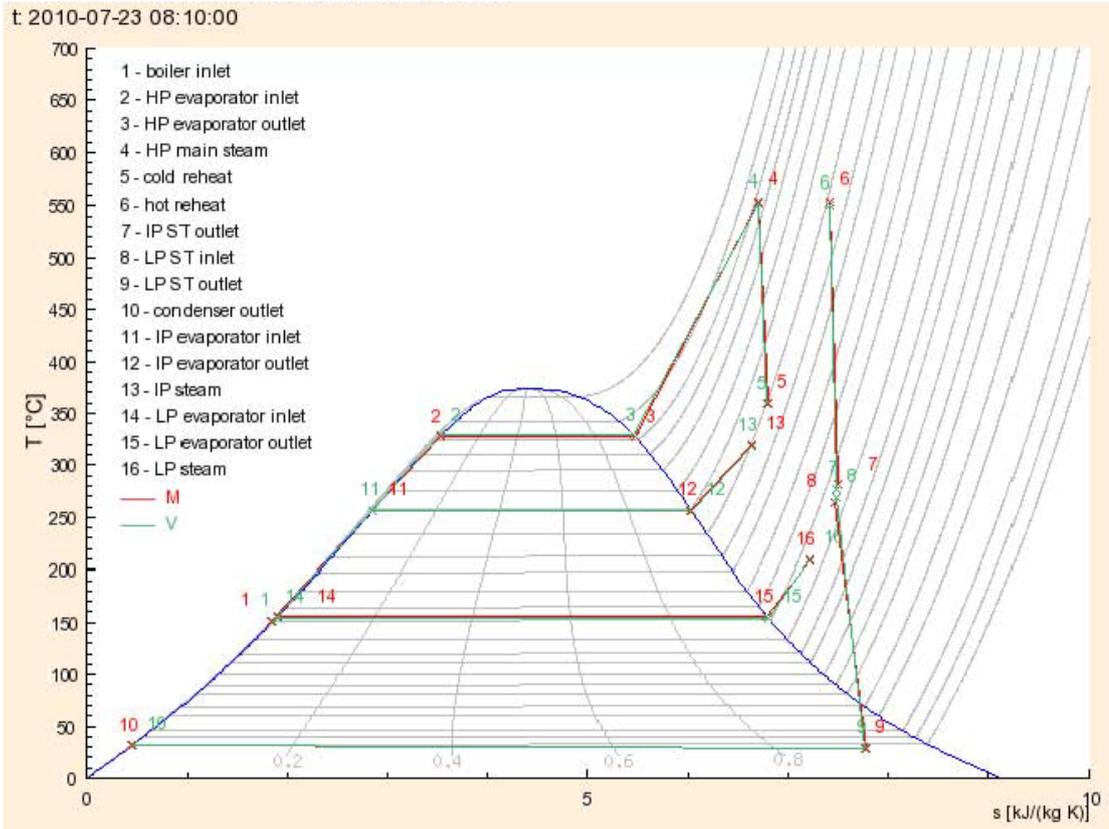


圖 17 TDY online 分析功能案例示意圖(4)



圖 18 TDY online 分析功能案例示意圖(5)

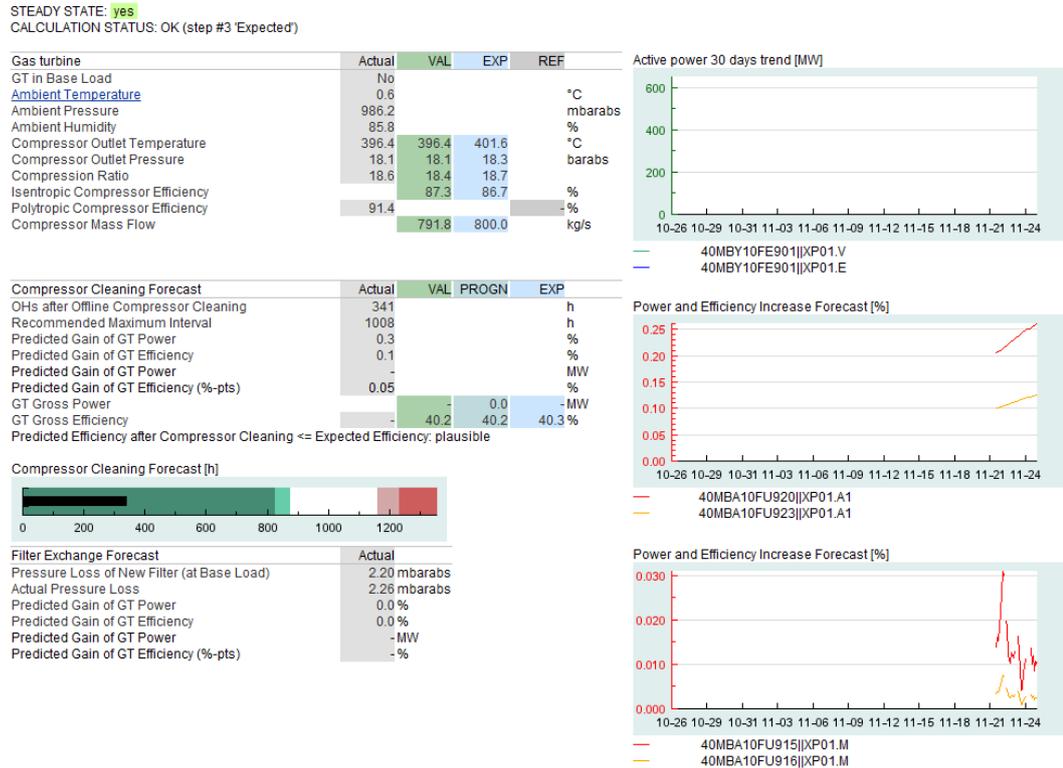


圖 19TDY online 分析功能案例示意圖(6)

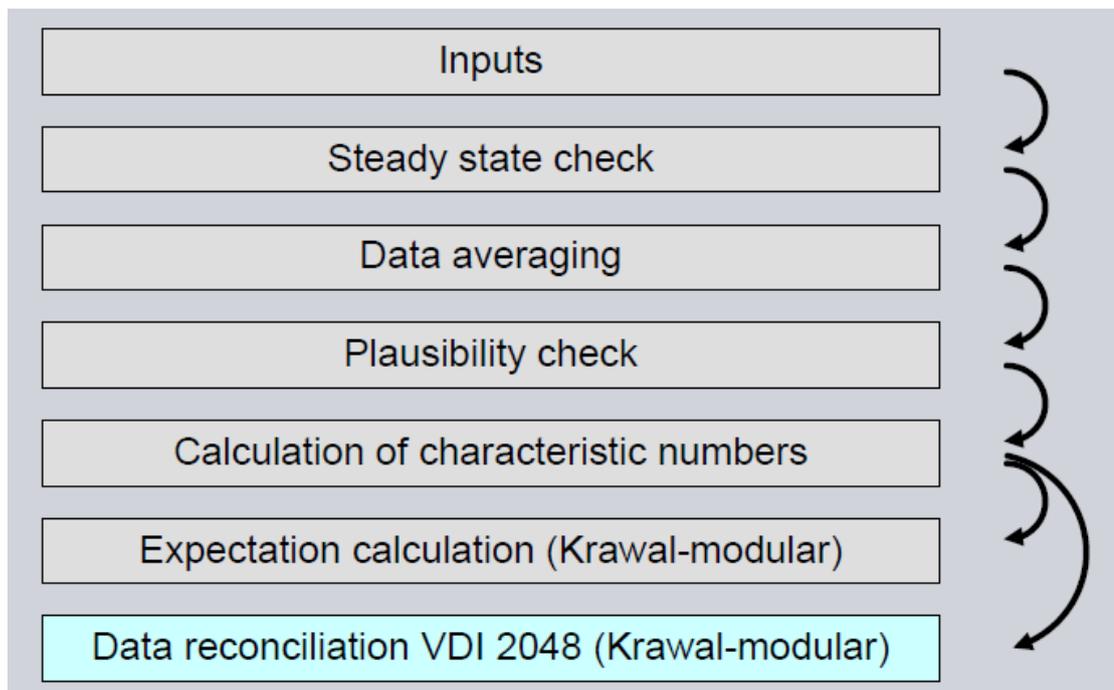


圖 20TDY 前端模組 TDY validation 計算處理流程示意圖

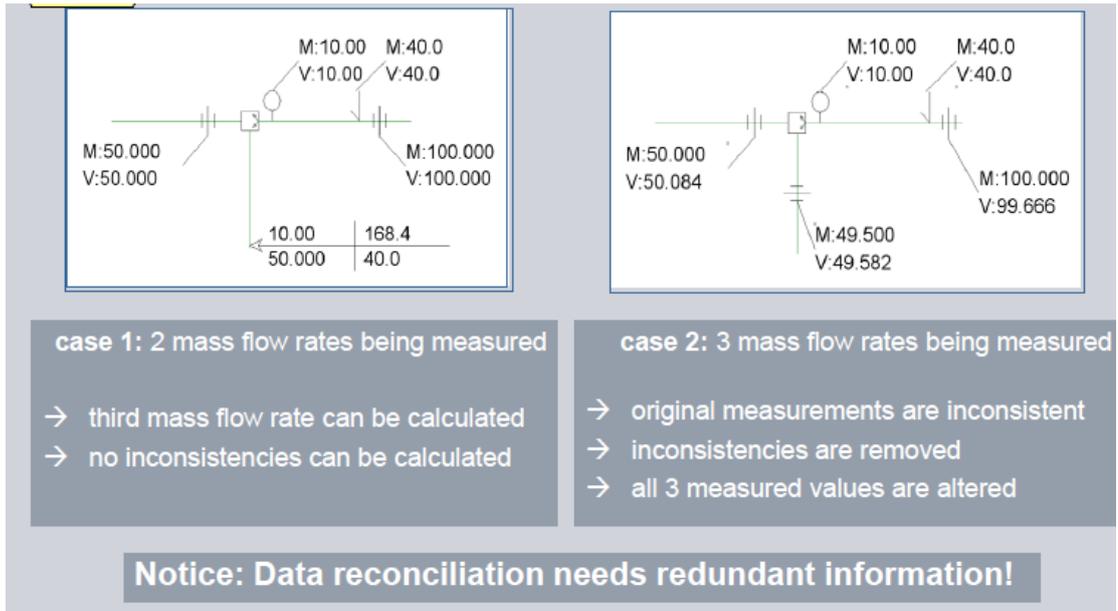


圖 21 TDY validation 分析功能展示之一簡單管流分流檢測案例

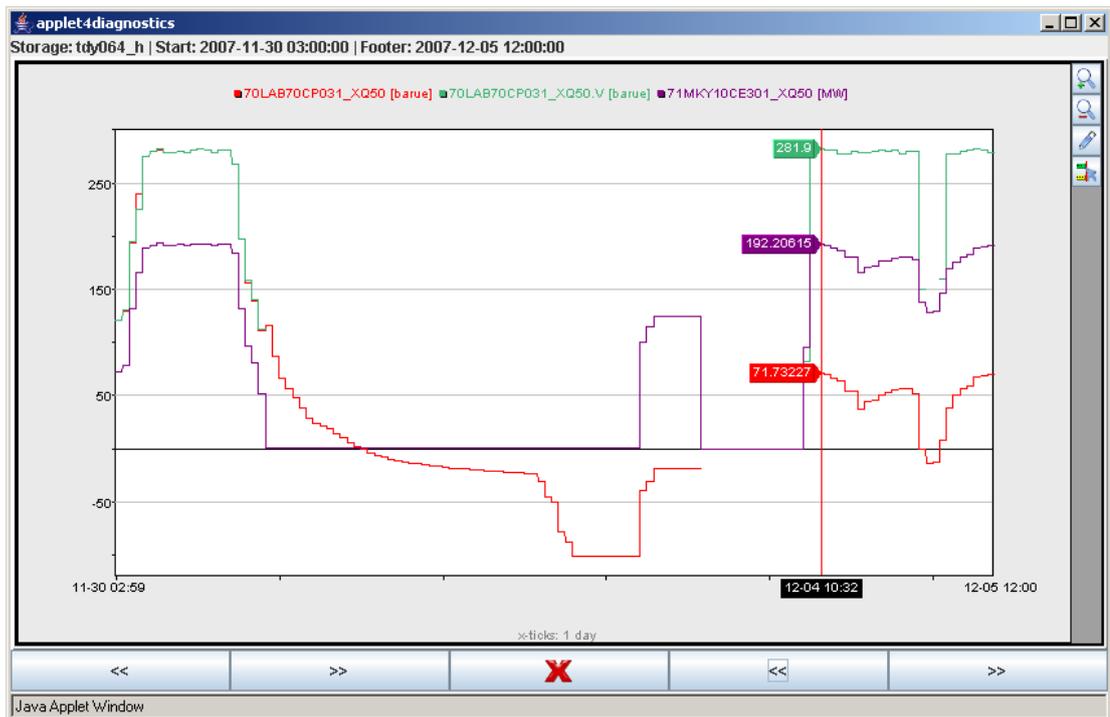


圖 22 TDY validation 分析功能檢驗機組訊號感測傳輸示意圖

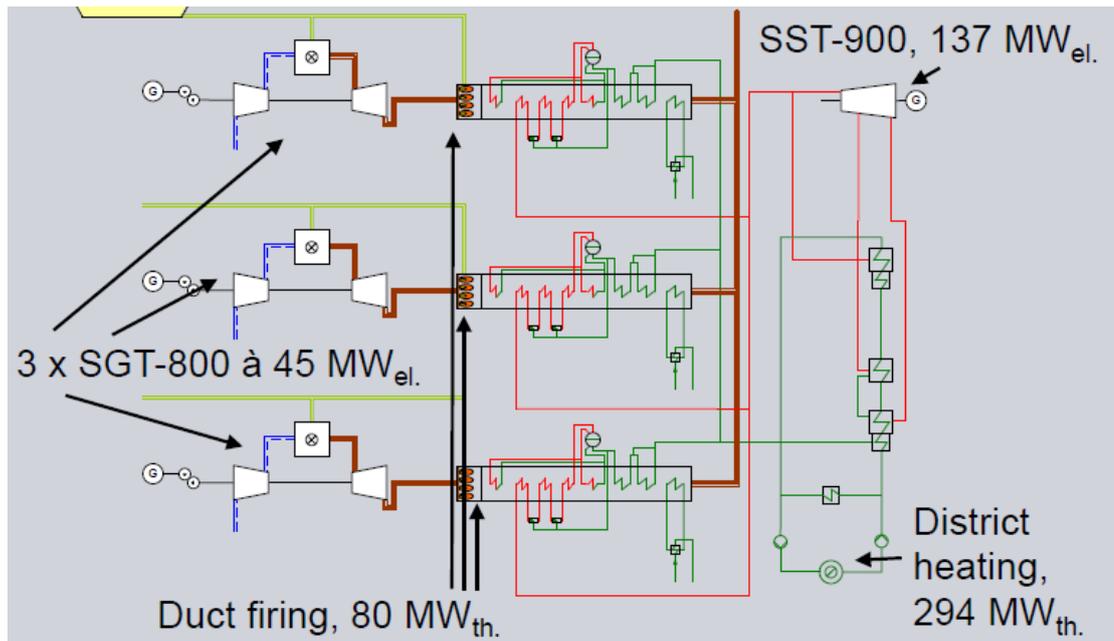


圖 23 TDY offline 計算分析案例示意圖(1)

TDY offline - Parametrering: DH Input

Väntelista: 0

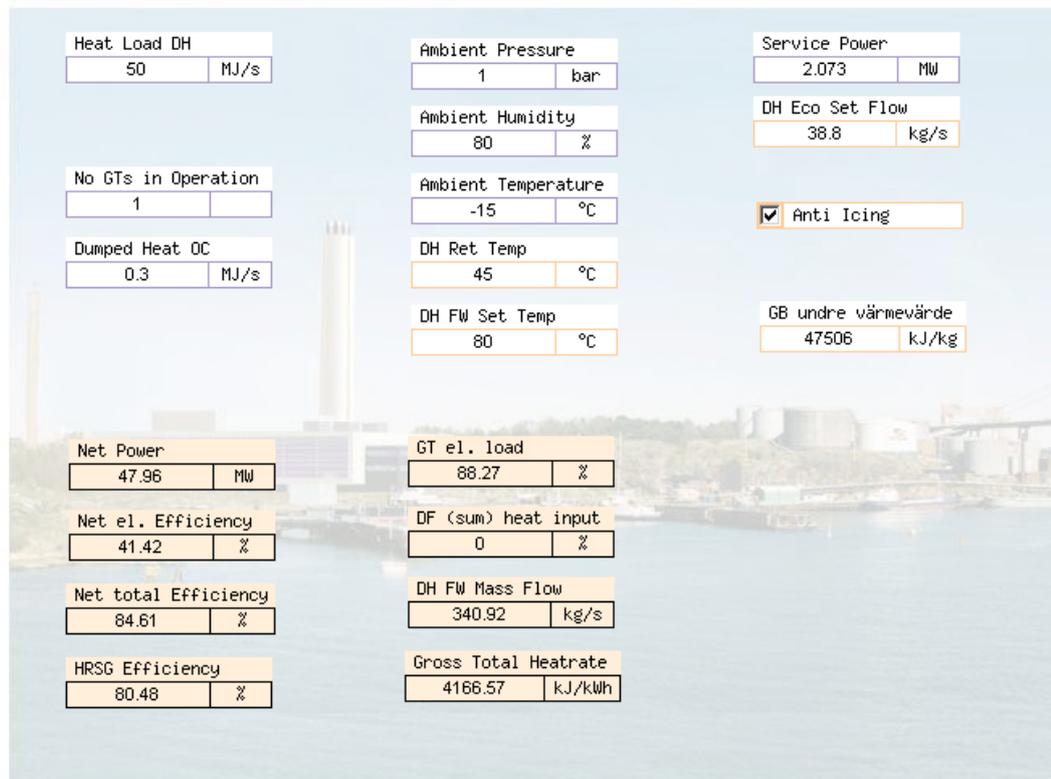


圖 24 TDY offline 計算分析案例示意圖(2)

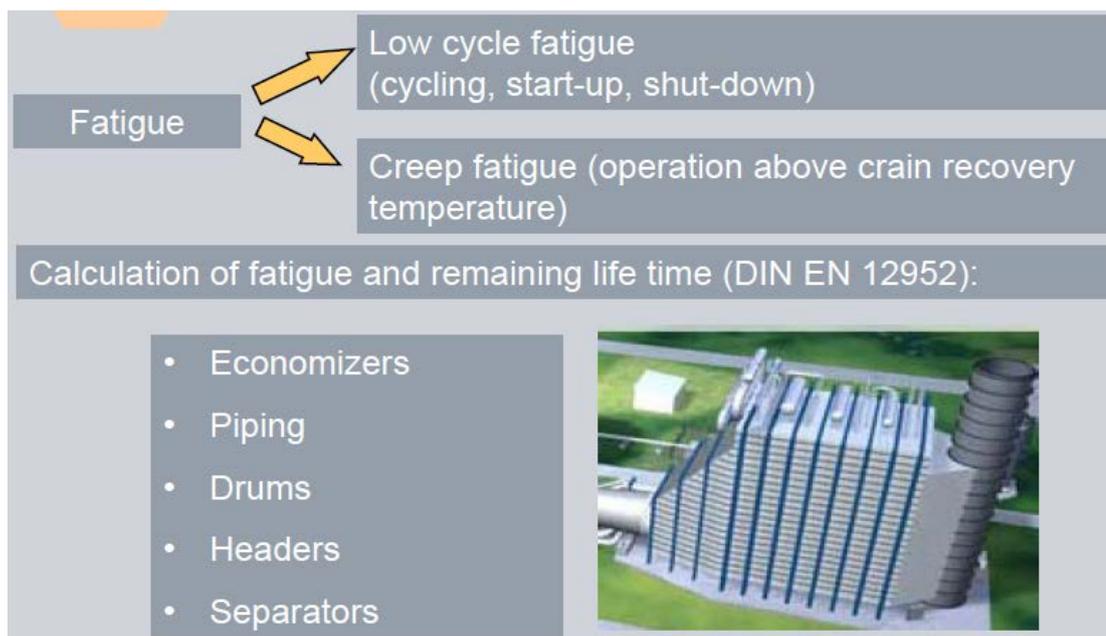


圖 25 材料疲勞破壞監測與分析應用模組示意圖

Site [TDY](#) [DCS](#) [SWP](#) [FMS](#) [RAM](#) [EMI](#) [About](#) [Administration](#)

RAM-Overview
27/12/2012 10:26:59 - 26/01/2013 10:26:59 (30d)

Parameters	Value
Number of starts: all	4
Number of starts (IEEE-value):	4
Start reliability (IEEE-value):	100.0 %
Number of starts (calculation user defined):	4
Start reliability (calculation user defined):	100.0 %
Number of starts (VGB-value):	3
Start reliability (VGB-value):	75.0 %

Step	Number of starts	%	Average	Probability
#00: GT SGC SR (SGC started)	4	100.0	0.0 min	
#01: GT >3Hz (GT Turbine Speed > 3Hz)	4	100.0	0.0 min	
#02: ESV OPEN (ESV Open)	4	100.0	0.0 min	
#03: FLM ON (GT Flame On)	4	100.0	0.0 min	
#04: GT 50(60)Hz (GT Turbine nominal Speed reached)	4	100.0	0.0 min	
#05: GT SYNC (GT Synchronized / GCB closed)	4	100.0	35.6 min	
#06: STM CONDY (Release steam conductivity)	4	100.0	101.7 min	
#07: ST 50(60)Hz (ST Turbine nominal Speed reached)	4	100.0	116.3 min	
#08: ST SYNC (ST Synchronized / Clutch closed)	4	100.0	116.8 min	
#09: HP B/P CLSD (HP Bypass closed)	4	100.0	126.4 min	
#10: IP B/P CLSD (IP Bypass closed)	4	100.0	126.4 min	
#11: LP B/P CLSD (LP Bypass closed)	4	100.0	126.4 min	
#12: ST HP C-V (HP Control Valve >90%)	4	100.0	151.5 min	
#13: IGV >98% (IGV Position >98%)	4	100.0	247.4 min	
#14: U-LOAD OK (Unit Loadsetpoint reached)	4	100.0	247.4 min	
#15: U-LOAD +15 (Unit Loadsetpoint reached +15min)	3	75.0	301.1 min	

圖 26 PD 機組可用率壽明評估與分析應用模組示意圖

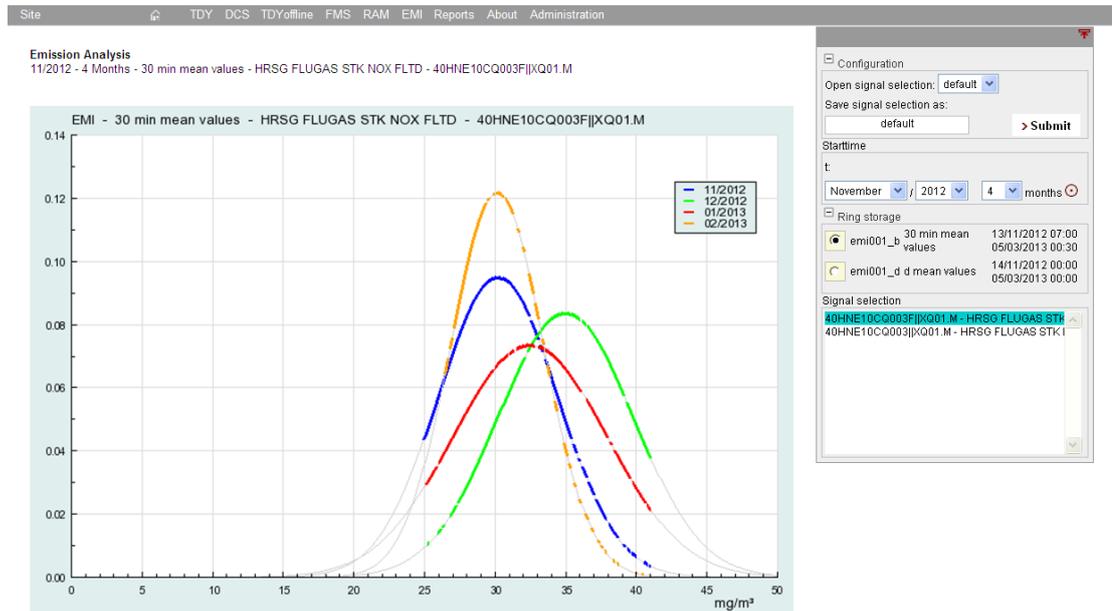


圖 27 機組污染排放分析應用模組示意圖

Financial benefit for CCPP

→ TDY advantage: $\Delta\eta_{el}$. Increase of 0.40 % points

Assumptions:

- Annual operating time: 6 000 hours
- Fuel costs: 20 € / MWh_{th.}
- Net el. efficiency: 58.0%
- Fuel input: 700 MW_{th.}
- Fuel savings: 2.8 MW_{th.} / 16 800 MWh_{th./a}

Savings in fuel costs: **336 000 € per year**

→ Amortization period less than a year

圖 28 西門子公司為客戶端之服務案例示意圖

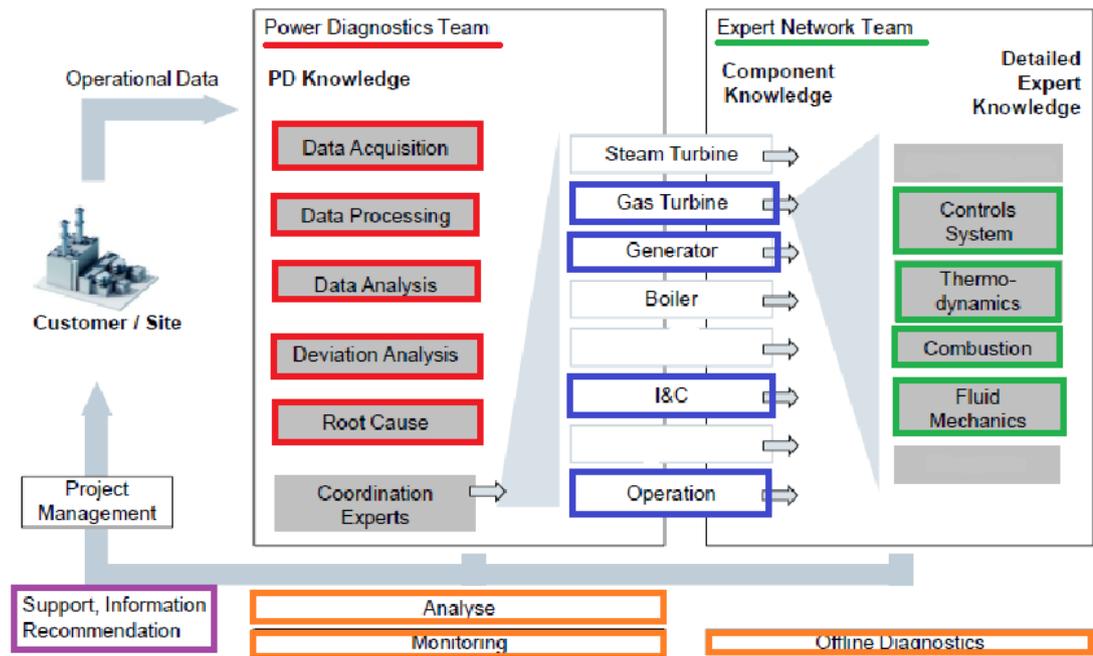


圖 29 目前進行之氣渦輪機燃燒性能調校技術架構示意圖



圖 30 上機實習：PD 效能調校模組畫面

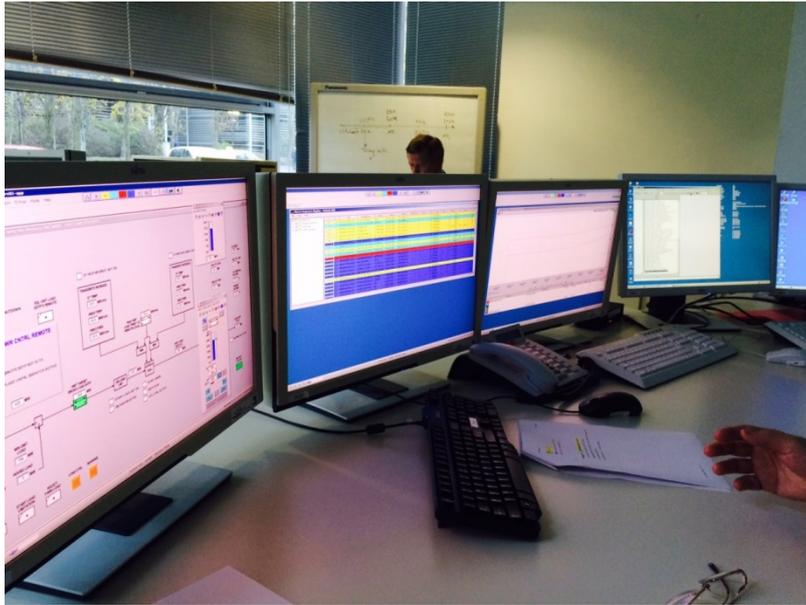


圖 31 上機實習：PD 多效能調校模組畫面



圖 32 上機實習：西門子專家解說如何操作系統

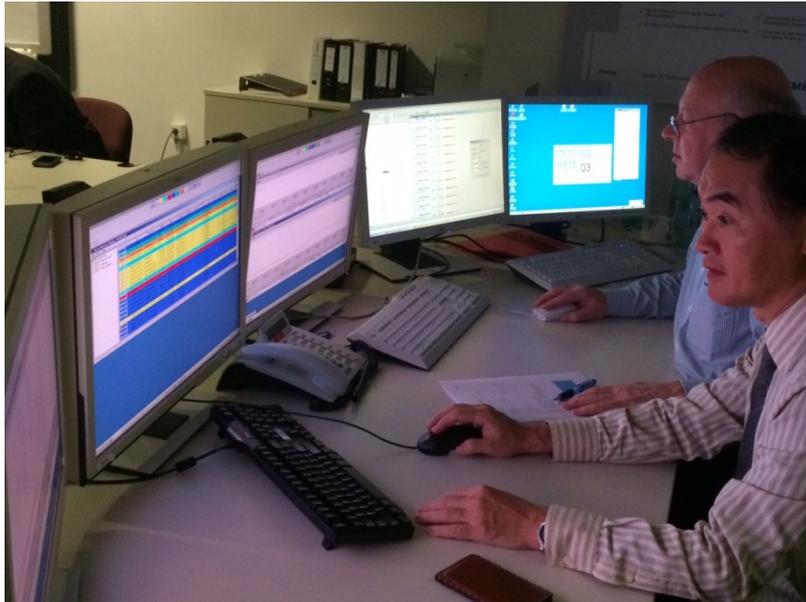


圖 33 上機實習：專家教授性能分析功能與診斷調校方法

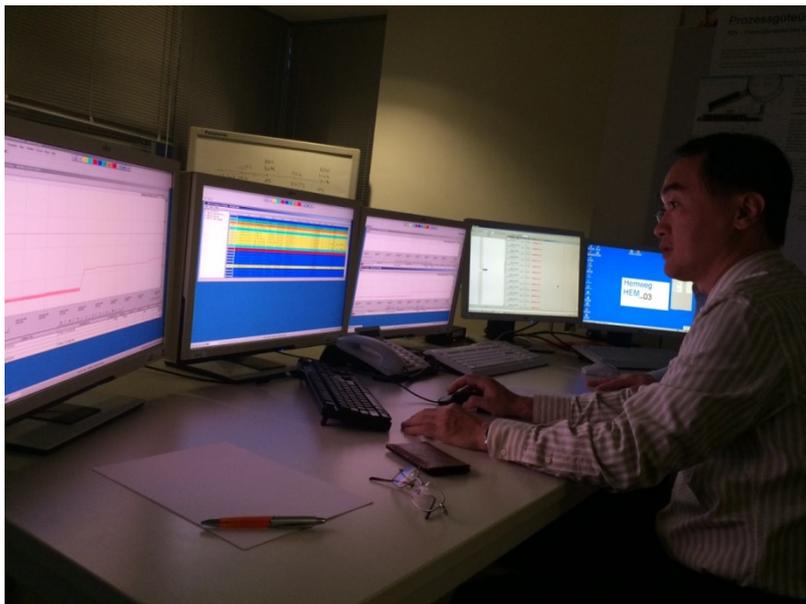


圖 34 上機實習：本次實習之實際操作系統